

# Rapport

## Opération de rénovation énergétique des locaux de la Fédération Française du Bâtiment à Guéret

Analyse finale des données

Novembre 2017



Rapport établi par : SELVE Laurent

Vu et vérifié par Pilar LESAGE

| Date       | Version | Commentaires       |
|------------|---------|--------------------|
| 9/07/2016  | 0       | Rédaction initiale |
| 23/11/2017 | 1       | Rédaction finale   |
|            |         |                    |

## Récapitulatif de l'affaire

|                            |   |
|----------------------------|---|
| Client :                   | Michèle DEBAYLE, Directrice Régionale Déléguée<br>ADEME Nouvelle Aquitaine<br>Site de Limoges<br>38ter, avenue de la Libération - BP 20259 - 87 007 LIMOGES Cedex |
| Objet de l'étude :         | Opération de rénovation énergétique des locaux de la Fédération Française du Bâtiment à Guéret – Analyse finale des données                                       |
| Résumé de la commande :    | Instrumentation et suivi de performance énergétique du siège de la Fédération du Bâtiment de la Creuse (opération lauréate de l'appel à projets PREBAT).          |
| Référence dossier :        | Affaire C15LP0086-07 - Convention ADEME 1104C0063   |
| Communicabilité :          | Contrôlée (communiquée uniquement avec l'autorisation du commanditaire a posteriori)  |
| Charge d'affaire :         | SELVE Laurent –Département Laboratoire de Clermont-Ferrand –<br>Tél. +33 (0)4 73 42 10 10 / Fax +33 (0)4 73 42 10 01<br>Courriel : laurent.selve@cerema.fr        |
| Constitution de l'équipe : | Olivier BONNEAU, Laurent SELVE  |
| Mots Clés :                | Bâtiment, Construction, Energie, PREBAT, Instrumentation, Performance énergétique, Guéret   |

## Liste des destinataires

| Contact   | Adresse   | Nombre – Type        |
|---|---|----------------------|
| Michèle DEBAYLE, Directrice Régionale Déléguée                      | ADEME Nouvelle Aquitaine<br>Site de Limoges<br>38ter, avenue de la Libération - BP 20259 - 87 007 LIMOGES Cedex<br><a href="mailto:michele.debayle@ademe.fr">michele.debayle@ademe.fr</a> | 1ex papier<br>1. pdf |
| DREAL Nouvelle Aquitaine, Myriam SAPPEY                             | <a href="mailto:myriam.sappey@developpement-durable.gouv.fr">myriam.sappey@developpement-durable.gouv.fr</a>  | 1. pdf               |
| ADEME Service Bâtiment<br>Gilles AYMOZ<br>Pierre-Edouard VOUILLAMOZ | <a href="mailto:gilles.aymoz@ademe.fr">gilles.aymoz@ademe.fr</a><br><a href="mailto:pierre-edouard.vouillamoz@ademe.fr">pierre-edouard.vouillamoz@ademe.fr</a>                            | 1. pdf               |
| Pascal CHEIPPE<br>Laurent LALOGE                                    | Cerema TV, <a href="mailto:pascal.cheippe@cerema.fr">pascal.cheippe@cerema.fr</a> , <a href="mailto:laurent.laloge@cerema.fr">laurent.laloge@cerema.fr</a>                                | 1. pdf               |
| Fabien AURIAT   | DGALN/DHUP/QC1, <a href="mailto:fabien.auriat@developpement-durable.gouv.fr">fabien.auriat@developpement-durable.gouv.fr</a>  | 1. pdf               |

## Conclusion – Résumé

Le présent rapport présente les résultats de l'analyse des données des deux années d'instrumentation de l'opération de rénovation thermique du siège de la Fédération Française du Bâtiment de la Creuse à Guéret. La performance du bâtiment est conforme au calcul conventionnel, mais des résultats très hétérogènes sont enregistrés suivant les postes de consommation. Si les consommations d'éclairage sont globalement inférieures au calcul, les consommations réelles de chauffage et de ventilation sont supérieures à celles du calcul conventionnel. Ces surconsommations s'expliquent par un usage non optimisé des systèmes (température de consigne, gestion des modes de fonctionnement) et un rendement des installations de chauffage médiocre, essentiellement dû à un surdimensionnement. L'étude présentée met également en avant les transferts thermiques existant entre les deux niveaux du bâtiment. Plusieurs investigations complémentaires ou interventions peuvent être engagées afin d'optimiser les consommations énergétiques du bâtiment. Si l'on se réfère aux consommations observées lors de ces deux premières années de suivi, les investissements réalisés sur cette opération présentent un intérêt éco-énergétique, le temps de retour sur investissement hors valeur résiduelle étant estimé à 23 ans.

A Clermont-Ferrand, le  
Le Directeur du Département Laboratoire de  
Clermont-Ferrand

Roland COTTE

# Sommaire

|   |    |
|---|----|
| <b>1 - Contexte et objectifs de l'étude</b>                                   | 6  |
| 1.1 - <a href="#">Contexte</a>  | 6  |
| 1.2 - <a href="#">Objectifs de l'étude</a>                                    | 6  |
| <b>2 - Première année de suivi</b>  | 7  |
| 2.1 - <a href="#">Relevés et analyses des consommations brutes</a>            | 7  |
| 2.1.1 - <a href="#">Périodes considérées pour l'analyse des données</a>       | 7  |
| 2.1.2 - <a href="#">Analyse globale des données – bilan des consommations</a> | 8  |
| 2.2 - <a href="#">Analyse de l'occupation</a>                                 | 13 |
| 2.3 - <a href="#">Analyse de l'enveloppe</a>                                  | 14 |
| 2.3.1 - <a href="#">Méthodologie et hypothèses</a>                            | 14 |
| 2.3.2 - <a href="#">Résultats obtenus sur le Ubât</a>                         | 15 |
| 2.4 - <a href="#">Analyse du confort hiver/été</a>                            | 17 |
| 2.4.1 - <a href="#">Locaux suivis</a>   | 17 |
| 2.4.2 - <a href="#">Présentation des résultats</a>                            | 17 |
| 2.4.3 - <a href="#">Confort d'hiver</a>                                       | 20 |
| 2.4.4 - <a href="#">Confort d'été</a>   | 28 |
| 2.5 - <a href="#">Analyse du fonctionnement de la production de chauffage</a> | 34 |
| 2.6 - <a href="#">Consommation globale d'éclairage</a>                        | 36 |
| 2.7 - <a href="#">Analyse des consommations des Auxiliaires</a>               | 38 |
| 2.7.1 - <a href="#">Auxiliaires de ventilation</a>                            | 38 |
| 2.7.2 - <a href="#">Autres auxiliaires</a>                                    | 41 |
| 2.8 - <a href="#">Consommations recalées</a>                                  | 42 |
| 2.8.1 - <a href="#">Rez-de-chaussée</a>                                       | 43 |
| 2.8.2 - <a href="#">Étage</a>   | 44 |
| 2.8.3 - <a href="#">Ensemble du bâtiment</a>                                  | 45 |
| 2.9 - <a href="#">Consommations corrigées</a>                                 | 45 |
| 2.9.1 - <a href="#">Rez-de-chaussée</a>                                       | 46 |
| 2.9.2 - <a href="#">Étage</a>   | 48 |
| 2.9.3 - <a href="#">Bâtiment (rez-de-chaussée + étage)</a>                    | 52 |
| <b>3 - Seconde année de suivi</b>   | 53 |
| 3.1 - <a href="#">Relevés et analyses des consommations brutes</a>            | 53 |
| 3.1.1 - <a href="#">Périodes considérées pour l'analyse des données</a>       | 53 |
| 3.1.2 - <a href="#">Analyse globale des données – bilan des consommations</a> | 54 |
| 3.2 - <a href="#">Analyse de l'occupation</a>                                 | 57 |
| 3.3 - <a href="#">Analyse de l'enveloppe</a>                                  | 61 |
| 3.3.1 - <a href="#">Méthodologie et hypothèses</a>                            | 61 |
| 3.3.2 - <a href="#">Résultats obtenus sur l'Ubât</a>                          | 61 |
| 3.4 - <a href="#">Analyse du confort hiver/été</a>                            | 63 |
| 3.4.1 - <a href="#">Locaux suivis</a>   | 63 |
| 3.4.2 - <a href="#">Présentation des résultats</a>                            | 63 |
| 3.4.3 - <a href="#">Confort d'hiver</a>                                       | 63 |
| 3.4.4 - <a href="#">Confort d'été</a>   | 72 |
| 3.5 - <a href="#">Analyse du fonctionnement de la production de chauffage</a> | 78 |

---

|   |            |
|---|------------|
| 3.6 - <a href="#">Analyse du fonctionnement de la centrale double flux</a> .....                        | 79         |
| 3.7 - <a href="#">Consommation globale d'éclairage</a> .....  | 80         |
| 3.8 - <a href="#">Analyse des consommations des Auxiliaires</a> .....                                   | 82         |
| 3.8.1 - <a href="#">Auxiliaires de ventilation</a> .....  | 82         |
| 3.8.2 - <a href="#">Autres auxiliaires</a> .....  | 83         |
| 3.9 - <a href="#">Consommations recalées</a> .....  | 84         |
| 3.9.1 - <a href="#">Rez-de-chaussée</a> .....   | 84         |
| 3.9.2 - <a href="#">Étage</a> .....   | 85         |
| 3.9.3 - <a href="#">Ensemble du bâtiment</a> .....  | 86         |
| 3.10 - <a href="#">Consommations corrigées</a> .....  | 87         |
| 3.10.1 - <a href="#">Rez-de-chaussée</a> .....  | 87         |
| 3.10.2 - <a href="#">Étage</a> .....  | 90         |
| 3.10.3 - <a href="#">Bâtiment (rez-de-chaussée + étage)</a> .....                                       | 93         |
| 4 - <a href="#">Analyse économique</a> .....  | 95         |
| 4.1 - <a href="#">Objectifs</a> .....   | 95         |
| 4.2 - <a href="#">Données et hypothèses considérées</a> .....   | 95         |
| 4.3 - <a href="#">Résultats</a> .....   | 96         |
| 4.3.1 - <a href="#">Décomposition du coût de l'opération</a> .....                                      | 96         |
| 4.3.2 - <a href="#">Analyse</a> .....   | 98         |
| 5 - <a href="#">Bilan général et conclusion</a> .....   | 101        |
| 6 - <a href="#">Signatures</a> .....  | 102        |
| <b>Annexes.....</b>   | <b>103</b> |
| Annexe A - <a href="#">Cahier de suivi de l'opération</a> .....   | 103        |
| Annexe B - <a href="#">Indice PMV et PPD</a> .....  | 198        |
| Annexe C - <a href="#">Ratios de maintenance et durée de vie des équipements et du gros-œuvre</a> ..... | 199        |

# 1 - Contexte et objectifs de l'étude

## 1.1 - Contexte

Le présent rapport présente l'analyse des données réalisée dans le cadre du suivi PREBAT de l'immeuble de la Fédération Française du Bâtiment de la Creuse situé à Guéret. Les données sont issues de l'instrumentation sur la période allant de janvier 2013 à décembre 2015.

Les premières phases de suivi de cette opération ont consisté à :

- évaluer la conception,
- définir l'instrumentation nécessaire à l'étude,
- assurer un suivi de l'exécution en phase chantier.

Ces premières phases font l'objet du rapport de suivi de l'opération joint en annexe A. Celui-ci comprend notamment :

- une présentation détaillée du projet,
- les analyses des DCE,
- les protocoles de suivi et cahier des charges d'instrumentation,
- les compte-rendus de visite de chantier,
- les compte-rendus de visite pendant la période d'acquisition des données et les résultats des enquêtes réalisées auprès des occupants
- une analyse partielle des données de la première année (décembre 2013 – septembre 2014).

Il est accompagné d'un dossier de photographies des bâtiments suivis complété au fur et à mesure de la conduite de l'étude.

## 1.2 - Objectifs de l'étude

L'étude vise à :

- **situer les performances réelles du bâtiment construit** par rapport aux exigences de l'appel à projets en matière d'énergie et de confort et par rapport à une solution strictement conforme à la réglementation en vigueur ;
- **analyser et expliciter les différences entre ces performances**, dans la mise en œuvre et à la livraison des bâtiments ;
- **évaluer l'impact sur la consommation d'énergie de dispositions constructives et de systèmes énergétiques particuliers** mis en œuvre dans les bâtiments, non pris en compte à ce jour dans la réglementation en vigueur (par exemple : puits canadiens, etc.) ;
- **mesurer la « rentabilité » des opérations** au regard des coûts d'ingénierie et d'investissement, d'une part et des économies d'énergies réalisées, d'autre part (analyse en coût global) ;
- **faire des propositions d'actions correctives** sur les dispositions non conformes aux travaux définis dans les marchés des entreprises et plus généralement sur les écarts constatés ;
- **contribuer directement ou indirectement à l'évolution des outils de conception existants**, en relevant les manques de ceux-ci ;
- **contribuer directement ou indirectement à l'optimisation de l'exploitation des équipements** en particulier comme conséquence des analyses des différences entre performances attendues et réelles.

## 2 - Première année de suivi

### 2.1 - Relevés et analyses des consommations brutes

#### 2.1.1 - Périodes considérées pour l'analyse des données

L'instrumentation est entrée pleinement en service le 3 décembre 2013. Les analyses de données présentées par la suite portent globalement sur les données enregistrées entre le 6 janvier 2014 et le 5 janvier 2015. Selon les besoins, des données antérieures sont considérées. Par exemple, l'analyse du confort d'hiver est réalisée à partir des relevés effectués entre le 4 décembre 2013 et le 20 mars 2014. Les analyses concernant les performances du système de chauffage sont réalisées à partir de données compilées des périodes allant du 6 octobre au 31 décembre 2014 et du 1<sup>er</sup> janvier au 6 avril 2014. La Température Intérieure Conventionnelle (Tic) est, pour sa part, analysée en période estivale. Un problème de relève des données de température et d'hygrométrie à l'étage nous oblige à limiter l'étude de la Tic sur cette partie du bâtiment à la période comprise entre le 24 juillet et le 15 septembre 2014.

#### Problèmes rencontrés

Plusieurs problèmes de mesure ont été rencontrés au cours de la première année de suivi :

- Absence de données concernant le rayonnement solaire du 13 février au 9 avril 2014 et du 20 au 24 juillet 2014
- Absence des relevés horaires des consommations sur le mois de janvier 2014
- Absence de données de température et d'hygrométrie à l'étage entre le 9 avril et le 24 juillet 2014
- Absence de données de température d'air soufflé et d'air extrait des centrales de traitement d'air.

Concernant le dernier point, un contentieux entre l'entreprise de chauffage et le prestataire de paramétrage de l'instrumentation a privé le Cerema du suivi de la performance de l'échangeur de la CTA double flux sur la première année de suivi : les données de température d'air soufflé et d'air extrait devaient être récupérées directement des sondes internes de la CTA via le protocole de communication Mod-bus. Il s'est finalement avéré que la CTA communiquait avec un protocole Mod-bus propriétaire « bi-maître », et non « maître esclave » tel que défini par la norme, rendant la récupération d'informations impossible. **Une solution avec des sondes placées dans les gaines et reliées à des enregistreurs autonomes a été trouvée au cours du premier semestre 2015.**

#### Hypothèses retenues pour l'analyse

Afin de disposer d'une année complète de données, il a été décidé de compléter les relevés obtenus de la manière suivante :

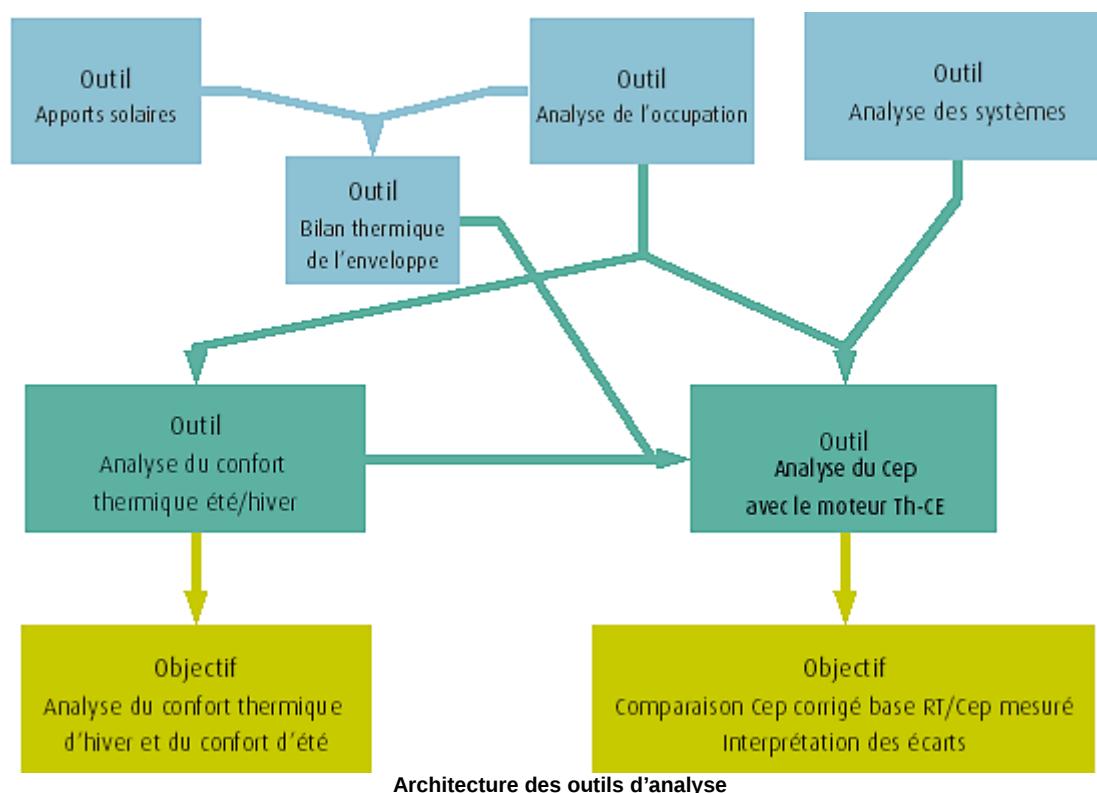
- prise en compte des données relatives au rayonnement solaire de la station météo de Gouzon (source [www.infoclimat.fr](http://www.infoclimat.fr)) afin de compléter les périodes sans données ;
- les données du rayonnement solaire du 20 au 24 juillet 2014 sont supposées identiques à celles des quatre jours précédents ;
- prise en compte des index des différents compteurs relevés manuellement sur la période du mois de janvier 2014 ;
- la façade ouest de la partie « Maison » est considérée sans apports solaires (mitoyenneté) ;
- les masques solaires de l'étage sont considérés comme deux fois moins importants que ceux du rez-de-chaussée.

## 2.1.2 - Analyse globale des données – bilan des consommations

### Méthodologie

Les résultats présentés ci-après ont été obtenus avec l'outil d'interprétation « Analyse du Cep avec le moteur Th-CE RTex » en ce qui concerne les espaces réhabilités au rez-de-chaussée et avec l'outil d'interprétation « Analyse du Cep avec le moteur Th-CE RT 2005 » pour l'extension en ossature bois située à l'étage. Ces outils permettent de comparer les mesures de consommation d'énergie, poste par poste (chauffage, eau chaude sanitaire, éclairage, auxiliaires) aux consommations calculées réglementaires.

Pour cela, les consommations réglementaires sont recalculées après corrections des données d'entrées du bâtiment et de ses systèmes (étanchéité à l'air, U-bât pour l'étage, rendement, etc.) et après correction des conventions (météo, apports internes, température de consigne, etc.). On se base donc sur les sorties des outils « Bilan thermique de l'enveloppe », « Analyse des systèmes », « Analyse de l'occupation » et « Analyse du confort d'hiver » et sur les mesures climatiques et de consommation présentées dans les parties suivantes.



L'outil « **apports solaires** » permet de déterminer les apports solaires réels dont a bénéficié le bâtiment sur la période d'étude. Pour ce faire, pour chaque façade du bâtiment, un relevé des masques proches et lointains est effectué, ainsi qu'un relevé des dimensions des parois opaques, des parois vitrées, des joues et des casquettes. L'albédo et le facteur solaire des différents matériaux sont également renseignés. À partir de la mesure du rayonnement solaire horizontal global enregistré par la station météo, l'outil détermine les apports par façades, puis les apports globaux au bâtiment.

L'outil « **analyse de l'occupation** » utilise les consommations d'électricité spécifique et d'eau chaude sanitaire pour déterminer les plages d'absence, il permet également de déterminer les apports internes liés aux occupants et aux appareils électriques présents à l'intérieur du bâtiment, sur la phase de données recueillies par enquête.

L'outil « **analyse des systèmes** » permet de calculer le rendement ou l'efficacité réelle des systèmes tels que la chaudière bois ou l'échangeur de la VMC double flux à partir des différents compteurs d'énergie et des mesures des sondes de température.

L'outil « **bilan thermique de l'enveloppe** » permet de déterminer pour l'étage (RT 2005) les déperditions « expérimentales de l'enveloppe », par différence entre les apports mesurés et estimés et les déperditions connues : apports liés au chauffage, apports solaires, apports internes desquels on déduit les pertes par renouvellement d'air liées à la ventilation, pertes par défauts d'étanchéité à l'air. La différence obtenue constitue les pertes au travers de l'enveloppe. Afin de minimiser l'impact éventuelles ouvertures de fenêtres sur la période, l'outil sélectionne la semaine la plus froide de la période étudiée pour effectuer le bilan.

L'outil « **analyse du confort thermique d'hiver** » permet par le biais des mesures de température et hygrométrie à l'intérieur et à l'extérieur du bâtiment de déterminer le confort aérothermique ressenti à l'intérieur du bâtiment, selon les critères de la norme NF EN 15 251 « Critères d'ambiance intérieure pour la conception et évaluation de la performance énergétique des bâtiments couvrant la qualité de l'air intérieur, la thermique, l'éclairage et l'acoustique ». L'outil donne ainsi le profil horaire de température de la pièce étudiée durant la période d'étude, il permet également de déterminer la température de consigne expérimentale. L'outil permet également de réaliser un diagramme de l'air humide et un diagramme psychrométrique mettant en évidence visuellement la proportion d'heures respectant le confort des habitants, ainsi qu'un histogramme des PMV (votes moyens prévisibles).

L'outil « **analyse du confort thermique d'été** » fonctionne selon le même principe que l'outil « analyse du confort thermique d'hiver » mais se focalise sur le confort d'été. Il permet en outre de déterminer une Tic (température intérieure conventionnelle) expérimentale sur la période la plus chaude.

Les outils « **analyse du Cep avec le moteur T-H-C Ex** » et « **analyse du Cep avec le moteur T-H-CE** » permettent de comparer le calcul thermique conventionnel de l'étude thermique du projet avec la réalité des consommations respectivement au rez-de-chaussée et à l'étage. À partir du fichier de l'étude thermique originel, les données d'entrées du moteur de calcul peuvent être remplacées par étapes par les données réelles, permettant de la sorte d'évaluer les facteurs générant des écarts. Sont ainsi modifiés : les scénarios d'occupation du bâtiment, le rendement des systèmes de chauffage et de ventilation, le fichier météo conventionnel, remplacés par les mesures réelles, la température de consigne, la perméabilité à l'air et les déperditions expérimentales de l'enveloppe (ces dernières étant considérées pour l'étage uniquement).

Dans ce document, toutes les consommations, sauf exceptions, sont données en énergie primaire. Les coefficients de conversion ci-dessous, fixés par convention dans la réglementation thermique 2005, ont été utilisés.

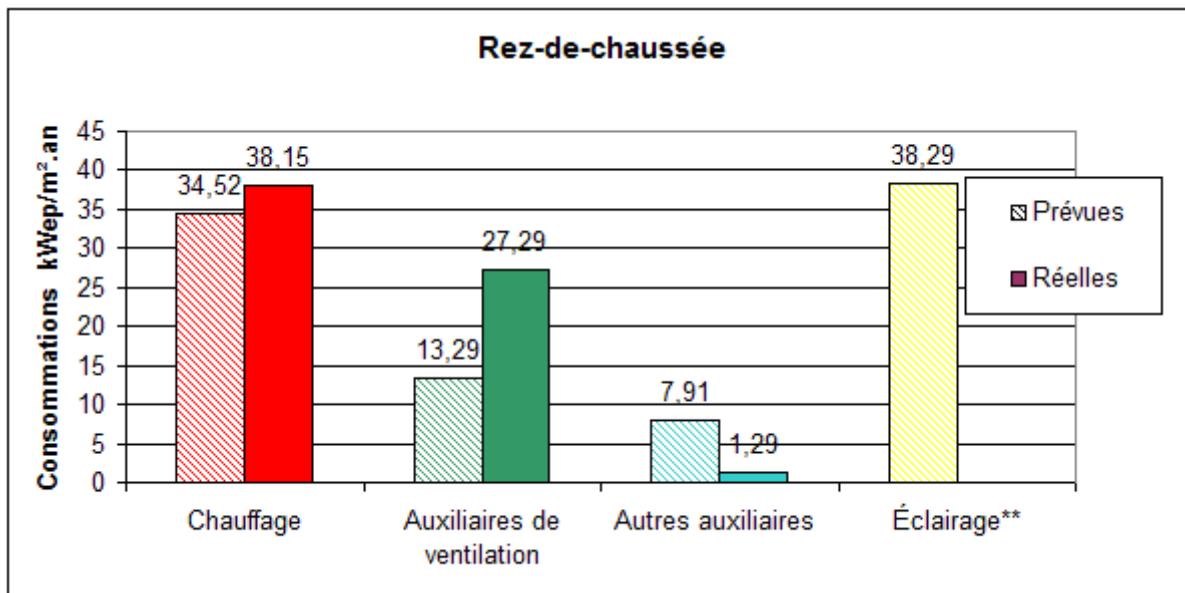
| Coefficient de conversion<br>énergie primaire / énergie finale |      |
|--|------|
| Gaz  | 1    |
| Électricité  | 2,58 |

## Consommations de l'année considérée

Les consommations de l'année sont analysées de manière séparées (par zone : rez-de-chaussée et étage) puis de manière globale.

Le bâtiment fait appel à des ballons électriques pour la production d'eau chaude sanitaire. Ces ballons sont utilisés de manière ponctuelle au niveau des sanitaires. Ils ne font pas l'objet d'un suivi de consommation.

## Rez-de-chaussée



| Tableau bilan<br>Rez-de-chaussée | Consommations (kWep.h/m².an) |              |
|----------------------------------|------------------------------|--------------|
|                                  | Prévues                      | Réelles      |
| Chauffage                        | 34,52                        | 38,15        |
| Auxiliaires de ventilation       | 13,29                        | 27,29        |
| Autres auxiliaires               | 7,91                         | 1,29         |
| Éclairage*                       | 38,29                        |              |
| <b>TOTAL hors éclairage</b>      | <b>55,72</b>                 | <b>66,73</b> |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>94,02</b>                 |              |

\*\* Les consommations d'éclairage du rez-de-chaussée ne sont pas comptabilisées.

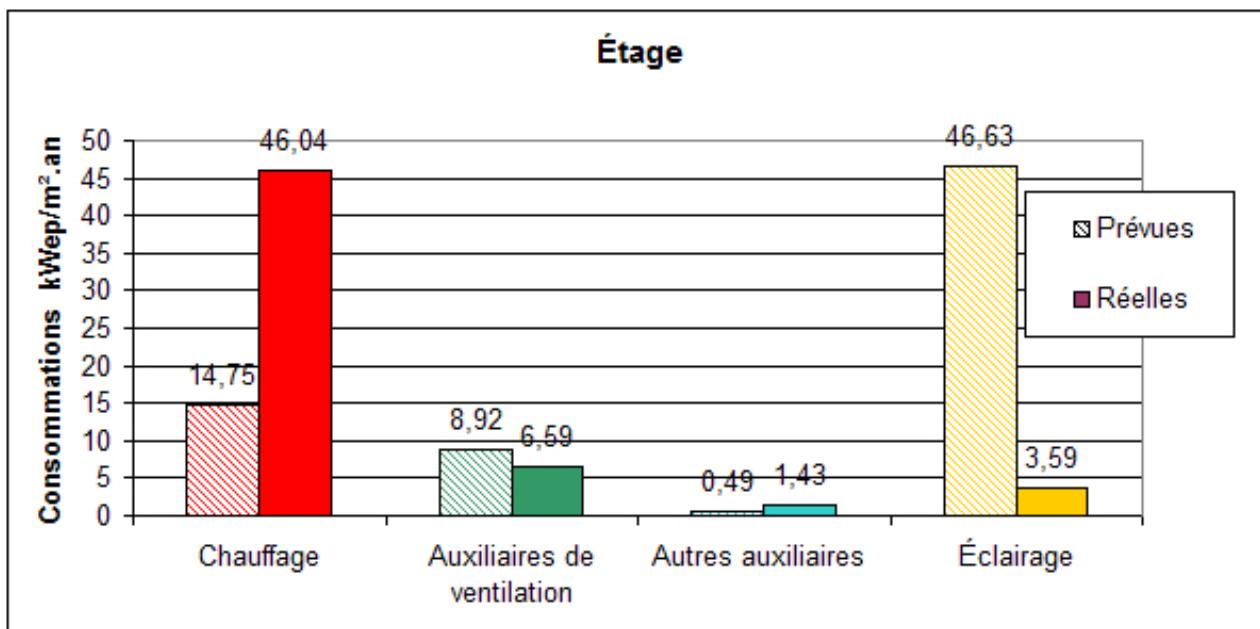
**Les consommations globales hors éclairage sont 19,76% plus élevées que les consommations calculées.**

Les consommations de chauffage sont légèrement supérieures aux consommations calculées (+10,52%).

Les consommations réelles des auxiliaires de ventilation sont, pour leur part, très supérieures au calcul (+105,34%).

La consommation des autres auxiliaires est très faible par rapport aux résultats du calcul réglementaire (-83,69%).

## Étage



| Tableau bilan<br>Étage<br>(Neuf – RT 2005) | Consommations (kWep.h/m².an) |         |           |           |
|--|------------------------------|---------|-----------|-----------|
|  | Prévues                      | Réelles | Référence | Label BBC |
| Chauffage                                  | 14,75                        | 46,04   |           |           |
| Auxiliaires de ventilation                 | 8,92                         | 6,59    |           |           |
| Autres auxiliaires                         | 0,49                         | 1,43    |           |           |
| Éclairage                                  | 46,63                        | 3,59    |           |           |
| TOTAL                                      | 70,79                        | 57,65   | 100       | 50        |

**Les consommations globales sont 22,79% plus élevées que les consommations calculées.**

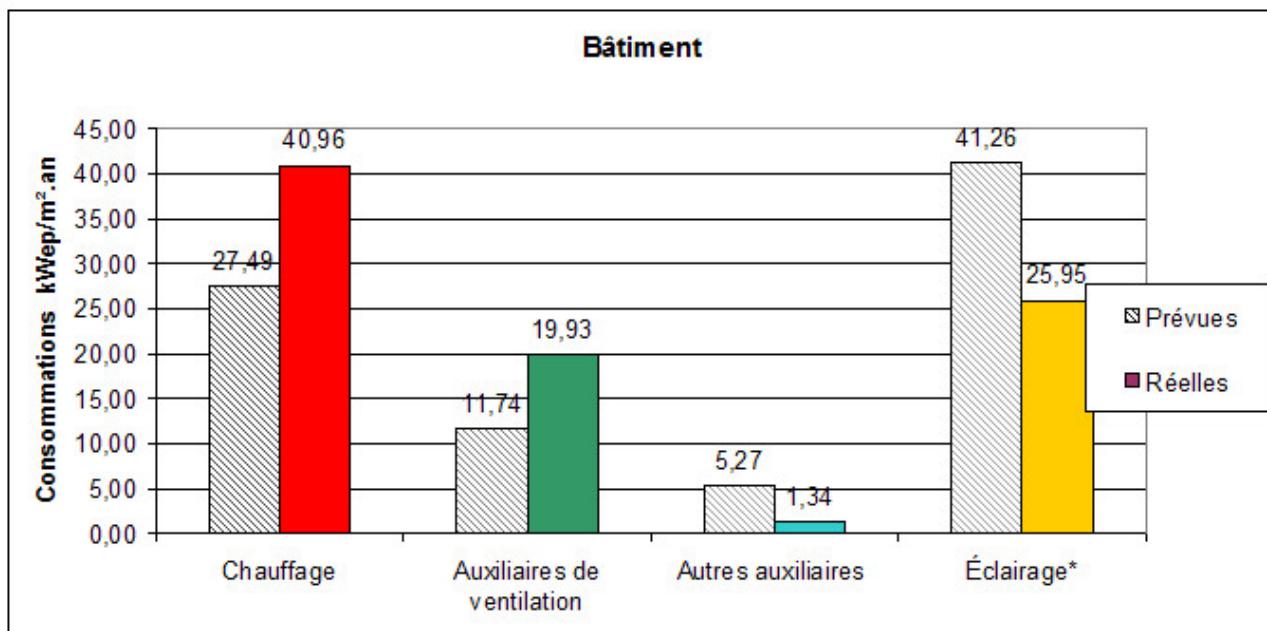
Les consommations de chauffage sont beaucoup plus importantes que celles prévues par le calcul (+212,14%).

Les consommations réelles des auxiliaires de ventilation sont, pour leur part, inférieures au calcul (-26,12%).

La consommation des autres auxiliaires est également très supérieure aux résultats du calcul réglementaire (+191,84%).

## Ensemble du bâtiment

L'approche globale présentée ici permet d'avoir une vision du fonctionnement d'ensemble du bâtiment (rez-de-chaussée + étage). Cette approche est réalisée par pondération surfacique des résultats obtenus pour chaque étage.



| Tableau bilan<br>Bâtiment   | Consommations (kWep.h/m².an) |              |
|-----------------------------|------------------------------|--------------|
|                             | Prévues                      | Réelles      |
| Chauffage                   | 27,49                        | 40,96        |
| Auxiliaires de ventilation  | 11,74                        | 19,93        |
| Autres auxiliaires          | 5,27                         | 1,34         |
| Éclairage***                | 41,6                         | 25,95        |
| <b>TOTAL hors éclairage</b> | <b>44,50</b>                 | <b>62,22</b> |
| <b>TOTAL</b>                | <b>85,75</b>                 | <b>88,17</b> |

\*\*\* En considérant des consommations d'éclairage au rez-de-chaussée conformes au calcul

Au global, les consommations réelles du bâtiment sont très proches du calcul réglementaire (2,82%).

Les consommations globales hors éclairage sont 39,82% plus élevées que les consommations calculées.

Les postes de consommation qui dépassent de manière très importante les consommations théoriques du calcul conventionnel sont les suivantes :

- Les consommations de chauffage sont très supérieures aux consommations calculées (+48,99%). Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées pour l'expliquer :
  - Des rendements des équipements différents entre le calcul et la réalité
  - Une température de consigne différente du calcul réglementaire
  - L'usage du bâtiment ainsi que l'impact des occupants (ouverture des fenêtres par exemple)
  - Un hiver plus froid que celui utilisé par le moteur de calcul.
- Les consommations réelles des auxiliaires de ventilation sont très supérieures au calcul (+69,81%).

Les consommations d'éclairage de l'étage et des autres auxiliaires sont, pour leur part, très faibles par rapport aux résultats du calcul réglementaire. Respectivement inférieurs de 37,10% pour l'éclairage et de 74,58% pour les auxiliaires de chauffage, ces postes permettent de compenser les surconsommations de chauffage et de ventilation. Ils permettent ainsi de rapprocher le bilan énergétique annuel du calcul conventionnel.

**L'objectif du suivi réalisé et de l'analyse faite ci-après est d'expliquer l'origine des écarts constatés.**

## 2.2 - Analyse de l'occupation

Le rez-de-chaussée et l'étage sont considérés, au niveau des calculs réglementaires, comme des locaux à usage de bureaux. Néanmoins, il s'agit d'espaces utilisés de manières très différentes. En effet, si le rez-de-chaussée est principalement composé de locaux dédiés à des activités de type réunion impliquant une occupation ponctuelle, l'étage correspond à un usage plus classique de bureaux avec une présence continue des personnels.

La définition d'une occupation moyenne du bâtiment sur l'année est réalisée de la manière suivante :

- enquêtes auprès des utilisateurs ;
- identification de la présence à l'étage au regard des relevés de consommation d'éclairage, du rayonnement solaire et de l'éclairement mesuré ;
- identification des périodes de non-utilisation des espaces du rez-de-chaussée à partir de l'analyse des températures intérieures (chauffage en mode réduit lors des périodes de vacances de locaux).

A l'issue de cette phase d'analyse, trois scénarios d'occupation composés de pourcentages de présence variables selon les heures de présence en semaine (enquêtes d'occupation) sont retenus :

### a) Scénario « semaine type »(5 adultes)

| Population adulte |    |     |       | Activité sédentaire |    |       |       | Activité légère, debout |       |     |    |
|-------------------|----|-----|-------|---------------------|----|-------|-------|-------------------------|-------|-----|----|
| 5                 |    |     |       | 80%                 |    |       |       | 20%                     |       |     |    |
| Heure             | 8  | 9   | 10    | 11                  | 12 | 13    | 14    | 15                      | 16    | 17  | 18 |
| Lundi             | 0% | 50% | 60%   | 60%                 | 0% | 60%   | 60%   | 60%                     | 60%   | 50% | 0% |
| Mardi             | 0% | 50% | 100 % | 100 %               | 0% | 100 % | 100 % | 100 %                   | 100 % | 50% | 0% |
| Mercredi          | 0% | 60% | 80%   | 80%                 | 0% | 80%   | 80%   | 80%                     | 60%   | 50% | 0% |
| Jeudi             | 0% | 50% | 100 % | 100 %               | 0% | 100 % | 100 % | 100 %                   | 100 % | 50% | 0% |
| Vendredi          | 0% | 50% | 100 % | 100 %               | 0% | 50%   | 50%   | 50%                     | 50%   | 50% | 0% |
| Samedi            | 0% | 0%  | 0%    | 0%                  | 0% | 0%    | 0%    | 0%                      | 0%    | 0%  | 0% |
| Dimanche          | 0% | 0%  | 0%    | 0%                  | 0% | 0%    | 0%    | 0%                      | 0%    | 0%  | 0% |

### b) Scénario « semaine congés »

Identique au scénario « semaine type » avec un effectif présent limité 3 adultes.

### c) Scénario « semaine formation »

| Population adulte |    |     |      | Activité sédentaire |    |      |      |      | Activité légère, debout |     |     |  |  |
|-------------------|----|-----|------|---------------------|----|------|------|------|-------------------------|-----|-----|--|--|
| 10                |    |     |      | 80%                 |    |      |      |      | 20%                     |     |     |  |  |
| Heure             | 8  | 9   | 10   | 11                  | 12 | 13   | 14   | 15   | 16                      | 17  | 18  |  |  |
| Lundi             | 0% | 25% | 30%  | 30%                 | 0% | 30%  | 30%  | 30%  | 30%                     | 25% | 0%  |  |  |
| Mardi             | 0% | 25% | 50%  | 50%                 | 0% | 50%  | 50%  | 50%  | 50%                     | 25% | 0%  |  |  |
| Mercredi          | 0% | 25% | 90%  | 90%                 | 0% | 90%  | 90%  | 90%  | 80%                     | 75% | 50% |  |  |
| Jeudi             | 0% | 25% | 100% | 100%                | 0% | 100% | 100% | 100% | 100%                    | 75% | 50% |  |  |
| Vendredi          | 0% | 25% | 100% | 100%                | 0% | 75%  | 75%  | 75%  | 75%                     | 75% | 50% |  |  |
| Samedi            | 0% | 0%  | 0%   | 0%                  | 0% | 0%   | 0%   | 0%   | 0%                      | 0%  | 0%  |  |  |
| Dimanche          | 0% | 0%  | 0%   | 0%                  | 0% | 0%   | 0%   | 0%   | 0%                      | 0%  | 0%  |  |  |

La prise en compte dans l'outil PREBAT « occupation » de ces différents scénarios permet de définir le scénario moyen d'occupation hors semaines de vacances ci-dessous :

| Planning moyen d'occupation hors semaine de vacances |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| horaires   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | Total |
| lundi  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 8     |
| mardi  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 8     |
| mercredi   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 9     |
| jeudi  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 9     |
| vendredi   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1  | 1  | 0  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 9     |
| samedi   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0     |
| dimanche   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0     |

0 : période d'inoccupation

1 : période d'occupation d'1 semaine

43

Les apports internes horaires considérés répartis sur la période d'occupation s'élèvent à 6,57 W/m<sup>2</sup>.

## 2.3 - Analyse de l'enveloppe

### 2.3.1 - Méthodologie et hypothèses

Grâce à l'instrumentation du bâti, les données suivantes peuvent être connues ou estimées au pas de temps horaire :

- Apports solaires, par décomposition des surfaces de fenêtres, portes et murs pour chaque façade du bâtiment. L'outil PREBAT « Solaire » permet le calcul des apports solaires pour l'année. Les masques solaires lointains et urbains sont pris en compte dans le calcul. Les masques architecturaux (joues, casquettes, etc.) sont également considérés.
- Apports internes ; pour les apports dus à l'occupation, nous considérons l'occupation obtenue à l'aide de l'outil PREBAT « occupation ». Les apports issus des équipements électriques sont pris en compte à partir des comptages électriques réalisés.

- Énergie de chauffage délivrée au bâtiment ; celle-ci est obtenue à partir des compteurs de calories installés. Les comptages, associés à celui de la consommation de gaz, permettent également d'évaluer le rendement de la chaudière.
- Pertes par ventilation ; elles sont évaluées à partir des consommations électriques et des caractéristiques techniques des auxiliaires de ventilation de chaque système.
- Pertes par défaut d'étanchéité ; la valeur de perméabilité retenue est celle obtenue au test final d'infiltrométrie ( $Q4\text{Pasurf} = 1,35 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ )
- Pertes par ouverture de fenêtres ; en l'absence de contacts de feuillure installés sur chaque fenêtre ou d'informations précises quant aux usages, ces pertes ne sont pas prises en compte dans le calcul. **Elles sont supposées nulles.**

**À partir de ces données, la seule inconnue du bilan thermique correspond aux pertes par conduction à travers l'enveloppe du bâtiment. On peut alors calculer l'indicateur  $U_{\text{bât}}$ .**

L'équation est résolue semaine par semaine, grâce à l'outil PREBAT « Enveloppe » développé par le Cerema.

### 2.3.2 - Résultats obtenus sur le $U_{\text{bât}}$

L'analyse de l'enveloppe est réalisée au niveau de l'ensemble du bâtiment. En effet, au-delà de la difficulté de répartir de manière précise certains comptages communs aux deux niveaux du bâtiment, il n'apparaît pas judicieux de considérer chaque étage de manière séparée, étant entendu que des transferts thermiques ont lieu au travers du plancher intermédiaire.

La période considérée pour l'analyse de l'enveloppe est comprise entre le 11 novembre et le 28 décembre 2013. L'absence de relevés horaires des consommations sur le mois de janvier 2014 n'a pas permis d'étendre la période d'analyse. **Aussi, les premiers résultats obtenus sont à confirmer au cours de la seconde année de suivi.**

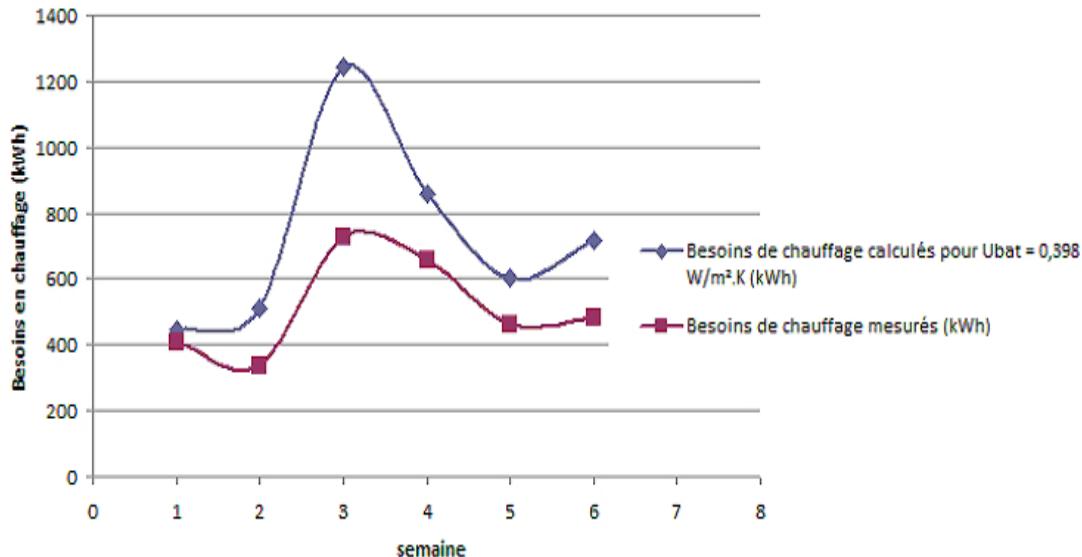
Le tableau ci-dessous donne le résultat obtenu, ainsi que le  $U_{\text{bât}}$  théorique.

| $U_{\text{bât}} \text{ théorique } [\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$ |       | $U_{\text{bât}} \text{ mesuré } [\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}]$ |
|--|-------|---|
| Rez-de-chaussée  | 0,530 |   |
| Étage  | 0,398 | 0,278   |

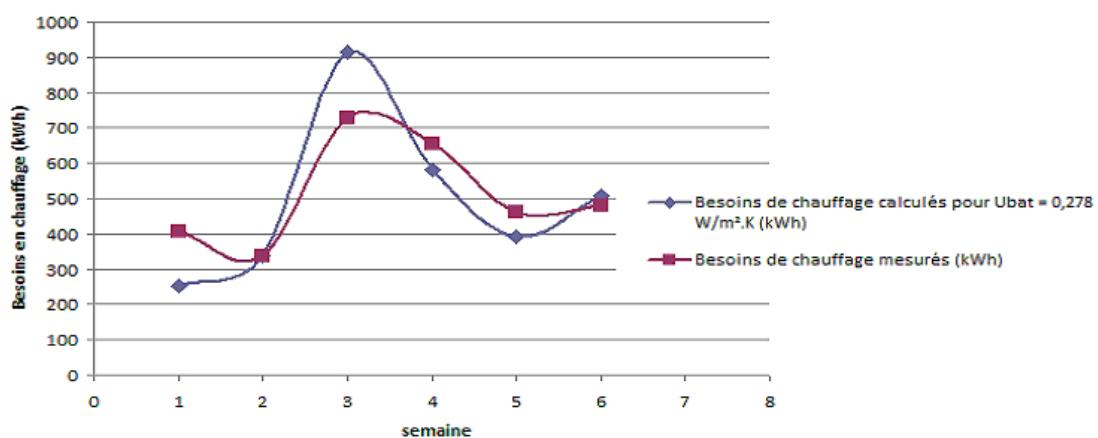
Les performances estimées de l'enveloppe sont meilleures que les performances théoriques.

Les courbes ci-après comparent, pour les six semaines évaluées, les besoins réels mesurés sur le bâtiment et les besoins recalculés avec un  $U_{\text{bât}}$  donné.

**Comparaison des besoins de chauffage mesurés et calculs pour  
 $U_{\text{bat}} = 0,398 \text{ W/m}^2.\text{K}$**



**Comparaison des besoins de chauffage mesurés et calculs pour  
 $U_{\text{bat}} = 0,278 \text{ W/m}^2.\text{K}$**



Sur ces deux graphes nous voyons effectivement que les deux courbes sont davantage proches l'une de l'autre avec un  $U_{\text{bat}}$  de  $0,278 \text{ W/m}^2.\text{K}$  qu'avec un  $U_{\text{bat}}$  de  $0,396 \text{ W/m}^2.\text{K}$  sur l'ensemble de la période considérée.

Le  $U_{\text{bat}}$  mesuré est plus performant que le  $U_{\text{bat}}$  théorique. Ceci vient confirmer la qualité d'exécution des travaux constatée en phase chantier. Ce résultat aurait dû se traduire par un gain sur les consommations de chauffage. Son impact est évalué dans la suite de l'étude.

## 2.4 - Analyse du confort hiver/été

### 2.4.1 - Locaux suivis

Plusieurs capteurs destinés à relever la température et l'hygrométrie dans les locaux ont été installés au rez-de-chaussée et à l'étage. En complément, une station météorologique installée sur site permet d'obtenir les données climatiques précises.

Les locaux instrumentés sont les suivants :

- Salle de conférence, au rez-de-chaussée
- Salle de réunion, au rez-de-chaussée
- Bureau n°1, au rez-de-chaussée
- Bureau médecine du travail, au rez-de-chaussée
- Circulation, à l'étage.

### 2.4.2 - Présentation des résultats

Les analyses effectuées utilisent les notions suivantes :

**Jour le plus chaud :** la journée la plus chaude résulte d'une analyse des températures extérieures moyennes journalières en retenant la 3<sup>e</sup> journée de la séquence de 3 jours consécutifs les plus chauds en éliminant les jours où le bâtiment (la zone) est inoccupé(e).

**Te\_moy\_J+chaud :** température extérieure moyenne le « jour le plus chaud »

**Tic :** température intérieure conventionnelle utilisée dans les calculs Th-CE

**Tic expérimentale :** température intérieure des 3 heures consécutives les plus chaudes, mesurée le « jour le plus chaud »

**Te\_moy\_base\_RT :** température extérieure moyenne utilisée dans le calcul RT

**Tic équivalent RT (non mesurée) :** "Tic" estimée dans des conditions de  $T_{ext}$  « proches » de celles de la RT

Les graphiques issus des outils analyses et utilisés pour présenter pour les études sur les confort d'été et d'hiver sont les suivants.

| <b>Conditions extérieures</b>                            |  |
|--|--|
| <b>Nom du graphique</b>                                  | <b>Contenu du graphique</b>  |
| Evolution des températures sur la période d'étude        | Températures horaires extérieures sur la période d'étude   |
| • Été  |  |
| Profil journalier de température du jour le plus chaud   | Températures horaires extérieures du jour le plus chaud de la période considérée et température moyenne horaire de la période  |
| Fréquence cumulée des températures moyennes journalières | Nombre de jours de la période considérée pour lesquelles la température moyenne est supérieure à la température en ordonnée.<br><br>Température extérieure moyenne du scénario conventionnel sur la période d'étude  |
| Fréquence cumulée des températures                       | Nombre d'heures de la période considérée pour lesquelles la température extérieure est supérieure à la température en ordonnée   |
| • Hiver  |  |
| Profil moyen journalier                                  | Températures moyennes horaires de la période d'étude   |
| Diagramme de l'air humide                                | Relevés horaires des couples (température et humidité absolue exprimée à partir de la pression partielle d'eau en [daPa])<br><br>Les lignes noires correspondent à l'isohumidité relative selon un pas de 10%<br><br>Les polygones de couleur correspondent aux niveaux de confort décrits par la norme NF EN 15251 (Catégories I, II et III selon tableau ci-dessous) |
| Histogramme des températures horaires                    | Nombre d'heures de la période considérée pour lesquelles la température extérieure est inférieure à la température en ordonnée   |
| Histogramme des températures moyennes journalières       | Nombre de jours de la période considérée pour lesquelles la température moyenne est inférieure à la température en ordonnée  |

| <b>Conditions intérieures</b>                                  |   |
|--|---|
| <b>Nom du graphique</b>  | <b>Contenu</b>  |
| Évolution de la température intérieure sur la période d'étude  | <p>Profil horaire de température de la pièce durant la période d'étude</p> <p>En été, le graphe fait également apparaître la Tic. Le tracé en vert définit les périodes d'occupation</p>  |
| <b>• Confort d'hiver</b>                                       |   |
| Profil moyen journalier  | Températures moyennes horaires intérieures de la période considérée   |
| Diagramme de l'air humide : zones de confort                   | <p>Relevés horaires, dans le local, des couples (température ; pression partielle d'eau en [daPa])</p> <p>Les lignes noires correspondent à l'isohumidité relative selon un pas de 10%<br/>Les polygones de couleur correspondent aux niveaux de confort décrits par la norme NF EN 15251 (Catégories I, II et III selon tableau ci-dessous)</p>  |
| Fréquence cumulée des températures                             | Nombre d'heures de la période considérée pour lesquelles la température du local étudié en occupation est supérieure à la température en ordonnée   |
| Fréquence des températures en mode chaud                       | Fréquences cumulées (en pourcentage) des températures mesurées au pas de temps horaire en dixième de degré  |
| Tint selon la température extérieure                           | Températures intérieures horaire de la période d'étude en fonction de la température extérieure   |
| <b>• Confort d'été</b>   |   |
| Profil horaire journalier de température du jour le plus chaud | Températures horaires intérieures du jour le plus chaud de la période considérée, température moyenne horaire de la période et température extérieure du jour le plus chaud   |
| Diagramme de l'air humide : zones de confort                   | <p>Relevés horaires, dans le local, des couples (température ; humidité absolue exprimée à partir de la pression partielle d'eau en [daPa])</p> <p>Les lignes noires correspondent à l'isohumidité relative selon un pas de 10%<br/>Les polygones de couleur correspondent aux niveaux de confort décrits par la norme NF EN 15251 (Catégories I, II et III selon tableau ci-dessous)</p> |
| Températures acceptables                                       | Températures intérieures horaires de la période d'étude en fonction de la température extérieure. Le graphe inclut les 3 catégories limite de température correspondant aux niveaux de confort décrits par la norme NF EN 15251 (Catégories I, II et III selon tableau ci-dessous)  |
| Fréquence cumulée des températures                             | Nombre d'heures de la période considérée pour lesquelles la température du local étudié en occupation est supérieure à la température en ordonnée.  |

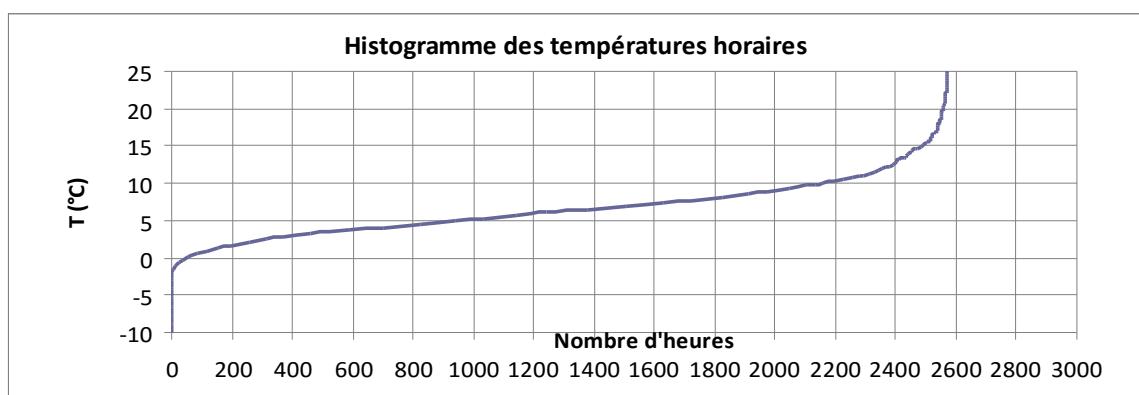
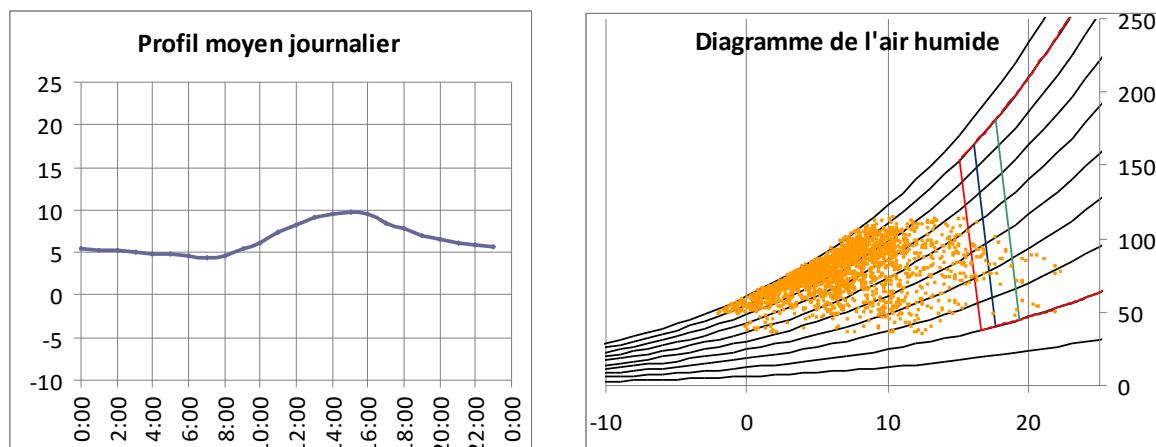
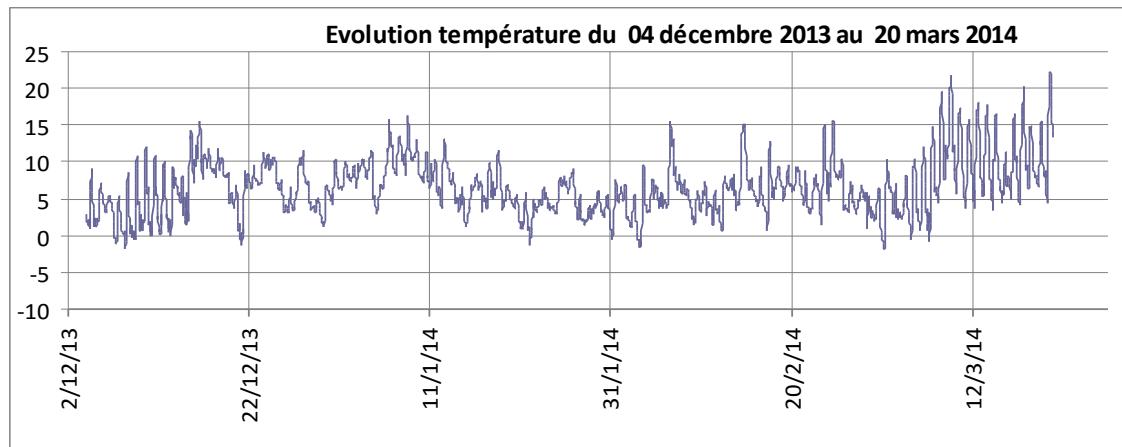
### Niveaux de confort décrits par la norme NF EN 15 251

| Couleur        | Catégories | Niveau de confort   |
|----------------|------------|---|
| Vert           | I          | Niveau élevé attendu qui est recommandé pour les espaces occupés par des personnes très sensibles et fragiles avec des exigences spécifiques comme des personnes handicapées, les malades, de très jeunes enfants et des personnes âgées. |
| Bleu           | II         | Niveau normal attendu, qu'il convient d'utiliser pour les bâtiments neufs et les rénovations.   |
| Rouge          | III        | Niveau modéré acceptable attendu qui peut être utilisé dans les bâtiments existants.  |
| Hors polygones | IV         | Valeurs en dehors des critères des catégories ci-dessus. Il convient que cette catégorie soit acceptée seulement pour une partie restreinte de l'année.   |

## 2.4.3 - Confort d'hiver

### Conditions climatiques hivernales

La période considérée est comprise entre le 4 décembre 2013 et le 20 mars 2014.



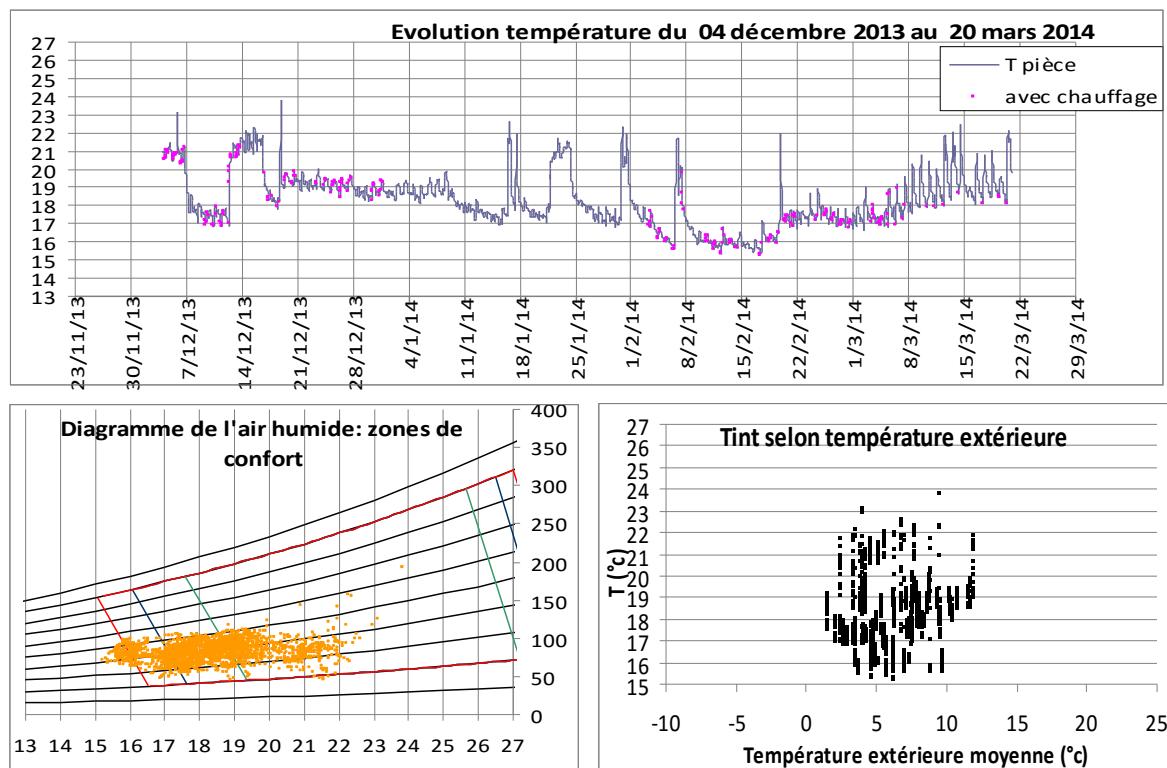
Globalement, nous constatons que l'hiver 2013-2014 a été relativement doux. Les températures relevées sont très rarement inférieures à 0°C (30 heures environ sur la période considérée). La température moyenne de la journée la plus froide (7 décembre 2013) s'élève à 1,5°C.

## Zones de confort

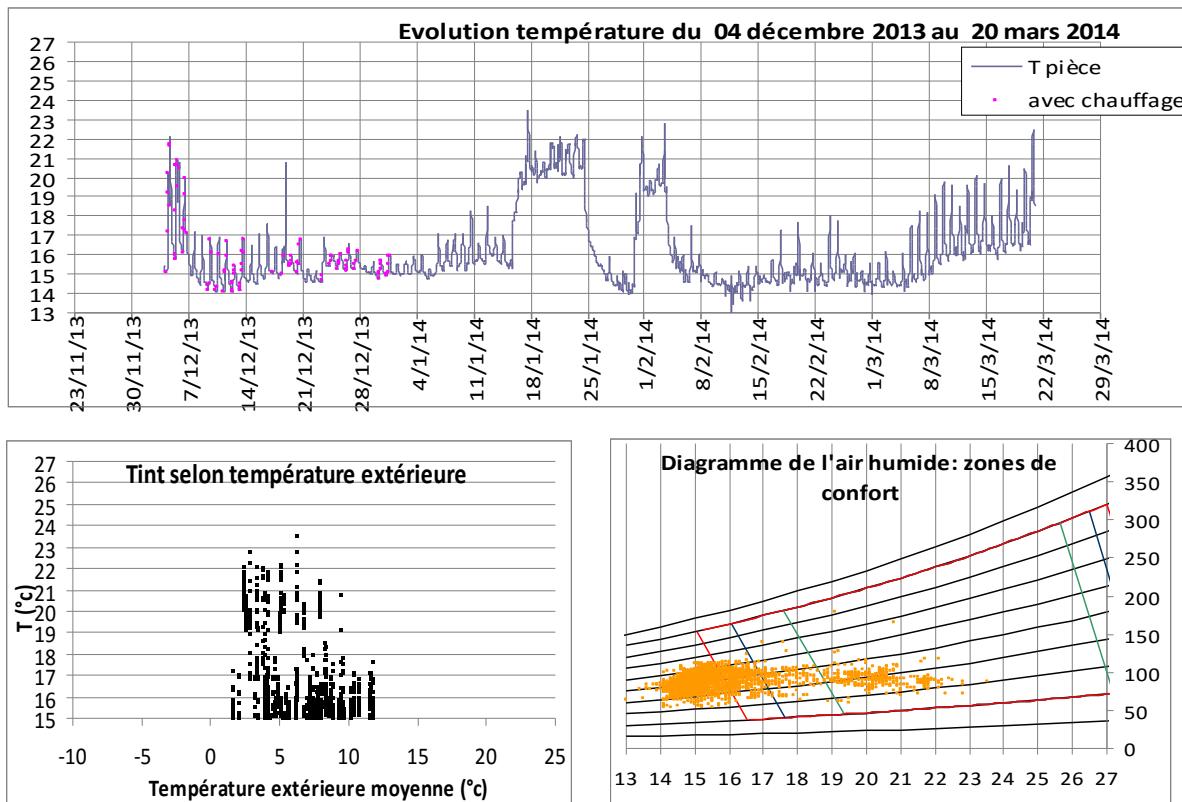
Figurent ci-dessous les résultats obtenus pour la période du 4 décembre 2013 au 20 mars 2014, dans les différents locaux instrumentés.

Sur les diagrammes de l'air humide, le confort optimal est atteint lorsque les couples de points {température; humidité relative} sont dans le polygone vert. Le confort est dégradé lorsque l'on s'éloigne de cette zone.

## Salle de conférence



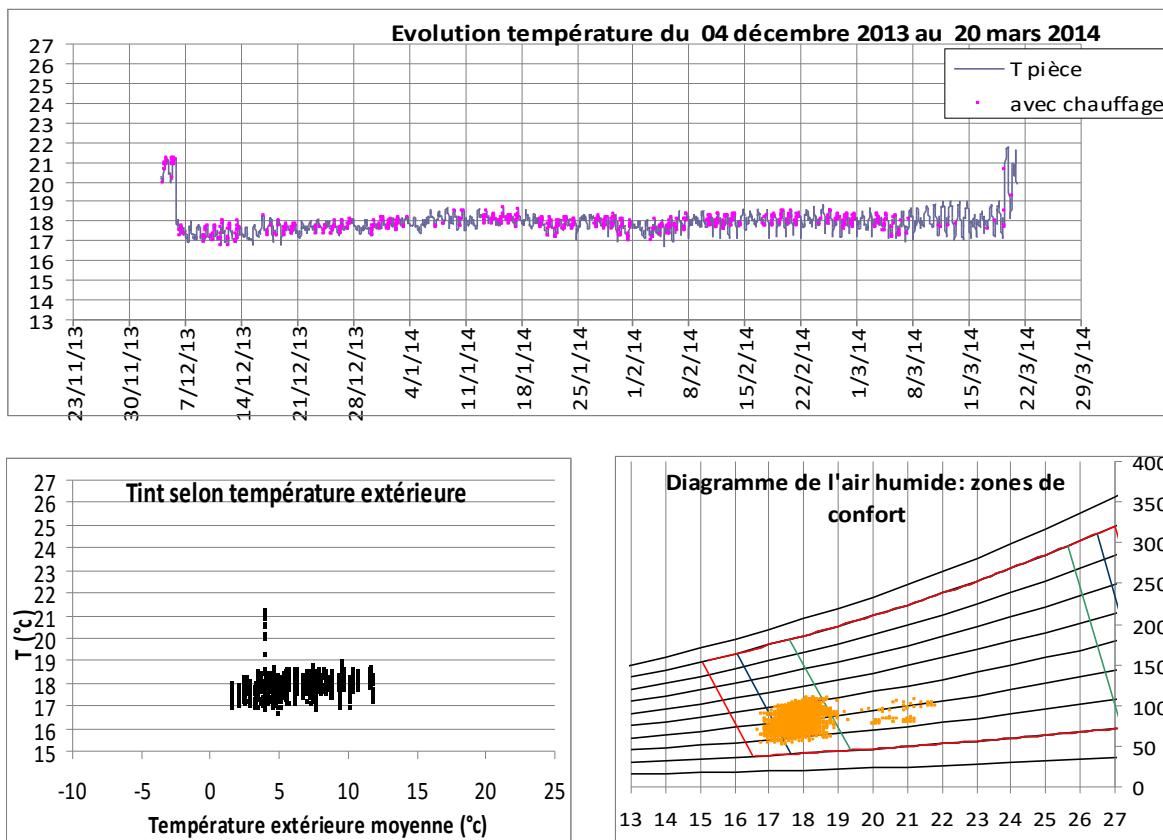
## Salle de réunion



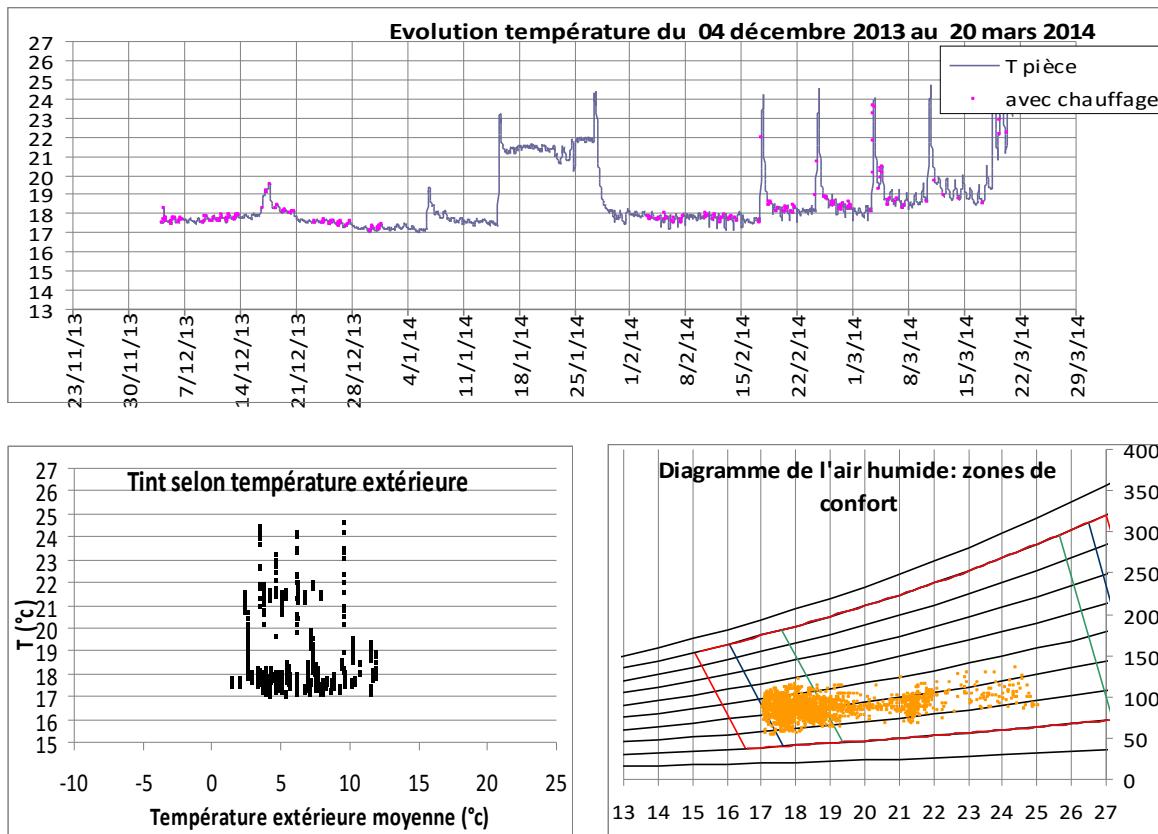
Les périodes d'occupation de la salle de conférences et de la salle de réunion sont clairement identifiables sur ces graphiques. Nous constatons que ces locaux sont correctement chauffés lors des périodes d'occupation (températures comprises entre 19°C et 23°C). Lorsqu'ils ne sont pas utilisés, le chauffage en mode réduit assure une température de comprise entre 14°C et 17°C.

Si les diagrammes de confort laissent apparaître de nombreux points en dehors de la zone de confort, ces points correspondent essentiellement aux périodes d'inoccupation des locaux pour lesquelles le chauffage est en mode réduit.

L'analyse des graphiques des températures intérieures en fonction de la température extérieure montre que le système de chauffage permet facilement de chauffer les locaux à des températures intérieures supérieures à 21°C en période d'occupation, y compris lorsque les températures extérieures sont les plus faibles. Dans ces conditions (hiver clément), il apparaît que le chauffage et la ventilation de l'étage permettent d'assurer un bon confort hygrothermique des occupants. Il serait intéressant d'observer si cela reste vrai lors d'un hiver plus froid.

**Bureau n°1**

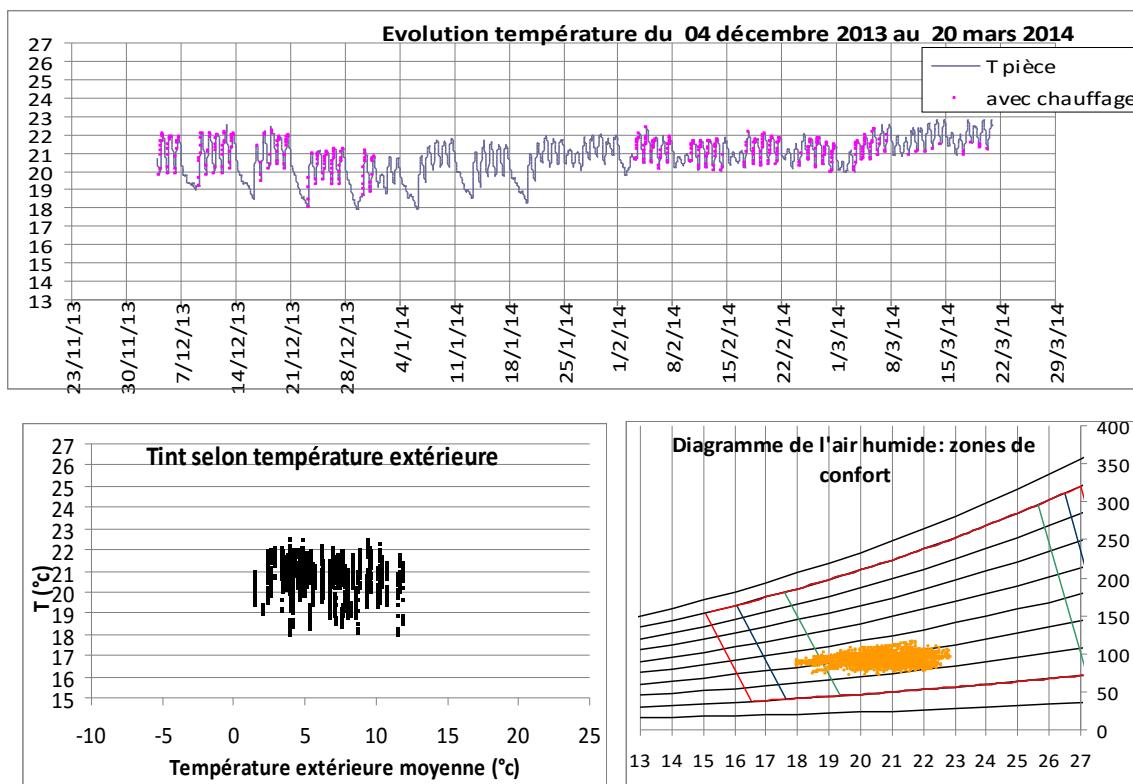
## Bureau « Médecine du travail »



Nous notons que ces deux bureaux sont occupés de manière très occasionnelle. Le bureau n°1 n'est presque jamais utilisé au cours de la période.

Si le diagramme de confort apparaît moyen, il est très probable que les points situés au cœur du diagramme correspondent aux relevés effectués lors des périodes d'occupation. Ceci est confirmé par l'analyse du graphique des températures intérieures en fonction de la température extérieure. Nous constatons que le système de chauffage permet d'atteindre facilement des températures intérieures supérieures à 21°C en période d'occupation y compris lorsque les températures extérieures sont les plus faibles. En conclusion, **le chauffage et la ventilation de l'étage permettent d'assurer un bon confort hygrothermique des occupants.**

## Étage



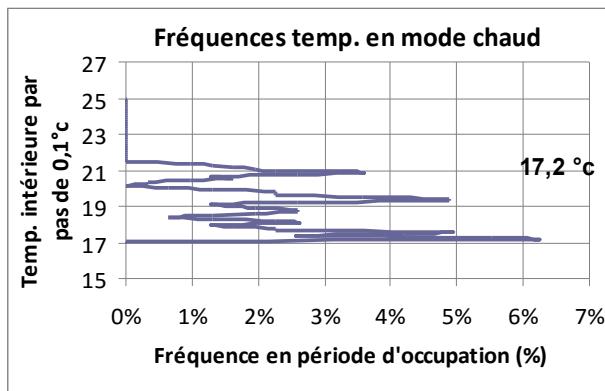
Le graphe montrant l'évolution des températures au cours de la période considérée montrent que l'étage est beaucoup plus utilisé que le rez-de-chaussée. Nous constatons un usage de type bureau avec une occupation continue en semaine aux heures d'ouverture. Nous voyons également apparaître de manière très claire l'utilisation de réduits de chauffage la nuit et les week-ends. La température en journée travaillée est globalement au-dessus des 21°C.

Le diagramme de confort est globalement bon. Nous voyons également que le système de chauffage permet d'obtenir des températures intérieures entre 21°C et 23°C malgré des températures extérieures négatives. En conclusion, **le chauffage et la ventilation de l'étage permettent d'assurer un bon confort hygrothermique des occupants.**

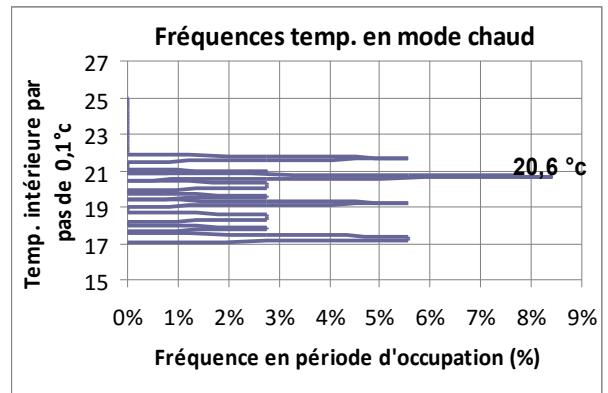
## Températures de consigne mesurées

Pour tous les locaux instrumentés, la température de consigne est relevée. Pour cela on regarde la fréquence d'apparition de chaque température.

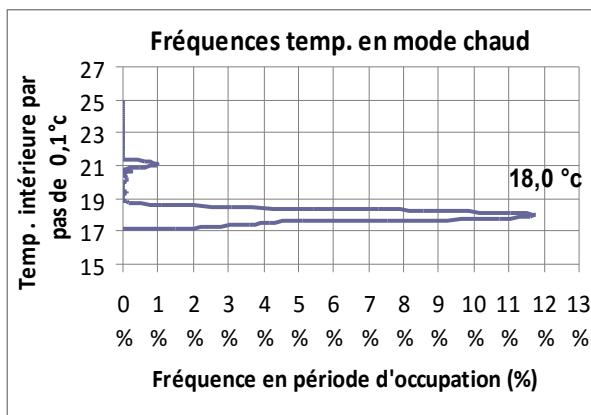
Salle de conférence



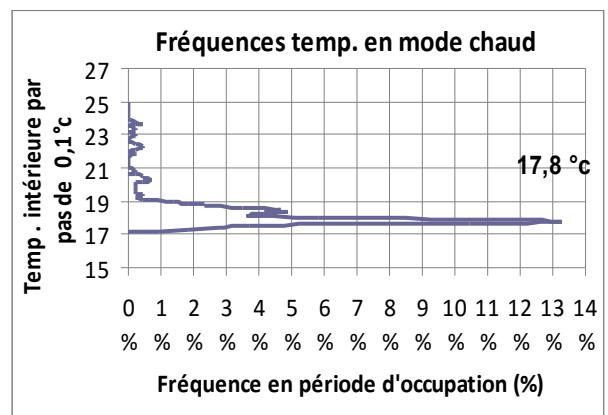
Salle de réunion



Bureau n°1

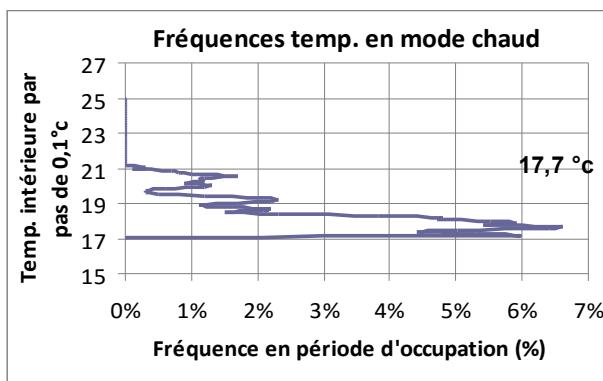


Bureau médecine du travail



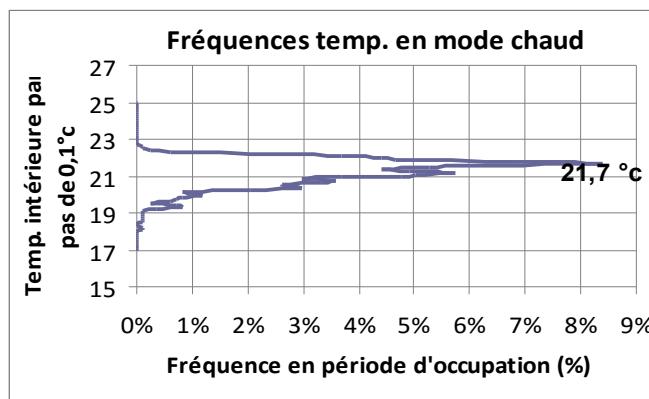
Globalement, les températures de consignes obtenues confirment la faible utilisation des espaces du rez-de-chaussée. Hormis pour la salle de réunion, les températures les plus fréquemment obtenues correspondent à des températures de chauffage en mode réduit (entre 17°C et 18°C). À l'image de la salle de réunion, tous les locaux possèdent des pics de fréquence autours de 21°C. Il semblerait ainsi que 21°C soit une valeur assez proche de la température de consigne en occupation du rez-de-chaussée.

Le calcul de la température horaire moyenne pondérée en fonction de la surface des locaux nous permet d'obtenir les graphiques ci-dessous.



Le graphe permet d'identifier de manière plus précise la température de consigne du rez-de-chaussée considérée dans la suite du rapport, qui s'élève à 17,7°C.

## Étage



Le graphe permet d'identifier de manière plus précise la température de consigne de l'étage, qui s'élève à 21,7°C.

## Rappel

La température de consigne pour le scénario conventionnel de la Réglementation Thermique est :

$$T^{\circ} \text{ consigne} = T^{\circ} \text{ consigne conventionnelle} + VS + VT$$

Avec les éléments suivants réglés dans le calcul réalisé sur l'opération :

- $T^{\circ}$  consigne conventionnelle = 19°C
- VS : Variation spatiale = 0,4°C (Classe C, locaux de moins de 4m de hauteur sous plafond)
- VT : Variation temporelle = 1,2°C (robinets thermostatiques certifiés)

Soit une température de consigne théorique de 20,6°C.

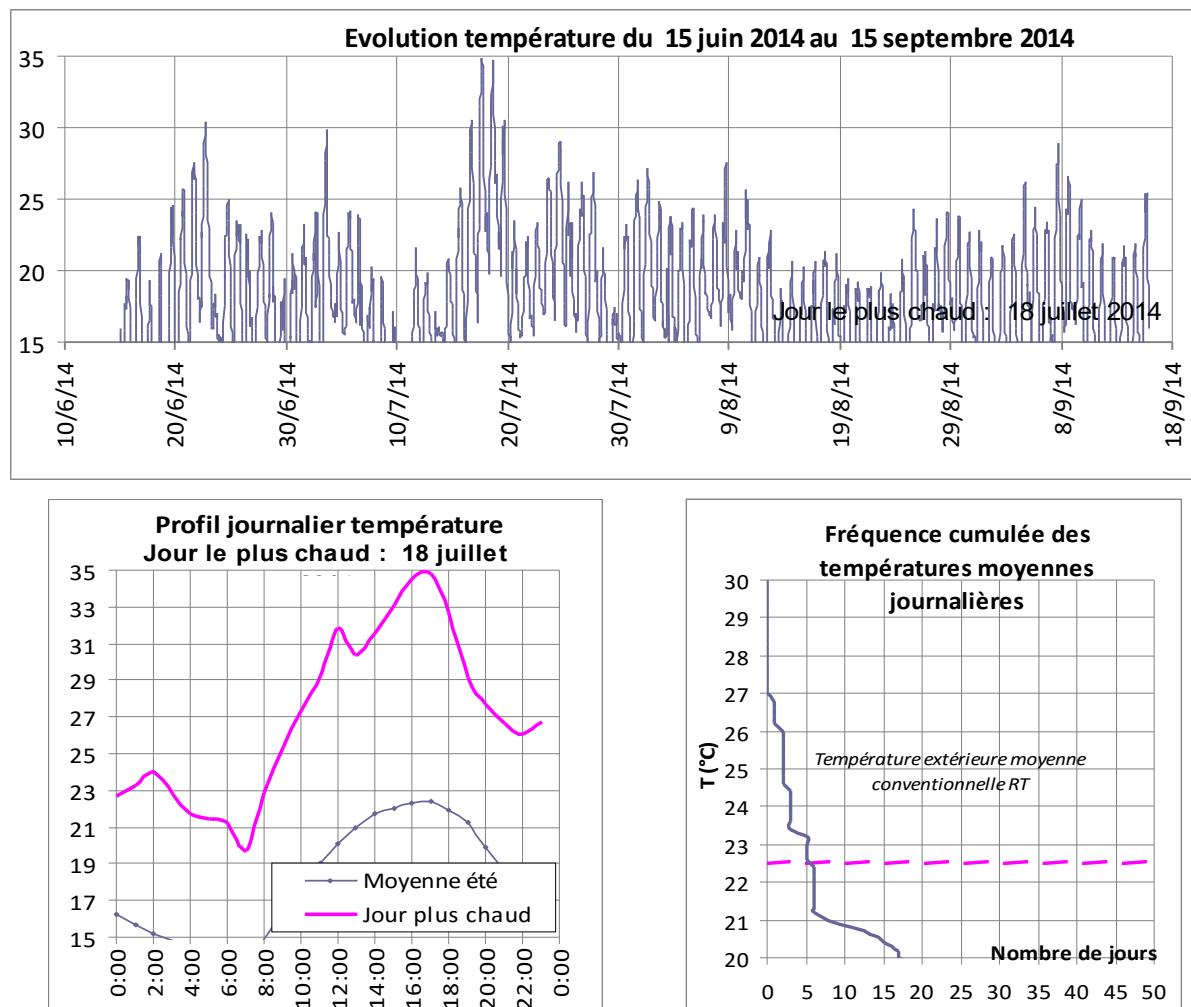
La température de consigne de l'étage explique une partie des surconsommations du chauffage par rapport au calcul théorique.

A contrario, la température de consigne moyenne du rez-de-chaussée aurait dû être à l'origine d'une économie de chauffage.

## 2.4.4 - Confort d'été

### Conditions climatiques estivales

La période considérée pour l'analyse du confort d'été s'étend du 15 juin au 15 septembre 2014. À l'image de ce qui a été réalisé pour le confort d'hiver, les données de température et d'hygrométrie intérieures des différents locaux au cours de cette période sont analysés.

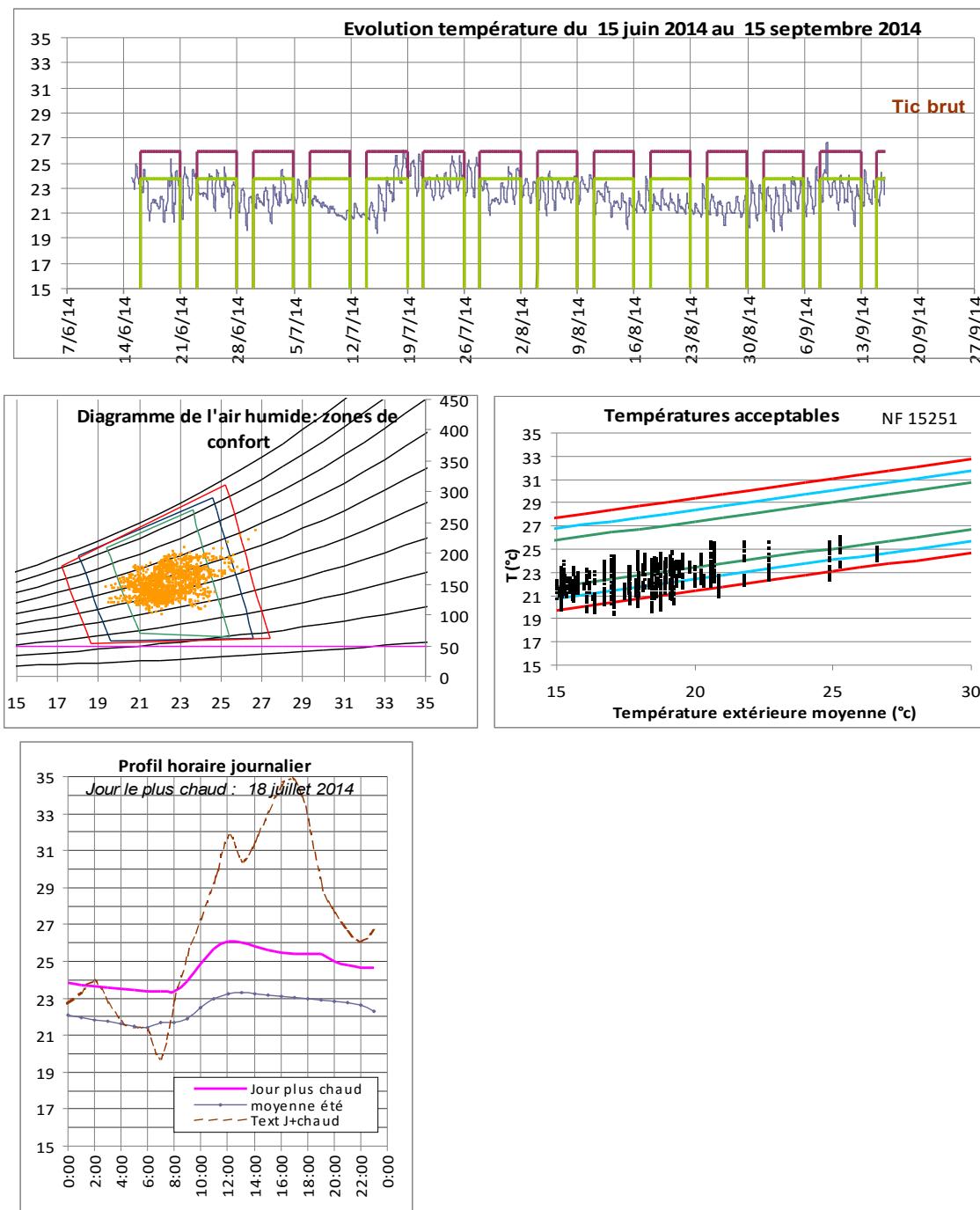


Les températures extérieures ont été relativement faibles au cours de l'été 2014.

## Température intérieure conventionnelle

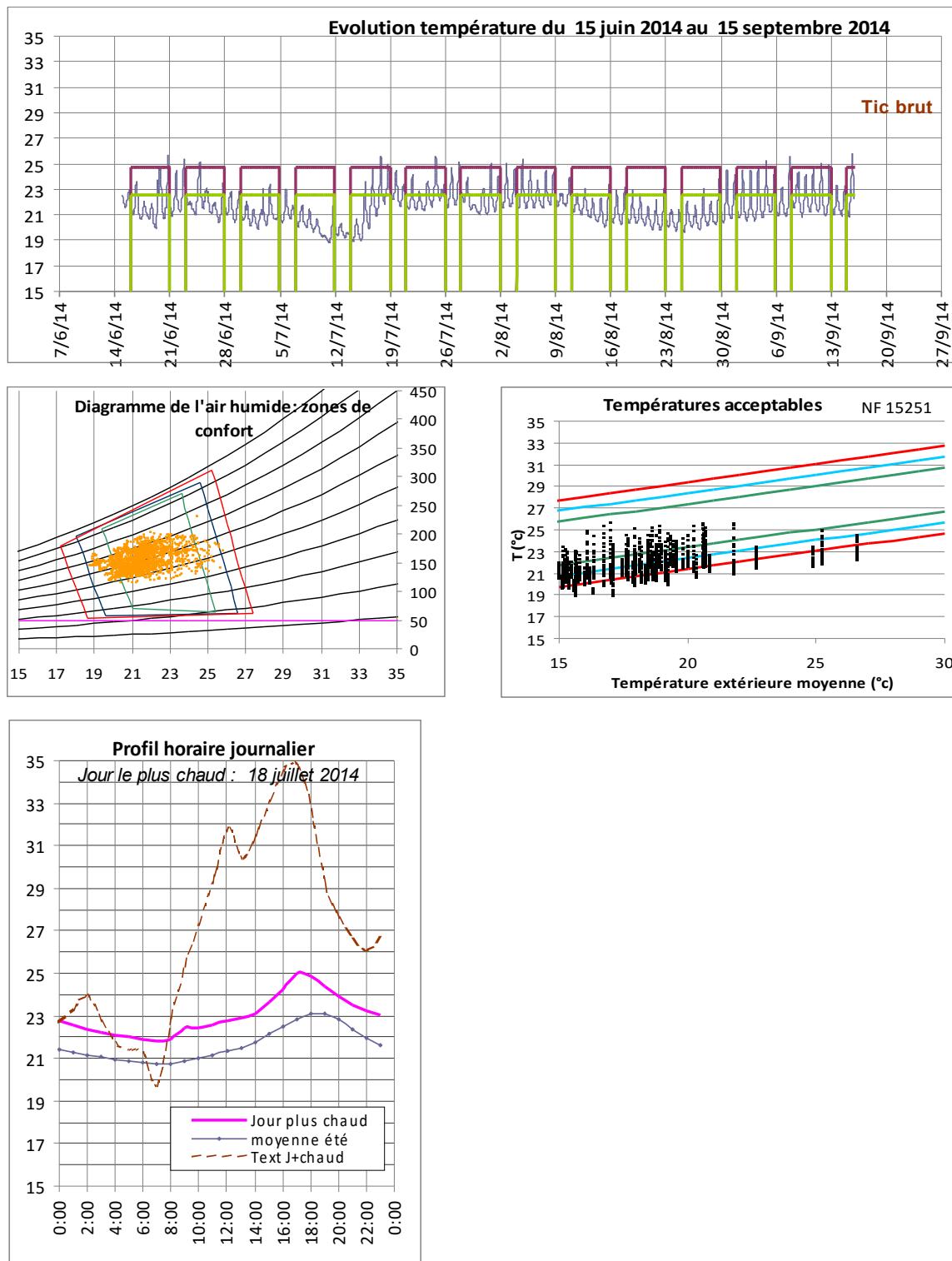
Hors résidentiel, la Température intérieure conventionnelle (Tic) est la valeur maximale des températures opératives obtenues en période d'occupation. Pour chaque local, le calcul de la Tic expérimentale est réalisé sur la journée la plus chaude de la période considérée. Les graphes ci-dessous présentent les résultats obtenus pour chaque local instrumenté.

### Salle de conférence

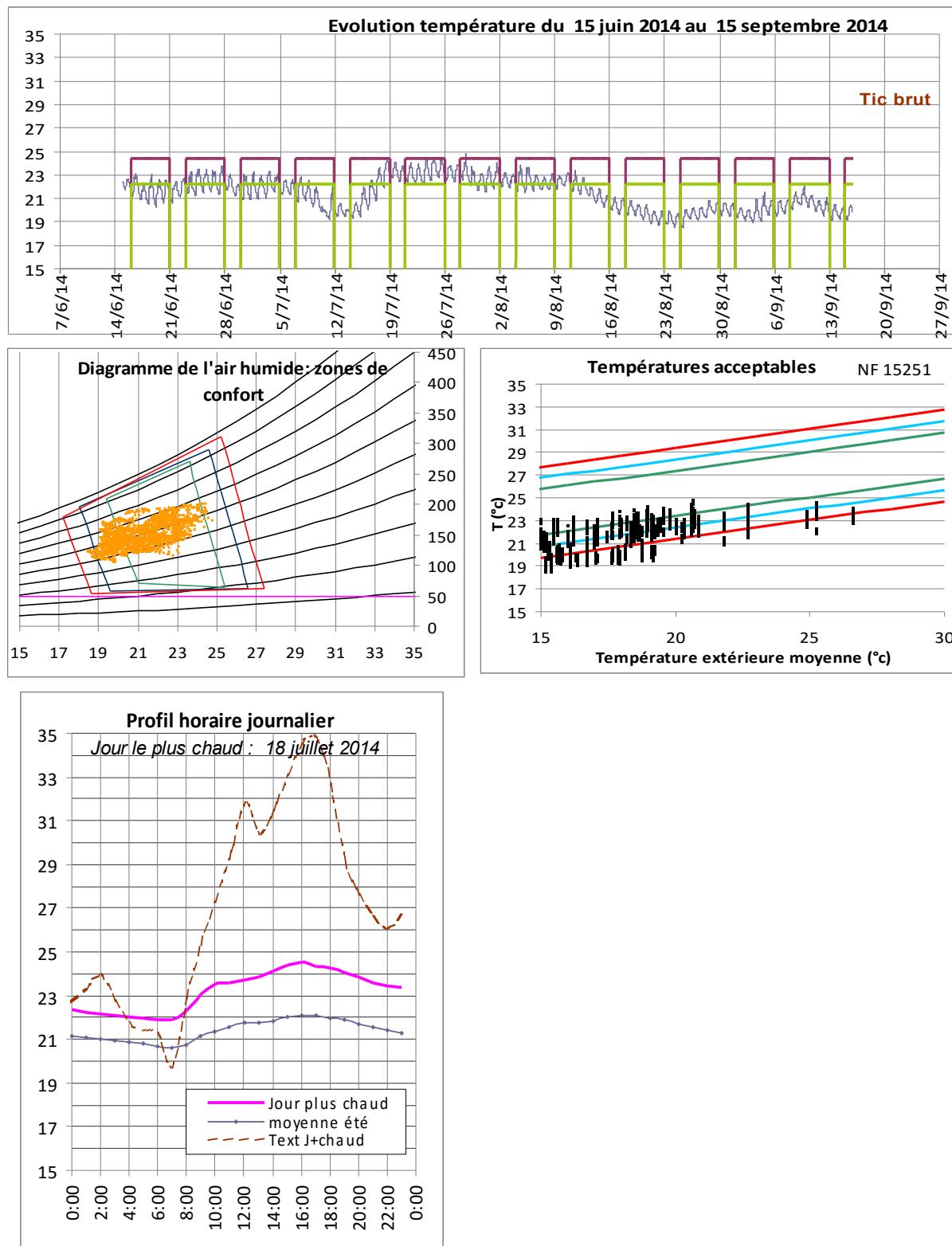


Tic expérimentale = 26,0°C

## Salle de réunions

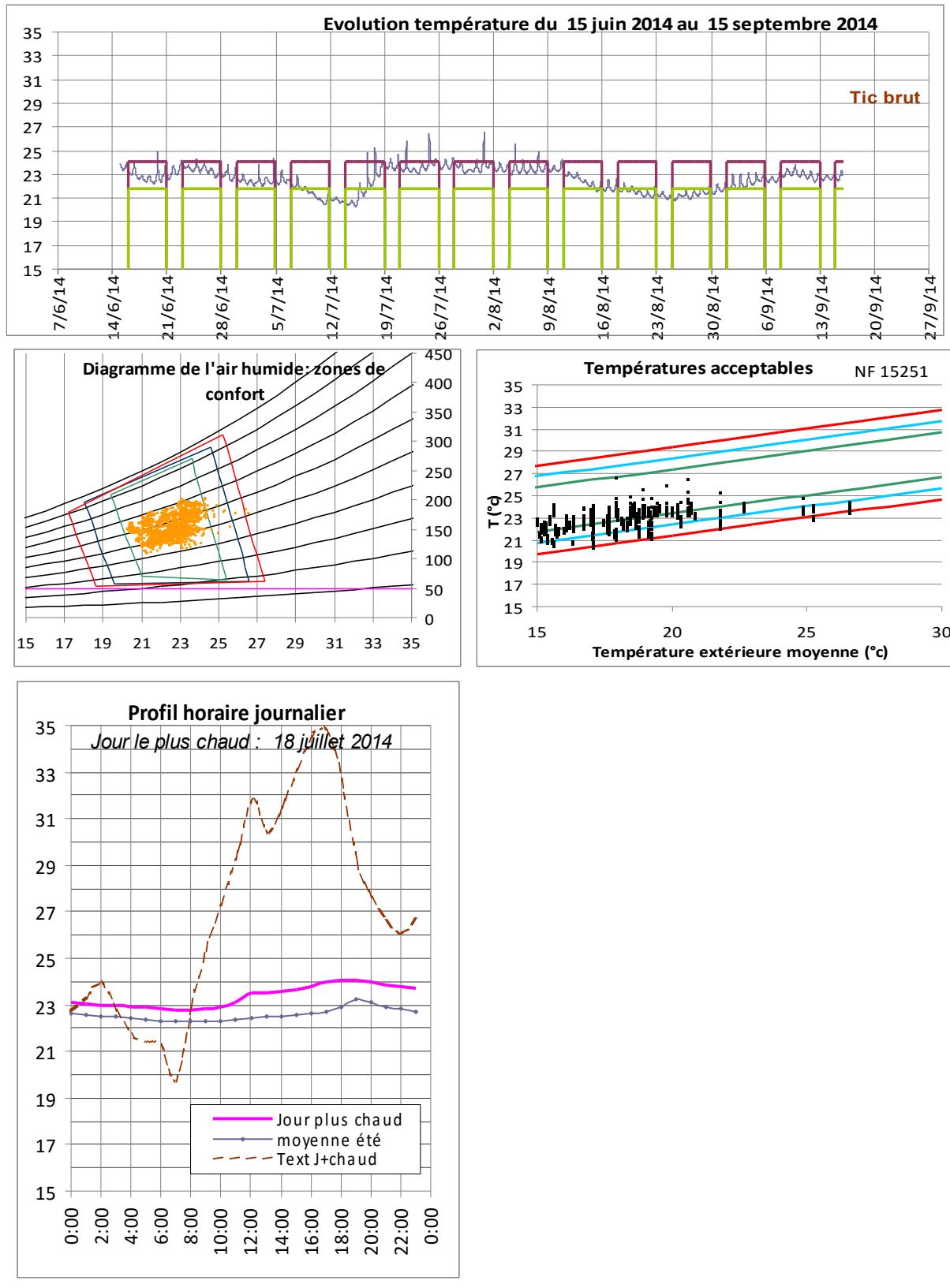


Tic expérimentale = 24,8°C

**Bureau n°1**

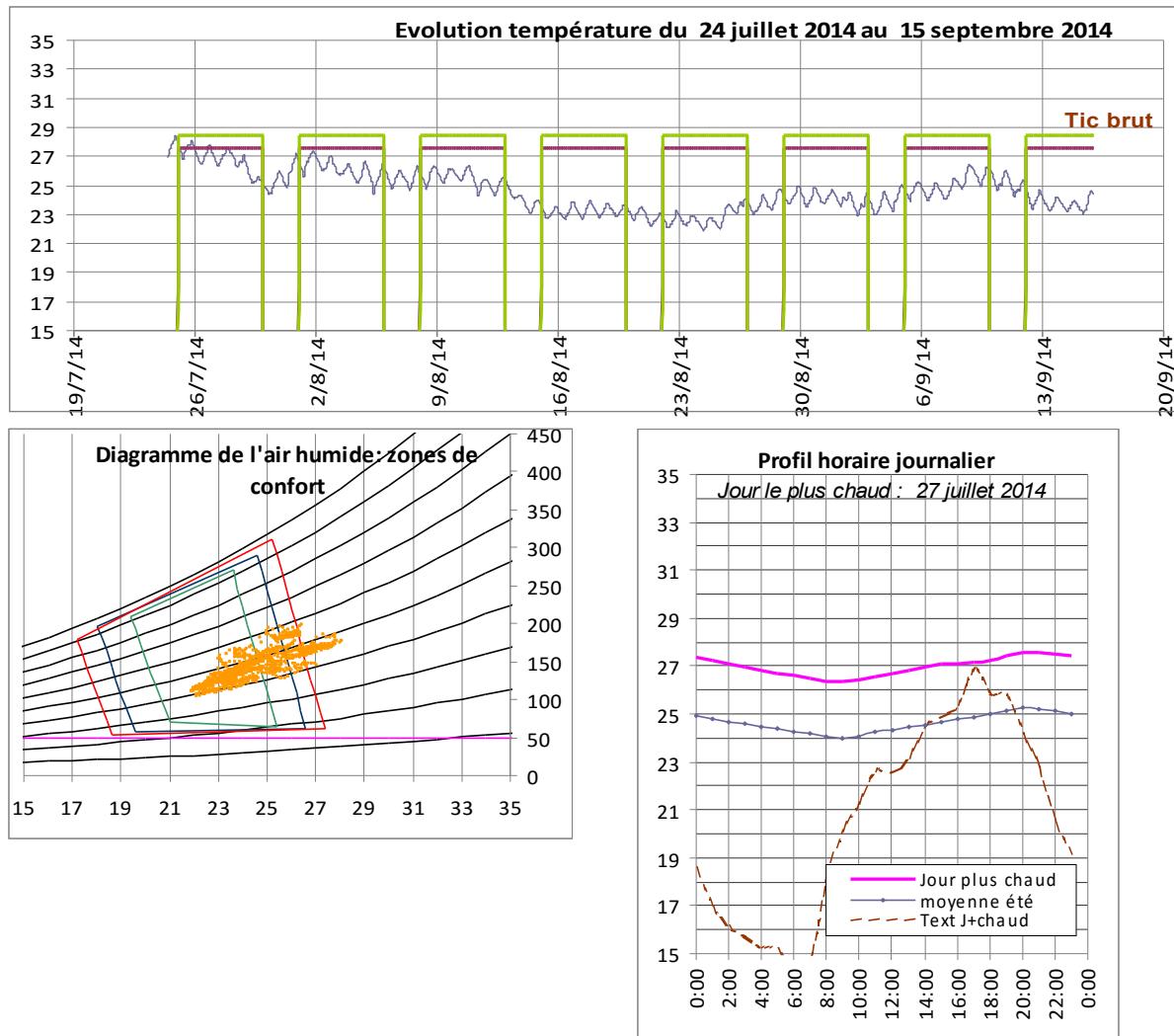
Tic expérimentale = 24,4°C

## Bureau « Médecine du travail »



## Étage

L'absence de données à l'étage entre le 9 avril et le 24 juillet 2014, ne nous permet pas d'analyser le comportement de l'étage sur la période estivale complète. Si la journée la plus chaude (18 juillet 2014) au rez-de-chaussée ne peut être considérée, une première approche partielle porte sur la période entre le 24 juillet et le 15 septembre.



Tic expérimentale = 27,6°C

## Analyse

Sur les graphiques du confort adaptatif, on retrouve trois zones de confort qui évoluent lorsque la température extérieure change. Pour les locaux situés en rez-de-chaussée, l'essentiel des points de mesure est dans la zone de confort optimale. Les Tic expérimentales au rez-de-chaussée sont comprises entre 24°C et 26°C, ce qui est beaucoup plus faible que la Tic projet (30,81°C). La salle de conférence, malgré une orientation a priori favorable, est la pièce la plus chaude. Ceci est vraisemblablement dû au fait que cet espace dispose d'une surface vitrée plus importante. La montée en température de la pièce est constatée le matin, ce qui correspond à la période d'exposition au rayonnement solaire direct. L'absence de dispositifs d'occultation explique l'augmentation rapide de la température intérieure.

**En ce qui concerne l'étage, la Tic expérimentale obtenue est plus élevée (27,6°C).** Elle reste cependant inférieure à la Tic de référence de la réglementation thermique (34,51°C). La courbe de température de la journée la plus chaude montre que la température intérieure varie très peu sur 24 heures et qu'elle est en permanence au-dessus de la température extérieure.

Les écarts constatés avec le calcul (écart Tic expérimentale et Tic réf autour de 20 %), au rez-de-chaussée comme à l'étage, proviennent vraisemblablement des conditions climatiques exceptionnellement fraîches de l'été 2014. L'absence de protections mobiles risque cependant de générer des surchauffes importantes lors de périodes plus chaudes. L'analyse de la seconde année de suivi devrait permettre de confirmer cette hypothèse.

## 2.5 - Analyse du fonctionnement de la production de chauffage

Les résultats présentés ci-après proviennent de l'outil « analyse des systèmes ». L'étude a porté sur la chaudière à condensation sur la période de chauffe. Le calcul est réalisé sur une période hivernale reconstituée à partir des données comprises entre le 6 octobre 2014 et le 31 décembre 2014 puis les données de la période allant du 1<sup>er</sup> janvier au 6 avril 2014.

Celui-ci est évalué à partir des comptages suivants :

- Volume de gaz consommé
- Compteurs calories du chauffage
- Températures extérieures
- Températures de retour.

### Calcul du rendement expérimental de la chaudière

Le tableau ci-après présente les performances théoriques.

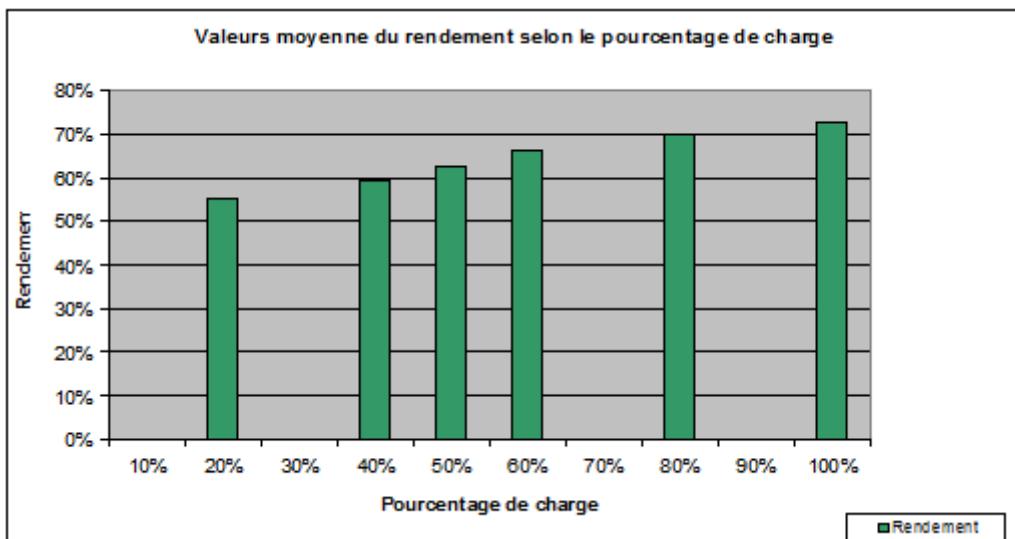
|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| Données constructeur             | Chaudière à condensation de marque VIESSMANN Vitodens 200-W |
| Gamme de puissance nominale (Pn) | À 50/30°C : 6,5-26,0 kW<br>À 80/60°C : 5,9-23,7 kW          |
| Puissance nominale théorique     | 22 kW   |
| Rendement à charge partielle     | 108%  |
| Rendement à 100 % Pn             | 98%   |

### Résultats expérimentaux

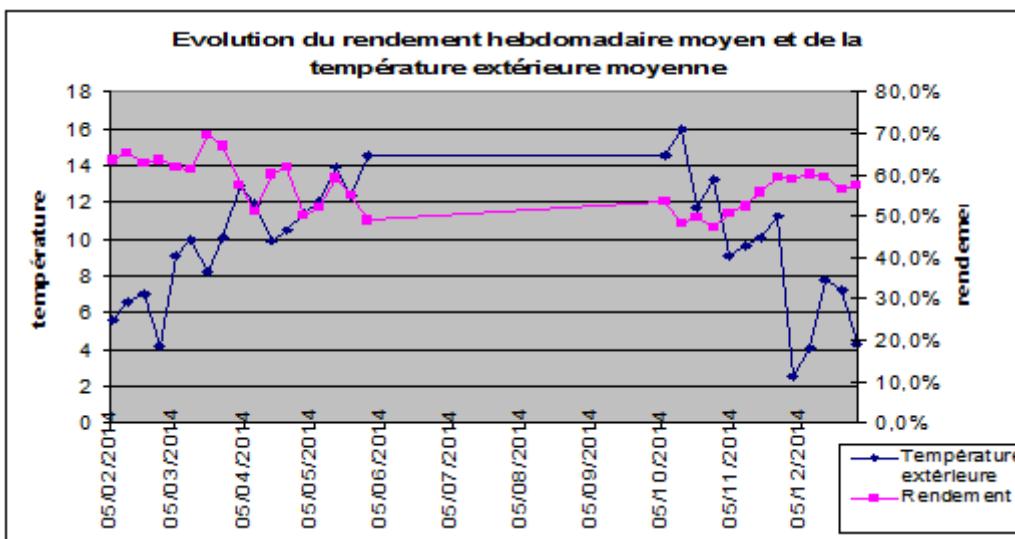
Le tableau ci-après présente les performances réelles sur la période :

|                         |   |
|-------------------------|---|
| Combustible             | Gaz                                       |
| Puissance nominale (kW) | 5   |
| Rendement moyen         | 59,30%                                    |
| Consommation totale     | 14 911 kWh soit 31,392 kWh/m <sup>2</sup> |

Le rendement moyen s'établit à 59,30 %, très inférieur au rendement théorique. Cet écart important est dû au surdimensionnement de la chaudière au regard des besoins en chauffage. La chaudière fonctionne une majeure partie du temps à charge partielle, or, comme le montre le graphique ci-dessous, le rendement diminue fortement à faible charge.



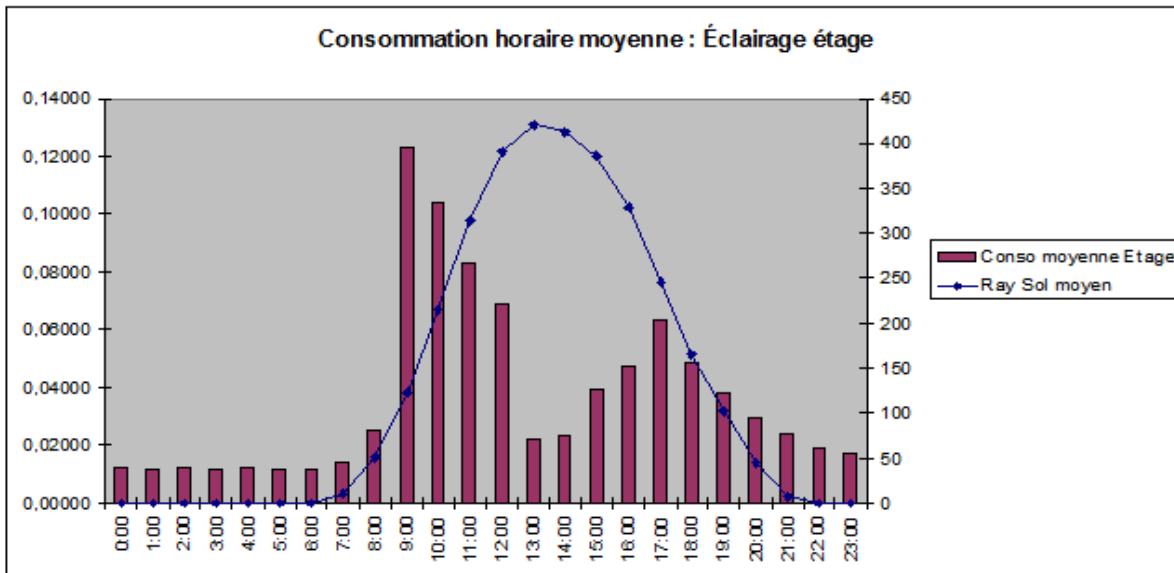
C'est également une des conséquences du climat sur la période. Les températures douces minimisent les besoins en chauffage. Le rendement chute en dessous de 55 % dès que la température extérieure approche les 12°C.



Le rendement évalué (59,30%), moins performant celui considéré dans l'étude thermique (107,70 %), est à l'origine de surconsommations de chauffage sur l'année. Son impact sera évalué dans la suite de l'étude.

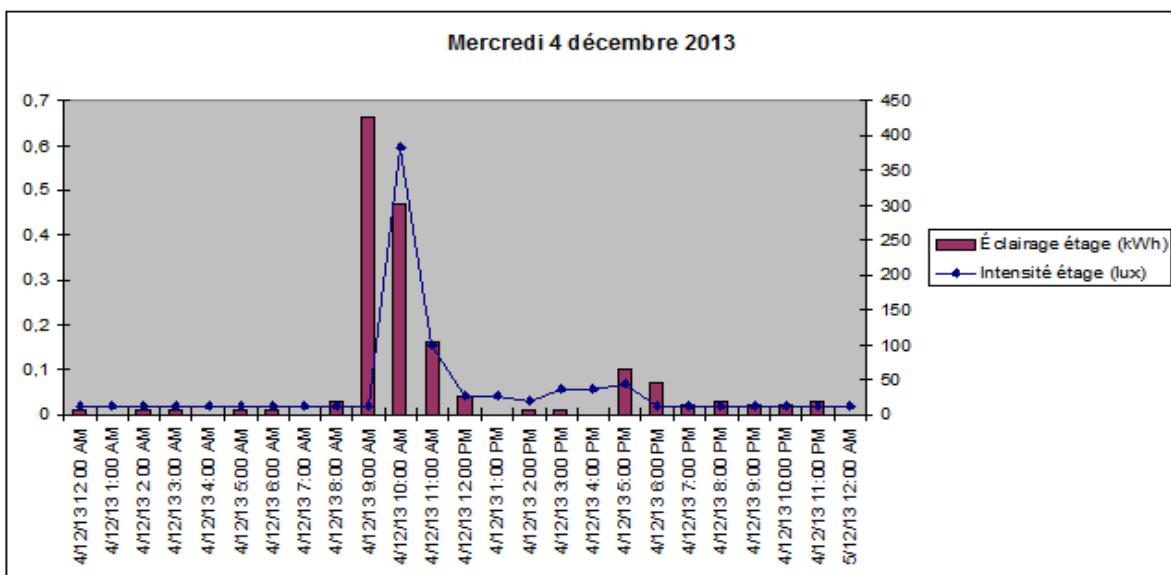
## 2.6 - Consommation globale d'éclairage

Aucun dispositif de comptage de l'éclairage n'a été installé au rez-de-chaussée. Aussi l'analyse porte-t-elle uniquement sur les consommations d'éclairage de l'étage et l'éclairage extérieur.



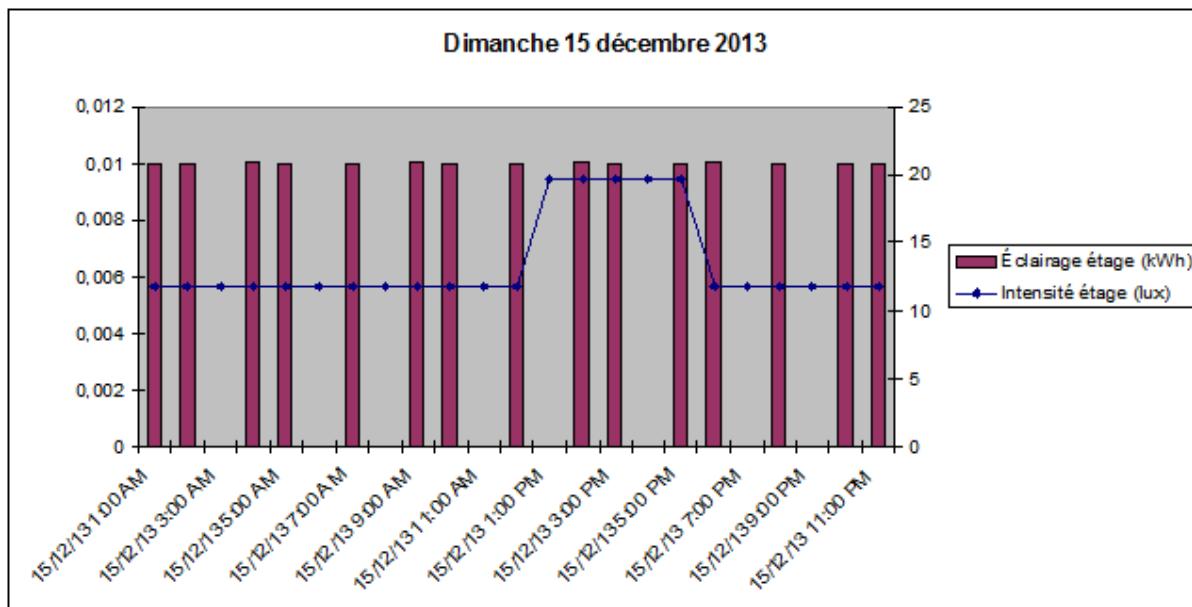
La consommation moyenne horaire sur les différentes journées de la période d'étude montre que l'éclairage intérieur est utilisé majoritairement aux horaires de bureau. Les principales consommations se situent en début de journée et en fin de journée aux périodes où le rayonnement solaire moyen est le plus faible. Nous constatons que les consommations d'éclairage sont globalement liées au rayonnement solaire. Un décrochage des consommations intervient au moment de la pose méridienne. Ces éléments laissent apparaître une gestion intelligente de l'éclairage de la part des occupants.

### Exemple sur une journée de travail

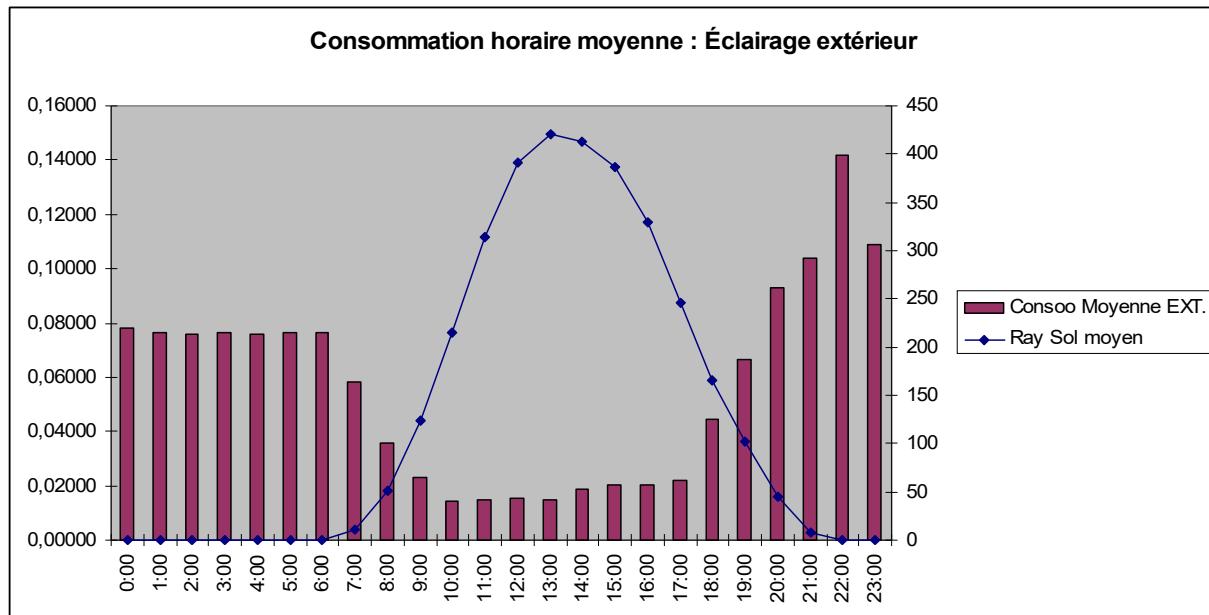


Comme vu précédemment les consommations sont plus importantes en début et en fin de journée. L'éclairage de la circulation de l'étage est très important le matin et beaucoup plus faible le reste de la journée.

### Exemple sur une journée non travaillée

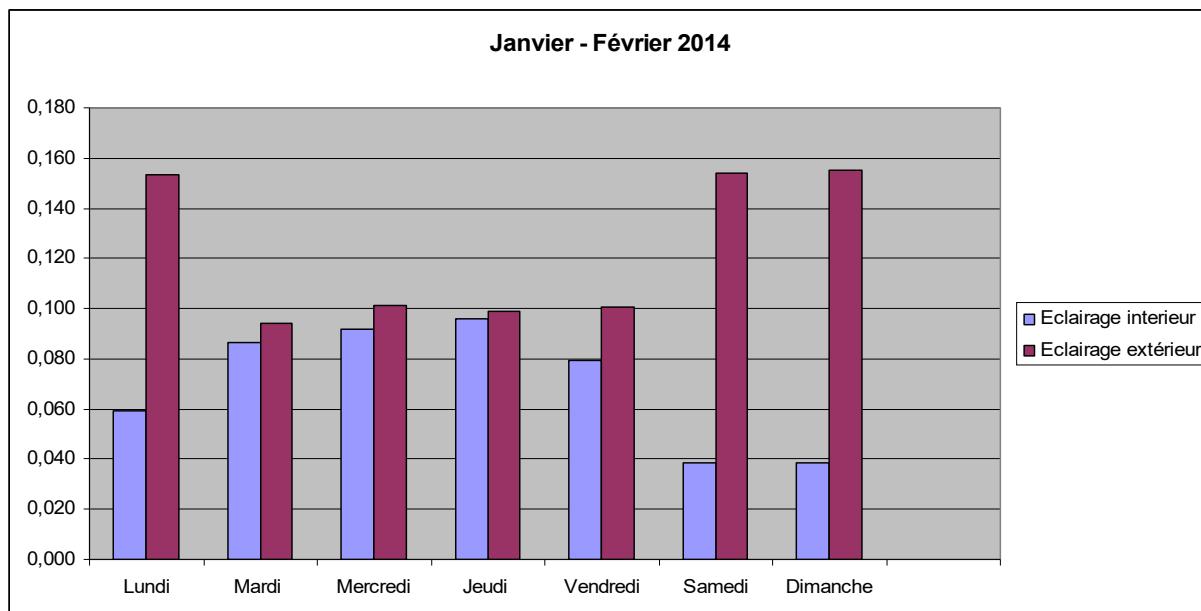


### Éclairage extérieur



L'éclairage extérieur consomme essentiellement la nuit, mais également de manière non négligeable en cours de journée. Au global, les consommations de l'éclairage extérieur s'élèvent à 503,15 kWh sur la période considérée. Elles sont largement supérieures à la consommation d'éclairage de l'étage du bâtiment (326,06 kWh) et ce, malgré une interruption de fonctionnement de l'éclairage extérieur sur la période comprise entre le 24 juin et le 1<sup>er</sup> octobre 2014.

Nous voyons clairement sur le graphique ci-dessous que les consommations d'éclairage extérieur sont plus importantes que celles concernant l'éclairage intérieur de l'étage du bâtiment. Si les consommations d'éclairage des bureaux de l'étage relevées sont relativement homogènes (légères baisses les lundis et vendredis), on observe une différence marquée entre le fonctionnement en week-end et celui en semaine pour l'éclairage extérieur.

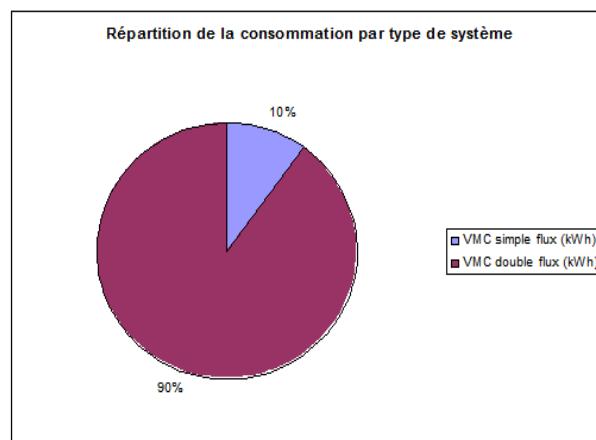


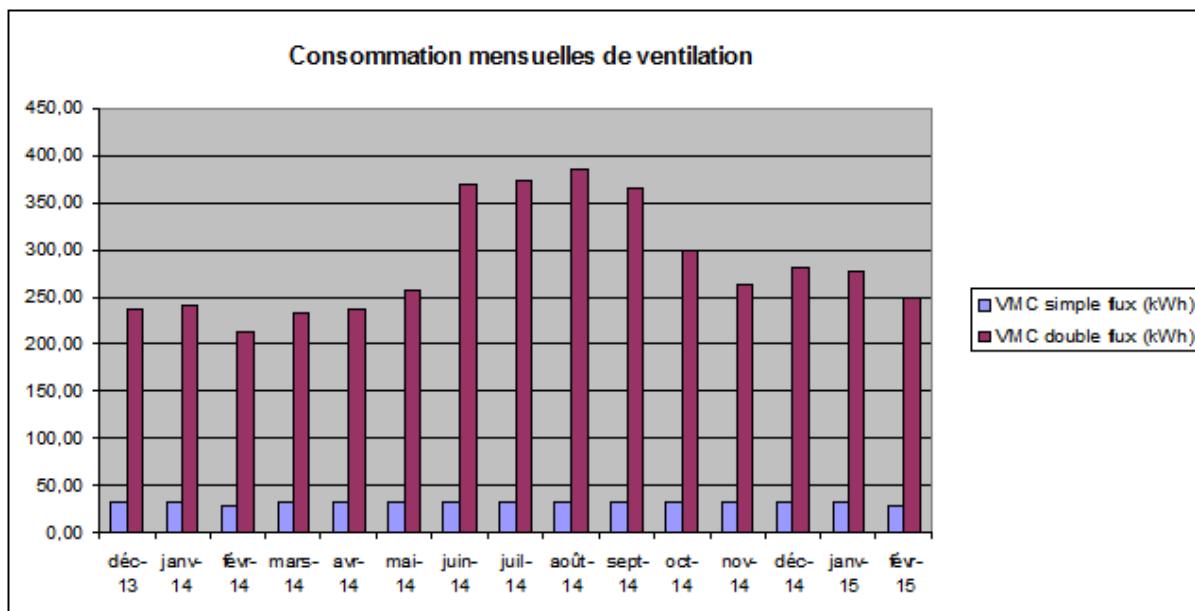
## 2.7 - Analyse des consommations des Auxiliaires

### 2.7.1 - Auxiliaires de ventilation

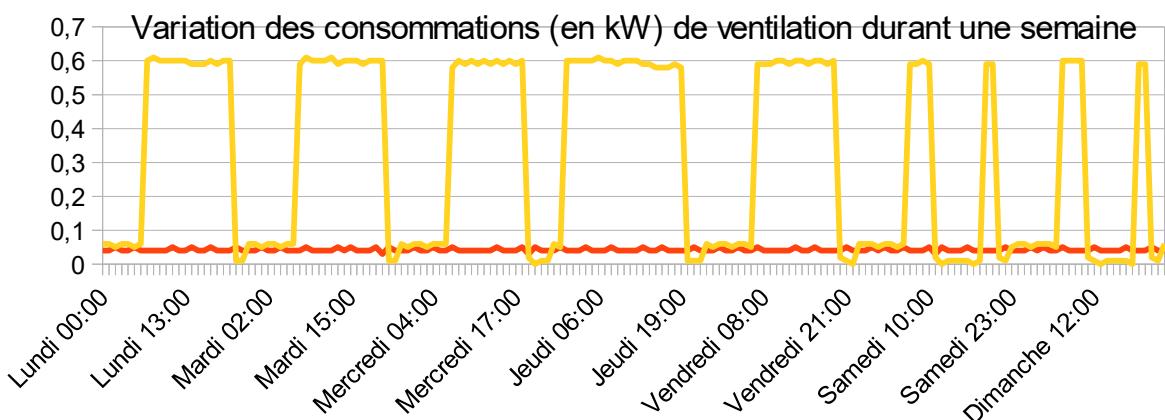
Les consommations réelles des auxiliaires de ventilation sont très supérieures au calcul (+69,81%). Le bâtiment dispose de deux systèmes différents. Une installation de type simple flux est installée au rez-de-chaussée (3 bureaux et sanitaires). Une centrale double flux équipe le reste du rez de chaussée ainsi que l'étage. La centrale double flux présente une surconsommation de +105,34 % sur la période considérée alors que la simple flux consomme moins que prévu (-26,12%)

La répartition des consommations entre les systèmes double flux et simple flux de l'étage est la suivante :





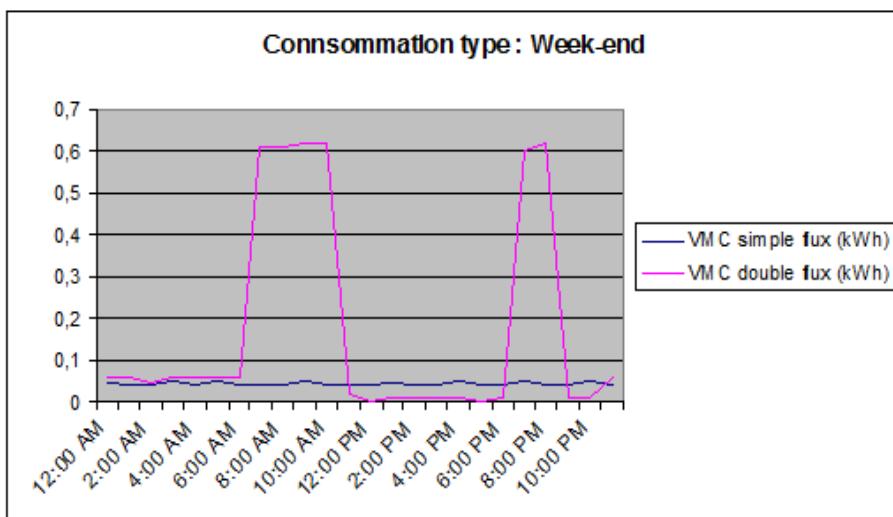
En moyenne, les consommations du système double flux sont plus importantes en période estivale. Ceci peut être lié à l'utilisation d'une surventilation nocturne. Les moyennes du second semestre sont également plus élevées que celles du premier semestre. Cet écart pourrait être lié à encrassement des filtres du système.



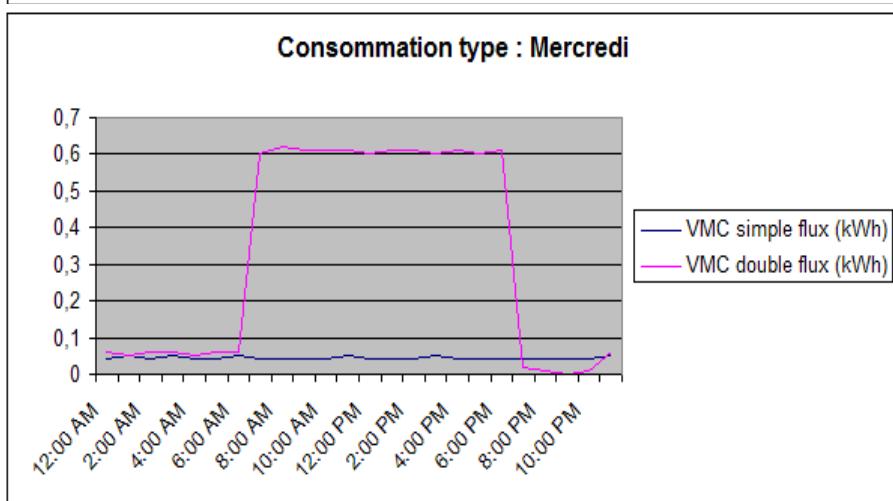
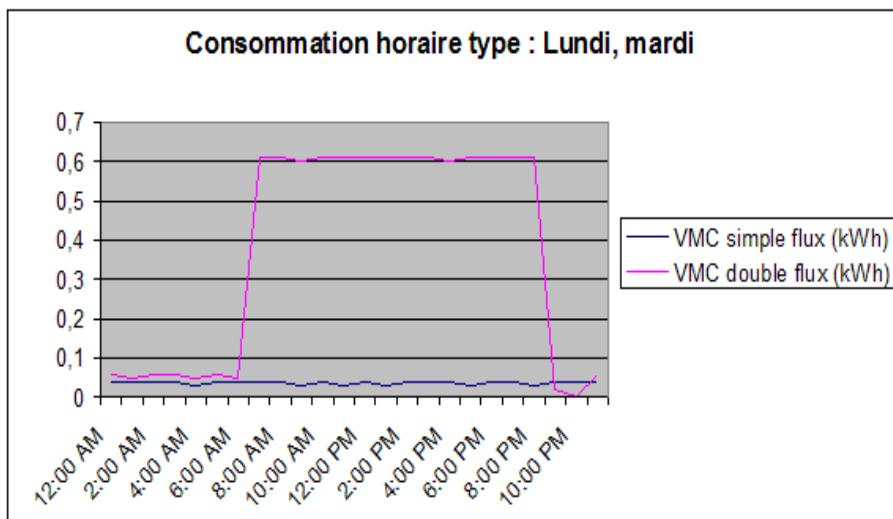
L'analyse des consommations horaires pour chacun des systèmes montre un fonctionnement de l'installation simple flux constant en semaine.

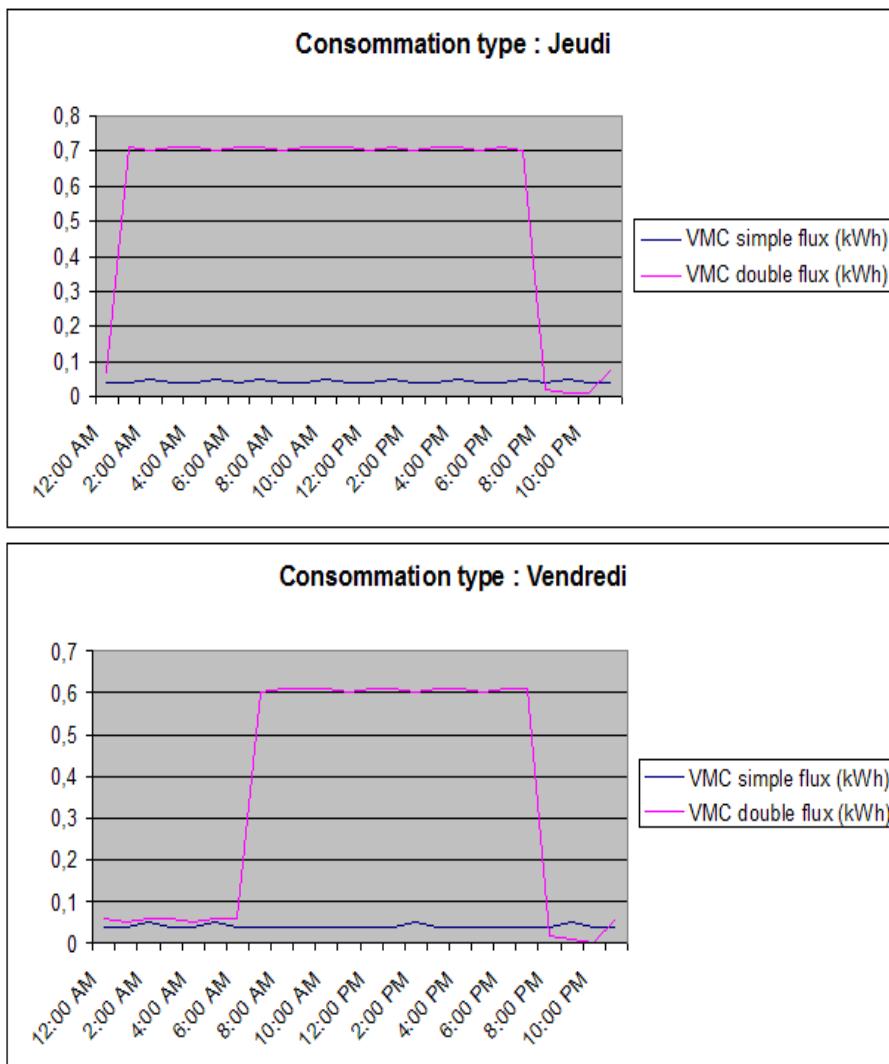
Les débits de la centrale double flux sont modulés via des scénarios quotidiens relativement proches. Nous notons tout de même que ces scénarios sont légèrement différents suivant les jours de semaine.

La centrale fonctionne de manière réduite le week-end :



A contrario, les plages de fonctionnement en semaine sont relativement importantes puisque la centrale fonctionne en continu sur une plage horaire de 18 heures sur la journée du jeudi et de 12 à 14 heures pour les autres jours.





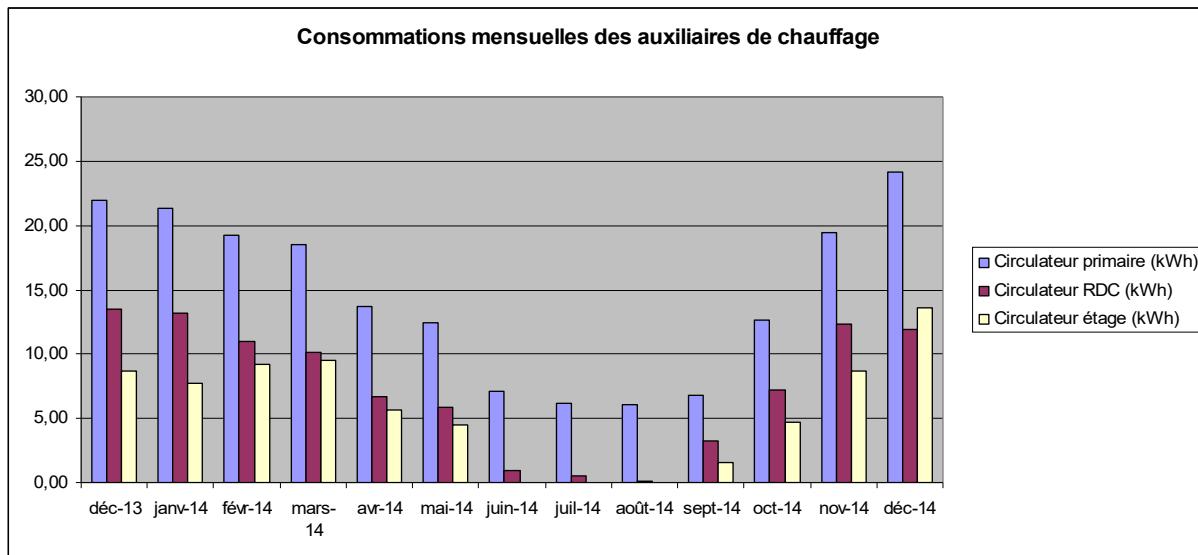
La réduction des plages type de fonctionnement mais également la modulation des débits en fonction des besoins pourrait permettre d'optimiser les consommations importantes relevées au cours de cette première année de suivi.

## 2.7.2 - Autres auxiliaires

Les auxiliaires considérés pour ce poste sont généralement ceux nécessaires à la production de l'eau chaude sanitaire et au chauffage. Dans le cadre de cette opération, la production d'ECS n'est pas comptabilisée. Aussi, seules les consommations électriques des auxiliaires de chauffage (pompes, vannes, régulation) sont prises en compte.

Au global, la consommation des autres auxiliaires est nettement inférieure au calcul réglementaire (-74,58%).

### **Analyse des consommations mensuelles**



Nous voyons clairement, sur le graphique ci-dessus, que les consommations des circulateurs du réseau secondaire (étage et rez-de-chaussée) sont très faibles en période estivale. A contrario, le comptage électrique positionné au niveau de la chaudière relève des consommations y compris hors période de chauffe. S'il est probable que la circulation soit très réduite dans le circuit primaire au cours de cette période, il est possible que les organes de régulation continuent de fonctionner. La seconde année de suivi devrait permettre de confirmer ce point.

## **2.8 - Consommations recalées**

Les consommations théoriques, issues du calcul réglementaire, doivent être recalées avant d'être comparées aux consommations réelles.

Les paramètres qui sont dus à la différence « conventionnel/prévisionnel » sont modifiés dans le calcul réglementaire. Les autres paramètres liés à l'utilisation et aux caractéristiques réelles du bâtiment seront corrigés dans la partie suivante.

Les modifications portent donc sur :

- le climat : le fichier météo est remplacé par le climat réel de l'année de suivi (données obtenues via la station météo complétées au besoin avec les données météo de la station de Gouzon) ;
- les apports internes, scénarios d'occupation et de ventilation : comme vu précédemment, nous considérerons le scénario moyen d'occupation, les apports internes ainsi que les scénarios de ventilation identifiés définis ci-avant pour recaler les consommations théoriques.

Dans un premier temps, nous étudierons les impacts du climat et des apports internes sur les consommations du rez-de-chaussée et de l'étage de manière séparée. Enfin, nous tenterons d'analyser le fonctionnement du bâtiment dans son ensemble.

## 2.8.1 - Rez-de-chaussée

### Impact du climat

Le tableau ci-dessous donne les consommations théoriques recalées en fonction du climat réel de l'année considérée :

| Impact du climat          |                       |        |          |
|---------------------------|-----------------------|--------|----------|
|                           | Consommation corrigée | Delta  | Perte    |
| Consommation totale       | 88,53                 | -5,49  | -5,84 %  |
| Consommation chauffage    | 24,47                 | -10,05 | -29,12 % |
| Auxiliaire de ventilation | 13,29                 | 0,00   | 0,00 %   |
| Autres Auxiliaires        | 7,73                  | -0,18  | -2,33 %  |
| Éclairage                 | 43,05                 | 4,75   | 12,41 %  |

Les consommations de chauffage auraient dû être inférieures aux consommations conventionnelles. Les consommations des auxiliaires sont en partie proportionnelles aux besoins de chauffage dans le calcul, il est donc normal d'avoir également une baisse du poste « autres auxiliaires ».

L'éclairage est légèrement impacté par la modification du fichier météo. Théoriquement il devrait être à l'origine d'une augmentation de la consommation (4,75 kWhep/m<sup>2</sup>.an).

### Impact des scénarios d'occupation, de ventilation et des apports internes

| Impact des scénarios d'occupation, de ventilation et des apports internes |                       |       |          |
|---|-----------------------|-------|----------|
|   | Consommation corrigée | Delta | Perte    |
| Consommation totale   | 109,84                | 15,83 | 16,83 %  |
| Consommation chauffage  | 46,92                 | 12,40 | 35,91 %  |
| Auxiliaire de ventilation   | 21,78                 | 8,49  | 63,91 %  |
| Autres auxiliaires  | 8,32                  | 0,41  | 5,19 %   |
| Éclairage   | 32,82                 | -5,48 | -14,30 % |

La faible occupation des locaux ainsi que les scénarios de ventilation (essentiellement double flux) sont à l'origine de besoins plus importants (+16,83% au global).

### Synthèse Rez-de-chaussée

La prise en compte des deux paramètres de manière simultanée conduit à recaler le calcul théorique la manière suivante :

| SYNTHESE (climat, occupation, apports internes, ventilation) – Rez-de-chaussée |                       |       |         |
|--|-----------------------|-------|---------|
|  | Consommation corrigée | Delta | Perte   |
| Consommation totale  | 104,37                | 10,35 | 11,00 % |
| Consommation chauffage   | 36,87                 | 2,35  | 6,80 %  |
| Auxiliaire de ventilation  | 21,78                 | 8,49  | 63,91 % |
| Autres auxiliaires   | 8,14                  | 0,23  | 2,91 %  |
| Éclairage  | 37,57                 | -0,73 | -1,89 % |

**Globalement, les consommations réelles devraient être supérieures de 11,00% cette année par rapport à celles du calcul théorique.**

Si cela est relativement cohérent avec les consommations globales réelles relevées (+19,86 % par rapport au calcul conventionnel), nous voyons que le recalage est plus ou moins pertinent suivant les postes de

consommations. D'autres paramètres liés au bâtiment étant différents, des corrections doivent être apportées à ce calcul recalé.

## 2.8.2 - Étage

### Impact du climat

Le tableau ci-dessous donne les consommations théoriques recalées en fonction du climat réel de l'année considérée :

| Impact du climat          |                       |       |          |
|---------------------------|-----------------------|-------|----------|
|                           | Consommation corrigée | Delta | Perte    |
| Consommation totale       | 72,94                 | 2,15  | 3,04 %   |
| Consommation chauffage    | 9,37                  | -5,38 | -36,47 % |
| Auxiliaire de ventilation | 8,92                  | 0,00  | 0,00 %   |
| Autres Auxiliaires        | 0,29                  | -0,21 | -41,93 % |
| Éclairage                 | 54,36                 | 7,73  | 16,59 %  |

Comme pour le rez-de-chaussée, les consommations de chauffage et des autres auxiliaires auraient dû être inférieures aux consommations conventionnelles cette année. L'éclairage est, pour sa part, plus impacté par la modification du fichier météo. Théoriquement il devrait être à l'origine d'une augmentation de la consommation (7,73 kWhep/m<sup>2</sup>.an).

### Impact des scénarios d'occupation, de ventilation et des apports internes

| Impact des scénarios d'occupation, de ventilation et des apports internes |                       |        |          |
|---|-----------------------|--------|----------|
|   | Consommation corrigée | Delta  | Perte    |
| Consommation totale   | 69,89                 | -0,90  | -1,27 %  |
| Consommation chauffage  | 23,37                 | 8,62   | 58,40 %  |
| Auxiliaire de ventilation   | 14,62                 | 5,70   | 63,91 %  |
| Autres auxiliaires  | 0,86                  | 0,37   | 75,88 %  |
| Éclairage   | 31,04                 | -15,59 | -33,43 % |

La consommation totale n'est que faiblement impactée. Si les consommations de chauffage et de ventilation sont supérieures à celles du calcul conventionnel, elles sont compensées par une économie sur le poste éclairage.

### Synthèse étage

La prise en compte des deux paramètres de manière simultanée conduit à recaler le calcul théorique la manière suivante :

| SYNTHESE (climat, occupation, apports internes, ventilation) – Étage |                       |       |          |
|--|-----------------------|-------|----------|
|  | Consommation corrigée | Delta | Perte    |
| Consommation totale  | 72,04                 | 1,25  | 1,77 %   |
| Consommation chauffage   | 17,99                 | 3,24  | 21,93 %  |
| Auxiliaire de ventilation  | 14,62                 | 5,70  | 63,91 %  |
| Autres auxiliaires   | 0,65                  | 0,16  | 33,16 %  |
| Éclairage  | 38,77                 | -7,86 | -16,55 % |

Globalement, les consommations réelles devraient être légèrement supérieures (+1,77%) cette année par rapport au calcul théorique.

Ce n'est pas le cas dans les faits (consommations supérieures de 22,79%). D'autres paramètres liés au bâtiment étant différents, des corrections doivent être apportées à ce calcul recalé.

### 2.8.3 - Ensemble du bâtiment

L'approche globale présentée ici permet d'avoir une vision de l'impact des différences « conventionnel/prévisionnel » sur les consommations théoriques issues du calcul réglementaire. Cette approche est effectuée par pondération surfacique des résultats obtenus pour chaque étage.

| SYNTHESE (climat, occupation, apports internes, ventilation) – Bâtiment |                       |       |          |
|---|-----------------------|-------|----------|
|   | Consommation corrigée | Delta | Perte    |
| Consommation totale   | 89,92                 | 2,66  | 4,86 %   |
| Consommation chauffage  | 30,15                 | 7,50  | 9,69 %   |
| Auxiliaire de ventilation   | 19,24                 | 0,32  | 63,91 %  |
| Autres auxiliaires  | 5,59                  | -6,32 | 6,12 %   |
| Éclairage   | 34,93                 | 4,17  | -15,32 % |

Globalement, les consommations réelles devraient être légèrement supérieures (+4,86%) cette année par rapport à celles du calcul théorique. Ceci est relativement cohérent avec les consommations globales réelles relevées (+2,82 % par rapport au calcul conventionnel) bien que nous n'ayons pas encore pris en compte les corrections résultantes des autres paramètres liés à l'utilisation et aux caractéristiques réelles du bâtiment.

## 2.9 - Consommations corrigées

Tous les autres écarts constatés entre le calcul théorique et la réalité sont pris en compte ici. Dans un premier temps, nous évaluerons l'impact sur le calcul conventionnel de chacun des paramètres suivants :

Rez-de chaussée :

- température de consigne dans les locaux : -1,3°C hors variation spatiale et temporelle ;
- perméabilité à l'air mesurée à 1,35 m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>) ;
- rendement de la chaudière à charge partielle : 59,30%.

Étage :

- température de consigne dans les locaux : +2,7°C hors variation spatiale et temporelle ;
- perméabilité à l'air mesurée à 1,35 m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>) ;
- rendement de la chaudière à charge partielle : 59,30%;
- U<sub>bât</sub> réel mesuré égal à 0,278 W/m<sup>2</sup>.K.

Des études de sensibilité sur les températures de consigne et l'Ubât seront également réalisées. Enfin, nous évaluerons l'impact d'une correction simultanée de l'ensemble des paramètres sur calcul théorique recalé précédemment. Ce dernier calcul devrait permettre d'expliquer l'origine des surconsommations constatées.

## 2.9.1 - Rez-de-chaussée

### Correction de la température de consigne

Sur la saison de chauffe 2013/2014, les locaux du rez-de-chaussée instrumentés ont en moyenne été chauffés à 17,7°C. Cette valeur est retenue comme température de consigne mesurée. Un écart de 1,3°C est ainsi relevé par rapport à la valeur conventionnelle, hors variations spatiales et temporelles.

| Impact de la température de consigne |                       |       | - 1,3°C  |
|--------------------------------------|-----------------------|-------|----------|
|                                      | Consommation corrigée | Delta | Perte    |
| Consommation totale                  | 85,45                 | -8,57 | -9,12 %  |
| Consommation chauffage               | 26,31                 | -8,21 | -23,79 % |
| Auxiliaire de ventilation            | 13,29                 | 0,00  | 0,00 %   |
| Auxiliaires de Chauffage et ECS      | 7,55                  | -0,36 | -4,53 %  |
| Éclairage                            | 38,29                 | 0,00  | 0,00 %   |

Cette température est responsable d'un gain de consommation global de 8,57 kWhep/m<sup>2</sup>.an par rapport au calcul théorique.

### Correction de l'indicateur de perméabilité à l'air du bâtiment

La valeur mesurée, en application de la norme NF EN 13 829 et de son Guide d'application GA P 50-784, est de 1,35 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>. Nous considérons cette valeur pour le rez-de-chaussée.

| Impact de la perméabilité à l'air    |                       |                  |         |
|--------------------------------------|-----------------------|------------------|---------|
| Perméa. initiale                     | 1,7                   | Perméa. corrigée | 1,35    |
|                                      | Consommation corrigée | Delta            | Perte   |
| Consommation totale                  | 92,52                 | -1,50            | -1,59 % |
| Consommation chauffage               | 33,07                 | -1,46            | -4,22 % |
| Consommation auxiliaire de chauffage | 7,87                  | -0,04            | -0,56 % |

La perméabilité à l'air mesurée du bâtiment est très inférieure à la valeur considérée dans l'étude thermique. Ce résultat génère un gain sur les besoins en chauffage évalué à 1,46 kWhep/m<sup>2</sup>/an par rapport au calcul théorique.

### Correction du rendement de la chaudière

Comme vu précédemment, le rendement à charge partielle calculé de la chaudière s'élève à 59,30%.

| Impact du rendement des équipements de chauffage |                       |               |         |
|--|-----------------------|---------------|---------|
| Rend. initial                                    | 107,70                | Rend. corrigé | 59,30   |
|  | Consommation corrigée | Delta         | Perte   |
| Consommation totale                              | 121,85                | 27,84         | 29,61 % |
| Consommation chauffage                           | 62,36                 | 27,84         | 80,62 % |

Cet écart est responsable d'une surconsommation de 27,84 kWhep/m<sup>2</sup>.an par rapport au calcul théorique.

## Synthèse des corrections

Les corrections annoncées ci-avant permettent, pour chacun des paramètres, d'évaluer l'impact sur le calcul réglementaire, c'est-à-dire sur les résultats de l'étude thermique. Bien évidemment, ces différents paramètres sont en interaction permanente et ne peuvent être abordés de manière isolée. La prise en compte de l'ensemble des éléments permet d'apporter au calcul théorique les corrections suivantes :

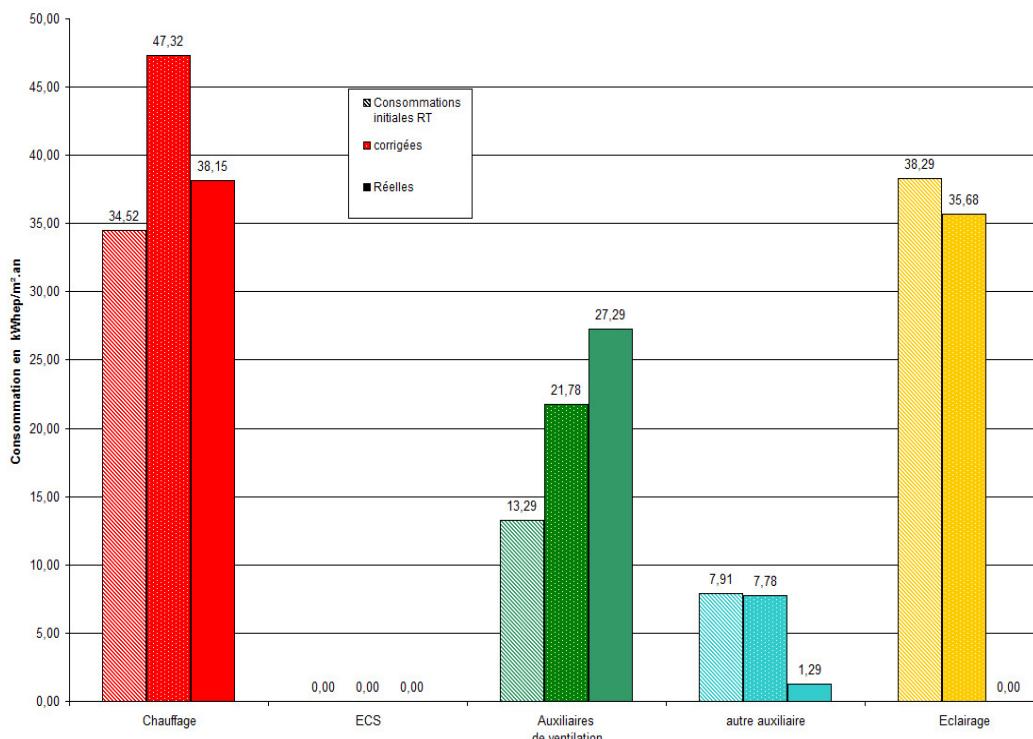
| Synthèse des corrections – Rez-de-chaussée                             |        |
|--|--------|
| Consommation conventionnelle [kW <sub>ep</sub> .h/m <sup>2</sup> /an]  | 94,02  |
| Consommation corrigée [kW <sub>ep</sub> .h/m <sup>2</sup> /an], dont : | 112,56 |
| Consommation chauffage   | 47,32  |
| Auxiliaire de ventilation  | 21,78  |
| Autres auxiliaires   | 7,78   |
| Éclairage  | 35,68  |
| Consommation mesurée (hors éclairage)                                  | 66,73  |
| Consommation mesurée (avec éclairage*)                                 | 105,02 |

\* éclairage considéré comme conforme au calcul conventionnel au rez-de-chaussée

La consommation corrigée se rapproche de la consommation mesurée, bien que restant légèrement supérieure (+7,18%).

Les constats réalisés au cours de l'opération expliquent de manière relativement satisfaisante la consommation globale constatée la première année de suivi. Cependant, le graphe ci-dessus montre que si l'on effectue une approche par poste de consommations la qualité des corrections est relativement différente.

### Analyse des différents postes de consommation



Le principal poste de consommation est le chauffage malgré un climat plutôt favorable aux économies et une température de consigne mesurée faible. L'analyse de l'impact par critère réalisée en début de chapitre, montre

que cette consommation importante est principalement due au mauvais rendement de la chaudière. Si le rendement de la chaudière augmente de manière très significative les consommations, il est à noter que la consommation réelle reste en retrait par rapport aux corrections apportées. Cette différence pourrait être due à des transferts thermiques avec l'étage. Ce point sera vérifié dans la suite du rapport.

Une surconsommation très importante des auxiliaires de ventilation est constatée. Comme le montrent les corrections apportées, la définition des scénarios ainsi que l'absence de modulation explique en partie ce résultat. Ceci étant, il convient d'être prudent au niveau des résultats obtenus par étage puisque les systèmes de ventilation sont parfois communs aux deux étages du bâtiment (centrale double flux).

Enfin, et considérant la faible occupation des locaux du rez-de-chaussée, il est très vraisemblable que les consommations d'éclairage réelles soient très inférieures aux consommations prévues (conventionnelles et corrigées).

## 2.9.2 - Étage

### Correction de la température de consigne

Sur la saison de chauffe 2013/2014, les locaux situés à l'étage ont en moyenne été chauffés à 21,7°C. Cette valeur est retenue comme température de consigne mesurée. Un écart de 2,7°C est ainsi relevé par rapport à la valeur conventionnelle hors variations spatiales et temporelles.

| Impact de la température de consigne |                       |       | + 2,7°C |
|--------------------------------------|-----------------------|-------|---------|
|                                      | Consommation corrigée | Delta | Perte   |
| Consommation totale                  | 75,86                 | 5,07  | 7,17 %  |
| Consommation chauffage               | 19,64                 | 4,88  | 33,11 % |
| Auxiliaire de ventilation            | 8,92                  | 0,00  | 0,00 %  |
| Autres auxiliaires                   | 0,68                  | 0,19  | 38,31 % |
| Éclairage                            | 46,63                 | 0,00  | 0,00 %  |

Cette température est responsable d'une surconsommation globale de 5,07 kWhep/m<sup>2</sup>.an par rapport au calcul théorique.

### Correction de l'indicateur de perméabilité à l'air du bâtiment

La valeur mesurée, en application de la norme NF EN 13 829 et de son Guide d'application GA P 50-784, est de 1,35 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>. Comme pour le rez-de-chaussée, nous considérons cette valeur pour l'étage.

| Impact de la perméabilité à l'air    |                       |                  |          |
|--------------------------------------|-----------------------|------------------|----------|
| Perméa. initiale                     | 1,7                   | Perméa. corrigée | 1,35     |
|                                      | Consommation corrigée | Delta            | Perte    |
| Consommation totale                  | 68,69                 | -2,10            | -2,97 %  |
| Consommation chauffage               | 12,73                 | -2,02            | -13,73 % |
| Consommation auxiliaire de chauffage | 0,42                  | -0,08            | -15,57 % |

La perméabilité à l'air mesurée du bâtiment est très inférieure à la valeur considérée dans l'étude thermique.

Ce résultat génère un gain sur les besoins en chauffage évalué à 2,02 kWhep/m<sup>2</sup>/an par rapport au calcul théorique.

## Correction du rendement de la chaudière

Comme vu précédemment, le rendement à charge partielle calculé de la chaudière à s'élève à 59,30 %.

| Impact du rendement des équipements de chauffage |                       |               |         |
|--|-----------------------|---------------|---------|
| Rend. initial                                    | 107,70                | Rend. corrigé | 59,30   |
|  | Consommation corrigée | Delta         | Perte   |
| Consommation totale                              | 83,73                 | 12,94         | 18,28 % |
| Consommation chauffage                           | 27,69                 | 12,94         | 87,72 % |

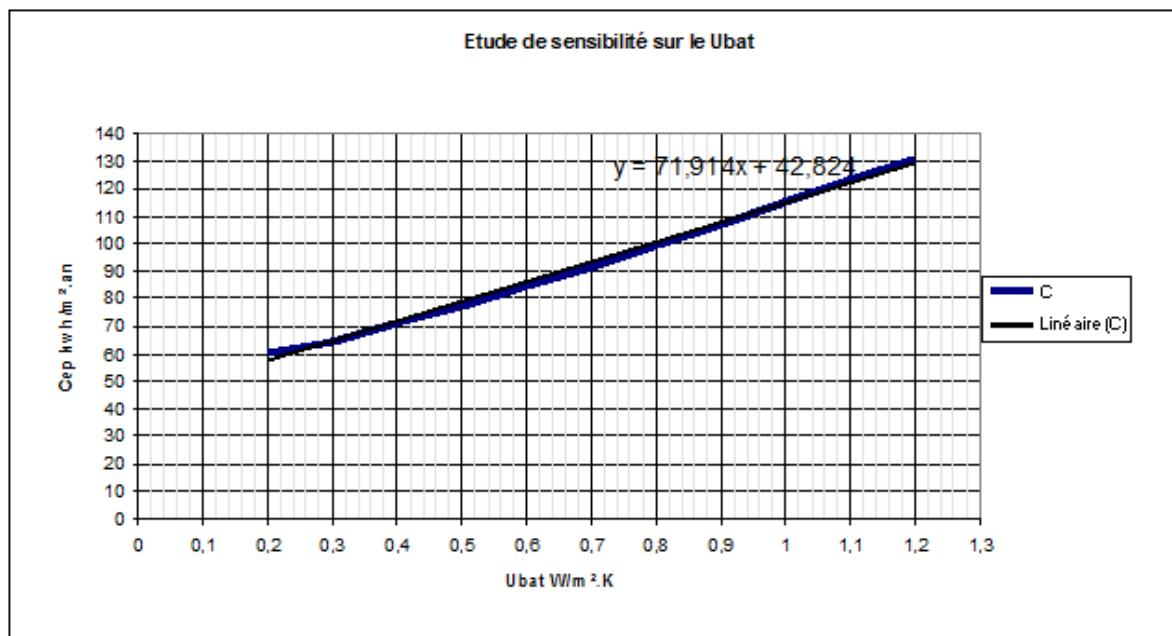
Cet écart est responsable d'une surconsommation de 12,94 kWhep/m<sup>2</sup>.an par rapport au calcul théorique.

## Correction avec le U<sub>bât</sub> réel

| Impact du Ubat                        |                       |              |          |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------|----------|
| Ubat initial                          | 0,398                 | Ubat corrigé | 0,278    |
|                                       | Consommation corrigée | Delta        | Perte    |
| Consommation totale                   | 63,70                 | -7,0         | -10,02 % |
| Consommation chauffage                | 7,92                  | -6,8         | -46,33 % |
| Consommation auxiliaires de chauffage | 0,23                  | -0,2         | -52,76 % |

La bonne performance de l'enveloppe est à l'origine d'un gain de 10,02 % sur les consommations de chauffage et des auxiliaires autres que ceux de ventilation.

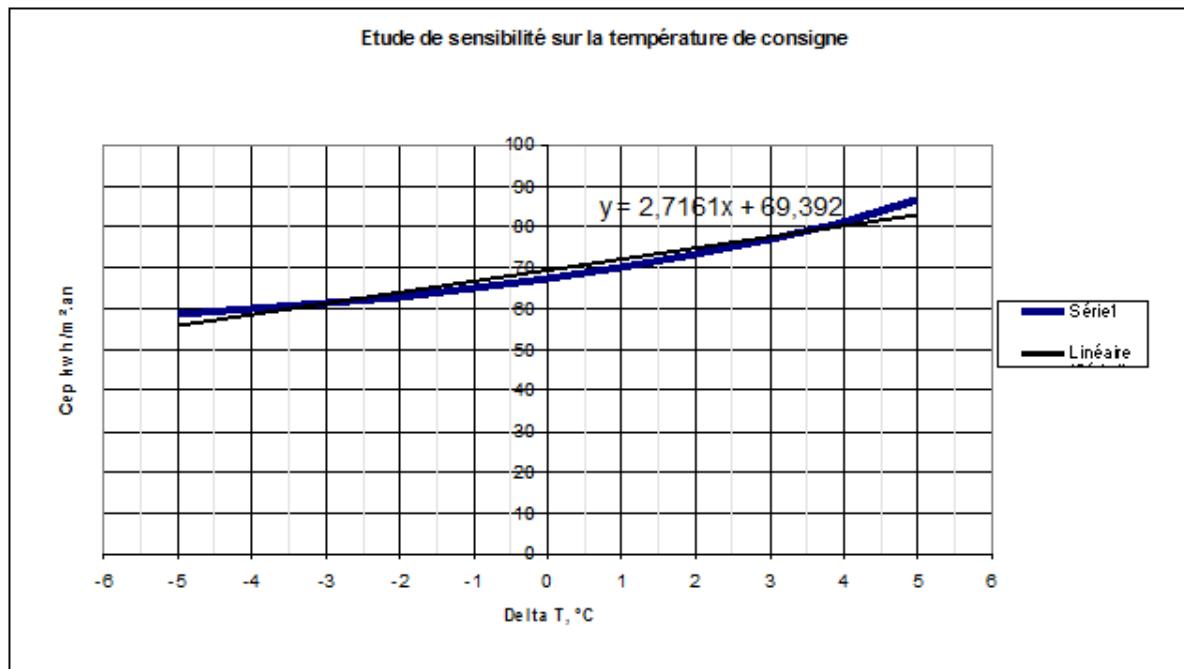
## Étude de sensibilité du U<sub>bât</sub> sur le Cep



La consommation d'énergie primaire est très sensible à l'écart du facteur U<sub>bât</sub>. Une différence de 0,1 W/m<sup>2</sup>.K sur le Ubat correspond à une majoration ou une minoration des consommations d'énergie primaire de 7,19 kWhep/m<sup>2</sup>/an.

Le caractère sensible du  $U_{\text{bat}}$  impose de considérer les corrections associées au  $U_{\text{bat}}$  mesuré avec précaution. Cela renforce également la nécessité de confirmer le calcul du  $U_{\text{bat}}$  mesuré sur une période plus importante que celle considérée sur la première année de suivi.

## Étude de sensibilité sur la température de consigne



La consommation d'énergie primaire est assez sensible à l'écart du facteur température de consigne. Un écart de 1°C en plus correspond à une majoration des consommations d'énergie primaire de 2,71 kWhep/m<sup>2</sup>/an.

## Synthèse des corrections

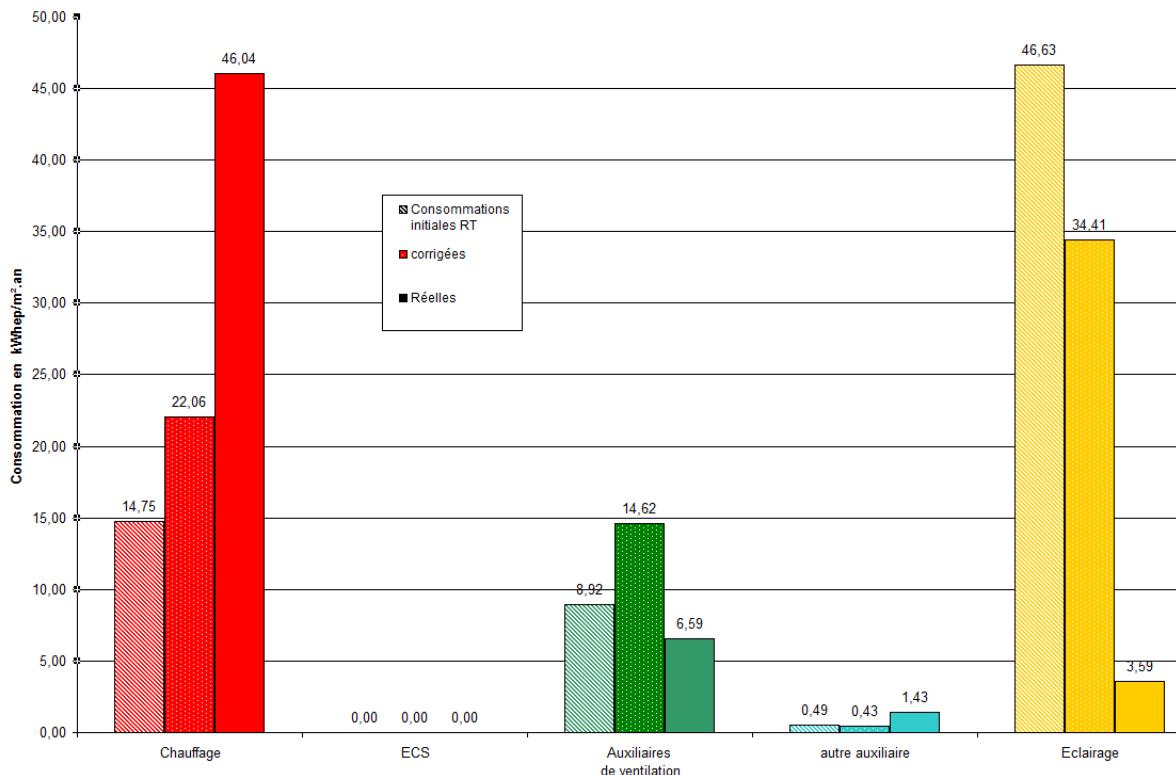
Les corrections annoncées ci-avant permettent d'évaluer l'impact de chacun des paramètres sur le calcul réglementaire, c'est-à-dire sur les résultats de l'étude thermique. Bien évidemment ces différents paramètres sont en interaction permanente et ne peuvent être abordés isolément. Globalement, la prise en compte de l'ensemble des éléments permet d'apporter au calcul théorique les corrections suivantes :

| <b>Synthèse des corrections</b>   |              |
|---|--------------|
| <b>Consommation conventionnelle<br/>[kWh<sub>ep</sub>.h/m<sup>2</sup>/an]</b> | <b>70,79</b> |
| <b>Consommation corrigée [kWh<sub>ep</sub>.h/m<sup>2</sup>/an], dont :</b>    | <b>71,52</b> |
| Consommation chauffage  | 22,06        |
| Auxiliaire de ventilation   | 14,62        |
| Autres auxiliaires  | 0,43         |
| Eclairage   | 34,41        |
| <b>Consommation mesurée</b>   | <b>57,65</b> |

La consommation corrigée est très proche de celle du calcul conventionnel. L'écart avec la consommation mesurée reste par conséquent assez important (+24,05%). Cet écart est cependant relativement faible si l'on considère la sensibilité des certains paramètres calculés (cf. étude de sensibilité sur l' $U_{\text{bat}}$  et la température de consigne).

Le graphe ci-dessus montre que si l'on effectue une approche par poste de consommation l'impact des corrections est très différent.

#### Analyse des différents postes de consommation



Comme pour le rez-de-chaussée, le principal poste de consommation mesurée est le chauffage et ce, malgré un climat plutôt favorable aux économies.

Les corrections effectuées sur le calcul conventionnel expliquent, pour partie seulement, les raisons de cette surconsommation. L'analyse de l'impact par critère réalisée en début de chapitre montre que cette consommation importante est principalement due au mauvais rendement de la chaudière mais également à une température de consigne mesurée relativement élevée à l'étage.

Il subsiste cependant un écart important. Contrairement au rez-de-chaussée, la consommation réelle est nettement supérieure aux besoins corrigés. Cela confirme que cet écart soit lié aux transferts thermiques entre les deux niveaux. Des déperditions conséquentes existent au niveau du plancher intermédiaire du bâtiment. Ainsi, l'étage contribue de manière significative à chauffer le rez-de-chaussée. L'écart entre les températures de consigne des deux niveaux accentue le phénomène. Le rendement de la chaudière augmente également la consommation en énergie primaire.

La consommation des auxiliaires de ventilation est relativement faible à l'étage et ce, malgré les constats effectués sur les scénarios et l'absence de modulation. L'incertitude liée à l'utilisation de systèmes communs à l'étage et au rez-de-chaussée impose d'avoir une approche plus globale, à l'échelle du bâtiment.

Les consommations d'éclairages sont très faibles par rapport au calcul conventionnel. L'explication réside essentiellement sur l'occupation et l'utilisation des luminaires réelles. Le calcul conventionnel considère que le fonctionnement de l'éclairage est permanent lors des périodes d'occupation. C'est très rarement le cas. Ce résultat confirme le constat couramment fait dans les immeubles de bureaux.

### 2.9.3 - Bâtiment (rez-de-chaussée + étage)

Les analyses réalisées par étage montrent clairement qu'il est difficile de considérer chaque niveau de manière isolée. Un important phénomène de transfert thermique est relevé entre le rez-de-chaussée et l'étage. La répartition précise des consommations des auxiliaires de ventilation est difficile voire impossible puisqu'ils sont communs aux deux niveaux.

Aussi, il semble nécessaire de conduire l'analyse des résultats à l'échelle du bâtiment et par poste de consommation. Comme précédemment, cette approche est effectuée par pondération surfacique des résultats de chaque étage.

| Tableau Bilan                                    |            | Consommations (kWep.h/m <sup>2</sup> .an) |              |              |
|--|------------|---|--------------|--------------|
| Bâtiment   |            | Prévues                                   | Corrigées    | Réelles      |
| Chauffage  | Part RDC   | 22,24                                     | 30,49        | 24,58        |
|  | Part Étage | 5,25                                      | 7,85         | 16,37        |
| <b>Sous-total chauffage (1)</b>                  |            | <b>27,49</b>                              | <b>38,34</b> | <b>40,96</b> |
| Auxiliaires de ventilation                       | Part RDC   | 8,56                                      | 14,03        | 17,58        |
|  | Part Étage | 3,17                                      | 5,20         | 2,34         |
| <b>Sous-total auxiliaires de ventilation (2)</b> |            | <b>11,74</b>                              | <b>19,23</b> | <b>19,93</b> |
| Autres auxiliaires                               | Part RDC   | 8,56                                      | 5,01         | 0,83         |
|  | Part Étage | 0,17                                      | 0,15         | 0,51         |
| <b>Sous-total autres auxiliaires (3)</b>         |            | <b>8,74</b>                               | <b>5,17</b>  | <b>1,34</b>  |
| Éclairage  | Part RDC   | 24,67                                     | 22,99        | 24,67        |
|  | Part Étage | 16,58                                     | 12,24        | 1,28         |
| <b>Sous-total éclairage (4)</b>                  |            | <b>41,26</b>                              | <b>35,23</b> | <b>25,95</b> |
| <b>TOTAL Général (1)+(2)+(3)+(4)</b>             |            | <b>89,22</b>                              | <b>97,96</b> | <b>88,17</b> |

Nous constatons que les consommations réelles sont conformes à celles du calcul conventionnel. Elles seraient vraisemblablement inférieures si l'on avait relevé les consommations d'éclairage au rez-de-chaussée. En effet, à l'image de ce que nous avons relevé à l'étage, et vu la faible utilisation des locaux par rapport au scénario conventionnel, les consommations d'éclairage au rez-de-chaussée sont probablement moins importantes.

Les postes « éclairage » et « autres auxiliaires » compensent les surconsommations relevées au niveau du chauffage et de la ventilation.

Le principal poste de consommation est le chauffage. Les analyses effectuées permettent de bien expliquer l'origine de la surconsommation par rapport au calcul conventionnel. Celui-ci est essentiellement dû à la performance de la chaudière et à la température de consigne enregistrée à l'étage.

Les auxiliaires de ventilations sont également à l'origine de consommations plus importantes que prévues. Celles-ci sont directement liées à la programmation de la centrale double flux. Une programmation plus fine et la mise en place d'un système permettant d'adapter les débits aux besoins réels (asservissement à la présence) permettraient de générer des économies.

L'étude réalisée met en évidence les importants transferts thermiques entre le rez-de-chaussée et l'étage du bâtiment. Ces derniers sont la conséquence d'une utilisation très différente des deux niveaux.

## 3 - Seconde année de suivi

### 3.1 - Relevés et analyses des consommations brutes

#### 3.1.1 - Périodes considérées pour l'analyse des données

Les analyses de données présentées par la suite portent globalement sur les données enregistrées entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 31 décembre 2015. L'analyse du confort d'hiver est réalisée à partir des relevés effectués entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 31 mars 2015.

L'analyse concernant les performances du système de chauffage est réalisée à partir de données compilées des périodes allant du 17 novembre 2014 au 28 février 2015.

L'analyse concernant les performances du l'échangeur de la centrale double flux est réalisée sur la période de fonctionnement des sondes comprise entre le 15 mai et le 31 décembre 2015.

La Température intérieure conventionnelle (Tic) est analysée en période estivale.

#### Problèmes rencontrés

Plusieurs problèmes de mesure ont été rencontrés au cours de cette seconde année de suivi :

- absence de données relatives aux conditions météorologiques (rayonnement solaire, température extérieure, humidité extérieure et vitesse du vent) du 4 novembre au 31 décembre 2015 ;
- absence de données de température d'air soufflé et d'air extrait des centrales de traitement d'air avant le 19 mai 2015 ;
- absence de données de température et d'hygrométrie dans le bureau AMCO au rez-de-chaussée du 25 mars au 5 août 2015.
- absence de données de température et d'hygrométrie dans le bureau n°1 au rez-de-chaussée du 22 novembre au 31 décembre 2015.

#### Hypothèses retenues pour l'analyse

Afin de disposer d'une année complète de données, il a été décidé de compléter les relevés obtenus de la manière suivante :

- prise en compte des données relatives au rayonnement solaire du fichier météo standardisé de la réglementation ;
- prise en compte des autres données météo manquantes de la station météo de Guéret Saint-Laurent (source [www.infoclimat.fr](http://www.infoclimat.fr)) ;
- Les températures d'air soufflé et d'air extrait des centrales de traitement d'air antérieures au 19 mai 2015 sont reconstituées à partir du scénario de ventilation relevé sur le second semestre ;
- la façade ouest de la partie « maison » est considérée sans apports solaires (mitoyenneté) ;
- les masques solaires de l'étage sont considérés comme deux fois moins importants que ceux du rez-de-chaussée.

### 3.1.2 - Analyse globale des données – bilan des consommations

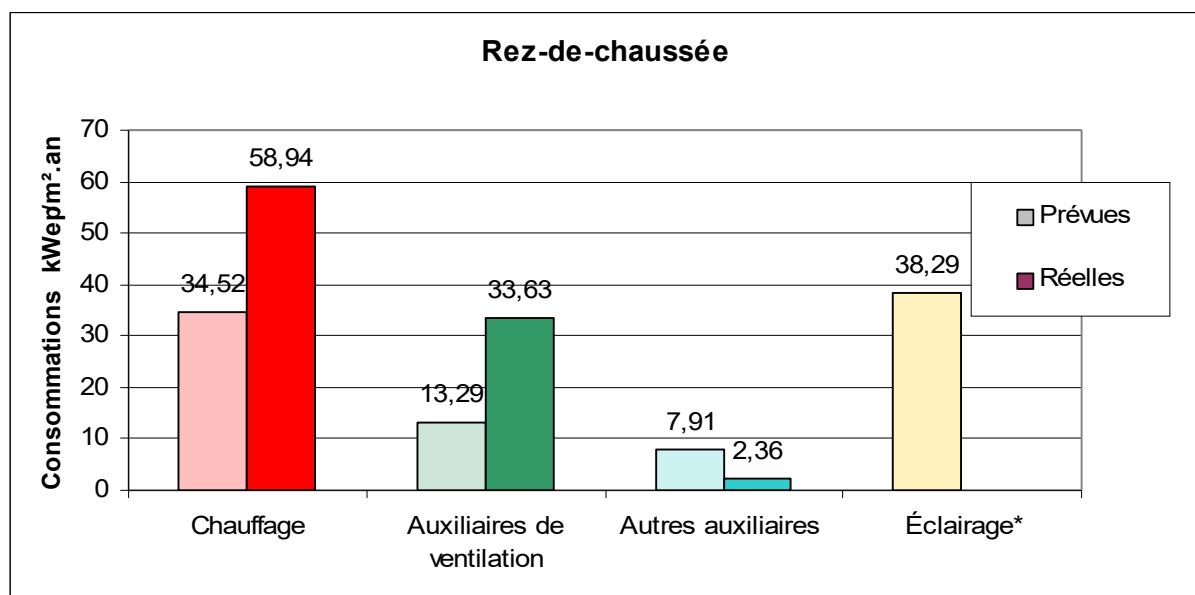
#### Méthodologie

Idem première année – Cf. paragraphe 2.1.2.

#### Consommations de l'année considérée

À l'image de l'analyse effectuée sur les données de la première année, les consommations de l'année sont analysées de manière séparée (rez-de-chaussée et étage) puis de manière globale.

#### Rez-de-chaussée



| Tableau bilan<br>Rez-de-chaussée | Consommations (kWe.h/m <sup>2</sup> .an) |              |
|----------------------------------|--|--------------|
|                                  | Prévues                                  | Réelles      |
| Chauffage                        | 34,52                                    | 58,94        |
| Auxiliaires de ventilation       | 13,29                                    | 33,63        |
| Autres auxiliaires               | 7,91                                     | 2,36         |
| Éclairage*                       | 38,29                                    |              |
| <b>TOTAL hors éclairage</b>      | <b>55,72</b>                             | <b>94,94</b> |
| <b>TOTAL</b>                     | <b>94,02</b>                             |              |

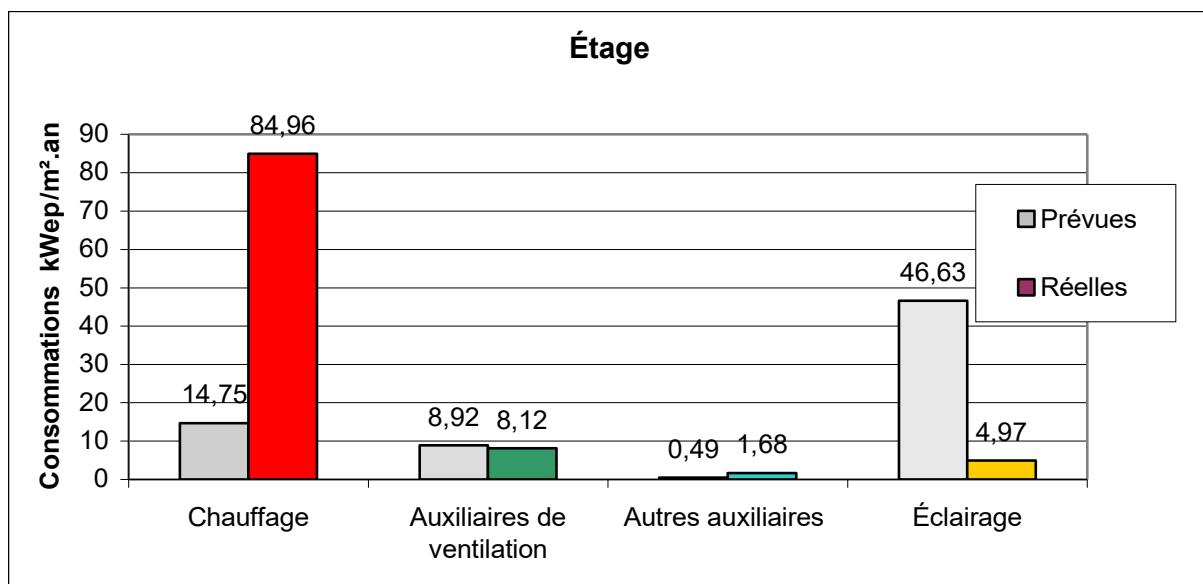
\* Les consommations d'éclairage du rez-de-chaussée ne sont pas comptabilisées.

**Les consommations globales hors éclairage de cette seconde année sont beaucoup plus importantes que celles de la première année. Elles sont 70,30% plus élevées que les consommations calculées.**

Cet important écart provient essentiellement d'une consommation de chauffage nettement supérieure aux consommations calculées (+70,74%). Les consommations réelles des auxiliaires de ventilation sont également très supérieures au calcul (+153,05%).

La consommation des autres auxiliaires est très faible par rapport aux résultats du calcul réglementaire (-70,16%).

## Étage



| Tableau bilan<br>Étage<br>(Neuf – RT 2005) | Consommations (kWeep.h/m <sup>2</sup> .an) |         |           |           |
|--|--|---------|-----------|-----------|
|  | Prévues                                    | Réelles | Référence | Label BBC |
| Chauffage                                  | 14,75                                      | 84,96   |           |           |
| Auxiliaires de ventilation                 | 8,92                                       | 8,12    |           |           |
| Autres auxiliaires                         | 0,49                                       | 1,68    |           |           |
| Éclairage                                  | 46,63                                      | 4,97    |           |           |
| TOTAL                                      | 70,79                                      | 99,74   | 100       | 50        |

**Les consommations globales sont 40,88% plus élevées que les consommations calculées.**

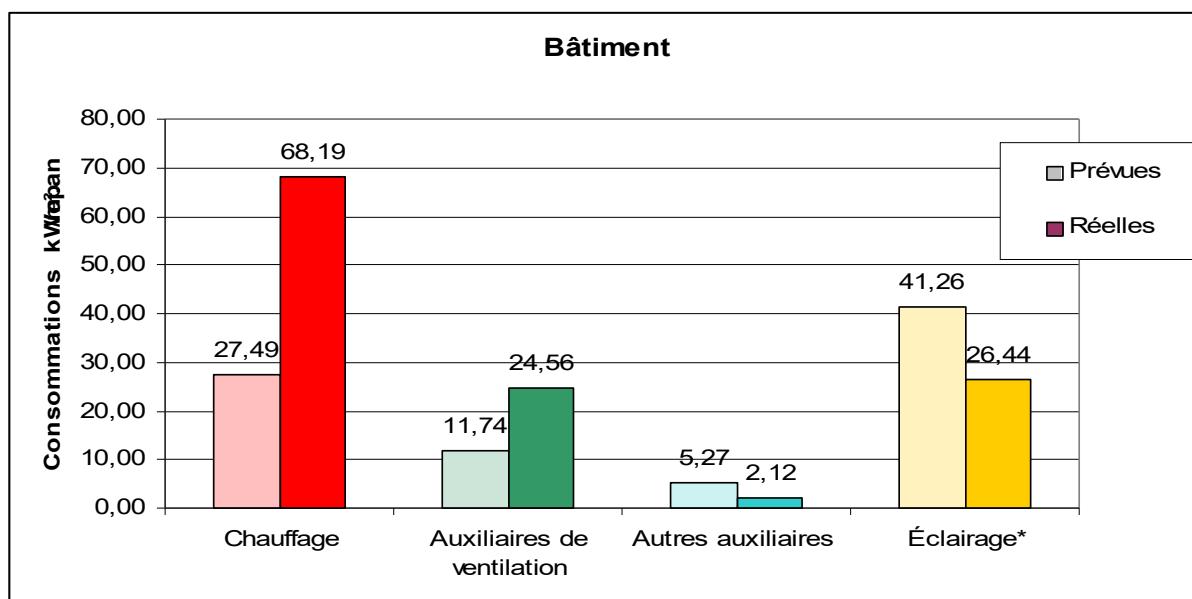
Les consommations de chauffage sont beaucoup plus importantes que celles prévues par le calcul (+ 476,00%).

Les consommations réelles des auxiliaires de ventilation sont inférieures à celles prévues par le calcul (-8,97 %).

La consommation des autres auxiliaires est également très supérieure aux résultats du calcul réglementaire (+242,86 %).

## Ensemble du bâtiment

L'approche globale présentée ici permet d'avoir une vision du fonctionnement d'ensemble du bâtiment (rez-de-chaussée + étage). Cette approche est réalisée par pondération surfacique des résultats obtenus pour chaque étage.



| Tableau bilan<br>Bâtiment   | Consommations (kWep.h/m².an) |               |
|-----------------------------|------------------------------|---------------|
|                             | Prévues                      | Réelles       |
| Chauffage                   | 27,49                        | 68,19         |
| Auxiliaires de ventilation  | 11,74                        | 24,56         |
| Autres auxiliaires          | 5,27                         | 2,12          |
| Éclairage***                | 41,6                         | 26,44         |
| <b>TOTAL hors éclairage</b> | <b>44,50</b>                 | <b>94,87</b>  |
| <b>TOTAL</b>                | <b>85,75</b>                 | <b>121,31</b> |

\*\*\* en considérant des consommations d'éclairage au rez-de-chaussée conformes au calcul

Globalement, les consommations réelles du bâtiment sont supérieures à celles du calcul réglementaire (+41,47%).

Les consommations globales hors éclairage sont +113,20 % plus élevées que les consommations calculées.

Les consommations de chauffage, très supérieures aux consommations calculées (+148,07%) mais également aux consommations de la première année, pénalisent tout particulièrement le résultat. Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées pour l'expliquer :

- des rendements des équipements différents entre le calcul et la réalité,
- une température de consigne différente de celle du calcul réglementaire,
- l'usage du bâtiment ainsi que l'impact des occupants (ouverture des fenêtres par exemple),
- un hiver plus froid que celui utilisé par le moteur de calcul.

Les consommations réelles des auxiliaires de ventilation sont très supérieures au calcul (+109,25%).

Les consommations d'éclairage de l'étage et des autres auxiliaires restent faibles par rapport aux résultats du calcul réglementaire. Respectivement inférieurs de 35,91% pour l'éclairage et de 59,2% pour les auxiliaires de chauffage, ces postes permettent de compenser partiellement les surconsommations de chauffage et de ventilation.

**L'objectif du suivi réalisé et de l'analyse faite dans ce document est d'expliquer l'origine des écarts constatés.**

### 3.2 - Analyse de l'occupation

Conformément à l'analyse réalisée lors de la première année de suivi (cf. méthode au paragraphe 2.2), une analyse détaillée de l'occupation des locaux a été réalisée pour cette seconde période de suivi. Celle-ci a notamment prise en compte les éléments d'occupation spécifique à l'année 2015 récupérés auprès de la FFB (planning d'occupation du rez-de-chaussée, effectifs.des formations, etc.). A l'issue de cette phase d'analyse, six scénarii d'occupation composés de pourcentages de présence variables en semaine sont retenus.

#### 1) Scénario « semaine type »

| Population adulte |      |      | Activité sédentaire |      |     |     |     | Activité légère, debout |     |     |    |  |
|-------------------|------|------|---------------------|------|-----|-----|-----|-------------------------|-----|-----|----|--|
| 7                 |      |      | 80%                 |      |     |     |     | 20%                     |     |     |    |  |
| Heure             | 8    | 9    | 10                  | 11   | 12  | 13  | 14  | 15                      | 16  | 17  | 18 |  |
| Lundi             | 60%  | 60%  | 60%                 | 60%  | 15% | 60% | 40% | 40%                     | 40% | 40% | 0% |  |
| Mardi             | 100% | 100% | 100%                | 100% | 15% | 85% | 85% | 85%                     | 85% | 85% | 0% |  |
| Mercredi          | 60%  | 60%  | 60%                 | 60%  | 15% | 40% | 40% | 40%                     | 40% | 40% | 0% |  |
| Jeudi             | 60%  | 60%  | 60%                 | 60%  | 15% | 40% | 40% | 40%                     | 40% | 40% | 0% |  |
| Vendredi          | 60%  | 60%  | 60%                 | 60%  | 15% | 40% | 40% | 40%                     | 40% | 40% | 0% |  |
| Samedi            | 0%   | 0%   | 0%                  | 0%   | 0%  | 0%  | 0%  | 0%                      | 0%  | 0%  | 0% |  |
| Dimanche          | 0%   | 0%   | 0%                  | 0%   | 0%  | 0%  | 0%  | 0%                      | 0%  | 0%  | 0% |  |

On sait que le local AMCO est utilisé 8h par semaine mais on ne connaît précisément pas le jour d'utilisation. L'hypothèse retenue est que ce local est utilisé le mardi de 8h à 12h et de 13h 30 à 17h 30. Le bâtiment n'est pas occupé le week-end.

## 2) Scénario « semaine congés »

| Population adulte |     |      |      | Activité sédentaire |     |     |     | Activité légère, debout |     |     |    |
|-------------------|-----|------|------|---------------------|-----|-----|-----|-------------------------|-----|-----|----|
| 5                 |     |      | 80%  |                     |     |     | 20% |                         |     |     |    |
| Heure             | 8   | 9    | 10   | 11                  | 12  | 13  | 14  | 15                      | 16  | 17  | 18 |
| Lundi             | 50% | 50%  | 50%  | 50%                 | 25% | 25% | 25% | 25%                     | 25% | 25% | 0% |
| Mardi             | 100 | 100% | 100% | 100%                | 25% | 75% | 75% | 75%                     | 75% | 75% | 0% |
| Mercredi          | 50% | 50%  | 50%  | 50%                 | 25% | 25% | 25% | 25%                     | 25% | 25% | 0% |
| Jeudi             | 50% | 50%  | 50%  | 50%                 | 25% | 25% | 25% | 25%                     | 25% | 25% | 0% |
| Vendredi          | 50% | 50%  | 50%  | 50%                 | 25% | 25% | 25% | 25%                     | 25% | 25% | 0% |
| Samedi            | 0%  | 0%   | 0%   | 0%                  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%                      | 0%  | 0%  | 0% |
| Dimanche          | 0%  | 0%   | 0%   | 0%                  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%                      | 0%  | 0%  | 0% |

Les semaines de congés sont au mois d'août et les 2 dernières semaines de l'année entre Noël et le 1<sup>er</sup> janvier.

## 3) Scénario « semaine formation - effectif très réduit »

| Population adulte |     |      |      | Activité sédentaire |     |     |     | Activité légère, debout |     |     |    |
|-------------------|-----|------|------|---------------------|-----|-----|-----|-------------------------|-----|-----|----|
| 9                 |     |      | 80%  |                     |     |     | 20% |                         |     |     |    |
| Heure             | 8   | 9    | 10   | 11                  | 12  | 13  | 14  | 15                      | 16  | 17  | 18 |
| Lundi             | 65% | 65%  | 65%  | 65%                 | 10% | 55% | 55% | 55%                     | 55% | 55% | 0% |
| Mardi             | 100 | 100% | 100% | 100%                | 10% | 90% | 90% | 90%                     | 90% | 90% | 0% |
| Mercredi          | 65% | 65%  | 65%  | 65%                 | 10% | 55% | 55% | 55%                     | 55% | 55% | 0% |
| Jeudi             | 65% | 65%  | 65%  | 65%                 | 10% | 55% | 55% | 55%                     | 55% | 55% | 0% |
| Vendredi          | 65% | 65%  | 65%  | 65%                 | 10% | 55% | 55% | 55%                     | 55% | 55% | 0% |
| Samedi            | 0%  | 0%   | 0%   | 0%                  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%                      | 0%  | 0%  | 0% |
| Dimanche          | 0%  | 0%   | 0%   | 0%                  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%                      | 0%  | 0%  | 0% |

#### 4) Scénario « semaine formation - effectif réduit »

| Population adulte |     |      |      | Activité sédentaire |     |     |     | Activité légère, debout |     |     |    |
|-------------------|-----|------|------|---------------------|-----|-----|-----|-------------------------|-----|-----|----|
| 10                |     |      | 80%  |                     |     |     | 20% |                         |     |     |    |
| Heure             | 8   | 9    | 10   | 11                  | 12  | 13  | 14  | 15                      | 16  | 17  | 18 |
| Lundi             | 70% | 70%  | 70%  | 70%                 | 10% | 60% | 60% | 60%                     | 60% | 60% | 0% |
| Mardi             | 100 | 100% | 100% | 100%                | 10% | 90% | 90% | 90%                     | 90% | 90% | 0% |
| Mercredi          | 70% | 70%  | 70%  | 70%                 | 10% | 60% | 60% | 60%                     | 60% | 60% | 0% |
| Jeudi             | 70% | 70%  | 70%  | 70%                 | 10% | 60% | 60% | 60%                     | 60% | 60% | 0% |
| Vendredi          | 70% | 70%  | 70%  | 70%                 | 10% | 60% | 60% | 60%                     | 60% | 60% | 0% |
| Samedi            | 0%  | 0%   | 0%   | 0%                  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%                      | 0%  | 0%  | 0% |
| Dimanche          | 0%  | 0%   | 0%   | 0%                  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%                      | 0%  | 0%  | 0% |

#### 5) Scénario « semaine formation - effectif moyen »

| Population adulte |     |      |      | Activité sédentaire |    |     |     | Activité légère, debout |     |     |    |
|-------------------|-----|------|------|---------------------|----|-----|-----|-------------------------|-----|-----|----|
| 12                |     |      | 80%  |                     |    |     | 20% |                         |     |     |    |
| Heure             | 8   | 9    | 10   | 11                  | 12 | 13  | 14  | 15                      | 16  | 17  | 18 |
| Lundi             | 75% | 75%  | 75%  | 75%                 | 8% | 65% | 65% | 65%                     | 65% | 65% | 0% |
| Mardi             | 100 | 100% | 100% | 100%                | 8% | 65% | 65% | 65%                     | 65% | 65% | 0% |
| Mercredi          | 75% | 75%  | 75%  | 75%                 | 8% | 65% | 65% | 65%                     | 65% | 65% | 0% |
| Jeudi             | 75% | 75%  | 75%  | 75%                 | 8% | 65% | 65% | 65%                     | 65% | 65% | 0% |
| Vendredi          | 75% | 75%  | 75%  | 75%                 | 8% | 65% | 65% | 65%                     | 65% | 65% | 0% |
| Samedi            | 0%  | 0%   | 0%   | 0%                  | 0% | 0%  | 0%  | 0%                      | 0%  | 0%  | 0% |
| Dimanche          | 0%  | 0%   | 0%   | 0%                  | 0% | 0%  | 0%  | 0%                      | 0%  | 0%  | 0% |

## 6) Scénario « semaine formation - effectif important »

| Population adulte |     |      | Activité sédentaire |      |    |     |     |     | Activité légère, debout |     |    |  |  |  |
|-------------------|-----|------|---------------------|------|----|-----|-----|-----|-------------------------|-----|----|--|--|--|
| 15                |     |      | 80%                 |      |    |     |     |     | 20%                     |     |    |  |  |  |
| Heure             | 8   | 9    | 10                  | 11   | 12 | 13  | 14  | 15  | 16                      | 17  | 18 |  |  |  |
| Lundi             | 80% | 80%  | 80%                 | 80%  | 6% | 70% | 70% | 70% | 70%                     | 70% | 0% |  |  |  |
| Mardi             | 100 | 100% | 100%                | 100% | 6% | 94% | 94  | 94  | 94                      | 94  | 0% |  |  |  |
| Mercredi          | 80% | 80%  | 80%                 | 80%  | 6% | 70% | 70% | 70% | 70%                     | 70% | 0% |  |  |  |
| Jeudi             | 80% | 80%  | 80%                 | 80%  | 6% | 70% | 70% | 70% | 70%                     | 70% | 0% |  |  |  |
| Vendredi          | 80% | 80%  | 80%                 | 80%  | 6% | 70% | 70% | 70% | 70%                     | 70% | 0% |  |  |  |
| Samedi            | 0%  | 0%   | 0%                  | 0%   | 0% | 0%  | 0%  | 0%  | 0%                      | 0%  | 0% |  |  |  |
| Dimanche          | 0%  | 0%   | 0%                  | 0%   | 0% | 0%  | 0%  | 0%  | 0%                      | 0%  | 0% |  |  |  |

Les scénarios 3, 4, 5 et 6, relatifs aux périodes de formations, considèrent un nombre moyen de personnes présentes réparti sur toute la semaine.

La prise en compte dans l'outil PREBAT « occupation » de ces différents scénarii permet de définir le scénario moyen d'occupation hors semaines de vacances ci-dessous.

| Planning moyen d'occupation hors semaine de vacances |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| horaires   | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | total |
| lundi  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10    |
| mardi  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10    |
| mercredi   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10    |
| jeudi  | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10    |
| vendredi   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 10    |
| samedi   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0     |
| dimanche   | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0  | 0     |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 50 |       |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |
|  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |       |

### Répartition des semaines selon les différents scénarii :

| Numéro des scénarios | Nom                                      | Nombre de semaines |
|----------------------|--|--------------------|
| 1                    | semaine type                             | 22                 |
| 2                    | semaine congés                           | 6                  |
| 3                    | semaine formation - effectif très réduit | 7                  |
| 4                    | semaine formation - effectif réduit      | 5                  |
| 5                    | semaine formation - effectif moyen       | 5                  |
| 6                    | semaine formation - effectif important   | 7                  |

Les apports internes horaires considérés répartis sur la période d'occupation s'élèvent à 5,16 W/m<sup>2</sup>.

## 3.3 - Analyse de l'enveloppe

### 3.3.1 - Méthodologie et hypothèses

Idem première année – cf. paragraphe 2.3.1.

### 3.3.2 - Résultats obtenus sur l' $U_{\text{bât}}$

Comme pour la première année, l'analyse de l'enveloppe est réalisée au niveau de l'ensemble du bâtiment. La période considérée pour l'analyse de l'enveloppe est comprise entre le 17 novembre 2014 et le 28 février 2015. Le tableau ci-dessous donne le résultat obtenu, ainsi que le  $U_{\text{bât}}$  théorique.

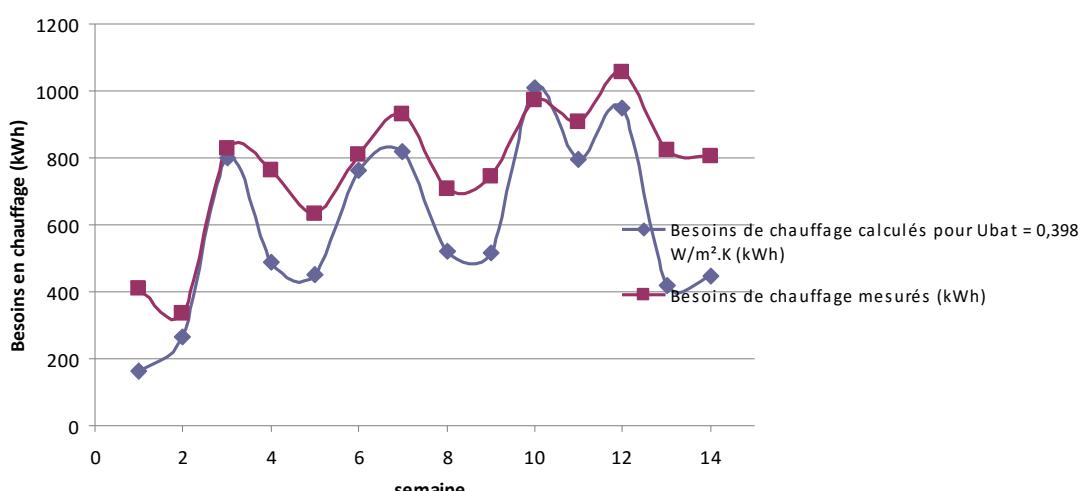
| $U_{\text{bât}}$ théorique [ $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ] | $U_{\text{bât}}$ mesuré [ $\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ ] |
|---|--|
| Rez-de-chaussée   | 0,530  |
| Étage   | 0,398  |

Les performances estimées de l'enveloppe sont conformes aux performances théoriques. Elles se situent entre les valeurs théoriques de la réglementation à l'étage (RT 2005) et au rez-de-chaussée (RT existant).

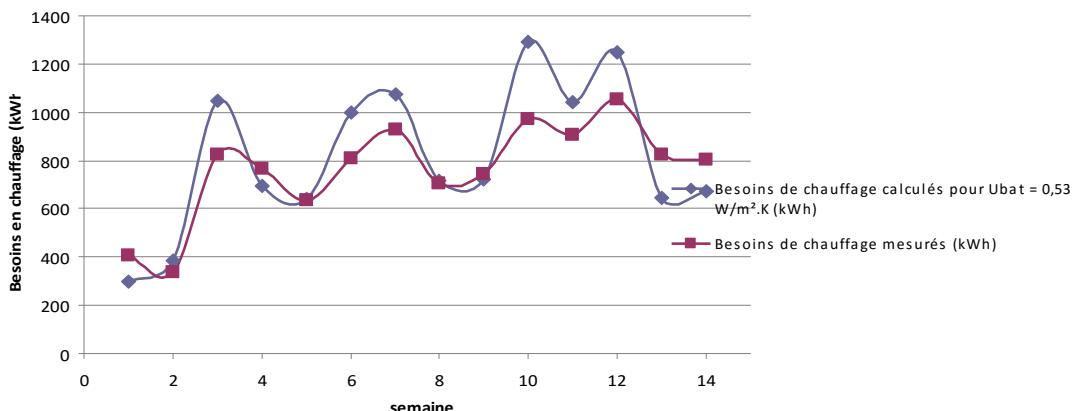
La période d'analyse, plus longue que celle considérée la première année, permet d'avoir une approche plus fine de la valeur réelle de l' $U_{\text{bât}}$ .

Les courbes ci-après comparent, pour les 14 semaines évaluées, les besoins réels mesurés sur le bâtiment et les besoins recalculés avec un  $U_{\text{bât}}$  donné.

#### Comparaison des besoins de chauffage mesurés et calculs pour $U_{\text{bat}} = 0,398 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$

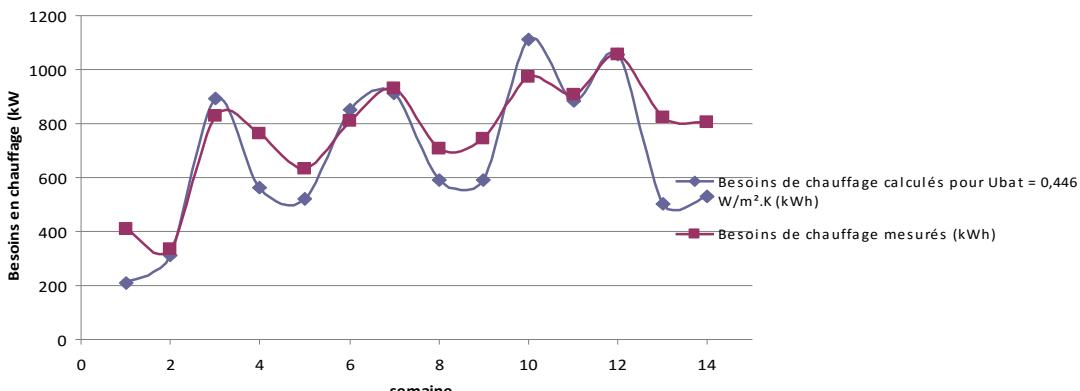


**Comparaison des besoins de chauffage mesurés et calculs pour  
U<sub>bât</sub> = 0,53 W/m<sup>2</sup>.K**



Sur ces deux graphes nous voyons effectivement que les besoins en chauffage mesurés correspondent à un  $U_{\text{bât}}$  compris entre 0,398 W/m<sup>2</sup>.K et 0,530 W/m<sup>2</sup>.K.

**Comparaison des besoins de chauffage mesurés et calculs pour U<sub>bât</sub>  
= 0,446 W/m<sup>2</sup>.K**



Sur ce dernier graphe, nous voyons que les deux courbes sont beaucoup plus proches avec un  $U_{\text{bât}}$  de 0,446 W/m<sup>2</sup>.K qu'avec un  $U_{\text{bât}}$  de 0,398 W/m<sup>2</sup>.K sur l'ensemble de la période considérée.

L'analyse, réalisée sur une période de 14 semaines, est vraisemblablement plus fiable que celle de la première année. Aussi cette valeur est-elle retenue pour la suite de l'étude.

La qualité d'exécution des travaux constatée en phase chantier est ainsi confirmée. L'impact sur les consommations énergétiques sera évalué dans la suite de l'étude.

## 3.4 - Analyse du confort hiver/été

### 3.4.1 - Locaux suivis

Idem première année – cf. paragraphe 2.4.1.

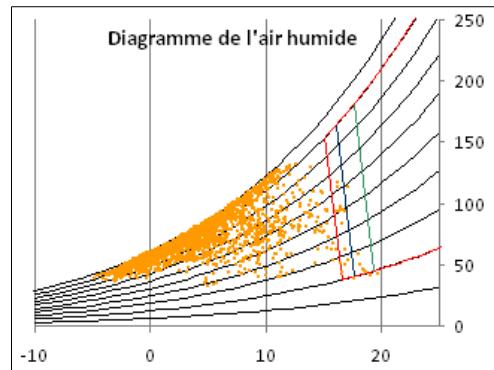
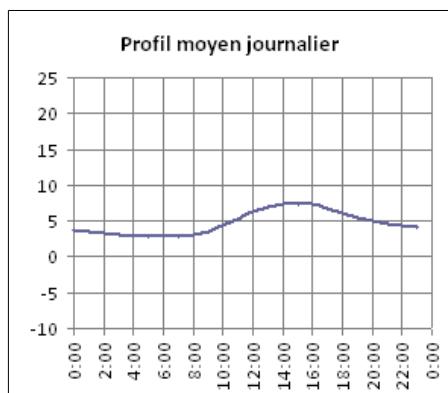
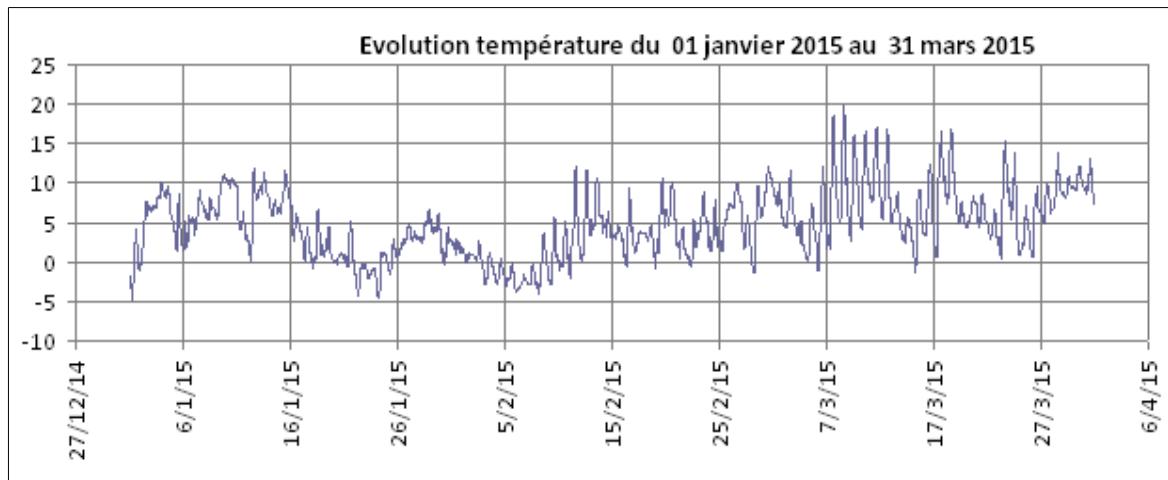
### 3.4.2 - Présentation des résultats

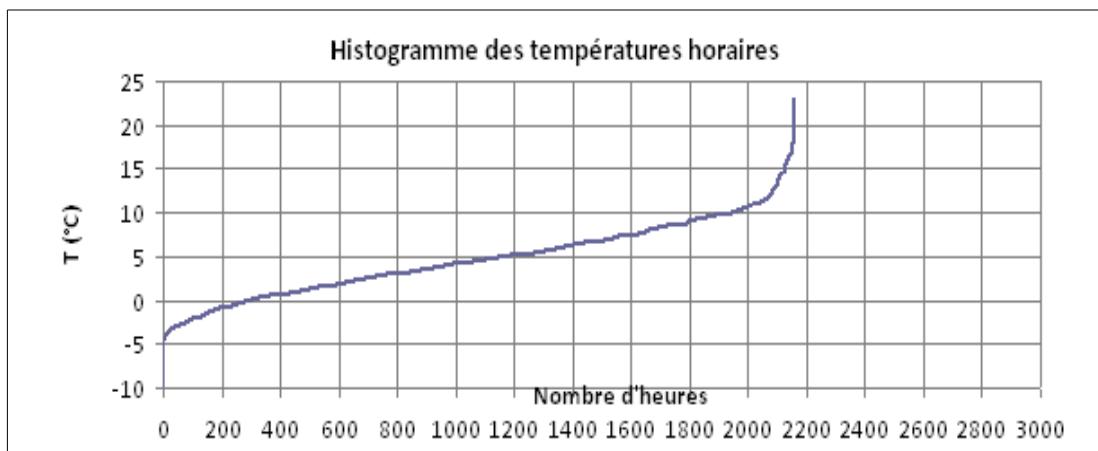
Idem première année – cf. paragraphe 2.4.2.

### 3.4.3 - Confort d'hiver

#### Conditions climatiques hivernales

La période considérée est comprise entre le 1<sup>er</sup> janvier et le 31 mars 2015.





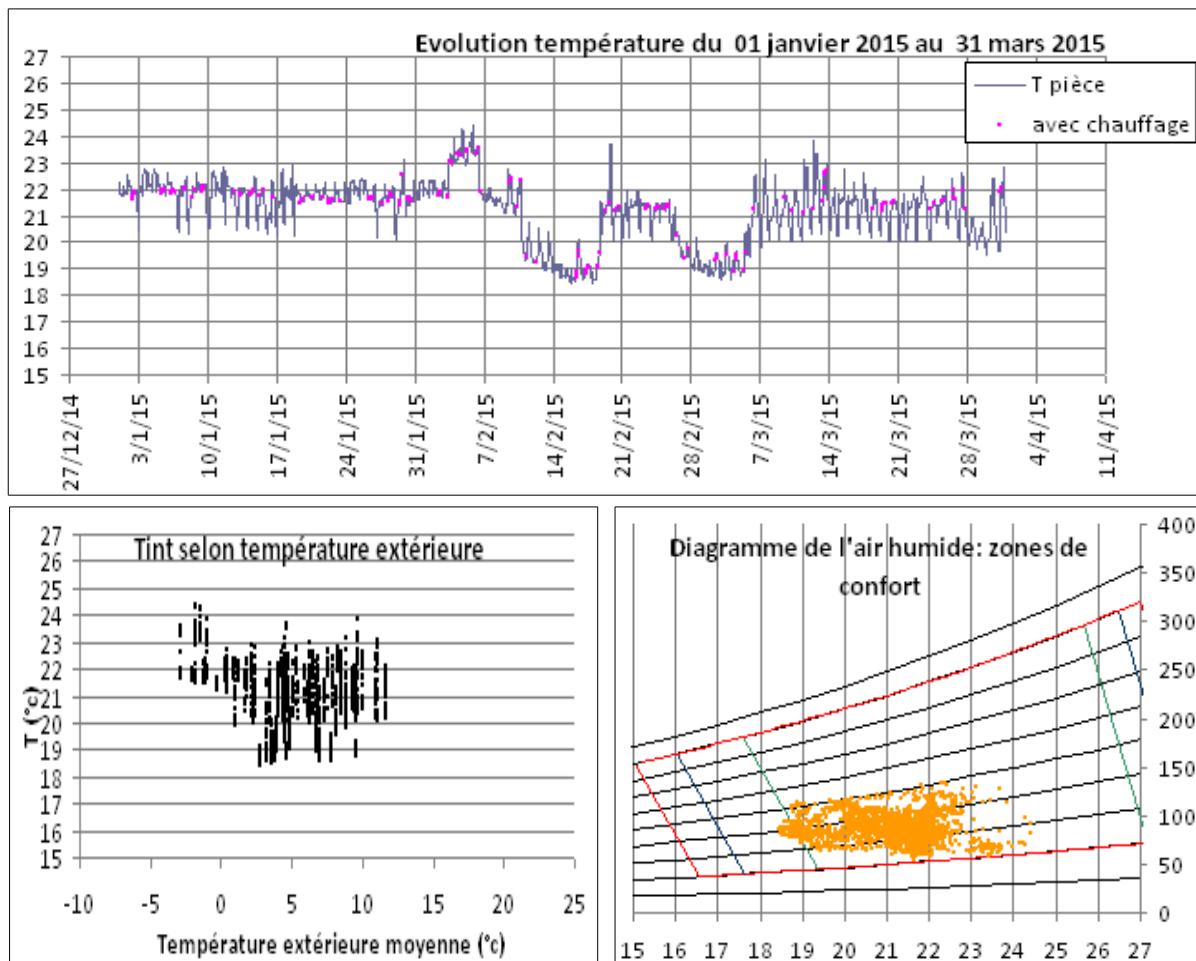
Globalement, nous constatons que l'hiver 2014-2015 a été plus froid que l'hiver précédent. Les températures relevées sont inférieures à 0°C sur plus de 200 heures au cours de la période considérée, contre une trentaine d'heure l'année précédente pour une période de référence plus courte (3 mois cette année contre 3,5 mois la première année de suivi).

La température moyenne de la journée la plus froide (6 février 2015) s'élève à -2,9°C alors qu'elle restait positive au cours de l'hiver 2013-2014 (7 décembre 2013 : 1,5°C).

## Zones de confort

Ci-dessous figurent les résultats obtenus pour les différents locaux instrumentés. Sur les diagrammes de l'air humide, le confort optimal est atteint lorsque les couples de points {température; humidité relative} sont dans le polygone vert. Le confort est dégradé lorsque l'on s'éloigne de cette zone.

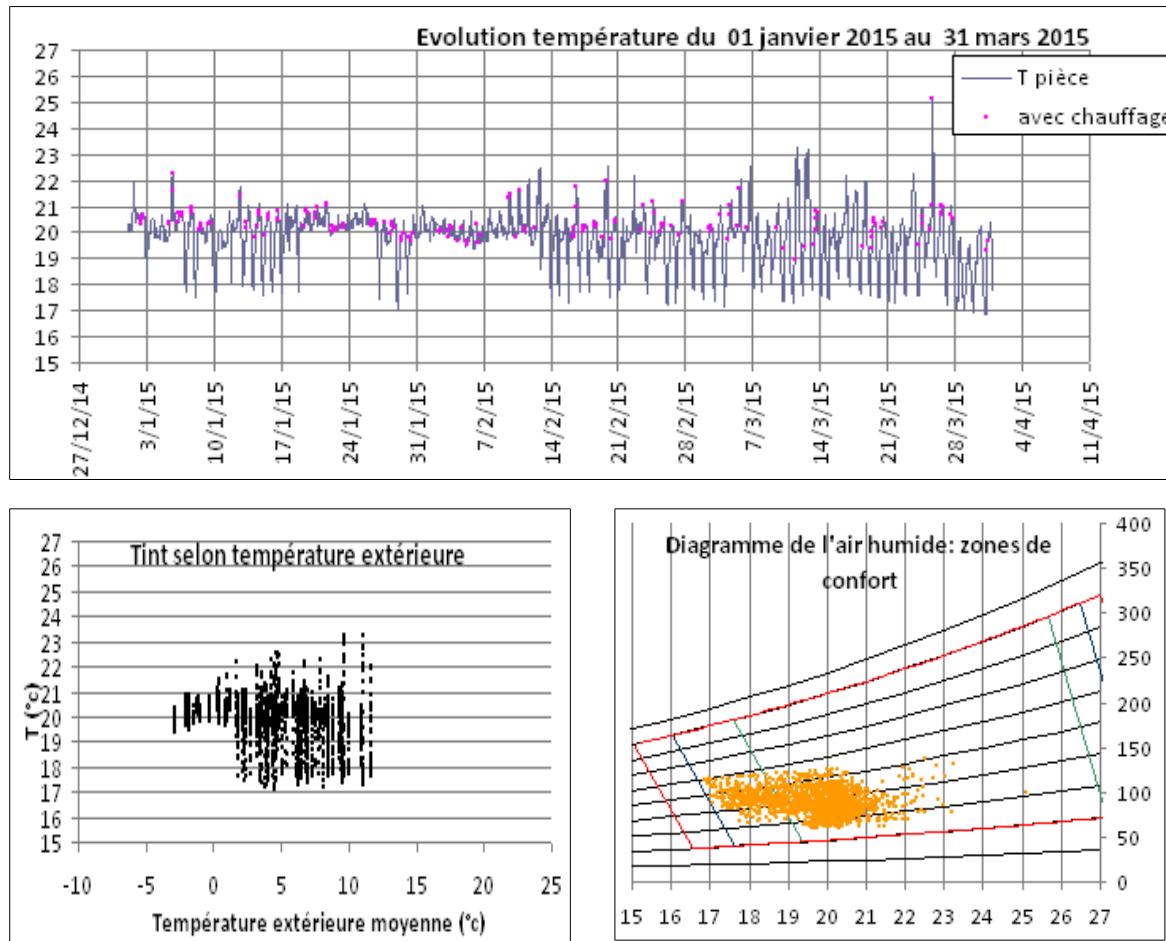
## Salle de conférence



En occupation, l'indice de confort thermique PMV (Predicted Mean Vote) obtenu est le suivant :

|                | PMV         | Nb d'heures |
|----------------|-------------|-------------|
| Catégorie IV-  | [-2;-0,7]   | 0           |
| Catégorie III- | [-0,7;-0,5] | 0           |
| Catégorie II-  | [-0,5;-0,2] | 114         |
| Catégorie I    | [-0,2;+0,2] | 515         |
| Catégorie II+  | [+0,2;+0,5] | 1           |
| Catégorie III+ | [+0,5;+0,7] | 0           |
| Catégorie IV+  | [+0,7;+2]   | 0           |

## Salle de réunion



En occupation, l'indice de confort thermique PMV (Predicted Mean Vote) obtenu est le suivant :

|                | PMV         | Nb d'heures |
|----------------|-------------|-------------|
| Catégorie IV-  | [-2;-0,7]   | 0           |
| Catégorie III- | [-0,7;-0,5] | 0           |
| Catégorie II-  | [-0,5;-0,2] | 443         |
| Catégorie I    | [-0,2;+0,2] | 185         |
| Catégorie II+  | [+0,2;+0,5] | 2           |
| Catégorie III+ | [+0,5;+0,7] | 0           |
| Catégorie IV+  | [+0,7;+2]   | 0           |

Contrairement à ce que nous observions lors de la première année de suivi, il est difficile d'identifier précisément les périodes d'inoccupation de ces locaux sur les graphiques. Il semblerait que ces salles aient été beaucoup plus utilisées la seconde année ou bien que le recours aux modes réduits en dehors du réduit nocturne aient été moins utilisés qu'auparavant.

Nous constatons que ces locaux sont bien chauffés lors des périodes d'occupation (températures comprises entre 19,5°C et 23,5°C). Lorsqu'ils ne sont pas utilisés, le chauffage en mode réduit assure une température de comprise entre 17°C et 20°C. Ceci vient confirmer que le recours à des modes réduits de type congés sur de longue périodes, pouvant abaisser la température autour de 14°C ne s'est pas reproduit.

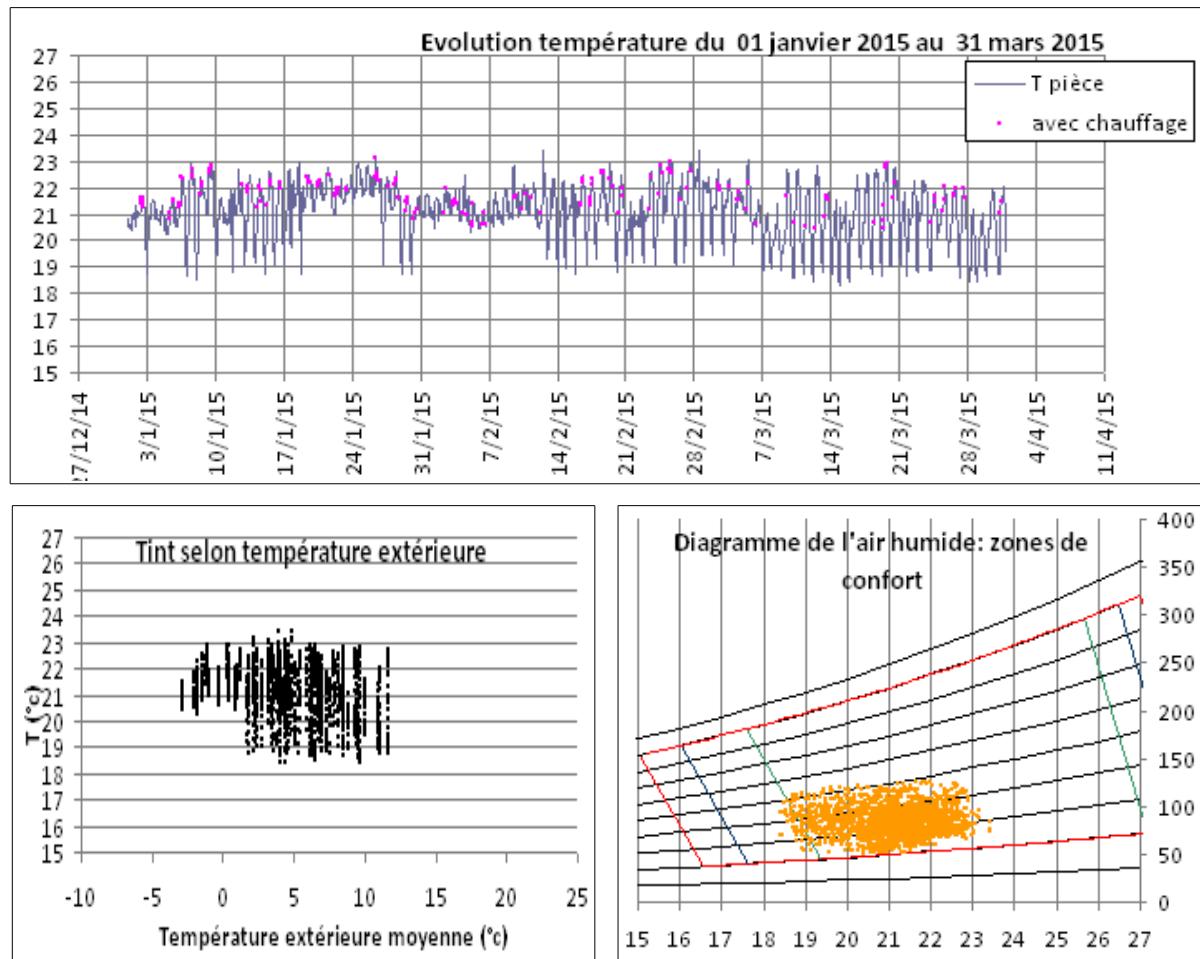
Si les diagrammes de confort laissent apparaître des points en dehors de la zone de confort notamment pour la salle de réunion, nous constatons une réelle amélioration des diagrammes. Ceci confirme une utilisation plus importante de ces locaux ou bien l'absence d'utilisation de mode réduit en périodes d'inoccupation longues.

L'analyse des graphiques des températures intérieures en fonctions de la température extérieure montre que le système de chauffage permet de chauffer les locaux facilement à des températures intérieures supérieures à 21°C en période d'occupation y compris lorsque les températures extérieures sont nettement en dessous de zéro.

**Dans notre cas, le PMV obtenu en occupation s'élève à -0,44 en cumulé sur ces deux salles.**

**Nous pouvons conclure que le chauffage et la ventilation de l'étage permettent d'assurer un bon confort hygrothermique des occupants.**

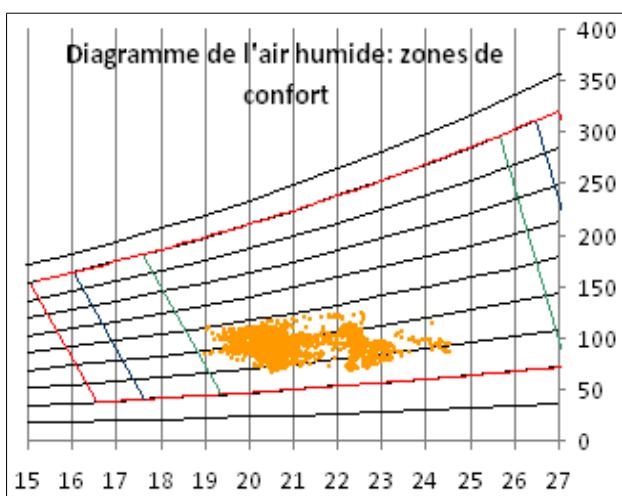
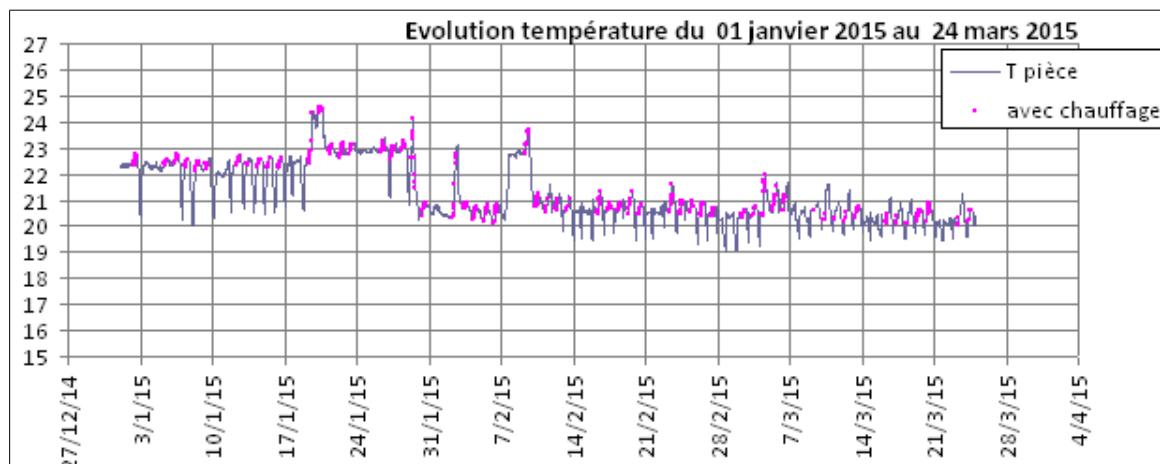
## Bureau n°1



En occupation, l'indice de confort thermique PMV (Predicted Mean Vote) obtenu est le suivant :

|                | PMV         | Nb d'heures |
|----------------|-------------|-------------|
| Catégorie IV-  | [-2;-0,7]   | 0           |
| Catégorie III- | [-0,7;-0,5] | 0           |
| Catégorie II-  | [-0,5;-0,2] | 19          |
| Catégorie I    | [-0,2;+0,2] | 611         |
| Catégorie II+  | [+0,2;+0,5] | 0           |
| Catégorie III+ | [+0,5;+0,7] | 0           |
| Catégorie IV+  | [+0,7;+2]   | 0           |

## Bureau « Médecine du travail »



En occupation, l'indice de confort thermique PMV (Predicted Mean Vote) obtenu est le suivant :

|                            | PMV | Nb d'heures |
|----------------------------|-----|-------------|
| Catégorie IV- [-2;-0,7]    | 0   |             |
| Catégorie III- [-0,7;-0,5] | 0   |             |
| Catégorie II- [-0,5;-0,2]  | 104 |             |
| Catégorie I [-0,2;+0,2]    | 462 |             |
| Catégorie II+ [+0,2;+0,5]  | 14  |             |
| Catégorie III+ [+0,5;+0,7] | 0   |             |
| Catégorie IV+ [+0,7;+2]    | 0   |             |

À l'image du constat réalisé au niveau des salles de réunion et de conférence, il semblerait que ces deux bureaux du rez-de-chaussée aient été davantage utilisés cette année. Nous voyons très clairement qu'ils ont été beaucoup plus chauffés cette année. Les périodes de réduits (hors réduit nocturne) sont inexistantes. Le bureau de la médecine du travail a été particulièrement chauffé en janvier avec des températures la journée entre 22,5°C et 24,5°C.

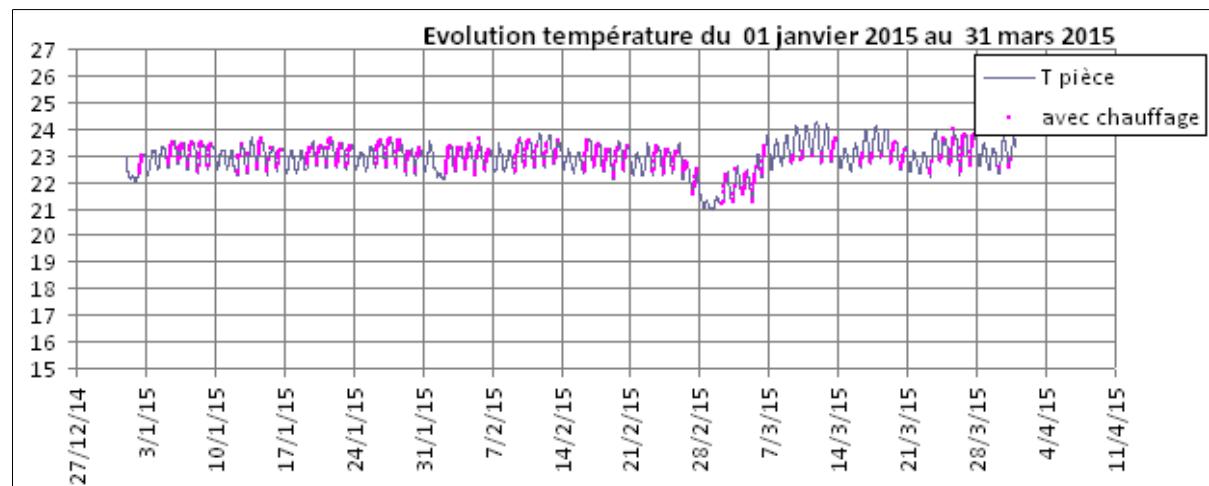
Les diagrammes de confort sont bons pour cette seconde année.

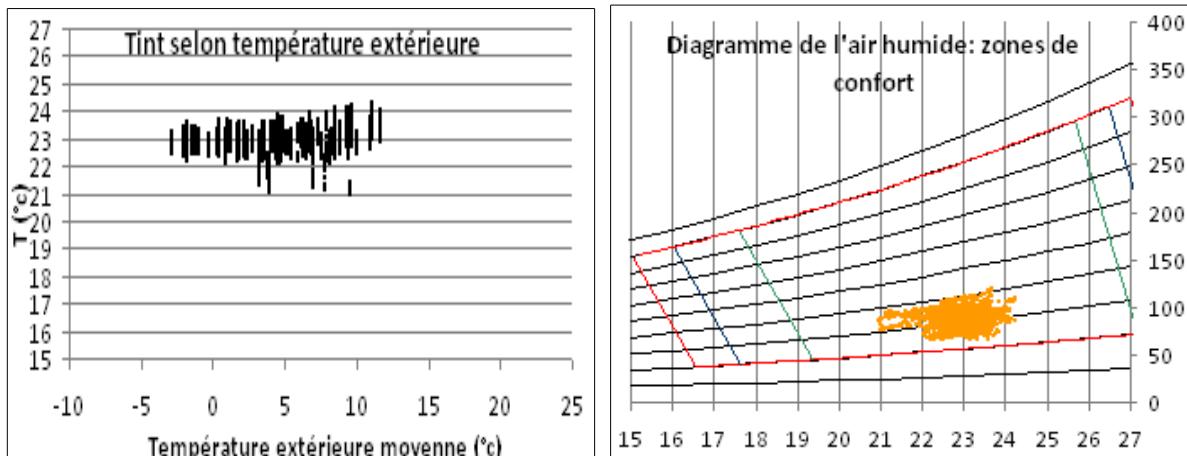
Nous constatons que le système de chauffage permet d'atteindre facilement des températures intérieures supérieures à 21°C en période d'occupation y compris lorsque les températures extérieures sont les plus faibles.

L'indice PMV pour ces deux bureaux est de -0,03 pour le bureau 1 et de -0,15 pour le bureau de la médecine du travail.

**Nous pouvons conclure que le chauffage et la ventilation du rez-de-chaussée permettent d'assurer un bon confort hygrothermique des occupants.**

## Étage





|                            | PMV | Nb d'heures |
|----------------------------|-----|-------------|
| Catégorie IV- [-2;-0,7]    | 0   |             |
| Catégorie III- [-0,7;-0,5] | 0   |             |
| Catégorie II- [-0,5;-0,2]  | 0   |             |
| Catégorie I [-0,2;+0,2]    | 600 |             |
| Catégorie II+ [+0,2;+0,5]  | 30  |             |
| Catégorie III+ [+0,5;+0,7] | 0   |             |
| Catégorie IV+ [+0,7;+2]    | 0   |             |

Contrairement aux observations de la première année, et à l'image des constats réalisés au rez-de-chaussée, il semblerait que l'utilisation de réduits de chauffage les week-ends ait disparu. La température en journée travaillée est globalement plus élevée que la première année malgré un hiver plus froid. Elle est généralement au-dessus des 22°C.

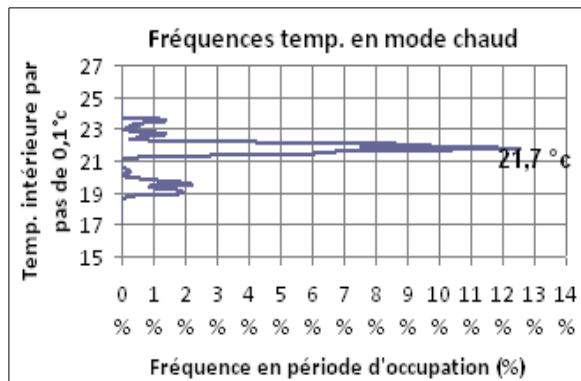
Le diagramme de confort est très bon. Nous voyons également que le système de chauffage permet d'obtenir des températures intérieures entre 22°C et 24°C malgré des températures extérieures négatives.

L'indice PMV pour l'étage est évalué à 0,47. **Nous pouvons conclure que le chauffage et la ventilation de l'étage permettent d'assurer un bon confort hygrothermique des occupants.**

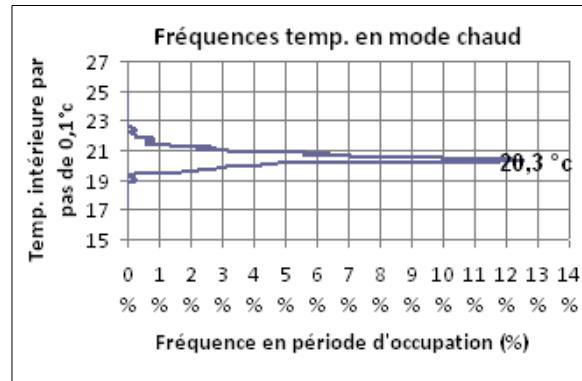
## Températures de consigne mesurées

Pour tous les locaux instrumentés, la température de consigne est relevée. Pour cela on regarde la fréquence d'apparition de chaque température.

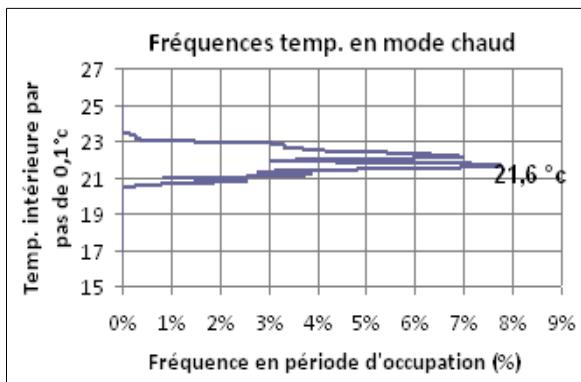
Salle de conférence



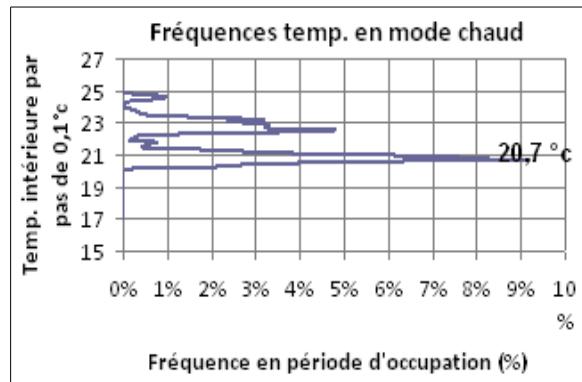
Salle de réunions



Bureau n°1



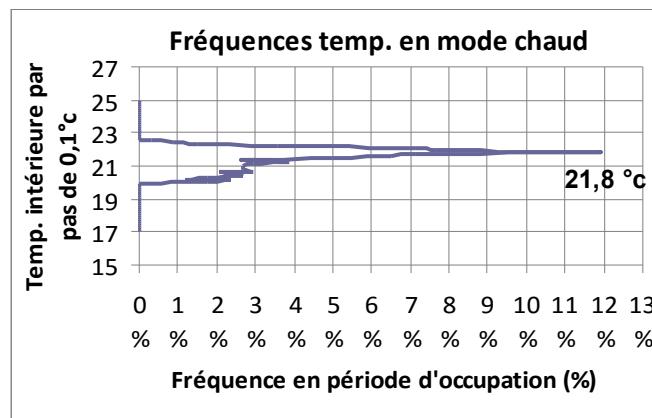
Bureau médecine du travail



Les températures de consignes obtenues montrent que les espaces du rez-de-chaussée ont été beaucoup plus chauffés cette année que l'année précédente. Nous voyons apparaître un mode réduit autour des 19,5°C pour la salle de conférence ; en revanche, les autres espaces sont fréquemment chauffés à plus de 20,3°C. Si l'occupation de ces locaux est a priori plus importante que l'année précédente, ce constat confirme également que l'utilisation de mode réduit est nettement moins fréquente que lors de la première année de suivi.

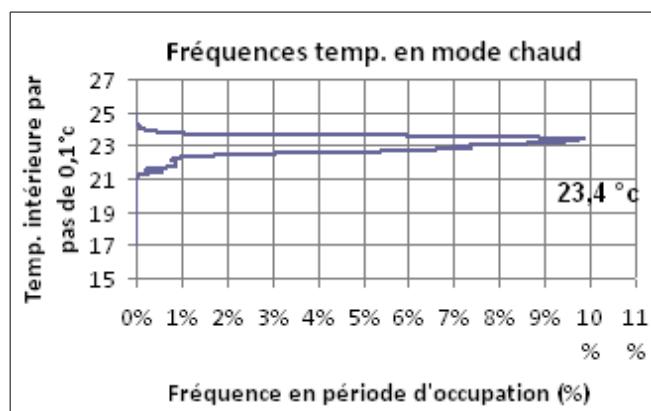
Le calcul de la température horaire moyenne pondérée en fonction de la surface des locaux nous permet d'obtenir les graphiques ci-dessous :

## Pour le rez-de-chaussée



Ainsi, la température de consigne du rez-de-chaussée considérée dans la suite du rapport s'élève à 21,8°C. Elle est très nettement supérieure à la valeur de 17,7°C relevée la première année de suivi.

## Pour l'étage



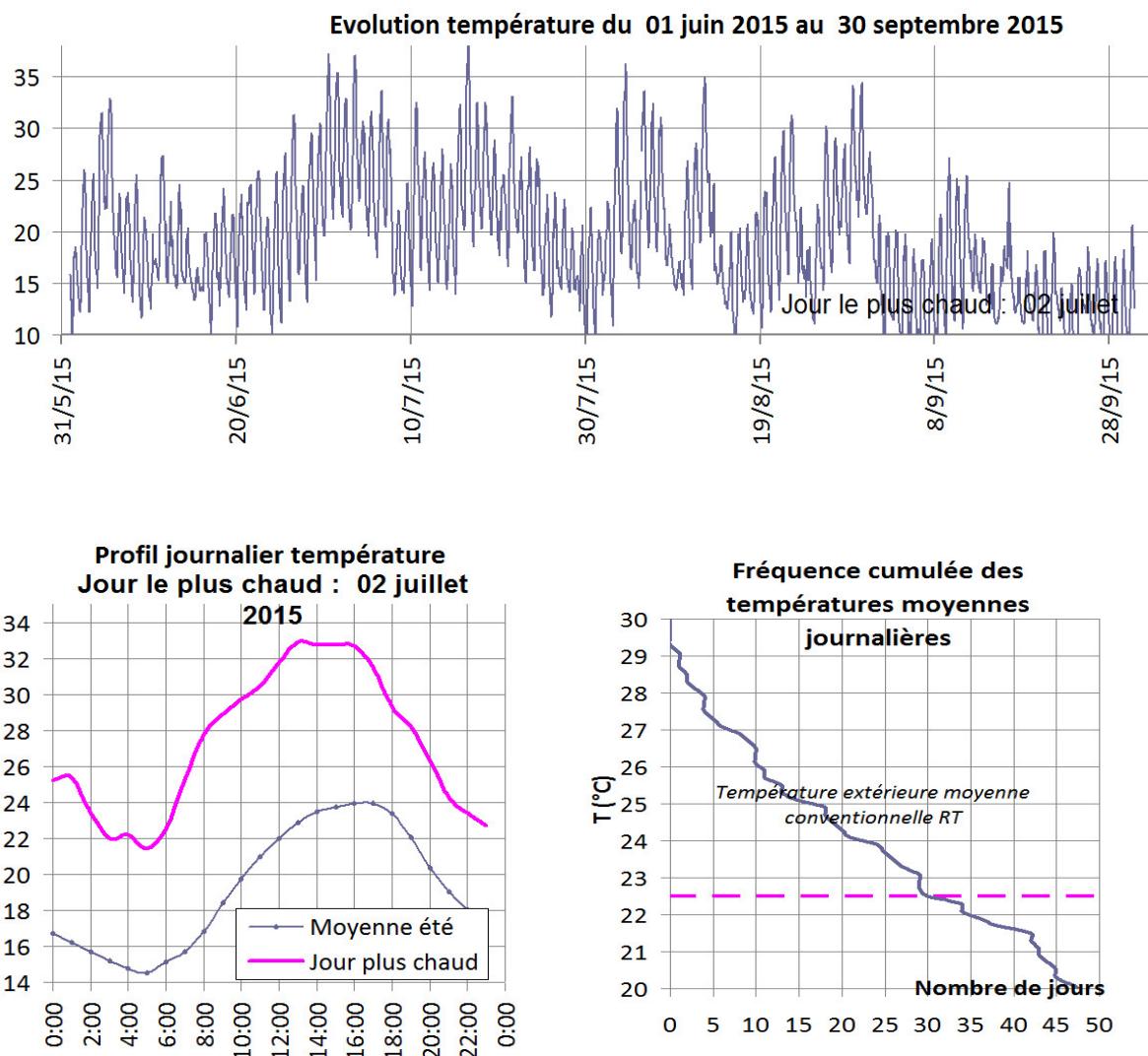
Le graphe permet d'identifier de manière plus précise la température de consigne de l'étage qui s'élève à 23,4°C. De nouveau, celle-ci est plus élevée que celle relevée l'année précédente (21,7°C) et nettement supérieure à la température de consigne théorique (20,6°C – cf. paragraphe 2.4.3).

**Les températures de consigne de l'étage et du rez-de-chaussée expliquent une partie des surconsommations du chauffage par rapport au calcul théorique et à la première année. L'impact de ces températures de consigne sur les surconsommations enregistrées est évalué par la suite.**

### 3.4.4 - Confort d'été

#### Conditions climatiques estivales

La période considérée pour l'analyse du confort d'été s'étend du 1<sup>er</sup> juin au 30 septembre 2015. À l'image de ce qui a été réalisé pour le confort d'hiver, les données de température et d'hygrométrie intérieures des différents locaux au cours de cette période sont analysées.



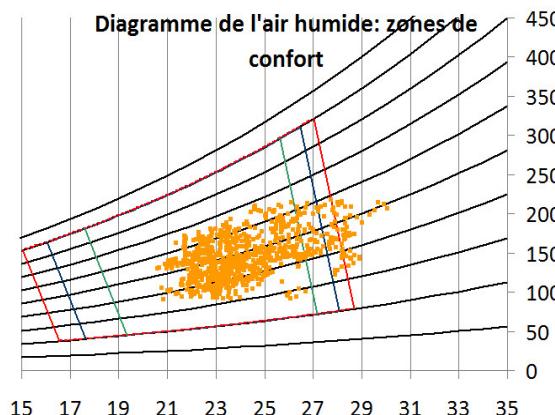
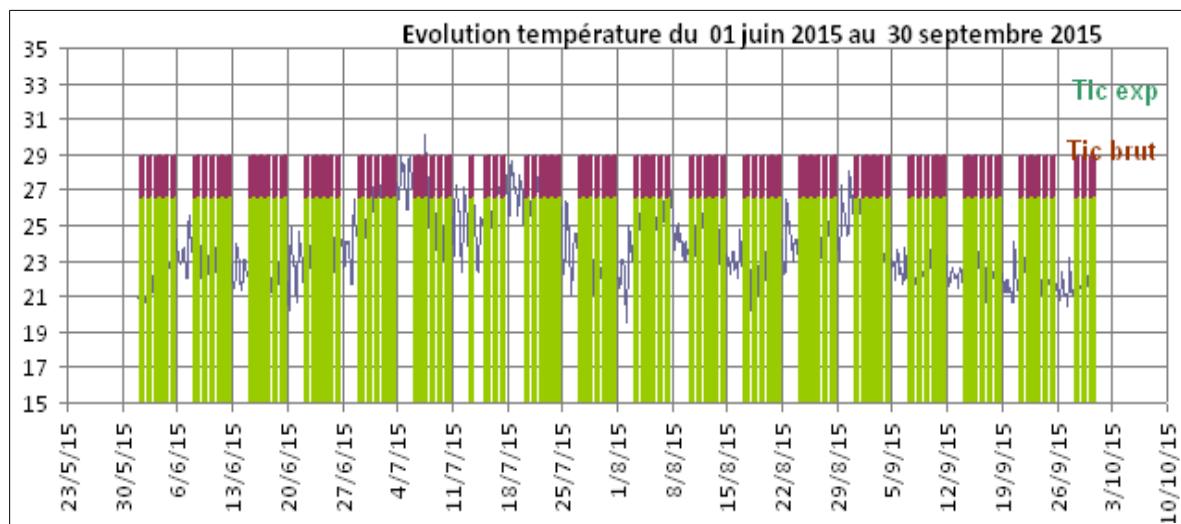
Malgré une température moyenne extérieure du jour le plus chaud quasiment équivalente à celle enregistrée la première année, les températures extérieures ont globalement plus élevées qu'au cours de l'été 2014. Plusieurs épisodes de « canicule » ont été observés. L'analyse de la température intérieure conventionnelle devrait ainsi être plus pertinente que lors de la première année de suivi.

### Température intérieure conventionnelle

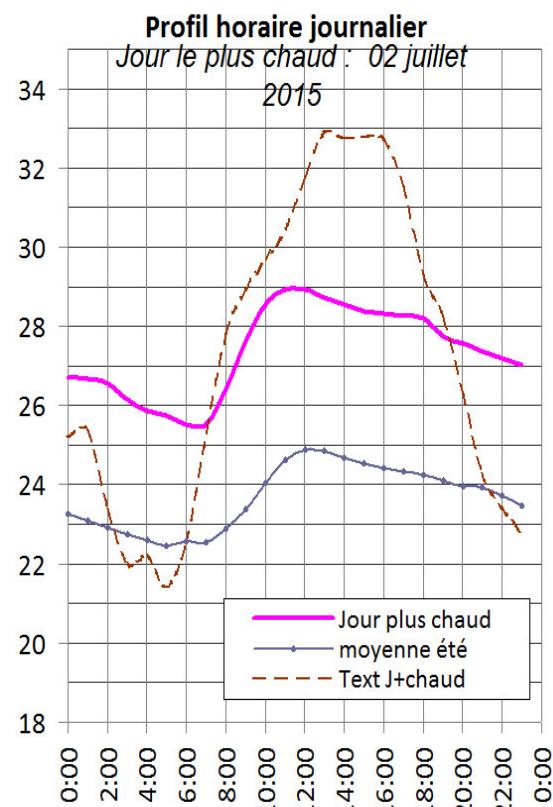
Hors résidentiel, la Température intérieure conventionnelle (Tic) est la valeur maximale des températures opératives obtenues en période d'occupation. Pour chaque local, le calcul de la Tic expérimentale est réalisé sur la journée la plus chaude de la période considérée.

Les graphes ci-dessous présentent les résultats obtenus pour chaque local instrumenté.

## Salle de conférence



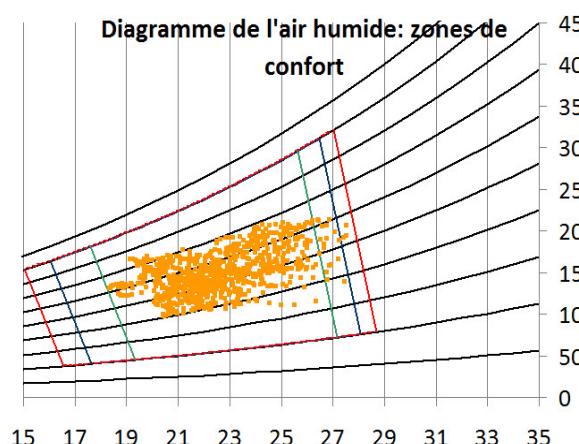
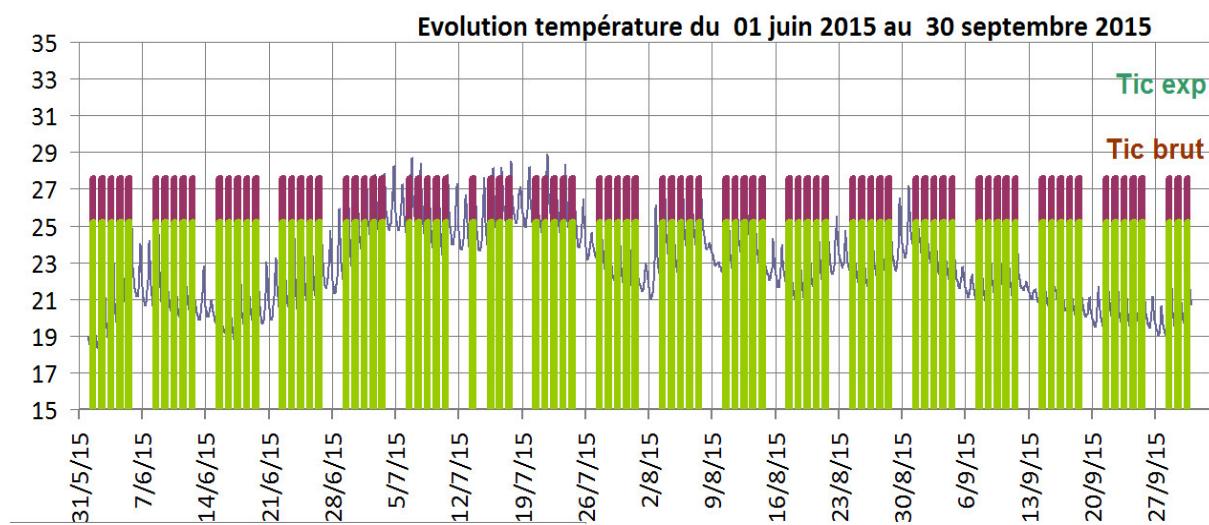
| EN NF 15251    | Ambiance contrôlée | Ambiance non contrôlée |
|----------------|--------------------|------------------------|
| Nb d'heures    |                    |                        |
| Catégorie IV-  | 0                  | 8                      |
| Catégorie III- | 0                  | 48                     |
| Catégorie II-  | 38                 | 134                    |
| Catégorie I    | 466                | 666                    |
| Catégorie II+  | 293                | 14                     |
| Catégorie III+ | 25                 | 0                      |
| Catégorie IV+  | 49                 | 0                      |



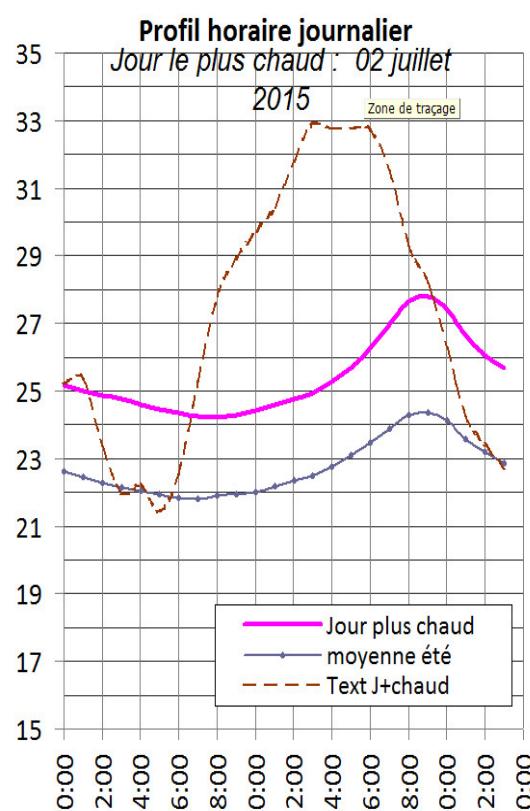
Tic expérimentale = 28,9°C

PMV = 0,12

## Salle de réunion

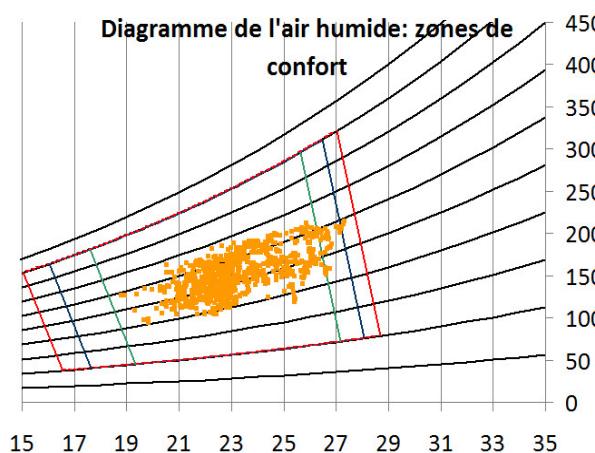
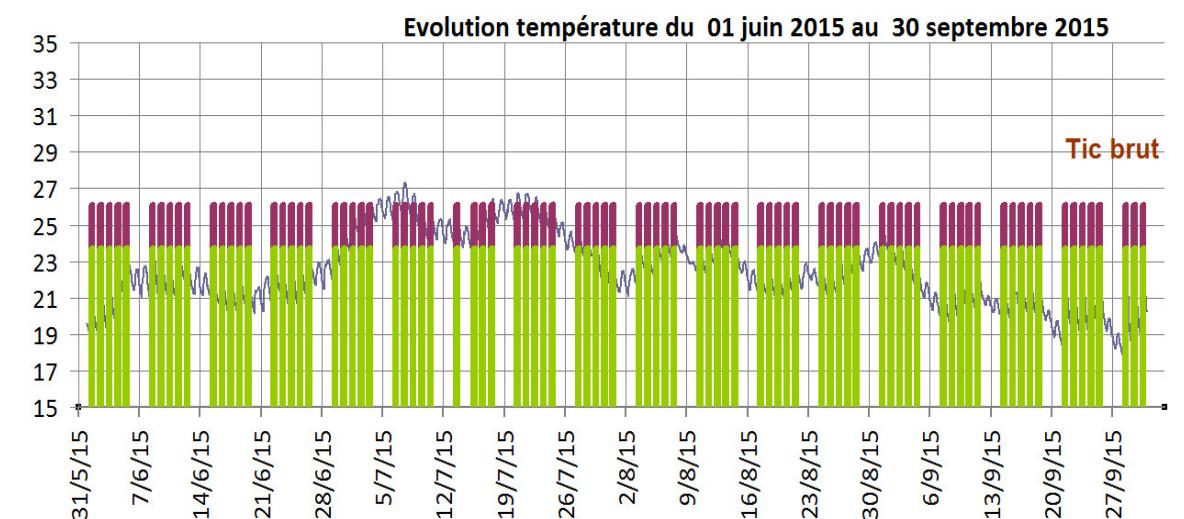


| EN NF 15251<br>Nb d'heures | Ambiance contrôlée | Ambiance non contrôlée |
|----------------------------|--------------------|------------------------|
| Catégorie IV-              | 0                  | 133                    |
| Catégorie III-             | 0                  | 154                    |
| Catégorie II-              | 297                | 227                    |
| Catégorie I                | 358                | 356                    |
| Catégorie II+              | 213                | 0                      |
| Catégorie III+             | 3                  | 0                      |
| Catégorie IV+              | 0                  | 0                      |

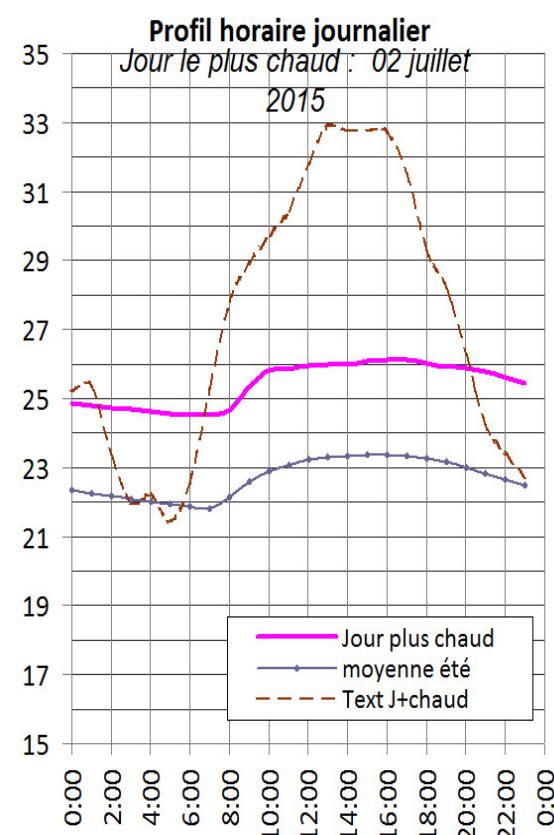


Tic expérimentale = 27,6°C

PMV = -0,58

**Bureau n°1**

| EN NF 15251<br>Nb d'heures | Ambiance<br>contrôlée | Ambiance<br>non contrôlée |
|----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Catégorie IV-              | 0                     | 41                        |
| Catégorie III-             | 0                     | 104                       |
| Catégorie II-              | 123                   | 273                       |
| Catégorie I                | 504                   | 452                       |
| Catégorie II+              | 240                   | 0                         |
| Catégorie III+             | 4                     | 0                         |
| Catégorie IV+              | 0                     | 0                         |



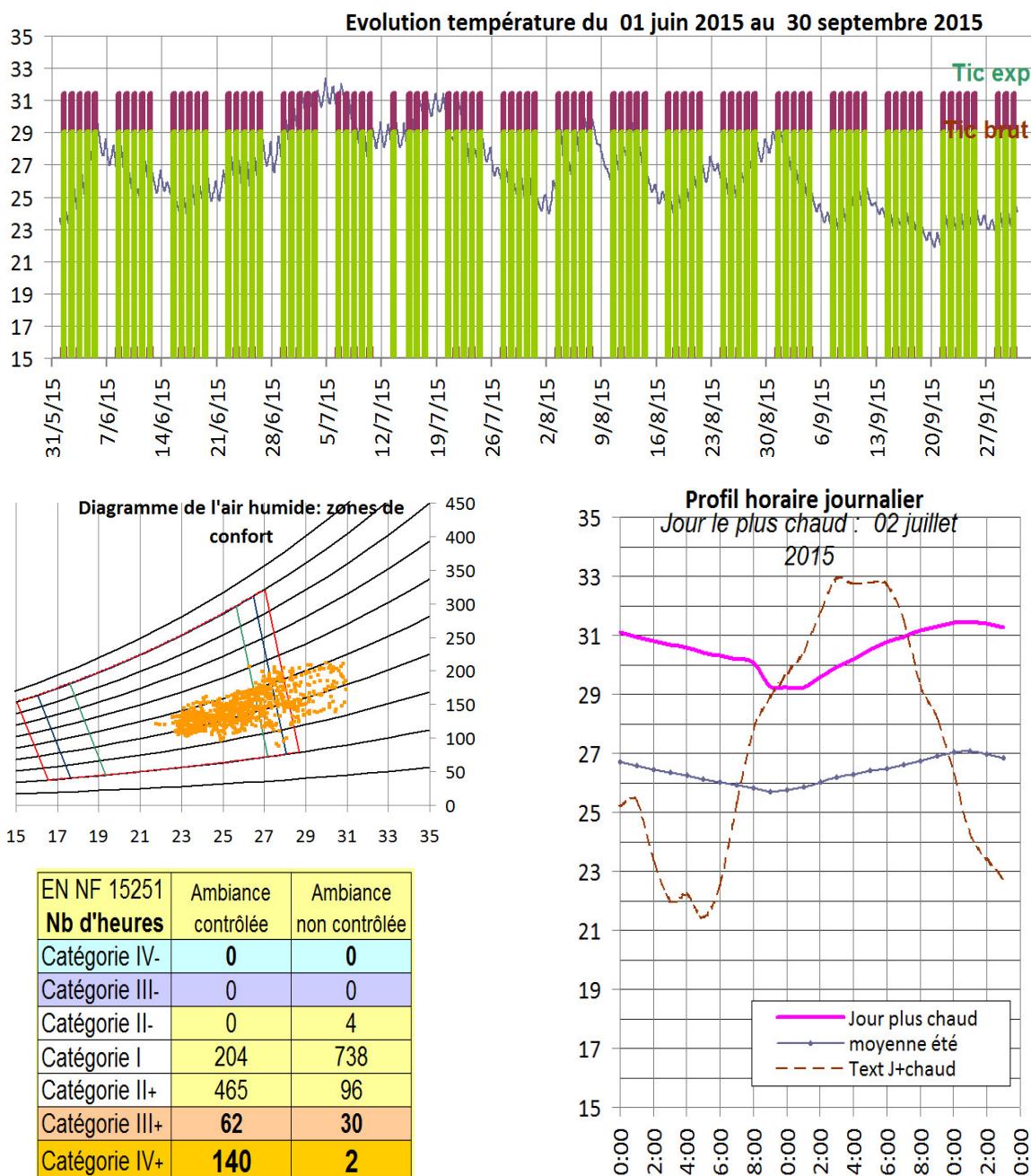
**Tic expérimentale = 26,1°C**

**PMV= -0,27**

## Bureau « Médecine du travail »

L'absence de données relatives à l'ambiance intérieure entre le 25 mars et le 5 août 2015 nous empêche d'analyser le comportement de ce bureau sur la période estivale.

### Étage



## **Analyse**

Pour les locaux situés en rez-de-chaussée, nous constatons que l'essentiel des points de mesure est dans la zone de confort optimale. Seule la salle de conférence présente quelques points de mesure au-delà de ce polygone et ce malgré une orientation a priori favorable. Comme indiqué lors de la première année de suivi, les surchauffes ponctuelles sont vraisemblablement liées à des surfaces vitrées plus importantes et à l'absence de protection solaire. Pour le reste, les ambiances selon l'indice PMV peuvent être qualifiées de fraîches au niveau du bureau n°1 et de la salle de réunion.

Les Tic expérimentales au rez-de-chaussée sont comprises entre 26,1°C et 28,9°C. Elles sont nettement inférieures à la Tic projet (30,81°C).

En ce qui concerne l'étage, la Tic expérimentale obtenue est plus élevée (31,4°C). Elle reste cependant inférieure à la Tic de référence de la réglementation thermique (34,51°C). L'ambiance, selon l'indice PMV, peut être considérée comme chaude.

Au global, la Tic expérimentale reste inférieure à la Tic de référence d'environ 10 % au niveau du bâtiment. Ce résultat est moins bon que celui observé lors de la première année de suivi. Les conditions extérieures plus chaudes expliquent aisément ce résultat.

Si globalement le résultat reste satisfaisant, l'installation de protection mobile pourrait permettre d'améliorer les conditions de confort à l'étage et ponctuellement au niveau de la salle de conférence au rez-de-chaussée.

## **3.5 - Analyse du fonctionnement de la production de chauffage**

Les résultats présentés ci-après proviennent de l'outil « analyse des systèmes ». L'étude a porté sur la chaudière à condensation sur la période de chauffe. Le calcul est réalisé sur l'année complète, selon la même méthode que celle utilisée la première année de suivi (cf. paragraphe 2.5).

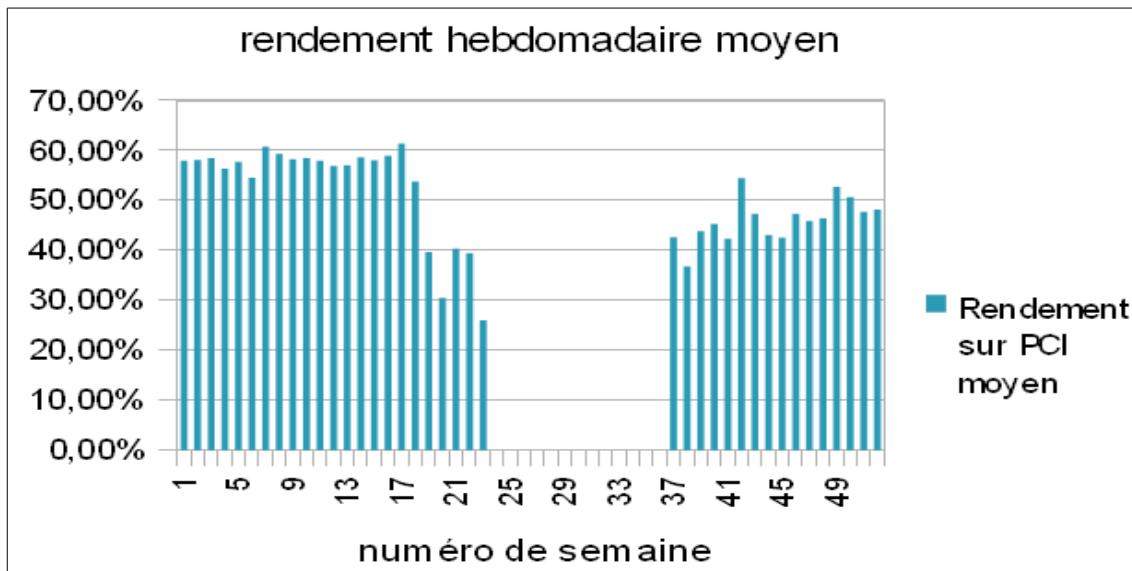
### **Résultats expérimentaux**

Le tableau ci-après présente les performances réelles sur la période.

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Combustible</b>             | Gaz                                       |
| <b>Puissance nominale (kW)</b> | 7   |
| <b>Rendement moyen</b>         | 57,8 %                                    |
| <b>Consommation totale</b>     | 19 962 kWh soit 42,024 kWh/m <sup>2</sup> |

Le rendement moyen au cours de cette seconde année de suivi s'établit à 57,80 %, confirmant la valeur observée la première année. Ce rendement est très inférieur au rendement théorique.

Cet écart important est dû au surdimensionnement de la chaudière au regard des besoins en chauffage. La chaudière fonctionne une majeure partie du temps à charge partielle et surtout sur des périodes très courtes, ce qui est très défavorable.



C'est également une des conséquences des conditions météorologiques observées sur la période. Si l'hiver a été plus froid que lors de la première année de suivi, l'année 2015 a été une année globalement douce notamment au printemps et à l'automne. Hors, comme le confirme le diagramme ci-dessus, le rendement chute de manière significative lorsque la température moyenne extérieure passe au-dessus de 12°C.

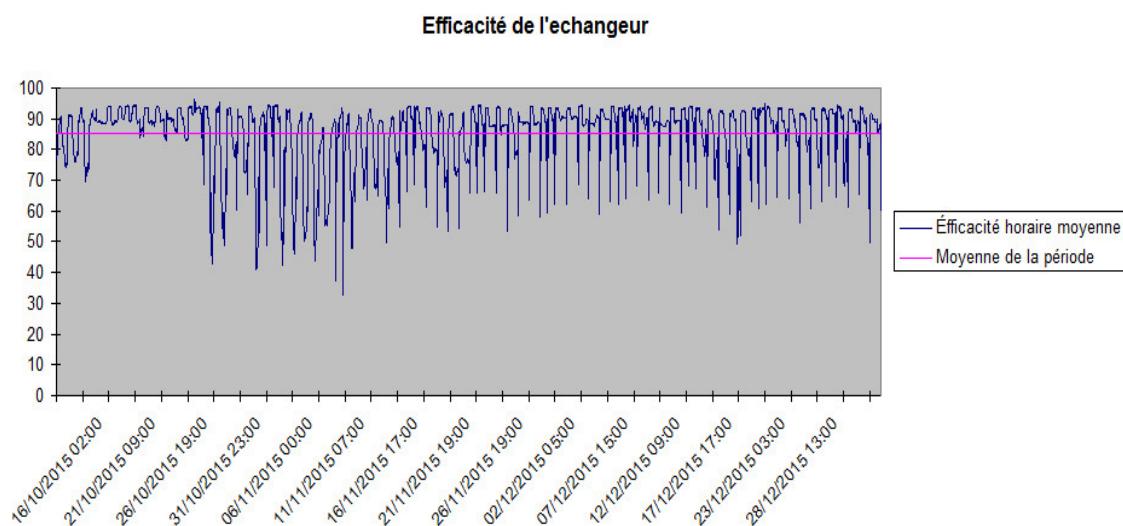
Le rendement évalué (57,8%), moins performant celui considéré dans l'étude thermique (108%), est à l'origine de surconsommations de chauffage sur l'année. **Son impact sera évalué dans la suite de l'étude.**

### 3.6 - Analyse du fonctionnement de la centrale double flux

L'efficacité de l'échangeur de la centrale double flux est évaluée selon la formule suivante :

$$\eta_t = (T^{\circ}\text{C Air insufflé} - T^{\circ}\text{C Air Neuf}) / (T^{\circ}\text{C Air Extrait} - T^{\circ}\text{C Air Neuf})$$

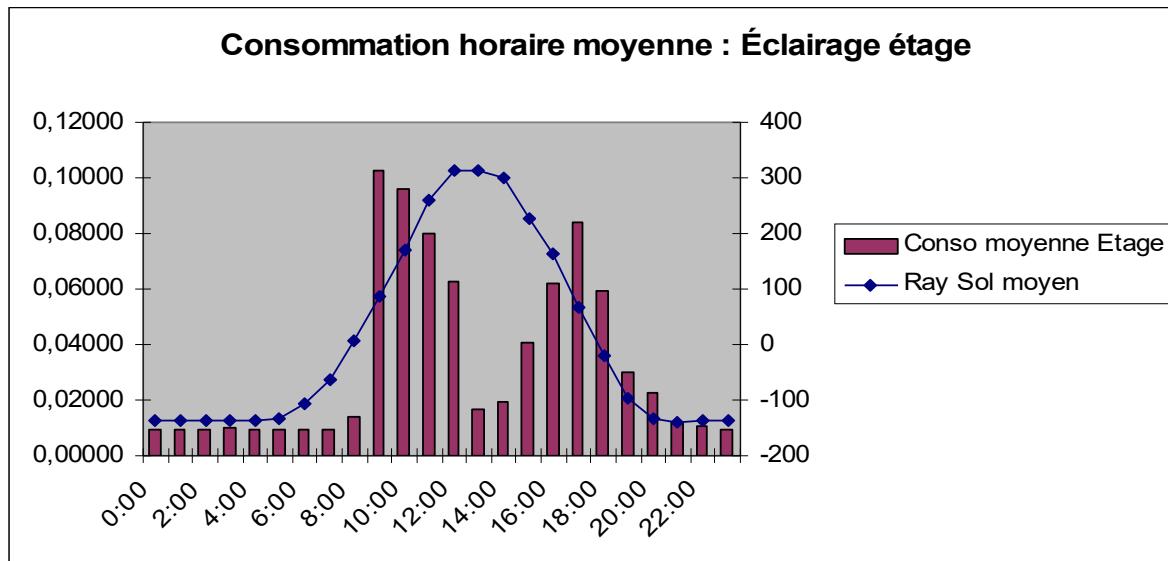
La période d'évaluation est réduite aux temps de fonctionnement de l'échangeur entre le 6 octobre et le 31 décembre 2015.



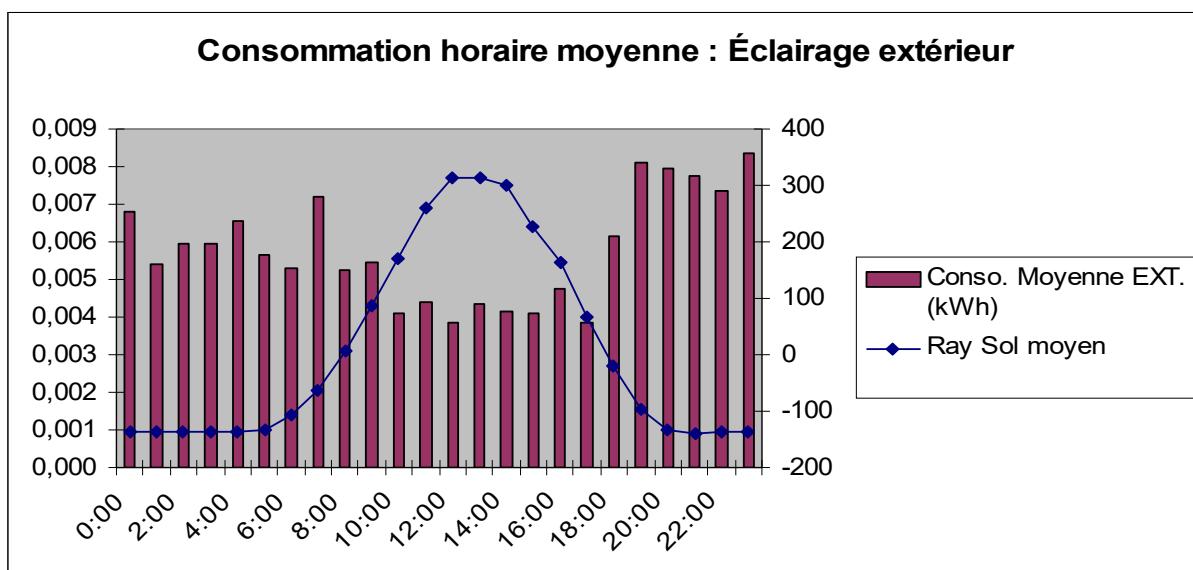
L'efficacité moyenne de l'échangeur évaluée sur la période est de 85,45 %. L'échangeur présente une efficacité supérieure à celle de l'étude thermique. Son impact est évalué dans la suite de l'étude (cela devrait logiquement se traduire par une économie sur les consommations de chauffage).

### 3.7 - Consommation globale d'éclairage

Aucun dispositif de comptage de l'éclairage n'a été installé au rez-de-chaussée. Aussi l'analyse porte-t-elle uniquement sur les consommations d'éclairage de l'étage et l'éclairage extérieur.

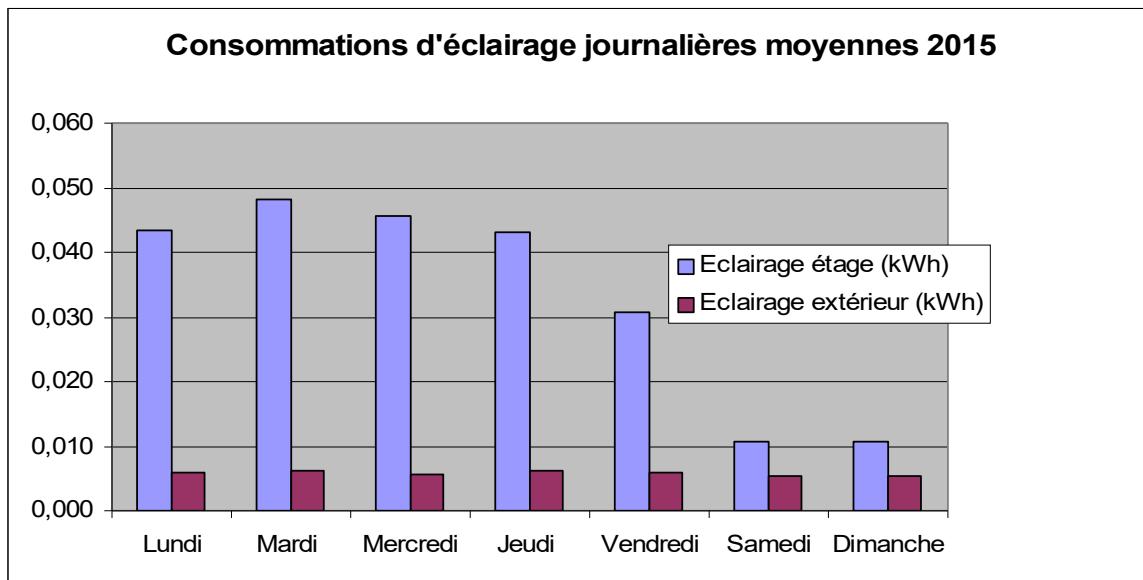


Les données de la seconde année de suivi sont très proches de celles observées la première année. Les consommations d'éclairage sont globalement liées au rayonnement solaire et aux horaires de bureau. Le décrochage des consommations au moment de la pause méridienne confirme une gestion intelligente de l'éclairage de la part des occupants.



Au global, les consommations de l'éclairage extérieur s'élèvent à 50,65 kWh sur la période considérée. Celles-ci sont nettement inférieures aux consommations enregistrées la première année. Une meilleure programmation du fonctionnement des éclairages extérieurs est vraisemblablement à l'origine de cette économie.

Nous voyons clairement sur le graphique ci-dessous que la consommation d'éclairage extérieur est nettement inférieure à celle de l'éclairage intérieur de l'étage du bâtiment.



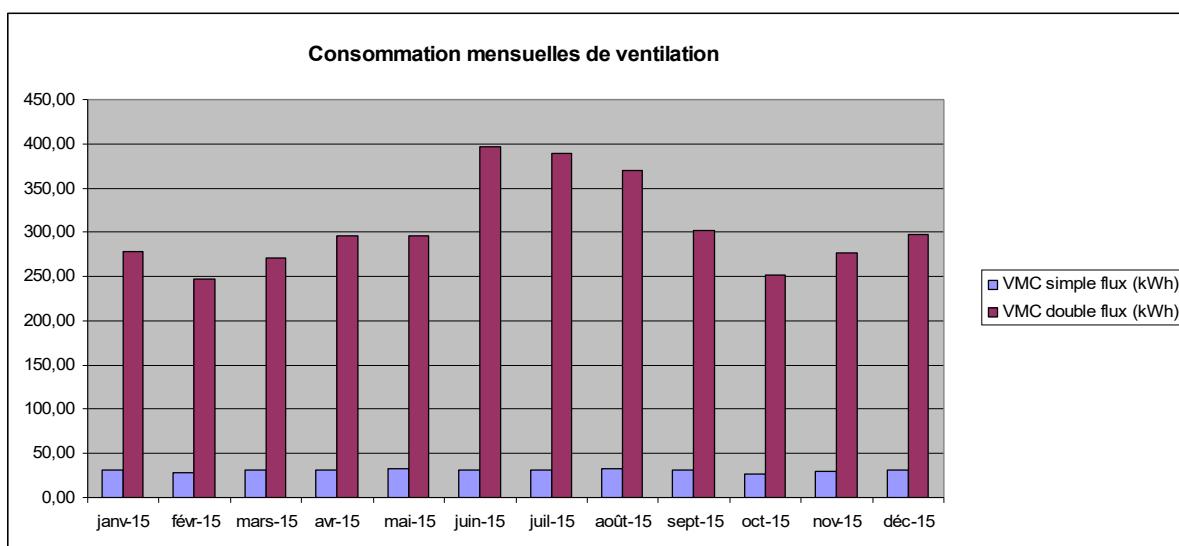
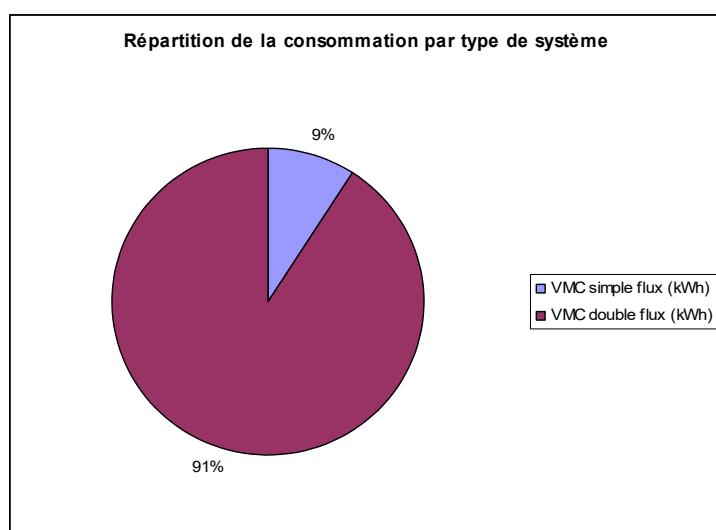
## 3.8 - Analyse des consommations des Auxiliaires

### 3.8.1 - Auxiliaires de ventilation

Si lors de la première année de suivi, les consommations réelles des auxiliaires de ventilation étaient nettement supérieures au calcul (+69,81%), c'est encore plus vrai pour cette seconde période de suivi (+109,25%).

Comme lors de la première année, la centrale double flux présente une surconsommation (+153,05 %) sur la période considérée alors que la simple flux consomme légèrement moins que prévu (-8,97%).

La répartition des consommations entre les systèmes double flux et simple flux de l'étage est quasiment équivalente à celle de la première année :



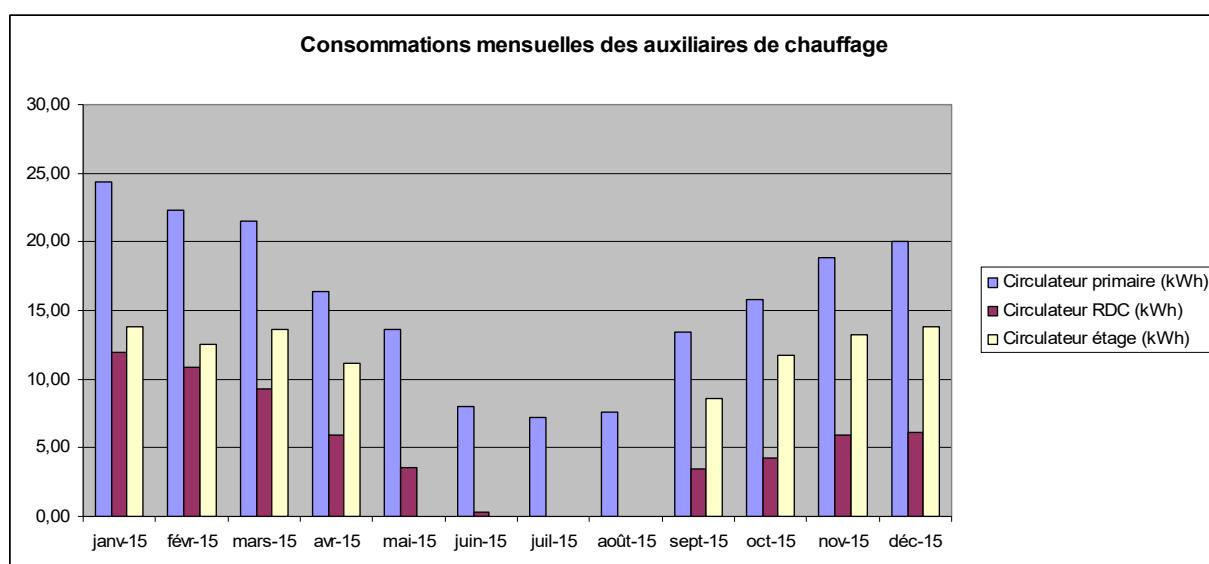
À l'image de la première année de suivi, nous voyons que les consommations du système double flux sont plus importantes en période estivale. Les moyennes mensuelles sont globalement plus élevées que celles de la première année. Cet écart pourrait être lié à l'enrassement des filtres du système.

Comme lors de la première année, les débits de la centrale double flux sont modulés via des scénarios quotidiens. Nous retrouvons les mêmes scénarios avec un fonctionnement réduit le week-end. (cf. paragraphe 2.7.1). L'installation simple flux fonctionne toujours de manière constante sur la semaine.

**La réduction des plages type de fonctionnement mais également la modulation des débits en fonction des besoins permettrait d'optimiser les consommations.**

### 3.8.2 - Autres auxiliaires

Comme lors de la première année, seules les consommations électriques des auxiliaires de chauffage (pompes, vannes, régulation) sont prises en compte. La consommation de ces « autres auxiliaires » est encore inférieure au calcul réglementaire (-59,7%) même si nous enregistrons une augmentation des consommations de ce poste par rapport à la première année de suivi.



Contrairement aux relevés de la première année, nous constatons que les consommations du réseau secondaire situé à l'étage sont, chaque mois, supérieures à celles du rez-de-chaussée. Cela rejoint l'observation formulée vis-à-vis des températures de consigne.

Comme lors de la première année, nous observons une consommation au niveau de la chaudière en dehors de la période de chauffe. Il semble possible d'optimiser les consommations énergétiques de ce poste.

## 3.9 - Consommations recalées

Dans un premier temps, nous étudierons les impacts du climat et des apports internes sur les consommations du rez-de-chaussée et de l'étage de manière séparée. Enfin, nous analyserons le fonctionnement du bâtiment dans son ensemble.

### 3.9.1 - Rez -de-chaussée

#### Impact du climat

Le tableau ci-dessous donne les consommations théoriques recalées en fonction du climat réel de l'année considérée :

| Impact du climat          |                       |       |         |
|---------------------------|-----------------------|-------|---------|
|                           | Consommation corrigée | Delta | Perte   |
| Consommation totale       | 90,59                 | -3,43 | -3,65%  |
| Consommation chauffage    | 29,98                 | -4,55 | -13,17% |
| Auxiliaire de ventilation | 13,29                 | 0,00  | 0,00%   |
| Autres Auxiliaires        | 7,73                  | -0,18 | -2,27%  |
| Éclairage                 | 39,59                 | 1,29  | 3,38%   |

Les consommations de chauffage et des auxiliaires de chauffage (autres auxiliaires) auraient dû être inférieures aux consommations conventionnelles cette année. L'éclairage est légèrement impacté par la modification du fichier météo. Théoriquement il devrait être à l'origine d'une augmentation de la consommation (1,29 kWhep/m<sup>2</sup>.an).

#### Impact des scénarios d'occupation, de ventilation et des apports internes

| Impact des scénarios d'occupation, de ventilation et des apports internes |                       |        |         |
|---|-----------------------|--------|---------|
|   | Consommation corrigée | Delta  | Perte   |
| Consommation totale   | 112,24                | 18,22  | 19,38%  |
| Consommation chauffage  | 50,71                 | 16,19  | 46,89%  |
| Auxiliaire de ventilation   | 24,97                 | 11,68  | 87,85%  |
| Autres auxiliaires  | 8,42                  | 0,51   | 6,41%   |
| Éclairage   | 28,14                 | -10,15 | -26,51% |

Comme lors de la première année, la faible occupation des locaux (réduction des apports internes), ainsi que les scénarios de ventilation (essentiellement double flux) sont à l'origine de besoins plus importants. (+19,38 % au global).

#### Synthèse rez-de-chaussée

La prise en compte des deux paramètres de manière simultanée conduit à recaler le calcul théorique la manière suivante :

| SYNTHESE (climat, occupation, apports internes, ventilation) – Rez-de-chaussée |                       |       |         |
|--|-----------------------|-------|---------|
|  | Consommation corrigée | Delta | Perte   |
| Consommation totale  | 107,88                | 13,86 | 14,74%  |
| Consommation chauffage   | 45,97                 | 11,45 | 33,15%  |
| Auxiliaire de ventilation  | 24,97                 | 11,68 | 87,85%  |
| Autres auxiliaires   | 8,31                  | 0,40  | 5,11%   |
| Éclairage  | 28,63                 | -9,67 | -25,25% |

**Au global, les consommations réelles devraient être supérieures de 14,74 % cette année par rapport au calcul théorique.** Ce n'est pas le cas dans les faits (consommations supérieures de 70,37%). D'autres paramètres liés au bâtiment étant différents, des corrections doivent être apportées à ce calcul recalé.

### 3.9.2 - Étage

#### Impact du climat

Le tableau ci-dessous donne les consommations théoriques recalées en fonction du climat réel de l'année considérée :

| Impact du climat          |                       |       |         |
|---------------------------|-----------------------|-------|---------|
|                           | Consommation corrigée | Delta | Perte   |
| Consommation totale       | 71,19                 | 0,4   | 0,56%   |
| Consommation chauffage    | 12,51                 | -2,25 | -15,23% |
| Auxiliaire de ventilation | 8,92                  | 0,00  | 0,00%   |
| Autres Auxiliaires        | 0,38                  | -0,11 | -22,24% |
| Éclairage                 | 49,38                 | 2,75  | 5,90%   |

Comme pour le rez-de-chaussée, les consommations de chauffage et des autres auxiliaires auraient dû être inférieures aux consommations conventionnelles cette année.

L'éclairage est davantage impacté par la modification du fichier météo. Théoriquement il devrait être à l'origine d'une augmentation de la consommation (2,75 kWhep/m<sup>2</sup>.an).

#### Impact des scénarios d'occupation, de ventilation et des apports internes

| Impact des scénarios d'occupation, de ventilation et des apports internes |                       |        |         |
|---|-----------------------|--------|---------|
|   | Consommation corrigée | Delta  | Perte   |
| Consommation totale   | 76,04                 | 5,25   | 7,42%   |
| Consommation chauffage  | 23,65                 | 8,90   | 60,35%  |
| Auxiliaire de ventilation   | 16,75                 | 7,84   | 87,85%  |
| Autres auxiliaires  | 0,87                  | 0,38   | 76,47%  |
| Éclairage   | 34,76                 | -11,86 | -25,45% |

La consommation totale n'est que faiblement impactée. Si les consommations de chauffage et de ventilation sont supérieures à celles du calcul conventionnel, elles sont compensées par une économie sur le poste éclairage.

## Synthèse étage

La prise en compte des deux paramètres de manière simultanée conduit à recalculer le calcul théorique la manière suivante :

| SYNTHESE (climat, occupation, apports internes, ventilation) – Étage |                       |        |         |
|--|-----------------------|--------|---------|
|  | Consommation corrigée | Delta  | Perte   |
| Consommation totale  | 74,32                 | 3,53   | 4,99%   |
| Consommation chauffage   | 20,62                 | 5,87   | 39,76%  |
| Auxiliaire de ventilation  | 16,75                 | 7,84   | 87,85%  |
| Autres auxiliaires   | 0,71                  | 0,22   | 43,84%  |
| Éclairage  | 36,24                 | -10,39 | -22,28% |

**Au global, les consommations réelles devraient être légèrement supérieures (+4,99%) cette année par rapport au calcul théorique.** Ce n'est pas le cas dans les faits (consommations supérieures de 40,88%). D'autres paramètres liés au bâtiment étant différents, des corrections doivent être apportées à ce calcul recalé.

### 3.9.3 - Ensemble du bâtiment

L'approche globale présentée ici permet d'avoir une vision de l'impact des écarts « conventionnel/prévisionnel » sur les consommations théoriques issues du calcul réglementaire. Cette approche est réalisée par pondération surfacique des résultats obtenus pour chaque étage.

| SYNTHESE (climat, occupation, apports internes, ventilation) – Bâtiment |                       |       |          |
|---|-----------------------|-------|----------|
|   | Consommation corrigée | Delta | Perte    |
| Consommation totale   | 95,95                 | 10,19 | 11,89 %  |
| Consommation chauffage  | 36,95                 | 9,47  | 34,43 %  |
| Auxiliaire de ventilation   | 22,05                 | 10,31 | 87,86 %  |
| Autres auxiliaires  | 5,61                  | 0,34  | 6,37 %   |
| Éclairage   | 31,34                 | -9,92 | -24,04 % |

**Au global, les consommations réelles devraient être supérieures (+11,89%) cette année par rapport au calcul théorique.**

Le temps de fonctionnement de la double flux (plus de 90 heures par semaine) explique les surconsommations importantes du poste « auxiliaire de ventilation » car le calcul théorique prévoit simplement un fonctionnement de 50 heures par semaine.

Contrairement à ce que nous pouvions observer la première année, les consommations globales réelles relevées (+41,47 % par rapport au calcul conventionnel) sont très nettement supérieures à ce que nous devrions observer cette seconde année de suivi. D'autres paramètres (liés au bâtiment lui-même ou à son utilisation) ont vraisemblablement influencé ce résultat. Des corrections doivent être apportées à ce calcul recalé.

## 3.10 - Consommations corrigées

Tous les autres écarts constatés entre le calcul théorique et la réalité sont pris en compte ici. Dans un premier temps, nous évaluerons l'impact sur le calcul conventionnel de chacun des paramètres suivants :

Pour le rez-de chaussée :

- température de consigne dans les locaux : +2,8°C hors variation spatiale et temporelle,
- perméabilité à l'air mesurée à 1,35 m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>)
- rendement de la chaudière à charge partielle : 57,80%
- rendement de la centrale doubler flux : 85,45%

Pour l'étage :

- température de consigne dans les locaux : +4,4°C hors variation spatiale et temporelle,
- perméabilité à l'air mesurée à 1,35 m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>)
- rendement de la chaudière à charge partielle : 57,80%
- U<sub>bât</sub> réel mesuré égal à 0,446 W/m<sup>2</sup>.K
- rendement de la centrale doubler flux : 85,45%

Enfin, nous évaluerons l'impact d'une correction simultanée de l'ensemble des paramètres sur le calcul théorique recalé précédemment. Ce dernier calcul devrait permettre d'expliquer l'origine des surconsommations constatées.

### 3.10.1 - Rez-de-chaussée

#### Correction de la température de consigne

Sur la saison de chauffe 2014/2015, les locaux du rez-de-chaussée instrumentés ont en moyenne été chauffés à 21,8°C. Cette valeur est retenue comme température de consigne mesurée. Un écart de 2,8°C est ainsi relevé par rapport à la valeur conventionnelle hors variations spatiales et temporelles.

| Impact de la température de consigne |                       |       | 2,8°C  |
|--------------------------------------|-----------------------|-------|--------|
|                                      | Consommation corrigée | Delta | Perte  |
| Consommation totale                  | 107,20                | 13,18 | 14,01% |
| Consommation chauffage               | 47,20                 | 12,67 | 36,71% |
| Auxiliaire de ventilation            | 13,29                 | 0,00  | 0,00%  |
| Auxiliaires de Chauffage et ECS      | 8,41                  | 0,50  | 6,37%  |
| Éclairage                            | 38,29                 | 0,00  | 0,00%  |

Cette température est responsable d'une augmentation de la consommation globale de 13,18 kWhep/m<sup>2</sup>.an par rapport au calcul théorique.

## Correction de l'indicateur de perméabilité à l'air du bâtiment

Comme vu au paragraphe 2.9.1, la perméabilité à l'air, mesurée en application de la norme NF EN 13 829 et de son guide d'application GA P 50-784, est de  $1,35 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ . Elle est très inférieure à la valeur considérée dans l'étude thermique.

**Ce résultat génère un gain sur les besoins en chauffage évalué à  $1,46 \text{ kWhep/m}^2/\text{an}$  par rapport au calcul théorique.**

## Correction du rendement de la chaudière

Comme vu précédemment, le rendement à charge partielle calculé de la chaudière s'élève à 57,80%.

| <b>Impact du rendement des équipements de chauffage</b> |                              |                   |              |
|---|------------------------------|-------------------|--------------|
| Rendement initial                                       | 107,70                       | Rendement corrigé | 57,80        |
|   | <b>Consommation corrigée</b> | <b>Delta</b>      | <b>Perte</b> |
| Consommation totale                                     | 123,44                       | 29,42             | 31,30%       |
| Consommation chauffage                                  | 63,95                        | 29,42             | 85,22%       |

Cet écart est responsable d'une surconsommation de  $29,42 \text{ kWhep/m}^2.\text{an}$  par rapport au calcul théorique.

## Correction du rendement de la centrale double flux

Comme vu précédemment, le rendement de la centrale double flux s'élève à 89,00%.

| <b>Impact du rendement de la ventilation double flux</b> |                              |                   |              |
|--|------------------------------|-------------------|--------------|
| Rendement initial  | 0,8                          | Rendement corrigé | 0,85         |
|  | <b>Consommation corrigée</b> | <b>Delta</b>      | <b>Perte</b> |
| Consommation totale                                      | 92,33                        | -1,69             | -1,80%       |
| Consommation chauffage                                   | 32,88                        | -1,65             | -4,78%       |
| Consommation auxiliaires de chauffage                    | 7,87                         | -0,04             | -0,49%       |

Cet écart est à l'origine d'un gain de consommation de  $1,69 \text{ kWhep/m}^2.\text{an}$  par rapport au calcul théorique.

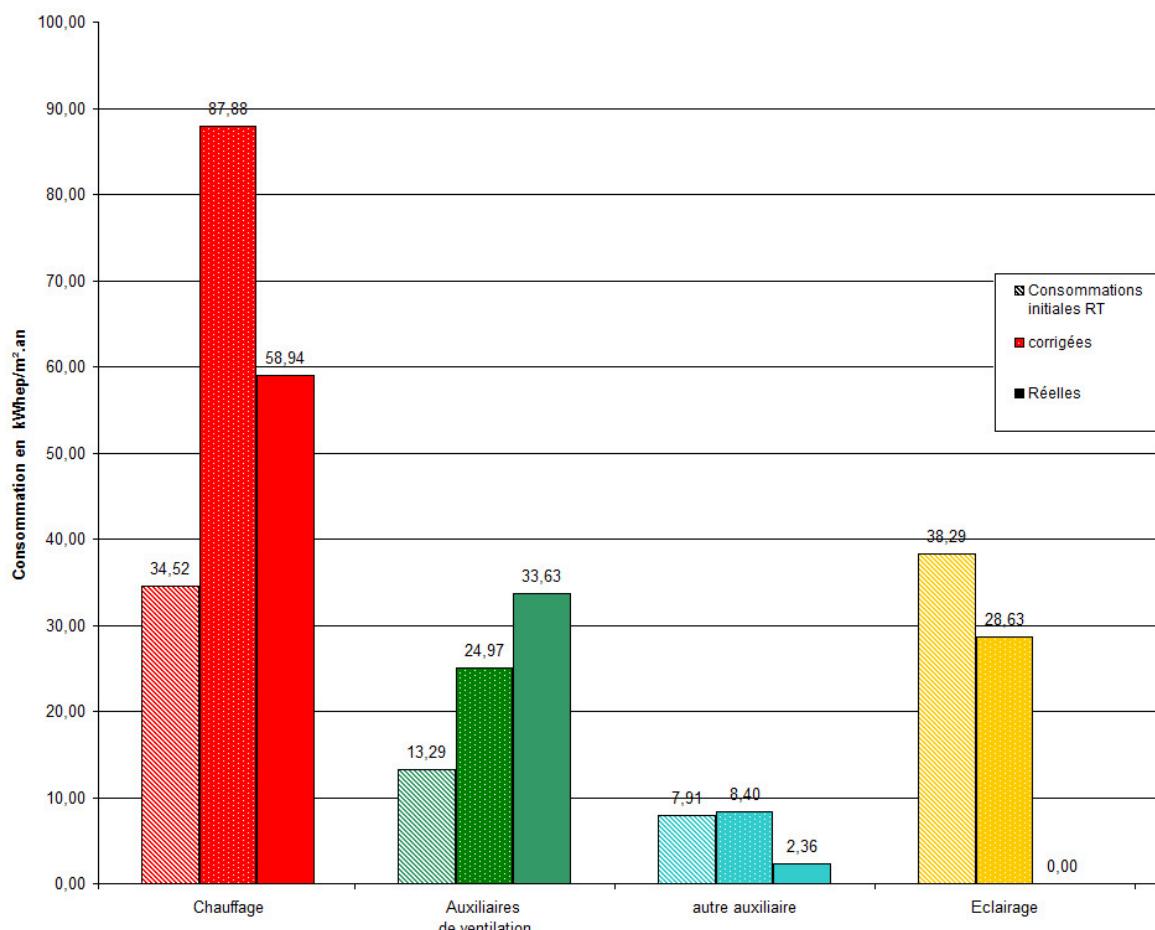
## Synthèse des corrections

Les corrections annoncées ci-avant permettent, pour chacun des paramètres, d'évaluer l'impact sur le calcul réglementaire, c'est-à-dire sur les résultats de l'étude thermique. Bien évidemment, ces différents paramètres sont en interaction permanente et ne peuvent être abordés de manière isolée. La prise en compte de l'ensemble des éléments permet d'apporter au calcul théorique les corrections suivantes :

| <b>Synthèse des corrections – Rez-de-chaussée</b>                         |                |
|---|----------------|
| <b>Consommation conventionnelle [kW<sub>ep</sub>.h/m<sup>2</sup>/an]</b>  | <b>94,02</b>   |
| <b>Consommation corrigée [kW<sub>ep</sub>.h/m<sup>2</sup>/an]m dont :</b> | <b>149,86</b>  |
| Consommation chauffage  | 87,88          |
| Auxiliaire de ventilation   | 24,97          |
| Autres auxiliaires  | 8,40           |
| Éclairage   | 28,63          |
| <b>Consommation mesurée (hors éclairage)</b>                              | <b>94,94</b>   |
| <b>Consommation mesurée (avec éclairage*)</b>                             | <b>133,23*</b> |

\* éclairage considéré comme conforme au calcul conventionnel au rez-de-chaussée

#### Analyse des différents postes de consommation



Le principal poste de consommation reste le chauffage malgré un climat plutôt favorable aux économies. L'analyse de l'impact par critère réalisée en début de chapitre, montre que cette consommation importante est principalement due à une température de consigne beaucoup plus élevée lors de cette seconde période de chauffe comparativement à la première année de suivi. Le rendement de l'installation de chauffage vient accentuer le phénomène de surconsommation. Cependant, comme lors de la première année d'analyse, nous relevons que la consommation réelle du chauffage au rez-de-chaussée reste en retrait par rapport aux corrections apportées. Le rez-de-chaussée bénéficie d'apports provenant vraisemblablement de l'étage. La température de consigne fixée à l'étage (+4,4°C) confirme la présence d'importants transferts thermiques entre les deux niveaux.

La surconsommation très importante des auxiliaires de ventilation est confirmée au cours de cette seconde année de suivi. La définition des scénarios ainsi que l'absence de modulation explique en partie ce résultat. Comme vu précédemment, ce constat doit être confirmé au niveau global du bâtiment puisque la centrale double flux est un équipement commun.

Enfin, bien que les locaux du rez-de-chaussée aient probablement été davantage utilisés cette année, il est très vraisemblable que les consommations d'éclairage réelles soient très inférieures aux consommations prévues (conventionnelles et corrigées).

### 3.10.2 - Étage

#### Correction de la température de consigne

Sur la saison de chauffe 2014/2015, les locaux situés à l'étage ont en moyenne été chauffés à 23,4°C. Cette valeur est retenue comme température de consigne mesurée. Un écart de 4,4°C est ainsi relevé par rapport à la valeur conventionnelle hors variations spatiales et temporelles.

| Impact de la température de consigne |                       | + 4,4°C |        |
|--------------------------------------|-----------------------|---------|--------|
|                                      | Consommation corrigée | Delta   | Perte  |
| Consommation totale                  | 83,34                 | 12,55   | 17,72% |
| Consommation chauffage               | 26,83                 | 12,08   | 81,90% |
| Auxiliaire de ventilation            | 8,92                  | 0,00    | 0,00%  |
| Autres auxiliaires                   | 0,96                  | 0,46    | 94,55% |
| Éclairage                            | 46,63                 | 0,00    | 0,00%  |

Cette température est responsable d'une surconsommation globale de 12,55 kWhep/m<sup>2</sup>.an par rapport au calcul théorique.

#### Correction de l'indicateur de perméabilité à l'air du bâtiment

La valeur mesurée, en application de la norme NF EN 13 829 et de son guide d'application GA P 50-784 est de 1,35 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup>. Comme pour le rez-de-chaussée, nous considérons cette valeur pour l'étage.

La perméabilité à l'air mesurée du bâtiment est très inférieure à la valeur considérée dans l'étude thermique. Ce résultat génère un gain sur les besoins en chauffage évalué à 2,02 kWhep/m<sup>2</sup>/an par rapport au calcul théorique.

#### Correction du rendement de la chaudière

Comme vu précédemment, le rendement à charge partielle calculé de la chaudière s'élève à 57,80%.

| Impact du rendement des équipements de chauffage |                       |                   |        |
|--|-----------------------|-------------------|--------|
| Rendement initial                                | 107,70                | Rendement corrigé | 57,80  |
|  | Consommation corrigée | Delta             | Perte  |
| Consommation totale                              | 84,50                 | 13,71             | 19,37% |
| Consommation chauffage                           | 28,47                 | 13,71             | 92,96% |

Cet écart est responsable d'une surconsommation de 13,71 kWhep/m<sup>2</sup>.an. par rapport au calcul théorique.

## Correction sur le rendement de la centrale double flux

Comme vu précédemment, le rendement à charge partielle calculé de la chaudière s'élève à 57,80%.

| Impact du rendement de la centrale double flux |                       |                   |        |
|--|-----------------------|-------------------|--------|
| Rendement initial                              | 0,8                   | Rendement corrigé | 0,85   |
|  | Consommation corrigée | Delta             | Perte  |
| Consommation totale                            | 70,53                 | -0,26             | -0,36% |
| Consommation chauffage                         | 14,50                 | -0,25             | -1,67% |
| Consommation auxiliaires de chauffage          | 0,48                  | -0,01             | -1,98% |

Cet écart est à l'origine d'un gain de consommation de 0,26 kWhep/m<sup>2</sup>.an par rapport au calcul théorique.

## Correction avec le U<sub>bât</sub> réel

| Impact du U <sub>bât</sub>            |                       |                          |        |
|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------|--------|
| U <sub>bât</sub> initial              | 0,398                 | U <sub>bât</sub> corrigé | 0,446  |
|                                       | Consommation corrigée | Delta                    | Perte  |
| Consommation totale                   | 73,79                 | 3,00                     | 4,24%  |
| Consommation chauffage                | 17,64                 | 2,89                     | 19,57% |
| Consommation auxiliaires de chauffage | 0,60                  | 0,11                     | 22,56% |

La performance de l'enveloppe est assez proche de celle visée par le calcul théorique, mais légèrement inférieure et est à l'origine d'une légère surconsommation (+4,24%).

L'étude de sensibilité réalisée au paragraphe 2.9.2 montre que la consommation d'énergie primaire est très sensible à l'écart du facteur U<sub>bât</sub>. Aussi convient-il de considérer avec précaution les corrections associées au U<sub>bât</sub> mesuré.

## Synthèse des corrections

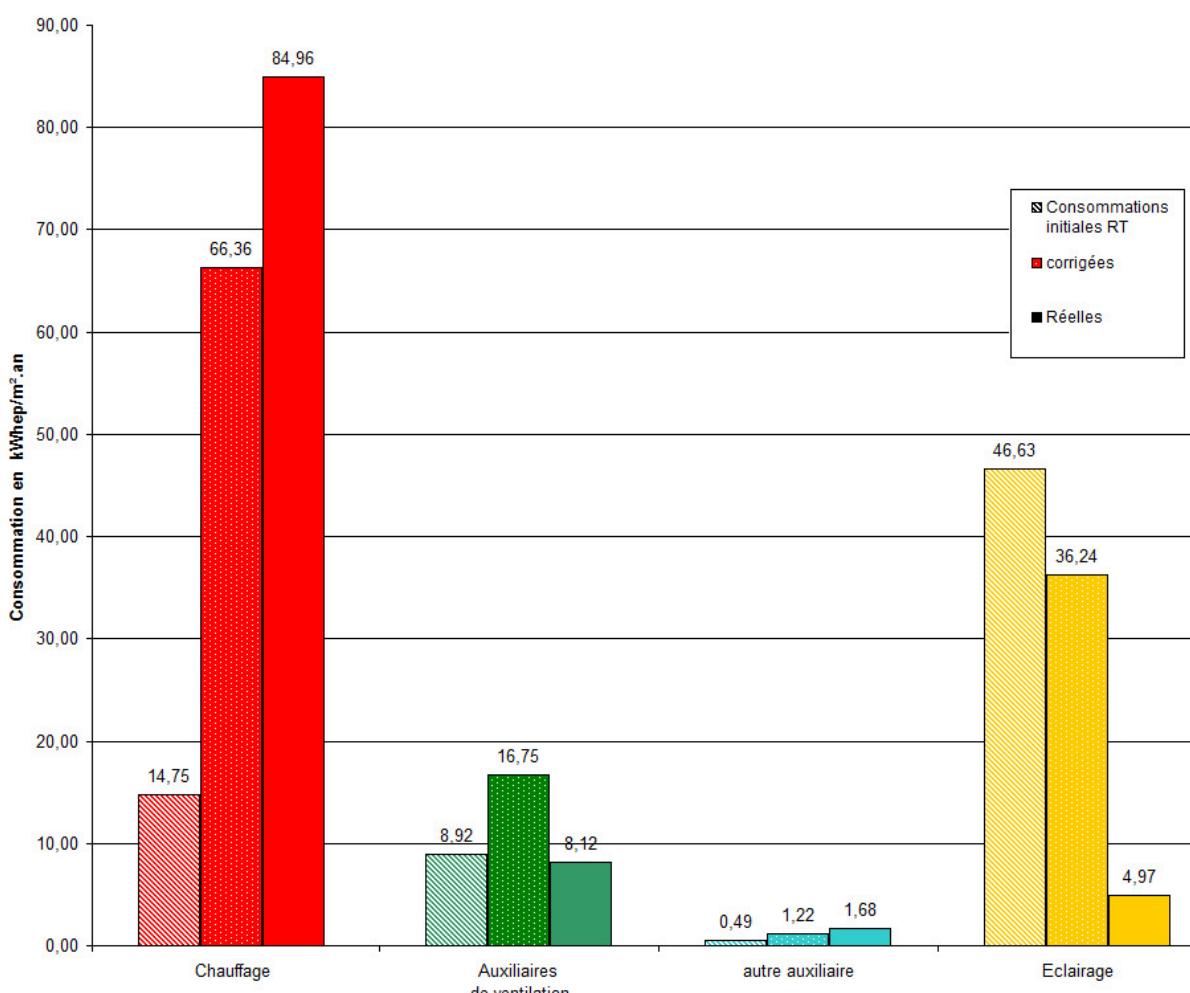
Les corrections annoncées ci-avant permettent, pour chacun des paramètres, d'évaluer l'impact sur le calcul réglementaire, c'est-à-dire sur les résultats de l'étude thermique. Bien évidemment ces différents paramètres sont en interaction permanente et ne peuvent être abordés de manière isolée. La prise en compte de l'ensemble des éléments permet d'apporter au calcul théorique les corrections suivantes :

| <b>Synthèse des corrections</b>   |               |
|---|---------------|
| <b>Consommation conventionnelle [kW<sub>ep</sub>.h/m<sup>2</sup>/an]</b>  | <b>70,79</b>  |
| <b>Consommation corrigée [kW<sub>ep</sub>.h/m<sup>2</sup>/an], dont :</b> | <b>120,58</b> |
| Consommation chauffage  | 66,36         |
| Auxiliaire de ventilation   | 16,75         |
| Autres auxiliaires  | 1,22          |
| Eclairage   | 36,24         |
| <b>Consommation mesurée</b>   | <b>99,74</b>  |

La consommation corrigée est supérieure à celle du calcul conventionnel. L'écart avec la consommation mesurée est assez important (+20,89%). Cet écart reste cependant relativement faible si l'on considère la sensibilité des certains paramètres calculés (cf. études de sensibilités sur l'U<sub>bâti</sub> et la température de consigne).

Le graphe ci-dessus montre que, si l'on effectue une approche par poste de consommation, l'impact des corrections est très différent.

#### Analyse des différents postes de consommation



Comme pour le rez-de-chaussée, le principal poste de consommation mesuré est le chauffage et ce malgré un climat plutôt favorable aux économies.

Les corrections effectuées sur le calcul conventionnel expliquent pour partie seulement les raisons de cette surconsommation. L'analyse de l'impact par critère, réalisée en début de chapitre, montre que cette consommation importante est principalement due au mauvais rendement de la chaudière mais également à une température de consigne mesurée très élevée à l'étage.

Comme lors de la première année, la consommation réelle est nettement supérieure aux besoins corrigés. L'écart est cependant moins important que celui relevé la première année. Ceci s'explique essentiellement par un écart moins important entre les températures de consigne fixées pour chaque niveau (+4°C la première année contre +1,6°C la seconde). Aussi pouvons-nous affirmer que cette surconsommation à l'étage est très touchée par les transferts thermiques entre les deux niveaux.

Comme lors de la première année, nous relevons une plus faible consommation des auxiliaires de ventilation à l'étage et ce malgré les constats effectués sur les scénarios et l'absence de modulation. Comme indiqué précédemment, l'incertitude liée à l'utilisation de système commun à l'étage et au rez-de-chaussée impose d'avoir une approche plus globale pour ce poste, à l'échelle du bâtiment.

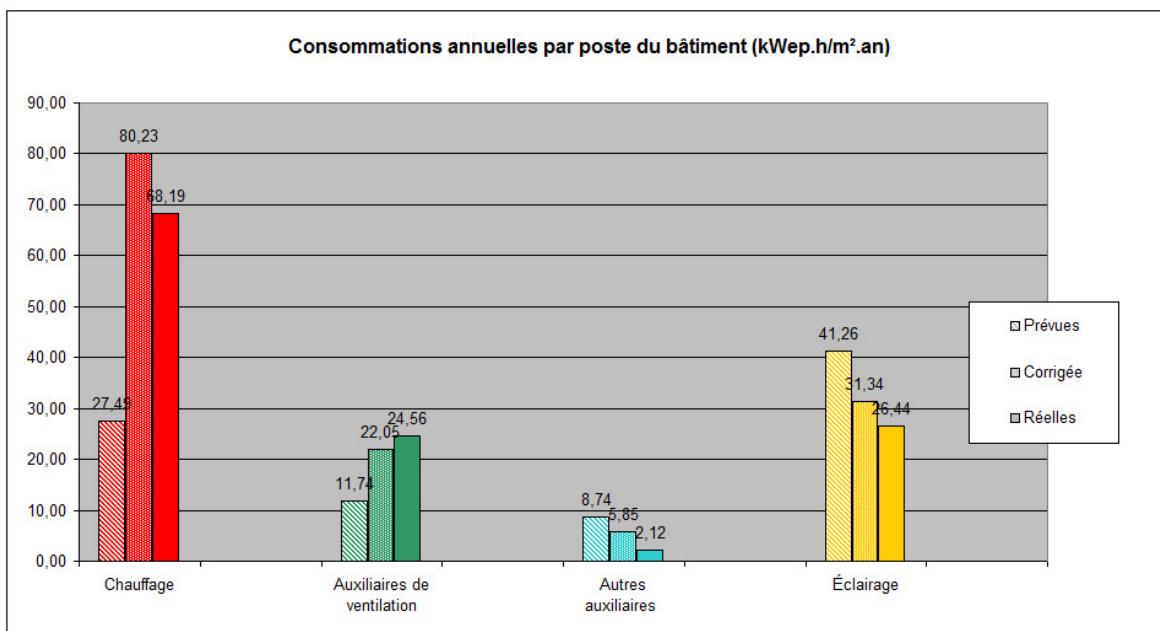
La seconde année de suivi confirme les faibles consommations d'éclairage par rapport au calcul conventionnel.

### 3.10.3 - Bâtiment (rez-de-chaussée + étage)

Les analyses réalisées par étage montrent clairement qu'il est difficile de considérer chaque niveau de manière isolée. Un important phénomène de transfert thermique est relevé entre le rez-de-chaussée et l'étage. La répartition précise des consommations des auxiliaires de ventilation est difficile voire impossible puisque les auxiliaires sont communs aux deux niveaux. Aussi, il semble nécessaire d'examiner les résultats obtenus au niveau du bâtiment et par poste de consommation. Comme précédemment, cette approche est effectuée par pondération surfacique des résultats de chaque étage.

| Tableau Bilan                                    |            | Consommations (kWep.h/m².an) |               |               |
|--|------------|------------------------------|---------------|---------------|
| Bâtiment   |            | Prévues                      | Corrigées     | Réelles       |
| Chauffage  | Part RDC   | 22,24                        | 56,63         | 37,98         |
|  | Part Étage | 5,25                         | 23,60         | 30,21         |
| <b>Sous-total chauffage (1)</b>                  |            | <b>27,49</b>                 | <b>80,23</b>  | <b>68,19</b>  |
| Auxiliaires de ventilation                       | Part RDC   | 8,56                         | 16,09         | 21,67         |
|  | Part Étage | 3,17                         | 5,96          | 2,89          |
| <b>Sous-total auxiliaires de ventilation (2)</b> |            | <b>11,74</b>                 | <b>22,05</b>  | <b>24,56</b>  |
| Autres auxiliaires                               | Part RDC   | 8,56                         | 5,41          | 1,52          |
|  | Part Étage | 0,17                         | 0,43          | 0,60          |
| <b>Sous-total autres auxiliaires (3)</b>         |            | <b>8,74</b>                  | <b>5,85</b>   | <b>2,12</b>   |
| Éclairage  | Part RDC   | 24,67                        | 18,45         | 24,67*        |
|  | Part Étage | 16,58                        | 12,89         | 1,77          |
| <b>Sous-total éclairage (4)</b>                  |            | <b>41,26</b>                 | <b>31,34</b>  | <b>26,44</b>  |
| <b>TOTAL Général (1)+(2)+(3)+(4)</b>             |            | <b>89,22</b>                 | <b>139,46</b> | <b>121,31</b> |

\* éclairage considéré comme conforme au calcul conventionnel au rez-de-chaussée



Pour cette seconde année de suivi, nous constatons que les consommations réelles sont très nettement supérieures aux résultats du calcul conventionnel (+41,17%).

Le principal poste de consommation est le chauffage. Les analyses effectuées permettent de bien expliquer l'origine de la surconsommation par rapport au calcul conventionnel. Elle est essentiellement due à la performance de la chaudière et aux températures de consigne très élevées cette seconde année. Les usages très différents des deux niveaux sont également à l'origine de pertes d'énergie par transfert thermique malgré un différentiel moins important au niveau des températures de consigne.

Les auxiliaires de ventilation sont également à l'origine de consommations plus importantes que prévues. Celles-ci sont directement liées à la programmation de la centrale double flux. Une programmation plus fine et la mise en place d'un système permettant d'adapter les débits aux besoins réels (asservissement à la présence) permettrait de générer des économies.

## 4 - Analyse économique

### 4.1 - Objectifs

L'objectif de l'analyse économique des opérations PREBAT est en premier lieu d'évaluer la rentabilité économique de ces opérations. Le calcul économique est réalisé en coût global en comparant le bâtiment réalisé à une situation de référence. Cette référence est le bâtiment construit avec un niveau de performance réglementaire (RT 2005). Le calcul s'effectue donc sur les différences de coûts entre les deux solutions (projet ou référence).

### 4.2 - Données et hypothèses considérées

Les calculs sont réalisés sur une période de 50 ans. Cette durée s'approche de la durée de vie du bâtiment pendant laquelle des investissements lourds devront être réalisés. Les données utilisées sont issues des documents suivants :

- études thermiques du 20 octobre et du 9 décembre 2011 ;
- bilan financier des travaux du 22 mai 2013.

Conformément à la norme ISO 15686-5 du coût global, des taux d'inflation spécifiques sont intégrés à l'actualisation des coûts d'énergie. Deux calculs en coût global sont effectués avec un taux d'actualisation spécifique :

- Un calcul en coût global simple avec un taux d'actualisation de 4% (qui est celui préconisé par le CAS et l'Union européenne dans ses calculs en coûts globaux). Ce coût global simple traduit un point de vue financier (investisseur).
- Un calcul en coût global étendu comprenant l'externalité liée aux émissions de CO<sub>2</sub> avec un taux d'actualisation plus faible pour refléter plus fidèlement les avantages des investissements éco-énergétiques sur le moyen et le long terme. Ce coût global étendu traduit un point de vue macro-économique (pouvoirs publics, société).

Le coût global simple est calculé de la façon suivante :

$$\text{Coût global} = \text{Investissement} + \sum_{1}^{N} \frac{\text{Coûts énergétiques}}{(1+ae)^i} + \sum_{1}^{N} \frac{\text{Coûts entretien}}{(1+a)^i} + \sum_{1}^{N} \frac{\text{Coûts remplacement}}{(1+a)^i} - \frac{\text{Valeur résiduelle}}{(1+a)^N}$$

où :

- a est le taux d'actualisation ;
- ae est le taux d'actualisation spécifique aux coûts de l'énergie (cf. plus haut). Il y a autant de valeurs pour ae qu'il y a de types d'énergie différents.
- N est la durée du calcul;
- valeur résiduelle de l'investissement : valeur du bien, au-delà de l'horizon de l'étude.

Conformément à ce que préconise la norme ISO 15686-5, les calculs sont réalisés en euros constants avec un taux d'actualisation. Cela présente l'avantage de pouvoir exploiter des données disponibles au moment du calcul, c'est-à-dire à la date d'aujourd'hui.

#### Coûts d'entretien et de remplacement

Afin de tenir compte du niveau de précision des coûts à notre disposition, nous ne considérons pas de coûts d'entretien pour le bâti, que ce soit pour le bâtiment projet ou le bâtiment de référence. Ceux-ci sont globalement les mêmes dans les deux cas. À titre d'exemple, une différence d'épaisseur ou de nature d'isolant sur les murs ou la toiture ne va en rien modifier des coûts d'entretien tels qu'un nettoyage de façade ou une réfection d'enduit.

Les coûts de remplacement des composants et équipements sont les mêmes que les coûts d'investissement en considérant qu'on les remplace à l'identique à la fin de leur durée de vie.

Les ratios de maintenance et de durée de vie des équipements et du gros-œuvre sont conformes à la Norme NF EN 15 459 sur la performance énergétique des bâtiments (cf. Annexe C) et de l'ouvrage « La maintenance des bâtiments » de Jean-René Albano aux éditions Le Moniteur en ce qui concerne les menuiseries.

### La valeur résiduelle

La valeur résiduelle pour un composant ou un équipement donné est une fonction décroissante linéairement. A titre d'exemple, un composant représentant 10 000 € d'investissement avec une durée de vie moyenne de 20 ans vaudra 7 500 € au bout de 5 ans, 5 000 € au bout de 10 ans, pour finalement atteindre 0 € au bout des 20 ans, date de son remplacement. Cela permet de prendre en compte une valeur résiduelle plus forte pour les équipements plus chers à l'achat (tout du moins tant que leur durée de vie n'est pas épuisée).

### Coûts des consommations énergétiques

Seule la consommation des cinq postes de la réglementation est prise en compte. Il s'agit de calculer la différence exprimée en € entre la consommation énergétique du bâtiment projet - influence du climat réel exclue - (appelée *Cep projet mesurée climat RT*) et la consommation énergétique du bâtiment de référence corrigée de certains paramètres (appelée *Cep réf recalculée*).

L'option retenue consiste à faire une règle de trois entre la consommation recalculée du bâtiment projet avec l'outil PREBAT sensibilité (*Cep projet recalculée*), en tenant compte de l'influence de l'occupation (prise en compte du scénario d'occupation et des apports internes réels ainsi que de la température de consigne mesurée sur site), la consommation "mesurée mais corrigée avec le climat RT" du bâtiment projet (*Cep projet mesurée climat RT*) et la consommation recalculée du bâtiment de référence (*Cep réf recalculée sensibilité*) avec l'outil sensibilité en considérant les mêmes modifications que pour le *Cep projet recalculé*.

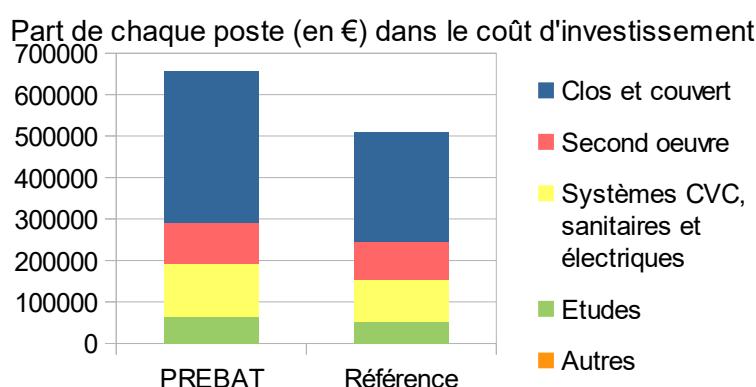
Cette solution permet de comparer des bâtiments, version projet et référence, sous le même climat (fichier RT) et avec l'impact de l'occupation réelle.

$$\text{Cep réf recalculée} = \frac{\text{Cep projet mesurée climat RT} \times \text{Cep réf recalculée sensibilité}}{\text{Cep projet recalculée}}$$

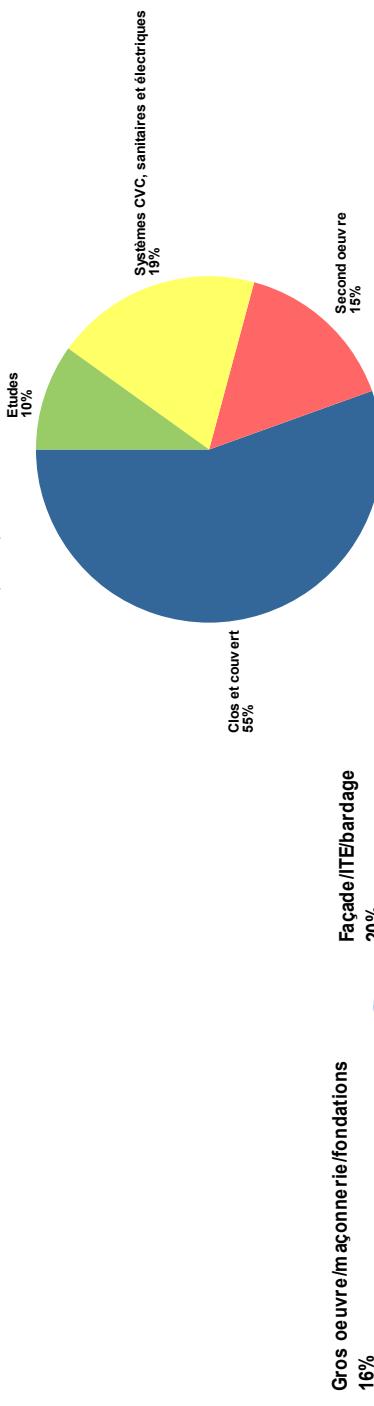
Le prix du kWh avec l'abonnement est basé sur les données Eurostat pour le gaz et l'électricité qui donnent des coûts moyens TTC ou HT au kWh en fonction de la puissance souscrite avec une indication par intervalles de puissance.

## 4.3 - Résultats

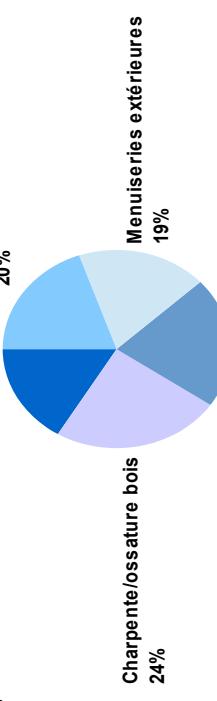
### 4.3.1 - Décomposition du coût de l'opération



Part de chaque poste (en %) dans le coût d'investissement du bâtiment PREBAT



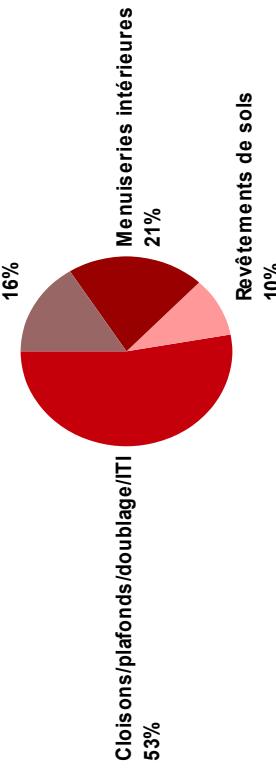
Décomposition du coût "clos et couvert"



Décomposition du coût "clos et couvert"



Décomposition du coût "systèmes CVC, sanitaires et électriques"



Décomposition du coût "second œuvre"

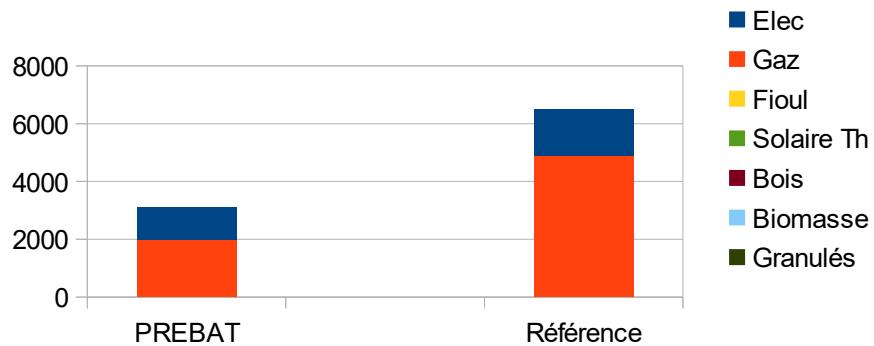
### 4.3.2 - Analyse

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Date d'investissement | 2012  |
| Période de calcul     | 50 années   |
| Taux d'actualisation  | 4,0% (perspective financière)<br>0,0% (perspective macro)         |
| Taux de TVA           | 19,6%   |
|                       | Perspective financière : Avec TVA<br>Perspective macro : Sans TVA |

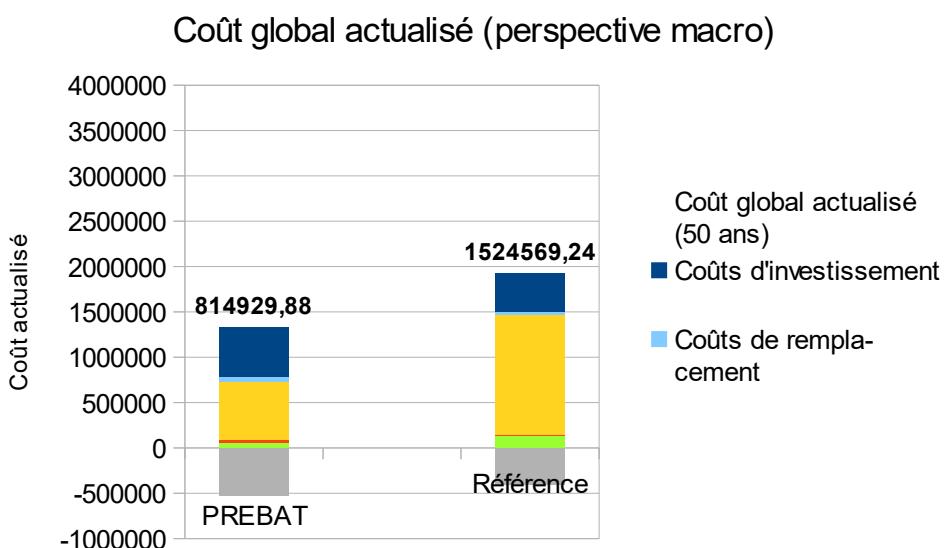
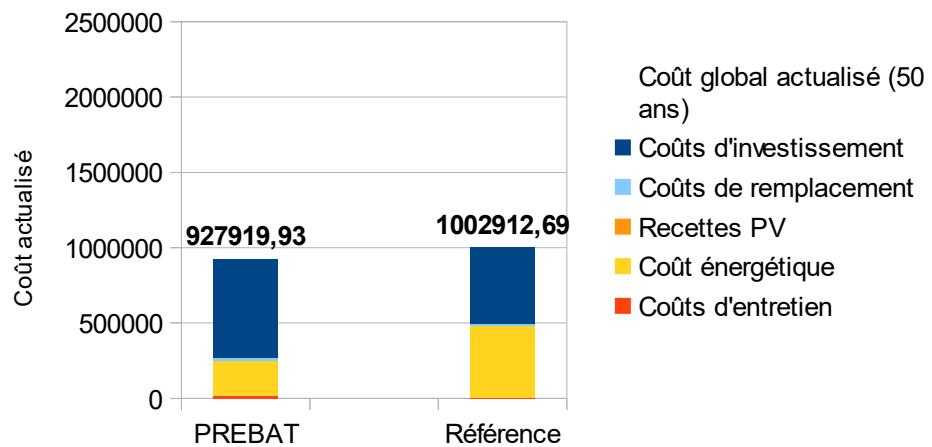
| <u>Calcul en coût global actualisé</u>              |           | Perspective financière |           | Perspective macro |             |
|---|-----------|------------------------|-----------|-------------------|-------------|
| <i>Coûts d'investissement</i>                       |           | PREBAT                 | Référence | PREBAT            | Référence   |
| 657 408 €   |           | 509 233 €              |           | 549 672 €         | 425 780 €   |
| <i>Coûts de remplacement</i>                        |           | 20 427 €               | 12 523 €  | 61 000 €          | 40 500 €    |
| -87 625 €   |           | -68 234 €              |           | -520 672 €        | -405 447 €  |
| <i>Recettes PV</i>                                  | 0 €       |                        |           | 0 €               | 0 €         |
| <i>Coût énergétique</i>                             | 233 385 € | 475 633 €              |           | 634 344 €         | 1 313 660 € |
| <i>Coûts d'entretien</i>                            | 16 700 €  | 5 524 €                |           | 32 500 €          | 10 750 €    |
| <i>Coût équivalent CO2 (PV déduit)</i>              |           |                        |           | 58 086 €          | 139 326 €   |
| <i>Coût global actualisé (50 ans)</i>               | 840 295 € | 934 679 €              |           | 814 930 €         | 1 524 569 € |
| <i>Ratio de coût global actualisé / m² SUN</i>      |           |                        |           |                   |             |
| <i>Coût global actualisé sans valeur résiduelle</i> | 927 920 € | 1 002 913 €            |           | 1 335 602 €       | 1 930 016 € |
| <i>Ratio de coût global actualisé / m² SUN</i>      |           |                        |           |                   |             |
| <i>Émissions en tonnes de CO2</i>                   |           |                        |           | 370,562           | 888,837     |

En l'absence des coûts détaillés des différents marché travaux, il n'a pas été possible de réaliser une véritable approche en coût global. Seuls les investissements directement liés à la réalisation d'une construction BBC et source de surcoûts d'entretien sont intégrés au coût de maintenance. Il est ainsi aisément de comparer le projet PREBAT au projet de référence et d'évaluer par différentiation la période de retour sur investissement.

Part de chaque énergie dans la consommation annuelle  
en € TTC

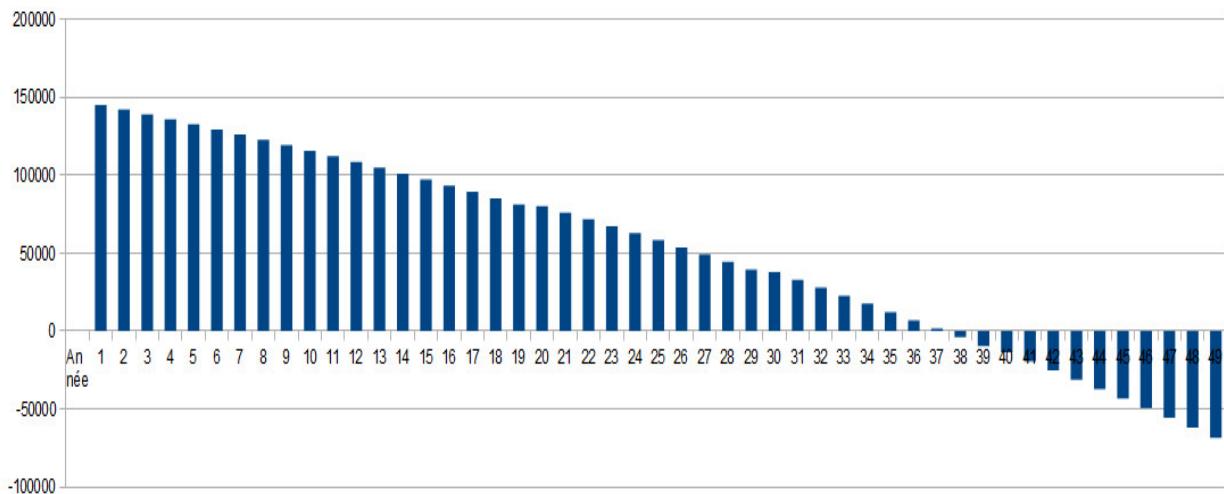


### Coût global actualisé (perspective financière)

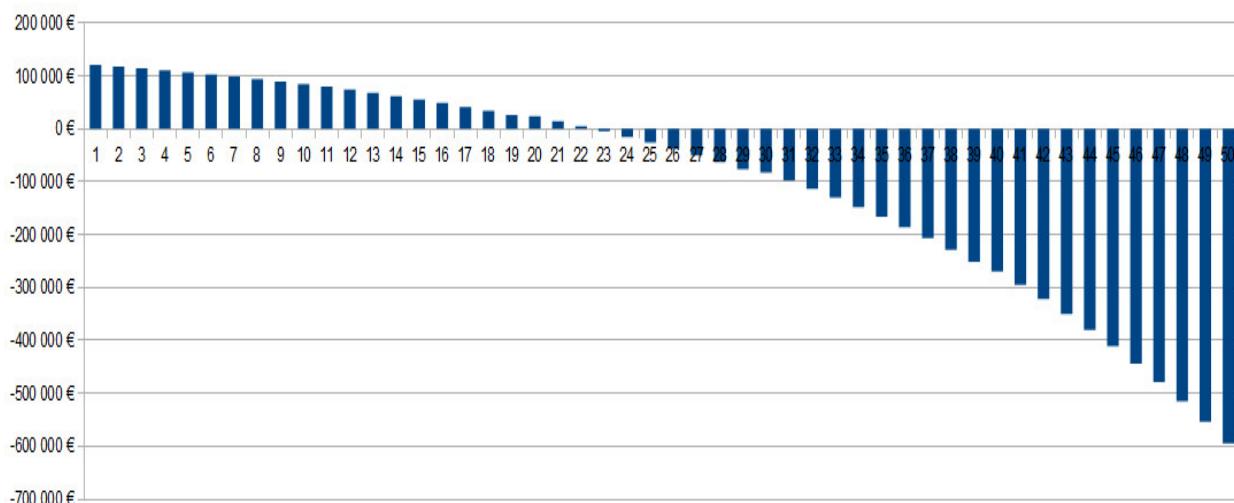


|  | Perspective financière (TTC) | Perspective macro (HT) |
|--|------------------------------|------------------------|
| Temps de retour actualisé en années sans valeur résiduelle (PREBAT vs Référence) | 38                           | 23                     |

Evolution du surcoût entre le bâtiment PREBAT et le bâtiment référence sans la valeur résiduelle (perspective financière)



Evolution du surcoût entre le bâtiment PREBAT et le bâtiment référence sans la valeur résiduelle (perspective macro)



Classiquement, nous observons que les surcoûts au niveau des investissements se situent essentiellement au niveau du clos et couvert (isolation par l'extérieur et menuiseries) et des lots techniques (électricité et ventilation).

Si l'on compare les consommations énergétiques observées au projet de référence RT 2005, nous constatons que d'importantes économies d'énergie sont réalisées sur la durée de vie du bâtiment. Au-delà de l'intérêt financier au sens strict qui, bien que correct, apparaît moyen, la période de retour sur investissement étant évaluée à 38 ans, le calcul en coût global étendu comprenant l'externalité liée aux émissions de CO<sub>2</sub> montre que cette opération présente un réel intérêt éco-énergétique : le temps de retour sur investissement hors valeur résiduelle est estimé à 23 ans.

## 5 - Bilan général et conclusion

Le suivi des consommations réalisé sur la période 2013-2015 a permis, malgré quelques dysfonctionnements de certains dispositifs de comptage, d'avoir une vision assez précise du comportement du bâtiment et de sa performance énergétique d'ensemble.

L'immeuble instrumenté se révèle être un immeuble permettant d'assurer des conditions d'occupation confortables en période hivernale. Les installations de chauffage et de ventilation permettent d'assurer un bon confort hygrothermique des occupants.

L'été, le constat est relativement différent. En effet, la seconde année de suivi a permis d'observer le comportement du bâtiment lors d'un été beaucoup plus chaud que celui enregistré la première année. Si, au global, la Tic expérimentale reste inférieure à la Tic de référence d'environ 10 % au niveau du bâtiment, ceci cache des situations disparates selon les étages. Le confort d'été du rez-de-chaussée est globalement satisfaisant. Les rares points de mesures en dehors du polygone de confort sont essentiellement liés à des surfaces vitrées plus importante et à l'absence de protection solaire dans la salle de conférence. L'ambiance de l'étage peut être qualifiée de chaude sur les périodes prolongées de chaleur.

Si les données issues de l'instrumentation montrent que l'enveloppe du bâtiment est globalement conforme aux attentes, les consommations d'énergie sont proches des résultats du calcul théorique la première année mais pas la seconde. Des conditions météorologiques et d'occupation des locaux variables selon les années ne suffisent pas à expliquer un tel écart.

Les relevés réalisés montrent que les températures de consignes fixées par les occupants sont nettement supérieures la seconde année de suivi. Par ailleurs, le recours à des modes réduits apparaît moins utilisé par les occupants. Ce constat révèle la volonté d'assurer un confort thermique plus homogène au niveau du bâtiment. Il souligne la difficulté de chauffer correctement des niveaux aux usages différents au regard des importants transferts thermiques.

Les consommations de chauffage sont également pénalisées par un rendement des installations de chauffage très inférieur au rendement théorique. Celui-ci est la conséquence directe d'un surdimensionnement de la chaudière au regard des besoins réels de chauffage. La chaudière fonctionne la majeure partie du temps à charge partielle et surtout sur des périodes très courtes, ce qui est très défavorable. Cependant, plusieurs pistes d'économie peuvent être envisagées. En effet, nous observons une consommation au niveau de la chaudière en dehors de la période de chauffe. Il est possible que les organes de régulation continuent de fonctionner au cours de cette période alors que la circulation est réduite dans le circuit primaire. Pour aller plus loin et finaliser les réglages de l'installation, il apparaît intéressant de rapprocher les consommations mesurées des puissances de fonctionnement des différents équipement concernés afin d'identifier d'éventuelles surconsommations liées à des fonctionnements continus et pas toujours nécessaires.

En termes de performance, nous notons que le rendement de l'échangeur de la centrale double flux est conforme à celui saisi dans l'étude thermique. Cependant les consommations de la centrale double flux sont nettement supérieures aux attendus. La réduction des plages type de fonctionnement mais également la modulation des débits en fonction des besoins permettrait d'optimiser les consommations. Par ailleurs, il est essentiel de veiller à un entretien régulier de la centrale double flux afin d'éviter l'encrassement des filtres et les pertes de charge associées.

La seconde année de suivi confirme les faibles consommations d'éclairage par rapport au calcul conventionnel. Ce résultat est conforme au constat généralement effectué dans les immeubles de bureaux. Il traduit une sous-occupation des locaux et une sous-utilisation des luminaires par rapport au scénario conventionnel retenu par le calcul. En outre, les éclairages extérieurs ont beaucoup moins consommé la deuxième année de suivi : une meilleure programmation horaire de ces éclairages en est vraisemblablement à l'origine.

Si l'on se réfère aux consommations observées lors de ces deux premières années de suivi, et sous réserve des hypothèses retenues pour l'approche économique, les investissements réalisés sur cette opération présentent un

intérêt éco-énergétique, le temps de retour sur investissement hors valeur résiduelle étant estimé à 23 ans.

En conclusion, nous pouvons dire que le niveau de performance enregistré au cours de ces deux années de suivi est globalement conforme au calcul et respecte les objectifs initiaux. Ce constat cache cependant un déséquilibre important selon les différents postes de consommation. Si les consommations d'éclairage sont globalement inférieures au calcul, ce n'est pas le cas des consommations de chauffage et de ventilation. Ces surconsommations s'expliquent par un usage non optimisé des systèmes (température de consigne, gestion des modes de fonctionnement) et un rendement des installations de chauffage médiocre essentiellement dû à un surdimensionnement. Il est à noter que nous relevons d'importants transferts thermiques entre les deux niveaux.

Plusieurs investigations complémentaires ou interventions peuvent être engagées afin d'optimiser les consommations énergétiques du bâtiment, notamment au niveau du chauffage et de la ventilation double flux. L'ajout de systèmes d'occultations pourrait par ailleurs permettre d'optimiser le confort thermique des occupants en été.

## 6 - Signatures

Rédigé, le 23/11/2017

Le chargé d'études

Laurent SELVE

Vu et vérifié, le 30/11/2017

La responsable de l'unité

Vu et approuvé, le

Le responsable de groupe

Pilar LESAGE

Alexandre CUER

# Annexes

---

Annexe A - Cahier de suivi de l'opération

# Sommaire

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1 -Phase 1 : Initialisation et préparation du suivi.....</b>   | <b>3</b>  |
| 1.1 -Présentation du projet.....  | 3         |
| 1.1.1 -introduction.....  | 3         |
| 1.1.2 -Fiche d'identité de l'opération.....   | 3         |
| 1.1.3 -Pièces graphiques.....   | 5         |
| 1.1.4 -Façades.....   | 7         |
| 1.2 -Caractéristiques thermiques du projet (extrait des études thermiques réglementaires et des contre-expertises)..... | 9         |
| 1.2.1 -L'enveloppe.....   | 9         |
| 1.2.2 -Détail de la constitution des parois opaques.....  | 10        |
| 1.2.3 -Parois vitrées.....  | 11        |
| 1.2.4 -Ponts thermiques.....  | 12        |
| 1.2.5 -La ventilation.....  | 13        |
| 1.2.6 -Eau chaude sanitaire (ECS).....  | 15        |
| 1.2.7 -Éclairage.....   | 15        |
| <b>2 -Analyse du DCE.....</b>   | <b>16</b> |
| 2.1 -L'enveloppe.....   | 16        |
| 2.2 -Perméabilité à l'air du bâtiment.....  | 27        |
| 2.3 -La ventilation.....  | 28        |
| 2.3.1 -CTA Double flux.....   | 28        |
| 2.3.2 -VMC simple flux.....   | 31        |
| 2.4 -Chauffage – Refroidissement.....   | 32        |
| 2.5 -Eau chaude sanitaire (ECS).....  | 34        |
| 2.6 -Éclairage.....   | 34        |
| 2.6.1 -Descriptif de l'éclairage.....   | 35        |
| 2.6.2 -Gestion générale de l'éclairage.....   | 38        |
| 2.6.3 -Plans d'éclairage.....   | 39        |
| <b>3 -Phase 2 : suivi de chantier, évaluation de la mise en œuvre.....</b>  | <b>41</b> |
| 3.1 -L'enveloppe.....   | 41        |
| 3.1.1 -Parois opaques.....  | 41        |
| 3.1.2 -Parois vitrées.....  | 50        |
| 3.2 -Perméabilité à l'air du bâtiment.....  | 52        |
| 3.3 -La ventilation.....  | 54        |
| 3.3.1 -CTA Double flux.....   | 54        |
| 3.3.2 -VMC simple flux.....   | 57        |
| 3.4 -Chauffage – Refroidissement.....   | 58        |
| 3.5 -Eau chaude sanitaire (ECS).....  | 59        |
| 3.6 -Éclairage.....   | 61        |
| <b>4 -Phase 3 : Suivi de l'exploitation du bâtiment.....</b>  | <b>64</b> |
| 4.1 -Protocole de suivi.....  | 64        |
| 4.1.1 -Description de l'instrumentation mise en place.....  | 64        |
| 4.1.2 -Schémas de principe.....   | 67        |

---

|   |           |
|---|-----------|
| 4.2 - <u>Observations</u> .....   | 68        |
| 5 - <u>Analyse des données de la première année de fonctionnement</u> .....         | 69        |
| 5.1 - <u>Consommations journalières</u> .....                                       | 69        |
| 5.2 - <u>Bilan des consommations partiel (décembre 2013 – septembre 2014)</u> ..... | 73        |
| 5.2.1 - <u>Performance du système de chauffage</u> .....                            | 74        |
| 5.2.2 - <u>Consommations d'éclairage</u> .....                                      | 78        |
| 6 - <u>Confort d'hiver</u> .....  | 79        |
| 6.1 - <u>Climat extérieur de la période étudiée</u> .....                           | 79        |
| 6.2 - <u>Bureau 1 (rez-de-chaussée nord)</u> .....                                  | 81        |
| 6.3 - <u>Salle de réunion (rez-de-chaussée ouest)</u> .....                         | 82        |
| 6.4 - <u>Salle de conférence (rez-de-chaussée est)</u> .....                        | 84        |
| 6.5 - <u>Bureau Médecine du travail (AMCO) (rez-de-chaussée sud)</u> .....          | 85        |
| 6.6 - <u>Bureau étage (extension ossature bois)</u> .....                           | 87        |
| 7 - <u>Conclusion intermédiaire</u> .....   | 88        |
| <b>Annexes du cahier de suivi</b> .....   | <b>89</b> |
| Annexe a - <u>Photos</u> .....  | 89        |
| Annexe b - <u>Classe de précision des compteurs et des capteurs installés</u> ..... | 93        |

# 1 - Phase 1 : Initialisation et préparation du suivi

## 1.1 - Présentation du projet

### 1.1.1 - introduction

L'opération de restructuration du siège départemental de la Fédération Française du bâtiment de la Creuse combine une réhabilitation thermique et une extension des locaux en R+1 par une structure légère en ossature bois. Dans le cadre de l'appel à projet « Rénovation énergétique de Bâtiments tertiaires » lancé par l'Ademe Limousin, seule la partie rénovation fait l'objet d'un suivi et d'une instrumentation. Le suivi de l'opération se matérialise par une analyse des différents lots de l'opération ayant un impact sur la performance énergétique future du bâtiment, afin de cibler le suivi de chantier sur ces points importants.

### 1.1.2 - Fiche d'identité de l'opération

| Bâtiment                   | Siège départemental de Fédération Française du Bâtiment de la Creuse  |
|----------------------------|---|
| Adresse                    | 3 Avenue Pasteur 23 000 GUÉRET  |
| Maître d'ouvrage           | FFB de la Creuse – Mme JUNGEAUD   |
| Architecte                 | TANGENTE<br>Cécile RIPP, Architecte DPLG<br>7 Bis Boulevard Émile ZOLA 23 000 Guéret,<br>05 55 52 85 70   |
| Bureau d'études thermiques | LARBRE Ingénierie, 2 Avenue Pierre Mendès France 23 020 Guéret<br>M. THIENPOND 05 55 52 33 22   |
| Description du projet      | Réhabilitation thermique et extension bois en R+1 des locaux du siège départemental de la FFB. Le suivi de l'opération ne porte que sur la partie réhabilitation.<br>Les parties existantes seront isolées par l'extérieur, les vitrages seront remplacés par des vitrages aux performances actuelles ( $U_w = 1,6 \text{ W/m}^2\text{.K}$ ). Le chauffage est assuré par une chaudière à condensation avec une régulation par pièce. |

|  |                                    |                                      |
|--|------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Budget de l'opération (en € HT)</b> | <b>Coût de l'opération</b>         | <b>465 980 €<br/>(557 312 € TTC)</b> |
|  | <b>Honoraires maîtrise d'œuvre</b> | <b>60 780 €</b>                      |
|  | <b>Travaux</b>                     |                                      |
|  | Charpente ossature bois            | 45 000 €                             |
|  | Couverture étanchéité              | 69 000 €                             |
|  | Menuiseries extérieures            | 60 000 €                             |
|  | Menuiseries intérieures            | 34 000 €                             |
|  | Plâtrerie /Isolation               | 9 000 €                              |
|  | Peinture                           | 40 000 €                             |
|  | Sols                               | 13 000 €                             |

|  |                              |                               |
|--|------------------------------|-------------------------------|
|  | Plomberie sanitaires         | 80 000 €                      |
|  | Chauffage VMC                | 69 200 €                      |
|  | Électricité                  | 19 000 €                      |
|  | Isolation par l'extérieur    | 29 000 €                      |
|  | <b>prix au m<sup>2</sup></b> | <b>980 €/m<sup>2</sup> HT</b> |

## Planning

### Études : 2011

Travaux : mars 2012 – juin 2012

### Suivi des consommations :

Année 1 : décembre 2013 -décembre 2014

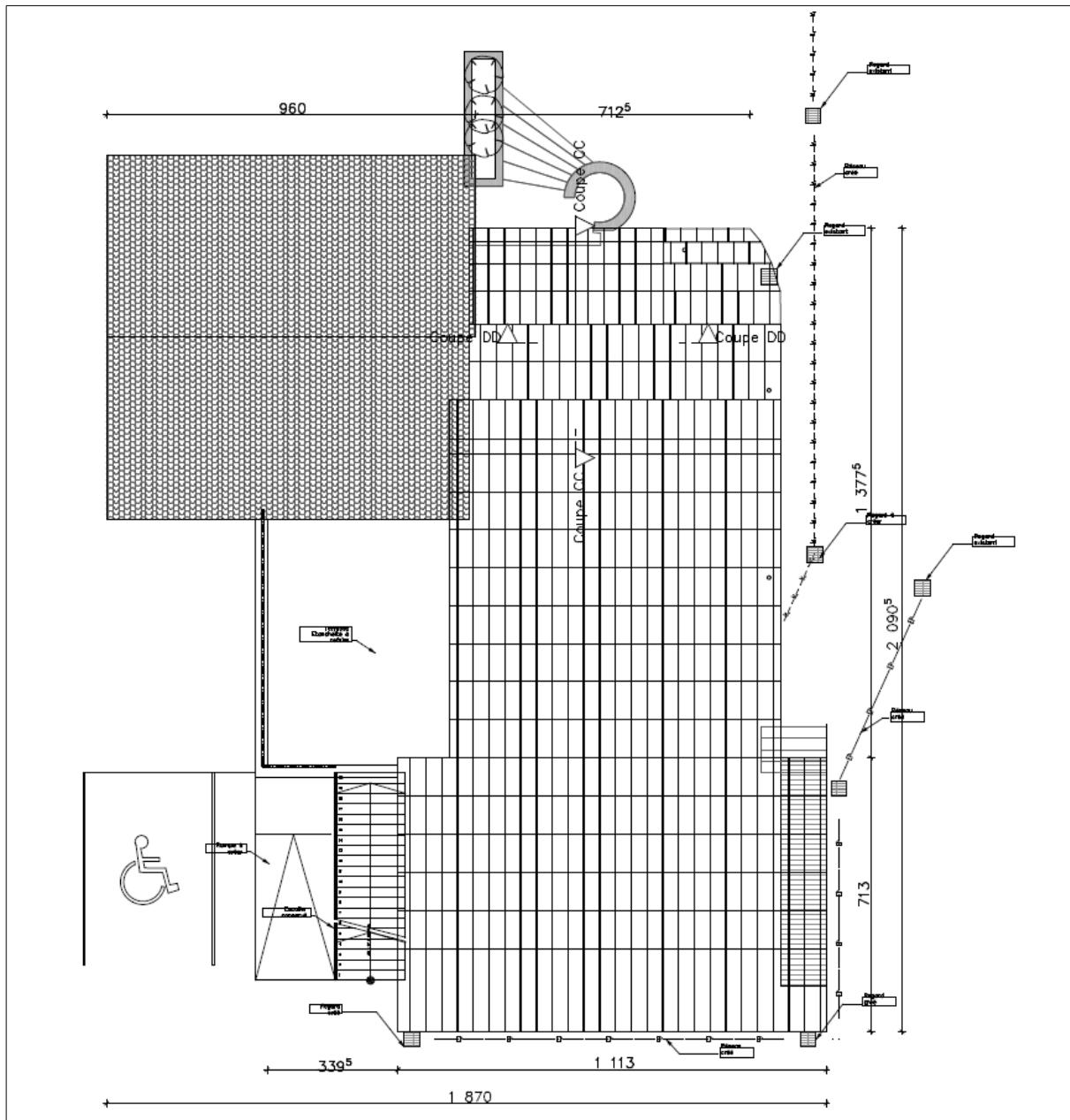
Année 2 : décembre 2014 -décembre 2015

## Performance Affichée

| Cep<br>dont :                    | 81,8 kWh/m <sup>2</sup> /an   |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Cep chauffage                    | 35,621 kWh/m <sup>2</sup> /an |
| Cep ECS                          | 0 kWh/m <sup>2</sup> /an      |
| Cep éclairage                    | 38,294 kWh/m <sup>2</sup> /an |
| Cep auxiliaires                  | 7,88 kWh/m <sup>2</sup> /an   |
| Cep ventilation                  | 13,290 kWh/m <sup>2</sup> /an |
| Cep EnR : kWh/m <sup>2</sup> /an | Néant                         |

### 1.1.3 - Pièces graphiques

#### Plan de masse avant rénovation

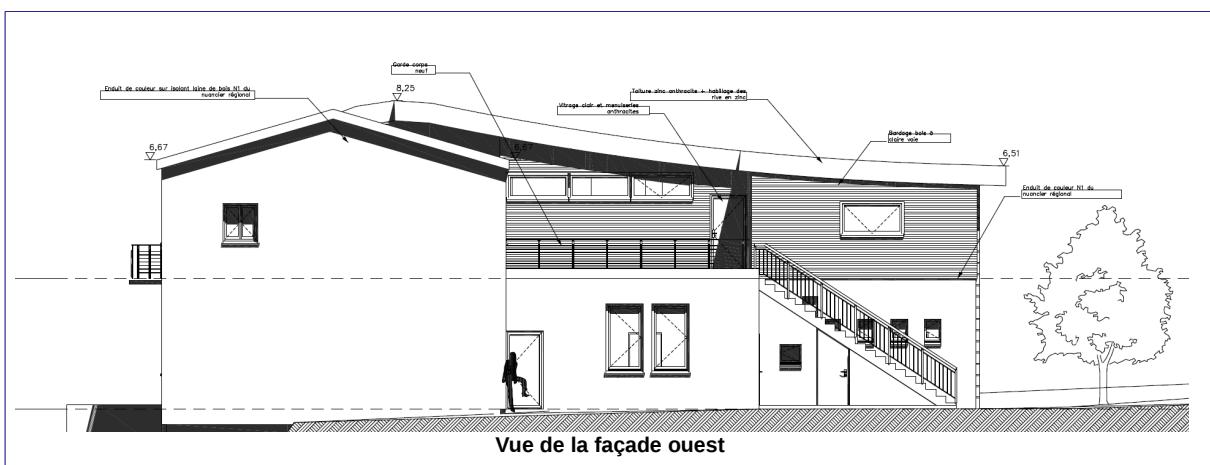
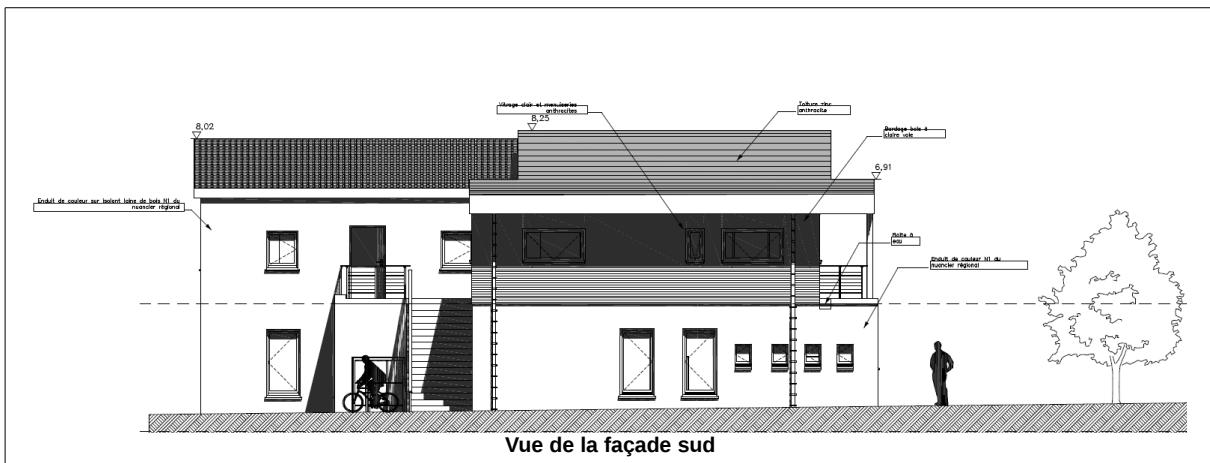


## Plan masse après rénovation

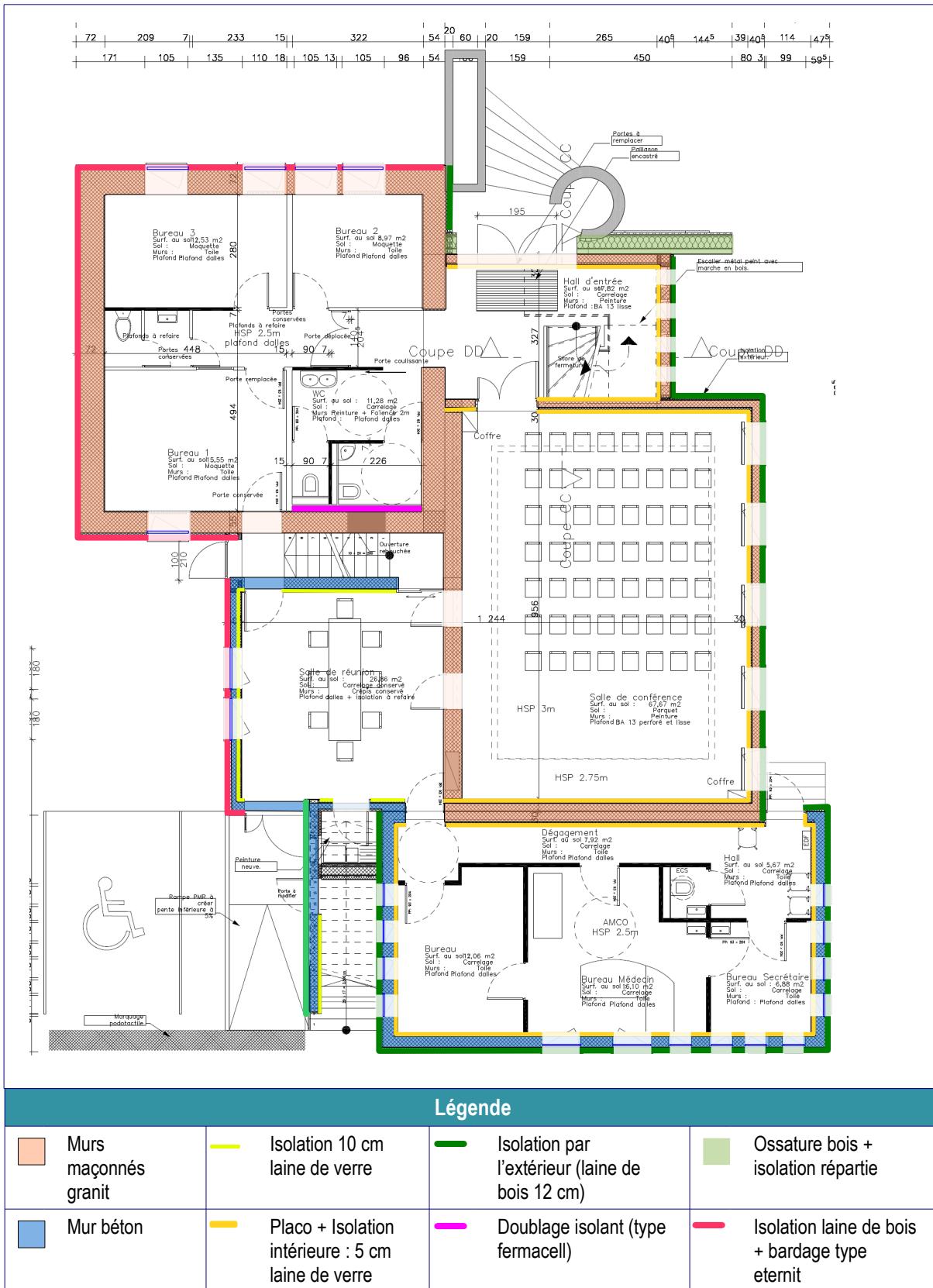


## 1.1.4 - Façades

### Vue générale de l'opération



## Nature des parois



## 1.2 - Caractéristiques thermiques du projet (extrait des études thermiques réglementaires et des contre-expertises)

### 1.2.1 - L'enveloppe

#### Parois opaques

Le tableau suivant présente la constitution des parois opaques selon les locaux telles que saisies dans l'étude thermique.

| Localisation        | Repérage paroi        | Constituants et épaisseurs   | Surface              | U paroi W.K/(m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|-----------------------|--|----------------------|-------------------------------|
| Hall                | Mur extérieur hall    | Doublage isolant : 10 cm +<br>Brique Dimensions 20x20x50 : 20 cm +<br>Divers (1800 < p < ou = 2000) : 10 cm +<br>Isolant Laine de bois Diffulherm : 12 cm +<br>Divers { 1800 < p < ou = 2000) : 1,0 cm   | 5,67 m <sup>2</sup>  | 0,186                         |
|                     | Mur extérieur hall    |  | 7,21 m <sup>2</sup>  | 0,298                         |
|                     | Plancher              | Poutrelle houdis + flocage par projection  | 17,15 m <sup>2</sup> | 0,280                         |
| Salle de conférence | Mur extérieur         | Plaque plâtre + brique + lame d'air +parpaing +laine de bois +enduit   | 6,26 m <sup>2</sup>  | 0,298                         |
|                     | Mur extérieur         |  | 22,35 m <sup>2</sup> | 0,298                         |
| Salle de réunion    | Mur intérieur         | Plaques de plâtre à parement de carton 'standard » 1,3 cm<br>Brique<br>Épaisseur E de l'élément : 5,0 cm<br>Lame d'air non ventilée : 3,0 cm<br>Brique Dimensions : 20 x 20 x 50 : 20,0 cm<br>Divers (1800 < p < ou = 2000) : 1,0 cm<br>Laine de bois Diffutherm : 12,0 cm | 3,66 m <sup>2</sup>  | 0,291                         |
|                     | Plancher              | Plaques de plâtres à parement de carton "standard" : 1,3 cm<br>+<br>Isolant : 28 cm<br>+<br>Béton plein (lourd) 20 cm<br>+<br>Béton plein (léger) 7 cm   | 68,14 m <sup>2</sup> | 0,280                         |
| Salle de réunion    | Murs salle de réunion | Doublage isolant 10,0 cm +<br>Brique<br>Dimensions : 20 x 20 x 50 20,0 cm +<br>Divers (1800 < p < ou = 2000) 01,0 cm +<br>Laine de bois Diffulherm 12,0 cm +<br>Divers { 1800 < p < ou = 2000) 01,0 cm   | 10,45 m <sup>2</sup> | 0,177                         |
|                     |                       |  | 1,96 m <sup>2</sup>  | 0,177                         |
|                     |                       |  | 13,86 m <sup>2</sup> | 0,320                         |
|                     |                       |  | 4,41 m <sup>2</sup>  | 0,177                         |
|                     |                       |  | 3,34 m <sup>2</sup>  | 0,177                         |

| Localisation             | Repérage paroi               | Constituants et épaisseurs  | Surface               | U paroi W.K/(m <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|------------------------------|---|-----------------------|-------------------------------|
|                          | Dallage salle de réunion     |   | 26,86 m <sup>2</sup>  | 0,767                         |
|                          | Plafond salle de réunion     |   | 26,86 m <sup>2</sup>  | 0,110                         |
| Locaux AMCO              | paroi : m <sup>2</sup>       |   | 16,07 m <sup>2</sup>  | 0,298                         |
|                          | unité : FFB Zone simple flux |   | 141,76 m <sup>2</sup> | 0,507                         |
| local : Bureau           |                              | Plaques de plâtres à parement de carton "standard" : 1,3 cm + Pierre Granite : 50 cm + Divers (1800 <p<ou = 2000) : 1,0 cm + Isolant Laine de bois Diffutherm : 12 cm | 30,46 m <sup>2</sup>  | 0,499                         |
| local : Bureau direction |                              |   | 9,08 m <sup>2</sup>   | 0,280                         |
| local : Sanitaires       | mur intérieur                |   | 10,76 m <sup>2</sup>  | 0,323                         |
|                          | Plancher                     |   | 11,21 m <sup>2</sup>  | 0,280                         |
|                          | Circulation                  |   | 8,00 m <sup>2</sup>   | 0,280                         |
|                          | Plancher                     |   | 8,00 m <sup>2</sup>   | 0,280                         |

## 1.2.2 - Détail de la constitution des parois opaques

Chaque type de paroi opaque est constitué de différents composants de résistance thermique variable. Les tableaux suivant listent les performances thermiques des différents composants de chaque type de paroi saisi dans l'étude thermique, pour la configuration après travaux.

### Mur intérieur des bureaux après travaux

| Nature  | Désignation  | Épaisseur (m) | Lambda (W/m.K) | Résistance (m <sup>2</sup> .K/W) |
|---------|--|---------------|----------------|----------------------------------|
| Plâtre  | Plaques de plâtres à parement de carton "standard" | 0,013         | 0,250          | 0,052                            |
| Pierre  | Granites   | 0,500         | 2,800          | 0,179                            |
| Divers  | (1800 <p<ou = 2000)                                | 0,010         | 1,300          | 0,008                            |
| Isolant | Laine de bois Diffutherm                           | 0,120         | 0,046          | 2,600                            |
| Divers  | (1800 <p<ou = 2000)                                | 0,010         | 1,300          | 0,008                            |

### Mur extérieur hall après travaux

| Nature | Désignation  | Épaisseur (m) | Lambda (W/m.K) | Résistance (m <sup>2</sup> .K/W) |
|--------|--|---------------|----------------|----------------------------------|
| Plâtre | Plaques de plâtres à parement de carton "standard" | 0,013         | 0,250          | 0,052                            |
| Brique | Épaisseur E de l'élément : 5                       | 0,050         | -              | 0,110                            |

| Nature         | Désignation               | Épaisseur (m) | Lambda (W/m.K) | Résistance (m².K/W) |
|----------------|---------------------------|---------------|----------------|---------------------|
|                | cm                        |               |                |                     |
| Lame d'air     | Lame d'air non ventilée   | 0,030         | -              | 0,180               |
| Brique         | Dimensions : 20 x 20 x 50 | 0,200         | -              | 0,230               |
| Divers         | (1800 < p < ou = 2000)    | 0,010         | 1,300          | 0,008               |
| <b>Isolant</b> | <b>Ouate de cellulose</b> | <b>0,250</b>  | <b>0,041</b>   | <b>6,098</b>        |
| Linéique       | Ossature bois 6 cm        | 1,000         | 0,040          |                     |

### Mur extérieur après travaux

| Nature         | Désignation  | Épaisseur (m) | Lambda (W/m.K) | Résistance (m².K/W) |
|----------------|--|---------------|----------------|---------------------|
| Plâtre         | Plaques de plâtres à parement de carton "standard" | 0,013         | 0,250          | 0,052               |
| Brique         | Épaisseur E de l'élément : 5 cm                    | 0,050         | -              | 0,110               |
| Lame d'air     | Lame d'air non ventilée                            | 0,030         | 0,180          | 0,180               |
| Brique         | Dimensions : 20 x 20 x 50                          | 0,200         | -              | 0,230               |
| Divers         | (1800 < p < ou = 2000)                             | 0,010         | 1,300          | 0,008               |
| <b>Isolant</b> | <b>Laine de bois Diffutherm</b>                    | <b>0,120</b>  | <b>0,046</b>   | <b>2,600</b>        |
| Divers         | (1800 < p<ou = 2000)                               | 0,010         | 1,300          | 0,008               |

### 1.2.3 - Parois vitrées

Le tableau suivant présente les performances des différentes parois vitrées telles que saisies dans l'étude thermique ainsi que leur localisation.

| Localisation                       | Nature vitrage                | Surface          | Uw W/ (m²)   |
|------------------------------------|-------------------------------|------------------|--------------|
| <b>local : Hall</b>                |                               | <b>38,42 m²</b>  | <b>0,655</b> |
| menuiserie n°1                     | Double vitrage Ug =1,6 W/m².K | 7,43 m²          | 1,600        |
| menuiserie n°2                     | Double vitrage Ug =1,6 W/m².K | 0,96 m²          | 1,600        |
| <b>local : Salle de conférence</b> |                               | <b>109,86 m²</b> | <b>0,430</b> |
| menuiserie n°3                     | Double vitrage Ug =1,6 W/m².K | 9,45 m²          | 1,417        |
| <b>local : Salle de réunion</b>    |                               | 94,48 m²         | 0,526        |
| menuiserie n°8                     | Double vitrage Ug =1,6 W/m².K | 3,60 m²          | 1,750        |
| menuiserie n°10                    | Double vitrage Ug =1,6 W/m².K | 3,15 m²          | 2,000        |
| <b>local : Locaux AMCO</b>         |                               | <b>124,26 m²</b> | <b>0,503</b> |
| menuiserie n°11                    | Double vitrage Ug =1,6 W/m².K | 1,08 m²          | 1,600        |
| Menuiserie n°12                    | Double vitrage Ug =1,6 W/m².K | 3,42 m²          | 1,600        |

| Localisation                    | Nature vitrage                             | Surface                    | Uw W/(m <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------|--|----------------------------|------------------------|
| Menuiserie n°7                  | Double vitrage Ug =1,6 W/m <sup>2</sup> .K | 2,06 m <sup>2</sup>        | 3,500                  |
| <b>local : Bureau 2</b>         |  | <b>24,62 m<sup>2</sup></b> | <b>0,734</b>           |
| Menuiserie n°4                  | Double vitrage Ug =1,6 W/m <sup>2</sup> .K | 3,78 m <sup>2</sup>        | 1,750                  |
| <b>local : Bureau 3</b>         |  |                            | <b>0,567</b>           |
| Menuiserie n°5                  | Double vitrage Ug =1,6 W/m <sup>2</sup> .K | 1,98 m <sup>2</sup>        | 1,750                  |
| <b>local : Bureau</b>           |  | <b>30,46 m<sup>2</sup></b> | <b>0,499</b>           |
| Menuiserie n°4                  | Double vitrage Ug =1,6 W/m <sup>2</sup> .K | 1,89 m <sup>2</sup>        | 1,750                  |
| <b>local : Bureau direction</b> |  | <b>9,08 m<sup>2</sup></b>  | <b>0,280</b>           |
| Menuiserie n°9                  | Double vitrage Ug =1,6 W/m <sup>2</sup> .K | 3,08 m <sup>2</sup>        | 0,390                  |

## 1.2.4 - Ponts thermiques

| Ponts thermiques  | Surface                     | Psi W/(m)    |
|---|-----------------------------|--------------|
| <b>Hall</b>   | <b>38,42 m<sup>2</sup></b>  | <b>0,655</b> |
| Plancher bas isolé en sous-face   | 5,24 m                      | 0,390        |
| Angle sortant, m <sup>2</sup>   | 2,50 m                      | 0,110        |
| Plancher bas isolé en sous-face   | 3,27 m                      | 0,390        |
| Psi 2 – Plancher intermédiaire  | 3,27 m                      | 0,045        |
| <b>Salle de conférence</b>  | <b>109,86 m<sup>2</sup></b> | <b>0,430</b> |
| Plancher bas isolé en sous-face   | 1,88 m                      | 0,390        |
| Psi 2 – Plancher intermédiaire  | 1,88 m                      | 0,045        |
| Plancher bas isolé en sous-face   | 9,55 m                      | 0,390        |
| Psi 2 – Plancher intermédiaire  | 9,55 m                      | 0,045        |
| Angle sortant, m <sup>2</sup>   | 3,33 m                      | 0,110        |
| Plancher bas isolé en sous-face   | 1,10m                       | 0,390        |
| <b>Salle de réunion</b>   | <b>94,48 m<sup>2</sup></b>  | <b>0,526</b> |
| PB-TP-11. Isolation périphérique horizontale ou verticale (L > ou = 1,5m <sup>2</sup> | 5,09 m                      | 0,570        |
| PB-TP-11. Isolation périphérique horizontale ou verticale (L > ou = 1.5m <sup>2</sup> | 1,85 m                      | 0,570        |
| PB-TP-11. Isolation périphérique horizontale ou verticale (L > ou = 1.5m <sup>2</sup> | 5,02 m                      | 0,570        |
| PB-TP-11. Isolation périphérique horizontale ou verticale (L > ou = 1.5m <sup>2</sup> | 1,30 m                      | 0,570        |
| PB-TP-11. Isolation périphérique horizontale ou verticale (L > ou = 1.5m <sup>2</sup> | 1,52 m                      | 0,570        |
| <b>Locaux AMCO</b>  | <b>124,26 m<sup>2</sup></b> | <b>0,503</b> |
| Plancher bas isolé en sous-face   | 5,15 m                      | 0,390        |
| Psi 2 – Plancher intermédiaire  | 5,15 m                      | 0-045        |
| Mur / plancher haut   | 5,15 m                      | 0,320        |
| Plancher bas isolé en sous-face   | 10,19 m                     | 0,390        |

| <b>Ponts thermiques</b>                              | <b>Surface</b>             | <b>Psi W/(m)</b> |
|--|----------------------------|------------------|
| Psi 2 – Plancher intermédiaire                       | 10,19 m                    | 0,045            |
| Plancher bas isolé en sous-face                      | 5,09 m                     | 0,390            |
| Psi 2 – Plancher intermédiaire                       | 5,09 m                     | 0,045            |
| Plancher bas isolé en sous-face                      | 1,31 m                     | 0,390            |
| Psi 2 – Plancher intermédiaire                       | 1,31 m                     | 0,045            |
| <b>Bureau 2</b>                                      | <b>24,62 m<sup>2</sup></b> | <b>0,734</b>     |
| Plancher bas isolé en sous-face                      | 3,22 m                     | 0,390            |
| Angle sortant, murs en maçonnerie courante           | 3,22 m                     | 0,110            |
| Plancher bas isolé en sous-face                      | 1,48 m                     | 0,390            |
| <b>Bureau 3</b>                                      | <b>14.49 m<sup>2</sup></b> | <b>0,567</b>     |
| Plancher bas isolé en sous-face                      | 2,40 m                     | 0,390            |
| <b>Bureau</b>  | <b>30,46 m<sup>2</sup></b> | <b>0,499</b>     |
| Plancher bas isolé en sous-face                      | 2,09 m                     | 0,390            |
| Angle sortant, murs en maçonnerie courante           | 3,33 m                     | 0,110            |
| Plancher bas isolé en sous-face                      | 14,42 m                    | 0,332            |
| <b>Bureau direction</b>                              | <b>9,08 m</b>              | <b>0,280</b>     |
| Plancher bas isolé en sous-face                      | 11,79 m                    | 0,332            |
| Angle sortant, murs en maçonnerie courante           | 3,54 m                     | 0,390            |
| Plancher bas isolé en sous-face                      | 8,56 m                     | 0,332            |
| Plancher bas isolé en sous-face                      | 2,58 m                     | 0,323            |
| <b>Sanitaires</b>                                    | <b>21,97 m<sup>2</sup></b> | <b>0,272</b>     |
| Plancher bas isolé en sous-face                      | 3,23 m                     | 0,390            |
| <b>Performance globale Ubât (W/m<sup>2</sup>.°C)</b> | <b>0,504</b>               |                  |

## 1.2.5 - La ventilation

La ventilation est assurée par deux systèmes distincts : un système simple-flux autoréglable qui assurera la ventilation des bureaux, avec extraction dans les sanitaires, et un système double flux qui assurera l'extraction dans la salle de réunion, la salle de conférence et les locaux de la médecine du travail.

### Premier système

Ce système correspond à la ventilation de la salle de réunion, de la salle de conférence et des locaux de la médecine du travail. Il s'agit d'un système faisant appel à une centrale de traitement d'air (CTA) double flux.

| Type de ventilation               | CTA Double flux                     |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| Mode de gestion de la ventilation | Centrale double flux sans recyclage |
| Efficacité de l'échangeur         | 70 %                                |
| Puissance auxiliaire échangeur    | 100 W                               |

| Type de ventilation              | CTA Double flux  |
|----------------------------------|--|
| Puissance des ventilateurs       | 500W   |
| Perméabilité du réseau sous 4 Pa | Classe A   |
| Débit hygiénique                 | Égal au débit réel<br>18 m <sup>3</sup> /h par occupant soit 90m <sup>3</sup> /h |
| Type de gestion                  | Détecteurs de présence   |

## Second système

Ce système est utilisé pour la ventilation des bureaux. Il s'agit d'une ventilation simple flux classique sans régulation.

| Type de ventilation                 | Caisson simple flux    |
|-------------------------------------|------------------------|
| Mode de gestion de la ventilation   | Sans régulation locale |
| Puissance ventilateurs              | 40 W                   |
| Perméabilité du réseau sous 4 Pa    | Classe A               |
| Consommation électrique (kWh/EP/an) | 13,29                  |

## Chauffage – refroidissement

Le chauffage est assuré par une chaudière gaz à condensation localisée en sous-sol.

## Production de chaleur

La production de chaleur est assurée par une chaudière gaz à condensation. La chaudière est située en sous-sol hors volume chauffé.

| Type de production   | Générateur indépendant |
|--|------------------------|
| Mixte ECS  | Non                    |
| Local de production  | En volume chauffé      |
| Puissance d'installation   | 21,6 kW                |
| Rendement de l'installation                                      |                        |
| Réseau de distribution : (implantation, isolation, distribution) | En volume chauffé      |
| Type d'émetteurs   | Non précisé            |
| Régulation des émetteurs   | Non précisé            |
| Mode de gestion  | Non précisé            |
| Mode de chauffage auxiliaire                                     | Non précisé            |
| Consommation chauffage (en kWh/an)                               | 35,621                 |

## Distribution et émission

| Émission                             | Radiateurs   |
|--------------------------------------|--|
| <b>Distribution</b>                  | Système bi-tube, basse température                         |
| <b>Réseau</b>                        | En partie hors volume chauffé                              |
| <b>Régulation</b>                    | En fonction de la température intérieures                  |
| <b>Circulation</b>                   | Puissance estimée, vitesse constante asservie à la demande |
| <b>Température de consigne hiver</b> | 19°C   |
| <b>Température de consigne été</b>   | 26°C   |

## 1.2.6 - Eau chaude sanitaire (ECS)

Le périmètre des travaux ne prévoit pas d'eau chaude sanitaire.

## 1.2.7 - Éclairage

L'éclairage est saisi de manière forfaitaire dans l'étude thermique.

|  |   |
|--|---|
| <b>Utilisation de l'éclairage naturel</b>  | Oui. Le système d'éclairage prévoit une gestion de l'éclairement en fonction de la luminosité naturelle |
| <b>Gestion de l'éclairage artificiel</b>   | N.C.  |
| <b>Puissance</b>                           | par défaut  |
| <b>Consommation électrique (en kWh/an)</b> | <b>38,29</b>  |

Gestion de l'éclairage et puissance au mètre carré :

|                              |                      |
|------------------------------|----------------------|
| <b>Tranche horaire</b>       | 8h à 18h             |
| <b>Puissance d'éclairage</b> | 12W / m <sup>2</sup> |

## 2 - Analyse du DCE

Le contenu technique du dossier de consultation des entreprises est comparé aux hypothèses saisies dans l'étude thermique réglementaire. La dernière colonne du tableau commente les divergences observées. Un code couleur allant du vert au rouge permet d'évaluer le caractère préjudiciable ou non des modifications apportées au DCE par rapport à l'étude thermique.

Modification sans incidence...  
  
 ... modification pénalisante  


### 2.1 - L'enveloppe

#### Parois opaques

| Hypothèses de l'étude thermique  | Formulation du DCE  | Divergences constatées                          |
|--|---|---|
| Plaques de plâtres à parement de carton "standard" : 1.3 cm, $\lambda = 0.250 \text{ W/m.K}$ , $R = 0.052 \text{ m}^2.\text{KW}$ | CONTRE-CLOISON : BA13 SUR OSSATURE METALLIQUE<br>Cloisons de doublage à parement en plaques de plâtre vissées sur une face sur ossature en acier galvanisé de type Placostil de chez Placoplatre ou équivalent, permettant d'aménager un vide technique.<br>Parements : Plaque BA 13 à bords arrondis constituées d'une <b>âme en plâtre standard</b> , renforcées sur chaque face et sur les bords longitudinaux par une feuille de carton lisse <b>standard</b> , conforme à la norme NF P 72-302. Épaisseur de 12,5 mm.<br>Ossature comprenant des rails au sol et en plafond destinés à guider et à aligner les montants.<br>Montants supports pour grandes hauteurs et raidisseurs verticaux des parois, y compris reprises intermédiaires de liaison avec parois support par pattes à scellement, vissées entre les montants. | Paroi conforme aux saisies de l'étude thermique |
| Pierre Granites : 50 cm, $\lambda = 2,8 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,179 \text{ m}^2.\text{KW}$                                       | Mur existant  | Sans objet                                      |

| Hypothèses de l'étude thermique  | Formulation du DCE   | Divergences constatées   |
|--|--|--|
|  |  |  |
| Divers ( $1800 < p_{ou} = 2000 \text{ Pa}$ ) :<br>1 cm,<br>$\lambda = 1,3 \text{ W/m.K}$ ,<br>$R = 0,008 \text{ m}^2.\text{KW}$                        | Mur existant   | Sans objet   |
| Laine de bois Diffutherm :<br><b>12 cm,</b><br><b><math>\lambda = 0,046 \text{ W/m.K}</math>,</b><br><b><math>R = 2,6 \text{ m}^2.\text{KW}</math></b> | <p>Système d'isolation thermique par l'extérieur avec isolation en fibre de bois de type Steico Protect de chez Steico ou Diffutherm de chez Gutex ou équivalent et d'un enduit minéral de finition, de type de chez Weber ou équivalent, comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Profil bas de départ, posé horizontalement, implanté à 15 cm au-dessus des sols fins extérieurs, fixé à la maçonnerie par vis à frapper tous les 30 cm env, y compris coupe d'onglet des profils au droit des angles saillants et rentrant, traitement de la dilatation, etc.</li> <li>— <b>Isolation en panneaux de fibre de bois de 120 mm (<math>R = 2,60 \text{ m}^2.\text{KW}</math> – densité 180 kg/m<sup>3</sup>), pose collée et fixé mécaniquement suivant indication du fabricant, montage façon « coupe de pierre » (joint non alignée), fixation complémentaire au droit des baies (encadrement complet), des angles et des rives hautes par chevilles à expansion, y compris toutes sujétions pour coupes, réglages, etc.</b></li> </ul> | Paroi conforme aux saisies de l'étude thermique  |
| <b>Plafond après travaux salle de réunion</b>  |  |  |
| Plaques de plâtres à parement de carton "standard" : 1,3 cm,<br>$\lambda = 0,250 \text{ W/m.K}$ ,<br>$R = 0,052 \text{ m}^2.\text{KW}$                 | <p>Parements : Plaque BA 13 à bords amincis constituées d'une <b>âme en plâtre standard</b>, renforcées sur chaque face et sur les bords longitudinaux par une feuille de carton lisse <b>standard</b>, conforme à la norme NF P 72-302. Épaisseur de 12,5 mm.</p>   | Paroi conforme aux saisies de l'étude thermique  |
| Isolant : 28 cm,<br>$\lambda = 0,032 \text{ W/m.K}$ ,<br>$R = 8,750 \text{ m}^2.\text{KW}$   | <p>03-06 ISOLATION SOUS TOITURE ET SUPPORT<br/>Isolation sous toiture comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Support d'isolation en panneaux OSB de 12 mm d'épaisseur, fixé entre pannes lamellé collé par l'intermédiaire d'une ossature complémentaire en chevrons sapin traité.</li> <li>— Film frein vapeur, permettant la régulation de la migration de la vapeur d'eau au travers des parois de type Doerken ou équivalent, y compris bande d'étanchéité pour une parfaite continuité du film (angles rentrants et sortants, recouvrement des lais, caufeutrement des gaines et tuyaux) et traitement de l'étanchéité autour des ouvertures avec ruban adhésif de la même marque, fixé par l'intermédiaire de tasseaux en sapin traité de 27 mm d'épaisseur, tous les 60 cm pour permettre la tenue du pare-vapeur et le support des rails MOB.</li> <li>— Isolation par soufflage de ouate de cellulose en vrac pour une épaisseur totale finale de <b>35 cm (<math>R = 8,00 \text{ m}^2.\text{KW}</math> –</b></li> </ul>       | <p>Résistance thermique et épaisseurs d'isolants divergents entre le DCE et l'étude thermique.</p> <p>L'actualisation de l'étude thermique sera demandée au BET thermique à la fin du chantier</p> |

| Hypothèses de l'étude thermique  | Formulation du DCE  | Divergences constatées  |
|--|---|---|
| <p>Béton plein (lourd) : 20 cm, <math>\lambda = 2 \text{ W/m.K}</math>, <math>R = 0,1 \text{ m}^2.\text{K/W}</math></p> <p>Béton plein (léger) 7 cm, <math>\lambda = 1,650 \text{ W/m.K}</math>, <math>R = 0,042 \text{ m}^2.\text{K/W}</math></p> | <p><b>Mur existant</b></p> <p><b>Mur existant</b></p>   | <p><b>Isolation en sous face de l'ensemble de la couverture de l'extension.</b></p> <p><b>Mur existant</b></p> <p><b>Mur existant</b></p> |
| <p><b>Plafonds 2</b></p>   | <p>— Isolation sur plafonds en laine de roche de 100 mm pour l'ensemble des plafonds du RDC.<br/>Destination des ouvrages :<br/>Suivant plans et coupes.<br/>Pour plafonds des locaux suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Au RDC :</li> <li>— Dégagement, Bureaux 1, 2 et 3, Sanitaires (WC)</li> <li>— Salle de Réunion</li> <li>— Ensemble des locaux AMCO.</li> </ul> <p>— Application d'une isolation thermique composée de fibres roche minérale (hormis l'amiante), modulées régulièrement, cardées et aérées, de liants secs inorganiques, d'adjuvants divers et d'agents anti-poussière.</p> <p>Épaisseur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 120 mm minimum (pour isolation thermique <math>R = 2,61 \text{ m}^2.\text{K/W}</math>).</li> </ul> | <p>Isolation non retrouvée dans le calcul thermique : isolation acoustique</p>  |

| Hypothèses de l'étude thermique  | Formulation du DCE   | Divergences constatées   |
|--|--|--|
| <b>Mur intérieur après travaux</b>   |  |  |
| Plaques de plâtres à parement de carton "standard" : 1,3 cm, $\lambda = 0,250 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,052 \text{ m}^2\text{.K/W}$                                  | Parements : Plaque BA 13 à bords aminois constituées d'une <b>âme en plâtre standard</b> , renforcées sur chaque face et sur les bords longitudinaux par une feuille de carton lisse <b>standard</b> , conforme à la norme NF P 72-302. Épaisseur de 12,5 mm.  | Paroi conforme aux saisies de l'étude thermique                              |
| Brique Epaisseur E de l'élément : 5 cm : 5 cm, $R = 0,110 \text{ m}^2\text{.K/W}$<br>Lame d'air Lame d'air non ventilée : 3 cm, $R = 0,180 \text{ m}^2\text{.K/W}$ | Mur existant   | Sans objet   |
| Brique Dimensions : 20 x 20 x 50 : 20 cm, $R = 0,230 \text{ m}^2\text{.K/W}$   | Mur existant   | Sans objet   |
| Divers (1800 <p>ou = 2000) : 1 cm, $\lambda = 1,3 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,008 \text{ m}^2\text{.K/W}$  | /  | Sans objet   |
| Laine de bois Diffutherm : 12 cm, $\lambda = 0,046 \text{ W/m.K}$ , $R = 2,6 \text{ m}^2\text{.K/W}$   | — Isolation en panneaux de fibre de bois de 120 mm ( $R = 2,60 \text{ m}^2\text{.K/W} - \text{densité } 180 \text{ kg/m}^3$ ), pose collée et fixé mécaniquement suivant indication du fabricant, montage façon « coupe de pierre » (joints non alignée),  | Paroi conforme aux saisies de l'étude thermique                              |
| <b>Mur salle de réunion</b>  | Contre-cloison : avec isolation<br>Contre cloison de 140 mm d'épaisseur de chez Placoplâtre ou équivalent, comprenant :<br>— Ossature constituée de cornières et fourrures F530 fixé contre maçonnerie par l'intermédiaire d'écarteurs, ou montants et rails de type placostil ou équivalent.<br>— Isolation en panneaux de laine de verre de 120 mm d'épaisseur, avec pare-vapeur.<br>— Parements constitués de 1 BA13 "standard"<br>Destination des ouvrages :<br>Suivant plans :<br>— Pour doublement avec 120 mm d'isolation du mur contre cage d'escalier d'accès au Sous/sol donnant dans Sanitaires au RDC et au droit du rebouchage de la fenêtre du logement à l'étage. | Épaisseur d'isolant supérieure de 2 cm à celle saisie dans l'étude thermique |

| Hypothèses de l'étude thermique  | Formulation du DCE  | Divergences constatées                          |
|--|---|---|
|  | — Pour doublage avec 45 mm d'isolation des murs existants en périphérie des locaux AMCO au RDC, y compris habillages des embrasures.  |   |
| Brique Dimensions : 20 x 20 x 50 : 20 cm, R = 0,230 m <sup>2</sup> .K/W                                    | Mur existant  | Sans objet                                      |
| Divers (1800 < p < ou = 2000) : 1 cm, λ= 1,3 W/m.K, R = 0,008 m <sup>2</sup> .K/W                          | Vu sur plan   | Sans objet                                      |
| Laine de bois Diffulherm : 12 cm, λ= 0,046 W/m.K, R = 2,6 m <sup>2</sup> .K/W                              | — Isolation en panneaux de fibre de bois de 120 mm (R = 2,60 m <sup>2</sup> .KW – densité 180 kg/m <sup>3</sup> ), pose collée et fixé mécaniquement suivant indication du fabricant, montage façon « coupe de pierre » ( joints non alignée),                | Paroi conforme aux saisies de l'étude thermique |
| Divers { 1800 < p < ou = 2000) : 1 cm, λ= 1,3 W/m.K, R = 0,008 m <sup>2</sup> .K/W                         | Enduit ou bardage   | Paroi conforme aux saisies de l'étude thermique |
| <b>Mur bureau après travaux</b>  |   |   |
| Plaques de plâtres à parement de carton "standard" : 1,3 cm, λ= 0,250 W/m.K, R = 0,052 m <sup>2</sup> .K/W | Parements : Plaque BA 13 à bords amincis constituées d'une <b>âme en plâtre standard</b> , renforcées sur chaque face et sur les bords longitudinaux par une feuille de carton lisse <b>standard</b> , conforme à la norme NF P 72-302. Épaisseur de 12,5 mm. | Paroi conforme aux saisies de l'étude thermique |
| Pierre Granites . 50 cm, λ= 2,8 W/m.K, R = 0,179 m <sup>2</sup> .K/W                                       | Mur existant  | Sans objet                                      |

| Hypothèses de l'étude thermique  | Formulation du DCE   | Divergences constatées   |
|--|--|--|
| Divers ( $1800 < p \leq ou = 2000$ ) :<br>1 cm, $\lambda = 1,3 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,008 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$                | Mur existant   | Sans objet   |
| Laine de bois Diffutherm : 12 cm, $\lambda = 0,046 \text{ W/m.K}$ , $R = 2,6 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$                              | — Isolation en panneaux de fibre de bois de 120 mm ( $R = 2,60 \text{ m}^2.\text{KW} - \text{densité } 180 \text{ kg/m}^3$ ), pose collée et fixé mécaniquement suivant indication du fabricant, montage façon « coupe de pierre » ( joints non alignée),<br>Divers ( $1800 < p \leq ou = 2000$ ) :<br>1 cm, $\lambda = 1,3 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,008 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ | Paroi conforme aux saisies de l'étude thermique                                  |
| <b>Mur extérieur hall après travaux</b>  |  |  |
| Plaques de plâtres à parement de carton "standard" : 1,3 cm, $\lambda = 0,250 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,052 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ | Parois : Plaque BA 13 à bords amincis constituées d'une <b>âme en plâtre standard</b> , renforcées sur chaque face et sur les bords longitudinaux par une feuille de carton lisse <b>standard</b> , conforme à la norme NF P 72-302. Épaisseur de 12,5 mm.   | Paroi conforme aux saisies de l'étude thermique                                  |
| Brique Epaisseur E de l'élément : 5 cm : 5 cm, $R = 0,110 \text{ m}^2.\text{KW}$   | Mur existant   | Sans objet   |
| Brique Dimensions : 20 x 20 x 50 : 20 cm, $0,230 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  | Mur existant   | Sans objet   |
| Divers ( $1800 < p \leq ou = 2000$ ) : 1 $\lambda = 1,3 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,008 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$                       | — Isolation par soufflage de ouate de cellulose en vrac pour une épaisseur totale <b>finie de 145 mm (<math>R = 3,35 \text{ m}^2 \text{ KW}</math>)</b> . L'ensemble devra être régulièrement répartie pour assurer une parfaite continuité d'isolation. La densité d'insufflation sera de 70 kg/m <sup>3</sup> .  | Épaisseur d'isolant différente entre DCE et étude thermique : il manque 10,5 cm. |

| Hypothèses de l'étude thermique   | Formulation du DCE  | Divergences constatées |
|---|---|------------------------|
| <b>Mur extérieur après travaux</b>  |   |                        |
| Plaques de plâtres à parement de carton "standard" : 1,3 cm, $\lambda = 0,250 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,052 \text{ m}^2.\text{K/W}$ | Parements : Plaque BA 13 à bords amincis constituées d'une <b>âme en plâtre standard</b> , renforcées sur chaque face et sur les bords longitudinaux par une feuille de carton lisse <b>standard</b> , conforme à la norme NF P 72-302. Épaisseur de 12,5 mm.   | Pas de divergence      |
| Brique Epaisseur E de l'élément : 5 cm : 5 cm, $\text{W/m.K}$ , $R = 0,110 \text{ m}^2.\text{K/W}$                                | Ouvrage existant  | Sans objet             |
| Lame d'air Lame d'air non ventilée : 3 cm, $\lambda = 0,180 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,180 \text{ m}^2.\text{K/W}$                   | Vu sur plan   | Pas de divergence      |
| Brique Dimensions : 20 x 20 x 50 : 20 cm, $R = 0,230 \text{ m}^2.\text{K/W}$  | Ouvrage existant  | Sans objet             |
| Divers ( $1800 < p < ou = 2000$ ) : 1 cm, $\lambda = 1,3 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,008 \text{ m}^2.\text{K/W}$                      | Ouvrage existant  | Sans objet             |
| Laine de bois Diffutherm : 12 cm, $\lambda = 0,046 \text{ W/m.K}$ , $R = 2,6 \text{ m}^2.\text{K/W}$                              | — Isolation en panneaux de fibre de bois de 120 mm ( $R = 2,60 \text{ m}^2.\text{K/W}$ – densité 180 kg/m³), pose collée et fixé mécaniquement suivant indication du fabricant, montage façon « coupe de pierre » (joints non alignée), fixation complémentaire au droit des baies (encadrement complet), des angles et des rives hautes par chevilles à expansion, y compris toutes sujétions pour coupes, réglages, etc.<br>— Enduit sur l'ensemble des façades, comprenant :<br>— Préparations, ponçage à la taloche abrasive pour suppression des désaffleurements. | Pas de divergence      |

| Hypothèses de l'étude thermique | Formulation du DCE   | Divergences constatées |
|---------------------------------|--|------------------------|
|                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Renfort de tissu de verre maroufler au droit des angles d'ouverture, jonctions, etc.</li> <li>— Enduisage avec enduit de base suivant indication du fabricant, y compris tissu renforcé marouflé dans les parties exposées au chocs, renforts d'angles, garniture des arêtes, etc.</li> </ul> |                        |

## Commentaires

Dans leur ensemble, les parois décrites dans le DCE correspondent à ce qui a été saisi dans l'étude thermique. Quelques détails diffèrent, notamment les épaisseurs d'isolant dans le hall d'accueil. Une étude thermique actualisée sera demandée au BET en fin de travaux.

## Parois vitrées

| Élément technique           | Hypothèses de l'étude thermique  | Formulation du DCE  | Divergences constatées                              |
|-----------------------------|--|---|---|
| Fenêtre :<br>Menuiserie n°4 | Fenêtre en PVC,<br>avec double vitrage à isolation renforcée<br>(4/12/4),<br>avec fermeture<br>$U = 2,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; $U_{J/N} = 1,75 \text{ W/m}^2\text{K}$ | -<br><br>Facteur solaire :<br>RCL : 70,00 %<br>Vitrage : 0,63<br>Réglementaire : 0,34 | Aucune menuiserie PVC n'a été retrouvée dans le DCE |

| Élement technique               | Hypothèses de l'étude thermique  | Formulation du DCE   | Divergences constatées  |
|---------------------------------|--|--|---|
| <b>Fenêtre : Menuiserie n°1</b> | <p>Fenêtre en métal avec rupture de pont thermique avec double vitrage à isolation renforcée et remplissage argon, sans fermeture,</p> <p><b>U = 1,60 W/m<sup>2</sup>.K – U J/N = 1,60 W/m<sup>2</sup>K</b></p> <p><b>Facteur solaire :</b><br/>RCL : 70,00 %<br/>Vitrage : 0,63<br/>Réglementaire : 0,45</p> <p>Protection été :<br/>Atténuation extérieure : 1,00<br/>Voilage : non</p>  | <p>Lot : 4 MENUISERIE ALUMINIU – SERRURERIE</p> <p>L'entrepreneur aura à sa charge la fourniture et la pose de toutes les menuiseries extérieures aluminium et leurs accessoires.</p> <p>Les profils et tôles d'aluminium seront anodisés avec finition laquée par poudre polyester thermodurcissable, couleur au choix de l'Architecte (<b>teinte gris anthracite</b>). Épaisseur laquage après cuisson supérieure à 60 microns.</p> <p>Le traitement de surface devra faire l'objet du label QUALICOAT, accompagné d'une garantie décennale.</p> <p>Les accessoires visibles en alu, tels que poignées, paumelles, etc., recevront la même finition que les profilés.</p> <p>Le classement des ensembles menuisés et ouvrants seront : A3 E5 VA2.</p> <p>Profils à rupture de pont thermique.</p> <p><b>Double vitrage isolant :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Pour les menuiseries du RdC (face intérieur anti-effraction face extérieure Stadip).</li> <li>— Pour les menuiseries de l'étage (2 faces Stadip).</li> </ul> <p>Caractéristiques thermiques pour l'ensemble :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— <math>U_w = 1,6 \text{ W/m}^2.\text{K}</math> ; <math>U_{jn} = 1,4 \text{ W/m}^2.\text{K}</math></li> <li>— Facteur solaire du vitrage : 0,63</li> <li>— Facteur solaire hiver de la menuiserie : 0,45</li> <li>— Facteur solaire été de la menuiserie sans protection solaire : 0,45</li> <li>— Facteur solaire été de la menuiserie avec protection solaire : 0,08</li> </ul> | <p>Les performances des vitrages saisies dans l'étude thermique correspondent aux caractéristiques saisies dans le DCE.</p> |
| <b>Fenêtre : Menuiserie n°2</b> | <p>Fenêtre en métal avec rupture de pont thermique avec double vitrage à isolation renforcée et remplissage argon, sans fermeture,</p> <p><b>U = 1,60 W/m<sup>2</sup>.K – U J/N = 1,60 W/m<sup>2</sup>.K</b></p> <p><b>Facteur solaire :</b><br/>RCL : 70,00 %<br/>Vitrage : 0,63<br/>Réglementaire : 0,45</p> <p>Protection été :<br/>Atténuation extérieure : 1,00<br/>Voilage : non</p> | <p>À l'extérieur les bavettes en alu, les dispositifs courants et réglementaires de calfeutrement en nez de plancher.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Bavettes en aluminium débordantes en façade formant goutte d'eau sur seuil ou appuis de certaines baies (hors portes d'entrée et appuis ou seuil saillant : voir plan architecte)</li> <li>— À l'intérieur, profil cornières, chants plats, etc. pour raccords avec enduits ou</li> </ul>   |   |
| <b>Fenêtre : Menuiserie n°3</b> | <p>Fenêtre en métal avec rupture de pont thermique avec double vitrage à isolation renforcée et remplissage argon, avec fermeture,</p>   |  |   |

| Élement technique  | Hypothèses de l'étude thermique  | Formulation du DCE   | Divergences constatées   |
|--|--|--|--|
|  | $U = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; $U J/N = 1,40 \text{ W/m}^2\text{K}$<br><b>Facteur solaire :</b><br>RCL : 70,00 %<br>Vitrage : 0,63<br><b>Réglementaire :</b> 0,36                                  | Suivant plans et détails, partie fixe pleine, meneaux seront réalisés en profils d'aluminium de même teinte que les menuiseries. Le remplissage sera réalisé en 2 panneaux d'aluminium avec interposition d'isolant STYROFOAM de 60 mm d'épaisseur (classement M0).<br>Y compris fourniture et pose des bouches d'entrée d'air neuf, suivant indication du chauffagiste.<br><br>Protection été :<br>Atténuation extérieure : 0,22<br>Voilage : non | Double vitrage isolant pour l'ensemble (face intérieure anti-effraction, face extérieure Stadip).  |
| <b>Fenêtre :</b><br><b>Menuiserie n°11 après travaux</b> | Fenêtre en métal avec rupture de pont thermique avec double vitrage à isolation renforcée et remplissage argon sans fermeture<br>$U = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K} - U J/N = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ | <b>Destinat° des ouvrages :</b><br>Suivant plans et façades :<br>Pour ensemble vitré (avec porte à 2 vantaux et parties fixes) de l'Entrée au RDC.<br>Pour porte d'entrée de la Salle de réunion au RdC.<br>Pour porte d'entrée des locaux Anco au RdC.<br><br><b>Facteur solaire :</b><br>RCL : 70,00 %<br>Vitrage : 0,63<br><b>Réglementaire :</b> 0,45  | Châssis à la française et oscillo-battant :<br>— Étanchéité entre dormant et ouvrant, assurée par un joint médian en EPDM bicomposant cellulaire formant chambre d'équilibre avec l'extérieur, ce même joint servant en battée à l'intérieur, sans interruption au droit de la paumelle. |
| <b>Menuiserie n°12 après travaux</b>                     | Fenêtre en métal avec rupture de pont thermique avec double vitrage à isolation renforcée et remplissage argon sans fermeture<br>$U = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K} - U J/N = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ | <b>Facteur solaire :</b>   |  |

| Élement technique                                  | Hypothèses de l'étude thermique   | Formulation du DCE  | Divergences constatées   |
|--|---|---|--|
|  | <b>RCL 70,00 %</b><br><b>Vitrage 0,63</b><br><b>Réglementaire 0,45</b><br>Protection été :<br>Atténuation extérieure 1,00<br>Voilage non  |   | Aucune menuiserie PVC n'a été retrouvée dans le DCE  |
| <b>Fenêtre :</b><br><b>Menuiserie n°4,5,6,8,10</b> | Fenêtre en PVC avec double vitrage à isolation renforcée (4/12/4) avec fermeture, $U = 2,00 \text{ W/m}^2.\text{K}$ ; $U_{J/N} = 1,75 \text{ W/m}^2.\text{K}$<br><br>Facteur solaire :<br>RCL : 70,00 %<br>Vitrage : 0,63<br>Réglementaire : 0,34 | Protection été :<br>Atténuation extérieure : 0,18<br>Voilage : non  |  |
| Porte :<br><b>Menuiserie n°7 et n°8</b>            | Porte simple en bois<br>Porte pleine<br><br>$U = 3,50 \text{ W/m}^2.\text{K} - U_{J/N} = 3, 50 \text{ W/m}\cdot\text{K}$  | 02-10 PORTE METALLIQUE EXTERIEURE ISOLANTE 90/210 ENV.<br>Porte pleine à 1 vantail comprenant :<br>– un cadre dormant en acier plié électrozingué (à sceller dans la maçonnerie),<br>– ouvrants constitués de 1 vantail en panneaux isolants revêtus sur les deux faces d'une tôle 20/10 électrozinguée, y compris encadrement périphérique, montants et traverses intermédiaires en profils tubulaires en acier par soudure et rivetage. | Porte simple en bois non retrouvée dans le DCE. En revanche une porte métallique isolante a été trouvée. |

## Commentaires

Les menuiseries aluminium saisies dans l'étude thermique correspondent aux modèles décrits dans le DCE. Des menuiseries PVC sont renseignées dans l'étude thermique ; celles-ci n'ont pas été retrouvées sur les plans et dans le DCE.

## 2.2 - Perméabilité à l'air du bâtiment

Le traitement de la perméabilité à l'air a été prévu et détaillé dans le dossier de consultation des entreprises dans les lots gros-œuvre, menuiseries, électricité et plomberie, afin de prévenir au maximum les défauts d'étanchéité. Les détails relatifs à l'étanchéité sont mis en évidence ci-dessous.

| Nature de l'ouvrage   | Formulation du DCE   |
|---|--|
| <b>Scellements<br/>Rebouchages</b>                            | Dans le cas général, les scellements se feront au mortier de ciment et sable fin, et les cales en bois dans les scellements sont interdites.<br>Dans le cas de scellement dans parois extérieures en matériaux isolants, le scellement devra, dans la mesure du possible, être réalisé avec des matériaux identiques.<br>Dans les éléments montés au plâtre et ceux enduits au plâtre, les scellements se feront au plâtre.<br>Les scellements devront toujours être arasées de 10 mm environ en retrait du nu fini, afin de réservier l'épaisseur nécessaire pour le raccord.   |
| <b>Fourreaux</b>  | Les fourreaux seront soit en tube acier peint, soit en PVC, etc..<br>Ils seront de diamètre immédiatement supérieur à celui des tuyaux pour lesquels ils sont prévus, sauf cas où pour des raisons de dilatation, un jeu plus important doit être prévu.<br>Dans les locaux susceptibles d'être lavés à l'eau, le fourreau devra dépasser le niveau du sol fini de 15 mm.<br>Dans tous les autres cas, leur longueur devra être telle que leur extrémité affleure le nu fini de l'ouvrage dans la mesure du possible, mais en aucun cas, il ne sera toléré des fourreaux en retrait par rapport au nu fini de l'ouvrage.<br>Dans tous les fourreaux disposés dans des parois ou planchers séparatifs de deux locaux privatis, l'espace entre le tuyau et le fourreau devra être calfeutré par un matériau souple adéquat, assurant l'isolation phonique. |
| <b>Jonctions entre<br/>les ouvrages et<br/>les huisseries</b> | Les jonctions avec les huisseries et bâtis doivent être soigneusement exécutées, les plaques de plâtre doivent pénétrer dans les cadres, l'isolation doit être tassée à la périphérie des cadres pour supprimer les ponts phoniques.   |

Des tests d'étanchéité à l'air ont été prévus aux phases cruciales du chantier :

**« 3.4 Étanchéité à l'air**  
*Les contrôles de la qualité de l'étanchéité à l'air seront effectués au moyen d'un test d'infiltrométrie avec porte "soufflante" (blower door test). L'ensemble des lots sera informé de ces contrôles, réalisés avant la mise en œuvre des parements intérieurs (plaques de plâtre sur parois, plafonds...) de manière à pouvoir remédier aux malfaçons. Les réparations des malfaçons seront à la charge des titulaires des lots concernés. L'entreprise titulaire du présent lot prévoira l'ensemble des accessoires (manchettes caoutchouc, scotchage, etc.) nécessaires à la parfaite étanchéité des parois traversées par les réseaux de plomberie et d'électricité. »*

## 2.3 - La ventilation

### 2.3.1 - CTA Double flux

La centrale double flux assure l'essentiel du renouvellement d'air du bâtiment.

| Caractéristiques                         | Hypothèses de la note de calcul     | Formulation du DCE  | Commentaires  |
|--|-------------------------------------|---|---|
| <b>Mode de gestion de la ventilation</b> | Centrale double flux sans recyclage | <b>Centrale double flux</b><br><b>Marque HELIO ou équivalent type KWLC EC 1200 Modèle vertical flux superposés configuration W</b><br><br>Régulation "EASY" intégrée avec panneau d'affichage en façade IP65 pour installation intérieure ou extérieure, communicante en MODBUS via port RS485 By-pass 100 %, interne à la centrale, équipé de servomoteurs pilotés automatiquement par la régulation intégrée qui assure les fonctions FREE-COOLING et NIGHT-COOLING | La Centrale double flux installée est équipée d'un by-pass permettant de réduire les consommations de ventilation en été, et de réduire les débits en période d'inoccupation.                       |
| <b>Efficacité de l'échangeur</b>         | 70 %                                | Rendements supérieurs à 90 % (EN308),   | Le rendement spécifié dans le DCE est plus optimiste que celui de l'étude thermique.  |
| <b>Puissance auxiliaire échangeur</b>    | 100 W                               | Puissance non précisée  | À rechercher dans documentation technique de la CTA → OK<br><br>Remarque, la CTA étant en sous-sol, une pompe de relevage doit être installée pour évacuer les condensats. Sa puissance est de 90W. |

| Caractéristiques                 | Hypothèses de la note de calcul   | Formulation du DCE   | Commentaires  |
|----------------------------------|---|--|---|
| Puissance des ventilateurs       | 500W<br>Puissance non précisée  |  | À rechercher dans la documentation technique de la CTA puissance trouvée dans doc installateur : 670W |
| Perméabilité du réseau sous 4 Pa | Classe A<br><br>Les contraintes suivantes seront respectées :<br>— l'étanchéité du réseau particulièrement soignée.<br>— les pertes de charges seront calculées pour les débits maximaux. | <b>10.6 Réseaux aérauliques</b><br>Les réseaux aérauliques devront atteindre la classe d'étanchéité A au sens de la norme NF X 10236<br>— l'étanchéité du réseau particulièrement soignée.<br>— les pertes de charges seront calculées pour les débits maximaux.   | Pas de divergence   |
| Débit hygiénique                 | Égal au débit réel<br>18 m <sup>3</sup> /h par occupant soit 90m <sup>3</sup> /h  | Débit total CTA : 1275 m <sup>3</sup> /h   | Débits à vérifier in situ.  |
| Type de gestion                  | Détecteurs de présence  | Régulation "EASY" intégrée avec panneau d'affichage en façade IP65 pour installation intérieure ou extérieure, communicante en MODBUS via port RS485   | Conforme  |
| Entrées d'air                    | Non décrit  | Salle de conférences :<br>Diffuseur buse grande portée<br>Type : WDA-D-SK-87-DS1<br>La diffusion de l'air dans la salle de conférence et la salle de réunion du RDC sera assurée par des buses grande portée de marque SCHAKO ou équivalent type <b>WDA-D-SK</b> .<br>Nombre : 5<br>Débit : 180 m <sup>3</sup> /h<br>Salle de réunion au RDC | Débit des bouches de soufflage standard non précisé   |
|                                  |   | <b>Diffuseur buse grande portée</b><br>Type : WDA-D-SK-80-DS1<br>Nombre : 1<br>Débit : 120 m <sup>3</sup> /h   | <b>Autres bouches de soufflage :</b><br>HELIOS ou équivalent type KTVZ                                |

| Caractéristiques            | Hypothèses de la note de calcul  | Formulation du DCE  | Commentaires |
|-----------------------------|--|---|--------------|
|                             | <p><b>Localisation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— bureaux des locaux AMCO</li> <li>— local évier de la salle de réunion du RDC</li> <li>— locaux de l'étage</li> </ul> <p>La reprise de l'air de la salle de conférence et de la salle de réunion du RDC sera assurée par une grille murale de marque SCHAKO type PA 1 ou équivalent.</p>  |   |              |
|                             | <p><b>Salle de conférence</b></p> <p>Type : PA1</p> <p>Position : murale</p> <p>Nombre : 1</p> <p>Débit : 900 m<sup>3</sup>/h</p> <p><b>Salle de réunion RDC</b></p> <p>Type : PA1</p> <p>Position : murale</p> <p>Nombre : 1</p> <p>Débit : 105 m<sup>3</sup>/h</p> <p><b>Autres bouches d'extraction :</b></p> <p>HELIOS ou équivalent type KTVZ</p> <p>Localisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— bureaux des locaux AMCO</li> <li>— local évier de la salle de réunion du RDC</li> <li>— locaux de l'étage</li> </ul> | <p><b>Débit des bouches d'extraction standard non précisé</b></p> |              |
| <b>Bouches d'extraction</b> | Non décrit   |   |              |

## Commentaires

La Centrale Double-Flux se trouve en sous-sol hors volume chauffé. Un calorifugeage des gaines de ventilation est prévu comme le confirme l'extrait suivant du DCE : « L'ensemble des conduits (soufflage et extraction) seront calorifugés. Le matériau employé sera de marque FRANCE AIR ou équivalent »

- « — mise en œuvre en sous-sol : épaisseur 50 mm
- mise en œuvre dans autres locaux : épaisseur 25 mm
- Description :
- Laine minérale protégée par un film aluminium armé par un pare-vapeur, muni d'une languette de recouvrement. »

## 2.3.2 - VMC simple flux

|  | Hypothèses de la note de calcul   | Formulation du DCE  | Commentaires   |
|--|-----------------------------------|---|--|
| <b>Mode de gestion de la ventilation</b> | Sans régulation locale            | L'extraction d'air des différents locaux se fera par un ventilateur de gaine mis en place dans le sous-sol (cf. plan).<br>Marque HELIOS ou équivalent type RR100C.<br>Pression : 200 Pa   |  |
| <b>Débit</b>                             | Non détaillé                      | <b>Débit : 135 m3/h</b><br><b>Bouches d'extraction : débit &lt; ou égal à 90 m3/h</b>   | Les puissances relevées dans la documentation constructeur ne sont pas du même ordre que celles saisies dans l'étude thermique |
| <b>Puissance ventilateurs</b>            | 40 W                              | Puissance, non précisée (Puissance 62/49 W selon doc constructeur)  |  |
| <b>Perméabilité du réseau sous 4 Pa</b>  | Classe A                          | Les réseaux aérauliques devront atteindre la classe d'étanchéité A au sens de la norme NF X 10236.  | <b>Pas de divergence</b>   |
| <b>Entrées d'air</b>                     | Non décrit dans l'étude thermique | <b>Entrées d'air autoréglables</b><br>Les entrées d'air seront disposées à une hauteur suffisante et de façon à ce que la circulation ne provoque pas de gêne dans la zone d'occupation.<br>Les grilles d'introduction d'air neuf dans les différents locaux seront en PVC, de type autoréglables. Elles seront de marque HELIOS ou équivalent type ALEF et répondant à une atténuation acoustique Dne <sup>3</sup> 36 dB(A). | RAS  |
| <b>Bouches d'extraction</b>              | Non décrit dans l'étude thermique | <b>Bouches d'extraction : débit &lt; ou égal à 90 m3/h</b><br>Les bouches d'extraction seront de type « autoréglable » de marque HELIOS, type AE mono-débit ou équivalent.  | RAS  |

### Commentaires

Les puissances des groupes d'extraction trouvées dans les documentations techniques sont plus élevées que celles saisies dans l'étude thermique. Une actualisation de l'étude thermique sera demandée au BET à la fin du chantier.

## 2.4 - Chauffage – Refroidissement

| Type de production   | Hypothèses de la note de calcul | Formulation du DCE  | Commentaire   |
|--|---------------------------------|---|---|
| Local de production  | En volume chauffé               | En sous-sol   | La production de chaleur se trouve hors volume chauffé  |
| Puissance d'installation                                       | 21,6 kW                         | Gamme de puissance nominale à 50/30°C : 6,5-26,0 kW à 80/60°C : 5,9-23,7 kW   | Conforme  |
| Type de chaudière  | Gaz condensation                | Gaz condensation : chaudière à condensation de marque VIESSMANN Vitodens 200-W Chaudière murale gaz à condensation simple service à pompe de circulation à puissance variable.  | Conforme  |
| Rendement de l'installation                                    | Non précisé                     | Non précisé   | Non précisé   |
| Réseau de distribution (implantation, isolation, distribution) | En volume chauffé               | Chaque circuit « RADIATEURS » (RDC et ETAGE) sera réalisé en tube acier et calorifugé<br>L'ensemble des canalisations installées en chaudière sera calorifugé, à l'aide de coquille de laine de verre type PROTECT 1000S de chez ISOVER ou équivalent.<br>Les réseaux d'alimentation chemineront en sous-sol, dans le vide des faux plafonds et en plinthe. | Une partie du réseau se situe hors volume chauffé, la chaudière étant implantée en sous-sol hors volume chauffé |
| Circulateurs   | Non précisé                     | La circulation de l'eau dans les circuits de chauffage sera assurée par des pompes simples à vitesse variable, fonctionnement à delta P variable.   | La puissance des circulateurs n'est pas précisée.   |
| Type d'émetteurs   | Non précisé                     | Le chauffage des différents locaux du bâtiment, sera assuré par des radiateurs panneaux de marque FINIMETAL type REGGANE 3000 ou équivalent :<br>— gamme verticale (V).<br>— gamme horizontale habillé (H).   |   |

| Type de production                        | Hypothèses de la note de calcul | Formulation du DCE  | Commentaire   |
|---|---------------------------------|---|---|
|   |                                 | <p><b>Régulation :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— pour installation équipée d'une chaudière</li> <li>— pour deux circuits de chauffage avec vanne mélangeuse</li> <li>— avec horloge numérique à programmes journalier et hebdomadaire</li> </ul> <p>-avec programmation autonome pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire.</p> <p>Une horloge de programmation (journalière/hebdomadaire/annuelle), permettra de réaliser des réduits de température suivant 3 consignes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— température de confort,</li> <li>— température de réduit,</li> <li>-température hors gel,</li> </ul> <p>-têtes thermostatiques équipées d'ergots permettant une limitation haute et basse de la température</p> |   |
| <b>Régulation des émetteurs</b>           | Non précisé                     | Avec Régulation Vитотронic 200 Type HO1A :<br>Régulation numérique de chaudière et de chauffage en fonction de la température extérieure pour marche à température d'eau de chaudière modulée.  | Un rapport du premier réglage sera remis au BET avant la réception des travaux. |
| <b>Mode de gestion</b>                    | Non précisé                     | Pas de chauffage auxiliaire   |   |
| <b>Mode de chauffage auxiliaire</b>       | Non précisé                     | 35,621  |   |
| <b>Consommation chauffage (en kWh/an)</b> |                                 |   |   |

### Commentaires

Le modèle de chaudière est bien saisi. De nombreux détails sont manquants dans l'étude thermique pour effectuer la comparaison avec le DCE (distribution, régulation). La chaudière et une partie du réseau de chauffage se situent hors volume chauffé. Des déperditions de chaleur pourront survenir par ce biais.

## 2.5 - Eau chaude sanitaire (ECS)

Le bâtiment fait appel à des ballons électriques pour la production d'eau chaude sanitaire. Ces ballons sont utilisés de manière ponctuelle au niveau des sanitaires. Ils ne font pas l'objet d'un suivi de consommation.

| Type de production ECS                             | Chauffe eau n°1                        | Chauffe eau n°2   |
|--|--|---|
| Puissance maximale fournie                         | Électrique                             | Électrique  |
| Réseau de distribution (Implantation et isolation) | Non précisé                            | Non précisé   |
| Ballon d'eau chaude                                | Chauffe-eau électrique et équivalent   | marque ATLANTIC ou Gamme ACI : ballon fixé au mur par l'intermédiaire d'un support.<br>oui  |
| Caractéristique du ballon                          |  | Perthes statiques : 0,82 kWh/24h à 65°C<br>Constante de refroidissement : 0,35 Wh/L.K. JOUR |
| Volume   | 30L                                    | 50 L  |
| Position   | Localisation :<br>— WC des locaux AMCO | Localisation :<br>— sous-sol<br>— placard du local Réserve à l'étage                        |
| Température de consigne                            | 65°C                                   | 65°C  |
| Consommation ECS (en kWh/an)                       | Non précisé                            | Non précisé   |

## 2.6 - Éclairage

L'éclairage représente un poste de consommation important dans les bâtiments tertiaires de bureaux. Son suivi est donc essentiel.

## 2.6.1 - Descriptif de l'éclairage

Le tableau suivant récapitule le mode de gestion de l'éclairage par local, tel que formulé dans le DCE.

| Localisation        | Mode de gestion   | Modèle  | Type d'éclairage   |
|---------------------|---|---|--|
| Salle de réunion    | Gestion de l'éclairage en fonction de l'éclairage naturel, de la présence, avec une action possible par l'usager sur des pousoirs de commande et une télécommande infrarouge  | THORN, système SensaDigital                           | Appareils suspendus ou intégrés à un faux-plafond démontable |
| Bureau de direction | Gestion de l'éclairage en fonction de l'éclairage naturel, de la présence, avec une action possible par l'usager sur des pousoirs de commande et une télécommande infra rouge | THORN, système SensaDigital                           |  |
| Salle de conférence | Ballasts électroniques à gradation numérique pilotés par un potentiomètre, commandes réunies dans coffret de commande   | Réglettes Arrowslim équipées de réflecteurs           | Dans le plenum du plafond                                    |
| Sanitaires et WC    | Interrupteurs à détection de mouvement IR, avec fonction crépusculaire  |   |  |
| Étage               | Gestion automatique en fonction de la luminosité.   |   | Suspension   |
| Hall d'entrée       | Gestion automatique en fonction de la luminosité.   | Circuit d'éclairage suspension luminaire LED encastré |  |
|                     |   | Circuit d'éclairage suspension avec SA à témoin       |  |

Le tableau suivant récapitule les luminaires installés et leur localisation. Les puissances de lampes installées ne sont pas connues.

| local                                   | Type de luminaire  | Puissance installée              |
|---|--|----------------------------------|
| HALL d'ENTRÉE, ESCALIER et HALL ÉTAGE   | 2 suspensions et lampes<br>11 luminaires encastrés à LED   | Inconnue<br>Inconnue             |
| EXISTANTS                               | 3 Blocs autonomes d'éclairage de sécurité évacuation et adhésif<br>1 luminaire applique et lampe<br>2 luminaires encastré LED  | Inconnue<br>Inconnue<br>Inconnue |
| SALLE de CONFÉRENCE                     | 22 luminaires encastré LED<br>14 luminaires Arrowslim, réflecteur, supports et lampe<br>13 luminaires suspension et lampe  | Inconnue<br>Inconnue<br>Inconnue |
| SALLE de REUNION                        | 3 Blocs autonomes d'éclairage de sécurité évacuation et adhésif<br>2 Blocs autonomes d'éclairage de sécurité ambiance<br>2 DSNA MaMe + "flash", alimentation et câblages | Inconnue<br>Inconnue<br>Inconnue |
| BUREAU 1 RDC                            | 1 Bloc autonome d'éclairage de sécurité évacuation et adhésif  | Inconnue                         |
| BUREAU 2 RDC                            | 4 luminaires et lampes   | Inconnue                         |
| BUREAU 3 RDC                            | 2 luminaires et lampes   | Inconnue                         |
| COULOIR (entre BUREAU 1, 2 ET 3 AU RDC) | 3 luminaires et lampes   | Inconnue                         |
| W-C RDC COTE BUREAU                     | 1 luminaire et lampe<br>2 luminaires applique  | Inconnue<br>Inconnue             |
| HALL AMCO ET DEGAGEMENT                 | 3 luminaires encastré LED<br>6 luminaires encastrés à LED  | Inconnue<br>Inconnue             |
| BUREAU AMCO                             | 1 Bloc autonome d'éclairage de sécurité évacuation et adhésif<br>2 luminaires et lampes  | Inconnue<br>Inconnue             |
| BUREAU MEDECIN AMCO                     | 2 luminaires et lampes   | Inconnue                         |

| local                  | Type de luminaire  | Puissance installée |
|------------------------|--|---------------------|
| BUREAU SECRETAIRE AMCO | 2 luminaires et lampes   | Inconnue            |
| W-C AMCO               | 1 luminaire encastré LED   | Inconnue            |
| COULOIR                | 5 luminaires et lampe  | Inconnue            |
|                        | 3 Blocs autonome d'éclairage de sécurité évacuation et adhésif         | Inconnue            |
| SECRÉTARIAT            | 3 luminaires et lampes   | Inconnue            |
| BUREAU                 | 3 luminaires et lampes   | Inconnue            |
| W-C                    | 2 luminaires encastré LED  | Inconnue            |
| RÉSERVE                | 5 luminaires LED   | Inconnue            |
| SALLE de RÉUNION       | 1 luminaire maître et lampes   | Inconnue            |
|                        | 5 luminaires esclave et lampes   | Inconnue            |
| BUREAU de DIRECTION    | 1 luminaire suspension et lampes                                       | Inconnue            |
|                        | inconnue 1 luminaires LED  | Inconnue            |
|                        | 2 luminaires maître et lampes  | Inconnue            |
|                        | 2 luminaires esclave et lampes   | Inconnue            |
| SOUS-SOL               | 4 luminaires et lampes   | Inconnue            |
|                        | 8 luminaires et lampes   | Inconnue            |
| ECLAIRAGES EXTERIEURS  | 2 Blocs autonome d'éclairage de sécurité évacuation étanche et adhésif | Inconnue            |
|                        | 3 luminaires et lampes   | Inconnue            |
|                        | 2 Blocs autonome d'éclairage de sécurité évacuation étanche et adhésif | Inconnue            |
|                        | 1 luminaire applique et lampe  | Inconnue            |
|                        | 2 luminaires LED encastré en sol                                       | Inconnue            |
|                        | 5 luminaires et lampes   | Inconnue            |
|                        | 6 luminaires et lampes   | Inconnue            |

À la date du présent rapport, les puissances des lampes installées dans les luminaires ne sont pas connues.

## 2.6.2 - Gestion générale de l'éclairage

Une gestion automatisée de l'éclairage est prévue :

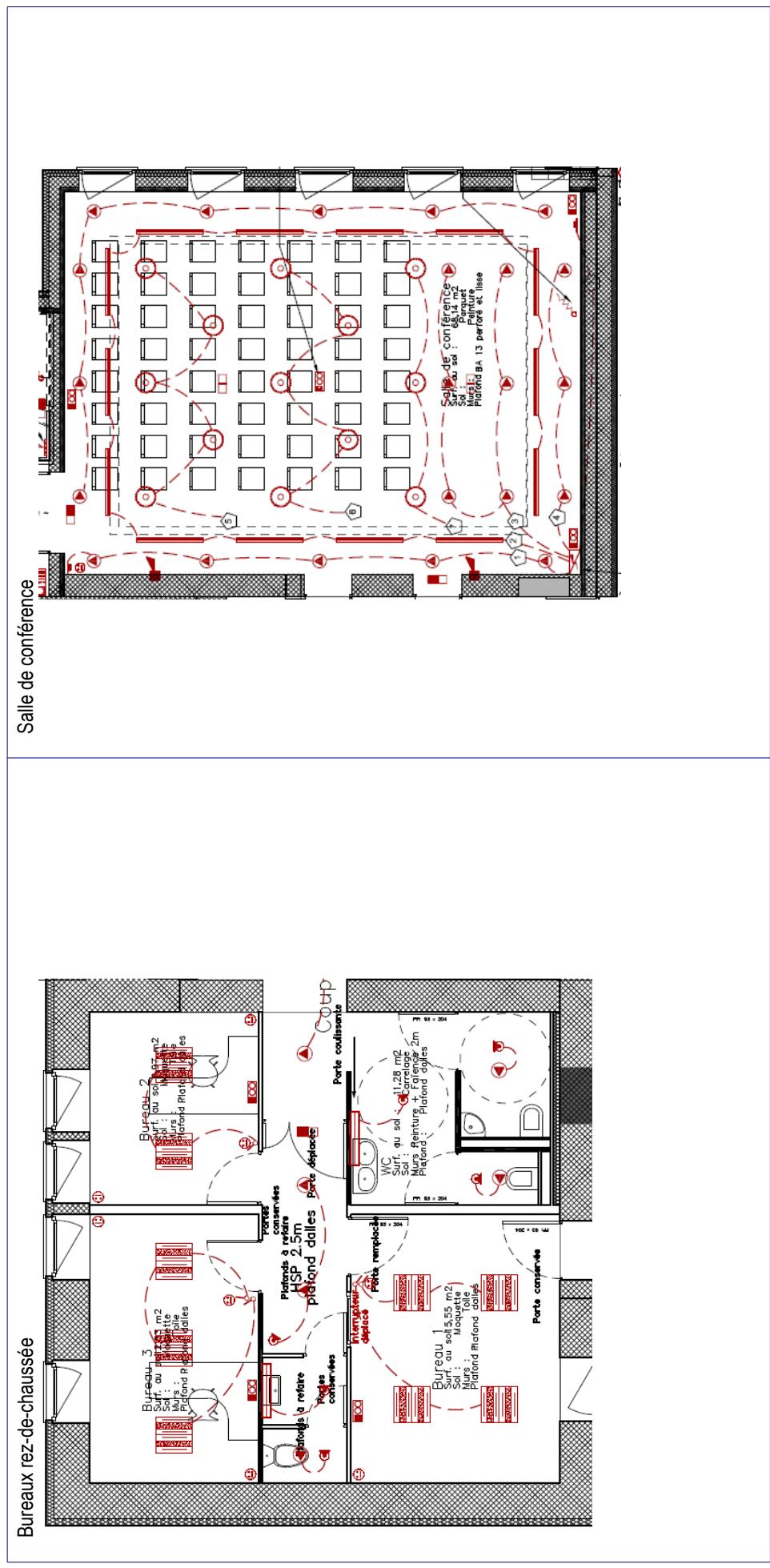
### Extrait du DCE

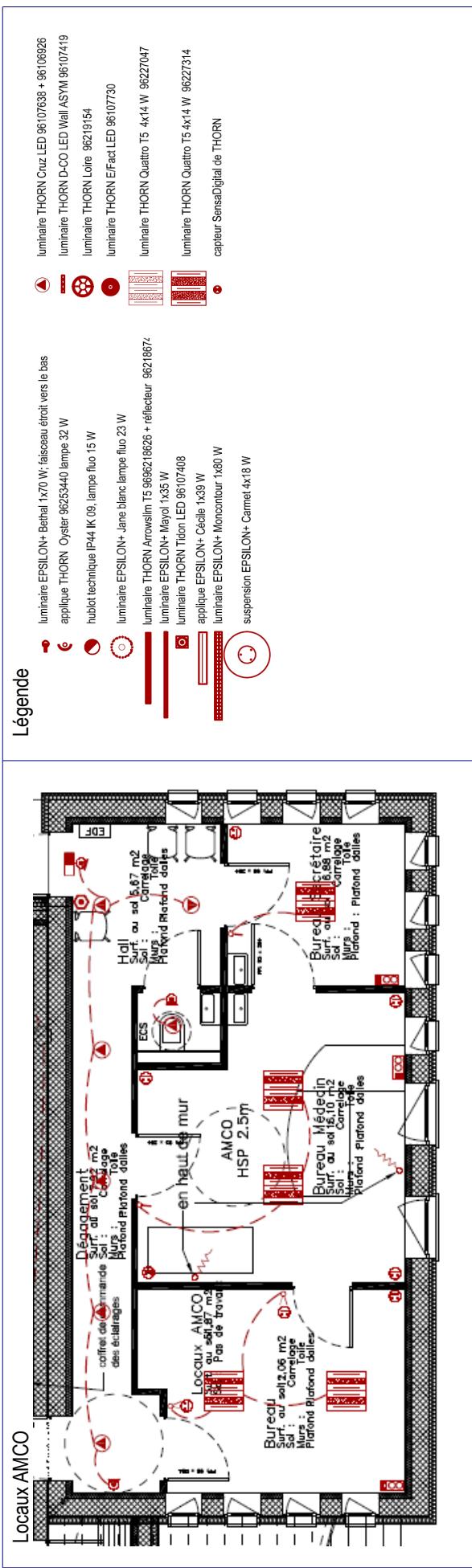
« Sans spécification particulière au présent document et en l'absence de référence précise, les appareillages associés aux luminaires (ballasts, alimentations), seront électroniques à haute fréquence, à haut rendement énergétique de classe EEI = B1 ou B2 minimum. Un automate de commande des éclairages sera créé et sera **constitué d'un programmeur astronomique et annuel**, disposant de quatre canaux de programmation séparés, avec mémoire en fichable et logiciel de programmation sur PC sous environnement Windows® genre TR 644 Top2 de HAGER ou équivalent. les entrées externes seront utilisées pour les commandes manuelles forcées. »

### Gestion de l'éclairage dans la salle de réunion

« Dans la salle de réunion créée à l'étage et dans le bureau de direction, les luminaires permettront d'obtenir la gestion de l'éclairage en fonction de l'éclairement naturel, de la présence, avec une action possible par l'usager sur des poussoirs de commande et une télécommande infra rouge. Les matériels prescrits à la légende, sont de marque THORN, système SensaDigital. Un des appareils pour chaque circuit sera équipé du capteur nécessaire et pilotera les appareils auxquels il est associé. Ces appareils seront dotés de ballasts électroniques à gradation numérique pilotés par un potentiomètre à intégrer dans le coffret de commande des éclairages.

### 2.6.3 - Plans d'éclairage





### 3 - Phase 2 : suivi de chantier, évaluation de la mise en œuvre

Les constituants effectivement installés ont été vérifiés lors de visites ponctuelles de chantier. Certains composants de l'enveloppe et des systèmes du bâtiment n'étaient pas accessibles ou visibles au moment des visites ; ils n'ont donc pas pu faire l'objet d'une vérification de mise en œuvre.

#### 3.1 - L'enveloppe

##### 3.1.1 - Parois opaques

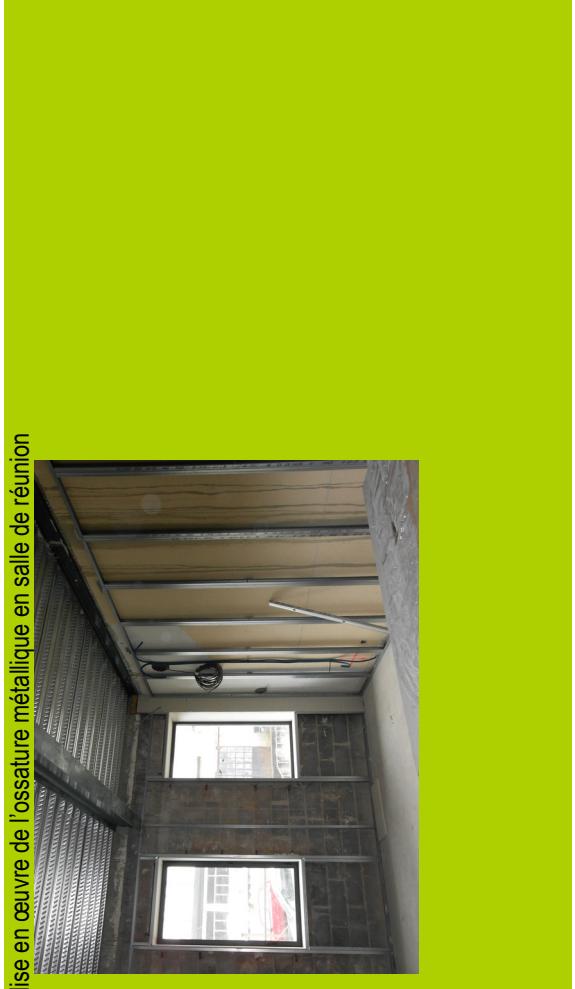
| Éléments techniques   | Formulation du DCE   | Principaux constats  |
|---|--|--|
| <b>Mur intérieur bureau après travaux</b> Plaques de plâtres à parement de carton "standard" : 1,3 cm, $\lambda = 0,250 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,052 \text{ m}^2\text{.K/W}$ | <b>CONTRE-CLOISON : BA13 SUR OSSATURE METALLIQUE</b><br>Clôisons de doublage à parement en plaques de plâtre vissées sur une face sur ossature en acier galvanisé de type Placostil de chez Placo-plâtre ou équivalent, permettant d'aménager un vide technique.<br>Parements : Plaque BA 13 à bords arrondis constituées d'une <b>âme en plâtre standard</b> , renforcées sur chaque face et sur les bords longitudinaux par une feuille de carton lisse <b>standard</b> , conforme à la norme NF P 72-302. Épaisseur de 12,5 mm.<br>Ossature comprenant des rails au sol et en plafond destinés à guider et à aligner les montants.<br>Montants supports pour grandes hauteurs et raidisseurs verticaux des parements, y compris reprises intermédiaires de liaison avec parois support par pattes à scellement, vissées entre les montants. | <br>Mise en œuvre soignée des plaques de BA 13. |

| Éléments techniques | Formulation du DCE   | Principaux constats   |
|---------------------|--|---|
|                     | <p>Laine de bois Diffutherm : <b>12 cm, <math>\lambda = 0,046 \text{ W/m.K}</math>, <math>R = 2,6 \text{ m}^2.\text{KW}</math></b></p> | <p>Système d'isolation thermique par l'extérieur avec isolation en fibre de bois de type Steico Protect de chez Steico ou Diffutherm de chez Gutex ou équivalent et d'un enduit minéral de finition, de type de chez Weber ou équivalent, comprenant :</p> <p>Nota : Les supports devront être correctement préparés. Ils devront être propres, dépoussiérées et ne présenter aucune inégalité importante de surface.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Profil bas de départ, posé horizontalement, implanté à 15 cm au dessus des sols finis extérieurs, fixé à la maçonnerie par vis à frapper tous les 30 cm env., y compris coupe d'onglet des profils au droit des angles saillants et rentrant, traitement de la dilatation, etc.</li> <li>— <b>Isolation en panneaux de fibre de bois de 120 mm (<math>R = 2,60 \text{ m}^2.\text{KW}</math> – densité 180 kg/m<sup>3</sup>), pose collée et fixé mécaniquement suivant indication du fabricant, montage façon « coupe de pierre » (joints non alignée),</b></li> </ul> <p>Quelques détails liés à la configuration du bâti existant sont difficiles à traiter</p>   <p>L'isolation mise en œuvre est différente de celle prescrite dans le DCE : en raison de problèmes de résistance mécanique et d'adhérence aux parois existantes de l'isolant initialement prévu, l'isolation par l'extérieur a été modifiée : mise en œuvre d'une isolation en laine de bois (10cm) maintenue par une ossature bois, sur laquelle est plaquée une épaisseur supplémentaire de laine de bois (3cm). Les montants d'ossature, sans constituer de réels ponts thermiques constituent des affaiblissements ponctuels de l'isolation. Les modifications de paroi devront être intégrées dans le nouveau calcul thermique.</p> |

| Éléments techniques | Formulation du DCE   | Principaux constats  |
|---------------------|--|--|
|                     | fixation complémentaire au droit des baies (encadrement complet), des angles et des rives hautes par chevilles à expansion, y compris toutes sujétions pour coupes, réglages, etc. |  |
| Toiture             | Plaques de plâtres à parement de carton "standard" : 1,3 cm, $\lambda = 0,250 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,052 \text{ m}^2.\text{K/W}$  | <p>Parquets : Plaque BA 13 à bords amincis constituées d'une <b>âme en plâtre standard</b>, renforcées sur chaque face et sur les bords longitudinaux par une feuille de carton lisse <b>standard</b>, conforme à la norme NF P 72-302. Épaisseur de 12,5 mm.</p>  <p>Soufflage de l'isolant non observé. Dans la mesure du possible, une thermographie sera effectuée au cours de l'hiver 2014 pour évaluer la mise en œuvre de l'isolant.</p> <p>Isolant : 28 cm, <math>\lambda = 0,032 \text{ W/m.K}</math>, <math>R = 8,750 \text{ m}^2.\text{K/W}</math></p> <p>03-06 ISOLATION SOUS TOITURE ET SUPPORT</p> <p>Isolation sous toiture comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Support d'isolation en panneaux OSB de 12 mm d'épaisseur, fixé entre pannes lamellé collé par l'intermédiaire d'une ossature complémentaire en chevrons sapin traité.</li> <li>— Film frein vapeur, permettant la régulation de la migration de la vapeur d'eau au travers des parois de type Doerken ou équivalent, y compris bande d'étanchéité pour une parfaite continuité du film (angles rentrants et sortants, recouvrement des lais, caufeutrement des</li> </ul> |

| Éléments techniques  | Formulation du DCE  | Principaux constats   |
|--|---|---|
| <p>gaines et tuyaux) et traitement de l'étanchéité autour des ouvertures avec ruban adhésif de la même marque, fixé par l'intermédiaire de tasseaux en sapin traité de 27 mm d'épaisseur, tous les 60 cm pour permettre la tenue du pare-vapeur et le support des rails MOB.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Isolation par soufflage de ouate de cellulose en vrac pour une épaisseur totale finie de <b>35 cm (<math>R = 8,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}</math> – densité <b>80 kg/m³</b>)</b>. L'ensemble devra être régulièrement répartie pour assurer une parfaite continuité d'isolation.</li> <li>— Fourniture et pose d'un écran pare-pluie, de type Doerken Delta vents + VITAXX ou équivalent, constitué d'un non-tissé en fibre de polyéthylène haute densité fixé sur panneaux LC vues ci-dessus, y compris toutes sujétions de renforts et d'ossature complémentaire. Posé avec retour encollé sur les murs au niveau de la laine de bois de façon à assurer l'étanchéité à l'air.</li> </ul> <p>Destination des ouvrages :<br/>Isolation en sous face de l'ensemble de la couverture de l'extension.</p> | <p>Mise en œuvre soignée du frein vapeur :</p>  | <p>Panneaux de laine de roche mis en œuvre : épaisseur conforme</p> <p>Plafonds 2</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Isolation sur plafonds en laine de roche de 100 mm pour l'ensemble des plafonds du RDC.</li> </ul> <p>Destination des ouvrages :<br/>Suivant plans et coupes.<br/>Pour plafonds des locaux suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Au RDC :</li> <li>— Dégagement, Bureaux 1, 2 et 3, Sanitaires (WC)</li> </ul> |

| Éléments techniques | Formulation du DCE  | Principaux constats   |
|---------------------|---|---|
|                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Salle de Réunion</li> <li>— Ensemble des locaux AMCO.</li> </ul> <p>— Application d'une isolation thermique composée de fibres roche minérale (hormis l'amiante), modulées régulièrement, cardées et aérées, de liants secs inorganiques, d'adjuntoirs divers et d'agents anti-poussière.</p> <p>Épaisseur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 120 mm minimum (pour isolation thermique <math>R = 2,61 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}</math>).</li> </ul> |   |
|                     | <p>Plaques de plâtres à parement de carton 'standard' : 1,3 cm, <math>\lambda = 0,250 \text{ W/m.K}</math>, <math>R = 0,052 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}</math></p> <p>Divers (1800 &lt;p&gt;ou = 2000) : 1 cm, <math>\lambda = 1,3 \text{ W/m.K}</math>, <math>R = 0,008 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}</math></p>   | <p>Parements : Plaque BA 13 à bords amincis constituées d'une <b>âme en plâtre standard</b>, renforcées sur chaque face et sur les bords longitudinaux par une feuille de carton lisse <b>standard</b>, conforme à la norme NF P 72-302. Épaisseur de 12,5 mm.</p> <p>/</p>  |

| Éléments techniques   | Formulation du DCE  | Principaux constats  |
|---|---|--|
| Laine de bois Diffutherm : 12 cm, $\lambda = 0,046 \text{ W/m.K}$ , $R = 2,6 \text{ m}^2.\text{kW}$ | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Isolation en panneaux de fibre de bois de 120 mm (<math>R = 2,60 \text{ m}^2.\text{kW}</math> – densité 180 kg/m<sup>3</sup>), pose collée et fixé mécaniquement suivant indication du fabricant, montage façon « coupe de pierre » ( joints non alignée),</li> </ul>  | <p>Comme pour l'ensemble des parois extérieures l'isolation mise en œuvre est différente de celle du DCE ; celle-ci est fixée sur montants d'ossature bois, avec une plaque de fibre de bois fixée en contreventement.</p> |
|   | <p><b>Mur salle de réunion</b></p> <p>Doublage isolant : 10 cm, <math>\lambda = 0,038 \text{ W/m.K}</math>, <math>R = 2,632 \text{ m}^2.\text{kW}</math></p> <p>Contre-clôison : avec isolation<br/>Contre cloison de 140 mm d'épaisseur de chez Placoplâtre ou équivalent, comprenant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Ossature constituée de cornières et fourrures F530 fixé contre maçonnerie par l'intermédiaire d'écarteurs, ou montants et rails de type placostil ou équivalent.</li> <li>– Isolation en panneaux de laine de verre de 120 mm d'épaisseur, avec pare-vapeur.</li> <li>– Parements constitués de 1 BA13 "standard"</li> </ul> <p>Destination des ouvrages :</p> <p>Suivant plans :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Pour doublage avec 120 mm d'isolation du mur contre cage d'escalier d'accès au Sous-sol donnant dans Sanitaires au RDC et au droit du rebouchage de la fenêtre du logement à l'étage.</li> </ul> |    |

| Éléments techniques | Formulation du DCE   | Principaux constats  |
|---------------------|--|--|
|                     | <ul style="list-style-type: none"><li>Pour doublage avec 45 mm d'isolation des murs existants en périphérie des locaux AMCO au RDC, y compris habillages des embrasures.</li></ul> |   <p>Mise en œuvre de la laine de verre</p> |

| Éléments techniques  | Formulation du DCE  | Principaux constats   |
|--|---|---|
| Laine de bois Diffulherm : 12 cm, $\lambda = 0,046 \text{ W/m.K}$ , $R = 2,6 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Isolation en panneaux de fibre de bois de 120 mm (<math>R = 2,60 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}</math> – densité 180 kg/m³), pose collée et fixé mécaniquement suivant indication du fabricant, montage façon « coupe de pierre » ( joints non alignée),</li> </ul> |  <p>Technique d'isolation différente (voir plus haut)</p>  |
| Divers { 1800 < p<ou = 2000) : 1 cm, $\lambda=1,3 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,008 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ | Enduit ou bardage   |  <p>L'ensemble du bâtiment est recouvert par un bardage, différent selon les façades : Eternit en partie basse, et clins en bois composite.</p> |

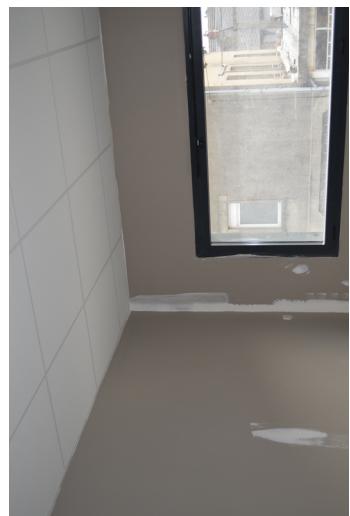
| Éléments techniques   | Formulation du DCE  | Principaux constats  |
|---|---|--|
| <b>Mur bureau après travaux</b><br><br>Plaques de plâtre à parement de carton "standard" : 1,3 cm, $\lambda = 0,250 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,052 \text{ m}^2\text{.K/W}$ | Parements : Plaque BA 13 à bords amincis constituées d'une <b>âme en plâtre standard</b> , renforcées sur chaque face et sur les bords longitudinaux par une feuille de carton lisse <b>standard</b> , conforme à la norme NF P 72-302. Épaisseur de 12,5 mm. |   |
|   | Laine de bois Diffutherm : 12 cm, $\lambda = 0,046 \text{ W/m.K}$ , $R = 2,6 \text{ m}^2\text{.K/W}$<br>Divers (1800 <pou = 2000) : 1 cm, $\lambda = 1,3 \text{ W/m.K}$ , $R = 0,008 \text{ m}^2\text{.K/W}$  | <ul style="list-style-type: none"> <li>— Isolation en panneaux de bois de 120 mm (<math>R = 2,60 \text{ m}^2\text{.K/W}</math> – densité 180 kg/m³), pose collée et fixé mécaniquement suivant indication du fabricant, montage façon « coupe de pierre » ( joints non alignée),</li> </ul>  |

## commentaires

Dans l'ensemble, les travaux d'exécution de l'enveloppe ont été réalisés conformément au dossier de consultation des entreprises avec une mise en œuvre soignée. Certains détails liés à la configuration du bâti existant ont été difficiles à traiter : angles, liaisons entre le bâti existant et l'extension bois en toiture, mais globalement la mise en œuvre est satisfaisante. La seule modification majeure concerne l'isolation par l'extérieur : l'isolant initialement prévu n'apportait pas une résistance mécanique à l'arrachement suffisante. De plus, la non-planéité des murs existants posait des problèmes de mise en œuvre. L'isolation par l'extérieur a donc été entièrement revue, avec une ossature de fixation modifiant légèrement la performance de l'enveloppe.

### 3.1.2 - Parois vitrées

| Hypothèses de l'étude  | Formulation du DCE  | Principaux constats  |
|--|---|--|
| <p><b>Fenêtre : Menuiserie n°1</b> Fenêtre en métal avec rupture de pont thermique avec double vitrage à isolation renforcée et remplissage argon, sans fermeture,</p> <p><math>U = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K} - U_{J/N} = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}</math></p> <p><b>Facteur solaire :</b><br/>RCL : 70,00 %<br/>Vitrage : 0,63<br/>Réglementaire : 0,45</p> <p>Protection été :<br/>Atténuation extérieure : 1,00<br/>Voilage : non</p> | <p><b>Lot : 4 MENUISERIE ALUMINUM – SERRURERIE</b></p> <p>L'entrepreneur aura à sa charge la fourniture et la pose de toutes les menuiseries extérieures aluminium et leurs accessoires.</p> <p>Les profils et tôles d'aluminium seront anodisés avec finition laquée par poudre polyester thermодurcissable, couleur au choix de l'Architecte (<b>teinte gris anthracite</b>), Épaisseur laque après cuisson supérieure à 60 microns.</p> <p>Le traitement de surface devra faire l'objet du label QUALICOAT, accompagné d'une garantie décennale.</p> <p>Les accessoires visibles en alu, tels que poignées, paumelles, etc., recevront la même finition que les profilés.</p> <p>Le classement des ensembles menuisés et ouvrants seront : A3 E5 VA2.</p> <p>Profils à rupture de pont thermique.</p> <p><b>Double vitrage isolant :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Pour les menuiseries du RclC (face intérieur anti-effraction face extérieure Stadip).</li> <li>— Pour les menuiseries de l'étage (2 faces Stadip).</li> </ul> <p>Caractéristiques thermiques pour l'ensemble :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— <math>U_w = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K} ; U_{J/N} = 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}</math></li> <li>— Facteur solaire du vitrage : 0,63</li> <li>— Facteur solaire hiver de la menuiserie : 0,45</li> <li>— Facteur solaire été de la menuiserie sans protection solaire : 0,45</li> <li>— Facteur solaire été de la menuiserie avec protection solaire : 0,08</li> </ul> <p>À l'extérieur les bavettes en alu, les dispositifs courants et réglementaires de calfeutrement en nez de plancher.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Bavettes en aluminium débordantes en façade formant goutte</li> </ul> | <p>Mise en œuvre des menuiseries de l'étage. Le joint d'étanchéité bien visible est réalisé de manière soignée</p>  <p>La jonction entre le pare-vapeur et le dormant des menuiseries est réalisée avec l'adhésif approprié. La mise en œuvre de l'adhésif est globalement bonne mais pas toujours parfaite, du fait de singularités.</p> |

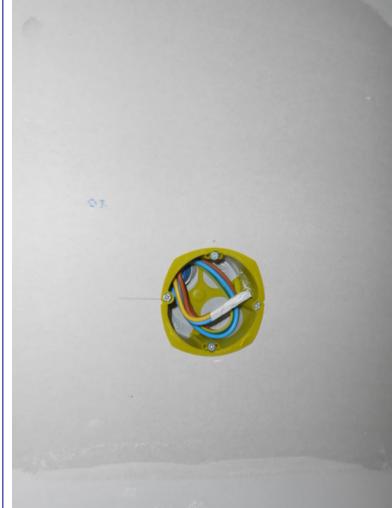
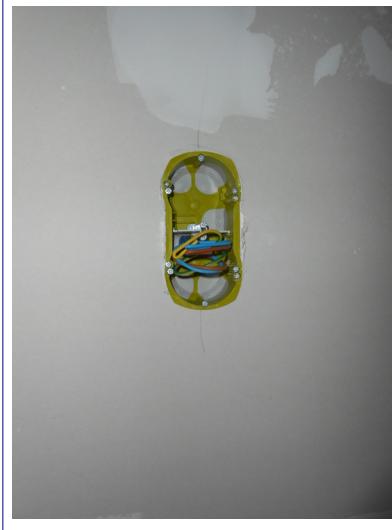
| Hypothèses de l'étude thermique   | Formulation du DCE   | Principaux constats |
|---|--|---------------------|
| <p>d'eau sur seuil ou appuis de certaines baies (hors portes d'entrée et appuis ou seuil saillant : voir plan architecte)</p> <p>À l'intérieur, profils cornières, chants plats, etc. pour raccords avec enduits ou doublages.</p> <p>Suivant plans et détails, partie fixe pleine, meneaux seront réalisés en profils d'aluminium de même teinte que les menuiseries. Le remplissage sera réalisé en 2 panneaux d'aluminium avec interposition d'isolant STYROFOAM de 60 mm d'épaisseur (classement M0).</p> <p>Y compris fourniture et pose des bouches d'entrée d'air neuf, suivant indication du chauffagiste.</p> <p>Double vitrage isolant pour l'ensemble (<b>face intérieure anti-effraction, face extérieure Stadip</b>).</p> <p><b>Destination des ouvrages :</b></p> <p>Suivant plans et façades :</p> <p>Pour ensemble vitré (avec porte à 2 vantaux et parties fixes) de l'Entrée au RDC.</p> <p>Pour porte d'entrée de la Salle de réunion au RdC.</p> <p>Pour porte d'entrée des locaux Anco au RdC.</p> <p>Châssis à la française et oscillo-battant :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Étanchéité entre dormant et ouvrant, assurée par un joint médian en EPDM bi-composant cellulaire formant chambre d'équilibre avec l'extérieur, ce même joint servant en battée à l'intérieur, sans interruption au droit de la paumelle.</li> </ul> |    |                     |

## Commentaires

Les menuiseries installées sont conformes aux prescriptions du DCE. Leur mise en œuvre est soignée. Les épaisseurs de lame d'air des vitrages vérifiées au vitromètre laser sont conformes aux valeurs saisies dans l'étude thermique et le DCE.

### 3.2 - Perméabilité à l'air du bâtiment

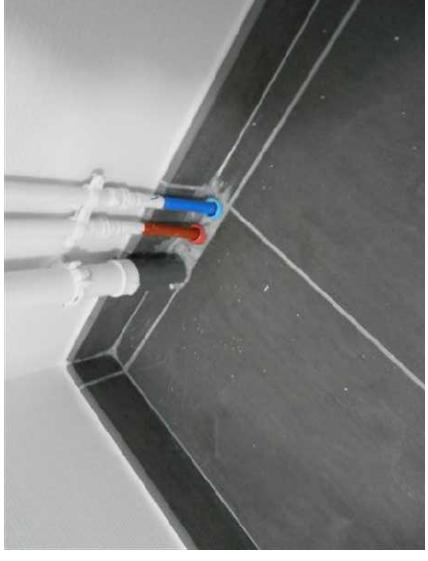
#### Traitement de l'étanchéité

|  |   |   |
|--|---|---|
|  |  |                         |
| <b>Boîtiers électriques étanches</b>   | <b>Boîtiers électriques étanches</b>  | <b>Le pare-vapeur de l'isolant intérieur dans la partie existante n'est pas systématiquement scotché.</b> |

## Test d'étanchéité final

La valeur de perméabilité obtenue au test final sur la partie réhabilitée est de  $1,35 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  de fuite sous 4 Pascals, pour un objectif annoncé de  $1,7 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$ , ce qui est plutôt bon compte tenu des difficultés de gestion des interfaces d'un tel projet. Les menuiseries ont été particulièrement bien traitées. Les quelques fuites repérées venaient des traversées de réseau d'eau et de gaines électriques en attente.

## Principales fuites

|   |  |   |
|---|--|---|
|  |  |  |
| Passage de canalisations d'eau dans le plancher du rez-de chaussée                | Passage de gaines électriques en attente, dans le faux plafond des locaux AMCO     | Passage de canalisations d'eau dans le plancher du rez-de chaussée                  |

### 3.3 - La ventilation

#### 3.3.1 - CTA Double flux

| Caractéristiques   | Formulation du DCE   | Principaux constats  |
|--|--|--|
| <p><b>Centrale double flux sans recyclage</b></p> <p>Efficacité de l'échangeur 70 %<br/>Puissance auxiliaire échangeur : 100 W<br/>Puissance des ventilateurs : 500W</p> | <p>Centrale double flux Marque HELIO ou équivalent type KWLC EC 1200 Modèle vertical flux superposés configuration W</p> <p>Régulation "EASY" intégrée avec panneau d'affichage en façade IP65 pour installation intérieure ou extérieure, communicante en MODBUS via port RS485</p> <p>Rendements supérieurs à 90 % (EN308),</p>  |  <p>CTA installée conforme au DCE. Les filtres d'air neuf sont facilement accessibles pour leur remplacement périodique.</p> |
| <p>Perméabilité du réseau sous 4 Pa Classe A</p>   | <p><b>10.6 Réseaux aérauliques</b><br/>Les réseaux aérauliques devront atteindre la classe d'étanchéité A au sens de la norme NF X 10 236<br/>Les contraintes suivantes seront respectées :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— l'étanchéité du réseau particulièrement soignée.</li> <li>— les pertes de charges seront calculées pour les débits maximaux.</li> </ul> |  <p>Le calorifugeage des réseaux hors volume chauffé est particulièrement soigné.</p>                                      |

| Caractéristiques  | Formulation du DCE  | Principaux constats   |
|---|---|---|
| <b>Débit hygiénique</b><br>Égal au débit réel<br>18 m <sup>3</sup> /h par occupant soit 90m <sup>3</sup> /h | Débit total CTA : 1275 m <sup>3</sup> /h  | Débit à mesurer lors des enquêtes ponctuelles   |
| <b>Type de gestion</b><br>DéTECTEURS DE PRÉSENCE  | Régulation "EASY" intégrée avec panneau d'affichage en façade IP65 pour installation intérieure ou extérieure, communicante en MODBUS via port RS485  | Conforme  |
| <b>ENTRÉES D'AIR</b>  | Salle de conférences : Diffuseur buse grande portée Type : WDA-D-SK-87-DS1 La diffusion de l'air dans la salle de conférence et la salle de réunion du RDC sera assurée par des buses grande portée de marque SCHAKO ou équivalent type WDA-D-SK.<br>Nombre : 5<br>Débit : 180 m <sup>3</sup> /h<br>Salle de réunion au RDC | Salle de conférence : Bouches de soufflage conforme au DCE des mesures de débit ponctuelles seront effectuées lors des enquêtes.<br><br>Salle de réunion :<br> |

| Caractéristiques            | Formulation du DCE  | Principaux constats   |
|-----------------------------|---|---|
|                             | Bureaux des locaux AMCO :   | <br> |
| <b>Bouches d'extraction</b> | <p>La reprise de l'air de la salle de conférence et de la salle de réunion du RDC sera assurée par une grille murale de marque SCHAKO type PA1 ou équivalent.</p> <p>Autres bouches d'extraction : HELIOS ou équivalent type KTVZ</p> | <br> |

## Commentaires

La mise en œuvre de la ventilation double-flux est conforme aux prescriptions du DCE. Les débits de fonctionnement devront être mesurés en cours de fonctionnement.

### 3.3.2 - VMC simple flux

| Hypothèses de la note de calcul                                  | Formulation du DCE  | Principaux constats                          |
|--|---|--|
| <b>Ventilation simple flux</b><br>Puissance ventilateur 40 W     | L'extraction d'air des différents locaux se fera par un ventilateur de gaine mis en place dans le sous-sol (cf. plan).<br>Marque HELIOS ou équivalent type RR100C.<br>Pression : 200 Pa<br><b>Débit : 135 m<sup>3</sup>/h</b>   | Groupe non photographié à la date du rapport |
| <b>Entrées d'air</b><br>Non décrit dans l'étude thermique        | <b>Entrées d'air autoréglables</b><br>Les entrées d'air seront disposées à une hauteur suffisante et de façon à ce que la circulation ne provoque pas de gêne dans la zone d'occupation.<br>Les grilles d'introduction d'air neuf dans les différents locaux seront en PVC, de type autoréglables. Elles seront de marque HELIOS ou équivalent type ALEF et répondant à une atténuation acoustique Dne <sup>3</sup> 36 dB(A). | Non photographié à la date du rapport        |
| <b>Bouches d'extraction</b><br>Non décrit dans l'étude thermique | <b>Bouches d'extraction</b> : débit < ou égal à 90 m <sup>3</sup> /h<br>Les bouches d'extraction seront de type « autoreglable » de marque HELIOS, type AE mono-débit ou équivalent   | Non photographié à la date du rapport        |

### Commentaires

Les débits de la VMC simple flux seront mesurés lors d'une des visites ponctuelles pour les enquêtes.

### 3.4 - Chauffage – Refroidissement

| Hypothèses de la note de calcul   | Formulation du DCE   | Principaux constats  |
|---|--|--|
| Local de production<br>En volume chauffé  | En sous sol  | La production de chaleur se trouve hors volume chauffé : chaudière VIESSMANN Vitodens 200-W murale à condensation, à ventouse                          |
| Puissance d'installation<br>21,6 kW   | Gamme de puissance nominale<br>à 50/30°C : 6,5-26,0 kW<br>à 80/60°C : 5,9-23,7 kW  |   |
| Type de chaudière<br><b>Gaz condensation</b>  | Gaz condensation :<br>chaudière à condensation de marque VIESSMANN Vitodens 200-W<br>Chaudière murale gaz à condensation simple service à pompe de circulation à puissance variable.   | Modèle de chaudière conforme   |
| Réseau de distribution :<br>(implantation, isolation,<br>distribution)<br>En volume chauffé | Chaque circuit « RADIATEURS » (RDC et ETAGE) sera réalisé en tube acier et calorifugé<br>L'ensemble des canalisations installées en chaufferie sera calorifugé, à l'aide de coquille de laine de verre type PROTECT 1000S de chez ISOVER ou équivalent.<br>Les réseaux d'alimentation chemineront en sous-sol, dans le vide des faux plafonds et en plinthe. | Une partie du réseau se situe hors volume chauffé, la chaudière étant implantée en sous-sol hors volume chauffé. Le réseau est entièrement calorifugé. |
| <b>Type d'émetteurs</b><br>Non précisé  | Le chauffage des différents locaux du bâtiment, sera assuré par des radiateurs panneaux de marque FINIMETAL type REGGANE 3000 ou équivalent :<br>— gamme verticale (V).  |   |

| Hypothèses de la note de calcul | Formulation du DCE  | Principaux constats |
|---------------------------------|---|---------------------|
| — gamme horizontale habile (H). | Radiateurs conformes aux précisions du DCE. Les robinets thermostatiques n'étaient pas installés à la date de la photo. |                     |

### Commentaires

L'installation de chauffage est réalisée conformément au DCE. Une partie des réseaux hydrauliques passe effectivement hors du volume chauffé. Bien que ces réseaux soient calorifugés, des pertes de distribution seront générées de fait.

## 3.5 - Eau chaude sanitaire (ECS)

Le bâtiment fait appel à des ballons électriques pour la production d'eau chaude sanitaire. Ces ballons sont utilisés de manière ponctuelle au niveau des sanitaires. Ils ne font pas l'objet d'un suivi de consommation.

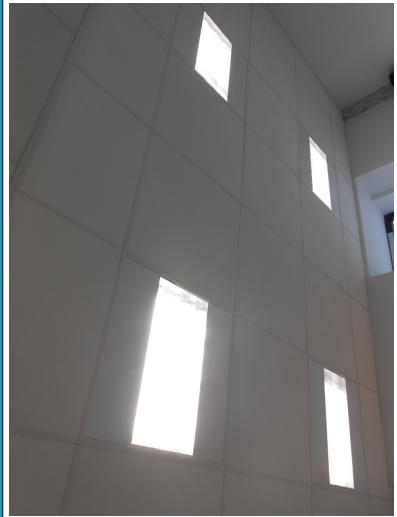
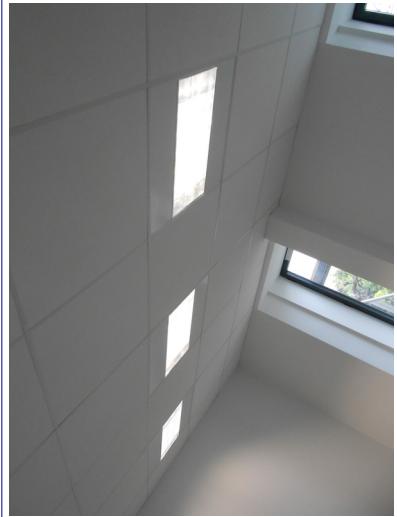
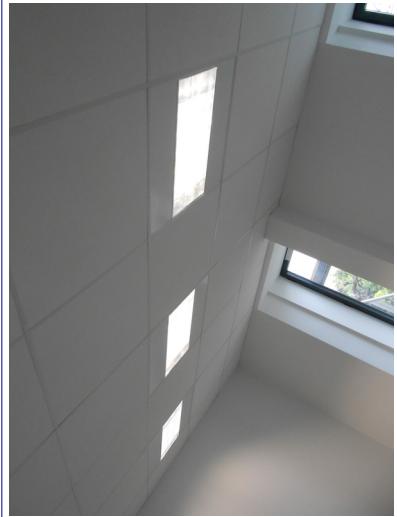
| Type de production ECS                             | Chauffe-eau n°1                                 | Chauffe-eau n°2   | Principaux constats |
|--|---|---|---------------------|
| Réseau de distribution (Implantation et isolation) | Électrique<br>Chauffe-eau électrique équivalent | Électrique<br>Chauffe-eau électrique de marque ATLANTIC ou équivalent |                     |
| Volume   | 30L   | 30L   |                     |
| Position   | Localisation :<br>— WC des locaux AMCO          | Localisation :<br>— WC des locaux AMCO                                |                     |
| Température de consigne                            | 65°C  | 65°C  |                     |
|  | Non précisé                                     | Non précisé   |                     |

| Type de production ECS                             | Chauffe-eau n°1  | Principaux constats |
|--|--|---------------------|
| Réseau de distribution (Implantation et isolation) | Électrique<br>équivalent<br>Gamme ACI : ballon fixé au mur par l'intermédiaire d'un support. | Non photographié    |
| Volume   | 50L  |                     |
| Position   | Localisation :<br>— sous-sol<br>— placard du local Réserve à l'étage                         |                     |
| Température de consigne                            | 65°C   |                     |
| Consommation ECS (en kWh/an)                       | Non précisé  |                     |

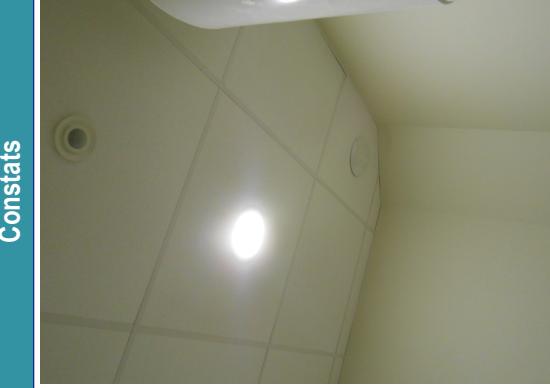
### 3.6 - Éclairage

| Local                                 | Type de luminaire   | Constats                             |
|---------------------------------------|---|--------------------------------------|
| HALL d'ENTRÉE, ESCALIER et HALL ÉTAGE | 2 suspensions et lampes<br>11 luminaires encastrés à LED                                    | Non photographié<br>Non photographié |
| SALLE de CONFÉRENCE                   | 22 luminaires encastré LED  |                                      |
|                                       | 14 luminaires Arrowslim, réflecteur, supports et lampe<br>13 luminaires suspension et lampe | Non photographié                     |



| local                                   | Type de luminaire         | Constats   |
|---|---------------------------|--|
| BUREAU 1 RDC                            | 4 luminaires et lampes    |   |
| BUREAU 2 RDC                            | 2 luminaires et lampes    |  |
| BUREAU 3 RDC                            | 3 luminaires et lampes    |  |
| COULOIR (entre BUREAU 1, 2 ET 3 AU RDC) | 1 luminaire et lampe      | Non photographié   |
| W-C RDC COTE BUREAU                     | 2 luminaires applique     | Non photographié   |
|   | 3 luminaires encastré LED | Non photographié   |

| local                   | Type de luminaire            | Constats  |
|-------------------------|------------------------------|---|
| HALL AMCO ET DEGAGEMENT | 6 luminaires encastrés à LED | 1 Bloc autonome d'éclairage de sécurité évacuation et adhésif |

**Commentaires**

L'éclairage installé est conforme aux plans de l'électricien.

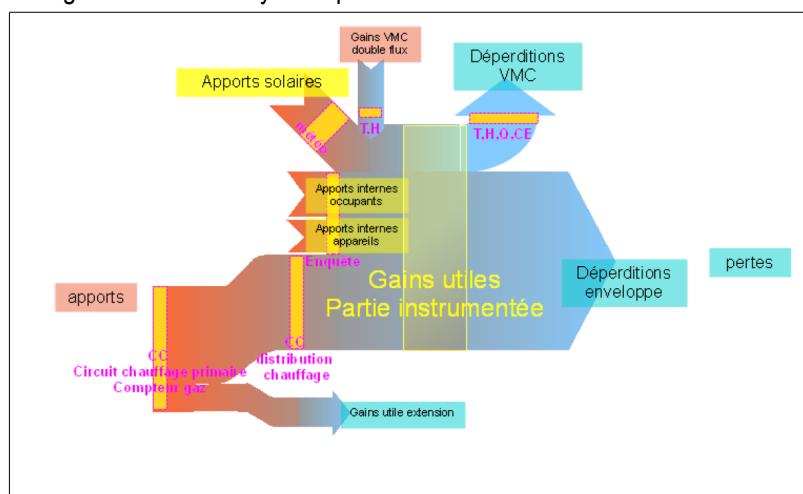
## 4 - Phase 3 : Suivi de l'exploitation du bâtiment

Le bâtiment de la Fédération Française du Bâtiment de la Creuse fait l'objet d'un suivi de ses performances énergétiques sur deux années complètes. Les mesures doivent commencer avant l'hiver 2013-2014. L'acquisition des données se fait au pas de temps horaire.

### 4.1 - Protocole de suivi

Une analyse des apports et des pertes d'énergie du système « bâtiment » est effectuée pour le bâtiment de la FFB. Il en résulte le diagramme de Sankey suivant :

Diagramme de Sankey de l'opération



| Légende |                        |
|---------|------------------------|
| T       | Température intérieure |
| H       | Hygrométrie intérieure |
| Q       | Débit d'air extrait    |
| CE      | Compteur électrique    |
| PAC     | Pompe à chaleur        |
| cc      | Compteur de calories   |

#### 4.1.1 - Description de l'instrumentation mise en place

##### Suivi des consommations de chauffage

Afin de suivre les consommations de chauffage, les compteurs suivants sont installés :

- **Compteur de volume gaz** pour comptabiliser l'énergie primaire utilisée pour le chauffage.
- **Localisation** : la consommation de gaz naturel sera relevée via le sous-compteur gaz à impulsion installé à proximité de la chaudière.

- **Fréquence d'acquisition des données :** horaire
- **Compteurs d'énergie thermique** pour comptabiliser l'énergie totale apportée pour le chauffage des locaux réhabilités :
  - un compteur pour le rez-de-chaussée réhabilité
  - un compteur pour soustraire les consommations de l'étage en construction neuve RT 2005
  - un compteur pour les locaux de la médecine du travail AMCO

## Consommation électrique des auxiliaires de chauffage

La consommation électrique de liée à la production de chauffage (circulateurs, pompes, régulation chaudière...) est mesurée :

- **Localisation :** le sous-comptage électrique s'effectue sur le tableau général du bâtiment. L'installation dissocie le comptage de la régulation et des deux circulateurs des circuits de chauffage. Le poids d'impulsion des compteurs est de 1 Watt Heure.
- **Fréquence d'acquisition des données :** horaire

## Suivi de la ventilation double flux

La consommation électrique de la centrale de traitement d'air double-flux à échangeur statique est mesurée :

- **Localisation :** Le sous-comptage électrique des postes de ventilation est effectué sur le tableau électrique général de la FFB.
- **Fréquence d'acquisition des données :** horaire

Afin de mesurer le rendement de l'échangeur de la CTA double flux, les mesures de température et hygrométrie suivantes sont récupérées sur la centrale de traitement d'air :

- température de l'air neuf entrant dans l'échangeur
- température de l'air neuf sortant de l'échangeur
- température de l'air extrait entrant dans l'échangeur.

## Suivi de la ventilation simple flux

La consommation électrique de la ventilation simple flux assurant le renouvellement d'air des bureaux est mesurée : consommation du ventilateur d'extraction et du système de régulation.

- **Localisation :** sur le tableau électrique général
- **Fréquence d'acquisition des données :** horaire

Débit de l'air extrait par la VMC simple flux : Des mesures ponctuelles de débit d'air extrait aux différentes bouches d'extraction seront effectuées par le CETE afin d'évaluer la part des pertes énergétiques causées par le renouvellement d'air.

## Suivi des consommations d'éclairage

La consommation électrique correspondant à l'éclairage du rez-de chaussée est mesurée sur le tableau électrique général.

## Suivi des ambiances intérieures

La température et l'hygrométrie sont mesurées au pas de temps horaire dans les locaux suivants.

| N° capteur    | Pièce               | Étage   | Position  | Modèle capteur          | Photo        |
|---------------|---------------------|---------|-----------|-------------------------|--------------|
| N°1           | Bureau n° 3         | Rdc     | ouest     | Hobo U12-012            |              |
| N°2           | Salle de réunion    | Rdc     | Sud-ouest | Hobo U12-012            |              |
| N°3           | Salle de conférence | Rdc     | est       | Hobo U12-012            |              |
| N°4           | Bureau AMCO         | Rdc     | Sud       | Hobo U12-012            | Pas de photo |
| N°5           | Étage               | Étage 1 | centre    | Hobo U12-012            |              |
| Station météo | Extérieur           | -       |           | Hobo station U 30 Wi-fi | Pas de photo |

## Suivi du climat local

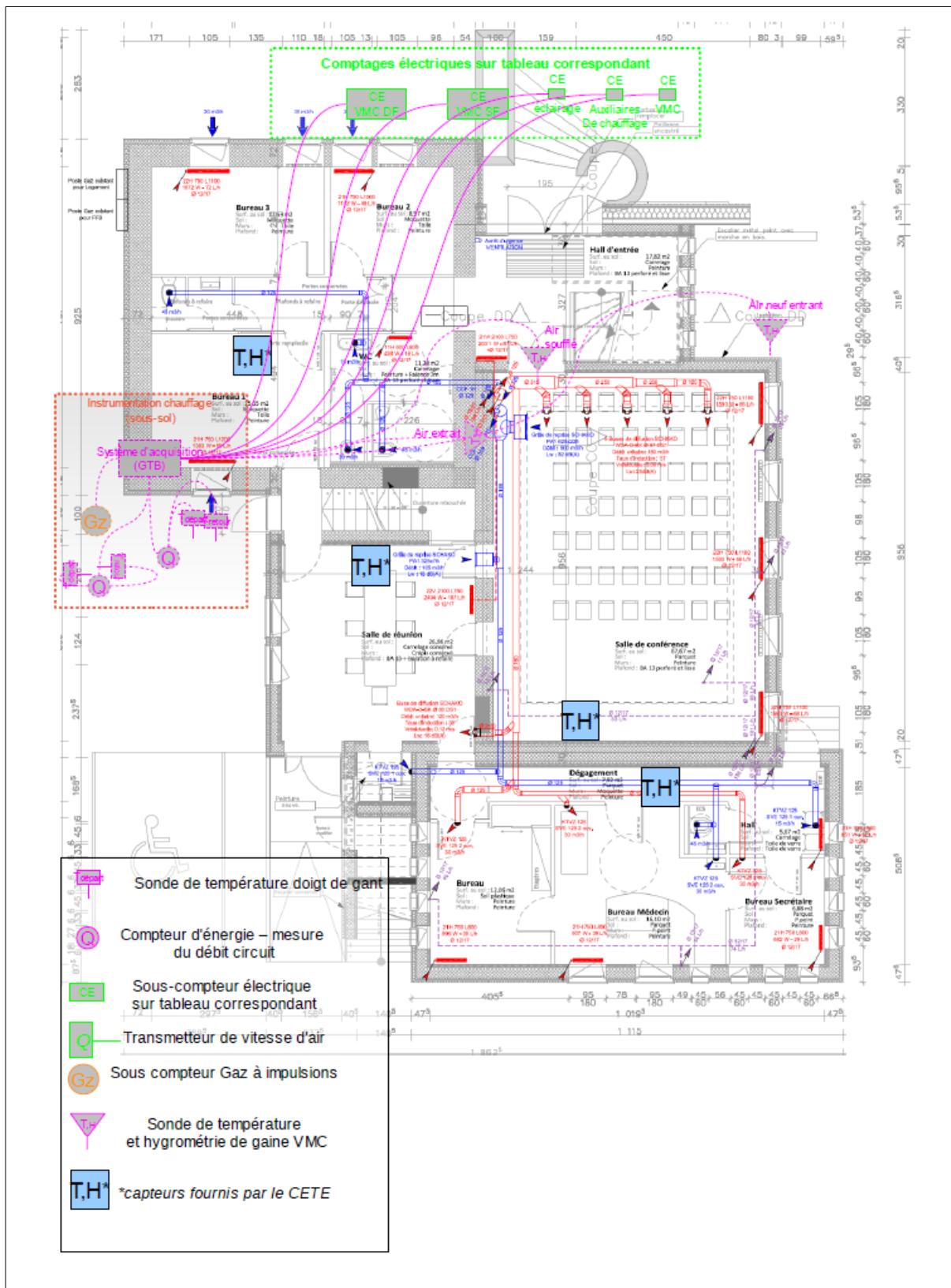
Pour quantifier les conditions extérieures au bâtiment, une station météorologique sera installée par le CETE. Cette station enregistrera la mesure des grandeurs suivantes :

- température et hygrométrie extérieure,
- rayonnement solaire diffus et direct sur un plan horizontal,
- vitesse du vent,
- direction du vent.

**Localisation :** la station sera fixée sur le toit de l'abri véhicule le 4 décembre 2013.

La précision des différents capteurs est détaillée en annexe 2.

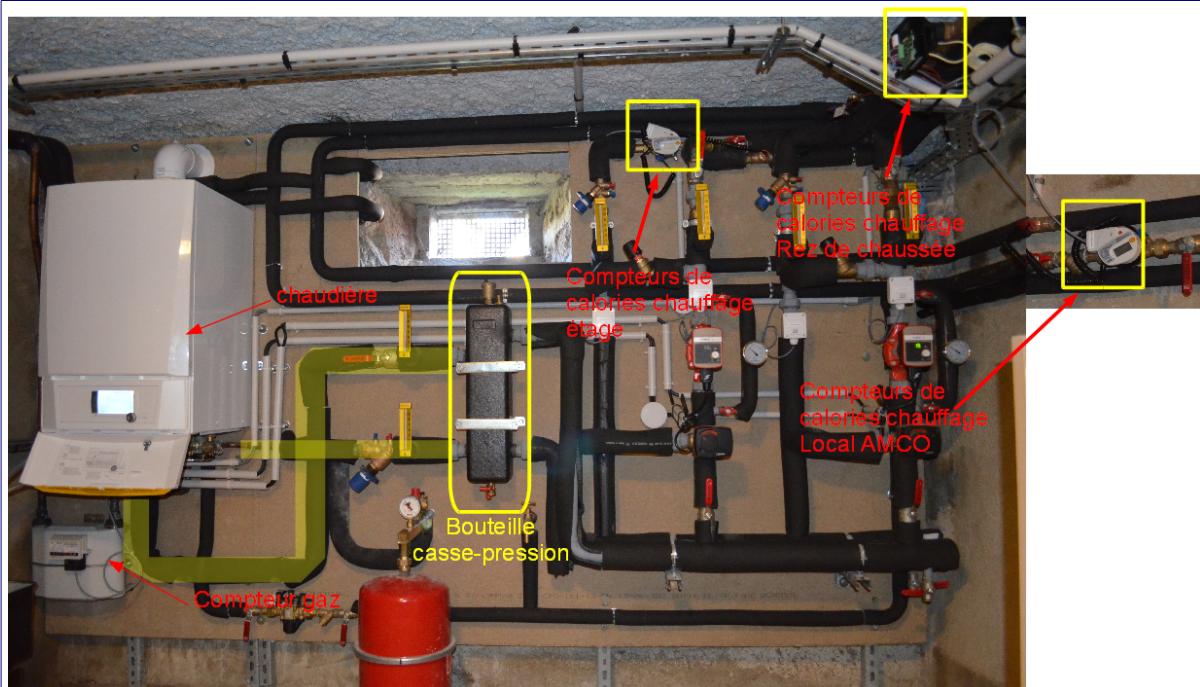
## 4.1.2 - Schémas de principe



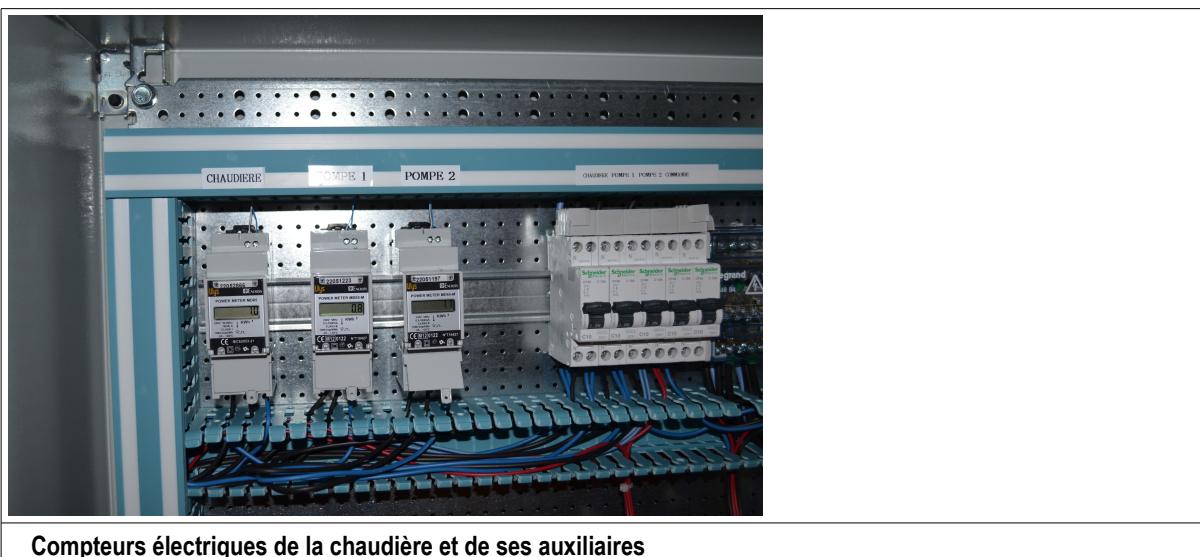
## 4.2 - Observations

### Mise en place des compteurs

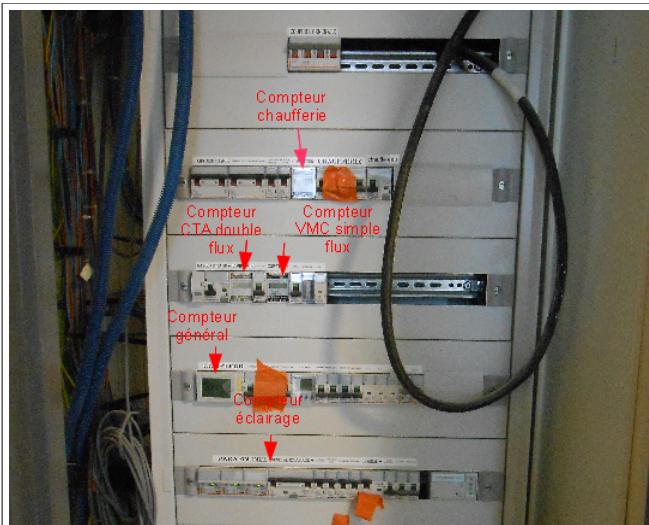
L'illustration ci-dessous permet de visualiser les différents sous-compteurs installés pour suivre la performance de l'installation de chauffage.



Synoptique d'instrumentation de la chaudière



Compteurs électriques de la chaudière et de ses auxiliaires



Compteurs électriques positionnés sur le tableau

## 5 - Analyse des données de la première année de fonctionnement

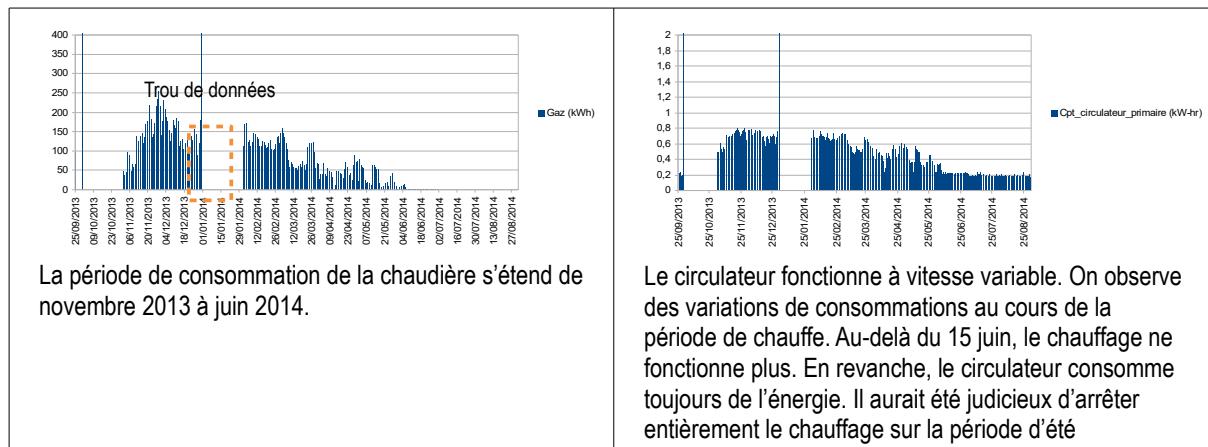
Ce chapitre présente l'analyse des données de la première année de fonctionnement du bâtiment.

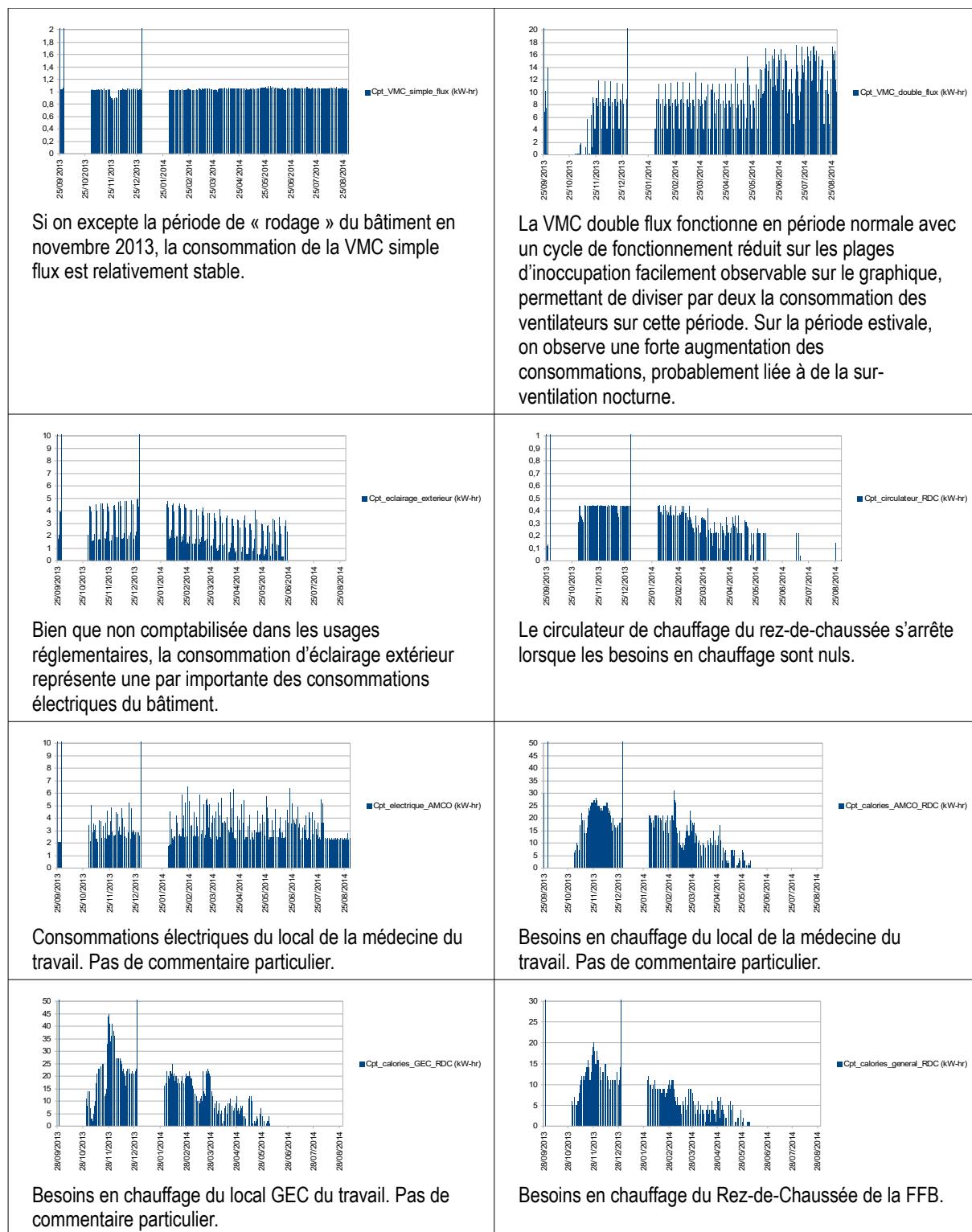
La première année de suivi des consommations des locaux de la Fédération du Bâtiment de la Creuse a débuté le 3 décembre 2013. En conséquence, ce rapport présente des analyses partielles de données allant de décembre 2013 à septembre 2014. Bien qu'il ne soit possible d'effectuer un bilan annuel complet, cette période d'étude permet déjà de dégager des tendances assez nettes des consommations annuelles, disposant sur la période d'étude d'un hiver complet et d'un été complet.

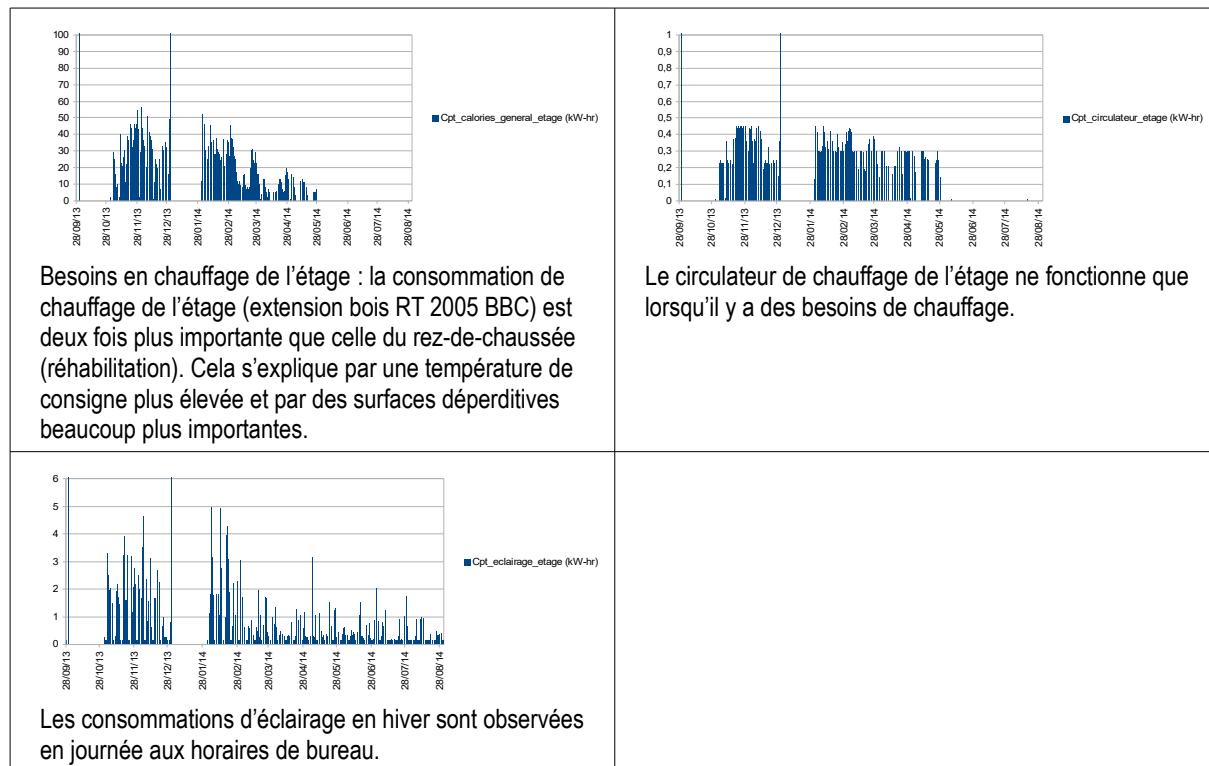
**Un contentieux entre l'entreprise de chauffage et le prestataire de paramétrage de l'instrumentation a privé le Cerema du suivi de la performance de l'échangeur de la CTA double-flux sur la première année de suivi.** Les données de température d'air soufflé et d'air extrait devaient en effet être récupérées directement des sondes internes de la CTA via le protocole de communication Mod-bus. Il s'est finalement avéré que la CTA communiquait avec un protocole Mod-bus propriétaire « bi-maître » et non « maître esclave », tel que défini par la norme, rendant la récupération d'informations impossible. Une solution avec des sondes placées dans les gaines et reliées à des enregistreurs autonomes est en passe d'être trouvée pour la deuxième année de suivi.

### 5.1 - Consommations journalières

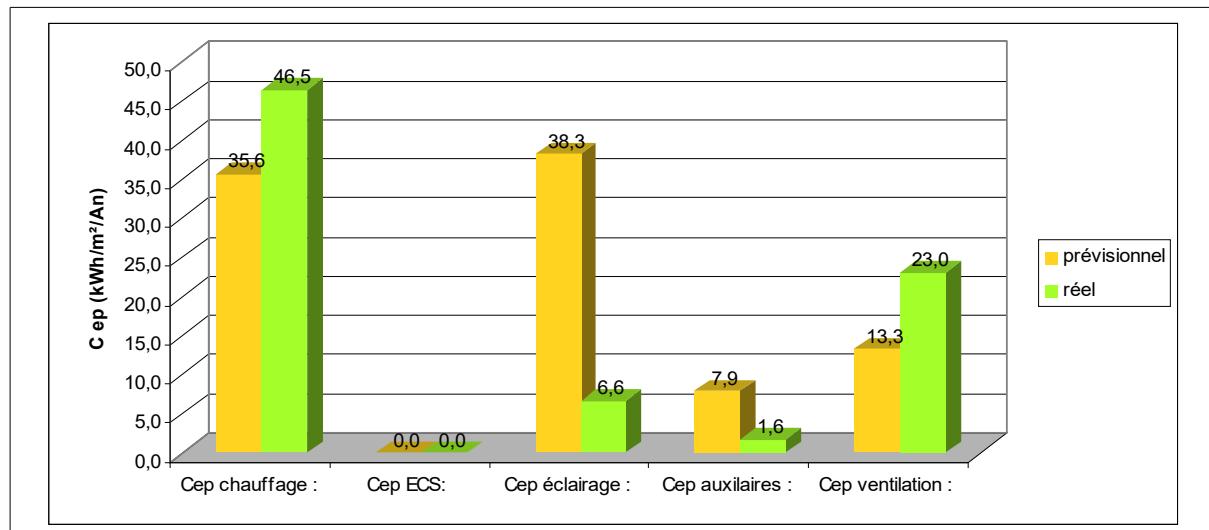
Avant de procéder à une analyse globale des consommations, l'évolution de celles-ci au cours de l'année a été étudiée. Une coupure du système de communication nous a privé des relevés horaires des consommations sur tout le mois de janvier 2014. Néanmoins, grâce au relevé des index des différents compteurs, il a été possible d'établir la consommation énergétique mensuelle du mois de janvier et de dresser ainsi un bilan global.



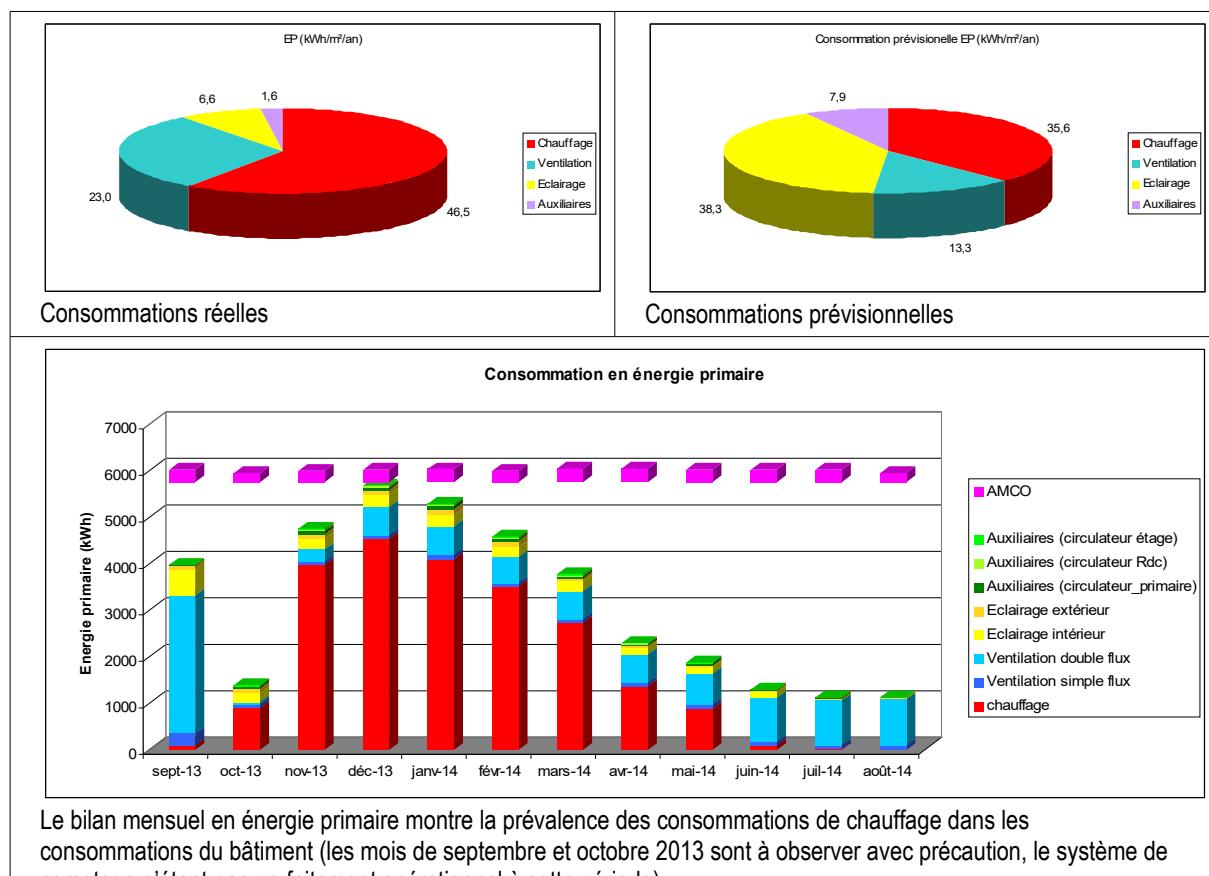




## 5.2 - Bilan des consommations partiel (décembre 2013 – septembre 2014)



Le bilan global (mais partiel) des consommations montre une consommation de chauffage plus importante que le calcul prévisionnel. Plusieurs explications peuvent être avancées. La première hypothèse est le rendement du système de chauffage qui, du fait de faibles besoins, est très inférieur au rendement théorique. Ces chiffres doivent toutefois être confirmés sur l'exploitation de l'année complète. Les consommations d'éclairage et d'auxiliaires sont en revanche très inférieures aux calculs conventionnels.



## Détail des consommations en énergie finale du 25 septembre 2013 au 30 août 2014

| Index Compteur (du 25 septembre 2013 au 30 août 2014) | Énergie finale  |
|---|-----------------|
| Cpt_gaz_general (m <sup>3</sup> )                     | 2 084,1         |
| <b>énergie gaz (kWh)</b>                              | <b>22 112,0</b> |
| Cpt_circulateur_primaire (kW-h)                       | 161,1           |
| Cpt_VMC_simple_flux (kW-h)                            | 442,5           |
| Cpt_VMC_double_flux (kW-h)                            | 3 803,8         |
| Cpt_eclairage_etage (kW-h)                            | 351,1           |
| Cpt_eclairage_exterieur (kW-h)                        | 871,7           |
| Cpt_circulateur_RDC (kW-h)                            | 83,6            |
| Cpt_circulateur_etage (kW-h)                          | 57,6            |
| Cpt_calories_general_RDC (kW-h)                       | 1 860,0         |
| Cpt_calories_general_etage (kW-h)                     | 4 474,0         |
| Cpt_electrique_AMCO (kW-h)                            | 1 157,2         |
| Cpt_calories_AMCO_RDC (kW-h)                          | 3 283,0         |
| Cpt_volume_AMCO_RDC (m <sup>3</sup> )                 | 546,8           |
| Cpt_calories_GEC_RDC (kW-h)                           | 3 358,0         |
| Cpt_volume_GEC_RDC (m <sup>3</sup> )                  | 480,7           |
| Cpt_volume_general_etage (m <sup>3</sup> )            | 925,0           |

### 5.2.1 - Performance du système de chauffage

L'étude a porté sur la chaudière à condensation sur la période de chauffe.

#### Calcul du rendement expérimental de la chaudière

Le tableau ci-après présente les performances théoriques :

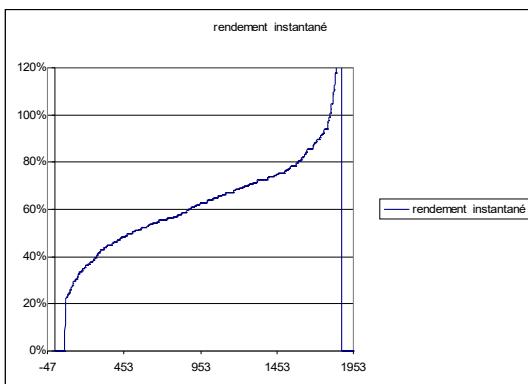
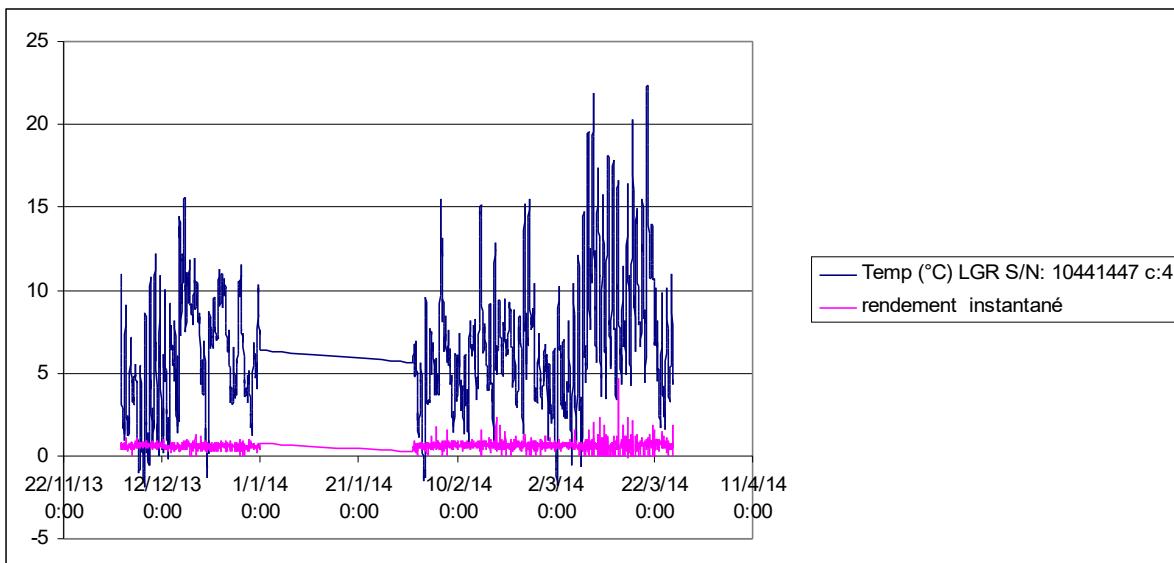
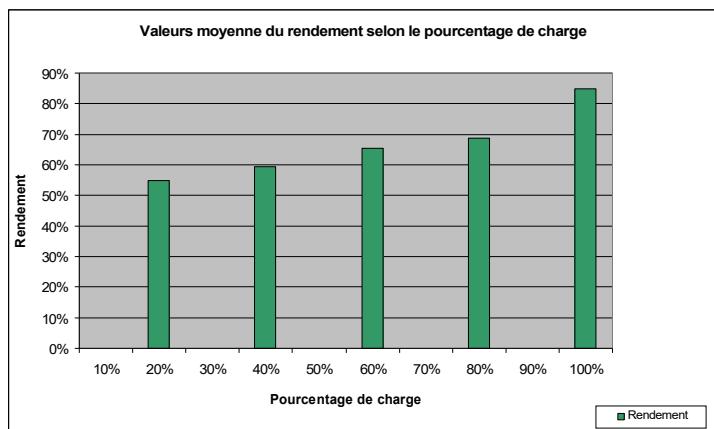
|                              |   |
|------------------------------|---|
| Données constructeur         | chaudière à condensation de marque VIESSMANN Vitodens 200-W |
| Gamme de puissance nominale  | à 50/30°C : 6,5-26,0 kW<br>à 80/60°C : 5,9-23,7 kW          |
| Puissance nominale théorique | 22kW  |
| rendement à charge partielle | 108 %   |
| Rendement à 100 % Pn         | 98 %  |

#### Résultats expérimentaux

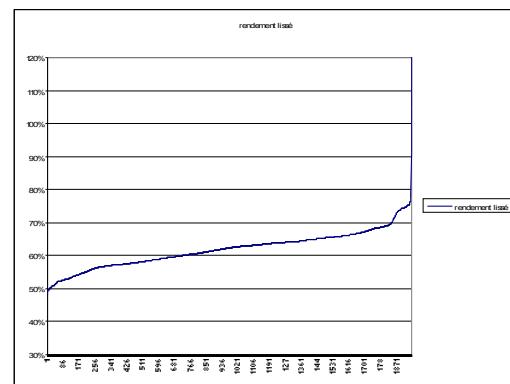
Le tableau ci-après présente les performances réelles

|                         |  |
|-------------------------|--|
| Combustible             | gaz                                    |
| Puissance nominale (kW) | 5                                      |
| Rendement moyen         | 61,5 %                                 |
| Consommation totale     | 9681kWh soit 20,382 kWh/m <sup>2</sup> |

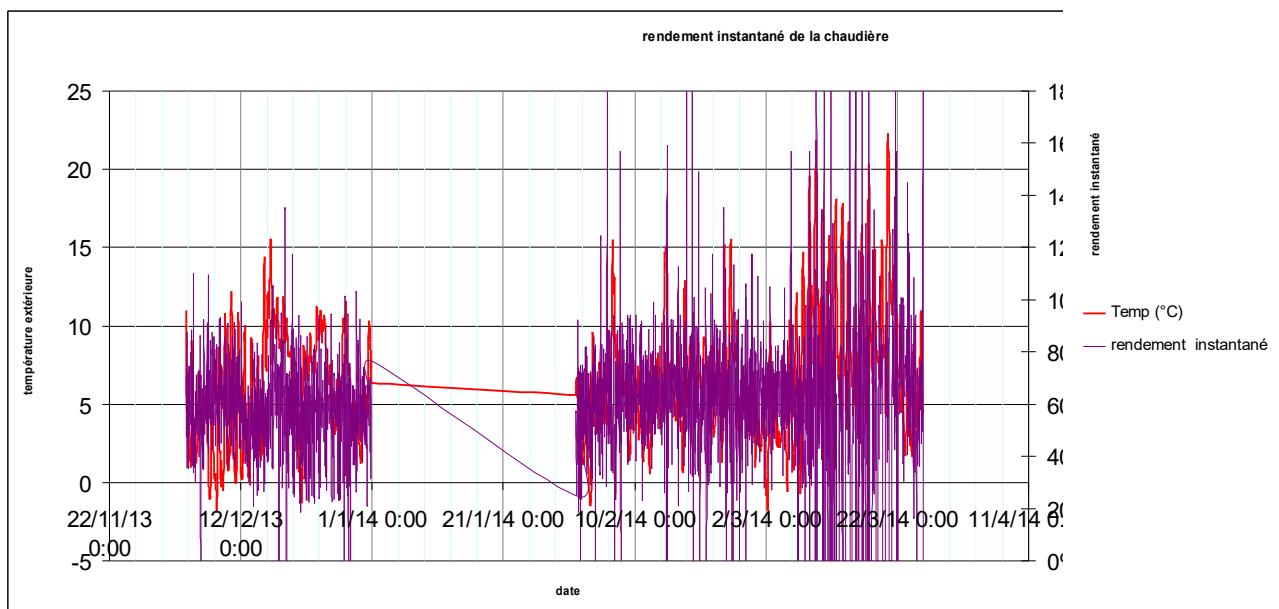
Le rendement moyen s'établit à 61,5 %. Cette valeur est très inférieure au rendement théorique. Cet écart important est dû au surdimensionnement de la chaudière au regard des besoins en chauffage. La chaudière fonctionne une majeure partie du temps à charge partielle, or le rendement diminue fortement en fonction de la charge : il passe de 95 % à pleine charge à 55 % à 20 % de charge.



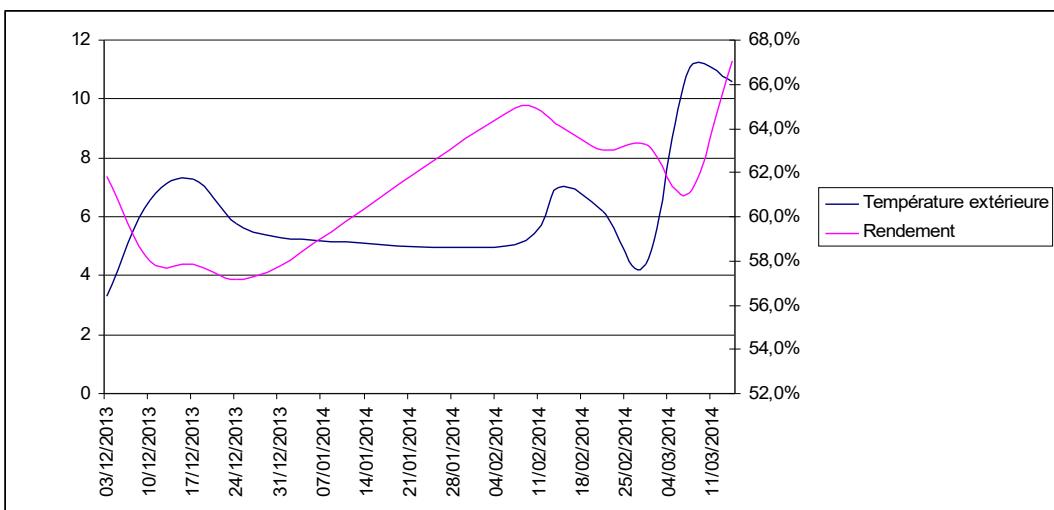
Rendement instantané en fonction de la charge



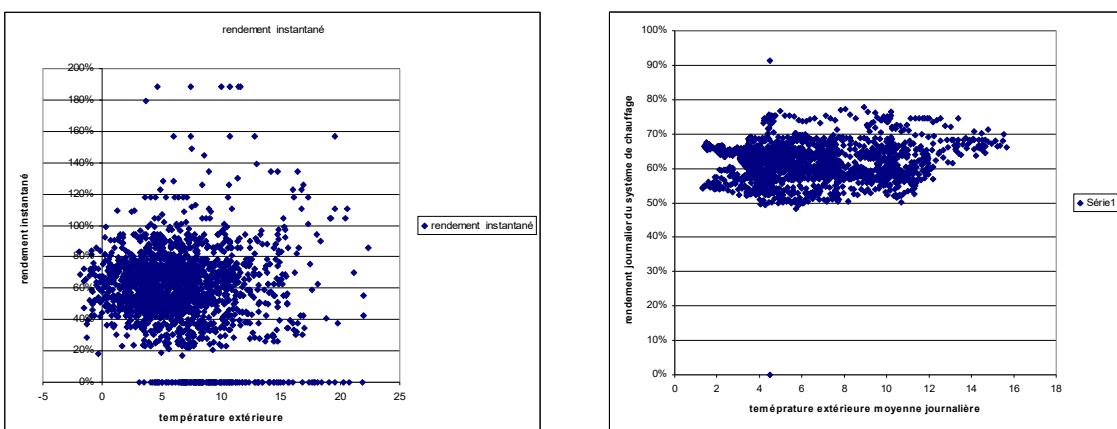
Rendement lissé en fonction de la charge



Fluctuation du rendement de la chaudière au cours du temps en fonction de la température extérieure.

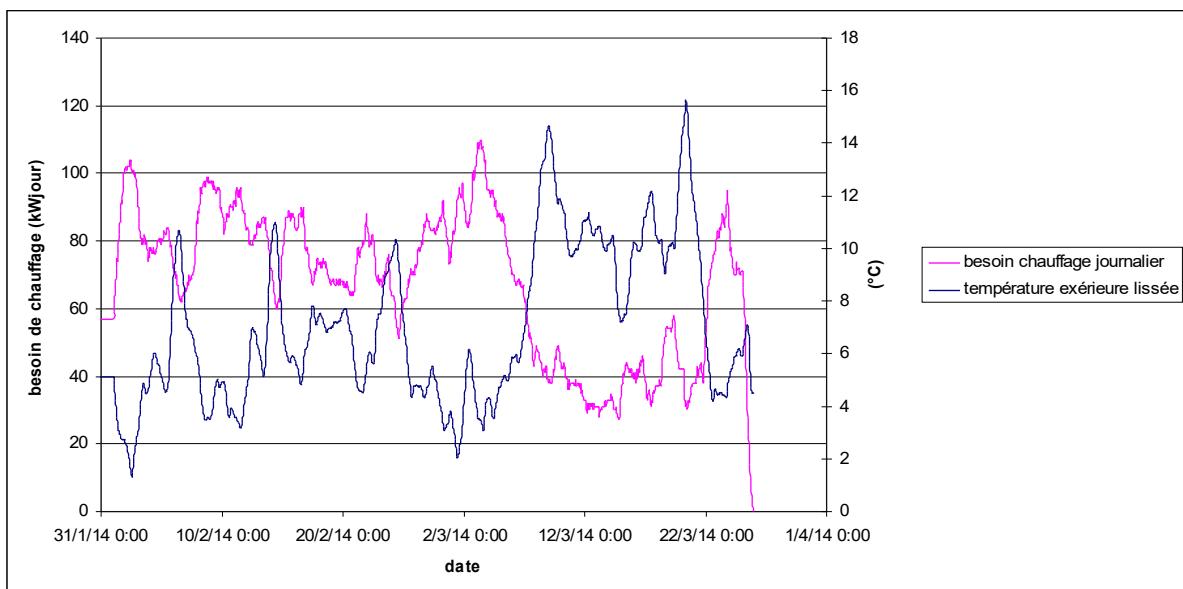


Rendement lissé en fonction de la température extérieure. La corrélation n'est pas toujours évidente, néanmoins, on observe souvent une baisse du rendement lorsque les besoins en chauffage diminuent.

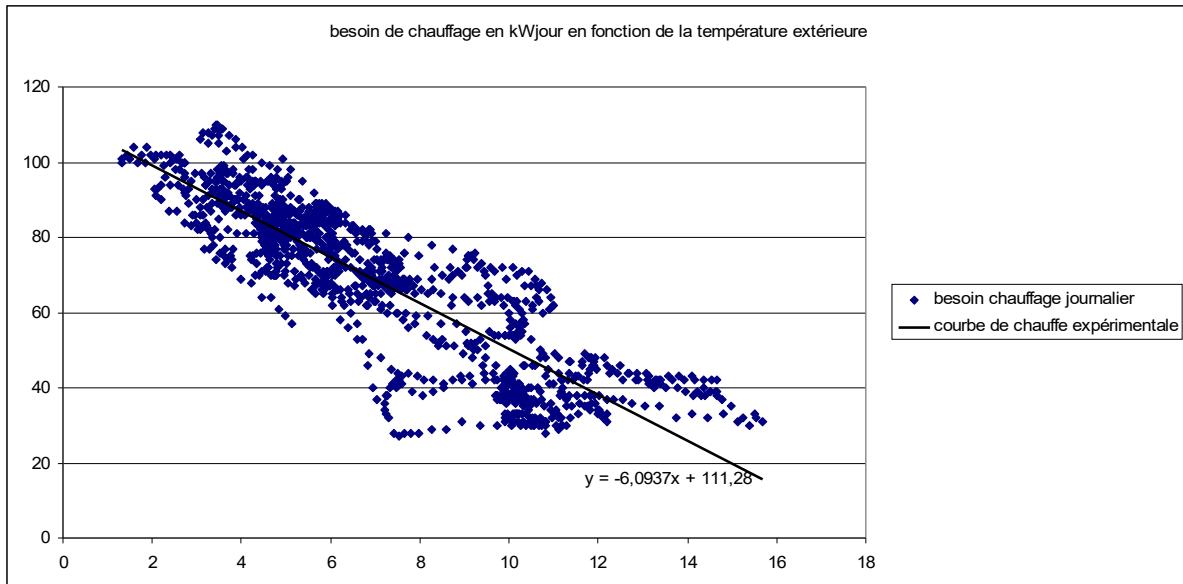


Rendement en fonction de la température extérieure : il ne se dégage pas de tendance

Rendement en fonction de la température extérieure lissé : on observe une certaine stabilité du rendement.

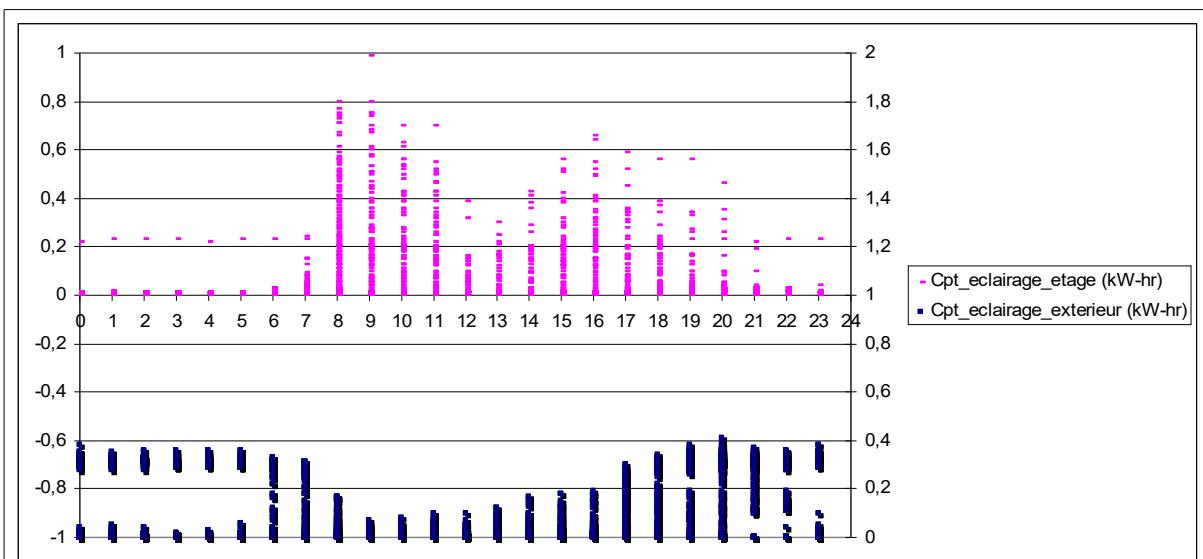


Besoin de chauffage en fonction de la température extérieure

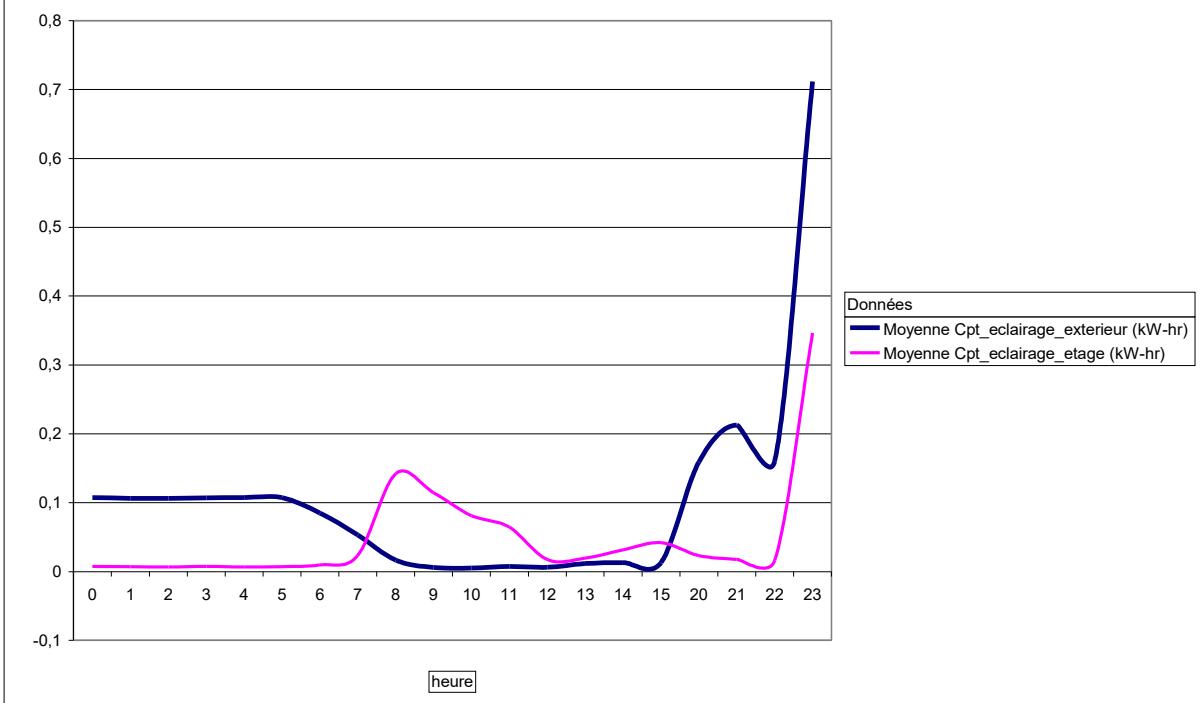


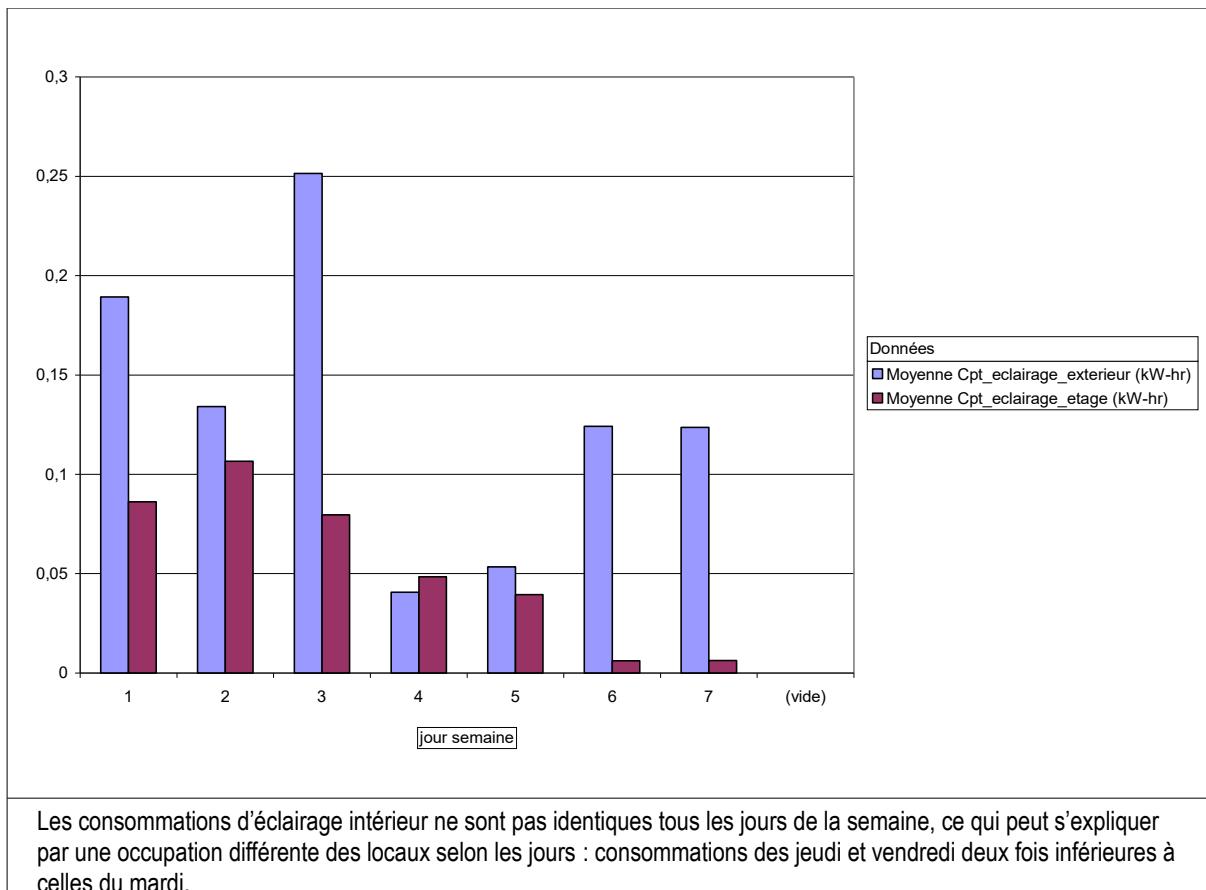
Besoin de chauffage en fonction de la température extérieure

## 5.2.2 - Consommations d'éclairage



Consommation d'éclairage horaire sur les différentes journées de la période d'étude : l'éclairage intérieur est utilisé majoritairement aux horaires de bureau et non en début et fin de journée. L'éclairage extérieur consomme essentiellement la nuit, mais également de manière non négligeable en cours de journée.





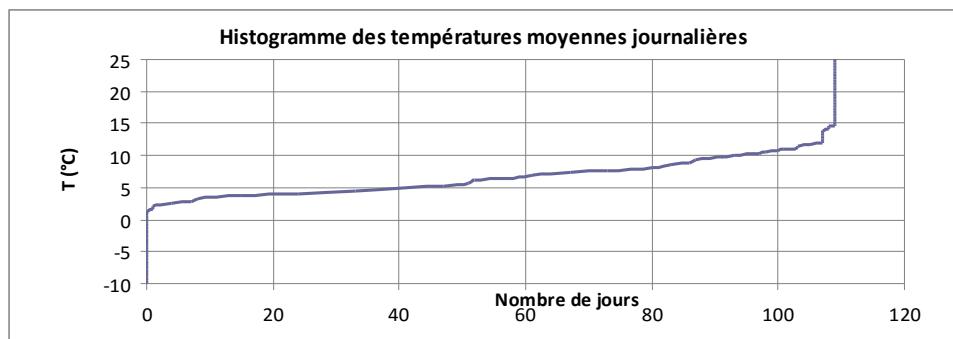
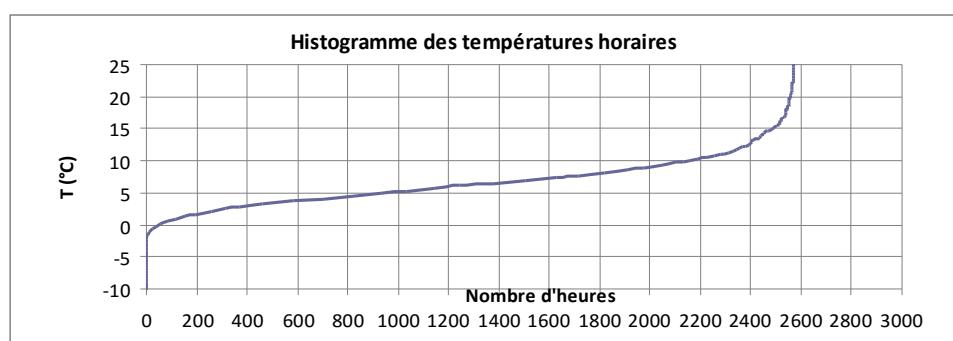
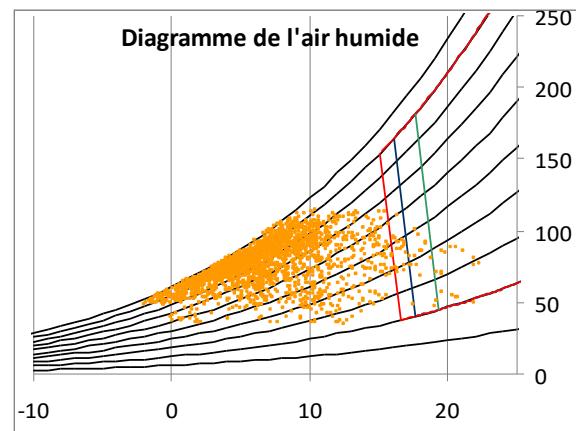
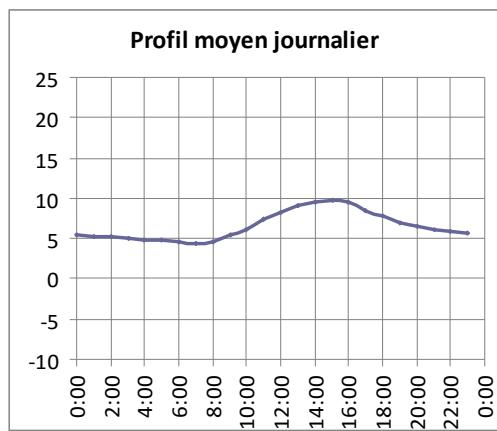
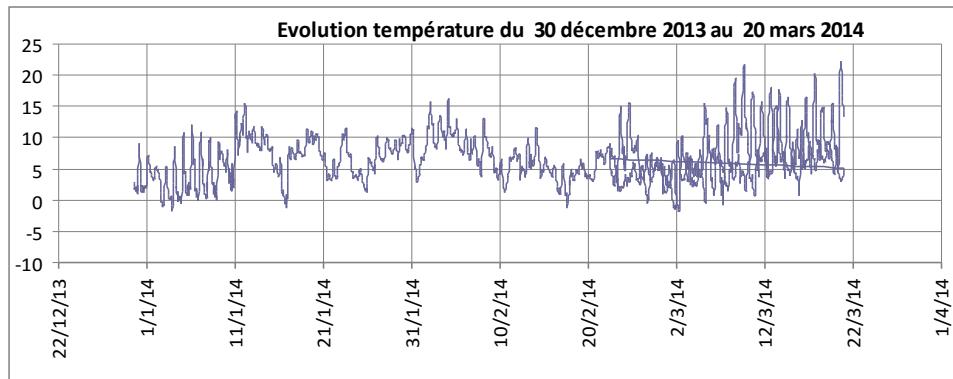
## 6 - Confort d'hiver

### 6.1 - Climat extérieur de la période étudiée

Le confort d'hiver est étudié dans quatre locaux différents.

#### Conditions climatiques extérieures de la période étudiée

La période d'étude court du 1<sup>er</sup> janvier au 21 mars 2014. L'hiver étudié est caractérisé par sa douceur. Les températures extérieures descendent rarement en dessous de 0°C, et les amplitudes journalières sont fortes, conjuguées à un ensoleillement important. Ainsi, les maximales journalières dépassent souvent les 15°C, voire 20°C sur le mois de mars.



Les températures moyennes observées sur la majeure partie de la période sont comprises entre 0 et 10°C.

## 6.2 - Bureau 1 (rez-de-chaussée nord)

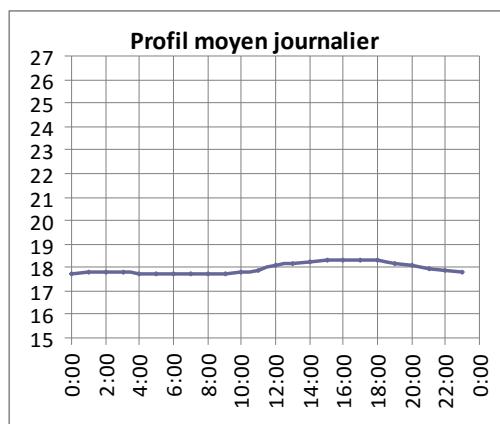
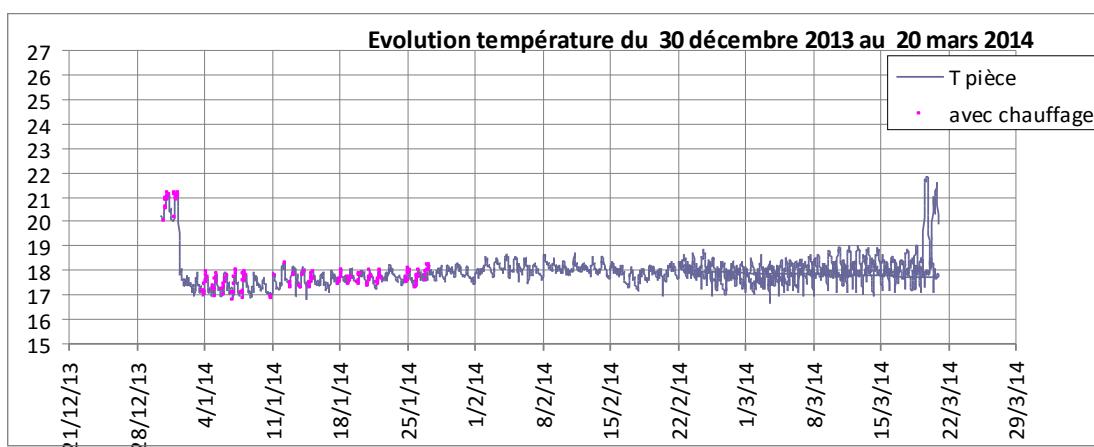
Le bureau 1 est localisé dans le rez-de-chaussée de l'aile nord (bâtiment GEC). Ce bureau ne bénéficie pas d'apports solaires directs.

| Données importées |            |
|-------------------|------------|
| Date de début     | 04-déc-13  |
| Date de fin       | 20-mars-14 |
| Durée période     | 107 jours  |

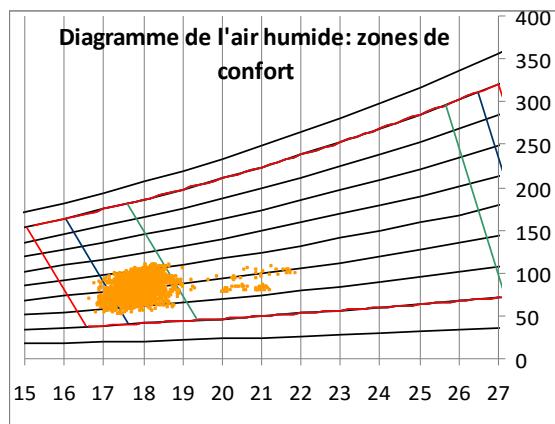
| Jour le plus froid               | 7-déc-14 |   |
|----------------------------------|----------|---|
| Température ext. moyenne J+froid | 1,5°C    |   |
| Température de consigne          | 17,8°C   | Température la plus fréquente en mode chauffage en période d'occupation |

Température de consigne expérimentale : **17,8°C**.

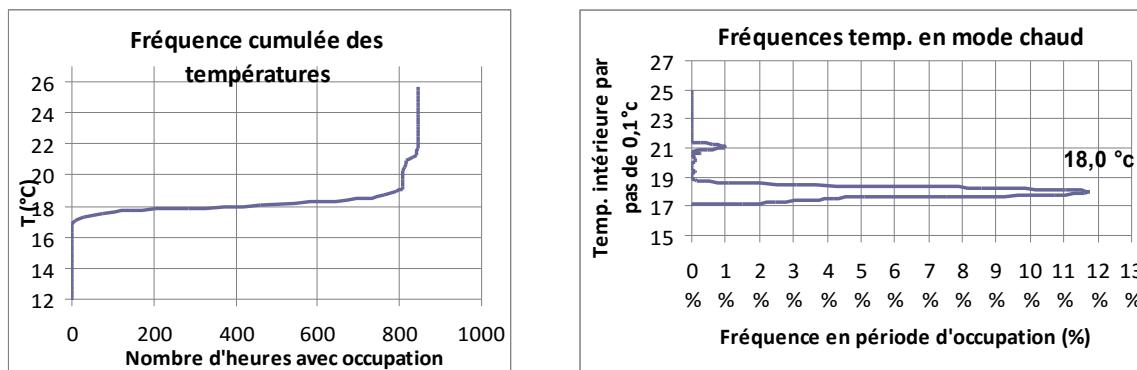
La température de consigne expérimentale de ce bureau est relativement fraîche. Elle ne dépasse jamais les 20°C à l'exception d'une brève période fin mars, où la température extérieure impacte l'ambiance intérieure.



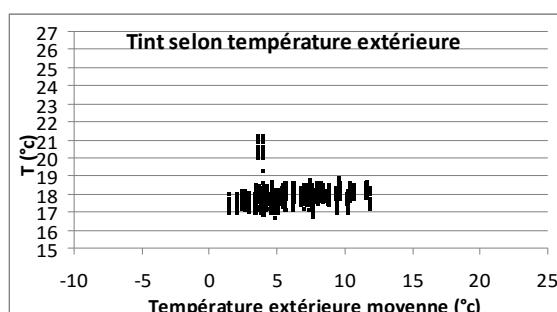
Les températures journalières sont très stables. On constate une très légère hausse l'après-midi.



Dans l'ensemble, les températures sont trop fraîches. Le taux d'humidité est correct.



La température intérieure ne varie pas en fonction de la température extérieure.



|                | PMV             | Nb d'heures |
|----------------|-----------------|-------------|
| Catégorie IV-  | [ -2 ; -0,7 ]   | 0           |
| Catégorie III- | [ -0,7 ; -0,5 ] | 0           |
| Catégorie II-  | [ -0,5 ; -0,2 ] | 773         |
| Catégorie I    | [ -0,2 ; +0,2 ] | 34          |
| Catégorie II+  | [ +0,2 ; +0,5 ] | 0           |
| Catégorie III+ | [ +0,5 ; +0,7 ] | 0           |
| Catégorie IV+  | [ +0,7 ; +2 ]   | 0           |

Les températures intérieures se situent dans le polygone de confort.

### 6.3 - Salle de réunion (rez-de-chaussée ouest)

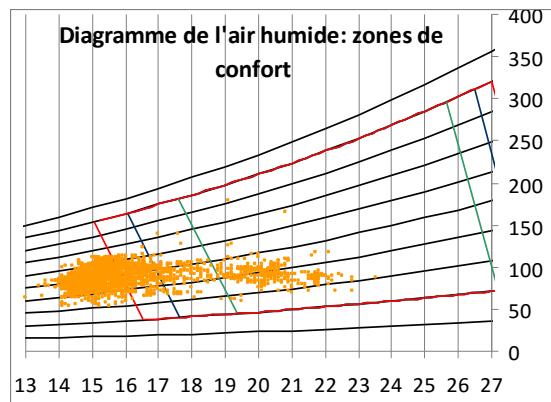
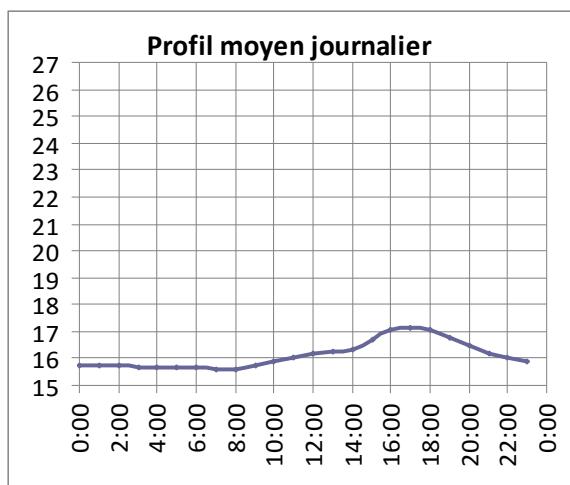
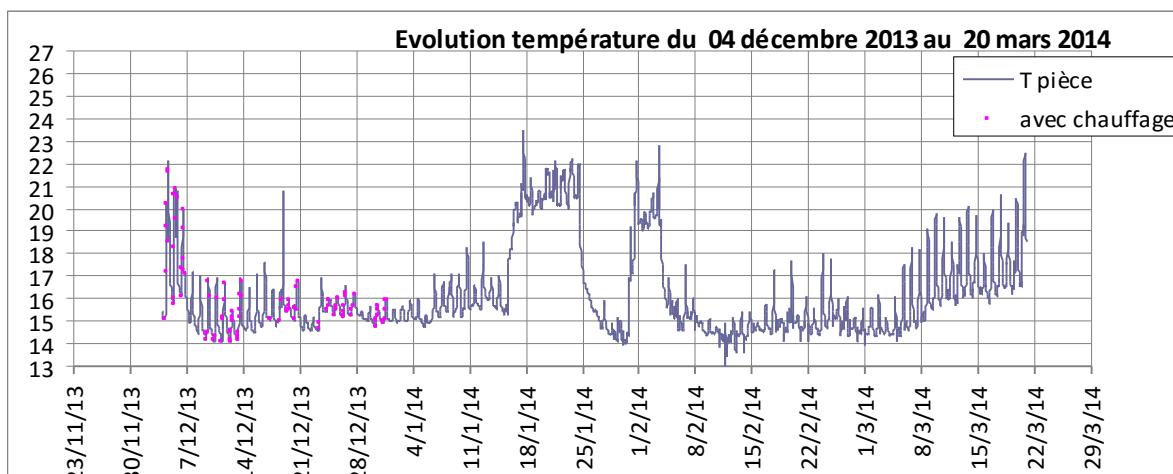
| Données importées |            |
|-------------------|------------|
| Date de début     | 04-déc-13  |
| Date de fin       | 20-mars-14 |
| Durée période     | 107 jours  |

|                                  |          |   |
|----------------------------------|----------|---|
| Jour le plus froid               | 7-déc-14 |   |
| Température ext. moyenne J+froid | 1,5°C    |   |
| Température de consigne          | 20,6°C   | Température la plus fréquente en mode chauffage en période d'occupation |

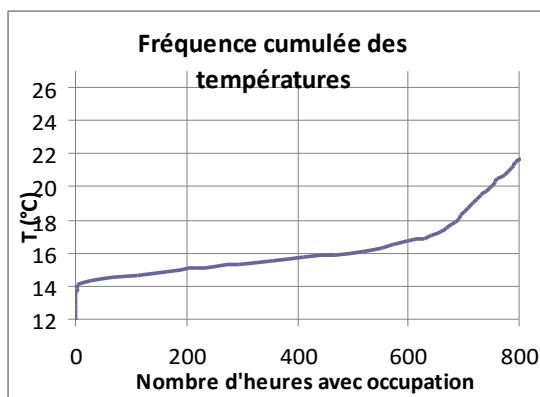
Température de consigne expérimentale : 20,6°C.

La température de consigne est légèrement plus élevée dans la salle de réunion. On constate que la température de la salle varie fortement en fonction de son occupation. On observe une température de réduit de 15°C et une température d'occupation de 19 ou 20°C selon les périodes.

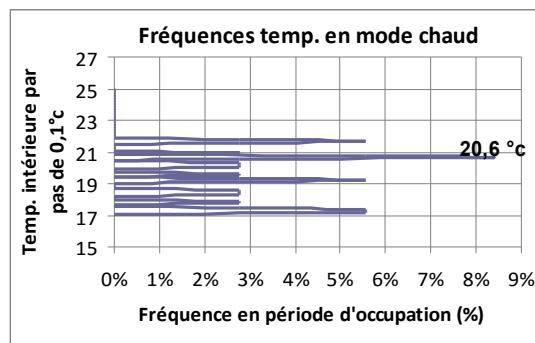
L'amplitude journalière est assez forte, pouvant dépasser les 3°C les journées ensoleillées. La courbe de profil moyen journalier confirme l'importance des apports solaires entre 16h et 18h dans cette salle.



Les heures d'occupation se situent dans le polygone de confort.



Les trois quarts du temps, la température est comprise entre 14°C et 17°C



Plusieurs pics de fréquence de température sont observés.

## 6.4 - Salle de conférence (rez-de-chaussée est)

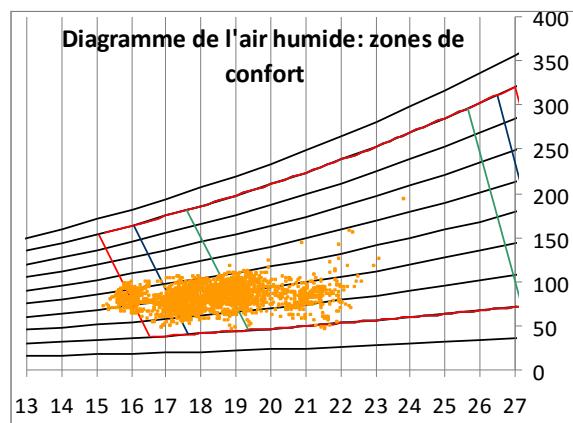
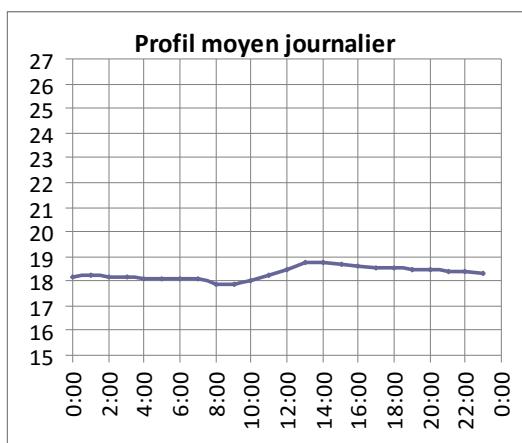
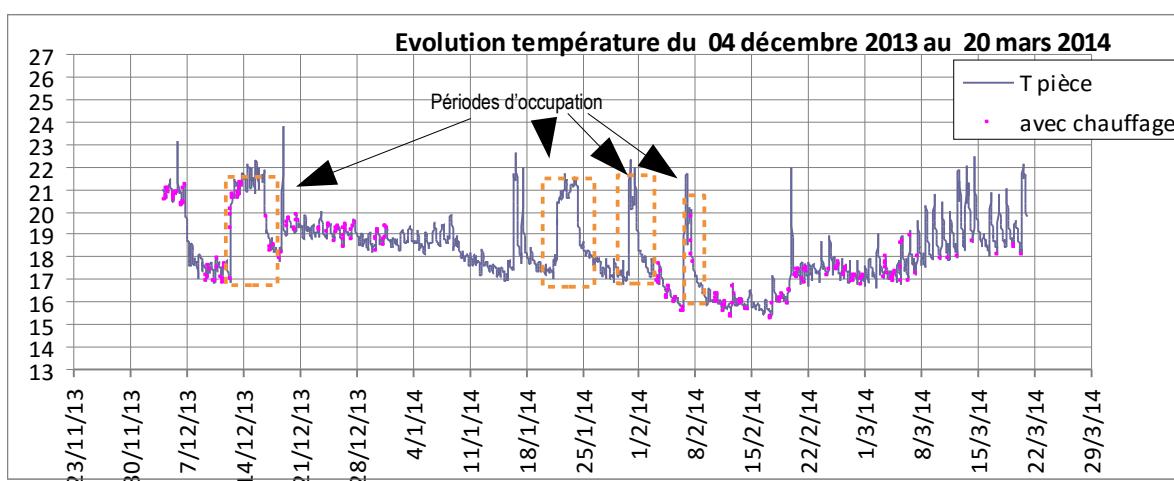
Tout comme la salle de réunion, la salle de conférence est faiblement occupée. La plupart du temps, la température est réduite à 17°C. On observe des pics à 21°C sur les périodes d'utilisation de la salle.

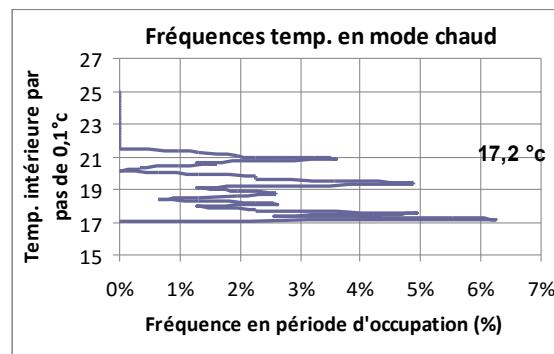
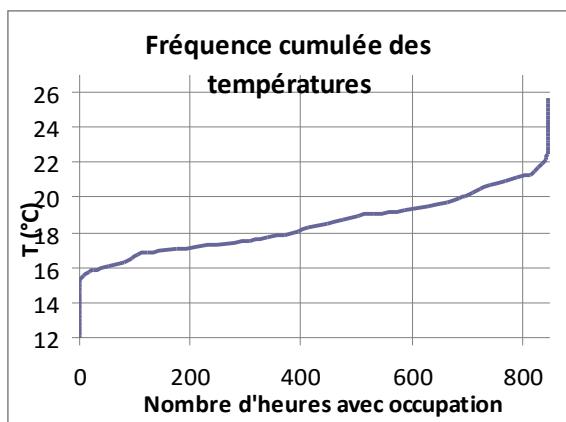
| Données importées |            |
|-------------------|------------|
| Date de début     | 04-déc-13  |
| Date de fin       | 20-mars-14 |
| Durée période     | 107 jours  |

| Jour le plus froid               | 7-déc-14 |   |
|----------------------------------|----------|---|
| Température ext. moyenne J+froid | 1,5°C    |   |
| Température de consigne          | 17,2°C   | Température la plus fréquente en mode chauffage en période d'occupation |

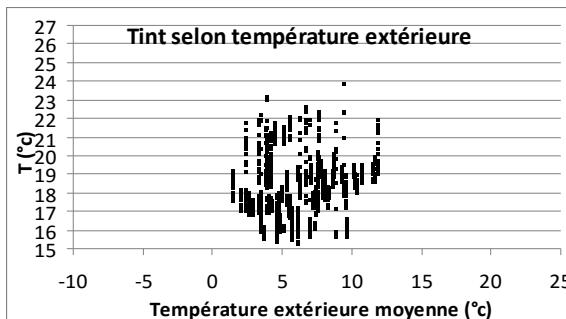
Température de consigne expérimentale : **17,2°C**.

La température de consigne expérimentale de la salle de conférence est de 17,2°C. Il s'agit en fait d'un réduit : lorsque la salle est occupée pour des réunions, la température programmée est de 20°C ou 21°C.





Le pic à 17,2°C correspond à la température en inoccupation. Les pics à 19°C et 21°C correspondent aux périodes d'occupation.



|                | PMV             | Nb d'heures |
|----------------|-----------------|-------------|
| Catégorie IV-  | [ -2 ; -0,7 ]   | 33          |
| Catégorie III- | [ -0,7 ; -0,5 ] | 180         |
| Catégorie II-  | [ -0,5 ; -0,2 ] | 528         |
| Catégorie I    | [ -0,2 ; +0,2 ] | 106         |
| Catégorie II+  | [ +0,2 ; +0,5 ] | 0           |
| Catégorie III+ | [ +0,5 ; +0,7 ] | 0           |
| Catégorie IV+  | [ +0,7 ; +2 ]   | 0           |

Comme pour la salle de réunion, les périodes apparaissant en zones d'inconfort sont les périodes d'inoccupation.

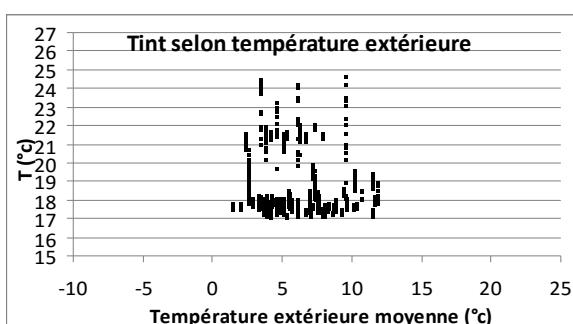
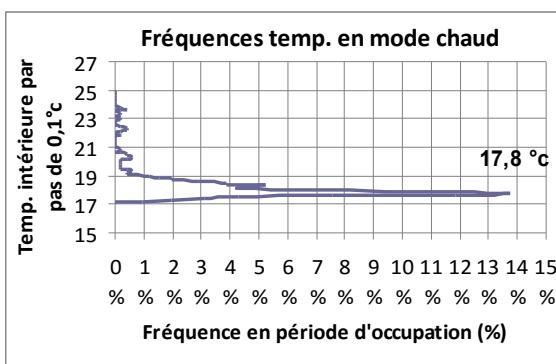
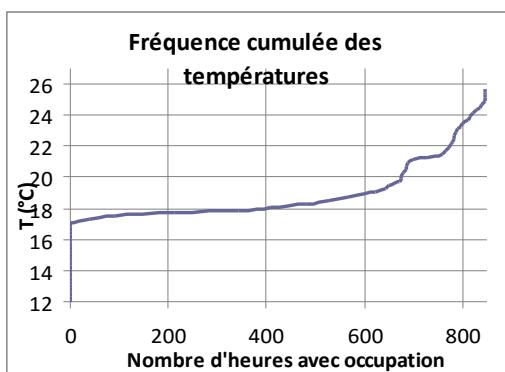
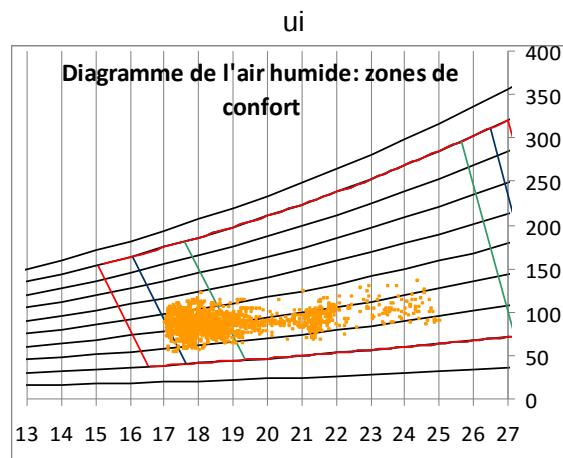
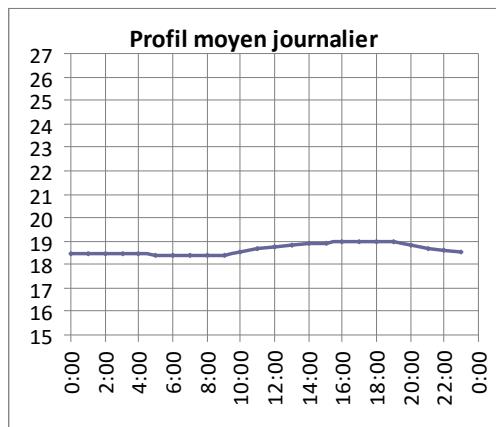
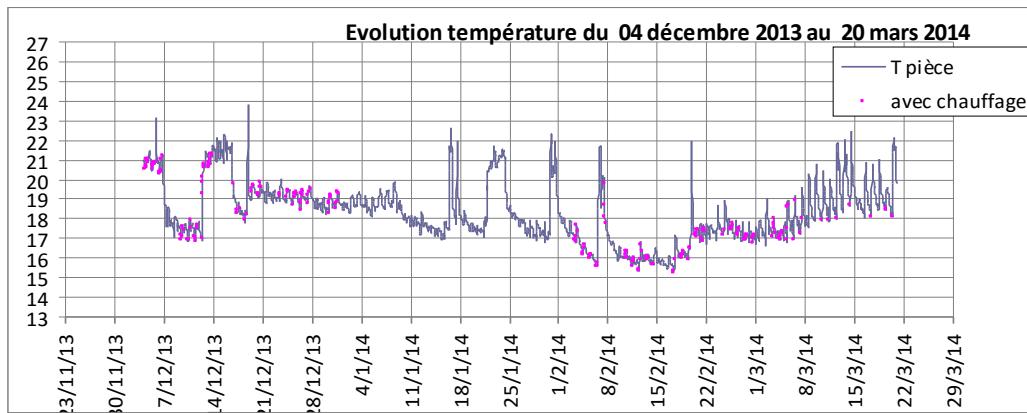
## 6.5 - Bureau Médecine du travail (AMCO) (rez-de-chaussée sud)

Le bureau de la médecine du travail suit les mêmes profils de température que les salles voisines (salles de réunion et de conférence), avec toutefois un réduit légèrement plus élevé.

| Données importées |            |
|-------------------|------------|
| Date de début     | 04-déc-13  |
| Date de fin       | 20-mars-14 |
| Durée période     | 107 jours  |

|                                  |          |   |
|----------------------------------|----------|---|
| Jour le plus froid               | 7-déc-14 |   |
| Température ext. moyenne J+froid | 1,5°C    |   |
| Température de consigne          | 17,8°C   | Température la plus fréquente en mode chauffage en période d'occupation |

Température de consigne expérimentale : **17,8°C**.

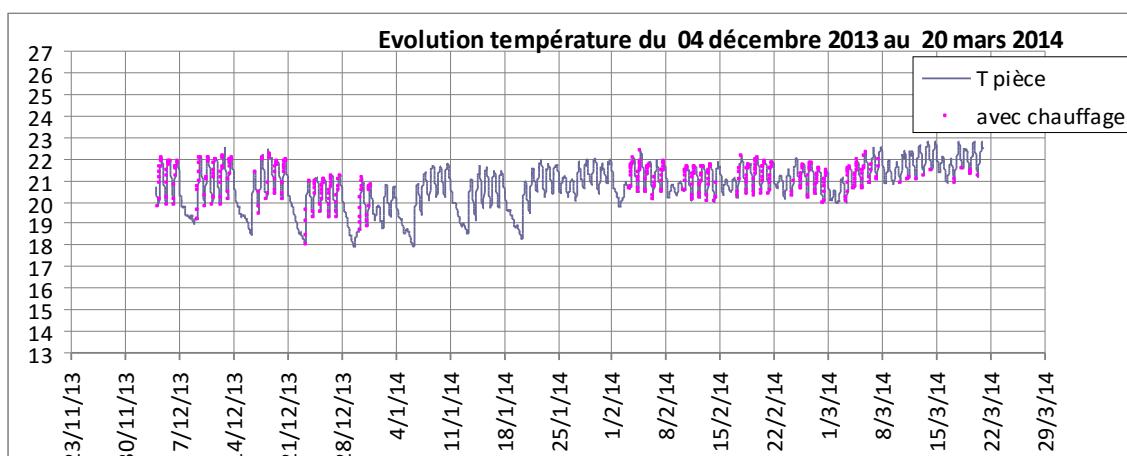


|                | PMV           | Nb d'heures |
|----------------|---------------|-------------|
| Catégorie IV-  | [−2 ; −0,7]   | 0           |
| Catégorie III- | [−0,7 ; −0,5] | 14          |
| Catégorie II-  | [−0,5 ; −0,2] | 672         |
| Catégorie I    | [−0,2 ; +0,2] | 118         |
| Catégorie II+  | [+0,2 ; +0,5] | 43          |
| Catégorie III+ | [+0,5 ; +0,7] | 0           |
| Catégorie IV+  | [+0,7 ; +2]   | 0           |

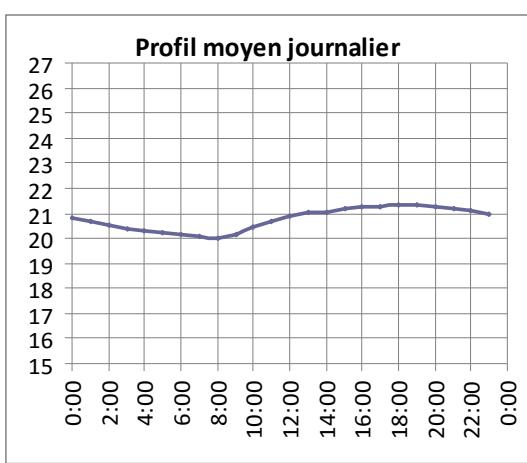
## 6.6 - Bureau étage (extension ossature bois)

| Données importées   |            |
|---|------------|
| Date de début   | 04-déc-13  |
| Date de fin   | 20-mars-14 |
| Durée période   | 107 jours  |
|   |            |
| Jour le plus froid  | 7-déc-14   |
| Température ext. moyenne J+froid  | 1,5°C      |
| Température de Consigne   | 21,7°C     |
| Température la plus fréquente en mode chauffage en période d'occupation |            |

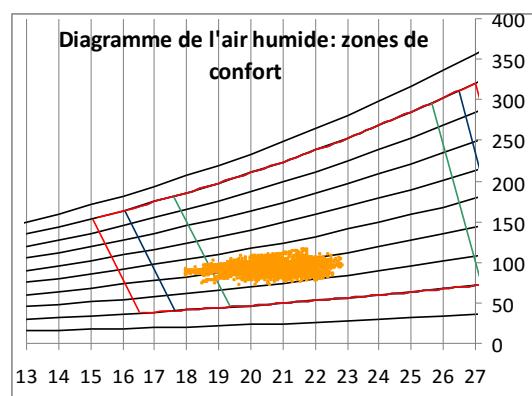
Température de consigne expérimentale : **21,7°C**.



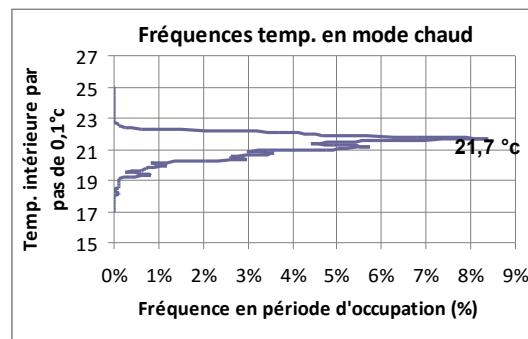
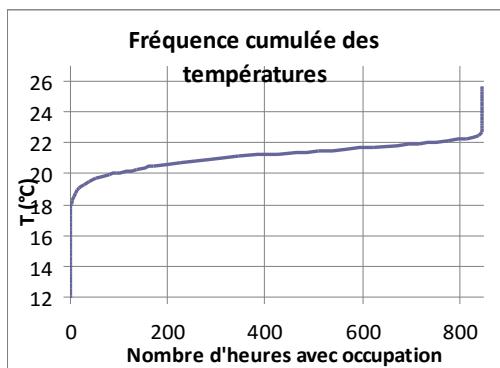
Le profil de température de l'étage est assez différent du rez-de chaussée : la température est beaucoup plus élevée et beaucoup plus stable. Un réduit à 18°C est observé le week-end.



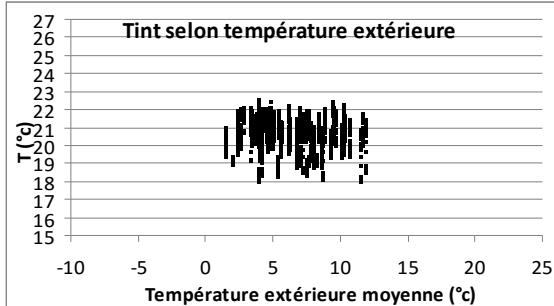
En journée, la température se stabilise à 21°C. Elle baisse très légèrement la nuit (-1°C).



Les périodes d'occupation se situent dans la zone de confort



La température la plus fréquente s'établit à 21°C



Il n'est pas observé de corrélation.

|                | PMV           | Nb d'heures |
|----------------|---------------|-------------|
| Catégorie IV-  | [−2 ; −0,7]   | 0           |
| Catégorie III- | [−0,7 ; −0,5] | 0           |
| Catégorie II-  | [−0,5 ; −0,2] | 183         |
| Catégorie I    | [−0,2 ; +0,2] | 664         |
| Catégorie II+  | [+0,2 ; +0,5] | 0           |
| Catégorie III+ | [+0,5 ; +0,7] | 0           |
| Catégorie IV+  | [+0,7 ; +2]   | 0           |

L'étage, occupé de manière permanente et bénéficiant de plus d'apports solaires est naturellement plus chaud que le rez-de-chaussée du bâtiment. Cela peut également expliquer les consommations de chauffage plus importantes.

## 7 - Conclusion intermédiaire

Au stade actuel d'avancement, les travaux concernant la rénovation thermique de la FFB sont terminés. Ils se sont déroulés dans le respect du cadre de l'appel à projet et conformément aux prescriptions du DCE, les quelques modifications intervenues en cours de chantier étant le fait de contraintes techniques (changement de technique d'isolation par l'extérieur).

L'instrumentation est entrée pleinement en service le 3 décembre 2013. Le problème de récupération des données de température sur la VMC double flux devrait être résolu avant la fin de l'année 2014.

Le bilan partiel ne permet pas de tirer des conclusions définitives sur les consommations du bâtiment. On constate déjà la mise en place de températures réduites au rez-de-chaussée en période d'inoccupation. Le rendement du système de chauffage, de 61 % en moyenne (nettement inférieur aux prévisions) pénalise assez fortement le bâtiment.

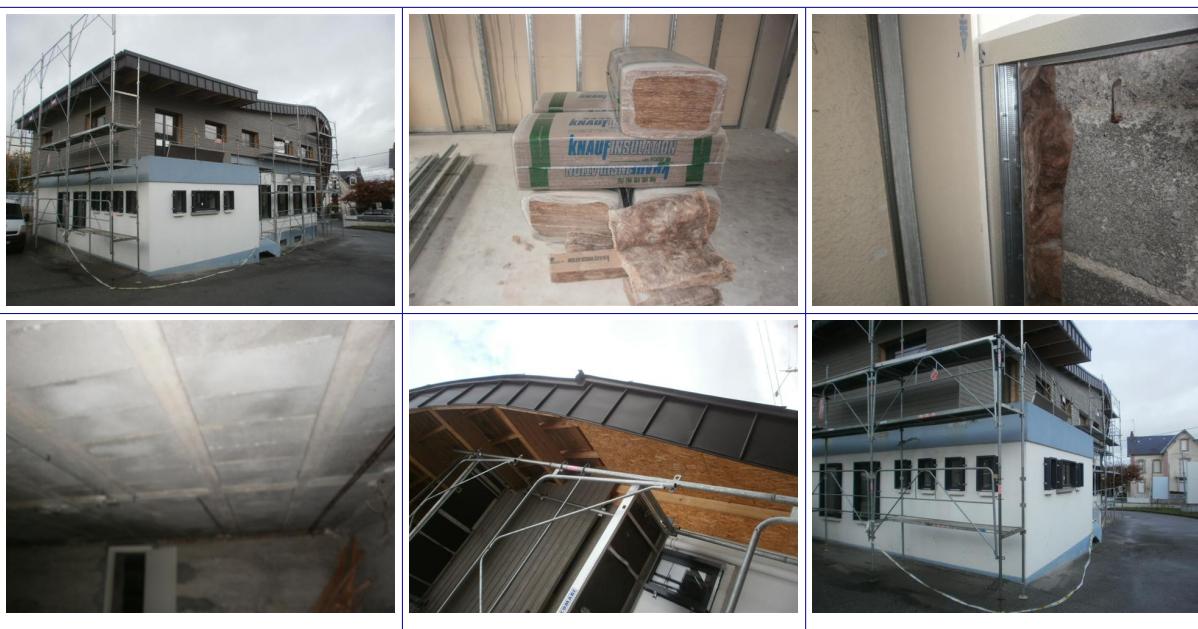
# Annexes du cahier de suivi

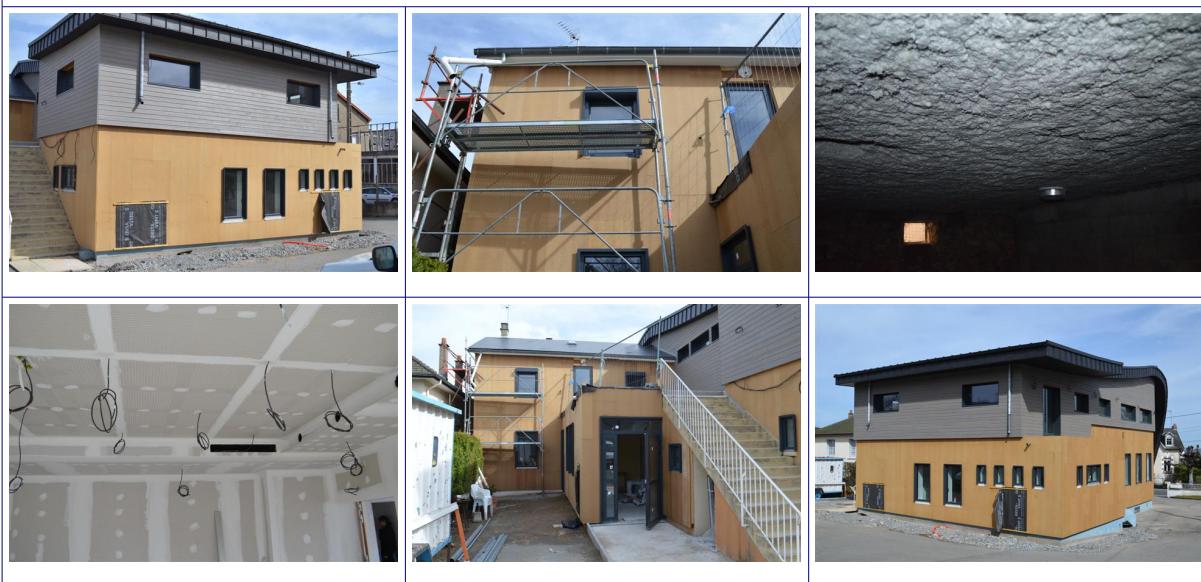
## Annexe a - Photos

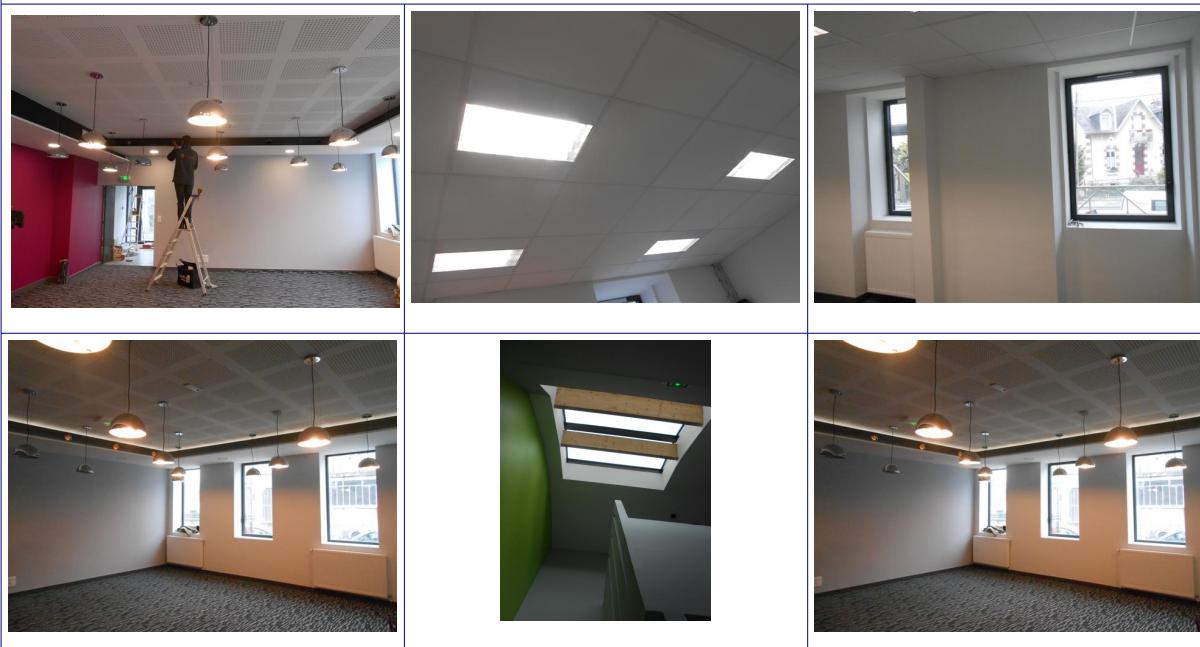
Visite du 28 septembre 2012



Visite du 22 novembre 2012



**Visite du 23 janvier 2013****Visite du 22 mars 2013**

**Visite du 21 mai 2013****Visite du 30 mai 2013 (test d'étanchéité à l'air final)**

Visite du 25 septembre 2013 (mise en service)



## Annexe b - Classe de précision des compteurs et des capteurs installés

### Compteurs de calories (ou compteurs d'énergie thermique)

Le comptage de l'énergie dissipée sous forme de chaleur se fait par un compteur de calories, équipé de deux sondes de températures dont une est directement intégrée dans la partie hydraulique du compteur.

Il faut prévoir une section droite de 10 fois le diamètre de la canalisation pour l'installation du compteur de calories.

Le choix du compteur de calories se fait en fonction du débit de la canalisation.

Précision :

- **Plage de température** : au minimum 5°C à 90°C
- **Classe de précision** : Classe 1
- **Classe d'environnement** : classe B

### Comptage d'énergie gaz

Les compteurs gaz doivent respecter les exigences de la CEE et la norme EN 1359, à savoir une erreur inférieure à 3 % entre le débit minimum qmin et 2 qmin, une erreur inférieure à 1,5 % entre le débit maximum qmax et 0,1 qmax, et une erreur inférieure à 2 % entre 2 qmin et 0,1 qmax.

Leur calibre est choisi en fonction de la puissance des brûleurs gaz qu'ils alimentent.

La pression du gaz et le diamètre des tubulures de raccordement sont également des paramètres de choix du compteur.

### Sondes de température d'eau chaude et d'eau froide

- **précision** :  $\pm 0,35^\circ\text{C}$  à  $20^\circ\text{C}$

Les mesures de température de l'eau à l'intérieur de canalisations en cuivre ou en acier liées aux compteurs d'énergie thermique peuvent se faire par une sonde de contact, ou par un système de sonde dans un doigt de gant.

### Sondes de température et d'hygrométrie de gaine VMC

#### • Plage de mesure

- Température : au minimum 5-40°C
- Humidité relative : 25 % à 95 % à 20°C

#### • Précision de la mesure :

- Température : +/- 0.35°C à 20°C (possibilité jusqu'à +/- 0.8°C à 20°C)
- Humidité relative : à 20°C avec +/- 3 % hr [40... 60 %], sinon +/- 5 % hr

### Thermostat

Le thermostat devra permettre la relève de la température de consigne ainsi que de la température ambiante.

#### • Précision :

- Plage de mesure : au minimum 10°C à 30°C
- Précision de la mesure : au maximum +/- 0.6°C

### Compteurs électriques

précision : classe 1

## Capteurs de température et d'hygrométrie relative

Ces capteurs sont de type autonome et fournis par le Département Laboratoire de Clermont-Ferrand – CETE de Lyon.

- **Plage de mesure pour sorties 0-10 V :**

- Température : au minimum 5-40°C
- Humidité relative : 25 % à 95 % à 20°C

- **Précision de la mesure :**

- Température : +/- 0.35°C à 20°C (possibilité jusqu'à +/- 0.8°C à 20°C)
- Humidité relative : à 20°C avec +/- 3 % hr [40... 60 %], sinon +/- 5 % hr

Les capteurs utilisés sont de type Onset HOBO U12-012, HOBO U12-013,

Page 16/30 Cahier des Charges de Métrologie – Fédération Française du Bâtiment de la Creuse (Guéret) (janvier 2012)  
Département Laboratoire de Clermont-Ferrand - CETE de Lyon  
et HOBO U12-006.

## Mesure de débit/vitesse d'air dans les conduits VMC

Les capteurs de débit et/ou de vitesse d'air sont placés dans la gaine d'extraction principale reliée au ventilateur, dans une section droite.

- Précision : +/-0,2m/s
- Plage de mesure de débit de mesure : 1000 à 2000 m<sup>3</sup>/h

## Station météorologique

Le CETE fournit une station météo pour la durée du suivi (deux ans de fonctionnement). Le maître d'ouvrage devra fournir un espace accessible pour son installation.

### Précision :

| Mesure          | Précision                      | Résolution            | Mesure minimale    | Mesure maximale       |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|
| Vitesse du vent | ± 0,5 m/s                      | 0,19 m/s              | 0,5 m/s            | 54 m/s                |
| Pyranomètre     | ± 10 W/m <sup>2</sup> ou ± 5 % | 1,25 W/m <sup>2</sup> | 0 W/m <sup>2</sup> | 1280 W/m <sup>2</sup> |
| Température     | ± 0,35 °C à 25 °C              | 0,4°C à 25 °C         | — 40 °C            | 75 °C                 |
| Hygrométrie     | ± 3 % de 0 °C à 50 °C          | 0,5 % à 25 °C         | 0,00 %             | 100,00 %              |

## Annexe B - Indice PMV et PPD

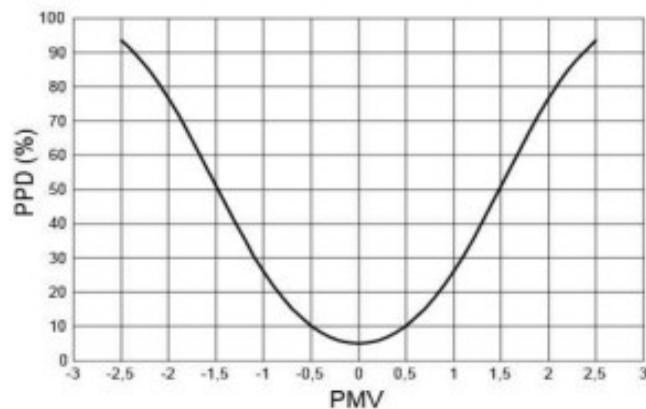
Les indices PMV et PPD sont décrits par la norme ISO 7730 « Ambiances thermiques modérées – Détermination des indices PMV et PPD et spécifications des conditions de confort thermique ».

- l'indice PMV prédit la valeur moyenne des votes d'un grand groupe de personnes sur l'échelle de perception thermique à 7 points suivante :

| Catégories | Plage de PMV | Perception         | Cotation correspondante |
|------------|--------------|--------------------|-------------------------|
| IV-        | [-2;-0,7]    | très froid         | -3                      |
| III-       | [-0,7;-0,5]  | froid              | -2                      |
| II-        | [-0,5;-0,2]  | légèrement froid   | -1                      |
| I          | [-0,2;+0,2]  | ni chaud, ni froid | 0                       |
| II+        | [+0,2;+0,5]  | légèrement chaud   | 1                       |
| III+       | [+0,5;+0,7]  | chaud              | 2                       |
| IV+        | [+0,7;+2]    | très chaud         | 3                       |

- l'indice PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) prédit quantitativement le pourcentage de personnes insatisfaites, car trouvant l'ambiance thermique trop chaude ou trop froide et qui voteraien -3, -2, +2, +3.

- La figure ci-dessous donne la correspondance entre les indices PMV et PPD :



Pour obtenir une situation de confort thermique, il est recommandé que le PPD soit inférieur à 10%

## Annexe C - Ratios de maintenance et durée de vie des équipements et du gros-œuvre

| Poste                      | Descriptif                 | Ratio<br>( % de l'investissement initial) | Durée de vie (ans) |
|----------------------------|----------------------------|---|--------------------|
| Gros-œuvre                 | Menuiseries                | Menuiseries extérieures_bois              | 5%                 |
|                            |                            | Menuiseries extérieures_acier             | 3%                 |
|                            |                            | Menuiseries extérieures_PVC               | 1%                 |
|                            |                            | Menuiseries extérieures_aluminium         | 1%                 |
|                            | Façade                     | Ravalement façade_peinture                | 1%                 |
|                            |                            | Réfection enduit                          | 1%                 |
|                            | Couverture                 | Couverture en tuiles                      | 5%                 |
|                            |                            | Couverture en ardoises naturelles         | 5%                 |
|                            |                            | Couverture en ardoises fibro-ciment       | 5%                 |
|                            |                            | Couverture en bardage bitumeux            | 5%                 |
|                            |                            | Couverture zinc                           | 4%                 |
|                            |                            | Couverture cuivre                         | 5%                 |
|                            |                            | Couverture bac acier                      | 5%                 |
|                            |                            | Toiture terrasse_étanchéité               | 5%                 |
|                            |                            | Toiture terrasse_protection lourde        | 10%                |
|                            |                            |   |                    |
| Chauffage                  | Production                 | Chaudière à condensation                  | 2%                 |
|                            |                            | Chaudière à évacuation directe            | 2%                 |
|                            |                            | Chaudière avec conduit d'évacuation       | 2%                 |
|                            |                            | Brûleurs fioul, gaz                       | 5%                 |
|                            |                            | Pompe à chaleur air/eau                   | 3%                 |
|                            | Emission                   | Radiateur à eau                           | 1%                 |
|                            |                            | Convector électrique                      | 1%                 |
|                            |                            | Radiateur à accumulation                  | 1%                 |
|                            |                            | Chauffage électrique par le sol           | 2%                 |
|                            |                            | Tubes radiants à gaz                      | 6%                 |
|                            |                            | Pompe à chaleur air/air                   | 3%                 |
|                            |                            | Pompe à chaleur eau/eau                   | 3%                 |
|                            | Distribution               | Appareil de chauffage d'air électrique    | 2%                 |
|                            |                            | Pompe de circulation                      | 2%                 |
|                            | Régulation                 | Thermostat des radiateurs                 | 4%                 |
|                            |                            | Matériel de régulation                    | 3%                 |
|                            |                            | Système de régulation centrale            | 4%                 |
|                            |                            | Robinet thermostatique                    | 1,5%               |
|                            |                            | Vannes de régulation automatiques         | 6%                 |
|                            |                            | Vannes de régulation manuelles            | 4%                 |
| ECS                        |                            | Chauffe-eau électrique                    | 5%                 |
|                            |                            | Chauffe-eau gaz                           | 9%                 |
|                            |                            | Chauffe-eau solaire                       | 3%                 |
|                            |                            | Capteurs solaires _ plan ou sous vide     | 0,5%               |
|                            |                            | Chauffe-eau thermodynamique               | 3%                 |
| Ventilation                |                            | Extracteur VMC_simple flux                | 3%                 |
|                            |                            | Extracteur VMC_double flux                | 3%                 |
| Climatisation              |                            | Unité de climatisation d'air              | 4%                 |
|                            |                            | Refroidisseurs d'air                      | 2%                 |
|                            |                            | Ventilo-convector                         | 4%                 |
| Récupérateur eaux de pluie | Récupérateur eaux de pluie | 2%  | 15                 |
| Photovoltaïque             | Panneaux photovoltaïques   | 0,5%                                      | 20(*)              |

Sources :

- Norme NF EN 15 459 sur la performance énergétique des bâtiments
- « La maintenance des bâtiments » de Jean-René Albano aux éditions Le Moniteur ,pour les menuiseries.



# Cerema

**Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement**

Département Laboratoire de Clermont-Ferrand - ZI du Brézet

8 à 10, rue Bernard-Palissy

63 017 CLERMONT-FERRAND CEDEX 2 - +33 (0)4 73 42 10 10

Siège social : Cité des mobilités - 25, avenue François Mitterrand - CS 92 803 - F-69674 Bron Cedex - Tél : +33 (0)4 72 14 30 30

Établissement public - Siret Siret - TVA Intracommunautaire : FR 94 130018310 - [www.cerema.fr](http://www.cerema.fr)