



## AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : [ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr](mailto:ddoc-memoires-contact@univ-lorraine.fr)

## LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

[http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg\\_droi.php](http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php)

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

**Rapport de Projet de Fin  
d'Etudes  
- Promo 2016 -**

**ETUDE THERMIQUE D'UN EHPAD**

**MIGNOT Romain  
NOUVELOT Simon  
2015 / 2016**

**Enseignant responsable : Vincent Nicolas**

## **REMERCIEMENTS**

*Nous tenons à remercier en premier lieu notre responsable de projet de fin d'étude Vincent Nicolas pour nous avoir guidés et encouragés tout au long de cette période.*

*Nous remercions également Pierre Girods pour ses conseils avisés.*

*Nous remercions enfin les administrateurs du Forum IZUBA toujours disponibles pour répondre à nos questions quand nous étions dans l'impasse.*

## SOMMAIRE

<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
<b>- PARTIE 1 - Description du projet .....</b>	<b>2</b>
1.    Principes généraux de la thermique .....	2
2.    Approche globale du projet .....	6
3.    Modélisation .....	10
<b>- PARTIE 2 - Simulations thermiques dynamiques (std). .....</b>	<b>18</b>
1.    Principe de la simulation thermique dynamique.....	18
2.    Simulation thermique dynamique de notre EHPAD.....	19
<b>- PARTIE 3 - Simulation RT2012 .....</b>	<b>26</b>
1.    principe de la simulation RT2012 .....	26
2.    simulation RT2012 de notre EHPAD .....	26
<b>- PARTIE 4 - Dimensionnement des différents systèmes.....</b>	<b>35</b>
1.    Ventilation.....	35
2.    Eau chaude sanitaire (ECS).....	38
3.    Chauffage.....	41
4.    Chaufferie.....	42
<b>- PARTIE 5 - Analyse et comparaison du projet .....</b>	<b>45</b>
1.    hypothèses de conception.....	45
2.    équipement.....	47
3.    comparaison des résultats .....	48
<b>CONCLUSION.....</b>	<b>49</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>50</b>

# INTRODUCTION

**Le réchauffement climatique est un fait.** Les impacts de ce changement vont avoir des répercussions sur notre planète, nos vies et celle des générations futures : dérèglement atmosphérique, élévation du niveau des océans, disparition d'espèces animales et végétales,...

La réduction des émissions de gaz à effet de serre est un des enjeux primordiaux des décennies à venir. Le secteur du bâtiment est particulièrement concerné puisqu'il représente, rien qu'en France, 25% de ces émissions et 45 % des consommations énergétiques.

L'utilisation de matériaux plus propres et la mise en œuvre de systèmes moins énergivores, associés à une démarche plus réfléchie et respectueuse de l'environnement dès la conception des bâtiments, font partie des solutions à développer et mettre en œuvre pour réduire les impacts de ce secteur.

Il nous a été proposé pour ce projet de fin d'études, de s'intéresser à la conception thermique d'un Etablissement d'Hébergement pour Personnes Agées Dépendantes (dit EHPAD) dans son ensemble. La finalité étant de vérifier sa conformité avec la Réglementation Thermique 2012.

Nous proposerons, à l'aide des différents outils à notre disposition : logiciels, éléments réglementaires et normatifs, une approche globale des stratégies de conceptions thermiques et bioclimatiques de notre établissement.

Ce rapport reprend les différentes étapes que nous avons suivies lors de la modélisation de notre sujet d'étude, du choix des solutions techniques à mettre en œuvre jusqu'au dimensionnement des équipements permettant de simuler de manière intelligente le fonctionnement de ce bâtiment. En guise de conclusion nous commenterons de manière critique les solutions que nous avons retenues vis-à-vis de celles imposées par le bureau chargé de l'étude thermique réelle de l'EHPAD.

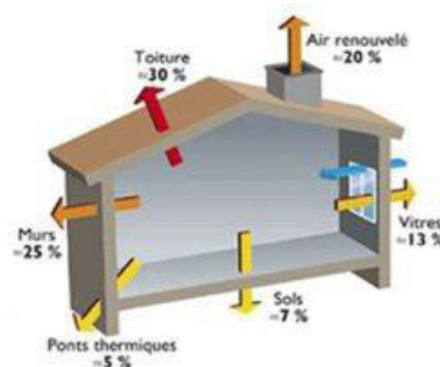
## **- PARTIE 1 - DESCRIPTION DU PROJET**

### **1. PRINCIPES GENERAUX DE LA THERMIQUE**

#### **1.1. Rappels sur la Thermique du bâtiment (1)**

La thermique du bâtiment repose sur deux grands principes simples pour assurer confort, économie et écologie dans tout type de construction. Les objectifs principaux sont tout d'abord de réduire au maximum les déperditions thermiques dues à l'enveloppe du bâtiment, puis par la suite de diminuer les consommations énergétiques quelles qu'elles soient. En effet, il faut savoir que la qualité et la composition de l'enveloppe d'un bâtiment sont autant de facteurs qui influenceront sur les pertes de chaleur et les échanges avec l'extérieur. Il existe 3 types de déperditions thermiques (*figure 1*).

Tout d'abord les déperditions par renouvellement d'air, qui peuvent représenter jusqu'à 20% des pertes et qui sont dues aux échanges directs entre l'air intérieur, chaud, et l'air extérieur plus froid ou provoquées par les ventilations (mécaniquement contrôlées ou naturelles). Elles sont presque inévitables en ce qui concerne la ventilation naturelle (possibilité de les réduire par l'utilisation d'une ventilation mécanique contrôlée double flux VMC DF), mais peuvent être atténuées lorsqu'il s'agit de fuites non souhaitées dans l'enveloppe. Ensuite, les déperditions à travers les parois et les menuiseries (murs toitures sol châssis de fenêtre) sont responsables d'environ 75% des déperditions et sont notamment contrées par l'ajout d'isolants performants. Enfin les pertes provoquées par les ponts thermiques sont à l'origine de 5% des pertes de chaleur. Les ponts thermiques sont des zones du bâtiment se trouvant en contact avec l'extérieur, suite à une discontinuité de l'isolant et donc de résistance thermique, ou plus simplement par un changement de géométrie dans l'enveloppe. Typiquement, le plancher de l'étage qui repose sur les murs extérieurs et qui crée donc une rupture dans l'isolant est un pont thermique (*figure 2*).



*Figure 1 : Déperditions thermiques dans un bâtiment*

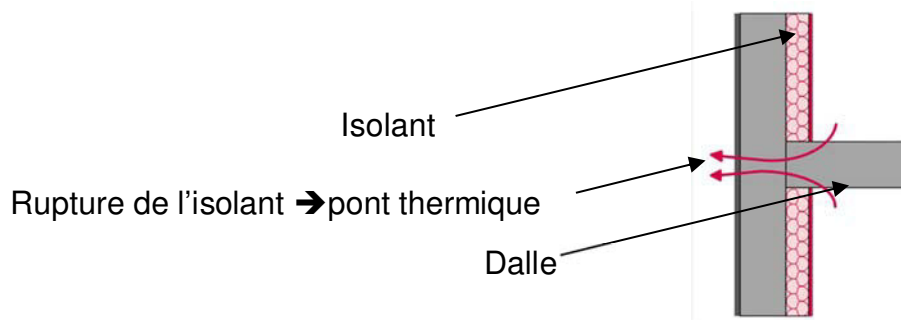


Figure 2 : Représentation d'un pont thermique linéique au niveau d'un plancher

Aussi, il faut savoir qu'aujourd'hui, en plus de travailler sur l'amélioration de l'enveloppe du bâtiment, une attention toute particulière est portée sur l'économie d'énergie et donc la réduction des consommations, aussi bien au niveau du chauffage que de l'éclairage par exemple. Pour se faire il est très important d'étudier le bâtiment dans sa globalité, son fonctionnement propre, et prendre en compte tous les paramètres tels que l'orientation, l'implantation géographique, l'exposition au vent ou encore sa position par rapport aux constructions voisines. Tous ces paramètres vont permettre de profiter au maximum de l'énergie dite « gratuite », fournie par le soleil, de la valoriser par la mise en place de matériaux capable de capter le plus de lumière possible (fenêtres) et ainsi de réduire considérablement l'énergie à produire pour pallier aux différentes déperditions thermiques.

De plus, outre la réduction des déperditions et la diminution des consommations, un autre paramètre entre désormais en jeu lorsque l'on évoque la thermique du bâtiment, c'est l'utilisation d'énergie renouvelable. La mise en place de panneaux solaires en est le parfait exemple, et de plus en plus d'habitations en sont désormais équipées. Cela permet non seulement de réduire la consommation d'énergie fossile, mais en plus, nous pouvons grâce à ce type de système, générer de la chaleur ou de l'électricité grâce une énergie inépuisable et non polluante.

Les objectifs et les critères cités précédemment sont désormais incontournables pour pouvoir construire un bâtiment optimal énergétiquement. Il est primordiale que tous ces paramètres soient connus de tous les corps de métiers travaillant sur le projet, et que tous les acteurs soient sensibilisés à ce sujet, depuis la conception jusqu' à la réalisation, pour trouver les solutions les plus économiques et écologiques lors de la phase de réflexion et s'assurer d'une mise en œuvre parfaite de tous les composants sur le chantier.

## **1.2. La Réglementation Thermique**

### **1.2.1. Principes et critères (2)**



La réglementation thermique (RT) est la réglementation Française permettant d'encadrer la thermique des bâtiments neufs. Son but principal est de réduire les consommations énergétiques totales (en kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an)<sup>1</sup> des constructions neuves et d'en fixer des valeurs maximales, de diminuer l'inconfort thermique et les besoins énergétiques. Les critères à réguler et à diminuer sont les consommations de

<sup>1</sup> kWh<sub>ep</sub> : kilowatt/heure d'énergie primaire. Tient compte de l'énergie nécessaire à la production et au transport de l'électricité. Par convention, 1 kWh facturé par le fournisseur d'électricité correspond à 2,58 kWh<sub>ep</sub>. Pour le gaz, le fioul et le bois, ce coefficient est égal à 1.

chauffage et refroidissement, de ventilation, d'éclairage et de production d'eau chaude sanitaire (ECS). Actuellement, la RT 2012 est appliquée pour les bâtiments neufs, succédant ainsi à la RT 2005. Avec la création de la RT 2005, de nombreux labels ont été créés en parallèle tels que le label HPE (haute performance énergétique) ou encore BBC (bâtiments basse consommation) permettant une amélioration constante par rapport à la RT 2005 qui prévoyait notamment une consommation totale de 80 kWh/m<sup>2</sup>.an contre 50 kWh/m<sup>2</sup>.an pour la version de 2012. La RT 2012 quant à elle définit clairement des critères à respecter. Tous ces critères sont quantifiables et mesurables et permettent ainsi de savoir très clairement si toutes les conditions sont respectées. Il y a donc trois critères principaux à respecter :

- Le Bbio (exigence sur l'efficacité énergétique du bâti)
- Le Cmax (exigence de consommation maximale)
- Le Tic (température intérieure de consigne)

Ces trois critères sont calculés grâce à la méthode TH-BCE. C'est une méthode de calcul réglementaire utilisée obligatoirement pour vérifier la conformité d'un bâtiment vis-à-vis de la RT 2012 (figure 3). En plus de contrôler que le bâtiment respecte la réglementation thermique 2012, la méthode TH BCE 2012 permet de calculer, diverses données telles que les déperditions en période hivernale ou la surface de vitrage minimale exposée Sud.

### **1.2.2. Quantifications des critères principaux**

#### **1.2.2.1. Le Besoin Bioclimatique conventionnel (Bbio)**

Le Bbio correspond aux Besoins Bioclimatiques conventionnels. Il prend en compte les besoins de chauffage, de climatisation et les besoins d'éclairage artificiels. Les paramètres importants à considérer pour réduire les besoins de chauffage sont donc la limitation des déperditions de chaleur par l'enveloppe et la ventilation, et la capacité à capter le maximum d'apports solaires. Pour réduire les besoins de climatisation il est important de limiter les apports internes dus aux équipements électriques (éclairage, électroménager) et de réduire les apports solaires en été. Enfin, pour les besoins d'éclairage, il est primordial de profiter au maximum de la lumière naturelle, avec des surfaces vitrées plus élevées et des bâtiments moins profonds. Le Bbio se calcule de la manière suivante (selon méthode de calcul TH-BCE) :

$$B_{bio} = 2(\text{Besoins de chauff} + \text{besoins de refroid}) + 5 \times \text{besoins d'éclairage}$$

Pour respecter les exigences de la RT2012, cette valeur de Bbio ne doit pas dépasser une valeur Bbio<sub>max</sub> calculée en fonction de la localisation géographique du bâtiment, de son altitude et de sa surface. En effet, la RT 2012 a mis en place 8 zones géographiques différentes correspondantes aux différents climats, et des coefficients modulateurs selon l'altitude du bâtiment.

#### **1.2.2.2. La consommation d'énergie primaire (Cep)**

Le Cep correspond à la consommation d'énergie primaire du logement. Tout comme le Bbio, la valeur du Cep est modulée en fonction de la localisation du bâtiment, de



son altitude et de sa surface. A cela vient s'ajouter la prise en compte de la catégorie d'utilisation du bâtiment (maison individuelle, Hôpital, bureaux, école...) et un coefficient modulateur permettant la prise en compte des gaz à effet de serre selon l'énergie utilisée (bois, fuel, gaz...). Le  $C_{epmax}$  se calcule de la manière suivante :

$$C_{epmax} = 50 \times M_{c\ type} \times (M_{c\ géo} + M_{c\ alt} + M_{c\ surf} + M_{c\ GES})$$

Pour respecter les exigences de la RT2012, le  $C_{ep\ max}$  doit en moyenne être inférieur à 50 kWh/m².an avant les modulations par les coefficients exprimées dans la formule ci-dessus.

### 1.2.2.3. La Température intérieure de consigne (Tic)

Le Tic correspond quant à lui à la température intérieure atteinte au cours d'une séquence de 5 jours chauds, inférieure à 26°C. La Tic de référence est également calculée selon le type de bâtiment et son utilisation, mais elle prend aussi en compte l'inertie du bâtiment, les facteurs solaires des menuiseries ou encore les protections solaires mobiles. Sur les 5 jours les plus chauds, la Tic ne doit pas dépasser la Tic de référence. Ce paramètre a pour but de diminuer l'inconfort thermique (en été) dans le bâtiment, et d'assurer une température de vie inférieure à la température maximale de confort préconisée.

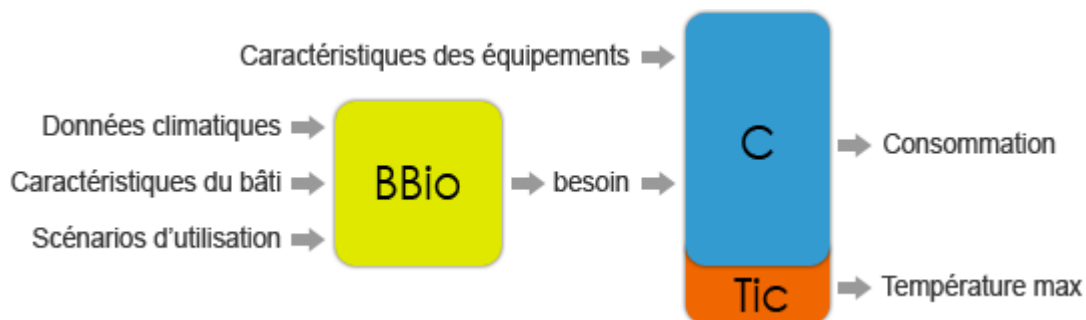


Figure 3 : Schéma de synthèse des critères principaux (source : ministère de l'écologie)

### 1.2.3. Critères de moyens

Hormis ces exigences sur l'efficacité, la RT2012 impose également des exigences de moyens. En effet de nombreux critères doivent être respectés pour pouvoir atteindre l'objectif RT2012. Parmi ces exigences, on retrouve le traitement obligatoire des ponts thermiques, avec des valeurs quantifiables maximum à respecter, le recours aux énergies renouvelables (panneaux solaires) ou encore une surface minimum de baies vitrées (1/6 de la surface habitable).

Une des exigences les plus importantes concerne le niveau d'étanchéité à l'air (réalisé à l'aide de tests sur chantier). Ainsi, cette valeur change également avec le type de bâtiment, elle ne doit pas dépasser  $Q_4=0.6\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  de parois déperditives (hors plancher bas) en maison individuelle et  $Q_4=1\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  pour des immeubles collectifs. Un autre paramètre important concerne la valeur maximale du coefficient de

déperdition U (en  $W/m^2.K$ ). Plus ce coefficient est faible, plus la résistance thermique est élevée ( $U=1/R$ ). Pour respecter les exigences, il nous faut  $U < 0.2 W/m^2.K$  pour les murs,  $U < 0.17 W/m^2.K$  pour les toitures et  $U < 0.25 W/m^2.K$  pour les planchers bas.

Pour synthétiser, au-delà des exigences souhaitées, la RT2012 insiste sur une bonne conception de l'ouvrage en amont du projet. Ainsi un gros travail est fait sur la pérennité du bâtiment et son utilisation dans le temps. Cette réglementation a également pour but de sensibiliser l'utilisateur sur ses consommations, de faire prendre conscience aux différents acteurs que le gaspillage d'énergie à un coût économique mais aussi écologique, et qu'il est indispensable de mettre en place des réglementations pour limiter ses consommations abusives.

## **2. APPROCHE GLOBALE DU PROJET**

### **2.1. Présentation générale**

#### **2.1.1. Aspect juridique**

Un établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes ou EPHAD est la forme d'institution médico-sociale pour personnes âgées la plus répandue en France, pouvant se définir comme une maison de retraite médicalisée qui intègre en son sein de nombreux services : Restauration, soins médicaux, assistances et activités diverses. Les EHPAD peuvent accueillir des personnes autonomes ou très dépendantes. Ces derniers doivent justifier d'équipements adaptés et d'un personnel médical (médecin coordonnateur) et paramédical (infirmier coordinateur, infirmiers, aides-soignants, auxiliaires de vie) dont le nombre est fixé selon la capacité d'accueil de l'établissement.

Du point de vue réglementaire, les EHPAD sont des établissements recevant du public (ERP) avec une activité de type J : « Structures d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées ». Ce paramètre est très important car il est pris en compte dans tous les calculs RT2012 et permet donc de définir les critères à respecter en fonction de l'usage du bâtiment. (3)

#### **2.1.2. Données du projet**

Pour que nous puissions commencer notre étude, nous avons en notre possession une partie du CCTP<sup>2</sup>. Bien évidemment, ce CCTP n'était pas complet puisque un des objectifs était le dimensionnement des différents réseaux hydrauliques et aérauliques. De ce fait, les lots 9 « Chauffage - Ventilation – Désenfumage », et du lot n°10 : « Plomberie Sanitaire » ont été ôtés préalablement.

Nous avons aussi les différents plans de masse et d'ensemble (figure 1) pour pouvoir par la suite, dessiner la géométrie de notre bâtiment. En effet, c'est grâce aux nombreux plans des différentes coupes, des faux plafonds et des plans de masse que nous avons été capables de créer et modéliser notre établissement dans son ensemble.

---

<sup>2</sup> Les CCTP : cahier des clauses techniques particulières fixent les dispositions techniques nécessaires à l'exécution des prestations de chaque marché.

### 2.2. Description de l'EHPAD

L'EHPAD que nous avons étudié lors de ce projet se situe en Ile-et-Vilaine, dans la région de Rennes, à une altitude inférieure à 100m. Ces paramètres sont importants pour pouvoir renseigner par la suite la localisation géographique de notre bâtiment et ainsi permettre aux calculs d'être le plus complet et le plus précis possible. L'EHPAD étudié possède une surface d'environ 3300m<sup>2</sup> et peut accueillir pas moins de 65 pensionnaires (figure 2 et 3)<sup>3</sup>. L'établissement nécessite le travail de 15 à 20 personnes (selon les tranches horaires) qui se relaient bien évidemment 24/24h et 7/7j pour permettre aux personnes âgées d'être prises en charge à tout moment. (Annexe 1)

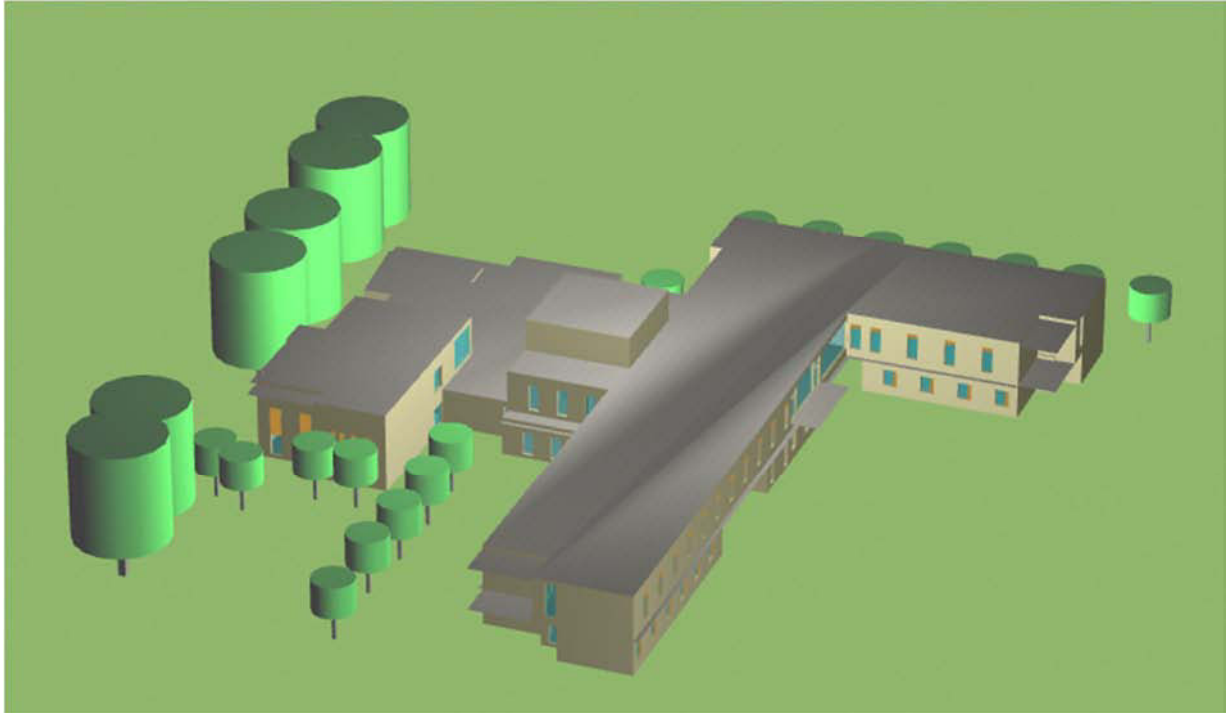


Figure 1 : Vue en coupe de l'EHPAD (RDC à gauche et R+1 à droite)

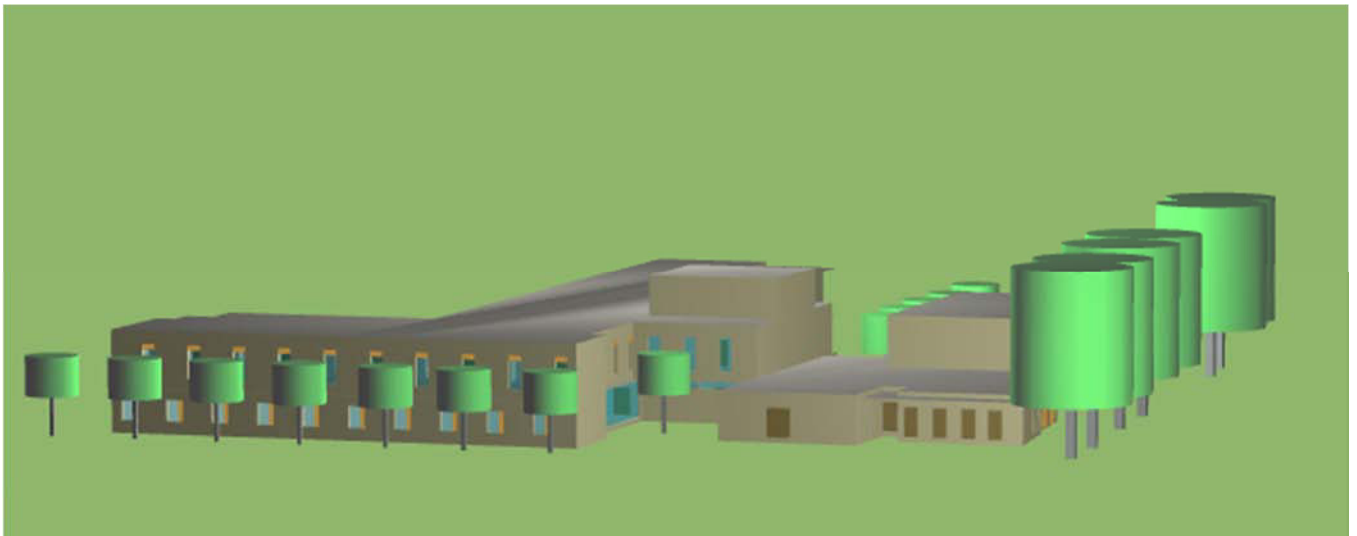


Figure 1bis : Vue en coupe Est-Ouest

<sup>3</sup> Les différentes vues 3D sont extraites de notre modélisation sur le logiciel Alcyone



*Figure 2 : Modélisation 3D de l'EHPAD (façade Sud et Est)*



*Figure 3 : Modélisation 3D de l'EHPAD (façade Nord)*

La majorité des EHPAD sont plus ou moins faits de la même manière. En effet, comme de nombreux autres, notre établissement se compose de plusieurs zones bien distinctes avec des utilisations précises et différentes. Le rez-de-chaussée est la partie du bâtiment où se trouvent les services administratifs, les lieux de vie (salons, salle polyvalente), une partie des chambres et la cuisine. À l'étage, nous trouvons le reste des chambres, la salle à manger et des bureaux de soins qui sont utilisables 24/24h (figure 1).

De plus, un deuxième étage se situe au centre du bâtiment et se compose uniquement d'un édicule technique (partie non habitable) et de locaux techniques. Aussi, un bâtiment annexe a été créé spécialement pour la chaufferie. Il est composé d'un vaste espace pouvant accueillir le système de chauffage et d'une cuve de stockage de combustible.

Les chambres sont toutes identiques, même surface et mêmes équipements, ce qui permet une certaine homogénéisation, et un confort semblable (à l'exposition près) pour tous les pensionnaires. Deux grandes salles permettent aux pensionnaires de se retrouver et de se détendre, tandis qu'une grande salle polyvalente peut être utilisée pour des occasions spéciales (loto, soirée...). De nombreuses baies vitrées ont été également installées sur les façades de l'établissement, notamment au niveau des salles communes comme les salons, la salle à manger ou encore la salle polyvalente.

En ce qui concerne les protections solaires, des mesures ont été prises pour protéger les façades lors de la période estivale. Ainsi, de nombreux brise soleils orientables ont été installés sur la majorité des baies vitrées, et des casquettes solaires courent tout le long des façades du rez-de-chaussée.

### **2.3. Limites de l'étude**

Malgré des plans relativement complets et nombreux, certaines parties n'ont pas été modélisées. En effet nous avons décidé, pour des simplifications évidentes, d'exclure certaines zones de notre étude, en particulier la chaufferie. Cette annexe n'est d'aucune utilité pour l'étude thermique puisqu'elle est située à l'écart de la partie d'habitation, sans contact direct avec les zones occupées, et n'est pas chauffée.

Aussi, pour des raisons techniques, nous n'avons pas pu prendre en compte la cuisine dans les calculs RT. Cela représente une hypothèse plutôt importante, qui sera par conséquent développée plus précisément dans la suite du rapport, mais nous n'avons pas d'autre choix puisque les licences « pléiade+ Comfie » dont nous disposions à l'école n'étaient pas dotées du module climatisation. Il était donc clairement impossible de dimensionner la cuisine, dotée de nombreuses chambre froides ou autres salles climatisées. Cette limite est d'autant plus contraignante et handicapante pour notre étude que dans les établissements de type EHPAD, la climatisation est obligatoire pour maintenir un écart de température de 8°C entre la température extérieure et la température intérieure (*conception et rénovation des EHPAD INRS*) pour certaines salles comme les lieux de vie par exemple.

### **3. MODELISATION**

#### **3.1. Logiciels**

L'ensemble de la modélisation et des calculs de la partie thermique du projet a été réalisée grâce à la suite de logiciels développés par IZUBA énergies : Pléiades + Comfie et Alcyone.

Le logiciel Pléiades + Comfie permet de réaliser dans un premier temps la saisie des données et la création des différents éléments du projet. Dans un second temps, il permettra de réaliser des simulations thermiques dynamiques (STD) ainsi que des calculs réglementaires s'appuyant sur la réglementation thermique de 2012 (RT2012).

Le logiciel Alcyone vient, quant à lui, faciliter la modélisation de ce projet en permettant à l'utilisateur de s'appuyer sur une interface plus visuelle et plus intuitive pour attribuer les éléments du projet ainsi que le fonctionnement de ce dernier en vue des différents calculs à réaliser.

#### **3.2. Définition des données du projet (Pleiades)**

Cette partie représente la première étape du projet. Elle permet de définir les éléments constituant l'enveloppe, les scénarios d'utilisation et les différents équipements (chauffage, ECS, ventilation...) du bâtiment à partir des différentes données transmises pour l'étude thermique (ex : CCTP).

##### **3.2.1. Matériaux et éléments**

Dans un premier temps, nous avons vérifié la disponibilité des différents matériaux et éléments dont nous allons avoir besoin pour détailler la composition des différentes parois constituant l'enveloppe de l'EHPAD. Certains matériaux n'étant pas disponibles, nous avons dû les créer à partir de feuille vierge ou à partir de matériaux ayant des caractéristiques similaires. Une fois la bibliothèque de nos matériaux et éléments réalisée, il a été possible d'entreprendre la constitution de nos différentes parois.

##### **3.2.2. Compositions de parois**

Pour la réalisation de cette étape, à partir des informations figurant dans les CCTP, nous avons détaillé la composition des parois de type verticales et horizontales, de l'extérieur vers l'intérieur

###### **3.2.2.1. Détails des compositions**

Parois verticales extérieures :

- **Mur ossature béton banché isolé** (Ep : 373 mm,  $U=0.19 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
  - Béton ép. : 200mm
  - Isolant laine de verre revêtue Kraft ép. : 160 mm
  - Plaque de plâtre type BA13 ép. : 12.5 mm

- **Mur cuisine extérieur** (Ep : 306 mm, U=0.25 W/m²K)
  - Béton ép. : 200mm
  - Isolant panneaux mousse polyuréthane ép. : 100 mm
  - Plaque d'acier inoxydable ép. 6 mm

### Parois verticales intérieures :

- **Mur de refend béton banché** (Ep : 200 mm)
  - Béton ép. : 200mm
- **Mur cuisine (chambre froides)** (Ep : 406 mm, U=0.13 W/m²K)
  - Béton ép. : 200mm
  - Isolant panneaux mousse polyuréthane ép. : 200 mm
  - Plaque d'acier inoxydable ép. 6 mm
- **Cloison 100 mm** (Ep : 101 mm)
  - Plaque de plâtre type BA13 ép. : 12.5 mm
  - Lame d'air technique (rail métallique) ép. : 10 mm
  - Isolant laine de roche ép. : 55 mm
  - Lame d'air technique (rail métallique) ép. : 10 mm
  - Plaque de plâtre type BA13 ép. : 12.5 mm
- **Cloison 140 mm** (Ep : 142 mm)
  - 2 Plaques de plâtre type BA13 ép. : 12.5 mm (X 2)
  - Lame d'air technique (rail métallique) ép. : 10 mm
  - Isolant laine de roche ép. : 70 mm
  - Lame d'air technique (rail métallique) ép. : 10 mm
  - 2 Plaques de plâtre type BA13 ép. : 12.5 mm (X 2)
- **Cloison 180 mm** (Ep : 174 mm)
  - 3 Plaques de plâtre type BA13 ép. : 12.5 mm (X 3)
  - Isolant laine de roche ép. : 45 mm
  - Lame d'air technique (rail métallique) ép. : 8 mm
  - Isolant laine de roche ép. : 45 mm
  - 3 Plaques de plâtre type BA13 ép. : 12.5 mm (X 3)

### Parois horizontales extérieures :

- **Toiture terrasse** (Ep : 450 mm, U=0.11 W/m²K)
  - Gravillons ép. : 40 mm
  - Feutre bitumineux ép. : 10 mm
  - Isolant panneaux mousse polyuréthane ép. : 200 mm

- Béton ép. : 200mm
- **Plancher bas RDC** (Ep : 370 mm,  $U=0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
  - Isolant panneaux mousse polyuréthane ép. : 200 mm
  - Dalle béton ép. : 200 mm
  - Chappe ép. : 60 mm
  - Dalles PVC ép. : 10 mm
- **Plancher sur vide** (Ep : 395 mm,  $U=0.29 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
  - Isolant panneaux polystyrène expansé ép. : 125 mm
  - Dalle béton ép. : 200 mm
  - Chappe ép. : 60 mm
  - Dalles PVC ép. : 10 mm

### Paroi horizontale intérieure :

- **Plancher haut (intermédiaire)** (Ep : 270 mm)
  - Dalle béton ép. : 200 mm
  - Chappe ép. : 60 mm
  - Dalles PVC ép. : 10 mm

*Remarque : Lors de la composition des parois, un onglet RT2012 permet de remplir des données non prises en compte dans la STD comme : le type et la nature de la paroi, des précisions sur l'isolant (origine, certification)*

### **3.2.2.2. Hypothèses et simplifications**

Dans notre recherche d'informations dans les CCTP, nous n'avons parfois pas réussi à trouver des éléments ou des descriptions suffisantes pour nous permettre de composer nos parois sans que le doute soit permis. Pour pallier à ces lacunes d'ordre technique, nous avons pris certaines décisions en matière de composition et de localisation des parois, ce sont les hypothèses. D'autre part, pour simplifier la future modélisation et alléger notre maquette, nous avons pris le parti d'attribuer de manière plus générale certaines parois.

#### Hypothèses :

- Composition des plancher : chape 60 mm et revêtement pvc 10 mm
- Isolation généralisée pour le plancher bas

#### Simplification :

- Faux plafonds non modélisés
- Un seul type de plancher bas sur terre-plein
- Un seul type de toiture : toiture terrasse
- Un seul type de mur extérieur (sauf cuisine)



### **3.2.3. Ponts thermiques.**

Tous les ponts thermiques attribués à l'enveloppe de notre bâtiment sont ceux pris en compte comme référence par la RT2012. Une bibliothèque regroupant les cas de figure généraux est disponible dans le logiciel. C'est grâce à cette dernière et suivant les différents plans mis à notre disposition que nous avons réalisé une bibliothèque regroupant les différents ponts thermiques imputables à notre bâtiment. Pléiades divise les ponts thermiques en trois catégories :

- Ponts thermiques de menuiseries : appui, linteau et tableau
- Ponts thermiques intégrés : cas où l'ossature est discontinue (ex : ponts thermiques des montants d'ossature bois)
- Ponts thermiques linéiques : angles entrants/sortants, jonctions avec la dalle, jonctions avec plancher intermédiaire...

### **3.2.4. Les menuiseries**

Les menuiseries étant un poste déperditif important, nous avons, en accord avec les CCTP, décidé de mettre en œuvre des menuiseries extérieures en aluminium haute performance à rupture de ponts thermiques, double vitrage 4/16/4<sup>4</sup> avec un gaz de remplissage argon. Pour les menuiseries intérieures, le choix de portes simples en bois est apparu comme une évidence. Un détalonnement de 1 ou 2 cm (suivant localisation) a été attribué à ces dernières pour permettre le bon fonctionnement du système de ventilation. Ici aussi il existe un onglet RT2012 permettant de compléter des informations d'ordre techniques et réglementaires pour la prise en compte dans les calculs RT. Enfin il est possible d'attribuer des scénarios de protection (ex : volet roulant) et d'ouverture à chaque type de menuiseries. Suivant les plans, certaines menuiseries extérieures se sont vues attribuées des volets roulants (ex : chambres).

### **3.2.5. Les scénarios**

Pléiades propose à ses utilisateurs d'attribuer divers scénarios (figure 1) : ventilation, occultation, occupation, consigne de température, besoins d'ECS... de manière à détailler le fonctionnement futur du bâtiment de façon précise. Cependant, de nombreuses hypothèses doivent être prises en compte. Il est possible de créer des scénarios hebdomadaires (heures par heures du lundi au vendredi) mais aussi annuels correspondant à une succession de scénarios hebdomadaires sur l'ensemble d'une année.

---

<sup>4</sup> Vitrage 4/16/4 : double vitrage composé de deux vitres de 4mm et une lame d'air (gaz) de 16mm



Figure 1 : Illustration des différents types de scénarios disponibles dans le logiciel (Pléiades)

### Dans le cas de notre saisie

- **Consigne de température** (°C) : Permet d'attribuer une température à une pièce ou un ensemble de pièces. Ces informations sont disponibles dans le référentiel Conception et rénovation des EHPAD – INRS.
- **% d'occupation** (% d'un nombre de personnes): Permet de simuler la présence de personnes dans une pièce à différents moments de la journée. La répartition des personnes à travers le bâtiment a été faite suivant le bon sens, l'utilisation des pièces en veillant à ne pas faire de « doublons » (présence d'une quantité de personnes trop importante).
- **Puissance dissipée (Watts)** : apport internes fournis par certains équipements. Des scénarios d'équipement sont déjà présents dans la bibliothèque. Pour l'équipement spécifique, des valeurs sont disponibles sur divers sites de fabricants et distributeurs, en ligne.
- **% d'occultation** (% d'une résistance thermique supplémentaire) : Présence d'occultations. Dans notre étude cela correspond à une occultation totale la nuit toute l'année et partiel lors de la saison d'été en journée.
- **% de ventilation** (% d'un renouvellement d'air) : Renouvellement d'air en volume par heure (ou m<sup>3</sup>/h) d'une pièce. Les seuils réglementaires sont consultables sur la Circulaire du 20/01/1983 pour les locaux à pollution non spécifique ou dans le Code du Travail Décret n° 2002-1553 du 24 décembre 2002.
- **Niveau d'éclairage** (lux) : Scénario permettant d'assurer un niveau d'éclairage d'une intensité voulue sur un plan de travail ou de circulation. Ici aussi les informations disponibles que nous avons prises en compte sont celle de la norme NF EN 12464-1 relative aux exigences d'éclairage d'intérieur des lieux de travail.
- **Besoins d'ECS** (litres): permet de dimensionner les besoins d'eau chaude sanitaire du bâtiment en fonction des différentes pièces. Les

informations les plus pertinentes que nous avons trouvées sont issues du (4)<sub>2</sub> de la DGTRE<sup>5</sup>.

*Remarque : Extrait du manuel d'utilisation de Pléiades « Aucun de ces scénarios n'est pris en compte pour le calcul réglementaire RT2012 : les modalités d'usage du bâtiment sont définies conventionnellement par zone en RT2012 ».*

### **3.2.6. Systèmes**

Le logiciel permet de créer une ou plusieurs «Générations» : Pompes à chaleur, chaudières, capteurs solaires... permettant la production d'énergie pour le chauffage, le refroidissement et l'eau chaude sanitaire. Suivant un modèle similaire, il est possible de créer une Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) suivant les besoins et les contraintes de l'EHPAD.

Des informations complémentaires sur le choix, le dimensionnement de ces systèmes seront développées ultérieurement dans ce rapport en Partie 4 : Dimensionnement de réseaux et systèmes.

Pour ce qui est de l'intégration à l'étude, Une fois le système choisi, il suffit de remplir les données STD et RT demandées par le logiciel avec les informations des documentations techniques des constructeurs.

### **3.3. Saisie du projet (Alcyone)**

#### **3.3.1. Définition des généralités**

Le logiciel Alcyone propose à l'utilisateur de rentrer des données par défaut correspondant aux différents éléments : parois, menuiseries, ponts thermiques et états de surface, les plus couramment rencontrés dans le projet pour faciliter la saisie ultérieure par l'utilisateur en lui offrant un gain de temps.

Les données météorologiques sont ensuite prises en compte grâce aux données géographiques liées au projet. Ici, nous avons donc choisi la station météorologique de Rennes comme indiqué dans la description du projet. Le calcul de l'horizon à, quant à lui, été réalisé grâce aux coordonnées GPS du site d'implantation de l'EHPAD. Ces deux éléments sont pris en compte pour les calculs du Bbio, du Cep et du Tic.

#### **3.3.2. Tracé de la géométrie de l'EHPAD**

Le tracé de la géométrie s'est fait à partir d'un fond de plan sur lequel les contours extérieurs et intérieurs sont saisis. Le bâtiment a été simplifié pour obtenir 3 niveaux différents : RDC, R+1, Edicule technique. La saisie des toitures a été réalisée suivant le même principe.

Nous avons ensuite attribué les différents éléments architecturaux : Parois, menuiseries, brises soleil...

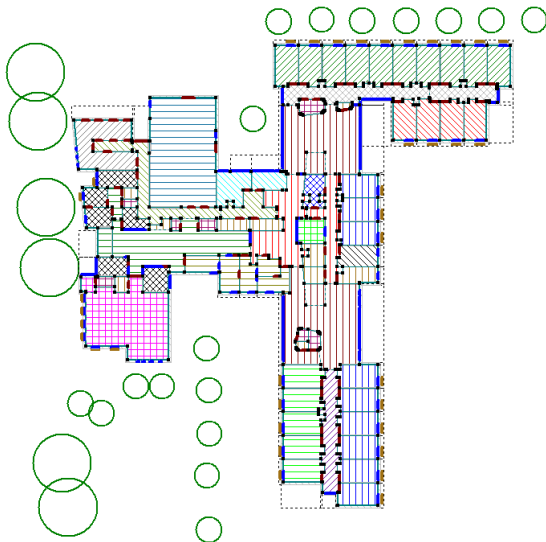
---

<sup>5</sup> La Direction Générale des Technologies de la Recherche et de l'Energie (Belgique)

### 3.3.3. Intégration des données Pléiades

#### Données STD

- Détermination du zonage STD du bâtiment. Regroupement des zones thermiquement équivalentes (*figure 2*). Les résultats des STD seront donnés en fonction de ce découpage
- L'attribution des scénarios saisis dans Pléiades se fait par zone. Il est aussi possible de leur attribuer un équipement d'éclairage représentant la consommation d'éclairage des différentes pièces.



*Figure 2 : Zonage du rez-de-chaussée par zones thermiquement équivalentes (STD) (Alcyone)*

#### Données ventilation

- Définition de l'enveloppe aéraulique de notre bâtiment permettant l'attribution d'un coefficient de perméabilité ( $Q_{4Pa}$  surf) représentant le niveau d'étanchéité à l'air pour cette partie du bâtiment. En l'absence de réglementation pour ce type de bâtiment (EHPAD), nous prenons la valeur par défaut de  $1,7 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot \text{m}^2)$  (locaux professionnels).
- Des bouches de soufflage et de reprises ont ensuite été attribuées suivant les débits réglementaires définis plus tôt dans le projet puis ont été reliées à un système de ventilation.
- Les locaux techniques de ventilation en toiture ainsi que la cuisine ont été exclus de l'enveloppe aéraulique car ils ne sont pas pris en compte, dans notre étude, au niveau de la ventilation.

#### Données RT2012

- Détermination du zonage RT. A la différence du zonage STD, le découpage est réalisé suivant les différentes parties de l'EHPAD. Ainsi, nous obtenons 3 zones principales divisées en sous-groupes (*figure 3*). Ces zones correspondent au 3 centrales de ventilation.

## DESCRIPTION DU PROJET

- La cuisine est exclue de l'étude réglementaire car son étude complète est impossible via le logiciel.

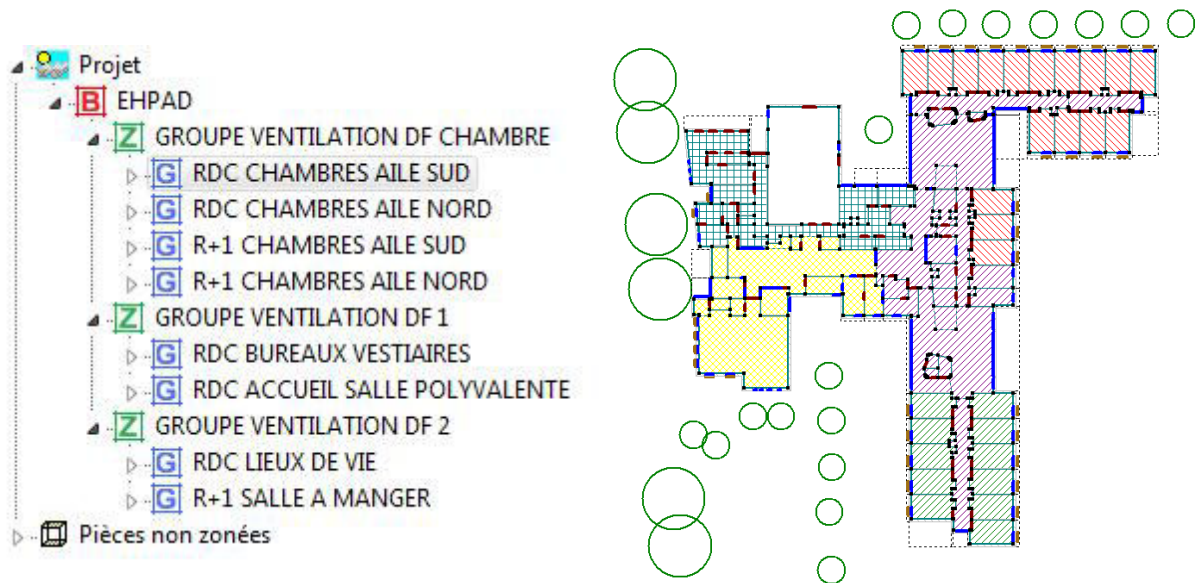


Figure3 : A gauche, illustration du zonage RT2012 sous forme d'arborescence.  
A droite, représentation du zonage RT 2012 du rez-de-chaussée.

### Données de chauffage

- Le module chauffage permet d'estimer plus justement nos besoins de chauffage de manière plus précise en tenant compte des déperditions réelles de notre EHPAD.
- Sans l'utilisation de ce module, le logiciel prends par défaut une valeur de besoin de chauffages de  $10 \text{ W/m}^3$ , cette valeur est très largement surestimée et défavorable à notre étude.

### Vérification des ponts thermiques

- Un onglet permet de réaliser la vérification et l'attribution des différents ponts thermiques linéiques saisis précédemment dans Pléiades.

### Export Pléiades

- Il est important de finaliser parfaitement le modèle Alcyone avant de procéder à un export vers Pléiades pour poursuivre la suite de l'étude.
- En effet, les bibliothèques se mettent à jour facilement de Pléiades vers Alcyone, en revanche le contraire est impossible. Pour chaque modification sur Alcyone une nouvelle base Pléiades est Doit être générée.

## **- PARTIE 2 - SIMULATIONS THERMIQUES DYNAMIQUES (STD).**

### **1. PRINCIPE DE LA SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE**

#### **1.1. Intérêt de la STD**

La modélisation thermique dynamique se justifie par un simple constat : Le comportement d'un bâtiment avec une consommation de 200 kWh/m<sup>2</sup>.an de besoins de chauffages ne se comporte pas comme un bâtiment basse consommation (30-50 kWh/m<sup>2</sup>). Certains aspects autrefois négligeables comme : les ponts thermiques, les apports internes ou l'étanchéité à l'air de l'enveloppe, deviennent de première importance. L'intérêt de la STD se situe dans l'étude et la quantification de ses impacts dans les bâtiments neufs et en rénovation en faisant varier les solutions techniques (parois, menuiserie, équipements...).

L'application la plus courante est l'analyse des besoins thermiques permettant de dimensionner un système de chauffage de manière efficace. Il est aussi possible de d'étudier le confort thermique d'été, traduit dans le logiciel par un nombre d'heures au-dessus de la température limite haute (taux d'inconfort). En moindre mesure, Une STD permet de prévoir les consommations liées à l'utilisation du bâtiment.

#### **1.2. Fonctionnement (5)**

Le principe de calcul du logiciel Pléiades consiste à étudier sur une année entière (ou une période plus courte : au plus chaud/froid) au pas de temps d'1/2 heure, le comportement thermique du bâtiment en prenant en compte seulement l'enveloppe ou en y intégrant différents systèmes tels que la ventilation, le chauffage, l'éclairage...

Le logiciel prend en compte tous les paramètres impliqués dans le bilan thermique. Tout en s'appuyant sur les paramètres géographiques et météorologiques du site d'implantation. Un découpage en zones thermiquement équivalentes (utilisation, apports, volume...) permet l'obtention de résultats plus ou moins explicites suivant la géométrie du sujet d'étude.

#### **1.3. Analyses et résultats**

Une simulation thermique dynamique n'est valide que si les hypothèses et le modèle sont pertinents. Il était donc de notre devoir de présenter un modèle cohérent : description de l'enveloppe, hypothèse de fonctionnement, hypothèse des équipements. Mais aussi, à travers l'exploitation des résultats, de proposer une analyse pertinente vis à vis des points critiques à vérifier.

Il est donc important de rester critique sur ces résultats en fonction de la qualité des données et de la précision des hypothèses soumises au calcul.

## **2. SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE DE NOTRE EHPAD**

Nous avons décidé de réaliser une étude thermique dynamique de l'EHPAD afin de juger de la performance du bâtiment tel qu'il a été conçu en orientant notre analyse des résultats vers la quantification des besoins de chauffage et l'amélioration du confort d'été.

### **2.1. Résultats de la simulation thermique**

La simulation thermique se déroule sur une période d'un an dans les conditions météorologiques dites standard. Nous considérons aussi que la ventilation mécanique contrôlée est en marche et fonctionne suivant les scénarios d'occupation des pièces.

Nous obtenons un besoins de chauffage de 51343 kWh. Vis-à-vis du volume de notre bâtiment le résultat obtenu est relativement faible.

Explication possible :

- La situation géographique du bâtiment est relativement favorable : température extérieure minimum de -4°C et un ensoleillement annuel dans la moyenne nationale.
- Les surfaces vitrées les plus importantes sont orienté à l'Est-ce qui est plutôt favorables aux apports solaires.
- Enveloppe du bâtiment (parois, menuiserie et ponts thermiques) performante
- Taux d'infiltration de l'air de 1 m<sup>3</sup>/ (h.m<sup>2</sup>) au lieu des 1.7 m<sup>3</sup>/ (h.m<sup>2</sup>) par défaut
- Ventilation double flux très performante.

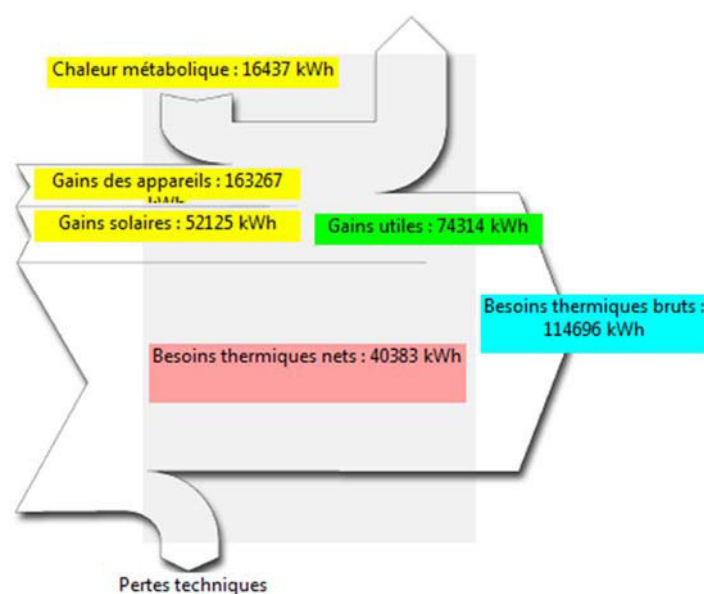


Figure 1 : Diagramme de Sankey simulation intermédiaire (Pléiades)

Le diagramme distingue les gains utiles (en vert) des gains bruts (en jaune). Il est essentiel pour le bon comportement thermique global que la somme des gains bruts soit proche des gains utiles. Par exemple, si moins de 50% des apports sont valorisés, il y a de grandes chances que le bâtiment surchauffe.

Dans notre cas, les apports internes dus aux appareils sont très élevés, et ne sont plus valorisés. Le ratio gains utile/gain brut est de 32%, il y a surchauffe du bâtiment. 70% de ces apports proviennent des équipements de cuisine. Ce ratio est relativement élevé. N'ayant aucune informations précises sur les puissances dissipées par les appareils de cuisine, nous les avons grandement surdimensionnés.

### **2.2. Confort thermique d'été – Taux d'inconfort**

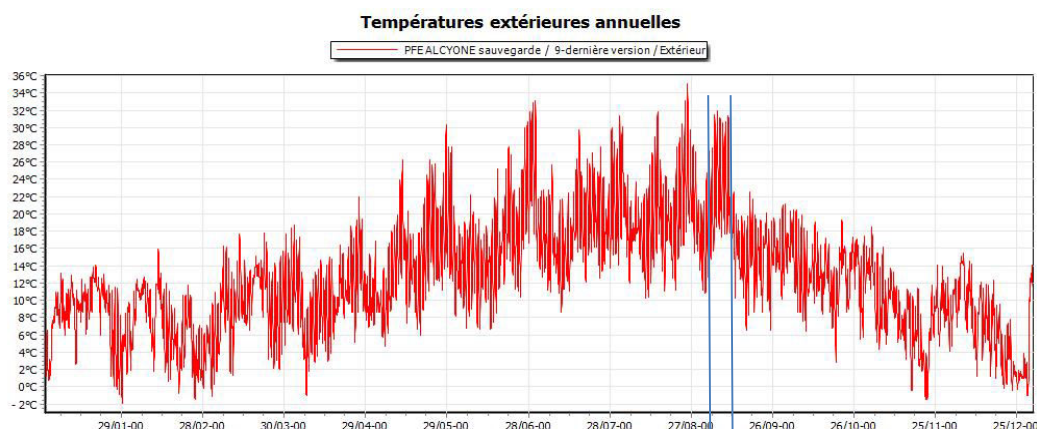
Aux vues des résultats favorables pour l'évaluation des besoins de chauffage l'essentiel de l'étude thermique dynamique s'est orientée sur l'analyse et la réduction du taux d'inconfort de certaines zones de notre bâtiment. Le calcul du confort d'été a pour principal but de déterminer le comportement du bâtiment lors des semaines les plus chaudes, et de trouver des dispositifs permettant de maintenir une température de confort inférieure à 27°C.

Le scénario de base considère :

- La mise en place de casquettes et de brises soleils
- Des occultations mobiles sur les menuiseries des chambres et des bureaux
- Aucunes occultations sur les baies vitrées des lieux de vie et la salle à manger
- Une VMC Double flux stoppée en période d'inoccupation
- Aucune sur ventilation nocturne

#### **2.2.1. Détermination de la période la plus chaude**

Pour réduire le temps de calcul des simulations nous avons décidé de choisir le mois le plus chaud comme base d'étude. Par lecture graphique, la période fin Aout - début Septembre apparaît être celle qui enregistre les températures les plus importantes (*Figure 2*). Par conséquent, le taux d'inconfort sera le plus important.



*Figure 2 : Courbe représentant les températures extérieures sur une année d'étude(Pléiades).*



### 2.2.2. Zones critiques

Pour déterminer les zones critiques, à partir des résultats annuels nous avons relevé les zones où le taux d'inconfort était supérieur à 8%<sup>6</sup> (Figure 3). Les courbes des températures intérieures annuelles permettent de visualiser les périodes au-dessus de 27°C (ligne rouge) (Figure 4).

Zones	Taux d'inconfort base
	%
RDC_CH_S	10
RDC_CH_O	17,99
RDC_CH_E 1	17,99
R+1_CH_S	13
R+1_CH_E	20,99
R+1_CH_O	22
RDC_LDV_EO	32
RDC_SP_SO	36,99
RDC_CU_N 1	39
RDC_BRI_X	14,99
R+1_SAM_E	32
R+1_BRI_X	16
R+1_BRI_E	11

Figure 3 : Tableau de valeurs des taux d'inconfort critiques.

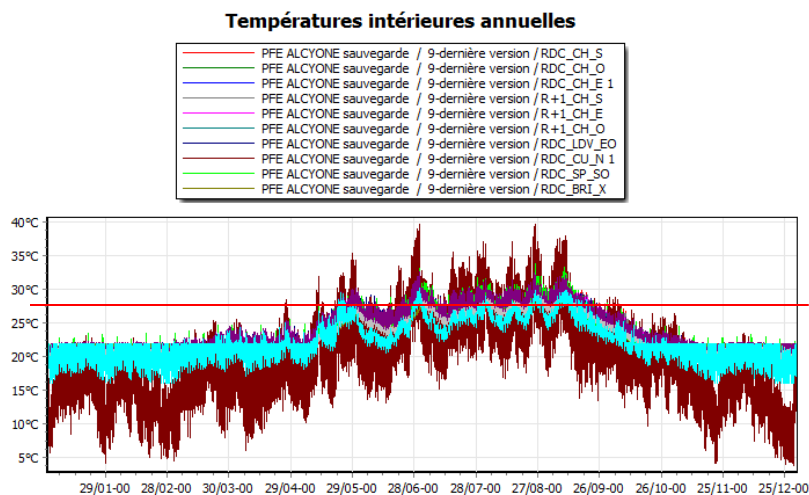


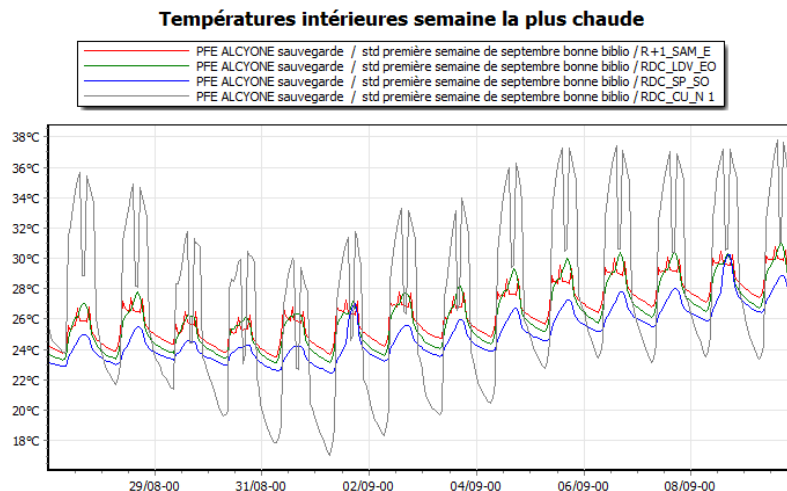
Figure 4 : Relevés des températures annuelles en zones d'inconfort (Pléiades).

Rouge limite haute d'inconfort

Dans un premier temps, nous avons vérifié les caractéristiques et les données de chaque pièce pour vérifier qu'il n'y avait pas d'erreurs dues à une mauvaise saisie. Après vérification, nous avons constaté que le détalonnement des portes et la fusion des vides sur pièces n'était pas pris en compte ; (surchauffe)

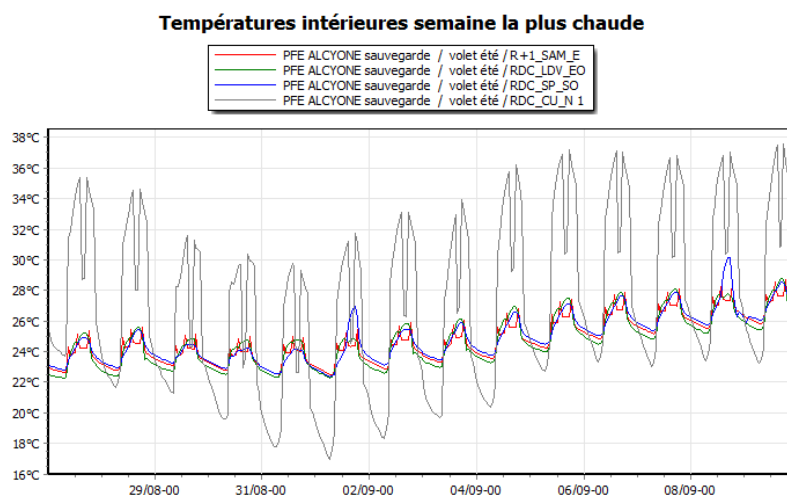
<sup>6</sup> D'après les exigences de la certification "Habitat et environnement", la température intérieure d'une pièce est maximale à 27°C et le taux d'inconfort ne doit pas dépasser 8% soit 8H d'inconfort sur 100H d'occupation.

Après rectification de ces paramètres, les températures dans les pièces les plus impactées (*Figure 5*) ont diminuées grâce à une circulation d'air neuf plus frais.



*Figure 5 : Relevés des températures de la semaine la plus chaude en zones d'inconfort (Pléiades).*

Les zones critiques telles que les lieux de vie et la salle à manger possèdent des surfaces vitrées donnant sur l'extérieur importantes. Pour réduire les températures intérieures, nous avons mis en place des protections solaires amovibles (« volet ») sur les baies. Nous avons constaté une baisse des températures intérieures (*Figure 6*) indiquant une baisse du taux d'inconfort avec cette solution.



*Figure 6 : Relevés des températures de la semaine la plus chaude en zones d'inconfort (Pléiades).*

Nous avons relancé un calcul annuel à partir duquel nous avons constaté une baisse du taux d'inconfort liée à une baisse des températures (*Figure 7*). Les zones en dessous du seuil de 8% sont écartées (*Figure 8*), réduisant ainsi le nombre de zones à 6 (seuil respecté pour les chambres en proximité des lieux de vie et salle à manger).

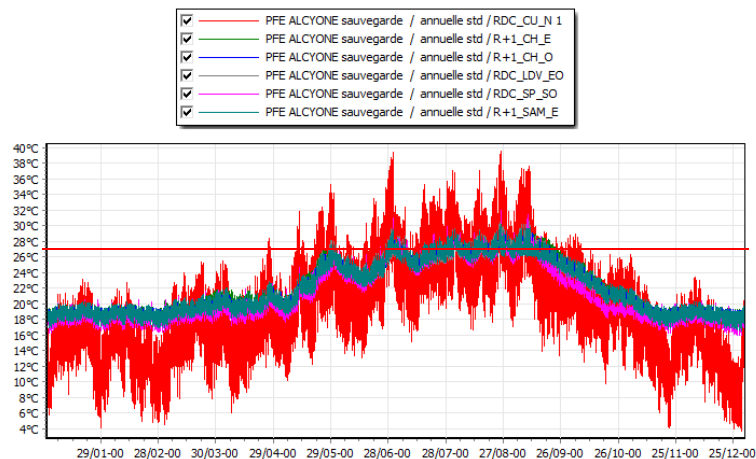


Figure 7: Relevés des températures annuelles en zones d'inconfort (Pléiades).

Rouge : limite haute d'inconfort

Zones	Taux d'inconfort base	Taux d'inconfort Intermédiaire
	%	%
RDC_CH_S	10	7
RDC_CH_O	18	7
RDC_CH_E 1	18	6
R+1_CH_S	13	8
R+1_CH_E	21	9
R+1_CH_O	22	10
RDC_LDV_EO	32	19
RDC_SP_SO	37	22
RDC_CU_N 1	39	39
RDC_BRI_X	15	0
R+1_SAM_E	32	21
R+1_BRI_X	16	8
R+1_BRI_E	11	6

Figure 8: Tableau de valeurs des taux d'inconfort critique

La cuisine est la pièce où le taux d'inconfort est le plus élevé. Pour le réduire, nous avons décidé de réduire les apports des appareils de 50% (de 180 à 90 W/m²) et de mettre en place une ventilation uniquement en période d'occupation pour éviter de faire rentrer de l'air chaud, en été à ces périodes-là. Une sur ventilation nocturne a également été mise en place. Le résultat a été immédiat comme nous avons pu le constater (Figure 9). C'est évidemment la réduction des gains des appareils qui est le plus impactant.

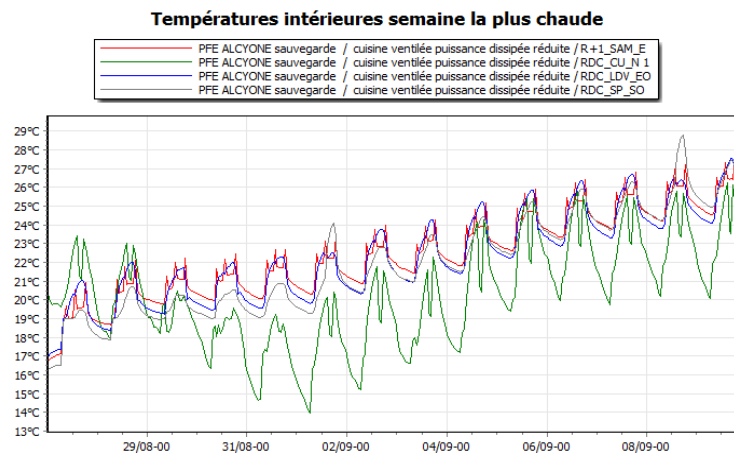


Figure 9: Relevés des températures de la semaine la plus chaude en zones d'inconfort (Pléiades).

Pour confirmer la tendance, un calcul annuel a été lancé. La modification a effectivement permis de réduire la température à l'intérieure de la cuisine tout au long de l'année (Figure 10). Cependant le taux d'inconfort augmente au lieu de réduire (Figure 11). Ce résultat est dû à l'absence de consigne de température dans la pièce, diminuant considérablement la température l'hiver (inconfort d'hiver).

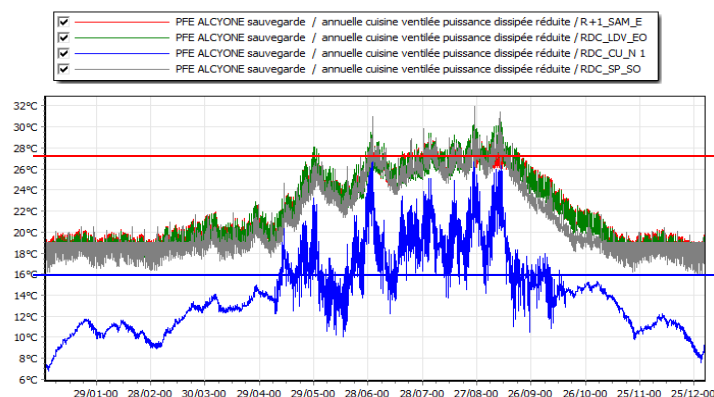


Figure 10: Relevés des températures de la semaine la plus chaude en zones d'inconfort (Pléiades)

Rouge: limite haute d'inconfort, Bleu : limite basse d'inconfort.

Zones	Taux d'inconfort base	Taux d'inconfort Intermédiaire	Taux d'inconfort final
	%	%	%
RDC_CH_S	10	7	6
RDC_CH_O	18	7	7
RDC_CH_E 1	18	6	5
R+1_CH_S	13	8	8
R+1_CH_E	21	9	8
R+1_CH_O	22	10	9
RDC_LDV_EO	32	19	18
RDC_SP_SO	37	22	22
RDC_CU_N 1	39	39	66
RDC_BRI_X	15	0	0
R+1_SAM_E	32	21	20
R+1_BRI_X	16	8	7
R+1_BRI_E	11	6	6

Figure 11: Tableau de valeurs des taux d'inconfort critique

Pour résoudre l'inconfort d'hiver, un système de chauffage devra être mis en place dans la cuisine avec une consigne de température adaptée à l'usage de la zone. Pour les zones où la température est toujours trop importante suivant certaines périodes, un système de climatisation (obligatoire pour les EHPAD) devra être mis en place (le logiciel ne permet pas cette modélisation).

Comme nous avons réduit les puissances dissipées de la cuisine, Le diagramme de Sankey (*Figure12*) de la dernière simulation STD confirme la valorisation de 63% des gains bruts et réduit donc le risque de surchauffe du bâtiment.

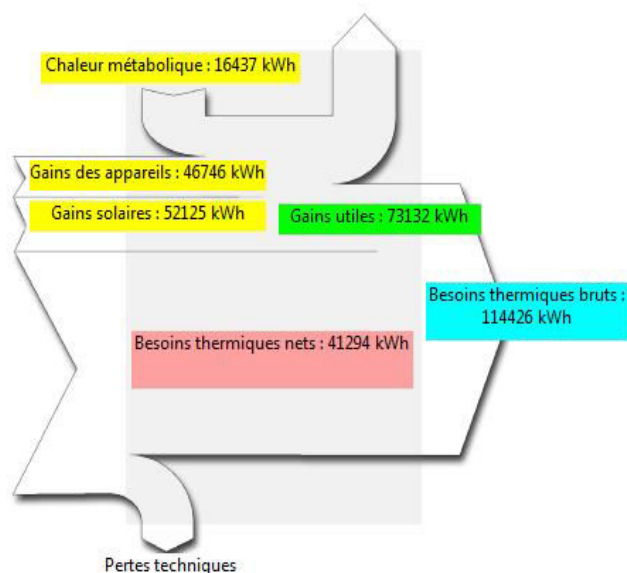


Figure 12: Diagramme de Sankey de la version finale (Pléiades)

## **- PARTIE 3 - SIMULATION RT2012**

### **1. PRINCIPE DE LA SIMULATION RT2012**

#### **1.1. Intérêt de la simulation RT2012**

La simulation RT2012 permet de vérifier la faisabilité d'une construction neuve dans notre cas ou d'une rénovation en outre mesure. Le calcul réglementaire suivant la méthode TH-BCE permet de valider le fonctionnement du futur bâtiment vis à vis des matériaux, solutions constructives et systèmes mis en œuvre.

#### **1.2. Fonctionnement**

Le logiciel reprend le calcul réglementaire suivant la RT 2012 en accord avec les textes de loi en vigueur. Tout comme la méthode Th-BCE ce dernier s'appuie sur des scénarios d'occupation, de température et d'utilisation déterminés en fonction de l'usage des différentes parties du bâtiment et ne permettant pas à l'utilisateur de simuler un fonctionnement particulier.

#### **1.3. Analyses et résultats**

Les résultats se présentent sous la forme d'un bilan global précisant zone par zone les valeurs calculées du Bbio et du Cep vis-à-vis des limites maximum à atteindre. Des graphiques permettent de visualiser plus précisément les postes de consommations les plus impactants afin de déterminer la démarche à adopter dans le but d'améliorer le fonctionnement du bâtiment.

### **2. SIMULATION RT2012 DE NOTRE EHPAD**

#### **2.1. Conception du modèle Base.**

Comme pour le modèle STD, la modélisation du bâtiment est décrite dans la partie 1, plus tôt dans ce rapport. À partir de l'arborescence du menu RT2012 nous avons dû préciser l'usage des différentes zones, attribuer les systèmes de ventilation, créer la génération pour répondre aux besoins de chauffages et d'eau chaude sanitaire et enfin attribuer, pour chaque sous-groupe, les émetteurs chauds et les émetteurs d'eau chaude sanitaire. Une fois toutes ces données rentrées dans le logiciel il nous a fallu corriger les erreurs (conflits) empêchant le démarrage du calcul pour pouvoir aboutir à une première version Base.

#### **2.2. Analyses et améliorations des différents résultats.**

La version « Base » de notre étude donne un résultat (*Figure 1*) non conforme à la réglementation. Toute notre étude s'est basée sur l'amélioration de notre modèle pour pouvoir obtenir un résultat favorable.

Nom	Bbio/Bbio <sub>max</sub>	Cep/Cep <sub>Max</sub>	Tic/Tic <sub>Ref</sub>	Part ENR																																		
	(pts)	(kWhEp/m <sup>2</sup> SHONRT)	(°C)	(kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> .an))																																		
<b>EHPAD</b>	<b>✖ 117.8 / 115.2</b>	<b>✖ 133.0 / 130.0</b>	<b>✓</b>	28.1																																		
<b>VENTILATION DF CHAMBRES</b>	127.0 / 126.5	154.8 / 121.0																																				
<b>RDC CHAMBRES AILE SUD</b>	118.5 / 126.5	150.0 / 121.0	✓ 31.1 / 35.7																																			
<b>RDC CHAMBRES AILE NORD</b>	122.2 / 126.5	151.4 / 121.0	✓ 29.7 / 34.5																																			
<b>R+1 CHAMBRES AILE SUD</b>	127.9 / 126.5	156.1 / 121.0	✓ 32.2 / 38.9																																			
<b>R+1 CHAMBRES AILE NORD</b>	135.7 / 126.5	159.5 / 121.0	✓ 30.0 / 37.3																																			
<b>VENTILATION DF 1</b>	113.6 / 77.0	97.5 / 77.0																																				
<b>RDC BUREAUX VESTIAIRES</b>	87.6 / 77.0	66.3 / 77.0	✓ 26.8 / 34.2																																			
<b>RDC ACCUEIL SALLE POLYVALENTE</b>	132.0 / 77.0	119.6 / 77.0	✓ 28.7 / 33.8																																			
<b>VENTILATION DF 2</b>	109.8 / 121.0	125.9 / 165.0																																				
<b>RDC LIEUX DE VIE</b>	100.7 / 121.0	124.3 / 165.0	✓ 28.2 / 32.7																																			
<b>R+1 SALLE A MANGER</b>	118.8 / 121.0	127.4 / 165.0	✓ 27.3 / 32.6																																			
Autres articles																																						
Articles du 26/1	16e	16t	16c	16e	17e	17t	18	19e	19t	19c	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	--	--
Articles du 28/1	--	--	--	--	--	--	15	16e	16t	16c	--	17	18	--	--	--	--	--	--	--	--	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	--	31	--	33	30	32
EHPAD	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✖	✓	✓	✓	✓	✖	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Figure 1 : Bilan RT2012 de la version base. (Pléiades)

## 2.2.1. Optimisation du modèle

### 2.2.1.1. Modification n°1

Nous avons constaté que :

- Le Bbio > BbioMax
- Le Cep > CepMax
- Des articles ne sont pas validés.
- Le Tic < TicRef
- La zone « Ventilation DF 2 » est justifiée

### Analyse du Cep :

Le Cep est l'indicateur des consommation en énergie primaire du bâtiment. Il prend en compte les systèmes de production de chauffage, d'ECS, d'éclairage et de ventilation. D'après le graphique ci-contre (Figure 2), nous pouvons constater que la part attribuée au poste « auxiliaire de ventilation » représente près de la moitié des consommations totales de l'EHPAD. Or, dans les hypothèses retenues dans le projet, la ventilation est activée en permanence. Ce mode de fonctionnement est sans doute la source de cette consommation élevée.

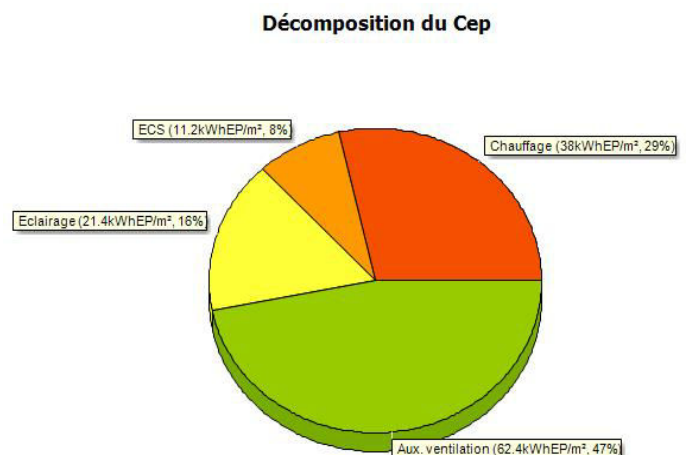


Figure 2 : Décomposition du Cep Version de base

Amélioration Proposée : Désactiver la ventilation en période d'innoculation



## Résultats





































































Nom	Bbio/Bbiomax	Cep/CepMax	Tic/TicRef	Part ENR																																			
	(pts)	(kWhEp/m²SHONRT)	(°C)	(kWhEp/(m².an))																																			
 EHPAD	 117.8 / 115.2	 105.8 / 130.0		29.3																																			
 VENTILATION DF CHAMBRES	127.0 / 126.5	128.1 / 121.0																																					
 RDC CHAMBRES AILE SUD	118.5 / 126.5	 122.8 / 121.0	 30.8 / 35.7																																				
 RDC CHAMBRES AILE NORD	122.2 / 126.5	 125.0 / 121.0	 29.4 / 34.5																																				
 R+1 CHAMBRES AILE SUD	 127.9 / 126.5	 129.2 / 121.0	 31.9 / 38.9																																				
 R+1 CHAMBRES AILE NORD	 135.7 / 126.5	 133.0 / 121.0	 29.8 / 37.3																																				
 VENTILATION DF 1	113.6 / 77.0	79.3 / 77.0																																					
 RDC BUREAUX VESTIAIRES	 87.6 / 77.0	57.0 / 77.0	 26.5 / 34.2																																				
 RDC ACCUEIL SALLE POLYVALENTE	 132.0 / 77.0	 95.2 / 77.0	 28.5 / 33.8																																				
 VENTILATION DF 2	109.8 / 121.0	94.0 / 165.0																																					
 RDC LIEUX DE VIE	100.7 / 121.0	91.0 / 165.0	 27.9 / 32.7																																				
 R+1 SALLE A MANGER	118.8 / 121.0	97.0 / 165.0	 27.0 / 32.6																																				
Autres articles																																							
Articles du 26/1	16e	16t	16c	16e	17e	17t	18	19e	19t	16c	16c	--	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	--	--
Articles du 28/1	--	--	--	--	--	--	15	16e	16t	16c	--	17	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	--	31	--	33	30	32
EHPAD																																							

Figure 3 : Bilan RT2012 : Amélioration de la ventilation. (Pléiades)

Nous avons constaté une réduction de 30 kWhEp/m² sur le Cep global de l'EHPAD (Figure 3) ce qui représente une division par deux du poste « auxiliaire de ventilation ».

### 2.2.1.2. Modification n°2

Nous avons pu constater après amélioration que :

- Le Cep < CepMax.
- Le Bbio > BbioMax
- Le Cep > 100 kWhEp/m² (référence EHPAD)
- C'est la zone chambre qui élève le Cep global
- Des articles ne sont pas validés

### Analyse du Bbio :

Le Bbio est l'indicateur de l'efficacité de l'enveloppe du bâtiment. Par conséquent, pour le réduire nous pouvons essayer d'influer sur cette dernière en réduisant certaines déperditions. D'après le graphique ci-contre (Figure 4), le poste chauffage est plus important que le poste éclairage. C'est donc vers la réduction de ce poste que nous avons voulu tendre. Pour réduire les besoins de chauffage il faut réduire les déperditions. Le module chauffage du logiciel permet de visualiser les différents types de déperditions de l'enveloppe.

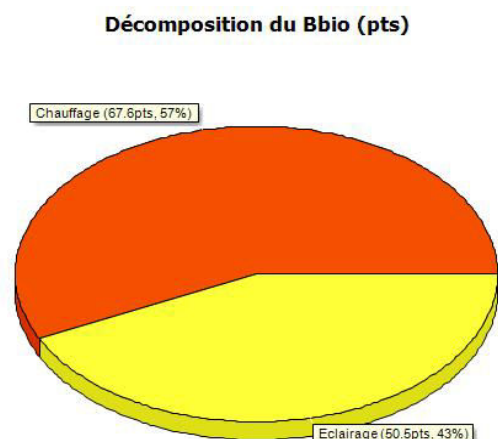
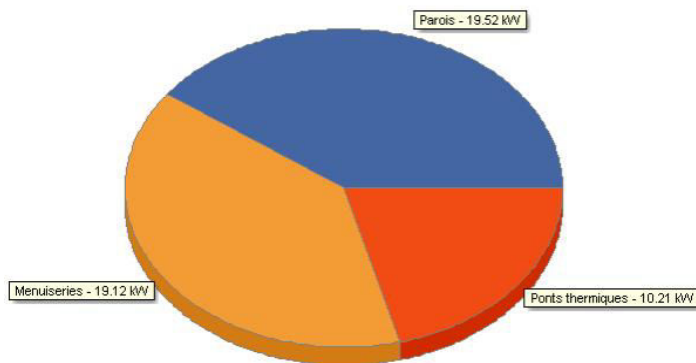


Figure 4 : Décomposition du Bbio après la première amélioration. (Pléiades)





*Figure 5 : Décomposition des déperditions par transmission (Pléiades)*

### Analyse des déperditions par transmission:

Les résultats nous montrent que les parois et les menuiseries sont les postes les plus concernés (*Figure 5*) par les déperditions. Cependant, nous avons respecté les préconisations des CCTP, il n'est donc pas envisageable de modifier ces éléments pour améliorer notre modèle. Nous nous sommes donc orienté vers une vérification des ponts thermiques pour améliorer l'enveloppe de notre bâtiment.

Amélioration Proposée : Contrôler les ponts thermiques, en vue de réduire les déperditions par ce poste.

Les ponts thermiques présents au niveau de la liaison entre les toitures terrasses et les murs extérieures ne prenaient pas en compte l'isolation continue des murs jusqu'aux toitures, réduisant ainsi la valeur de transmission de 1.3 W/m.K. à 0.84 W/m.K appliqué sur la totalité du périmètre du bâtiment. Dans un second temps, les rupteurs de ponts thermiques au niveau des liaisons des planchers intermédiaires avaient été négligés au profit d'une modélisation plus standard faute de valeurs exploitable. Des recherches plus approfondies ont permis de trouver une valeur 0.28 W/m.K au lieu de 0.35 W/m.K.

## Résultats

Nom	Bbio/Bbiomax	Cep/CepMax	Tic/TicRef	Part ENR																																	
	(pts)	(kWhEp/m²SHONRT)	(°C)	(kWhep/(m².an))																																	
<div><div></div><div>EHPAD</div></div>	<div><div></div><div>❌ 115.5 / 115.2</div></div>	<div><div></div><div>✅ 104.5 / 130.0</div></div>	<div><div></div><div>✅</div></div>	<div><div></div><div>28.8</div></div>																																	
<div><div></div><div>VENTILATION DF CHAMBRES</div></div>	<div><div></div><div>123.4 / 126.5</div></div>	<div><div></div><div>126.1 / 121.0</div></div>																																			
<div><div></div><div>RDC CHAMBRES AILE SUD</div></div>	<div><div></div><div>118.4 / 126.5</div></div>	<div><div></div><div>🔻 123.3 / 121.0</div></div>	<div><div></div><div>✅ 30.8 / 35.6</div></div>																																		
<div><div></div><div>RDC CHAMBRES AILE NORD</div></div>	<div><div></div><div>122.2 / 126.5</div></div>	<div><div></div><div>125.0 / 121.0</div></div>	<div><div></div><div>✅ 29.4 / 34.5</div></div>																																		
<div><div></div><div>R+1 CHAMBRES AILE SUD</div></div>	<div><div></div><div>121.8 / 126.5</div></div>	<div><div></div><div>🔻 125.6 / 121.0</div></div>	<div><div></div><div>✅ 32.1 / 39.3</div></div>																																		
<div><div></div><div>R+1 CHAMBRES AILE NORD</div></div>	<div><div></div><div>🔻 129.1 / 126.5</div></div>	<div><div></div><div>🔻 129.1 / 121.0</div></div>	<div><div></div><div>✅ 29.9 / 37.7</div></div>																																		
<div><div></div><div>VENTILATION DF 1</div></div>	<div><div></div><div>113.4 / 77.0</div></div>	<div><div></div><div>79.3 / 77.0</div></div>																																			
<div><div></div><div>RDC BUREAUX VESTIAIRES</div></div>	<div><div></div><div>🔻 87.6 / 77.0</div></div>	<div><div></div><div>57.0 / 77.0</div></div>	<div><div></div><div>✅ 26.5 / 34.2</div></div>																																		
<div><div></div><div>RDC ACCUEIL SALLE POLYVALENTE</div></div>	<div><div></div><div>🔻 131.7 / 77.0</div></div>	<div><div></div><div>🔻 95.0 / 77.0</div></div>	<div><div></div><div>✅ 28.5 / 33.8</div></div>																																		
<div><div></div><div>VENTILATION DF 2</div></div>	<div><div></div><div>107.9 / 121.0</div></div>	<div><div></div><div>92.9 / 165.0</div></div>																																			
<div><div></div><div>RDC LIEUX DE VIE</div></div>	<div><div></div><div>100.6 / 121.0</div></div>	<div><div></div><div>91.0 / 165.0</div></div>	<div><div></div><div>✅ 27.9 / 32.7</div></div>																																		
<div><div></div><div>R+1 SALLE A MANGER</div></div>	<div><div></div><div>115.0 / 121.0</div></div>	<div><div></div><div>94.7 / 165.0</div></div>	<div><div></div><div>✅ 27.0 / 32.7</div></div>																																		
Autres articles																																					
Articles du 26/1	16€	16€	16€	16€	17€	18	19€	19€	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	--	--	
Articles du 28/1	--	--	--	--	--	--	15	16€	16€	16€	--	17	18	--	--	--	--	--	--	--	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	--	31	--	33	30	32
EHPAD	✅	✅	✅	✅	✅	❌	✅	✅	✅	✅	❌	✅	✅	✅	✅	✅	✅	✅	✅	✅	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	--	31	--	33	30	32

Figure 6 : Bilan RT2012 réduction des ponts thermiques. (Pléiades)

L'ajustement des ponts thermiques permet de réduire sensiblement le Bbio (Figure 6). Une réduction des déperditions entraînant une réduction des besoins de chauffages, cette amélioration se répercute sur le Cep Global.

### 2.2.1.3. Modification n°3

Le calcul réglementaire ne peut être validé si l'ensemble des articles n'est pas conforme. En prévision de cette finalité nous avons décidé de nous intéresser à ceux ne répondants pas encore aux critères.

#### Analyse des articles :

**Article 18/15 :** Le logiciel nous informe que cet article n'est pas respecté car la conductivité thermique d'une paroi intérieure est trop faible vis-à-vis de sa localisation. Cas d'une paroi entre locaux à occupation continue et discontinue. Valeur actuelle de la cloison  $U = 0.46 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ , valeur demandée  $U = 0.36 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ .

**Article 21/17 :** La réglementation préconise un facteur solaire pour les baies des locaux de sommeil orientés Sud, Est, Ouest de 0,45. Or, le facteur solaire pour ses baies était de 0,55.

#### Améliorations Proposées :

Isolation complémentaire de la paroi en question pour réduire le coefficient de diffusion.

Choix de baies avec un facteur solaire plus faible pour les locaux de sommeil avec une autre orientation que le Nord.

#### Résultats

Nom	Bbio/Bbiomax	Cep/CepMax	Tic/TicRef	Part ENR																																			
	(pts)	(kWhEp/m²SHONRT)	(°C)	(kWhep/(m².an))																																			
<div><div></div><div>EHPAD</div></div>	<div><div></div><div>115.5 / 115.2</div></div>	<div><div></div><div>104.5 / 130.0</div></div>	<div><div></div><div></div></div>	28.8																																			
<div><div></div><div>VENTILATION DF CHAMBRES</div></div>	123.4 / 126.5	126.1 / 121.0																																					
<div><div></div><div>RDC CHAMBRES AILE SUD</div></div>	118.4 / 126.5	123.3 / 121.0	30.8 / 35.6																																				
<div><div></div><div>RDC CHAMBRES AILE NORD</div></div>	122.2 / 126.5	125.0 / 121.0	29.4 / 34.5																																				
<div><div></div><div>R+1 CHAMBRES AILE SUD</div></div>	121.8 / 126.5	125.6 / 121.0	32.1 / 39.3																																				
<div><div></div><div>R+1 CHAMBRES AILE NORD</div></div>	129.1 / 126.5	129.1 / 121.0	29.9 / 37.7																																				
<div><div></div><div>VENTILATION DF 1</div></div>	113.4 / 77.0	79.3 / 77.0																																					
<div><div></div><div>RDC BUREAUX VESTIAIRES</div></div>	87.6 / 77.0	57.0 / 77.0	26.5 / 34.2																																				
<div><div></div><div>RDC ACCUEIL SALLE POLYVALENTE</div></div>	131.7 / 77.0	95.0 / 77.0	28.5 / 33.8																																				
<div><div></div><div>VENTILATION DF 2</div></div>	107.9 / 121.0	92.9 / 165.0																																					
<div><div></div><div>RDC LIEUX DE VIE</div></div>	100.6 / 121.0	91.0 / 165.0	27.9 / 32.7																																				
<div><div></div><div>R+1 SALLE A MANGER</div></div>	115.0 / 121.0	94.7 / 165.0	27.0 / 32.7																																				
Autres articles																																							
Articles du 26/1	16e	16t	16c	16e	17e	17t	18	19e	19t	19c	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	--	--	
Articles du 28/1	--	--	--	--	--	--	15	16e	16t	16c	--	17	18	--	--	--	--	--	--	--	--	--	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	--	31	--	33	30	32
EHPAD																																							

Figure 7 : Bilan RT2012 : Validation des articles.

L'ensemble des articles est à présent validé.

### 2.2.1.4. Modification n°4

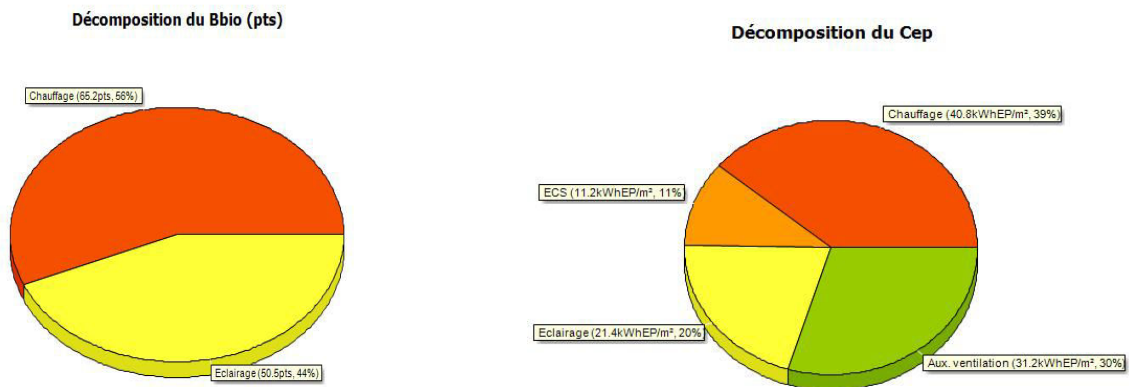


Figure 8 : Bbio et Cep après optimisation. (Pléiades)

#### Analyse du Bbio et du Cep.

Suite à ces différentes améliorations nous avons constaté que le poste « chauffage » était le plus impactant dans le cas de notre étude (Figure 8).

Malgré les diverses optimisations que nous avons mises en œuvre, nous avons été forcé de conclure que le modèle ne respectait pas la réglementation thermique 2012 pour un Bâtiment de type EHPAD.

## 2.2.2. Amélioration du modèle

Le sujet de nos travaux étant en partie de proposer une solution pour valider le modèle du point de vue réglementaire, nous avons donc proposé des améliorations au niveau de l'enveloppe, de manière à réduire les déperditions et par conséquent les besoins de chauffages.

### 2.2.2.1. Amélioration n°1

#### Amélioration Proposée :

Augmentation de l'épaisseur d'isolant en toiture et en sous face de dalle.

#### Résultats

Nom	Bbio/Bbiomax	Cep/CepMax	Tic/TicRef	Part ENR																																		
	(pts)	(kWhEp/m²SHONRT)	(°C)	(kWhEp/(m².an))																																		
<div><div></div><div>EHPAD</div></div>	<div><div></div><div>110.4 / 115.2</div></div>	<div><div></div><div>101.5 / 130.0</div></div>	<div><div></div></div>	27.6																																		
<div><div></div><div>VENTILATION DF CHAMBRES</div></div>	117.6 / 126.5	122.6 / 121.0																																				
<div><div></div><div>RDC CHAMBRES AILE SUD</div></div>	115.8 / 126.5	121.6 / 121.0	30.8 / 35.7																																			
<div><div></div><div>RDC CHAMBRES AILE NORD</div></div>	119.6 / 126.5	123.6 / 121.0	29.5 / 34.6																																			
<div><div></div><div>R+1 CHAMBRES AILE SUD</div></div>	113.6 / 126.5	120.6 / 121.0	32.0 / 39.9																																			
<div><div></div><div>R+1 CHAMBRES AILE NORD</div></div>	121.0 / 126.5	124.5 / 121.0	29.8 / 38.3																																			
<div><div></div><div>VENTILATION DF 1</div></div>	108.3 / 77.0	76.2 / 77.0																																				
<div><div></div><div>RDC BUREAUX VESTIAIRES</div></div>	82.2 / 77.0	53.7 / 77.0	26.4 / 34.9																																			
<div><div></div><div>RDC ACCUEIL SALLE POLYVALENTE</div></div>	126.8 / 77.0	92.2 / 77.0	28.4 / 34.0																																			
<div><div></div><div>VENTILATION DF 2</div></div>	103.6 / 121.0	90.3 / 165.0																																				
<div><div></div><div>RDC LIEUX DE VIE</div></div>	98.5 / 121.0	89.8 / 165.0	27.9 / 32.7																																			
<div><div></div><div>R+1 SALLE A MANGER</div></div>	108.6 / 121.0	90.7 / 165.0	26.8 / 33.0																																			
Autres articles																																						
Articles du 26/1	16e	16f	16g	16h	17e	17f	18	19e	19f	19g	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	--	--
Articles du 28/1	--	--	--	--	--	--	15	16e	16f	16g	--	17	18	--	--	--	--	--	--	--	--	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	--	31	--	33	30	32
EHPAD																																						

Figure 9 : Bilan RT2012 : Variation de l'épaisseur d'isolant. (Pléiades)

La modification des épaisseurs d'isolant permet de valider l'étude réglementaire en réduisant les besoins de chauffage, et permet par conséquent d'ammener le Bbio et le Cep en dessous des valeurs maximum. Cependant, pour ce type de bâtiment, la RT2012 préconise des valeurs de 100 points pour le BbioMax et de 100 kWhEp/m² pour le CepMax. Notre nouvel objectif était donc de passer en dessous de ces valeurs.

#### 2.2.2.2. Amélioration n°2

### Amélioration Proposée :

Amélioration de l'étanchéité du bâtiment en réduisant l'indice de perméabilité du bâtiment du bâtiment de  $1.7 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$  à  $1 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$ .

Réduction des ponts thermiques des menuiseries en proposant une rupture périphérique des transmissions par l'ajout d'isolation modifiant la mise en œuvre lors de la pause sur chantier.

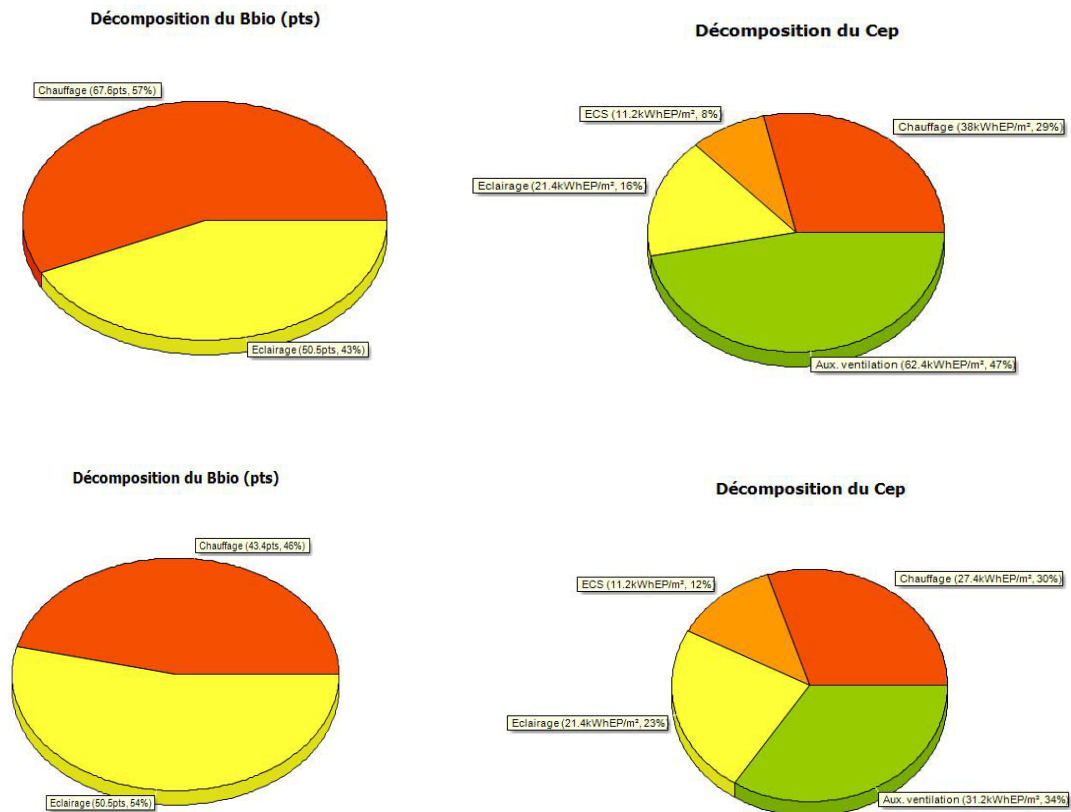
## Résultats

[illegible]

Figure 10 : Bilan RT2012 : réduction du débit d'infiltration. (Pléiades)

Ces dernières améliorations nous ont permis de passer en dessous des 100 points pour le BbioMax et de 100 kwhEp/m² pour le CepMax comme le recommande la réglementation par conséquent, notre modèle est conforme à la RT2012 suivant les hypothèses prises en compte.

### **2.2.3. Comparaison entre le modèle de base et le modèle final.**



*Figure 11 : Au-dessus, Décompositions du Bbio et du Cep (Base).  
Au-dessous, Décompositions du Bbio et du Cep (Finale) (Pléiades)*

Au cours des différentes améliorations du modèle, nous ne sommes pas intervenus aux niveaux des postes « ECS » et « Eclairage » car ces derniers ne se présentaient pas comme des postes clés. En revanche nous sommes forcés de constater que les consommations de chauffage et de ventilation ont été réduites respectivement de 30 % et de 50% (*Figure 11*). En appliquant les modifications qui nous paraissaient les plus judicieuses, tout en respectant les hypothèses de base, et grâce à une étude logique des points d'amélioration possibles du modèle, la réduction des consommations de ces deux postes a été obtenue.



## **- PARTIE 4 - DIMENSIONNEMENT DES DIFFERENTS SYSTEMES**

Pour compléter notre étude, il nous a été proposé de calculer et de tracer le cheminement des réseaux, en accord avec les systèmes de génération et de ventilation que nous souhaitons installer. Pour avoir une étude complète sur le logiciel, il est indispensable de dimensionner la chaudière en fonction des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire et de choisir des ventilations cohérentes avec l'usage du bâtiment. Tous ces éléments sont liés, ainsi, le mauvais dimensionnement de l'un peut facilement influencer sur l'autre et augmenter les consommations ou les déperditions.

### **1. VENTILATION**

Dans cette partie, nous allons aborder le dimensionnement de la ventilation dans son ensemble. (6) Nous avons dû dans un premier temps calculer nos besoins de renouvellement d'air, puis choisir un modèle précis de centrale de ventilation.

#### **1.1. Détermination des besoins de renouvellement d'air**

Le renouvellement d'air est un paramètre important car il permet un apport d'air neuf et sain dans le bâtiment et ainsi, d'améliorer le confort des occupants. Un dimensionnement au plus juste permet également de diminuer les pertes thermiques dues au renouvellement d'air.

Après avoir fait des recherches et en se basant sur nos connaissances sur les systèmes de renouvellement d'air, nous avons fait le choix d'installer des VMC Double Flux. L'intérêt de la VMC Double Flux se situe au niveau du système d'échangeurs. Les calories extraites de l'air sortant du bâtiment sont transférées par échange à l'air entrant (plus frais). La température de l'air neuf entrant sera donc plus élevée, entraînant une diminution des pertes thermiques.

L'implantation des centrales de ventilation était décrite dans les CCTP. Nous avons dû déterminer la position des bouches de reprise et de soufflage suivant la norme EN 13779. Il est nécessaire d'installer des bouches de reprises dans les pièces où la production d'air vicié est élevée (sanitaires, salle de bain, salle à manger, cuisine, locaux d'entretien...), et des bouches de soufflage dans les pièces de vie (chambres, salons, bureaux...). Outre ces contraintes, il existe des normes permettant de savoir très exactement quelle quantité d'air est à reprendre ou à introduire en fonction de l'usage des locaux (annexe 2).

Le débit de renouvellement d'air de l'EHPAD étant de  $8220\text{m}^3/\text{h}$ , la géométrie et l'usage des différentes parties de ce dernier ont imposés une division des groupes de ventilations (annexe 2)

#### **1.2. Répartition des réseaux de ventilation**

Les systèmes doubles flux imposent un équilibre des débits de reprise et de soufflage pour ne pas créer de surpression ou de dépression dans l'enveloppe du bâtiment. Ainsi la quantité d'air extraite doit être égale à la quantité d'air soufflée. Il

nous a donc fallu regrouper les locaux suivant leurs localisations, renouvellements d'air et utilisations.

### **1.2.1. Ventilation des bureaux administratifs (RDC)**

Toute la partie administrative étant regroupée au rez-de-chaussée, nous avons décidé d'installer une centrale de ventilation dans les locaux prévus à cet effet, situés au-dessus (*voir plans annexe 1*). Cette dernière permet en plus de desservir la salle polyvalente, le hall d'accueil et les vestiaires (*annexe 3*). Le débit à fournir pour l'ensemble est de  $2205\text{m}^3/\text{h}$ . Pour réduire le nombre de point d'extraction et d'insufflation d'air, nous avons pris le parti, à certains endroits, (*annexe 3*) d'introduire l'air dans les circulations et de l'extraire via les bouches de reprises situées dans les locaux avoisinants. Le transfert vers ces pièces se fait par détalonnement des portes.

### **1.2.2. Ventilation des parties communes (RDC et R+1)**

L'édicule technique (R+2) viendra accueillir une centrale double flux permettant le renouvellement d'air de la salle à manger, des lieux de vie, et des bureaux situés à l'étage au niveau de la mezzanine. Cette centrale doit être capable de renouveler  $3740\text{m}^3/\text{h}$ . Au RDC, les locaux représentant des petites surfaces seront équipés uniquement de bouche de reprises. Le soufflage correspondant sera assuré par un débit compensatoire via les bouches d'insufflation des deux lieux de vie. Le transfert vers ces pièces se fait par détalonnement des portes (*annexe 3*)

### **1.2.3. Ventilation des chambres**

L'utilisation et les débits de renouvellement d'air étant les mêmes pour toutes les chambre, nous avons décidé d'attribuer la ventilation de ces pièces à une seule centrale. Par conséquent, avec un renouvellement d'air de  $35\text{m}^3/\text{h}$  et par chambre, nous arrivons à un total de  $2275\text{m}^3/\text{h}$ . Chaque chambre est dotée d'une bouche de soufflage en faux plafond et d'une bouche de reprise dans la salle de bain (*annexe3*). L'air introduit au niveau du plafond de la chambre balaye l'ensemble du volume avant d'être repris par la bouche d'extraction via le détalonnement prévu sous la porte menant à la salle de bain. Cette configuration permet d'éviter le phénomène de « zone morte ». C'est également l'édicule technique (R+2) qui viendra accueillir cette dernière centrale doubles flux.

*Remarque : pour plus de détails sur les zones, les débits de soufflage / reprise et sur les positions des bouches et des centrales, se référer aux annexes correspondantes (dossier d'annexe 3)*

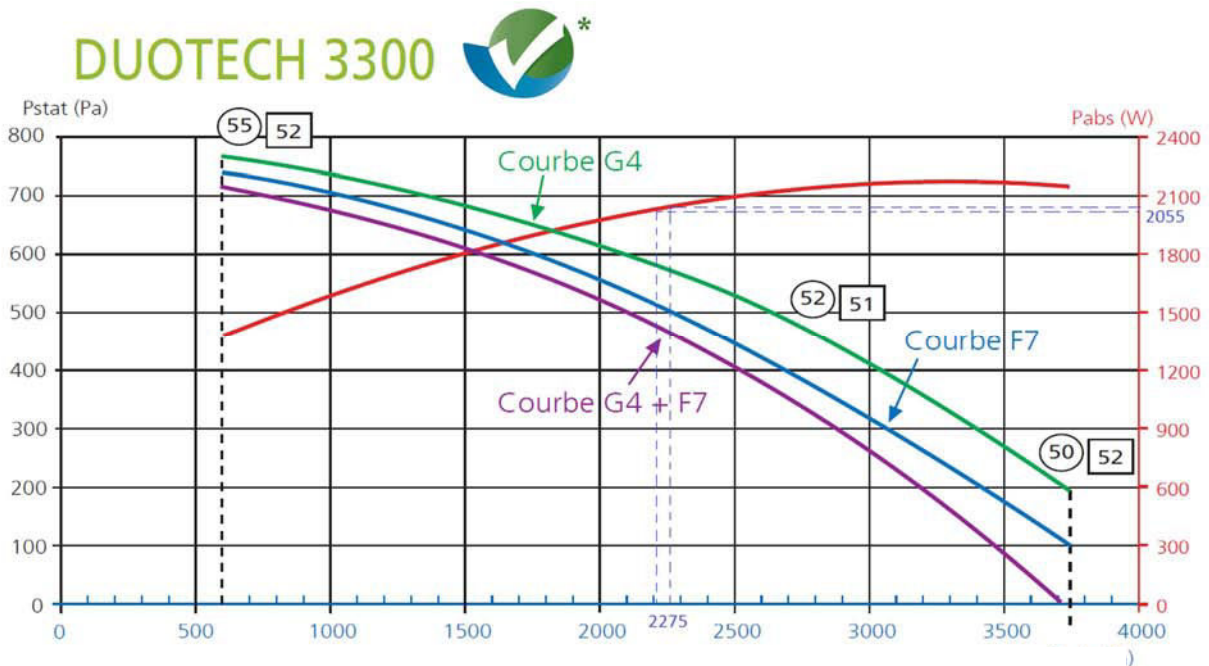
## **1.3. Choix des centrales de ventilation double flux**

Après avoir déterminé les débits que devaient fournir chaque centrale de ventilation, il nous a fallu trouver chez un fournisseur les centrales adéquates. Notre choix s'est porté sur la marque « Atlantic » (7) qui propose une large gamme de VMC DF correspondant à nos besoins. A partir des valeurs de débit précédemment obtenues, les courbes caractéristiques permettent, par lecture graphique, de



déterminer la puissance nécessaire au fonctionnement de la ventilation en fonction du débit souhaité.

Pour les ventilations des chambres et de la partie administrative au rez-de-chaussée (respectivement  $2275\text{m}^3/\text{h}$  et  $2205\text{m}^3/\text{h}$ ), nous avons choisi la « DUOTECH 3300 » (annexe 4) capable de fournir un débit maximum de  $3750\text{m}^3/\text{h}$  avec un rendement de l'échangeur de 85%. La puissance correspondant aux débits souhaités est de 2055 W (reprise + soufflage) (Figure1).



La « DUOTECH 3300 » (Figure 2) étant trop juste pour les besoins de ventilation de la dernière zone, nous avons opté pour la série supérieure, la « DUOTECH 4400 » avec un rendement de l'échangeur de 85%. En suivant la même méthode, nous avons déterminé que la puissance de 3772W.



Figure 2 : Exemple de mise en œuvre d'une VMC DF DUOTECH 3300

### **1.4. Tracé du réseau**

Pour tracer les plans de ventilation dans notre bâtiment, nous avons utilisé les plans de faux plafonds (annexe 5). Ces plans nous ont permis de l'emplacement des conduits et des bouches. Nous avons tracé les conduits à l'aide du logiciel Autocad de manière précise et détaillée, partant des centrales de ventilation et allant jusqu'au bouches de soufflage et de reprises. Le tracé des réseaux permet de visualiser l'encombrement nécessaire ainsi que les zones critiques de chevauchement. De plus, il permet de déterminer les caractéristiques nécessaires au dimensionnement des réseaux (sections) et au calcul des pertes de charges dans les réseaux de manière à respecter les vitesses de circulation de l'air imposées suivant la localisation des conduits, en fonction des débits. Pour des réseaux aérauliques, la vitesse de l'air ne doit pas dépasser 5m/s dans les conduits (nuisances sonores)<sup>7</sup>, et 0.5m/s en sortie des bouches (sensation de courant d'air).

Le calcul a été réalisé suivant ces étapes :

- Déterminer le cheminement de réseau (de la source jusqu'à l'émetteur) le plus déperditif.
- Déterminer les débits entre chaque intersection de tuyauterie.
- Saisie sur notre feuille de calculs aéraulique.
- Analyse du résultat.
- Optimisations si nécessaire.

*L'optimisation consiste en une vérification des valeurs limites de pertes de charges par mètre linéaire (ventilation= 1Pa/ml) (6) et de faire coïncider les zones de chevauchement en fonction des diamètres et de l'encombrement des faux plafonds*

#### **Exemple de calcul de pertes de charges totales**

*Prenons un tronçon de L=1,64m dont le débit est Q=980m<sup>3</sup>/h et de diamètre D=300mm.*

*Ce tronçon possède une singularité : un coude arrondi*

Avec : 
$$l_{wr} = Pdc \text{ linéique} = \frac{\lambda \times L \times u^2}{2 \times g \times D} = \frac{0.02 \times 1.64 \times 3.85^2}{2 \times 9.81 \times 0.3} = 0,081 \text{ mCe}$$

$$l_{ws} = Pdc \text{ singulières} = \frac{K \times u^2}{2g} = \frac{0.46 \times 3.85^2}{2 \times 9.81} = 0,34 \text{ mCe}$$

D'où

$$l_{wtot} = l_{wr} + l_{ws} = 0,42 \text{ mCe}$$

*K et  $\lambda$  sont des coefficients de perte de charge (voir annexe 6 et 17)  
u est calculé à partir de D et Q*

## **2. EAU CHAUDE SANITAIRE (ECS)**

<sup>7</sup> Une vitesse trop élevée d'un fluide dans un conduit entraîne des nuisances sonores. Ces dernières peuvent être atténuées grâce à un système de piège à son.

### **2.1. Choix du système de production d'ECS**

Le dimensionnement du système de production d'ECS demande de s'intéresser au mode de production à mettre en place : instantané, accumulation, semi-instantané ou semi-accumulation. Le choix dépend du fonctionnement de notre bâtiment.

- Accumulation : production d'ECS la nuit toute l'eau nécessaire aux consommations de la journée suivante. Etant donnée la taille de notre EHPAD, le volume à produire serait top important entraînant des moyens de stockages en conséquence.
- Instantanée : Production d'ECS au moment du besoin. Hormis un ballon tampon, il n'y a pas de système de stockage. Lors des périodes de pointes (douches le plus souvent simultanées) la chaudière doit fournir une puissance phénoménale pour pouvoir produire de l'eau chaude à 60°C<sup>8</sup> et alimenter la plupart des chambres simultanément. (8)

Nous avons donc opté pour un système de production semi-instantanée permettant stocker une partie des besoins d'ECS de manière à réduire la puissance à fournir lors des périodes de pointes<sup>9</sup>. La capacité de l'organe de stockage permet de tendre soit vers la semi accumulation (cout du stockage plus élevé) soit vers la semi instantanéité (cout de production plus élevé). Il y a donc nécessité de trouver un compromis.

### **2.2. Dimensionnement du système**

Pour calculer les débits nécessaires et la puissance à fournir, nous avons dû recenser l'ensemble des points de puisage de l'EHPAD (douches, éviers...). A partir des débits de bases, suivant un coefficient de simultanéité<sup>10</sup> (nombre de points de puisage potentiellement sollicités simultanément) et de la capacité de l'organe de stockage choisit, nous avons calculé la puissance à fournir par l'appareil de production pour la part instantanée des besoins d'ECS (annexe 7). Ayant un besoin total de 5000 m<sup>3</sup> d'eau chaude sanitaire, nous avons choisi un ballon de stockage de 2000 litres couvrant 40% de nos besoins. La puissance instantanée à fournir est donc de 125kW (bon compromis entre puissance, prix et encombrement).

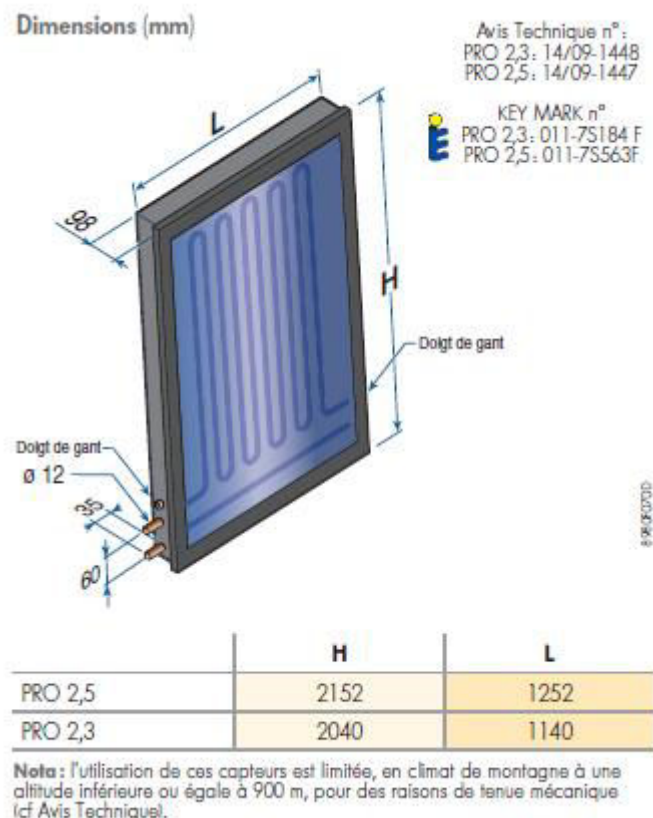
### **2.3. Mise en place de capteurs solaires**

Pour respecter les critères de la RT0212 et surtout pour réduire la facture énergétique, le CCTP indiquait qu'une partie de l'ECS devait être produit par des capteurs solaires. Nous avons donc installé 55m<sup>2</sup> de panneaux solaires permettant de fournir potentiellement 30% de la puissance nécessaire à la préparation de l'ECS. La base « Edibatec » du logiciel nous a servi de catalogue pour choisir des capteurs cohérents avec nos besoins : notre choix s'est porté sur des panneaux de type « DIETRISOL PRO 2,3 » du fabricant « DE DIETRICH » (Figure 3).

<sup>8</sup> L'ECS doit être produite à une température de 60°C pour diminuer le risque de légionellose (bactérie mortelle)

<sup>9</sup> En semi-instantanée, la base de calcul est effectuée sur la consommation de pointe sur 10 mn

<sup>10</sup> 
$$\text{Coef simultanéité} = \frac{0.8}{\sqrt{\text{nbr appareil}-1}}$$



*Figure 3 : Extrait de la documentation technique du DIETRISOL PRO 2.3 de DE DIETRICH*

### **2.4. Tracé du réseau**

Le tracé et le dimensionnement des réseaux d'ECS reprennent le modèle des réseaux aéraulique. Le réseau principale part de la chaufferie et traverse le faux plafond du RDC. Comme précisé en (annexe 8), les conduits descendent (RDC) ou montent (R+1) via les espaces techniques réservés au passage de la tuyauterie, pour arriver jusqu'aux différents collecteurs. Chacun d'eux alimente un voire deux locaux en moyenne. Des conduites flexibles partent de ces collecteurs pour alimenter les points de puisages d'ECS (douches, éviers, lavabos...)

La démarche de dimensionnement des réseaux s'apparente à celle décrite précédemment pour les réseaux aéraulique. La différence se porte sur les caractéristiques du fluide et la rugosité du matériau utilisé pour les conduits. Il faut également vérifier que les vitesses concordent avec les vitesses maximales et minimales autorisées et que les pertes de charges ne dépassent pas 150 Pascal par mètre linéaire (ce qui est notre cas). (9)

### **3. CHAUFFAGE**

#### **3.1. Dimensionnement de l'installation**

Le dimensionnement du chauffage s'est en partie fait grâce au logiciel Pléiades. En effet, le module chauffage nous a permis de savoir avec précision les déperditions de chaque pièce de notre établissement. Partant de ces résultats, nous savions quelle puissance devait être mise en œuvre dans chaque pièce (annexe 12) pour pallier à ces déperditions et ainsi maintenir la température de consigne.

La seconde étape du dimensionnement consistait à choisir les émetteurs à mettre en œuvre ainsi que l'emplacement de ces derniers. Pour les pièces de grande surface nous avons décidé d'installer des planchers chauffants. La chaleur est ainsi mieux répartie car ils couvrent en totalité la surface de la pièce. De plus, la température de l'eau traversant un plancher chauffant est en moyenne de 40°C contre 70°C degré pour un radiateur classique, ce qui diminue les consommations d'énergie. (10)

Ces planchers chauffants sont de type Vz, c'est-à-dire qu'ils sont posés en « escargot », en opposition au type Va en « zig-zag ». La pose Vz est plus simple à mettre en œuvre et engendre moins de pertes de charges. Nous avons installé des radiateurs à eau chaude basse température dans tous les locaux de sommeil, bureaux et salles de bain. Ceux-ci fonctionnent à une température de 40°C (comme les planchers chauffants) ce qui permet d'une part de réduire les consommations, et d'autre part de n'avoir qu'une seule température d'eau chaude à distribuer pour le chauffage. Ainsi, nous arrivons à une puissance totale à installer de 50 kW. (10)

*Les dimensions et le modèle des émetteurs muraux sont indiqués en (annexe 11)*

#### **3.2. Tracé du réseau**

Le réseau principal de chauffage suit le même tracé que le réseau d'ECS. Le même système de collecteur a été mis en place pour distribuer plusieurs pièces à la fois. La démarche de calcul est similaire à celle des réseaux d'ECS. Pour le calcul des planchers chauffants. Nous avons mis au point une feuille de calcul simplifiée et automatisée (annexe 10) permettant de calculer les pertes de charges et les débits au sein du réseau.

##### **Exemple de calcul de débit pour un émetteur mural**

*Prenons un radiateur basse température de 0.35kW dont la température d'entrée est 40°C et la température de sortie est 35°C*

On a

$$P = Q_m \times C_p \times \Delta T$$

D'où

$$Q_m = \frac{P}{C_p \times \Delta T} = \frac{0,35}{1,16 \times 5} = 0,06 \text{ m}^3/\text{h}$$

Avec  $C_p = 4,18 \text{ J/Kg.K}$  soit  $1,16 \text{ Wh/Kg/k}$



### **3.3. Dimensionnement du circulateur**

Le rôle du circulateur est de pomper l'eau depuis la chaudière et de l'envoyer jusqu'à l'émetteur le plus éloigné. Ce dernier doit compenser les pertes de charges des conduits et éléments du réseau (vannes, collecteurs,...). Dans notre étude, les pertes de charges du réseau s'élèvent à 1.54 mCe (annexe 13), et le débit total à fournir est de 11.2m<sup>3</sup>/h. Nous avons donc choisi un circulateur capable de remplir ces deux conditions. (12)

Ce sont les courbes caractéristiques (*Figure 4*) qui nous permettent de connaître la puissance du circulateur. Ces courbes expriment la puissance du circulateur en fonction de débit en m<sup>3</sup>/h et des pertes de charge en mètres de colonne d'eau (mCe).

Une lecture graphique permet de déterminer la vitesse de fonctionnement du circulateur puis de se référer à la documentation technique pour connaître la puissance nominale de notre système à mettre en œuvre. Nous avons donc opté pour un circulateur « RIOVAR 54-18D » de chez KSB d'une puissance de 220W.

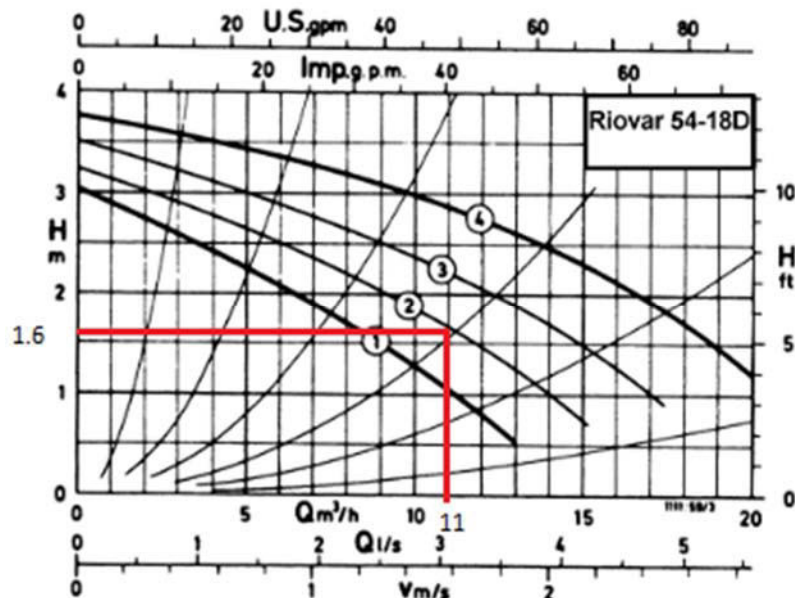
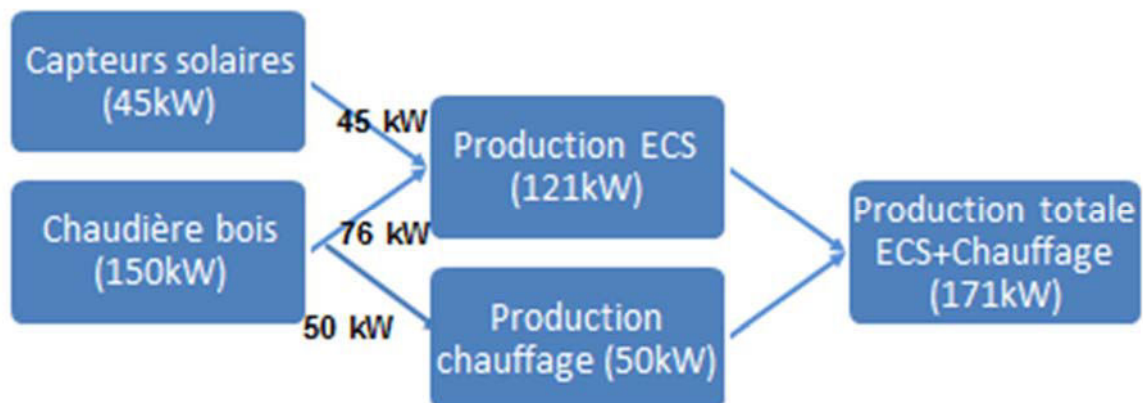


Figure 4: courbe caractéristique du circulateur

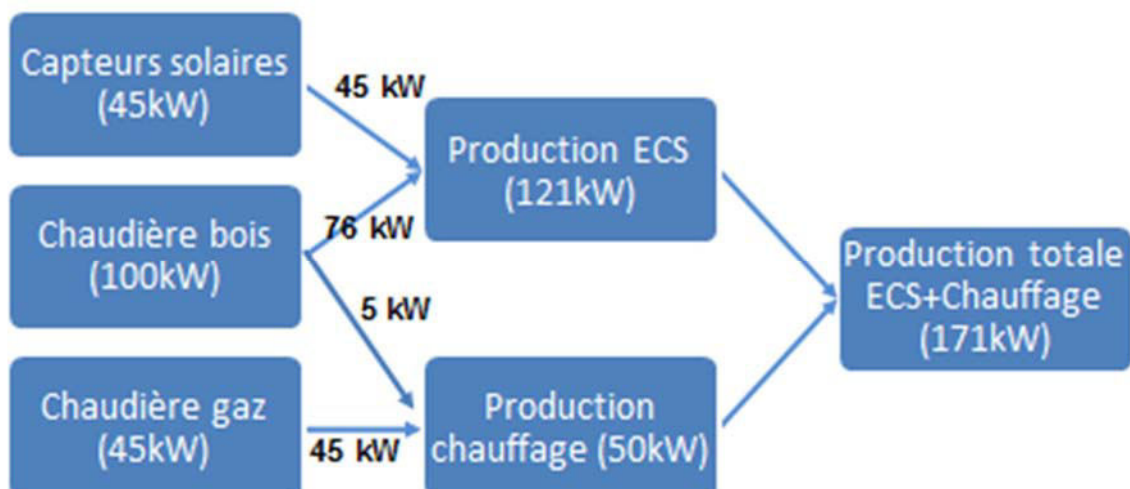
## **4. CHAUFFERIE**

Pour satisfaire les exigences de la RT2012 et suite aux directives qui nous été imposées, nous devons obligatoirement utiliser un système de chaudière bois au moins pour une partie de la production d'ECS et/ou de chauffage. A cela nous avons ajouté des capteurs solaires comme indiqué précédemment. Pour avoir un ordre d'idée de la chaudière à installer, nous avons regardé ce qui se faisait pour des EHPAD de taille similaires. Cela nous a permis de nous orienter vers une chaudière bois d'environ 200 kW. Après avoir dimensionné plus rigoureusement nos besoins d'énergie grâce à nos pertes thermiques et notre besoin en ECS, nous avons besoin d'une chaudière de 150 kW environ. Description ci-dessous (*Figure 5*)



*Figure 5: Répartition des besoins selon les postes de consommations.  
Solution de base*

Bien que ce système semble tout à fait possible à réaliser, l'installation d'un tel système de chaufferie n'était pas pertinente. En effet, en période d'été, le bâtiment n'est pas chauffé, cela signifie que la chaudière bois tourne à moindre régime ce qui entraîne une baisse de rendement non négligeable. Pour pallier à ce problème, nous avons décidé de rajouter une seconde chaudière et de revoir complètement le système de fonctionnement. De ce fait, nous avons mis en place une chaudière bois de 100kW couplée avec 55m<sup>2</sup> de capteurs solaires pour la production d'ECS, et une chaudière gaz à condensation de 45 kW capable d'assurer le chauffage du bâtiment une bonne partie de l'année. Les deux chaudières communiquent grâce à un système d'échangeur, permettant à la chaudière bois de venir apporter la puissance manquante au chauffage lors des semaines les plus froides. Description ci-dessous (Figure 6)



*Figure 6: Répartition des besoins selon les postes de consommations.  
Solution retenue*

Comme pour les ventilations, nous avons regardé ce que proposaient les différents fabricants de chaudière bois. Pour des raisons de simplicité et de cohérence avec le logiciel Pléiades, nous avons décidé de choisir des générations présentent dans la base de donnée Edibatec. Nous avons donc choisi une chaudière automatique à bois déchiqueté de 100 kW SL 100T 4R de la marque « Linder et Sommerauer » (annexe 14) et une chaudière gaz à condensation PRESTIGE VISIO de 45 kW de la marque « Frisquet » (annexe 15)

*Remarque : Le schéma de principe du système de chaudière est détaillé en (annexe 16)*



## **- PARTIE 5 - ANALYSE ET COMPARAISON DU PROJET**

Afin de pouvoir porter un œil critique sur notre travail, la décision a été prise de nous fournir, à la fin de notre projet, le rapport d'étude complet réalisée par le bureau d'étude thermique lors de la phase de conception de l'EHPAD.

### **1. HYPOTHESES DE CONCEPTION**

Après avoir consulté l'ensemble des ressources mises à notre disposition : plans, notices, schéma de principe, résultats réglementaires,... Nous avons pu observer des différences et des similitudes entre nos hypothèses et les leurs.

La comparaison s'effectuera entre notre version finale et leur résultat d'étude.

#### **1.1. Enveloppe du bâtiment**

##### **1.1.1. Parois**

Le catalogue de parois du calcul réglementaire RT2005 réalisé par le bureau d'étude (BE) recense seulement trois types de parois différentes :

- Mur extérieur : béton+laine de verre 160mm+BA 13<sup>11</sup> ( $U=0.215 \text{ W/m}^2.\text{K}$ )
- Plafond extérieur : béton+ isolant PU 120mm ( $U=0.184 \text{ W/m}^2.\text{K}$ )
- Plancher sur terre-plein : isolant PU 80mm+dalle flottant ( $U=0.154 \text{ W/m}^2.\text{K}$ )

Pour ces parois, nos hypothèses sont sensiblement les mêmes :

- Mur extérieur : béton+laine de verre 160mm+BA 13<sup>12</sup> ( $U=0.19 \text{ W/m}^2.\text{K}$ )
- Plafond extérieur : béton+ isolant PU 120mm ( $U=0.11 \text{ W/m}^2.\text{K}$ )
- Plancher sur terre-plein : isolant PU 80mm+dalle flottante ( $U=0.15 \text{ W/m}^2.\text{K}$ )

Nous constatons cependant que nos parois sont moins déprédatives : 894 W/K contre 1022 W/K (valeur BE).

Le BE a pris le parti de ne pas modéliser les cloisons intérieures. Contrairement à eux nous avons décidé de les modéliser pour se rapprocher le plus possible du bâtiment réel.

Tout comme nous, le BE a décidé de réduire la perméabilité à l'air du bâtiment en réduisant son indice de  $Q4\text{Pasurf}=1,7 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  à  $Q4\text{Pasurf}=1,3 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ .

##### **1.1.2. Ponts thermiques**

Le catalogue de ponts thermiques linéique du calcul réglementaire RT2005 réalisé par le bureau d'étude (BE) recense 4 types de ponts thermiques :

- Angle rentrant :  $\text{Psi}=0.14 \text{ W/m.K}$

---

<sup>11</sup> BA 13 : plaque de plâtre de 12.5mm

<sup>12</sup> BA 13 : plaque de plâtre de 12.5mm

- Mur ext./Plancher inter. :  $\Psi=0.3 \text{ W/m.K}$
- Mur ext./toiture terrasse :  $\Psi=0.82 \text{ W/m.K}$
- Mur ext./ Plancher bas :  $\Psi=0.1 \text{ W/m.K}$

Pour ces parois, nos hypothèses sont sensiblement les mêmes :

- Angle rentrant :  $\Psi=0.09 \text{ W/m.K}$
- Mur ext./Plancher inter. :  $\Psi=0.09 \text{ W/m.K}$
- Mur ext./toiture terrasse :  $\Psi=0.09 \text{ W/m.K}$
- Mur ext./ Plancher bas :  $\Psi=0.36 \text{ W/m.K}$

Nous pouvons constater que les valeurs de nos ponts thermiques sont anormalement basses. Au vu de la longueur totale que représentent ces ponts thermiques, cela a un impact non négligeable. En effet les déperditions par pont thermique sont moitié moins impactantes dans le cas de notre étude :  $290 \text{ W/K}$  contre  $492 \text{ W/K}$  (valeur BE)

### **1.1.3. Menuiseries**

Le catalogue de menuiseries du calcul réglementaire RT2005 réalisé par le bureau d'étude (BE) recense :

Les surfaces de baies calculées par le BE sont inférieures à celles que nous avons calculées :  $475 \text{ m}^2$  contre  $442 \text{ m}^2$  (valeur BE).

Les déperditions totales par les parois vitrées sont plus élevées dans notre modélisation que dans la leur :  $1762 \text{ W/K}$  contre  $943 \text{ W/K}$  (valeur BE). Cette différence s'explique par un choix de menuiseries un peu plus performantes :

$U_f^{13}=1.7 \text{ W/m}^2.\text{K}$  contre  $U_f=1.6 \text{ W/m}^2.\text{K}$  (valeur BE). Enfin, le logiciel ne nous permettant pas de créer des grandes baies vitrées, nous avons souvent été obligés de les constituer de plusieurs petites baies ce qui multiplie les ponts thermiques (appuis, linteaux et tableau).

### **1.2. Caractéristiques des zones**

Le BE a décidé de diviser l'établissement en 4 zones :

- cuisine
- Bureaux
- Salle polyvalente
- Soins + hébergement comprenant l'ensemble des pièces restantes.

La prise en compte de ces zones est faite de manière fictive (absence de cloisons). Elles sont caractérisées par les équipements qui leurs sont attribuées (ventilation, éclairage, chauffage et ECS). Pour le BE, une zone correspond à un usage spécifique. En opposition, notre modèle est quant à lui divisé en 3 zones possédant chacune plusieurs pièces d'usage différent.

---

<sup>13</sup>  $U_f$  définit la performance de l'isolation thermique de la fenêtre

De plus, nous avons décidé d'écarter la cuisine, qui engendre des consommations très importantes.

### **1.3. Scénarios**

Comme pour la méthode de calcul TH-BCE (RT 2012), la méthode TH-CE (RT 2005) possède elle aussi des scénarios généraux en fonction de la catégorie d'usage des différentes zones. Nous avons vu que d'un usage à l'autre, les hypothèses proposées par le calcul réglementaire étaient plus ou moins lourdes. Une modélisation très précise au niveau de la division en zone, rendra la saisie des différents paramètres contraignante pour le thermicien, entraînant ainsi un risque de chevauchement des besoins.

## **2. EQUIPEMENT**

### **2.1. Chaufferie**

La chaufferie est équipée de deux chaudières gaz à condensation de 125kW montées en cascade pour la production d'ECS et de chauffage, et d'une chaudière bois de 70kW. A cela viennent s'ajouter 55m<sup>2</sup> de panneaux solaires.

Pour dimensionner leur système de chaufferie, le BE a choisi de moduler la puissance nécessaire par un coefficient 0,25.

### **2.2. Chauffage**

Tout comme le BE, nous avons décidé de placer des planchers chauffant dans la salle polyvalente, les lieux de vie et la salle à manger. Le BE a également placé des radiateurs à eau chaude dans les autres pièces (dont les circulations contrairement à nous), alors que nous avons opté pour des radiateurs basse température.

### **2.3. ECS**

Le système de production d'ECS proposé par le BE est basé sur une production semi-instantanée dont l'organe de stockage a une capacité de 2000L. Ce mode de production est identique à celui que nous avons dimensionné.

### **2.4. Ventilation**

Des systèmes de ventilations double flux ont été privilégiés par le BE. Nous avons opté pour le même mode de ventilation.

Les débits de ventilation sont supérieurs dans les estimations du BE. Ces différences se situent sur les hypothèses de débit réglementaire de renouvellement d'air par local. De plus, une quatrième centrale double flux a été attribuée au renouvellement d'air de la cuisine.

**3. COMPARAISON DES RESULTATS**

	Projet PFE	Projet BE	Ecart	Analyse
<b>Besoins de chauffages (kWhEP/m<sup>2</sup>)</b>	23.6	23.33	-1%	Besoins de chauffage identiques
<b>Besoins de refroidissement (kWhEP/m<sup>2</sup>)</b>	0	4.03		Pas de climatisation dans notre projet
<b>Besoins d'ECS (kWhEP/m<sup>2</sup>)</b>	10.4	29.41	+30%	Déperditions thermiques dans les réseaux (BE). Réseaux non pris en compte dans notre projet (PFE)
<b>Auxiliaire de ventilation (kWhEP/m<sup>2</sup>)</b>	32	25.01	-20%	Consommation des ventilateurs supérieurs dans notre projet (PFE)
<b>Eclairage (kWhEP/m<sup>2</sup>)</b>	20.9	38.44	+54%	Hypothèse du BE 12W/m <sup>2</sup> de puissance installée. (BE) Eclairage optimisé dans le cas de notre projet. (PFE)
<b>Total</b>	86.9	120.22	+72%	

Au cours des différentes étapes de la comparaison, nous avons pu constater des écarts de modélisation entre le projet produit par le BE et le nôtre.

Les hypothèses de modélisation, le choix des équipements ainsi que les scénarios d'usages qui diffèrent en certains points, sont les sources de cette différence de résultat.

# **CONCLUSION**

L'objectif de notre projet de fin d'étude était d'analyser l'interaction entre le bâtiment et son environnement en réalisant un diagnostic énergétique. Nous avons repris la démarche d'un bureau d'études thermiques en proposant une série de simulations thermiques dynamiques afin d'explicitier le fonctionnement de l'enveloppe du bâtiment. A partir des données du projet et des hypothèses qui nous semblaient pertinentes, nous avons développé un modèle d'étude que nous avons optimisé et amélioré pour atteindre les exigences de performances et de consommations requises par la RT2012. Nous avons été capables de proposer des solutions techniques viables et le dimensionnement des systèmes à mettre en œuvre pour assurer le bon fonctionnement du bâtiment et préserver le confort des usagers.

Nous savons à présent, grâce à la comparaison avec une véritable étude produite par un BET qu'il est nécessaire d'être capable de faire un compromis entre la modélisation précise du bâtiment et le son fonctionnement global.

La prise en main du logiciel Pléiades + Comfie et de son outils de modélisation Alcyone nous a demandé de la patience et de la rigueur avant d'obtenir les premiers résultats concluants. Bien que l'interface soit plutôt intuitive, l'intégration de nos hypothèses au modèle n'a pas toujours été chose facile.

Tout au long de cette étude, nous nous sommes efforcés de respecter une démarche de travail rigoureuse basée sur l'observation, la réflexion et l'application.

## **BIBLIOGRAPHIE**

1. **PENU, Gina.** *La thermique du bâtiment.* Paris : DUNOD, 2013. USBN 978-2-10-058530-4.
2. **RT 2012.** Paris : s.n., 2012.
3. **CSTB et ADEME.** *Reglementation thermique des bâtiments neufs.* 2012.
4. **A.S.B.L, nstitut Wallon.** *Guide au Dimensionnement des appareils de production d'eau chaude sanitaire.* Namu : Ministère de la Région Wallonne-DGTRE.
5. **IZUBA.** *Manuel Pléiades.* s.l. : IZUBA.
6. **Commission Générale de Normalisation du Bâtiment, DTU.** *DTU 68.3.*
7. **Atlantic.** *www.atlantic.fr.* [En ligne]
8. **CSTB.** *Maîtrise du risque de développement des légionelles dans les réseaux d'eau chaude sanitaire.* s.l. : CSTB.
9. **Commission Générale de Normalisation du Bâtiment, DTU.** *DTU 60.11.*
10. —. *DTU 65.8.* s.l. : Commission Générale de Normalisation du Bâtiment, DTU.
11. **SILVE, Hervé.** *herve.silve.pageperso-orange.fr.* [En ligne]
12. *www.energieplus-lesite.be.* [En ligne]

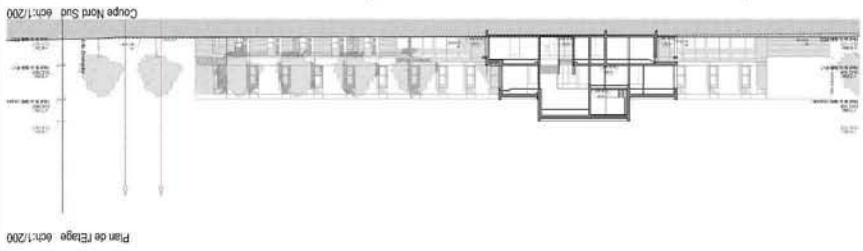
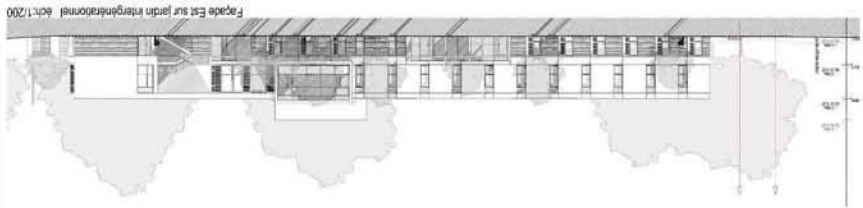
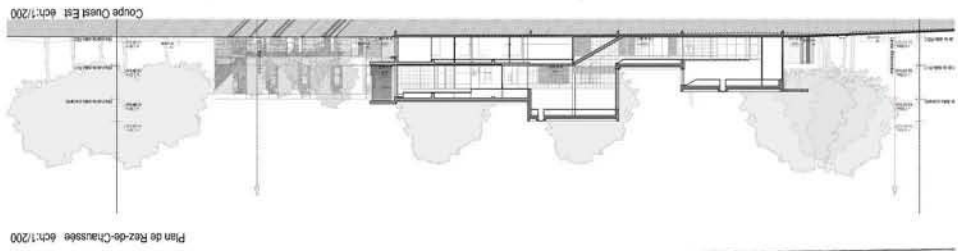
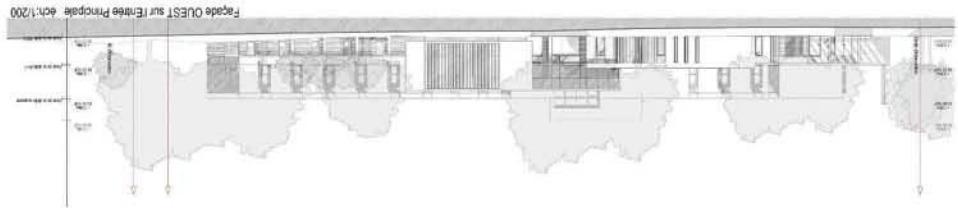
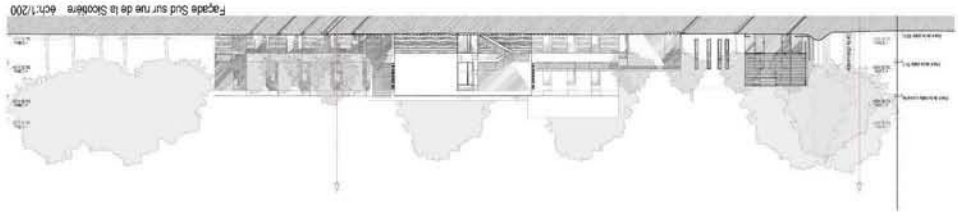
# ANNEXES

Annexe I :

Plans d'ensemble RDC/R+1

Plans détaillés RDC/R+1











Dénomination	Référence	Reprise	Nombre	Dénomination	Référence	Soufflage	Nombre	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
Accueil secrétariat	ACC 03	25	1	Circulation administration	C 02	125	1	125		
Bureau directrice	ACC 08	25	1							
Bureau stagiaire	ACC 09	25	1							
Local archives	ACC 10	25	1							
Sanit perso	ACC 12	25	1							
Office Salle de réunion	ACC 11	100	1	Office Salle de réunion	ACC 11	100	1	100		
Déchets DASSRI	SG 15	5	1	Circulation logistique 1	C 03	75	1	75		
Local linge sale	SG 19	5	1							
Local linge propre	SG 20	5	1							
Buanderie	SG 24	45	1							
Local produits absorbants	SG 25	5	1							
Local poubelles	SG 27	10	1							
Salle polyvalente	VC 01	1500	10	Salle polyvalente	VC 01	1525	10	1525		
Entrée	VC 02	0	0							
Sanit	VC 03	25	1							
Rgt matériel	VC 04	0	0							
Ch 120	HC 01	45	1	Ch 120	HC 01	35	1			
Ch 121	HC 02	45	1	Ch 121	HC 02	35	1			
Ch 122	HC 03	45	1	Ch 122	HC 03	35	1			
Ch 123	HC 04	45	1	Ch 123	HC 04	35	1			
Ch 124	HC 05	45	1	Ch 124	HC 05	35	1			
Ch 125	HC 06	45	1	Ch 125	HC 06	35	1			
Ch 126	HC 07	45	1	Ch 126	HC 07	35	1			
Ch 127	HC 08	45	1	Ch 127	HC 08	35	1			
Ch 128	HC 09	45	1	Ch 128	HC 09	35	1			
Ch 129	HC 10	45	1	Ch 129	HC 10	35	1			
Ch 130	HC 11	45	1	Ch 130	HC 11	35	1			
Ch 131	HC 12	45	1	Ch 131	HC 12	35	1			
Ch 132	HC 13	45	1	Ch 132	HC 13	35	1			
Ch 133	HC 14	45	1	Ch 133	HC 14	35	1			
Ch 134	HC 15	45	1	Ch 134	HC 15	35	1			
Ch 135	HC 16	45	1	Ch 135	HC 16	35	1			
Ch 136	HC 17	45	1	Ch 136	HC 17	35	1			
Ch 137	HC 18	45	1	Ch 137	HC 18	35	1			
Ch 101	HC 19	45	1	Ch 101	HC 19	35	1			
Ch 102	HC 20	45	1	Ch 102	HC 20	35	1			
Ch 103	HC 21	45	1	Ch 103	HC 21	35	1			
Ch 104	HC 22	45	1	Ch 104	HC 22	35	1			
Ch 105	HC 23	45	1	Ch 105	HC 23	35	1			
Ch 106	HC 24	45	1	Ch 106	HC 24	35	1			
Ch 107	HC 25	45	1	Ch 107	HC 25	35	1			
Ch 108	HC 26	45	1	Ch 108	HC 26	35	1			
Ch 109	HC 27	45	1	Ch 109	HC 27	35	1			
Ch 110	HC 28	45	1	Ch 110	HC 28	35	1			
Ch 111	HC 29	45	1	Ch 111	HC 29	35	1			
Ch 112	HC 30	45	1	Ch 112	HC 30	35	1			
Ch 113	HC 31	45	1	Ch 113	HC 31	35	1			
Ch 114	HC 32	45	1	Ch 114	HC 32	35	1			
Ch 115	HC 33	45	1	Ch 115	HC 33	35	1			
Ch 116	HC 34	45	1	Ch 116	HC 34	35	1			
Ch 117	HC 35	45	1	Ch 117	HC 35	35	1			
Ch 118	HC 36	45	1	Ch 118	HC 36	35	1			
Ch 119	HC 37	45	1	Ch 119	HC 37	35	1			
Ch 015	HD 01	45	1	Ch 015	HD 01	35	1			
Ch 016	HD 02	45	1	Ch 016	HD 02	35	1			
Ch 017	HD 03	45	1	Ch 017	HD 03	35	1			
Ch 018	HD 04	45	1	Ch 018	HD 04	35	1			
Ch 019	HD 05	45	1	Ch 019	HD 05	35	1			
Ch 020	HD 06	45	1	Ch 020	HD 06	35	1			
Ch 021	HD 07	45	1	Ch 021	HD 07	35	1			
Ch 022	HD 08	45	1	Ch 022	HD 08	35	1			
Ch 023	HD 09	45	1	Ch 023	HD 09	35	1			
Ch 024	HD 10	45	1	Ch 024	HD 10	35	1			
Ch 025	HD 11	45	1	Ch 025	HD 11	35	1			
Ch 026	HD 12	45	1	Ch 026	HD 12	35	1			
Ch 027	HD 13	45	1	Ch 027	HD 13	35	1			
Ch 028	HD 14	45	1	Ch 028	HD 14	35	1			
Ch 004	HDT 01	45	1	Ch 004	HDT 01	35	1			
Ch 005	HDT 02	45	1	Ch 005	HDT 02	35	1			
Ch 006	HDT 03	45	1	Ch 006	HDT 03	35	1			
Ch 007	HDT 04	45	1	Ch 007	HDT 04	35	1			
Ch 008	HDT 05	45	1	Ch 008	HDT 05	35	1			
Ch 009	HDT 06	45	1	Ch 009	HDT 06	35	1			
Ch 010	HDT 07	45	1	Ch 010	HDT 07	35	1			
Ch 011	HDT 08	45	1	Ch 011	HDT 08	35	1			
Ch 012	HDT 09	45	1	Ch 012	HDT 09	35	1			
Ch 013	HDT 10	45	1	Ch 013	HDT 10	35	1			
Ch 014	HDT 11	45	1	Ch 014	HDT 11	35	1			
Ch 003	HDT 12	45	1	Ch 003	HDT 12	35	1			
Ch 002	HDT 13	45	1	Ch 002	HDT 13	35	1			
Ch 001	HDT 14	45	1	Ch 001	HDT 14	35	1			

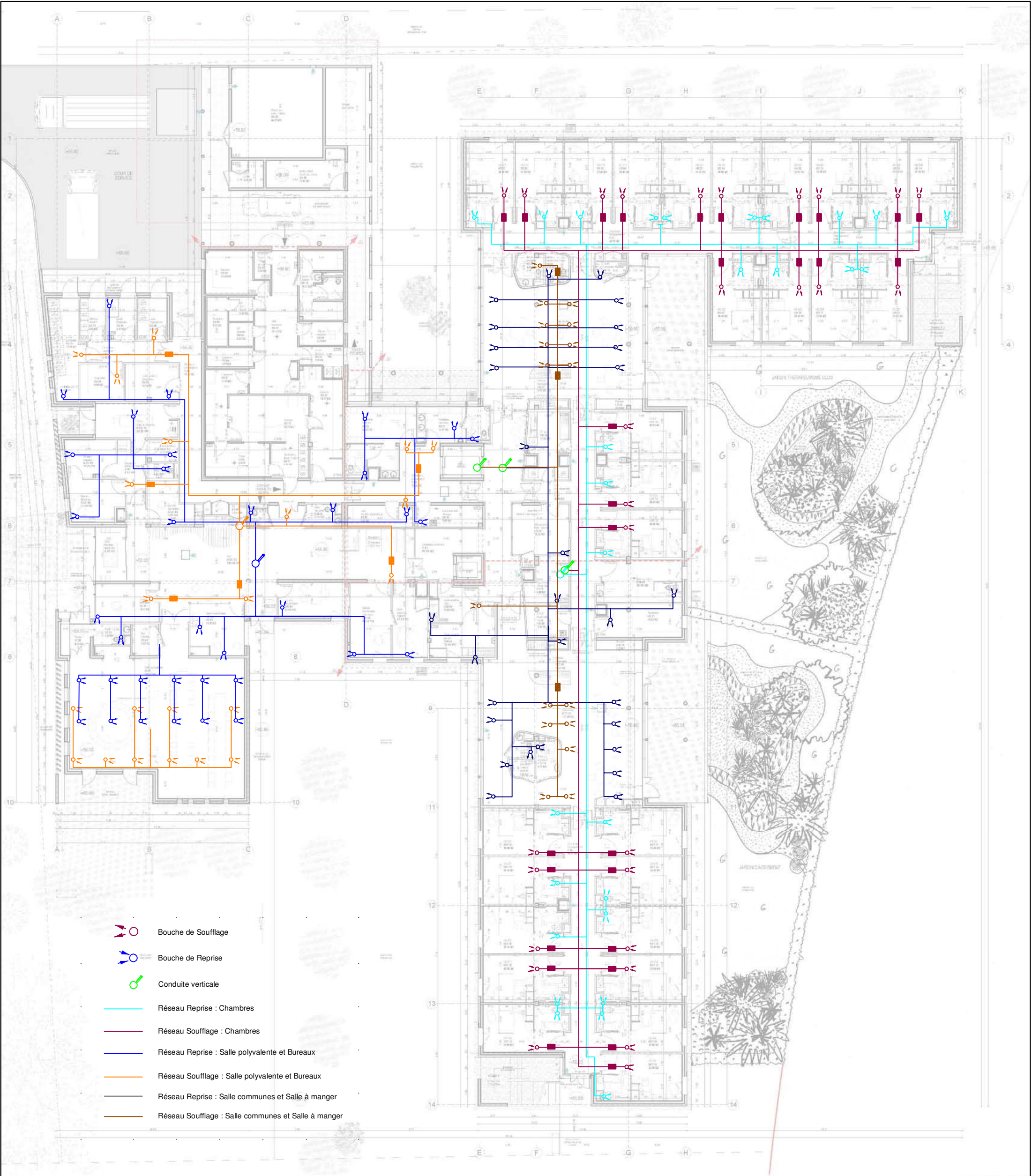
2275

Lieu de vie	HD 15	790	8	Lieu de vie	HD 15	865	8	865
Office	HD 16	30	1					
Cuisine aménagée	HD 17	0	1					
Local d'entretiens chariots	HD 18	20	1					
Bureau perso relais infirmerie	HD 22	25	1					
Lieu de vie	HTD 15	800	8	Lieu de vie	HTD 15	985	8	985
Cuisine aménagée	HTD 16	0	0					
Local d'entretien chariots	HTD 17	0	0					
Sanit résidents	HTD 18	25	1					
Sanit résidents et perso	HTD 19	25	1					
Local linge propre prod absorbants	HD 19	25	1					
Local linge sale vidoir	HD 20	25	1					
Bagagerie	HD 21	25	1					
Salle de bains	CM 06	60	1					210
Salon d'esthétique coiffure	VC 05	60	1	Hall	ACC 02	210	3	
Bureau animateur	VC 11	25	1					
Bureau coordination infirmières	CM 02	25	1					
Salle infirmière	CM 07	25	1					
Bureau psychologue	CM 01	25	1					
SAS	ACC 01	0	0					
Hall	ACC 02	0	0					
Cafet	ACC 04	0	0					
Rgt	ACC 05	0	0					
Sanit perso	CM 03	25	1					170
Sanit résidents	CM 05	25	1					
Vestiaires hommes	SG 21	60	1	Circulation logistique 3	C 05	170	1	
Vestiaires femmes	SG 22	60	1					
Local entretien ménage	SG 23	25	1					
Local matériel paramédicale	SG 26	25	1					60
Salle de soins propre	CM 08	30	1	Sale de soins sale	CM 09	60	1	
Sale de soins sale	CM 09	30	1					20
Local linge propre	HC40	5	1	Circulation logistique	C 11	20	1	
Local linge sale	HC 41	5	0					
Local entretien chariots ménage	HC 45	5	0					
Bagagerie	HC 46	5	0					
Local électricité	LT 02	25	1	Circulation logistique	C 11	135	1	135
Local technique ventilation 2	LT 05	25	1					
Salle de bains	CM 10	60	1					
Sanit résidents et personnel	HC 47	25	1					75
Bureau perso relais infirmerie 2	HC 39	25	1	Circulation hébergement 4	C 15	75	1	
L poubelle vidoir 2	HC 43	25	1					
Local stockage	HC 44	25	1					
Salon 1	VC 07	0	0					
Salle à manger résidents	VC 12	1375	8	Salle à manger résidents	VC 12	1430	8	1430
Office	VC 13	30	1					
Locale rangement autolaveuse pl.	VC 14	25	1					
	VC 15	0	1					25
Salon mezzanine	VC 06	0	0	Salon mezzanine	VC 06	25	1	
Sanit visiteurs	HC 48	25	1					70
Salle infirmières	CM 11	25	1	Circulation jour	C 10	70	1	
Salle de soins propre	CM 12	0	0					
Salle de soins sale	CM 13	45	1					50
Bureau perso relais infirmerie 1	HC 38	25	1	Circulation hébergement 2	C 13	50	1	
L poubelles vidoir 1	HC 42	25	1					25
Sanit résidents	HD 23	0	0	Circulation hébergement 2	C 07	25	1	
Sanit résidents et perso	HD 24	25	1					
						TOTAL		2205
								3740
								2275

## Annexe III

### Réseau de ventilation





Plan: RESEAUX VMC DF GÉNÉRAL RDC	Date: 26/01/16
----------------------------------	----------------

Nom du Projet: PFE EHPAD	Dessinateur: SIMON NOUVELOT
--------------------------	-----------------------------

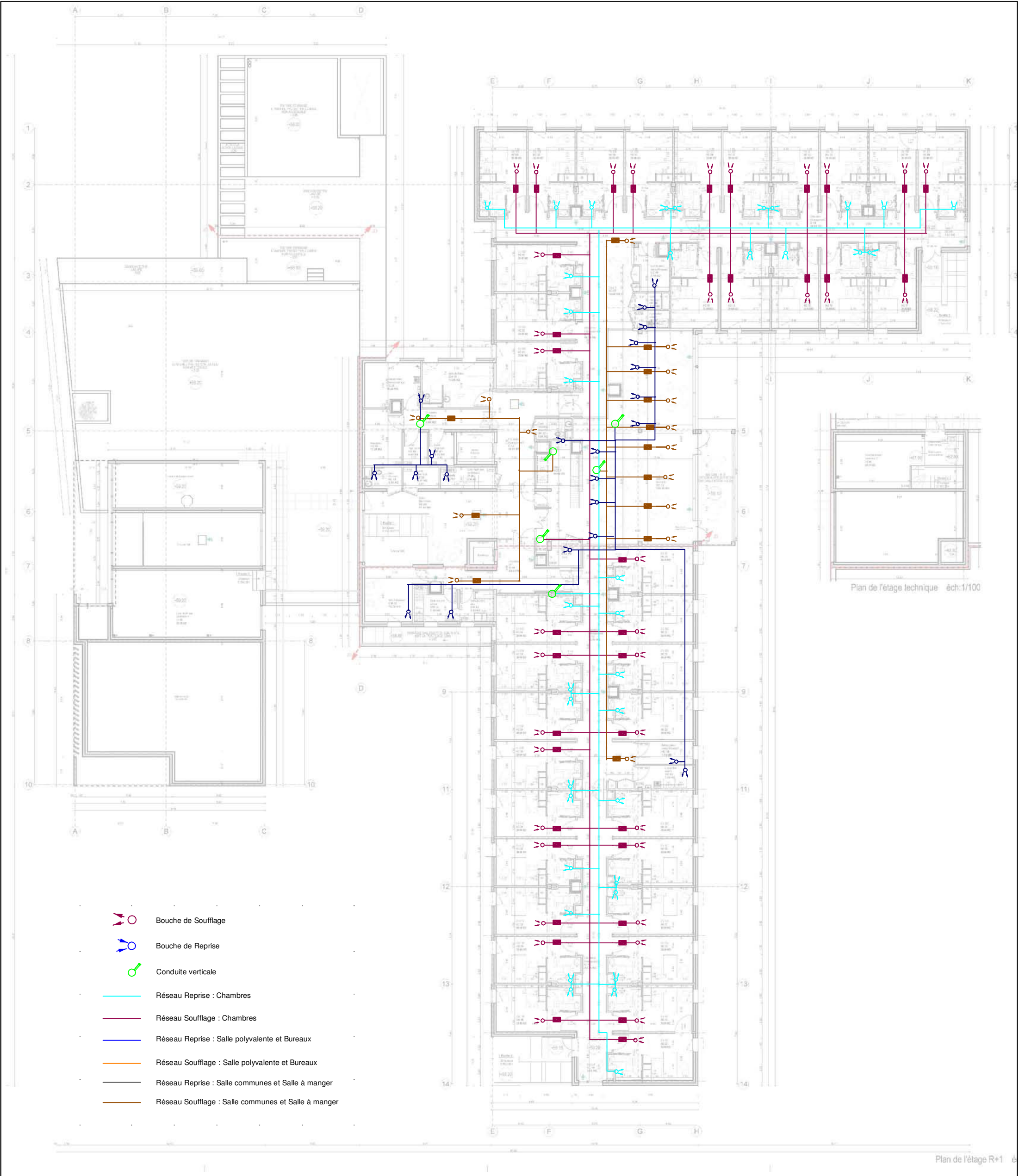
Fichier: reseaux_vmc_RDC.pdf	Groupe: RESEAUX VENTILATION
------------------------------	-----------------------------




Adresse: 27 rue Philippe SEGUIN  
88026 EPINAL Cedex - FRANCE  
Tél. : 03 29 29 61 00

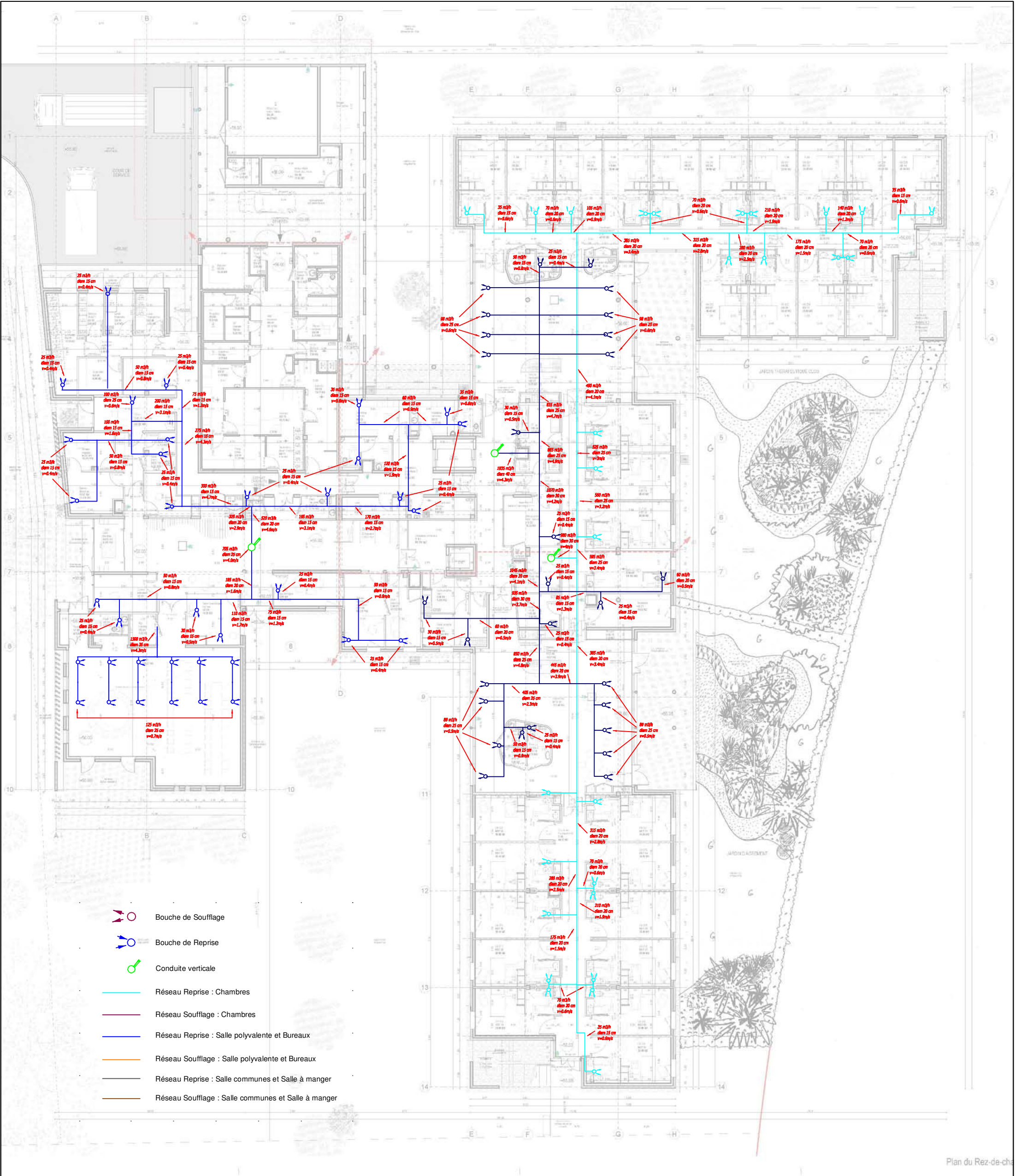
Echelle: N.C.
Numéro: 1/6





Plan: RESEAUX VMC DF GÉNÉRAL R+1		Date: 26/01/16	
Nom du Projet: PFE EHPAD		Dessinateur: SIMON NOUVELOT	
Fichier: reseaux_vmc_R+1.pdf		Groupe: RESEAUX VENTILATION	
	Adresse: 27 rue Philippe SEGUIN 88026 EPINAL Cedex - FRANCE Tél. : 03 29 29 61 00		Echelle: N.C.
			Numéro: 2/6






Plan: DÉTAILS RESEAUX REPRISE RDC	Date: 26/01/16
-----------------------------------	----------------

Nom du Projet: PFE EHPAD	Dessinateur: SIMON NOUVELOT
--------------------------	-----------------------------

Fichier: reseaux_vmc_D1.pdf	Groupe: RESEAUX VENTILATION
-----------------------------	-----------------------------

	Adresse: 27 rue Philippe SEGUIN 88026 EPINAL Cedex - FRANCE Tél. : 03 29 29 61 00	Echelle: N.C.
		Numéro: 3/6






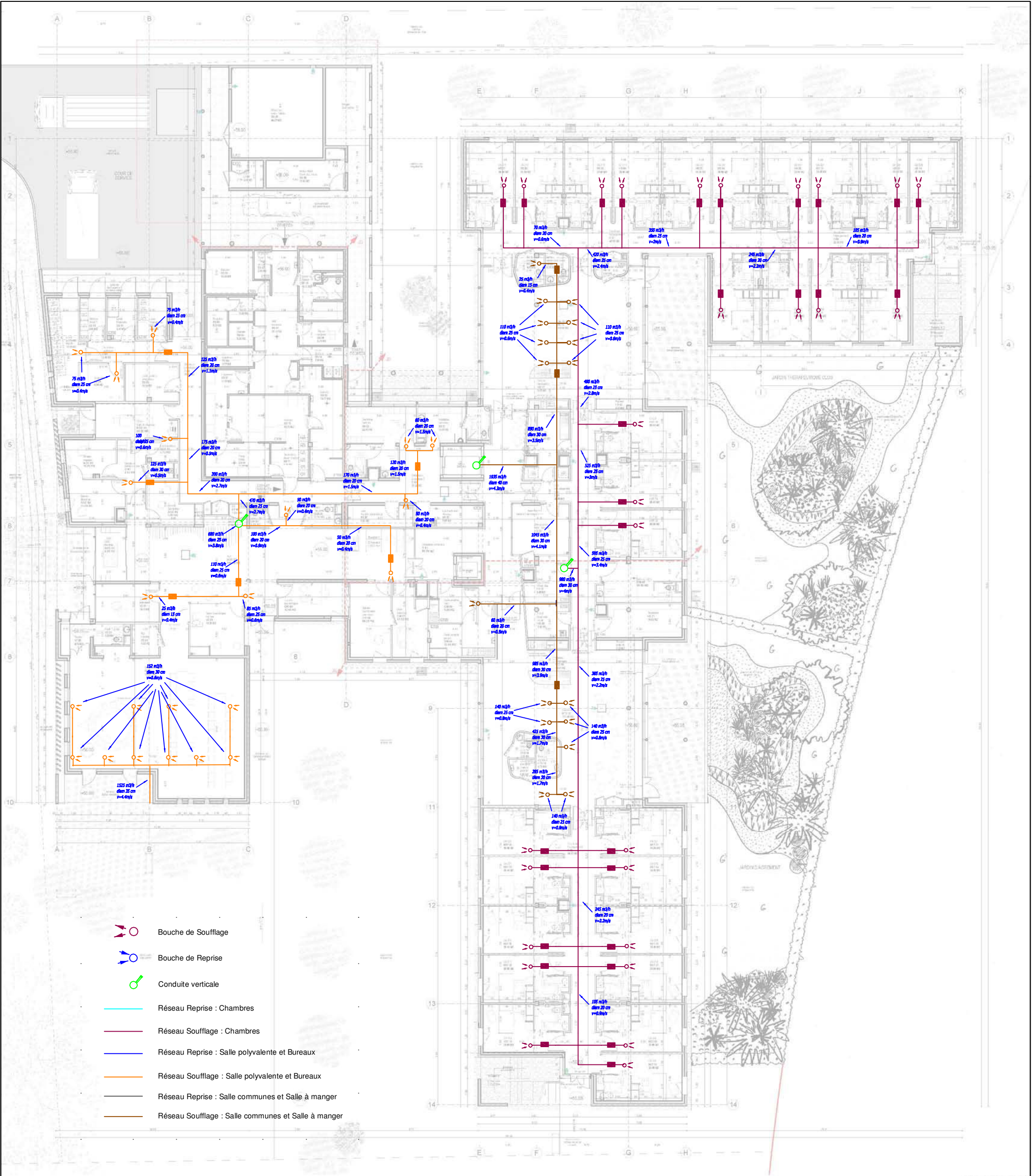
Plan: DÉTAILS RESEAUX REPRISE R+1	Date: 26/01/16
-----------------------------------	----------------

Nom du Projet: PFE EHPAD	Dessinateur: SIMON NOUVELOT
--------------------------	-----------------------------

Fichier: reseaux_vmc_D2.pdf	Groupe: RESEAUX VENTILATION
-----------------------------	-----------------------------

	Adresse: 27 rue Philippe SEGUIN 88026 EPINAL Cedex - FRANCE Tél. : 03 29 29 61 00	Echelle: N.C.
		Numéro: 4/6





Plan du Rez-de-cha

Plan: DÉTAILS RESEAUX SOUFFLAGE RDC	Date: 26/01/16
-------------------------------------	----------------

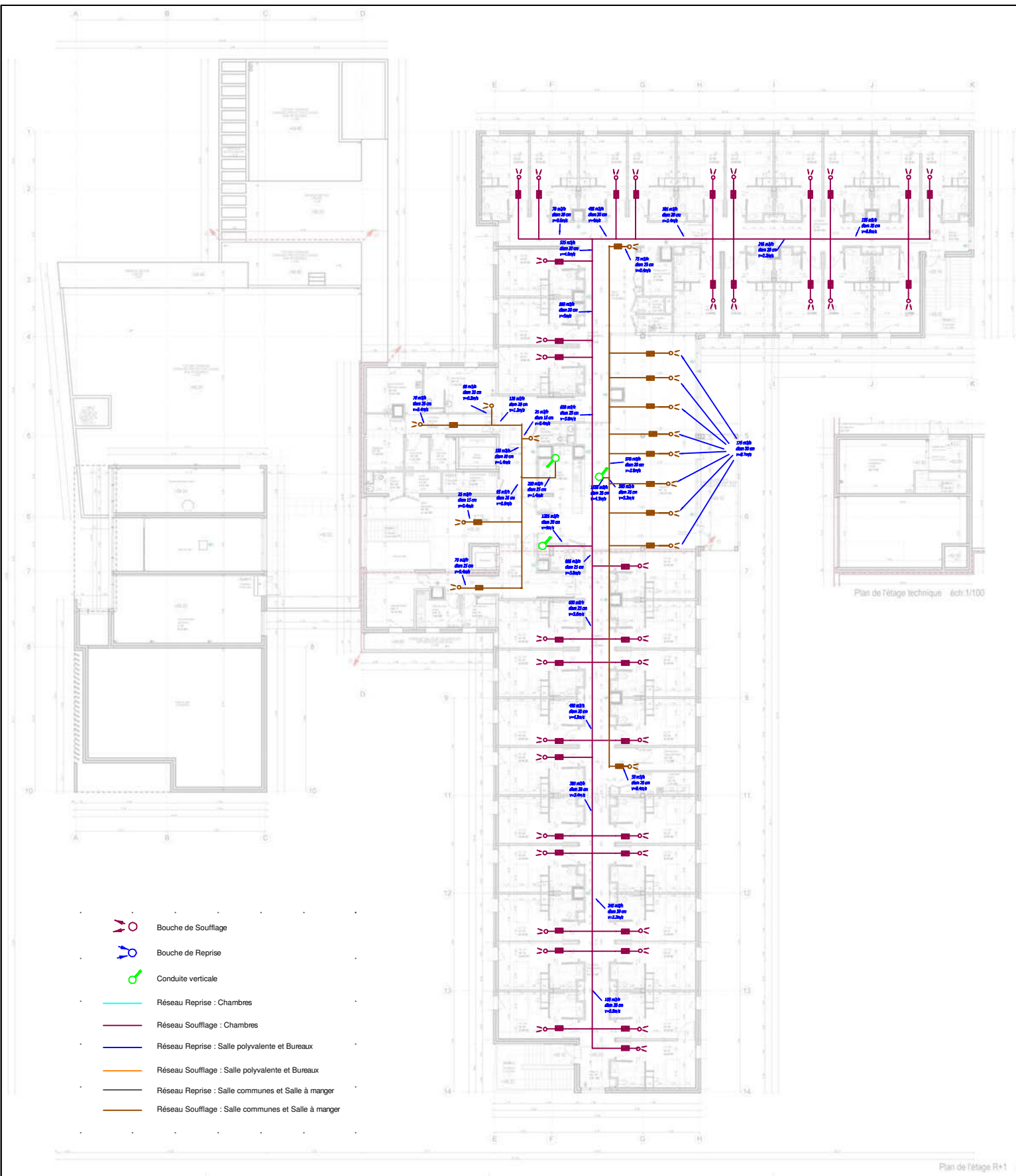
Nom du Projet: PFE EHPAD	Dessinateur: SIMON NOUVELOT
--------------------------	-----------------------------

Fichier: reseaux_vmc_D3.pdf	Groupe: RESEAUX VENTILATION
-----------------------------	-----------------------------



Adresse: 27 rue Philippe SEGUIN  
88026 EPINAL Cedex - FRANCE  
Tél. : 03 29 29 61 00

Echelle: N.C.
Numéro: 5/6



Plan: DÉTAILS RESEAUX SOUFFLAGE R+1

Date: 26/01/16

Nom du Projet: PFE EHPAD

Dessinateur: SIMON NOUVELOT

Fichier: reseaux\_vmc\_D4.pdf

Groupe: RESEAUX VENTILATION



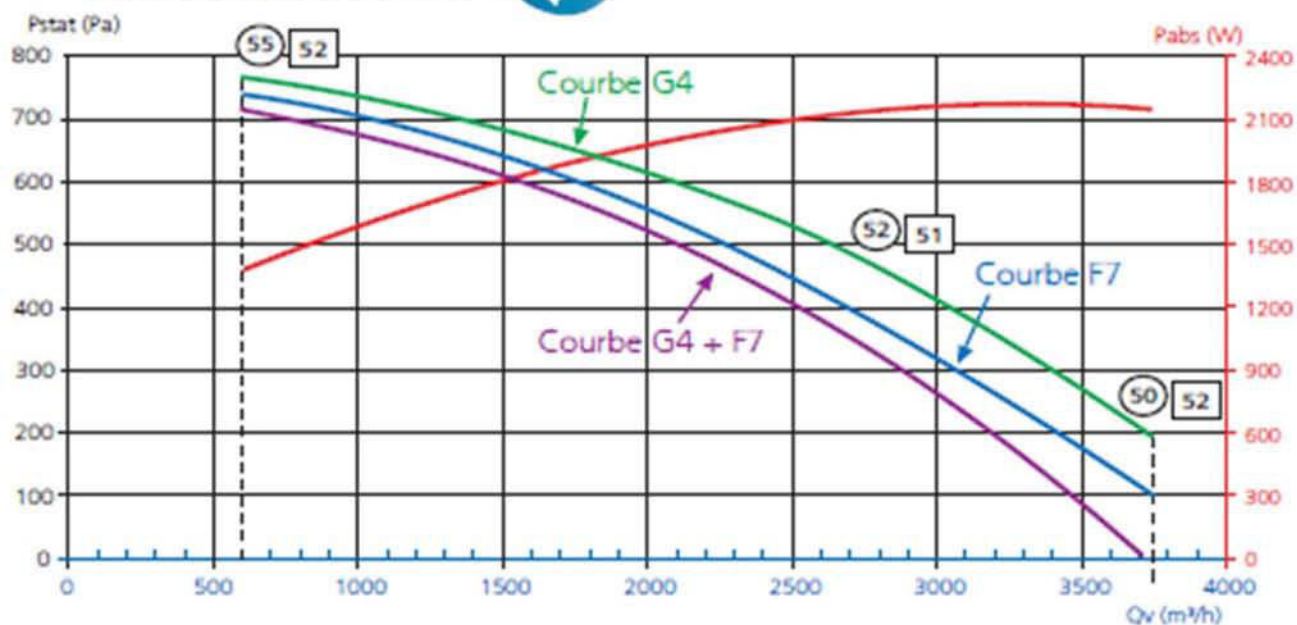
Adresse: 27 rue Philippe SEGUIN  
88026 EPINAL Cedex - FRANCE  
Tél : 03 29 29 61 00

Echelle: N.C.

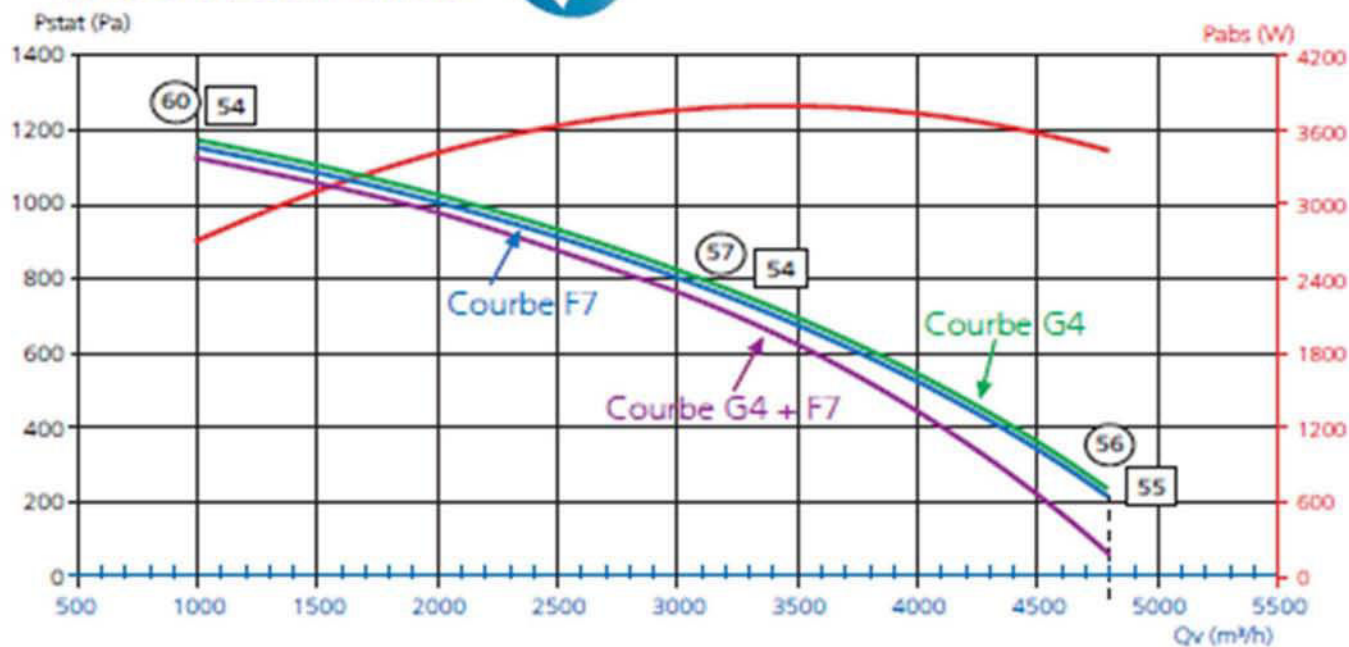
Numéro: 6/6



## DUOTECH 3300



## DUOTECH 4400



Annexe IV : Courbe caractéristiques DUOTECH 3300/DUOTECH 4400

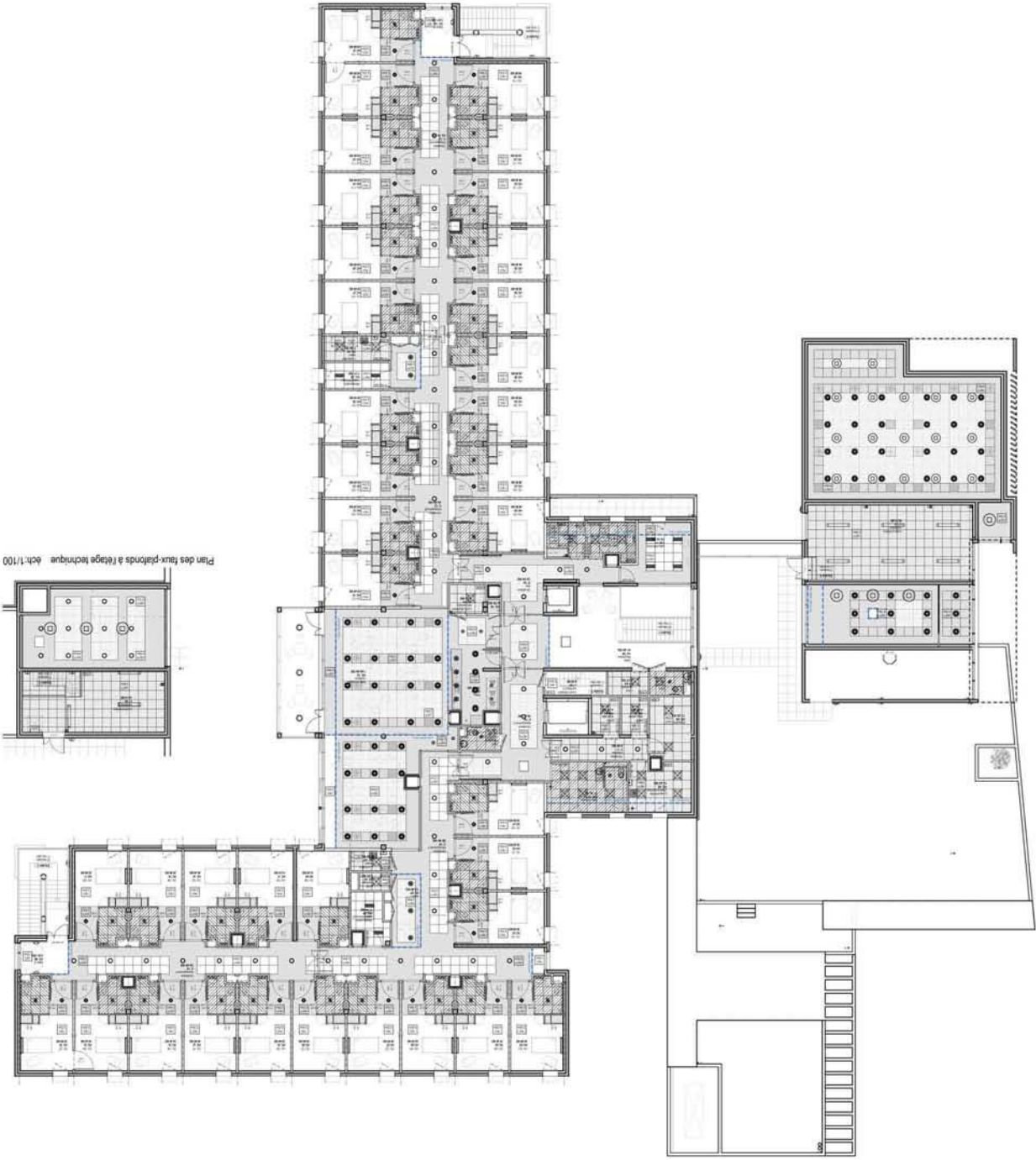
## Annexe V

Plans des faux plafonds RDC

Plans des faux plafonds R+1







Plan des faux-plafonds à l'étage technique éch. 1/100



## Annexe VI

Pertes de charges ventilation chambres

Pertes de charges ventilation 1

Pertes de charges ventilation 2

$\epsilon/D$	0,0002	écoulement Turbulent

perte de charge Pa/ml	0,642911047
--------------------------	-------------

$\epsilon/D$	0,000125	écoulement
		Turbulent

## Calcul des pertes de charges dans le réseau de ventilation 2 R+1

$\epsilon/D$	0,000166667	écoulement Turbulent

## Calcul des pertes de charges dans le réseau de ventilation chambre

Equipements sanitaires alimentés en ECS					
Désignation appareils	Température	débit de base	nombre d'équipemen	débits ECS	Débit ECS total
	Eau chaude				
	Tm	Qdtu (L/s)	U	L/s	L/s
Lave main	60	0,1		0,10	0
Douche	60	0,2	69	0,19	13,11
Evier	60	0,2	12	0,19	2,28
Lavabo	60	0,2	21	0,19	3,99
Paillasse	60	0,2		0,19	0
Vasque	60	0,2		0,19	0
Vidoir	60	0,2		0,19	0
Lave bassin	60	0,3		0,28	0
Baignoire 1	60	0,33		0,30	0
Baignoire 2	60	0,4		0,37	0
Auge 2 postes	60	0,4		0,37	0
Auge 3 postes	60	0,6		0,55	0
Gros débit	60	0,66		0,60	0

Paramètre	valeur	unité
Température eau froide	10	°C
Température de production ECS	65	°C
Coefficient de majorateur pour l'entartrage	1,1	
Capacité ballon	2000	L
Durée periode pointe	2	h
Rendement ballon	0,78	%

 valeur à renseigner

Résultats	valeur	unité
Nombre d'appareil	102	U
Débit d'ECS totaux	19,38	L/s
Coefficient de simultanéité	0,080	
Débit nécessaire probable	1,543	L/s
Débit nécessaire probable	5554	L/h
Débit instantané délivré en 10min	12667	L/10min
Débit instantané délivré par sec	21,1	L/s
Puissance nécessaire sans majoration	113	kW
Puissance nécessaire avec majoration	125	kW

Détails de calculs		
Données		
Température eau froide ( Tf )	Température de l'eau froide du réseau d'alimentation du bâtiment. Par défaut à 10 °C	
Température de production de l'ECS (TECS)	Température du production de l'ECS prise par défaut à 65 °C	
Coefficient majorateur pour l'entartrage (C1)	Coefficient majorant la puissance pour tenir compte de l'entartrage du ballon. Valeur par défaut à 10 %	
Capacité de stockage du ballon (Cb)	Capacité de stockage du ballon qui permettra de réaliser la semi-accumulation	
Durée de la période de pointe (tp)	Durée de la période de pointe des puisages	
Débit de base (Qdtu )	Le débit de base dépend du type d'appareil et est enregistré dans le tableau	
Résultats		
Débit ECS	$Débit\ ECS = Qdtu \times \frac{(T_m - T_f)}{(T_{ECS} - T_f)}$	
Coefficient de simultanéité	$C_{simul} = \frac{0,8}{\sqrt{nb\ appareils} - 1}$	
Débit nécessaire probable	$Q_p = Débit\ ECS\ totaux \times C_{simul}$	
Débit instantané délivré pour la production en	$Q_{10min} = Q_p \times t_p + C_b \times \eta_{ballon}$	
Puissance nécessaire pour la production d'ECS sans majoration	$P = 1,16 \times \frac{(Q_p - C_b) \times (T_{ECS} - T_f)}{(t_p \times 1000)}$	1,16 : capacité calorifique de l'eau en Wh / litre.K
Puissance nécessaire pour la production d'ECS avec majoration	$P_{major} = P \times C_1$	


## Annexe VII

### Dimensionnement ECS

## Annexe VIII


### Réseau d'Eau chaude sanitaire




Plan: RESEAU ECS RDC			Date: 26/01/16	
Nom du Projet: PFE EHPAD		Dessinateur: ROMAIN MIGNOT		
Fichier: reseau_ecs_RDC.pdf	Groupe: RESEAU ECS			
	Adresse: 27 rue Philippe SEGUIN 88026 EPINAL Cedex - FRANCE Tél. : 03 29 29 61 00		Echelle: N.C.	
			Numéro: 1/3	





Plan: RESEAU ECS R+1			Date: 26/01/16	
Nom du Projet: PFE EHPAD		Dessinateur: ROMAIN MIGNOT		
Fichier: reseau_ecs_R+1.pdf	Groupe: RESEAU ECS			
	Adresse: 27 rue Philippe SEGUIN 88026 EPINAL Cedex - FRANCE Tél. : 03 29 29 61 00		Echelle: N.C.	
			Numéro: 2/3	



Plan: RESEAU ECS FAUX-PLAFOND RDC			Date: 26/01/16	
Nom du Projet: PFE EHPAD		Dessinateur: ROMAIN MIGNOT		
Fichier: reseau_ecs_FP.pdf		Groupe: RESEAU ECS		
	Adresse: 27 rue Philippe SEGUIN 88026 EPINAL Cedex - FRANCE Tél. : 03 29 29 61 00		Echelle: N.C.	
			Numéro: 3/3	



# Annexe IX : Pertes charges ECS

Viscosité du fluide (m²/s)	6,52E-07
rugosité du matériau	0,002
ρ (kg/m³)	992,98

ε/D	1,08E-05	écoulement
		Turbulent

## Calcul des pertes de charges dans le réseau d'ECS

Tronçon	Longueur (m)	Type de singularité	Nombre de singularité	Débit (m³/h)	Diamètre tube (mm)	Vitesse (m/s)	Coefficient de Pdc linéaires	Coefficient de Pdc singulières	Pertes de charge linéaires (mCe)	Pertes de charge singulières (mCe)	Pertes de charge totales (mCe)
1	29,6	Coude arrondi.	5	72,72	185	0,75	0,0195	0,58	0,088	0,082	0,18
		Té-divergent droit.	1					0,5		0,014	
								0		0,000	
2	6,7	Coude arrondi.	1	72,72	185	0,75	0,0196	0,58	0,020	0,016	0,04
								0		0,000	
								0		0,000	
3	10,6	Té-divergent droit.	1	72,72	185	0,75	0,02	0,5	0,032	0,014	0,05
								0		0,000	
								0		0,000	
4	6,3	Té-divergent droit.	1	72	184	0,75	0,0202	0,5	0,019	0,014	0,03
								0		0,000	
								0		0,000	
5	0,8	Té-divergent droit.	1	71,28	183	0,75	0,0205	0,5	0,003	0,014	0,02
		Rétrécissement brusque.	1					0,23		0,006	
								0		0,000	
6	4,7	Té-divergent droit.	1	69,84	181	0,75	0,0204	0,5	0,015	0,014	0,03
								0		0,000	
								0		0,000	
7	1,5	Té-divergent droit.	1	69,12	181	0,75	0,0206	0,5	0,005	0,014	0,02
								0		0,000	
								0		0,000	
8	4,6	Té-divergent droit.	1	66,24	177	0,75	0,0224	0,5	0,016	0,014	0,03
								0		0,000	
								0		0,000	
9	0,5	Té-divergent droit.	1	61,92	171	0,75	0,0229	0,5	0,002	0,014	0,02
								0		0,000	
								0		0,000	
10	4,2	Té-divergent droit.	1	60,48	169	0,75	0,0238	0,5	0,017	0,014	0,03
								0		0,000	
								0		0,000	
11	6,7	Té-divergent droit.	1	59,04	167	0,75	0,0238	0,5	0,027	0,014	0,04
								0		0,000	
								0		0,000	
12	0,3	Té-divergent droit.	1	27,36	114	0,75	0,0238	0,5	0,002	0,014	0,02
								0		0,000	
								0		0,000	
13	2,6	Té-divergent droit.	1	26,64	112	0,75	0,024	0,5	0,016	0,014	0,03
								0		0,000	
								0		0,000	
14	0,7	Té-divergent droit.	1	25,2	109	0,75	0,024	0,5	0,004	0,014	0,02
								0		0,000	
								0		0,000	
15	2,4	Té-divergent droit.	1	24,48	107	0,75	0,02	0,5	0,012564595	0,014	0,03
								0		0,000	
								0		0,000	
16	4,9	Té-divergent droit.	1	23,04	104	0,75	0,02	0,5	0,026442212	0,014	0,04
								0		0,000	
								0		0,000	
17	1	Té-divergent droit.	1	22,32	103	0,75	0,0195	0,5	0,005	0,014	0,02
								0		0,000	
								0		0,000	
18	3,1	Té-divergent droit.	1	21,6	101	0,75	0,0196	0,5	0,017	0,014	0,03
								0		0,000	

## Annexe IX : Pertes charges ECS

								0		0,000	
19	3,1	Té-divergent droit.	2	19,44	96	0,75	0,02	0,5	0,018	0,028	0,07
								0		0,000	
								0		0,000	
20	0,7	Té-divergent droit.	1	16,56	88	0,75	0,0202	0,5	0,005	0,014	0,02
								0		0,000	
								0		0,000	
21	5,5	Té-divergent droit.	2	15,12	84	0,75	0,0205	0,5	0,038	0,028	0,09
								0		0,000	
								0		0,000	
22	5,5	Té-divergent droit.	1	11,52	74	0,75	0,0204	0,5	0,043	0,014	0,06
								0		0,000	
								0		0,000	
23	1,7	Té-divergent droit.	1	10,08	69	0,75	0,0206	0,5	0,014	0,014	0,03
								0		0,000	
								0		0,000	
24	1,8	Té-divergent droit.	1	8,64	64	0,75	0,0224	0,5	0,018	0,014	0,03
								0		0,000	
								0		0,000	
25	5,5	Té-divergent droit.	2	7,2	58	0,75	0,0229	0,5	0,061	0,028	0,12
								0		0,000	
								0		0,000	
26	8,1	Coude arrondi.	3	1,44	26	0,75	0,0238	0,58	0,208	0,049	0,35
								0		0,000	
								0		0,000	
Somme	123,1									Pertes de charge hydrauliques totales (mCe)	1,45
perte de charge Pa/ml	117,422401										

Dimensionnement des planchers chauffants			
Paramètres	Désignation	Unité	Valeur
Température d'ambiance de la pièce	Ti	°C	20,00
Température de départ du fluide caloporteur	Td	°C	40,00
Chute de température entre le départ et le retour	Chute	°C	8,00
Température moyenne du fluide caloporteur <b>Td-Chute/ 2</b>	Tm	°C	36,00
Diamètre intérieur du tube	di	mm	13,00
Surface brute de la pièce	A	m²	53,74
Surface des emprises éventuelles	Ae	m²	10,00
Surface utile (surface qui va être utilisée pour le plancher chauffant)	Au	m²	43,74
Déperditions thermiques totales de la pièce	De	W	1250,00
Déperditions thermiques du plancher de la pièce	Dp	W	320,00
Déperditions corrigées de la pièce <b>De - (Dp x (Ae / A))</b>	Dec	W	989,55
Longueur des conduites de raccordement	Lr	m	3,32
Longueur des conduites de distribution (conduites de passages)	Ld	m	0,00
Emissions thermiques des conduites de raccordement <b>Lr x (Tm² x Ce)</b> (Ce0,0075 si diamètre du tube = 16x20)	QLr	W	32,27
Résistance du revêtement de sol actuel (Dalles PVC, revêtement plastique)	RthA	m² . K/W	0,03
Emissions thermiques nécessaire en zone normale <b>(Dec) / Au / (Tm - Ti)</b>	Uh_ZnNe	W/(m² .K)	1,41
Emissions thermiques utilisées en zone normale (référer tableau)	Uh_ZnU	W/(m² .K)	4,43
Pas défini par les émissions utilisées en zone normale	VZzn	cm	20,00
Longueur de tube en zone normale en fonction du pas	LgN	m	218,70
Longueur totale de la boucle <b>LgN+ Lr</b>	Lg	m	222,02
Température superficielle du sol en zone de bordure <b>(1 / 11,6 x (Tm - Ti) + Ti) x 1,02</b>	TprB	°C	21,81
Température superficielle du sol en zone normale <b>(Uh_ZnU/ 11,6 x (Tm - Ti) + Ti) x 1,02</b>	TprN	°C	26,63
Débit total du circuit <b>(QLr + Dec) / (Chute x 1,1628 x p)</b> p = 0,99364= masse volumique du fluide en fonction de sa température en kg/l	D	l/h	110,55
Vitesse du fluide	v	m/s	0,23
Perte de charge linéique du circuit <b>(425 x (D<sup>1,75</sup> / di<sup>4,75</sup>) x Lg</b>	DeltaPI	mmCE	1818,70
Perte de charge singulière du circuit <b>1,3 x p x (v² / (2 x g) x Lg</b>	DeltaPs	mmCE	0,78
Perte de charge totale du circuit	DeltaP	mmCE	1819,48

valeur à renseigner

valeur calculée

Synthèse			
Paramètres	Désignation	Unité	Valeur
Longueur totale de la boucle <b>LgN+ Lr</b>	Lg	m	222,02
Débit total du circuit <b>(QLr + Dec) / (Chute x 1,1628 x p)</b> p = 0,99364= masse volumique du fluide en fonction de sa température en kg/l	D	l/h	110,55
Vitesse du fluide	v	m/s	0,23
Perte de charge totale du circuit	DeltaP	mmCE	1819,48

Moyen de vérification rapide et simplifié	
Formule	$P_w = Débit \times C_{pe} \times \Delta T$
Résultat	1026,86 W

Dénomination	Référence	Puissance (W)	Référence radiateur	puissance radiateur	Débit m3/h	Débit L/h	vitesse	S tuyauterie m²	diamètre mm
Accueil secrétariat	ACC 03	340	FINIMETAL E2 600*600	357	0,06	61,55	0,30	5,70E-05	8,52
Bureau directrice	ACC 08	370	FINIMETAL E2 600*600	357	0,06	61,55	0,30	5,70E-05	8,52
Bureau stagiaire	ACC 09	330	FINIMETAL E2 600*600	357	0,06	61,55	0,30	5,70E-05	8,52
Office Salle de réunion	ACC 11	510	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Salle polyvalente	VC 01	3940	Plancher chauffant 16x20	3754	0,65	647,24	0,30	5,99E-04	27,63
Ch 120	HC 01	410	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 121	HC 02	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 122	HC 03	640	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 123	HC 04	500	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 124	HC 05	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 125	HC 06	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 126	HC 07	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 127	HC 08	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 128	HC 09	530	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 129	HC 10	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 130	HC 11	410	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 131	HC 12	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 132	HC 13	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 133	HC 14	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 134	HC 15	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 135	HC 16	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 136	HC 17	470	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 137	HC 18	480	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 101	HC 19	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 102	HC 20	430	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 103	HC 21	390	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 104	HC 22	400	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 105	HC 23	430	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 106	HC 24	410	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 107	HC 25	430	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 108	HC 26	400	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 109	HC 27	400	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 110	HC 28	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 111	HC 29	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 112	HC 30	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 113	HC 31	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 114	HC 32	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 115	HC 33	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 116	HC 34	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 117	HC 35	370	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 118	HC 36	470	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 119	HC 37	470	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 015	HD 01	510	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 016	HD 02	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 017	HD 03	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 018	HD 04	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 019	HD 05	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59

Annexe XI: Liste des émetteurs à eau chaude

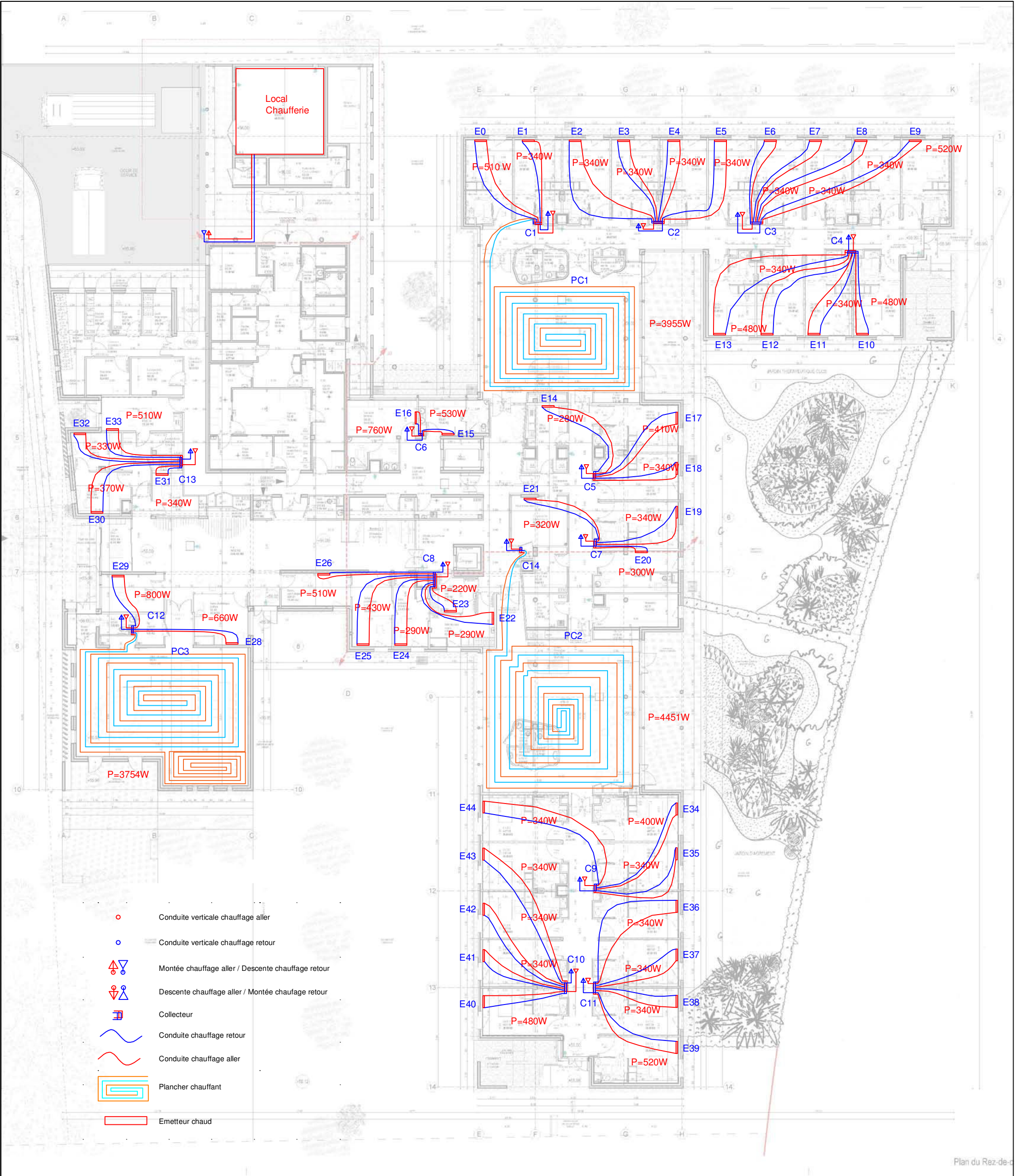
Ch 020	HD 06	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 021	HD 07	480	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 022	HD 08	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 023	HD 09	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 024	HD 10	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 025	HD 11	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 026	HD 12	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 027	HD 13	480	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 028	HD 14	520	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 004	HDT 01	400	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 005	HDT 02	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 006	HDT 03	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 007	HDT 04	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 008	HDT 05	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 009	HDT 06	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 010	HDT 07	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 011	HDT 08	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 012	HDT 09	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 013	HDT 10	480	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 014	HDT 11	520	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 003	HDT 12	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 002	HDT 13	340	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Ch 001	HDT 14	410	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Lieu de vie	HD 15	4090	Plancher cahuffant 16x20	3955	0,68	681,90	0,30	6,31E-04	28,36
Office	HD 16	280	FINIMETAL E2 600*600	357	0,06	61,55	0,30	5,70E-05	8,52
Bureau perso relais infirmerie	HD 22	320	FINIMETAL E2 600*600	357	0,06	61,55	0,30	5,70E-05	8,52
Lieu de vie	HTD 15	4620	Plancher cahuffant 16x20	4451	0,77	767,41	0,30	7,11E-04	30,09
Salle de bains	CM 06	300	FINIMETAL E2 600*600	357	0,06	61,55	0,30	5,70E-05	8,52
Salon d'esthétique coiffure	VC 05	660	FINIMETAL E2 500*1400	770	0,13	132,76	0,30	1,23E-04	12,51
Bureau animateur	VC 11	800	FINIMETAL E2 500*1400	770	0,13	132,76	0,30	1,23E-04	12,51
Bureau coordination infirmières	CM 02	430	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Salle infirmière	CM 07	290	FINIMETAL E2 600*600	357	0,06	61,55	0,30	5,70E-05	8,52
Bureau psychologue	CM 01	510	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Vestiaires hommes	SG 21	530	FINIMETAL E2 500*1400	770	0,13	132,76	0,30	1,23E-04	12,51
Vestiaires femmes	SG 22	760	FINIMETAL E2 500*1400	770	0,13	132,76	0,30	1,23E-04	12,51
Salle de soins propre	CM 08	290	FINIMETAL E2 600*600	357	0,06	61,55	0,30	5,70E-05	8,52
Sale de soins sale	CM 09	220	FINIMETAL E2 600*600	357	0,06	61,55	0,30	5,70E-05	8,52
Salle de bains	CM 10	540	FINIMETAL E2 500*1400	770	0,13	132,76	0,30	1,23E-04	12,51
Bureau perso relais infirmerie 2	HC 39	290	FINIMETAL E2 600*600	357	0,06	61,55	0,30	5,70E-05	8,52
Office salle à manger	VC 13	5090	Plancher cahuffant 16x20	4889	0,84	842,93	0,30	7,80E-04	31,53
Salon mezzanine	VC 06	1250	Plancher cahuffant 13x16	989	0,17	170,52	0,30	1,58E-04	14,18
Salle infirmières	CM 11	630	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59
Salle de soins propre	CM 12	250	FINIMETAL E2 600*600	357	0,06	61,55	0,30	5,70E-05	8,52
Salle de soins sale	CM 13	230	FINIMETAL E2 600*600	357	0,06	61,55	0,30	5,70E-05	8,52
Bureau perso relais infirmerie 1	HC 38	520	FINIMETAL E2 500*1000	551	0,10	95,00	0,30	8,80E-05	10,59


Annexe XI: Liste des émetteurs à eau chaude

## Annexe XII

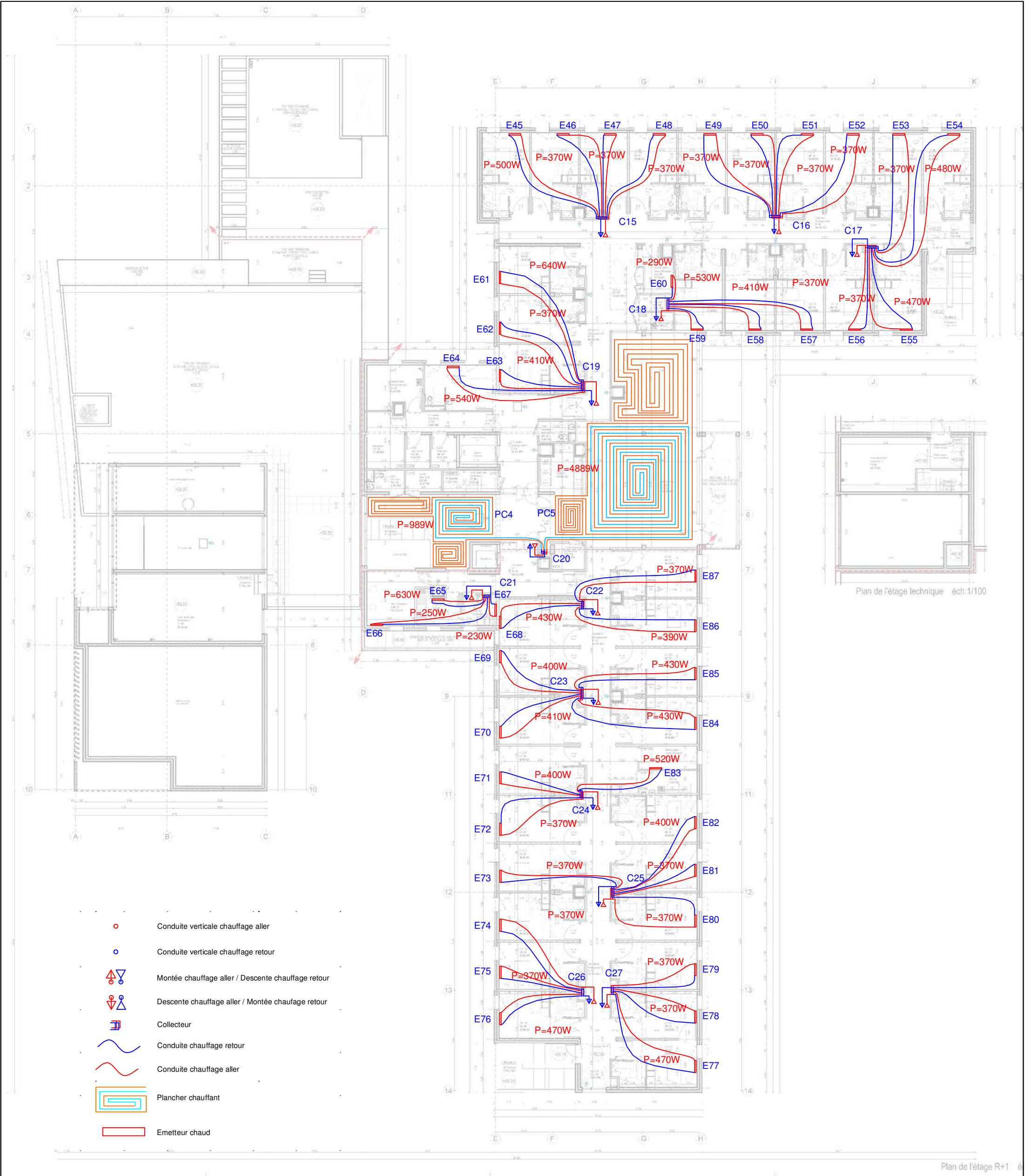
### Réseau de chauffage





Plan: RESEAU CHAUFFAGE RDC		Date: 26/01/16	
Nom du Projet: PFE EHPAD		Dessinateur: ROMAIN MIGNOT	
Fichier: reseau_chff_RDC.pdf		Groupe: RESEAU CHAUFFAGE	
	Adresse: 27 rue Philippe SEGUIN 88026 EPINAL Cedex - FRANCE Tél. : 03 29 29 61 00		Echelle: N.C.
			Numéro: 1/3





Plan: RESEAU CHAUFFAGE R+1

Date: 26/01/16

Nom du Projet: PFE EHPAD

Dessinateur: ROMAIN MIGNOT

Fichier: reseau\_chff\_R+1.pdf

Groupe: RESEAU CHAUFFAGE




Adresse: 27 rue Philippe SEGUIN  
88026 EPINAL Cedex - FRANCE  
Tél. : 03 29 29 61 00

Echelle: N.C.

Numéro: 2/3





Plan: RESEAU CHAUFFAGE FAUX-PLAFOND RDC		Date: 26/01/16	
Nom du Projet: PFE EHPAD		Dessinateur: ROMAIN MIGNOT	
Fichier: reseau_chff_FP.pdf		Groupe: RESEAU CHAUFFAGE	
	Adresse: 27 rue Philippe SEGUIN 88026 EPINAL Cedex - FRANCE Tél. : 03 29 29 61 00		Echelle: N.C.
			Numéro: 3/3

Viscosité du fluide (m²/s)	6,52E-07
rugosité du matériau	0,002
ρ (kg/m3)	992,98

ε/D	2,85714E-05	écoulement
		Turbulent

Calcul des pertes de charges dans le réseau de chauffage											
Tronçon	Longueur (m)	Type de singularité	Nombre de singularité	Débit (m3/h)	Diamètre tube (mm)	Vitesse (m/s)	Coefficient de Pdc linéaires	Coefficient de Pdc singulières	Pertes de charge linéaires (mCe)	Pertes de charge singulières (mCe)	Pertes de charge totales (mCe)
1	29,6	Coude arrondi.	5	9,156	70	0,66	0,0195	0,46	0,180	0,050	0,24
		Té-divergent droit.	1					0,5		0,011	
								0		0,000	
2	6,1	Coude arrondi.	1	8,889	70	0,64	0,0196	0,46	0,035	0,009	0,05
		Té-divergent droit.	1					0,5		0,010	
								0		0,000	
3	11,7	Té-divergent droit.	1	7,99	70	0,58	0,02	0,5	0,056	0,008	0,06
								0		0,000	
								0		0,000	
4	0,8	Té-divergent droit.	1	7,767	70	0,56	0,0202	0,5	0,004	0,008	0,01
								0		0,000	
								0		0,000	
5	10,6	Té-divergent droit.	1	7,276	70	0,53	0,0205	0,5	0,043	0,007	0,05
		Rétrécissement brusque.	1					0,2		0,003	
								0		0,000	
6	4,5	Té-divergent droit.	1	4,05	38	0,99	0,0204	0,5	0,119	0,025	0,14
								0		0,000	
								0		0,000	
7	0,6	Té-divergent droit.	1	3,885	38	0,95	0,0206	0,5	0,015	0,023	0,05
		Rétrécissement brusque.	1					0,2		0,009	
								0		0,000	
8	3,7	Té-divergent droit.	1	2,104	30	0,83	0,0224	0,5	0,095	0,017	0,11
								0		0,000	
								0		0,000	
9	6,6	Té-divergent droit.	1	1,898	30	0,75	0,0229	0,5	0,140	0,014	0,15
								0		0,000	
								0		0,000	
10	7,9	Té-divergent droit.	1	1,611	30	0,63	0,0238	0,5	0,126	0,010	0,14
								0		0,000	
								0		0,000	
11	7,5	Té-divergent droit.	1	1,387	30	0,55	0,0238	0,5	0,088	0,007	0,10
								0		0,000	
								0		0,000	
12	6,4	Té-divergent droit.	1	0,942	30	0,37	0,0238	0,5	0,035	0,003	0,04
		Rétrécissement brusque.	1					0,2		0,001	
								0		0,000	
13	5	Té-divergent droit.	1	0,474	14	0,86	0,024	0,5	0,314	0,018	0,35
		Coude arrondi.	1					0,46		0,017	
								0		0,000	
14	9,1	Vanne.	1	0,081	12	0,20	0,024	0,5	0,036	0,001	0,04
		Radiateur.	1					2		0,004	
								0		0,000	
								0		0,000	
								0		0,000	
								0		0,000	
								0		0,000	
								0		0,000	
								0		0,000	
Somme	110,1									Pertes de charge hydrauliques totales (mCe)	1,54
perte de charge Pa/ml	140,0185417										

Viscosité du fluide (m²/s)	6,52E-07
rugosité du matériau	0,002
ρ (kg/m3)	992,98

ε/D	2,85714E-05	écoulement Turbulent
-----	-------------	-------------------------

Calcul des pertes de charges dans le réseau de chauffage											
Tronçon	Longueur (m)	Type de singularité	Nombre de singularité	Débit (m3/h)	Diamètre tube (mm)	Vitesse (m/s)	Coefficient de Pdc linéaires	Coefficient de Pdc singulières	Pertes de charge linéaires (mCe)	Pertes de charge singulières (mCe)	Pertes de charge totales (mCe)
1	29,6	Coude arrondi.	5	9,156	70	0,66	0,0195	0,46	0,180	0,050	0,24
		Té-divergent droit.	1					0,5		0,011	
								0		0,000	
2	6,1	Coude arrondi.	1	8,889	70	0,64	0,0196	0,46	0,035	0,009	0,05
		Té-divergent droit.	1					0,5		0,010	
								0		0,000	
3	11,7	Té-divergent droit.	1	7,99	70	0,58	0,02	0,5	0,056	0,008	0,06
								0		0,000	
								0		0,000	
4	0,8	Té-divergent droit.	1	7,767	70	0,56	0,0202	0,5	0,004	0,008	0,01
								0		0,000	
								0		0,000	
5	10,6	Té-divergent droit.	1	7,276	70	0,53	0,0205	0,5	0,043	0,007	0,05
		Rétrécissement brusque.	1					0,2		0,003	
								0		0,000	
6	4,5	Té-divergent droit.	1	4,05	38	0,99	0,0204	0,5	0,119	0,025	0,14
								0		0,000	
								0		0,000	
7	0,6	Té-divergent droit.	1	3,885	38	0,95	0,0206	0,5	0,015	0,023	0,05
		Rétrécissement brusque.	1					0,2		0,009	
								0		0,000	
8	3,7	Té-divergent droit.	1	2,104	30	0,83	0,0224	0,5	0,095	0,017	0,11
								0		0,000	
								0		0,000	
9	6,6	Té-divergent droit.	1	1,898	30	0,75	0,0229	0,5	0,140	0,014	0,15
								0		0,000	
								0		0,000	
10	7,9	Té-divergent droit.	1	1,611	30	0,63	0,0238	0,5	0,126	0,010	0,14
								0		0,000	
								0		0,000	
11	7,5	Té-divergent droit.	1	1,387	30	0,55	0,0238	0,5	0,088	0,007	0,10
								0		0,000	
								0		0,000	
12	6,4	Té-divergent droit.	1	0,942	30	0,37	0,0238	0,5	0,035	0,003	0,04
		Rétrécissement brusque.	1					0,2		0,001	
								0		0,000	
13	5	Té-divergent droit.	1	0,474	14	0,86	0,024	0,5	0,314	0,018	0,35
		Coude arrondi.	1					0,46		0,017	
								0		0,000	
14	9,1	Vanne.	1	0,081	12	0,20	0,024	0,5	0,036	0,001	0,04
		Radiateur.	1					2		0,004	
								0		0,000	
								0		0,000	
								0		0,000	
								0		0,000	
								0		0,000	
								0		0,000	
								0		0,000	
Somme	110,1									Pertes de charge hydrauliques totales (mCe)	1,54
perte de charge Pa/ml	140,0185417										

## SL 100 T -4R

Référence commerciale	SL 100 T -4R
URL : Image ou schéma du produit	<a href="#">Cliquez ici</a>
Origine des données	Données saisies par un adhérent EDIBATEC
Puissance nominale	100 kW
Puissance minimale	23.7 kW
Certification rendement pleine charge	Certifié %
Rendement à pleine charge	91.3 %
Certification rendement à charge partielle	Certifié
Rendement à charge partielle	92.7 %
Ventilateur coté combustion	Présent %
Type de chaudière bois	Chargement automatique
Type de générateur	Classe 5
Fonction	Chauffage et ECS avec ballon séparé
Type de combustible	Bois déchiqueté
Type de chargement	Automatique
Type de tirage	Air pulsé
Evacuation combustion	Cheminée
Pertes à l'arrêt	550 W
Consommation des auxiliaires	417 W
Puissance électrique à charge nulle	3 W
Brûleur	Flux forcé-Air pulsé
Régulation chauffage	Ecran tactile diagonale 7"
Commentaire sur la régulation chauffage	Compatible modbus, contrôle à distance par internet, gestion ballons ECS et tampons et jusqu'à 16 circuits de chauffage gérés
Emission CO	14 mg/Nm3
Emission COV	1 mg/Nm3
Emission poussières	17.8 mg/Nm3
Poids	980 Kg

## Annexe IVX

## Chaudière bois

# HYDROMOTRIX CONDENSATION VISIO 45 + UPEC 120

[Imprimer](#)

Code fabricant	A4AB45050 + F3AA4089
Référence commerciale	HYDROMOTRIX CONDENSATION VISIO 45 + UPEC 120
Marque de qualité CLEA	Non
Origine des données	Produit provenant de la base UNICLIMA/ATITA
Type chaudière	Condensation
Fonction	Chauffage et ECS avec ballon séparé
Puissance utile nominale	45 kW
Puissance utile intermédiaire	14,6 kW
Statut rendement à pleine charge	Déclarée
Rendement à charge 100% Pn	96,31 %
Statut rendement à charge partielle	Certifiée
Rendement à charge 30% Pn	104,5 %
Statut des pertes à l'arrêt	Mesurée
Pertes à l'arrêt	137 W
Ventilateur du côté combustion	Ventilateur présent
Température mini de fonctionnement	20 °C
Température maxi de fonctionnement	70 °C
Statut consommation électrique des auxiliaires à Pn	Defaut
Consommation électrique des auxiliaires à Pn	92 W
Puissance électrique des auxiliaires à charge nulle	4,29 W
Type de ballon	Vertical
Statut des pertes thermiques	Valeur justifiée
Coefficient de pertes thermiques	1,11 W/K
Type de gestion du thermostat du ballon	Chauffage permanent
Prise en compte de l'hystérésis du thermostat du ballon	Valeur déclarée
Hystérésis du thermostat du ballon	26 °C
Hauteur échangeur	0
Contenance en eau du ballon	117 l
Température maximale du ballon	64 °C
Système hybride	Non

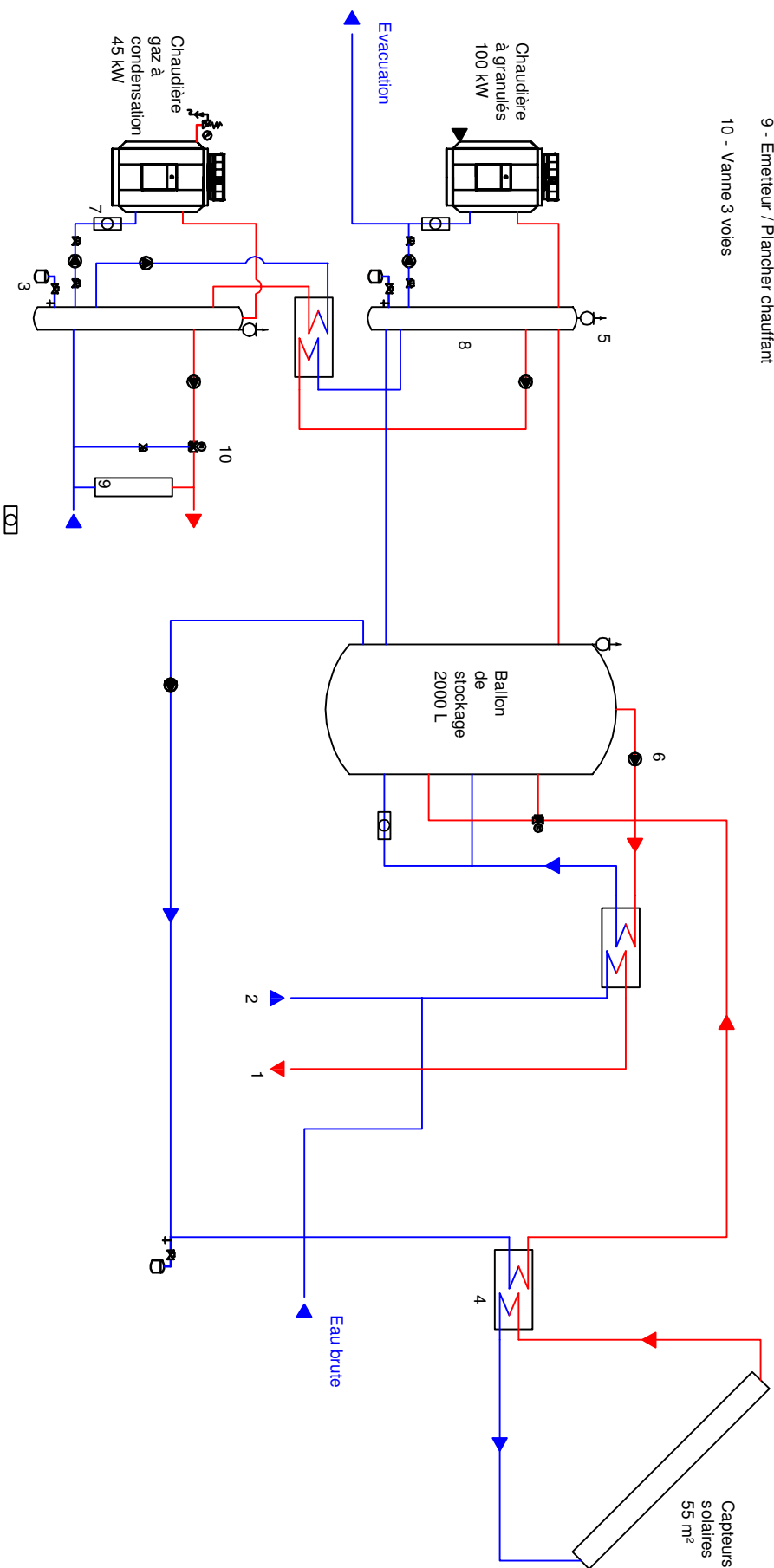
## Annexe XV

### Chaudière gaz à condensation



- 1 - Départ ECS
- 2 - Retour eau chaude
- 3 - Vase d'expansion
- 4 - Echangeur
- 5 - Purgeur de gaz
- 6 - Circulateur
- 7 - Clapet anti-retour
- 8 - Boutelle de découplage
- 9 - Emetteur / Plancher chauffant
- 10 - Vanne 3 voies

Schéma de principe de la chaufferie



## ANNEXE XVII : FEUILLE DE CALCULE PERTES DE CHARGES

---

Pour optimiser et accélérer le dimensionnement des pertes de charges des sections de tuyauterie, nous avons mis au point une feuille de calcul nous permettant de prendre en compte la géométrie du réseau et les caractéristiques du fluide en présence. Cette feuille de calcul permet donc de dimensionner des réseaux aéraulique, mais également hydrauliques. Il suffit pour cela de modifier les caractéristiques du fluide.

Cette feuille va calculer les pertes de charges linéiques et les pertes de charges singulières en fonctions de différents paramètres :

### **Calcul du débit :**

- Pour le réseau de ventilation : dimensionner les débits dans chaque tronçon, en partant du débit de soufflage total jusqu'au débit de soufflage dans chaque bouches
- Pour l'ECS : dimensionner les débits dans chaque tronçon, en partant du débit d'ECS total (annexe 7) jusqu'au débit souhaité à chaque point de puisage
- Pour les émetteurs muraux : connaissant la puissance à fournir dans chaque pièce, utiliser la formule suivante :

$$P = Q_m \times C_p \times \Delta T$$

$$Q_m = \frac{P}{C_p \times \Delta T}$$

P en kW

Qm en m<sup>3</sup>/h

Cp=1.16 Wh

$\Delta T$ = T entrée – T sortie en K

- Pour les planchers chauffants : voir annexe10

### **Pertes de charges linéiques :**

$$l_{wr} = \frac{\lambda \times L \times u^2}{2 \times g \times D} \text{ (mCe)}$$

$\lambda$  = coefficient de perte de charge  
déterminé avec l'abaque de Colebrook (sans unité) (annexe 16)

L=longueur de la conduite (m)

u=vitesse du fluide (m/s)

D=diamètre de la conduite (m)

g=9.81 (m/s<sup>2</sup>)

### **Pertes de charges singulières :**

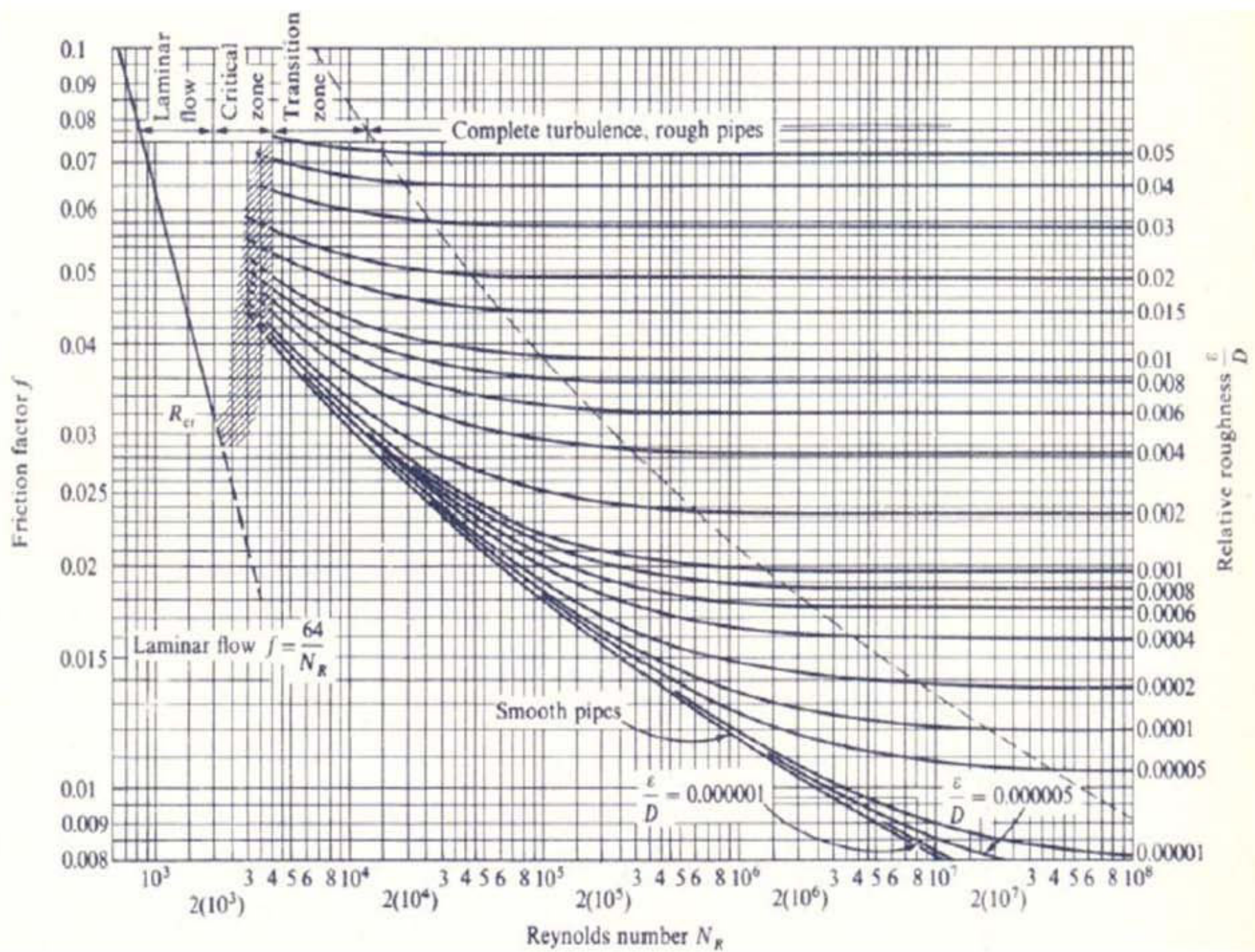
$$l_{ws} = \frac{K \times u^2}{2g} \text{ (mCe)}$$

K= coefficient de perte de charge singulière (dépend de type de singularité)

Ces coefficients sont calculés de manière empirique, on peut trouver leurs valeurs dans des tableaux de coefficient. Pour faciliter la saisie, nous avons déjà paramétré un certain nombre de singularité avec le coefficient associé. L'utilisateur n'a alors qu'à désigner le type et le nombre de singularité.

Etape de calcul :

- Renseigner les caractéristiques du fluide (viscosité selon la température et masse volumique)
- Renseigner la rugosité du matériau de tuyauterie
- Indiquer les longueurs de chaque tronçon,
- Répertorier les types de singularité sur chaque tronçon et indiquer leur nombre.
- Renseigner le débit souhaité
- Renseigner le diamètre souhaité de manière à ne pas dépasser les vitesses réglementaires données dans le DTU
- Renseigner le coefficient de perte de charge linéique
- Lire le résultat correspondant aux pertes de charges totales dans la conduite en mCe.



Annexe XVIII : Diagramme de Colbrook

# **RESUMÉ**

**Mots clés : Thermique, EHPAD, RT2012, STD, Th-BCE modélisation, simulation, dimensionnement, Alcyone, Pléiades.**

L'objectif d'une étude thermique est d'analyser l'interaction entre le bâtiment et son environnement en réalisant un diagnostic énergétique. Ce travail de conception pour une construction neuve ou d'optimisation dans le cadre d'une rénovation permet de visualiser les apports et les déperditions thermiques au sein du bâtiment. L'étude prend également en compte l'usage de ce dernier afin de réaliser des simulations plus réalistes. Après ce travail d'analyse, le rôle du Bureau d'Etudes Thermique est de proposer les solutions techniques à mettre en œuvre et de dimensionner les équipements à installer pour optimiser les performances thermiques en respectant les exigences de la réglementation en vigueur (RT2012).

Ce rapport reprend toutes les étapes de conception et de modélisation d'un établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD). Une série de simulations thermiques dynamiques aura pour but de quantifier les impacts de la conception architecturale afin de valider les objectifs de faible consommation. Un calcul réglementaire réalisé grâce au logiciel Pléiades + Comfie suivant la méthode Th-BCE viendra attester le juste dimensionnement des installations de chauffage, ventilation et production d'eau chaude sanitaire en corrélation avec le niveau performance de l'enveloppe du bâtiment.