

---

# Effici  nce thermique

Afin de faciliter la compréhension, une symbolique a été utilisée pour situer rapidement le sort des solutions proposées :

✓ : solution installée

■ : solution retenue mais pas encore installée

✗ : solution non-retenue

En **rouge**, les litres comptabilisés pour le récapitulatif final.

## 4.1 Schéma de principe

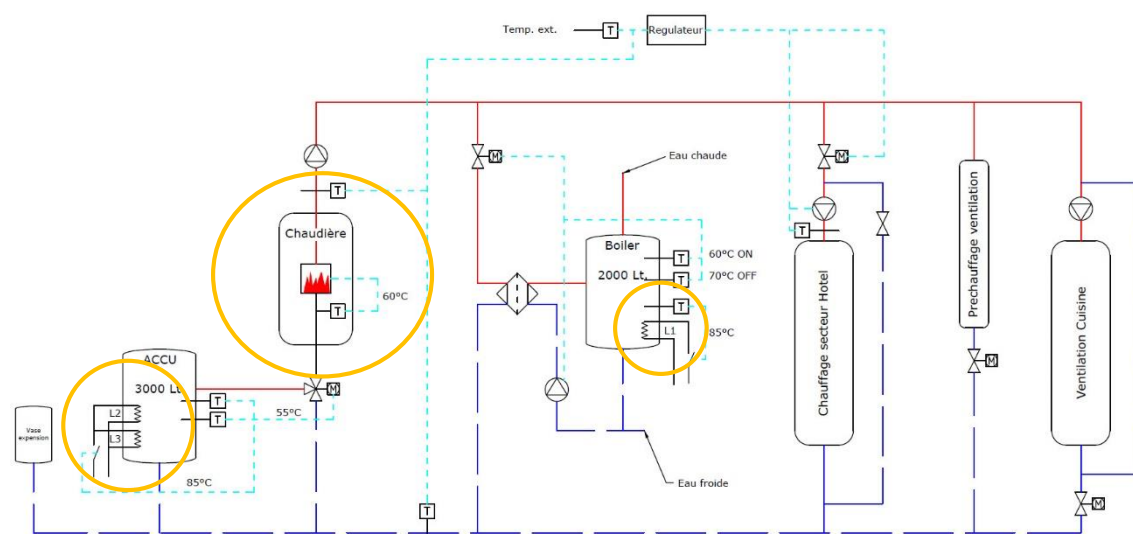


Figure 25: Schéma de principe du chauffage actuel <sup>5</sup>

Le système actuel de chauffage comporte une chaudière de 150 kW qui sera supprimée et remplacée par une plus petite dans la nouvelle centrale thermique (voir 4.8). Les résistances de chauffage qui dissipe l'énergie en surplus de la turbine seront aussi déplacée dans les trois nouveaux tampons d'eau de 2500 litres chacun. L'accumulateur et le boiler actuel de l'hôtel resteront en place et feront office de tampon supplémentaire.

---

<sup>5</sup> Schéma fourni par RD Carbon

## 4.2 Stockage d'énergie à l'intersaison

Comme expliqué dans les chapitres précédents, la turbine assure en été à la fois la production électrique et thermique de l'hôtel. En hiver, la production de la turbine doit être complétée par une génératrice et un chauffage à mazout. A l'intersaison été-hiver, l'hôtel n'est pas occupé, la production de la turbine dépasse la consommation en standby de l'hôtel. L'énergie en surplus est perdue. La première idée consiste donc à stocker cette énergie afin de pouvoir l'utiliser en saison d'hiver et de ce fait réduire la consommation de mazout.

Le graphique ci-dessous permet de se rendre compte du surplus de puissance disponible à l'intersaison

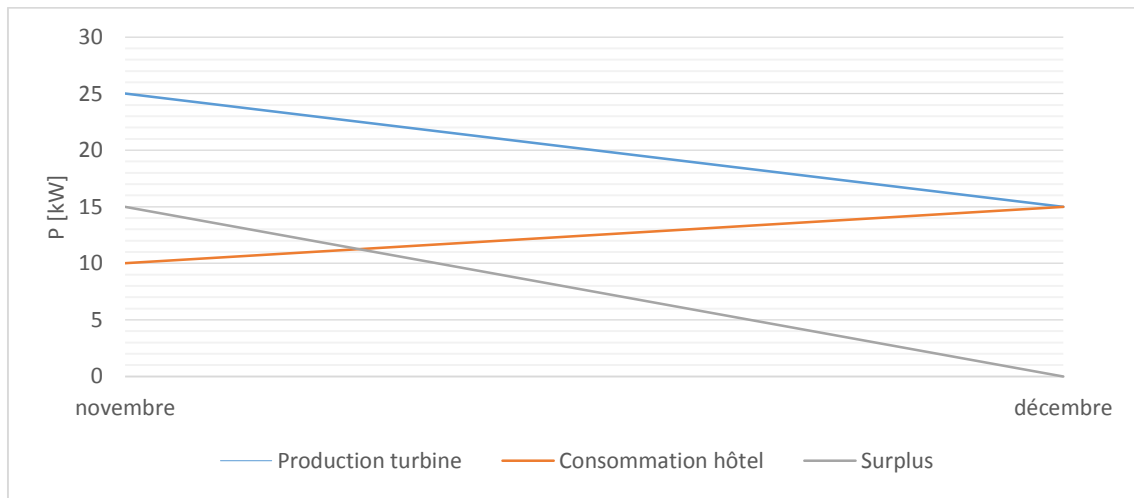


Figure 26: Production et consommation à l'intersaison

$$E_{intersaison} = P_{surplus\_moy} \cdot t = 7.5 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} \cdot 60 \text{ jours} = 10.8 \text{ MWh} \quad (26)$$

L'équation (26) donne donc l'énergie disponible à l'intersaison. Cela représente 1350 litres de mazout. Cela signifie que la solution de stockage doit représenter un investissement d'environ 7000 frs pour être rentabilisée sur 5 ans.

### 4.2.1 Stockage par batterie ✕

Imaginons un stockage par batterie au plomb de 225Ah sous 12V au prix d'environ 300 frs.

$$E_{batterie} = U \cdot Ah = 12 \text{ V} \cdot 225 \text{ Ah} = 2.7 \text{ kWh} \quad (27)$$

L'équation (27) exprime l'énergie contenue dans une batterie

$$n_{batterie} = \frac{E_{intersaison}}{E_{batterie}} = \frac{10.8 \text{ MWh}}{2.7 \text{ kWh}} = 4000 \text{ batteries} \quad (28)$$

$$\text{prix totale} = n_{batterie} \cdot 300 \text{ frs} = 1,2 \text{ millions frs}$$

On ne tient ici pas compte du problème de stockage des batteries ni de leur durée de vie. Le simple prix de cette solution fait qu'elle n'est pas envisageable.

#### 4.2.2 Stockage par eau chaude ✕

- **Principe**

Ce sous-chapitre cherche à montrer les volumes nécessaires pour stocker l'énergie de l'intersaison sous forme d'eau chaude. Les calculs ci-dessous se font sous l'hypothèse qu'il n'y a pas de pertes thermiques sur les ballons d'eau chaude.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \rightarrow m = \frac{Q_{intersaison}}{(c \cdot \Delta T)} \quad (29)$$

L'équation (29) nous donne la masse d'eau nécessaire en fonction de l'énergie d'intersaison et de la différence de température à laquelle l'eau sera chauffée.

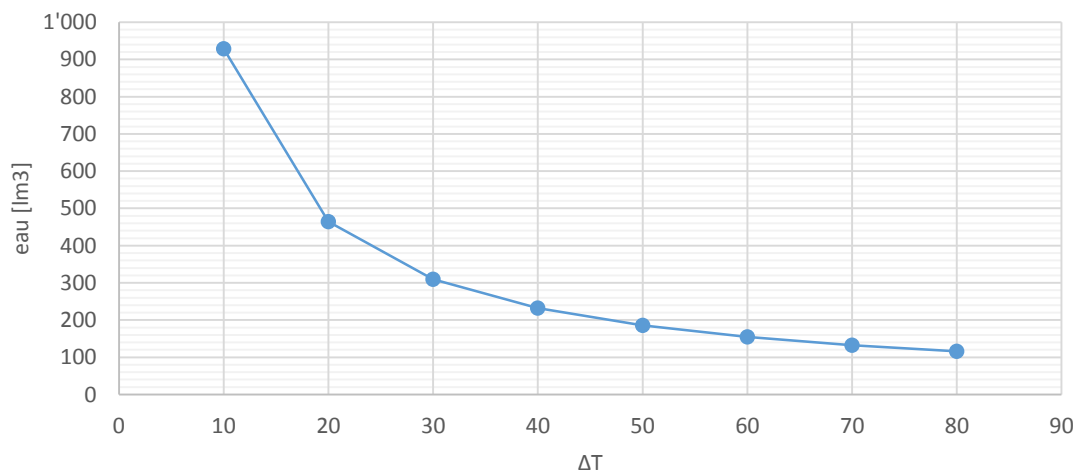


Figure 27: Litres d'eau nécessaires au stockage en fonction du  $\Delta T$

La Figure 27 permet de se rendre compte de la quantité de litres d'eau qu'il faudrait pour stocker toute l'énergie de l'intersaison. Prenons maintenant le cas d'une eau à 10°C que l'on chauffe à 70°C. La différence de température serait donc de 60°C et cela correspond à une cuve de 155 m³ d'eau.

- **Stockage total**

En considérant l'installation d'une telle cuve dans le sol possible et une récupération complète de l'énergie stockée (de 70°C à 10 °C), le gain en mazout de chauffage serait donc de 1350 litres.

En réalité, il faut soustraire à ces 1350 litres de mazout les pertes thermiques de la cuve. Il faut aussi être conscient que le chauffage de l'hôtel se fait par radiateurs muraux et la température de départ est de 60°C. Cela signifie que lorsque la température de la cuve sera inférieure à 60°C, l'utilisation d'une pompe à chaleur eau/eau serait nécessaire pour soustraire le reste de l'énergie à la cuve. Cette pompe à chaleur doit pour une question évidente d'efficacité utiliser l'énergie électrique de la turbine et non celle de la génératrice. Cela pose comme contrainte que la puissance électrique de la pompe à chaleur doit être inférieure ou égale à 5 kW.

Sans poser plus de calculs, on peut estimer que sur les 1350 litres de mazout théoriquement économisés, la portion réellement exploitable est au mieux de 3/4. L'installation d'une telle cuve représente dans tous les cas un coût conséquent. Une telle installation est difficilement rentable.

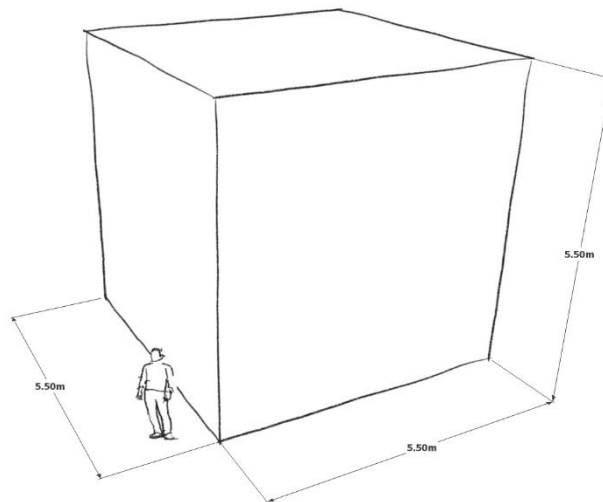


Figure 28: Aperçu du volume nécessaire au stockage d'eau chaude de 10°C à 70°C

- **Observations**

Le stockage par eau chaude ne semble pas être une solution adéquate pour l'hôtel Weisshorn. Le fait de devoir augmenter la différence de température pour réduire le volume de stockage engendre des pertes dans les ballons d'eau chaude. A l'inverse, une faible différence de température engendre des gros volumes de stockage et donc des travaux de terrassement et gros œuvres importants. De plus, l'installation d'une pompe à chaleur est nécessaire dans chacune des variantes.

### 4.2.3 Stockage par retenue d'eau ✕

Le barrage actuelle ne sert pas de retenue d'eau mais plutôt de décanteur et il permet aussi la mise en pression de la conduite forcée. Quelle serait les dimensions d'une retenue d'eau permettant le stockage intersaison ?

Les mesures sur la turbine (voir 3.5) ont révélé un débit d'environ 1 litres/s par kilowatt produit. Cette conversion pratique nous permet de connaître le volume de la retenue d'eau.

$$\begin{aligned}
 V_{barrage} &= P_{surplus\_moy} \cdot 1 \frac{\text{litre}}{\text{s} \cdot \text{kW}} \cdot 3600\text{s} \cdot 24\text{h} \cdot 60\text{j} = \\
 V_{barrage} &= 7.5\text{ kW} \cdot 0.001 \frac{\text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{kW}} \cdot 3600\text{s} \cdot 24\text{h} \cdot 60\text{j} = 38'880\text{ m}^3
 \end{aligned}
 \tag{30}$$

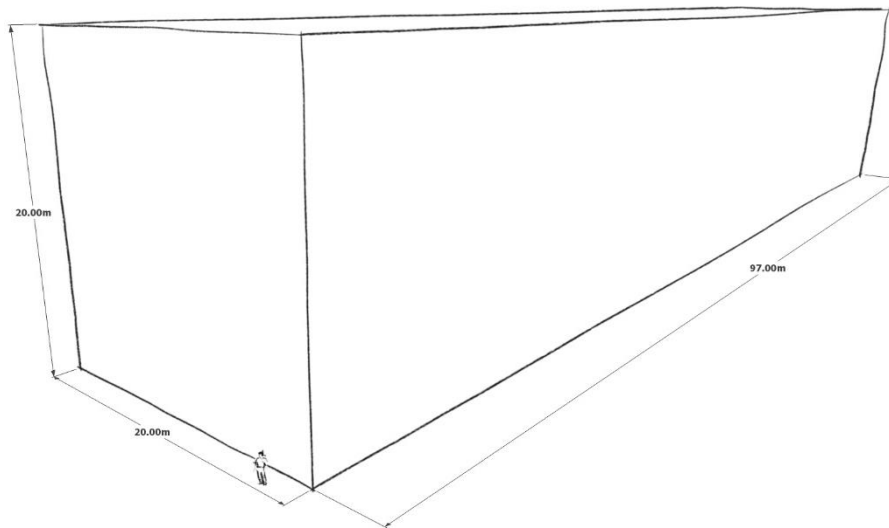


Figure 29: Aperçu de la retenue d'eau nécessaire

## 4.3 Pompe à chaleur

### 4.3.1 Principe ✕

Il a été montré dans le chapitre 4.2 que l'utilisation de pompe à chaleur eau/eau serait nécessaire pour récupérer l'énergie intersaison stockée en eau chaude.

Cette fois l'idée est d'utiliser une pompe à chaleur air/eau en prenant comme source froide l'atmosphère pour remplacer les corps de chauffe actuellement installés sur le boiler et le tampon d'eau chaude. En effet, les corps de chauffe ont un COP de 1 au maximum tandis que les pompes à chaleur moderne peuvent être 3 à 4 fois plus performante selon les conditions.

### 4.3.2 Conditions d'utilisation

Le coefficient de performance d'une pompe à chaleur air/eau est bon si la température extérieure n'est pas trop basse et si la température de départ du chauffage n'est pas trop haute. Dans le cas présent tout joue en défaveur de la performance car la température T1 de départ de chauffage est élevée (60°C) et la température extérieure est basse comme le montre la Figure 30 ci-dessous.

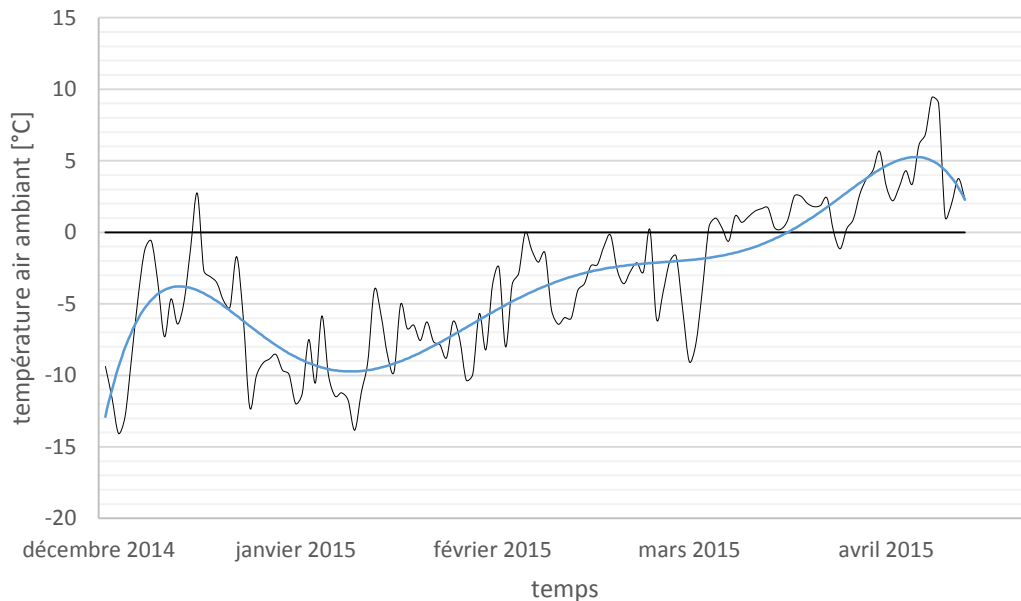


Figure 30: Evolution de la température extérieure au cours de l'hiver 2014-2015

### 4.3.3 Utilisation d'un échangeur sol/air ✕

Pour améliorer les conditions d'utilisation de la pompe à chaleur, il est possible d'utiliser un échangeur sol/air pour préchauffer l'air par la chaleur du sol. Cependant, l'utilisation d'un tel puit est rendue difficile par la présence de pergélisol à cette altitude. Ce sol reste très froid tout au long de l'année, l'air n'est alors pas réchauffé en le traversant. La carte ci-dessous confirme la présence de sol gelé en permanence au cours de l'année aux alentours de l'hôtel.

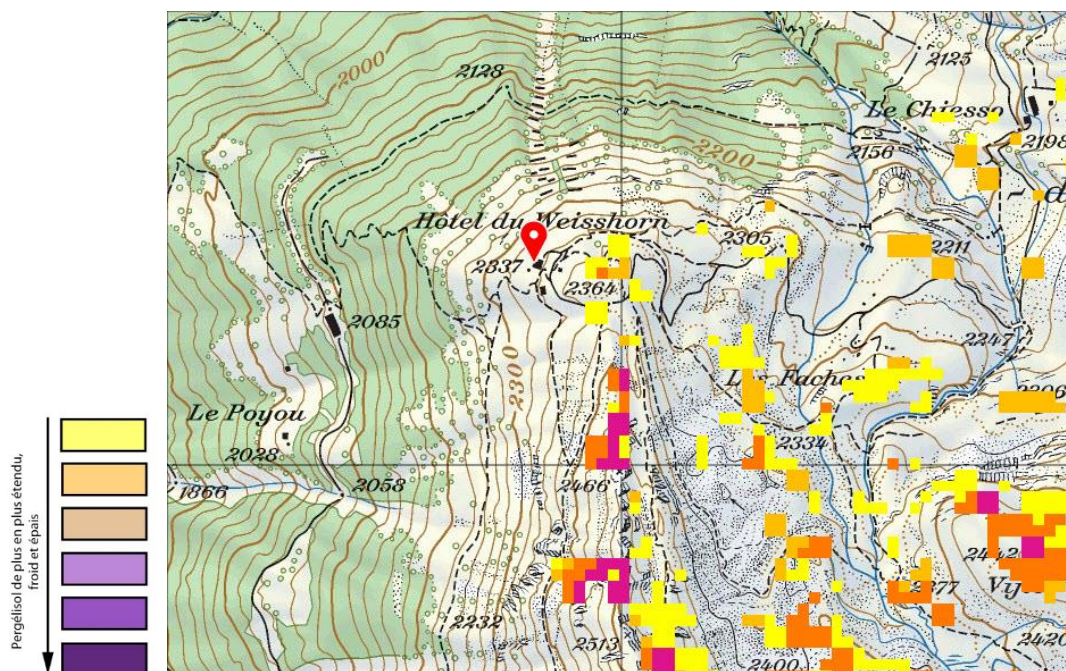


Figure 31: Carte de l'extension potentielle du pergélisol en Suisse <sup>6</sup>

### 4.3.4 Utilisation sur l'air extrait de la ventilation ✕

Se référer au chapitre 4.5.3 pour la proposition d'utilisation d'une PAC sur le conduit d'extraction de ventilation.

<sup>6</sup> Source : <http://www.bafu.admin.ch/naturgefahren/06140/06149/index.html?lang=fr>

## 4.4 Recuperación de calor de las aguas usadas

### 4.4.1 Principio ✕

El agua fría utilizada para el agua caliente sanitaria se precalienta con la ayuda de la canalización de aguas usadas por medio de un simple intercambiador de flujo contrario. El agua saliente del hotel es necesariamente un poco más caliente que a la entrada y puede ceder una parte de su calor al agua fría entrante en el boiler.

### 4.4.2 Riesgo

Modificar el funcionamiento de la STEP. En efecto, no se debe enfriar demasiado el agua saliente del hotel al riesgo de bloquear el funcionamiento químico de la STEP.



Figure 32: Exemple d'installation de "Power Pipe"

### 4.4.3 Estimation de gain en mazout

Le graphique suivant indique la consommation d'eau par personne et par jour.

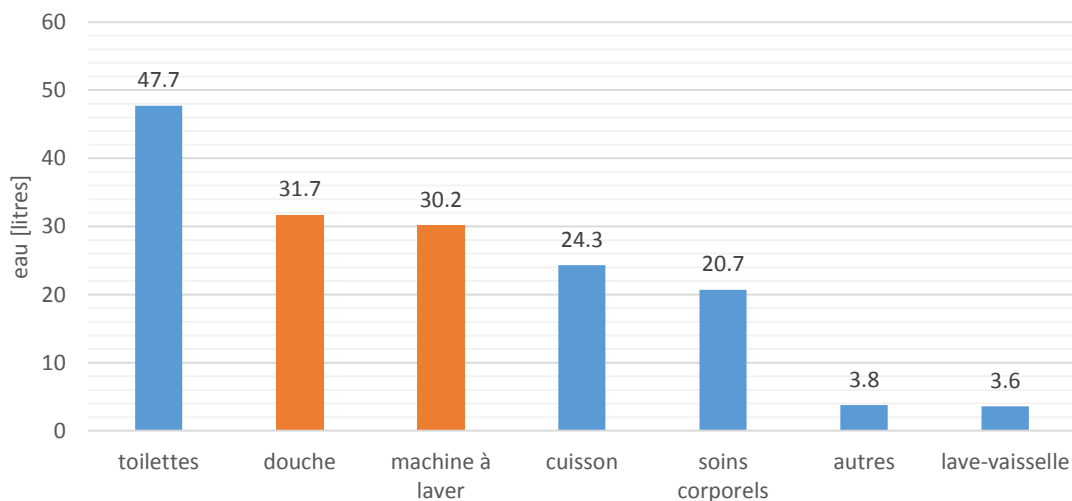


Figure 33: Consommation d'eau par personne et par jour, chiffres étude SSIGE 1997



Si l'on considère uniquement les eaux usées potentiellement chaudes en orange et un nombre moyen de 10 nuits par jour<sup>7</sup> sans compter le personnel. On considère une eau froide entrante de 5°C et une eau chaude sortante de 20°C. Le gain peut s'estimer de la manière suivante.

$$\begin{aligned}
 Q_{\text{saison}} &= \dot{m}_{\text{eau}} \cdot t \cdot n_{\text{nuitées}} \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta T = \\
 Q_{\text{saison}} &= 60 \frac{\text{litres}}{\text{jour}} \cdot 120 \text{ jours} \cdot 10 \text{ nuitées} \cdot 4187 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \cdot (20 - 5)^{\circ}\text{C} = \quad (31) \\
 Q_{\text{saison}} &= 4522 \text{ MJ} = 1256 \text{ kWh} = 157 \text{ lt mazout}
 \end{aligned}$$

## 4.5 Système de ventilation

### 4.5.1 Principe

Le système de ventilation de l'hôtel aspire de l'air de la cuisine et réinjecte de l'air neuf dans la salle à manger. L'aspiration est légèrement plus forte que la pulsion afin que les odeurs ne sortent pas de la cuisine. Un échangeur à plaque récupère une partie de la chaleur de l'air extrait pour chauffer l'air neuf entrant.

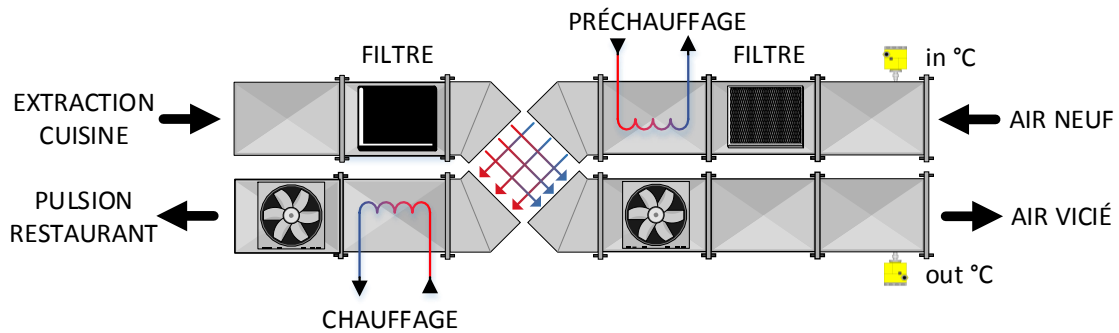


Figure 34: Schéma de principe de la ventilation

<sup>7</sup> Chiffre de l'hiver 2015 fourni par RD Carbon.

L'analyse des mesures sur le système de ventilation a révélé une importante dissipation de chaleur dans l'atmosphère.

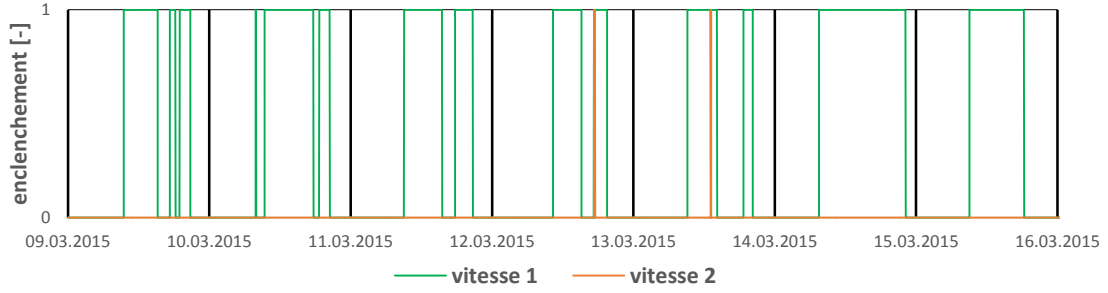


Figure 35: Enclenchement de la ventilation, semaine 11, 2015

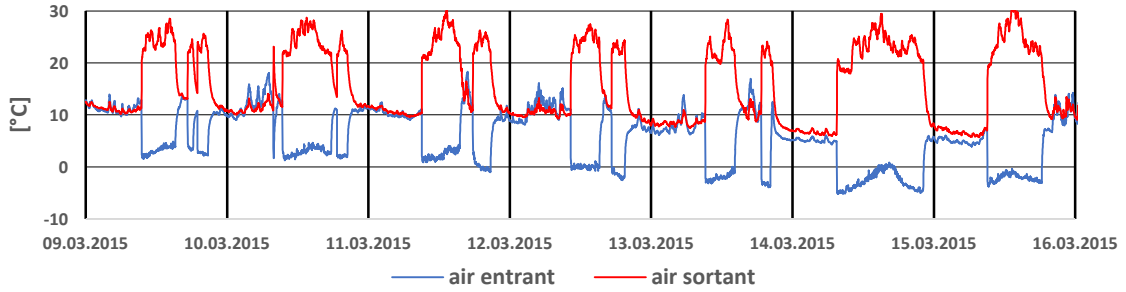


Figure 36: Mesure des températures des bouches entrantes et sortantes, semaine 11, 2015

Les Figure 35 et Figure 36 nous montrent les enclenchements de la ventilation de la cuisine ainsi que les températures d'air entrant et sortant. Lorsque la ventilation est arrêtée, un léger courant d'air circule entre l'hôtel et l'extérieur par les bouches d'aération et les sondes indiquent entre 0 et 10 °C. Seules les valeurs avec ventilation enclenchée sont utilisées pour les calculs.

$$P_{\text{déperdition}} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T = qv \cdot \rho_{\text{air}} \cdot c_{\text{air}} \cdot (T_{\text{sortant}} - T_{\text{entrant}})$$

$$P_{\text{déperdition}} = 13 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{saison}} = 13 \text{ kW} \cdot 1200 \text{ h} = 15'600 \text{ kWh} = 1900 \text{ l}_{\text{mazout}} \quad (32)$$

$$qv_{\text{vitesse1}} = 1500 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}, qv_{\text{vitesse2}} = 3000 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$\rho_{\text{air}} = 1.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, c_{\text{air}} = 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

En integrando estos valores sobre 2 semanas de mediciones, se encuentra una potencia de pérdida media de 13kW en periodo de funcionamiento. Esto corresponde a una pérdida en mazout de 1.6 litros por hora de funcionamiento. En 120 días, la ventilación ha funcionado 1200 horas. Sobre una temporada de invierno la pérdida es de **1900 litros de mazout**.

#### 4.5.2 Comprensión del sistema

Sobre la Figura 34, se percibe a la entrada del conducto de aire nuevo un precalentador. Una pregunta se plantea. ¿Por qué poner un precalentador antes del intercambiador cuando este último funcionaría mejor con una mayor diferencia de temperatura? La explicación viene del nivel de humedad del aire extraído en la cocina. Al estar enfriándose en el intercambiador, el aire caliente de la cocina condensa. Esta condensación puede congelar el intercambiador en contacto con las láminas del lado del aire frío que llega a los alrededores de -5°C. El precalentador permite al intercambiador que no se congele.

#### 4.5.3 Acciones resultantes

Después de discutir con la empresa que ha instalado el monobloque, el intercambiador actual presenta una eficacia notablemente inferior a los intercambiadores recientes (63% frente al 80% para un intercambiador rotatorio reciente). Sin embargo un mejor intercambiador provocaría la condensación del aire extraído a la salida. Otro aspecto que surge de la discusión es que la instalación ha sido dimensionada para una temperatura exterior de -25°C. En las últimas temporadas, las temperaturas exteriores no han alcanzado que raramente los -25°C. Ellas rondaban más bien los -5°C.

- **Utilisation de la vitesse 1 plutôt que 2 ✓**

Los nuevos gerentes han utilizado el sistema de ventilación sobre la velocidad 2 durante todo el invierno 2013/2014. Después de explicar las consecuencias y los costes generados, la velocidad 1 ha sido utilizada mayoritariamente durante el invierno 2014/2015 como lo muestra la Figura 35. Proporcionalmente a la ecuación (32), el gan en mazout es descrito abajo. Así que el gan en diesel si se considera que los motores de ventiladores han consumido dos veces menos que sobre la Figura 13

$$Q_{gain} = \Delta_{vitesse2 \rightarrow 1} = 15'600 kWh = 1900 l_{mazout}$$

$$E_{gain} = 3\% \cdot \frac{1500kWh}{7j \cdot 24h} \cdot 1200h = 321 kWh = 146 l_{diesel}$$
(33)

- **Régulation ■**

La idea es así en un primer tiempo de dejar el intercambiador actual en su lugar y de estudiar en detalle la parte de precalentamiento de la instalación, de instalar algunas mediciones suplementarias y de reemplazar la válvula que regula el caudal de agua caliente circulando en el intercambiador. Esto en el fin de reemplazar la regulación actual o nada y de empujar al máximo la recuperación de calor a la limite de la condensación. Si la regulación permite la recuperación de 5°C suplementaria, el gan para 1200 horas de funcionamiento sería de :

$$Q_{gain} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T \cdot t_{ON} = qv \cdot \rho_{air} \cdot c_{air} \cdot 5^{\circ}C \cdot 1200h \quad (34)$$

$$Q_{gain} = 2.7 \text{ kW} \cdot 1200h = 3240 \text{ kWh} = 405 \text{ } l_{mazout}$$

- **Utilisation des rejets de chaleur ✕**

Ensuite, l'installation d'une pompe à chaleur air/eau en aval de l'échangeur permettrait de récupérer le reste de la chaleur contenu dans l'air extrait pour préparer de l'eau chaude. La contrainte de gel des condensats disparaît car il n'y a plus de contact avec l'air frais entrant. Par contre, une évacuation des condensats est à prévoir. L'air rejeté est encore supérieur à 20°C. Dans le cas théorique, on pourrait refroidir cette air jusqu'à 0°C. En réalité, pour éviter les risques de gel, supposons que la PAC prenne 15°C sur l'air extrait. Le gain serait de :

$$Q_{gain} = \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T \cdot t_{ON} = qv \cdot \rho_{air} \cdot c_{air} \cdot 15^{\circ}C \cdot 1200h \quad (35)$$

$$Q_{gain} = 8.125 \text{ kW} \cdot 1200h = 9750 \text{ kWh} = 1219 \text{ } l_{mazout}$$

L'équation (35) fait apparaître la puissance thermique de la PAC : 8.1 kW. Cela correspond donc à une petite pompe à chaleur que serait capable d'alimenter la turbine.

Pour une PAC récente, le COP serait aux alentours de 3 pour un air extrait à 20°C. Le prix avoisinerait les 15'000.- et l'investissement serait donc rentabilisé en 12 ans. Cette solution est intéressante car elle permet de récupérer quasiment toute l'énergie perdue mais son prix reste malheureusement conséquent. Un exemple de pompe pour cette application est son prix est disponible en Annexe 2 .

- **Arrêt automatique ■**

La dernière idée est l'installation de temporisation sur la ventilation pour éviter les oublis de déclenchement de la ventilation lorsqu'elle n'est plus nécessaire. La commande se ferait par poussoir, l'impulsion démarre un cycle de 2h de ventilation par exemple. L'utilisateur peut en tout temps arrêter la ventilation par un autre poussoir. Si cette mesure permet d'arrêter la ventilation 1h par jour le gain sur le 15'600 kWh de pertes serait :

$$Q_{gain} = \frac{Q_{pertes}}{H_{saison}} \cdot H_{jour} \cdot 120j = \frac{15'600 \text{ kWh}}{1200 \text{ h}} \cdot 1h \cdot 120j = 1560 \text{ kWh} \quad (36)$$

$$Q_{gain} = 1560 \text{ kWh} = 195 \text{ } l_{mazout}$$

## 4.6 Panneaux solaires thermiques

### 4.6.1 Principe ✕

Une offre a été demandée à l'entreprise Sigmatic pour l'installation de panneaux solaires thermiques pour le chauffage en hiver. L'expert de l'entreprise est venu sur place pour observer la faisabilité d'un tel projet et a ensuite proposé l'installation de 37 m<sup>2</sup> de panneaux solaires thermiques de dernière génération couplés à 8000 litres de tampon d'eau. Cette solution permettrait d'économiser 9300 kWh par saison d'hiver, soit 1160 litres de mazout. Les détails de l'offre sont disponibles en Annexe 3.

Malheureusement, cette solution comporte plusieurs désavantages, la plus évidente est le prix avec une estimation à 40'000 frs. La suivante est la neige qui se dépose en hiver sur les panneaux solaires et nécessite une maintenance régulière. Finalement, l'été, les panneaux ne seraient pas utilisés car la turbine fournit de l'énergie en suffisance et il faudrait pour cela les recouvrir d'un rideau pour éviter la surchauffe.

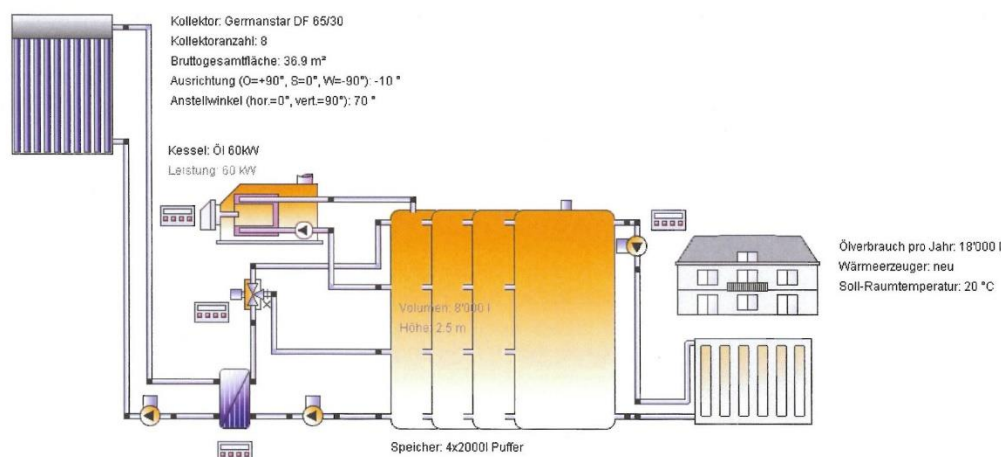


Figure 37: Schéma d'installation proposé par Sigmatic

Ceci oriente la réflexion vers une solution utilisable en hiver et sans maintenance particulière en été, c'est le cas de la solution développée dans le chapitre suivant.

## 4.7 Récupération de la chaleur de la génératrice

### 4.7.1 Principe

Comme indiqué dans les chapitres précédents, le rendement de la nouvelle génératrice est supérieur aux anciennes. Cependant, il ne plafonne qu'aux alentours de 20%. Cela signifie que 80% de l'énergie de chaque litre de diesel consommé est perdue. Pour contrer ce manque important d'efficience, l'idée est de récupérer la chaleur dégagée par les gaz d'échappement et le circuit de refroidissement de la génératrice et chauffer des ballons d'eau chaude pour le chauffage. Les données techniques de l'échangeur sont disponibles en Annexe 4 .

### 4.7.2 Gaz d'échappement ✕

Pour pouvoir échanger de la chaleur il faut une différence de température. Le circuit de chauffage a une température de départ de 60°C. Cela implique d'avoir des gaz d'échappement strictement plus chauds que 60°C.

Les données techniques de la machine indiquent une température des gaz d'échappement de 600°C pour un débit de 540 m<sup>3</sup>/h pour une puissance électrique d'environ 30 kW.

$$\begin{aligned} \dot{Q}_{disponible} &= \dot{m} \cdot c \cdot \Delta T = qv \cdot \rho_{gaz} \cdot c_{gaz} \cdot (T_{600^\circ C} - T_{60^\circ C}) = 105 \text{ kW} \\ qv_{gaz} &= 540 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \\ \rho_{gaz} &\cong \rho_{air} \cong 1.3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}, c_{gaz} \cong \rho_{air} \cong 1000 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \end{aligned} \quad (37)$$

Le constructeur de l'échangeur indique pour une génératrice de 32 kW une puissance de récupération de 23 kW sans indiquer la température de fonctionnement.

$$\eta_{échangeur} = \frac{P_{récupération}}{P_{disponible}} = \frac{23}{105} \text{ kW} = 21.9 \% \quad (38)$$

Ce rendement de 21,9% pour l'échangeur rend les données du constructeur plausibles. Le ratio de récupération par rapport à la puissance électrique est de :

$$ratio_{gain} = \frac{E_{récupérée}}{E_{électrique}} = \frac{23 \text{ kW}}{32 \text{ kW}} = 0.72 \quad (39)$$

En sabiendo que la generadora ha producido esta temporada 11'000 kWh, este sistema presenta el beneficio de :

$$\begin{aligned} Q_{\text{gain}} &= \text{ratio}_{\text{gain}} \cdot E_{\text{hiver}} = 0.72 \cdot 11 \text{ MWh} \\ Q_{\text{gain}} &= 7900 \text{ kWh} = 988 \text{ l}_{\text{mazout}} \end{aligned} \tag{40}$$

Después de discusión con la empresa WEGMAN Wärmetauscher, parece desaconsejarse instalar un intercambiador sobre el escape de una generadora, de tanto más en altitud. El ensuciamiento del aparato provocaría bajadas de rendimiento. La solución sobre el agua de refrigeración es por el contrario aconsejada.

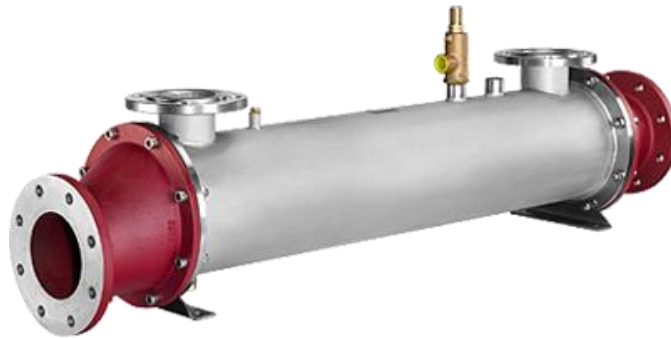


Figure 38: Ejemplo de intercambiador sobre gas de escape <sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> <http://www.ejbowman.co.uk/>

#### 4.7.3 Recuperación sobre agua de refrigeración ✓

La segunda alternativa es instalar un intercambiador de placas sobre el agua de refrigeración de la generadora. La empresa WEGMAN Wärmetauscher tiene experiencia en la instalación de este tipo de intercambiador, especialmente para el tipo de generadora en cuestión. Las especificaciones técnicas del intercambiador en curso de instalación están en el Anexo 5. Sin embargo, las temperaturas de agua de refrigeración de la generadora no son conocidas. Los datos proporcionados por el proveedor servirán para este cálculo. Para 10kW de potencia eléctrica, indica 10kW de recuperación. 1 kWh eléctrico corresponde por lo tanto a 1 kWh recuperado, el beneficio es:

$$Q_{\text{gain}} = \text{ratio} * E_{\text{hiver}} = 1 \cdot 11 \text{ MWh} = 1375 \text{ l}_{\text{mazout}} \quad (41)$$



Figure 39: Intercambiador de placas de 25 kW sobre agua de radiador



## 4.8 Centralisation des systèmes de chauffage

Le 11 juin 2014, la police du feu à rendu un rapport qui exigeait l'installation de 8 portes coupe-feu EI30, le déplacement de la chaudière 150 kW dans un nouveau local extérieur à l'hôtel et l'installation de système d'alarme Siemens dans toutes les chambres. Les frais pour ces changements étaient estimés de 180'000 à 250'000 frs. Sous cette pression, il a été décidé d'entreprendre les actions suivantes.

### 4.8.1 Installation de la centrale thermique ■

L'idée est de supprimer le chauffage de l'hôtel et de la dépendance et de déplacer toute la production thermique dans le local de la génératrice. L'eau chaude sera transportée dans des conduites enterrées et isolées vers la dépendance et vers l'hôtel.

### 4.8.2 Nouvelle chaudière

Une nouvelle chaudière à mazout plus récente et donc avec un meilleur rendement sera installée. Elle remplacera les deux actuelles. Il faut noter que sur recommandation de l'entreprise mandatée pour l'installation, la nouvelle chaudière ne sera pas à condensation. En effet, ils ne garantissent pas un bon fonctionnement à cette altitude, donc une chaudière standard sera installée.

### 4.8.3 Suppression de la consommation estivale

La possibilité d'utiliser la production de la turbine l'été pour la dépendance permet de supprimer définitivement la consommation de mazout estivale estimée à 1000 litres de mazout.

### 4.8.4 Proximité de la génératrice

L'exploitation directe de la récupération de la chaleur de la génératrice dans des ballons d'eau chaude est rendue possible. Ceci n'a pas d'impact direct sur le gain de litres mais par contre l'installation est de ce fait rendue plus facile.

**Remarque :** Les frais relatifs à cette modification seront inclus dans le budget établi dans ce travail de diplôme.

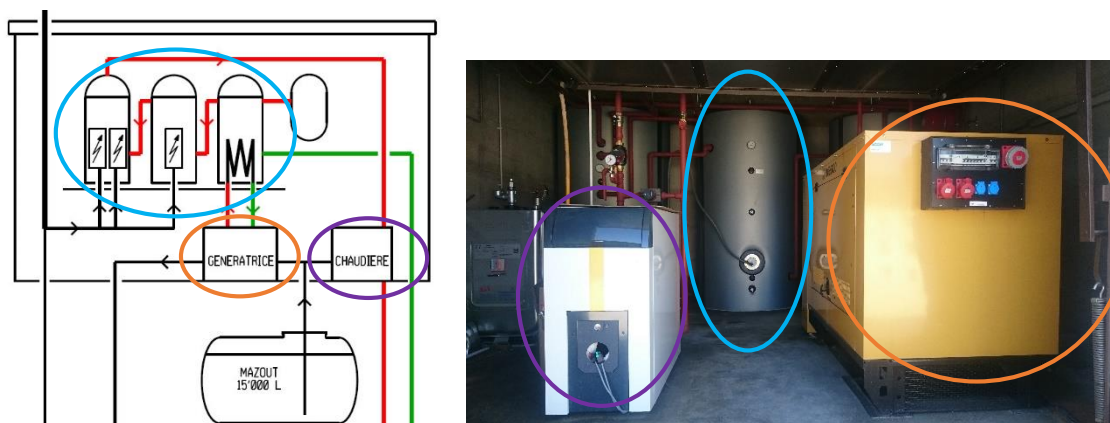


Figure 40: Nouvel aménagement du local de la centrale thermique

Dans l'hôtel et la dépendance, les chaudières à mazout ont disparues. Elles sont remplacées par le chauffage à distance qui chauffe des tampons d'eau. Ensuite un échangeur réchauffe le boiler qui est lui-même alimenté par le réseau d'eau potable.

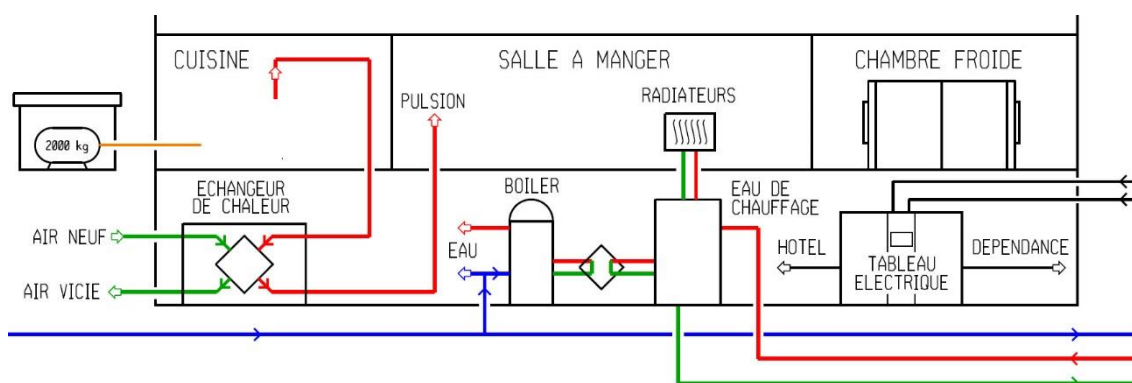


Figure 41: Suppression de la chaudière de l'hôtel

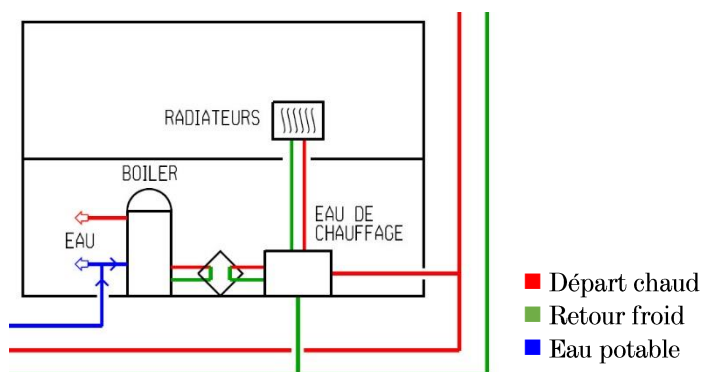


Figure 42: Suppression de la chaudière de la dépendance

## 5 Automation

L'automation en place est réalisée avec du matériel de la marque BECKHOFF. La suite de logiciels TwinCat permet de paramétrer, programmer et visualiser en temps réel de tels automates. Ce chapitre présente l'architecture de l'automation de l'hôtel Weisshorn.

### 5.1 Schémas de principe

#### 5.1.1 Réseau automation de l'hôtel

Le réseau est constitué d'un PC industriel qui fait office d'automate principal. Toute la logique est programmée sur cet ordinateur. Les entrées/sorties sont connectées via un réseau Ethernet à des interfaces déportés. Etant donné les grandes distances qui séparent chaque poste clé de l'installation. Un relais d'antennes assure la liaison jusqu'à la turbine en passant par le réservoir et le barrage. Il est important de relever que le réseau automation est connecté à internet via le *firewall*.

**Remarque :** La liaison trait-tillé de la Figure 44 n'est à ce jour pas encore câblé. L'interface déportée de la dépendance est reliée par un autre réseau qu'il n'est pas important de relever ici. Pour ce rapport, le schéma suivant fait foi.



Figure 43: Antennes du réservoir et du barrage, peu d'impact sur le paysage

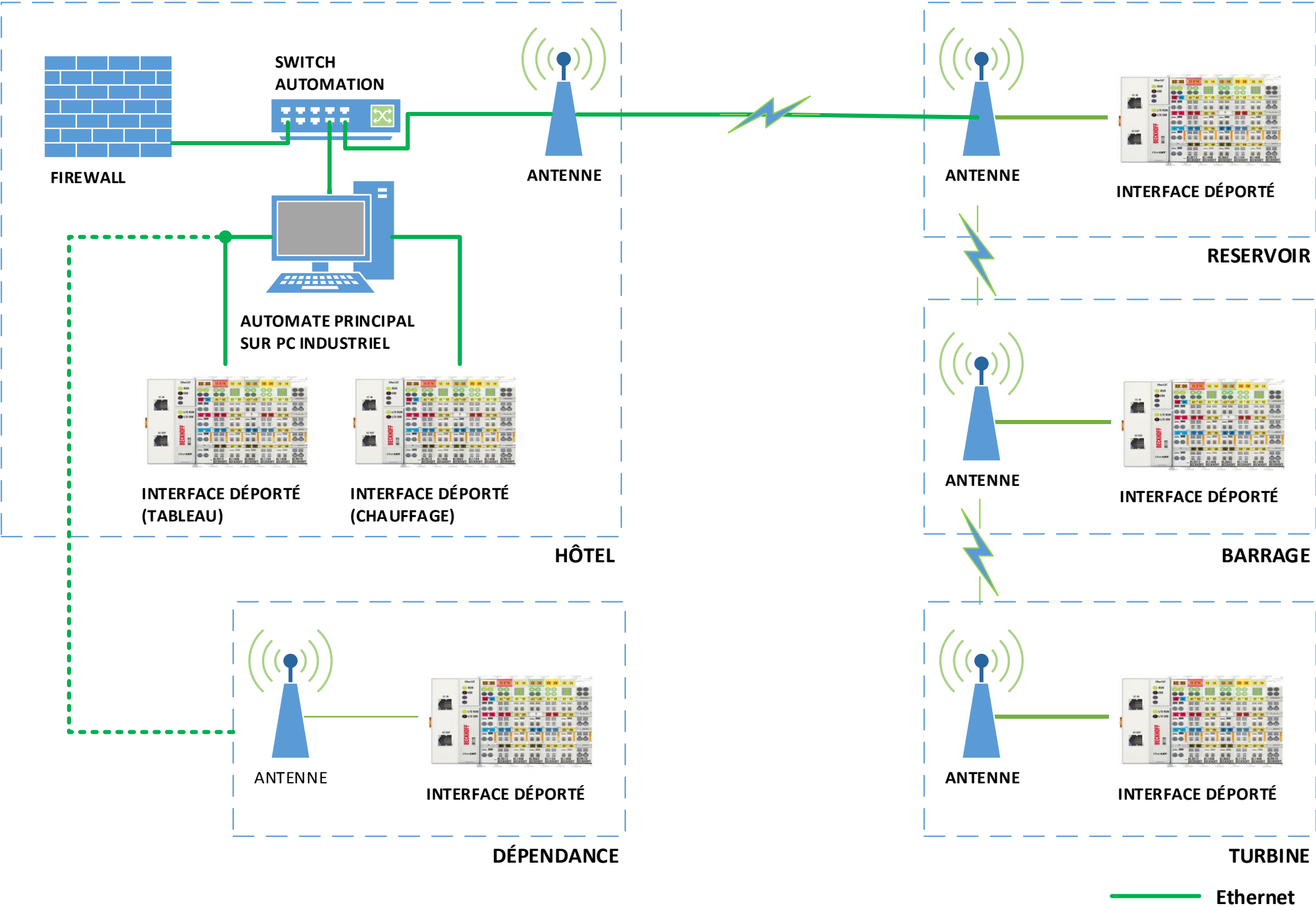


Figure 44: Schéma général de l'automation de l'hôtel

### 5.1.2 Connexion avec l'extérieur

Pour garantir une connexion ininterrompue avec l'extérieur, l'hôtel est depuis peu connecté à deux sources Internet. La première, en place depuis longtemps est la liaison *ADSL* sur le câble téléphone Swisscom. Sur cette dernière la bande passante est mauvaise. La seconde a été installée récemment, il s'agit d'une liaison sans-fil réalisée à l'aide de deux antennes dirigées longue portée avec un débit maximal de 300 Mbps. L'antenne placée à Venthône dans une maison privée est connectée à un réseau fibre optique. Le *gateway* du Weisshorn est désormais en *fail-over*. La liaison sans-fil a la priorité sur la liaison téléphone. Les deux *gateways* permettent le routage du réseau automation<sup>9</sup> de l'hôtel avec un sous-réseau de RD Carbon. Finalement, grâce à l'installation d'un client VPN sur n'importe quel ordinateur distant partout dans le monde, il est possible de se connecter sur le réseau de l'hôtel à l'aide d'un identifiant et d'un mot de passe.



Figure 45: Antenne de l'hôtel et situation géographique, distance mesurée: 13.2 km

---

<sup>9</sup> Voir chapitre 5.1.1

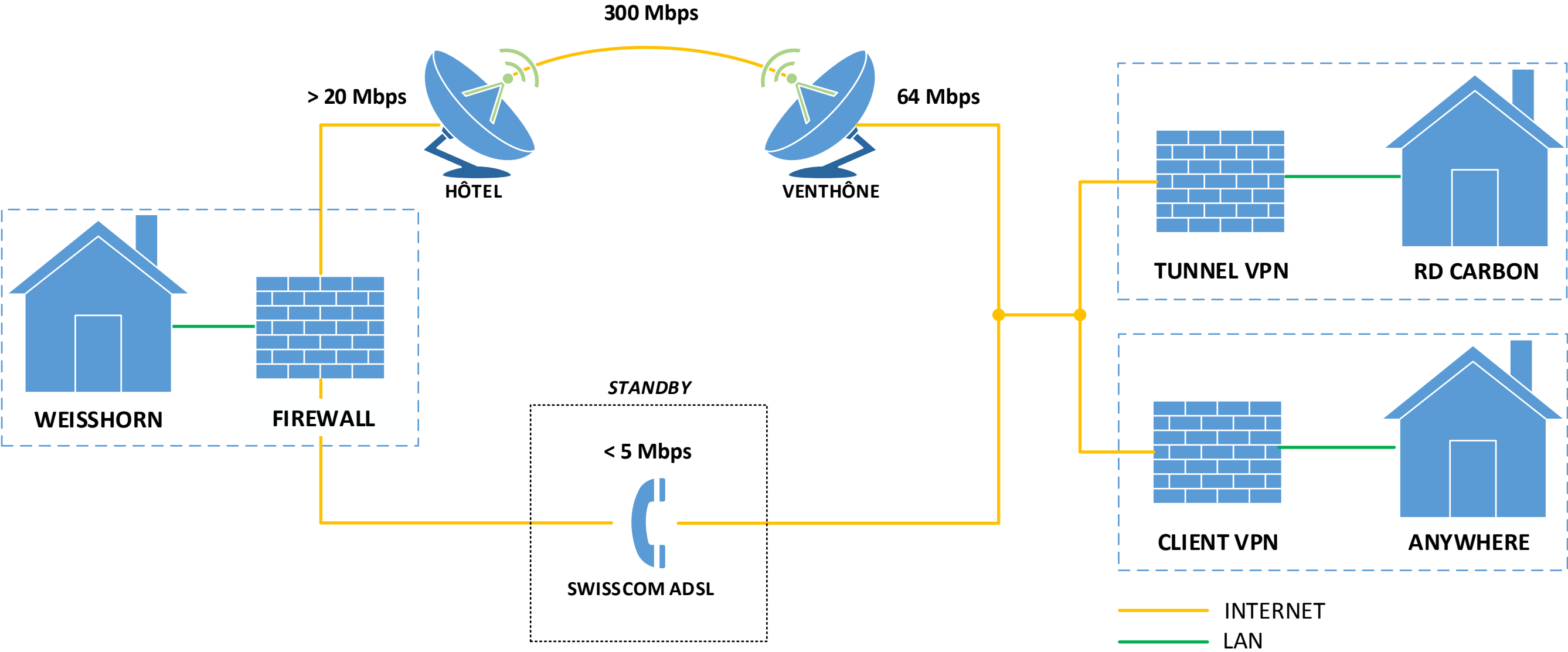


Figure 46: Schéma de principe des connexions avec l'extérieur

## 5.2 Etalonnage

Avant d'employer le réseau existant, quelques mesures ont été faites pour garantir l'exactitude des données mesurées.

### 5.2.1 Vérification des mesures de puissances

- *Description*

L'établissement des courbes caractéristiques de la turbine du chapitre 3.5 a permis dans un même temps de vérifier l'exactitude des mesures des bornes BECKHOFF KL3403. Pour cela, il a fallu synchroniser l'horloge du PEL103 avec celle de l'automate avant d'effectuer les mesures sur la turbine.

- *Résultats des mesures*

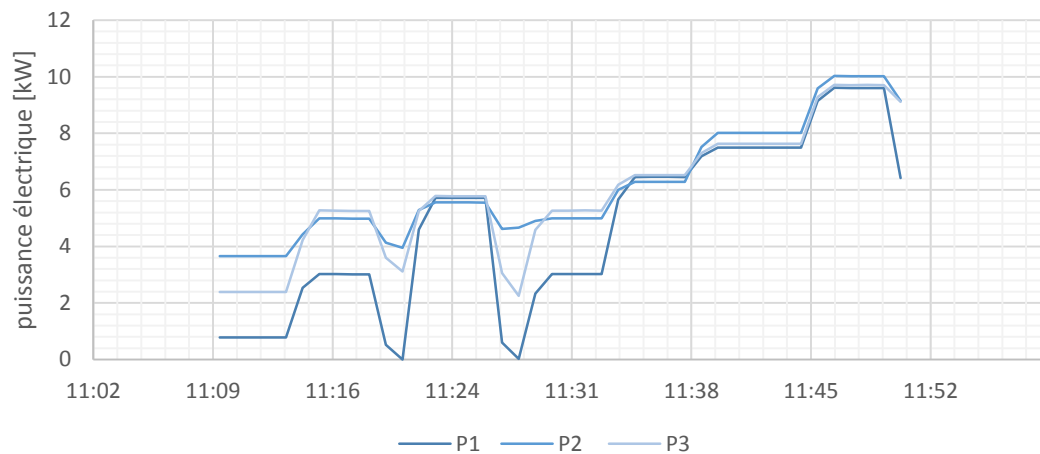


Figure 47: Puissance électrique, mesure PEL103

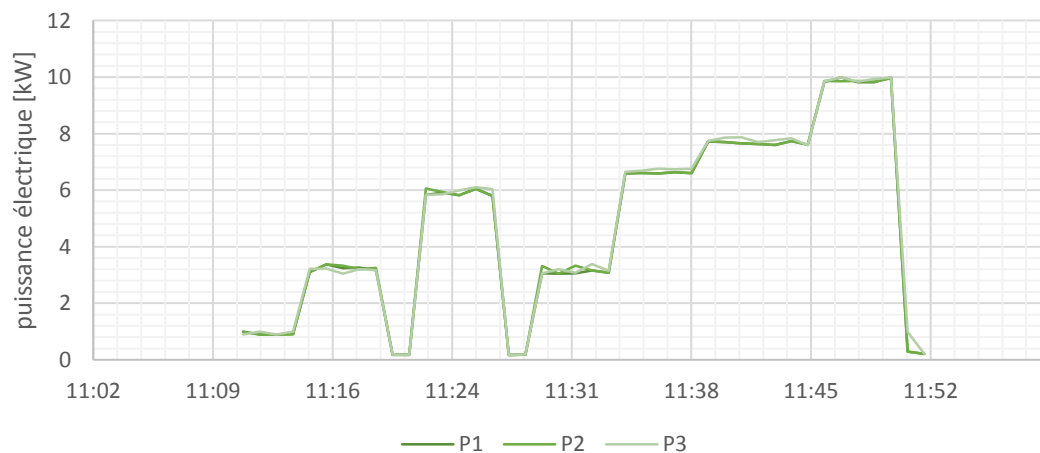


Figure 48: Puissance électrique, mesures bornes BECKHOFF KL3403



La Figure 48 montre les valeurs de puissances enregistrées par l'automate. On remarque une étonnante symétrie entre les trois phases, cette même symétrie n'était pas présente sur les mesures du PEL103 de la Figure 48.

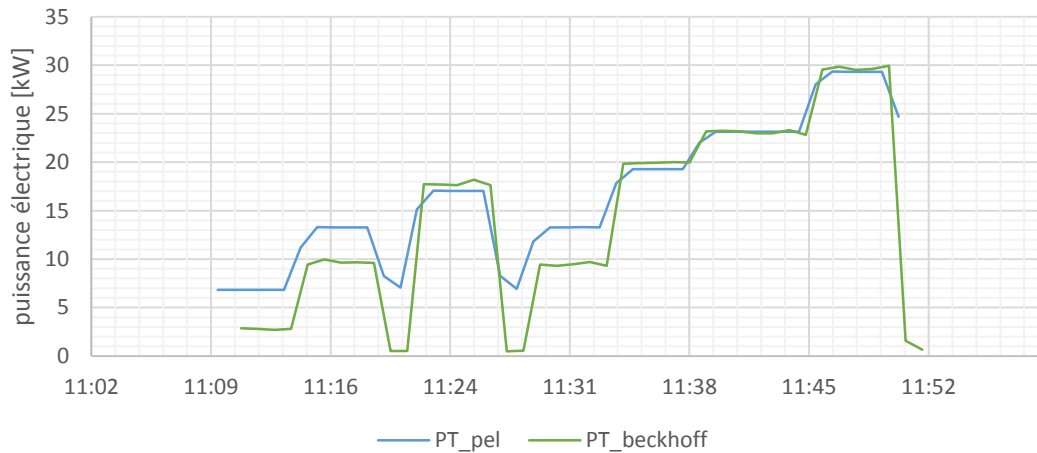


Figure 49: Puissance électrique totale, comparaison PEL103 et bornes BECKHOFF

- **Problème**

La Figure 49 compare la puissance totale enregistrée par les deux types d'appareils. Le soupçon d'erreur de la figure précédente se confirme. Lors de puissance asymétrique, l'écart est flagrant. Par contre, lorsque la charge est symétrique, les mesures concordent.

- **Solution**

Le câblage, la programmation et la configuration de la carte de mesure de puissance BECKHOFF de type KL3404 ont été analysés. Une erreur de configuration a été décelée sur cette borne. Elle avait pour conséquence de fournir la puissance de la première phase pour chacune des phases. Cette erreur a été corrigée. Les autres mesures de puissances de l'installation n'étaient pas concernées.

- **Répercussion**

La répercussion sur les données enregistrées avant la correction est minime. En effet, les régulateurs des corps de chauffe placés dans le tampon et le boiler de l'hôtel permettent à l'hôtel de consommer une puissance quasi symétrique. Des différences transitoires ont pu apparaître à basse puissance lorsque les trois électroniques de gestion des corps de chauffe mettent un peu de temps à trouver un régime stable et favorise l'une ou l'autre résistance.