



# Citron®

Services en **efficacité  
énergétique** des Bâtiments

25 Avril 2023



Rapport Audit énergétique  
Décret Tertiaire  
Sophia Antipolis

*Inria*

# Certificat de Qualification

n° 32429 - 7

**Organisme qualifié :**

**GADS**

**Adresse :**

**16 rue Edouard Nieuport  
92150 - SURESNES  
FRANCE**

Forme juridique :

Société par actions simplifiée (SAS)

Nom du responsable légal du  
qualifié :

M. Maxime PERTHU (Président)

Compagnie d'assurance auprès  
de laquelle le qualifié est assuré :

SwissLife

**Le LNE atteste que l'organisme qualifié, désigné ci-dessus,  
satisfait à l'ensemble des critères définis dans  
le référentiel LNE de qualification  
des prestataires d'audits énergétiques**

**Domaines de la (ou des) qualification(s) attribuée(s) :**

Transport  
Procédés Industriels  
Bâtiments

**Lieu de rattachement des référents techniques :  
16 rue Edouard Nieuport - 92150 SURESNES**

Date d'effet : 21 octobre 2021

Date d'échéance du certificat : 22 octobre 2022

Durée de validité de la qualification : 4 ans (jusqu'au 22/10/2023)

(sous réserve des contrôles annuels effectués par l'Organisme de qualification)



Renouvelle le certificat 32429-6



Pour le Directeur Général

Responsable du Pôle Certification Environnement, Sécurité et  
Performance

# 00 . SOMMAIRE

Audit Energétique Décret Tertiaire - INRIA Sophia

## 1. CONTEXTE DE LA MISSION (P.4)

## 2. SYNTHÈSE IMMOBILIÈRE ET ENERGETIQUE (P.7)

## 3. VOLET ANALYSE ENERGETIQUE DU SITE (P.12)

- 3.1. Informations sur le site
- 3.2. Répartitions des consommations énergétiques
- 3.3. Evolution de la consommation
- 3.4. Analyse des puissances souscrites et de la facture d'électricité
- 3.5. Inventaire technique du site
- 3.6. Avis sur les équipements
- 3.7. Avis sur le contrat de maintenance
- 3.8. Réglementation F-GAS

## 4. VOLET THERMIQUE DU SITE (P.27)

- 4.1. Simulation Thermique Dynamique
- 4.2. Hypothèses et Scénarios
- 4.3. Composition des parois opaques et vitrées
- 4.4. Répartition des déperditions thermiques
- 4.5. Analyse du confort
- 4.6. Besoin thermique par zone
- 4.7. Synthèse thermique par zone
- 4.8. Action de performance thermique

## 5. VOLET ELECTRIQUE (P.46)

- 5.1. Extrapolation annuelle
- 5.2. Potentiel d'économies par usages
- 5.3. Analyse des courbes de charges
- 5.4. Actions de performance énergétique
- 5.5. Plan d'action global
- 5.6. Scénario total
- 5.7. Scénarios Décret Tertiaire

## 6. ANNEXES (P.68)

- 6.1. Méthodologique d'extrapolation des mesures
- 6.2. Méthodologique de recueil des informations et documents
- 6.3. Courbes de charges des mesures
- 6.4. Glossaires Décret Tertiaire et Technique

# CONTEXTE

---



L'INRIA a mandaté l'entreprise Citron® afin d'approfondir la **stratégie d'efficacité énergétique de ses activités** et répondre à l'obligation de mettre en œuvre des actions d'améliorations énergétiques.

L'INRIA cherche à atteindre les objectifs de gains énergétiques réglementaires conformément au **Décret Tertiaire** du 23 juillet 2019, à l'Arrêté dit « Méthode » du 10 Avril 2020, et à l'Arrêté dit « Valeur Absolues I », relatifs aux obligations d'actions de réduction des consommations d'énergie finale dans les collèges et bâtiments départementaux à usage tertiaire.

Une **première phase** permet de :

- Définir le périmètre du Décret Tertiaire en fonction de l'activité de Recherche
- Définir les années de références par site et commune à tous les sites
- Réaliser les déclarations OPERAT

La **seconde phase** permet de :

- Consolider des études énergétiques précédentes via les audits et les simulations thermiques
- Etudier de manière approfondie les systèmes CVC
- Identifier des actions d'économies d'énergies afin de cibler un plan d'action de travaux dans le cadre du Décret Tertiaire

La **troisième phase** permet de :

- Consolider la stratégie Décret Tertiaire grâce aux études
- Élaboration d'un schéma directeur énergie et plan budgétaire travaux
- Renseignement OPERAT

Ce livrable concerne la phase 2 sur le consolidations des audits énergétiques déjà réalisés afin de proposer un plan d'action énergétique dans le cadre du Décret Tertiaire. Ce rapport représente l'audit énergétique complet du site de Sophia-Antipolis dont aucun audit énergétique n'avait été réalisé auparavant.

# CONTEXTE

---



La mission confié par l'INRIA à Citron® sur l'aspect technique du projet se décompose en **plusieurs étapes** :

- Une **étude énergétique complète** et conforme aux arrêtés du Décret Tertiaire pour le site de Sophia ;
- Un **état des lieux** des organes techniques : maintenance et exploitation ;
- Une identification de l'ensemble des **actions d'amélioration** de la performance énergétique du patrimoine
- Des **programmes d'actions** échelonnés via des budgets annuels et cohérents avec les objectifs du Maître d'Ouvrage permettant d'atteindre les objectifs ;
- Toutes les notes techniques justifiant la **modulation des objectifs**.

Citron® et Sage Energie utiliseront les résultats de leurs nouvelles visites pour approfondir l'inventaire technique en incluant un bilan réglementaire des installations et les spécificités du Décret Tertiaire telles que la répartition des équipements et des activités sur le site. Ces visites mettront aussi en évidence de nouvelles actions à intégrer au plan d'actions existant et les consommations à surveiller afin de suivre les dérives, les gains de la mise en place d'actions ou encore de dissocier ces postes des objectifs à atteindre.

# CONTEXTE



L'entreprise INRIA a mandaté l'entreprise Citron afin de réaliser un audit énergétique de ses bâtiments dans le cadre du Décret Tertiaire.

Le présent rapport d'audit suit la norme NF EN 16247 et suit le domaine d'application des bâtiments. Il concerne l'étude des consommations énergétiques des bâtiments situés 2004 Route des Lucioles 06902 Valbonne. L'ensemble du patrimoine INRIA sera audité par Citron au cours de l'été 2022, sur toute la France. Les calculs relatifs aux objectifs décret tertiaire sont basés sur la réglementation en vigueur au 31 Août 2021.

Les factures d'électricité servant de référence à l'audit et pour le calcul de l'année de référence ont été récupérées via la plateforme Citron® Energie, les données récupérées sur site et les données fournies par les distributeurs d'énergies.

Ce rapport est délivré par Citron le 18/10/2022. Il repose sur une campagne de mesures des consommations énergétiques du site. La campagne de mesures a été réalisée aux dates suivantes :

Site	Installation	Désinstallation	Visite Technique
Sophia Antipolis	27/07/2022	04/08/2022	05/08/2022

L'ingénieur spécialisé en efficacité énergétique des bâtiments en charge du projet, Antony Nonis a ainsi pu en dégager les points forts et les points à améliorer. Cet auditeur est rattaché au référent Vincent Constant.

L'ingénieur en charge de l'audit s'est également rendu sur site afin de récolter l'ensemble des informations sur les équipements des sites. En effet, tous les types de matériels concernés par les usages relevés ont été répertoriés en parcourant le site et permettront ainsi d'avoir une vision claire de la puissance développée au sein des sites.

## INRIA

Nom : Catherine Fourot-Stamm

Tel : 06 77 63 07 79

E-mail : [catherine.fourot-stamm@inria.fr](mailto:catherine.fourot-stamm@inria.fr)

## SAGE ENERGIE

Nom : Alexandre Mazeline

Fonction : Ingénieur Energie

Tél : 06 87 14 33 23

E-mail : [amazeline@sage-energie.fr](mailto:amazeline@sage-energie.fr)

## Citron®

Nom : Antony Nonis

Fonction : Ingénieur Conseil Energie

Tél : 06 62 67 74 71

E-mail : [a.nonis@citron.io](mailto:a.nonis@citron.io)

## Citron®

Nom : Benoit Morin

Fonction : Energy Manager

Tél : 06 35 28 76 75

E-mail : [b.morin@citron.io](mailto:b.morin@citron.io)

## 1.2. Synthèse énergétique



### QUESTIONS SOULEVÉES

- Quelle est la performance globale du Centre INRIA Sophia
- Quelles sont les informations clefs ?

Les bâtiments du site de l'INRIA Sophia possèdent des **caractéristiques thermiques** variées suivant leurs années de construction et des **équipements de production de chauffage et climatisation performants et récents**.

La **production de chaleur et de climatisation confort** du site est assurée par deux pompes à chaleur CARRIER. Ainsi que une pompe à chaleur pour le bâtiment BYRON et une autre pour KAHN.

**Deux chaudières** situées à GALOIS et FERMAT se mettent en fonctionnement lorsque la température extérieure est inférieure à 5°C, ce qui engendre une **consommation de gaz négligeable**.

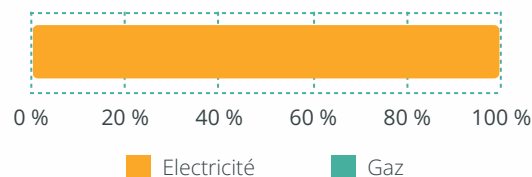
La **distribution réversible** dans les bureaux de l'ensemble du site est réalisée via des **ventilo-convecteurs** muraux reliés à la **sous-station** des deux PAC.

### 1.2.1 INFORMATIONS SUR LE SITE

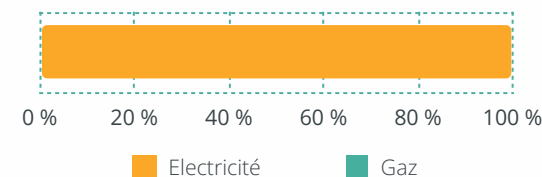
#### Volumes annuels de consommations énergétiques

Janvier - Décembre 2021

**2 421 423 kWh<sub>EF</sub>**



**291 462 €<sub>TTC</sub>**



**Nota :** Concernant le décret tertiaire, il est stipulé à l'article 16 (mesures particulières) de l'arrêté du 24 novembre 2020 que " *en raison du contexte sanitaire rencontré au cours de l'année 2020, les données de consommations énergétiques de l'année 2020 ne peuvent être considérées comme représentatives.*" aussi, nous avons privilégié de réaliser l'étude des consommations sur l'année 2021.



#### ADRESSE

Le site est situé au 2004 Route des lucioles, 06902 Valbonne



#### SURFACE PLANCHER DU SITE

16 916 m<sup>2</sup>



#### ACTIVITÉ

Bureaux de recherche ouverts du lundi au vendredi de 7h à 20h et le week-end de 11h à 17h.



#### BÂTIMENT

Les bâtiments ont été construits entre 1983, 1990 (FERMAT), 1998 (BYRON, GALOIS) et 2002 (BYRON, KAHN)



#### OCCUPATION TOTAL DU SITE

Effectif de 2021 : 542



#### RÉGLEMENTATION

Le bâtiment est assujéti au **Décret tertiaire**

# Synthèse Décret Tertiaire



## CARACTÉRISTIQUES DU SITE :

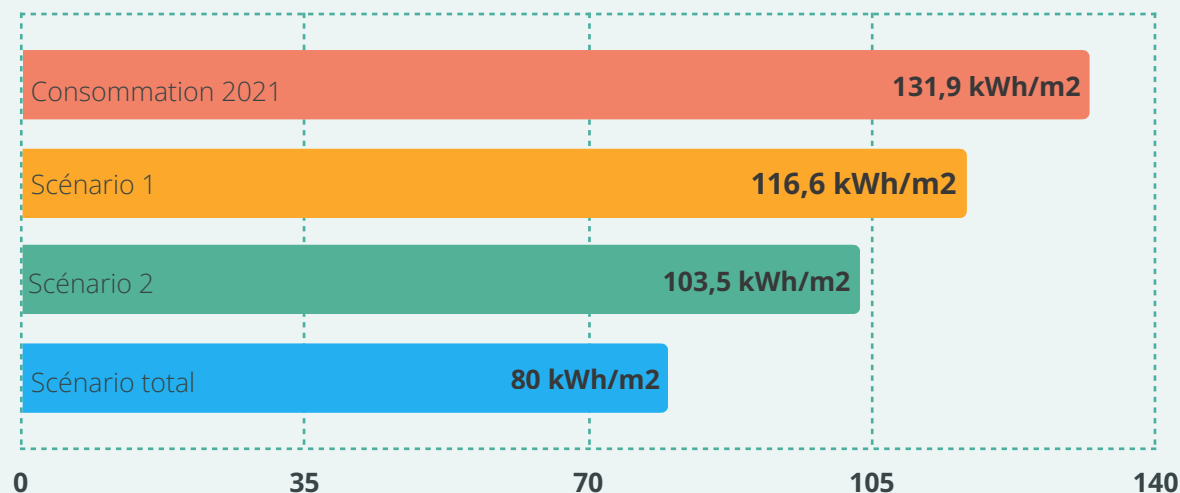
**Site situé : 2004 Route des lucioles, 06902 Valbonne**

- Impact environnemental en 2021 : **122,3 tCO<sub>2</sub>**
- Surface de plancher : **16 916 m<sup>2</sup>**
- Date de construction : **1983, 1990, 1998 et 2002**
- Horaires de présence  
Lundi au vendredi : **7h à 20h**  
Week-end : **11h à 17h**
- Occupant : **INRIA**

**Cabs** = Objectif en Valeur Absolue déterminé selon le type d'activité, la zone climatique et l'altitude du site

**Crelat** = Objectif en Valeur Relative déterminé à partir d'un pourcentage de la consommation de référence (40% en 2030 / 50% en 2040 / 60% en 2050)

## SCÉNARIO AUDIT ÉNERGÉTIQUE



## DÉTERMINATION DE L'ANNÉE DE RÉFÉRENCE

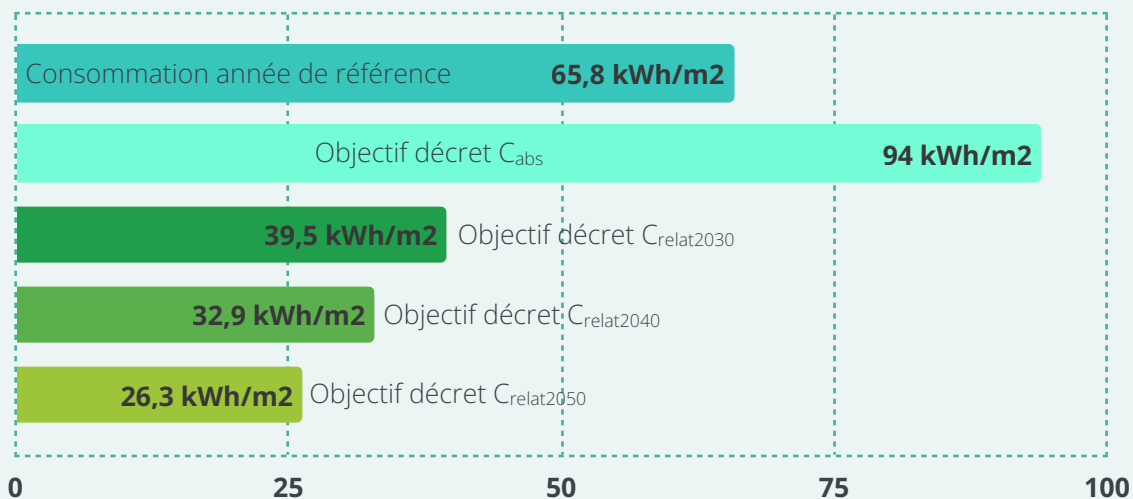
Année de référence  $C_{réf}$  calculée : **2016**

Consommation de référence brute : **2 661 234 kWh**

Consommation de référence Tertiaire ajustée aux DJU : **558 189 kWh**

Surface Tertiaire : **8 478 m<sup>2</sup>** surface de plancher assujetti

## MARCHE RESTANTE DÉCRET TERTIAIRE





## 1.2.2 ASSUJETTISSEMENT AU DECRET TERTIAIRE

Bâtiment	Compteur décret tertiaire	Surface de plancher bâtiment	Surface SUN bureaux Tertiaire	Typologie d'activité
AMPERE	Compteur mutualisé AMPERE-EULER-RESTAURANT	597 m <sup>2</sup>	25 m <sup>2</sup>	Recherche
BOREL	Oui	2 269 m <sup>2</sup>	128 m <sup>2</sup>	Recherche
BYRON	Oui	1 903 m <sup>2</sup>	50 m <sup>2</sup>	Recherche
CAUCHY	Oui	1 704 m <sup>2</sup>	371 m <sup>2</sup>	Tertiaire
DESCARTES	Oui	517 m <sup>2</sup>	185 m <sup>2</sup>	Tertiaire
EULER	Compteur mutualisé AMPERE-EULER-RESTAURANT	970 m <sup>2</sup>	181 m <sup>2</sup>	Tertiaire
FERMAT	Oui	2 094 m <sup>2</sup>	389 m <sup>2</sup>	Tertiaire
GALOIS	Oui	1 602 m <sup>2</sup>	15 m <sup>2</sup>	Recherche
KAHN	Oui	2 066 m <sup>2</sup>	0 m <sup>2</sup>	Recherche
LAGRANGE	Oui	2 176 m <sup>2</sup>	222 m <sup>2</sup>	Tertiaire
RESTAURANT	Compteur mutualisé AMPERE-EULER-RESTAURANT et compteur spécifique Cuisine	952 m <sup>2</sup>	952 m <sup>2</sup>	Tertiaire
POSTE DE GARDE	Oui	65 m <sup>2</sup>	65 m <sup>2</sup>	Tertiaire
TOTAL		16 850 m <sup>2</sup>	2 518 m <sup>2</sup>	ASSUJETTI

Les bâtiments considérés comme Tertiaire sur le site de l'INRIA Sophia-Antipolis sont les suivants : CAUCHY, DESCARTES, EULER, FERMAT, LAGRANGE, RESTAURANT et le POSTE DE GARDE. **L'étude Décret Tertiaire** concernera seulement ces bâtiments dans le cadre du **calcul d'année de référence, d'objectif C<sub>abs</sub> et C<sub>relat</sub> et des actions d'économies d'énergie du Décret Tertiaire**. De plus, une **estimation surfacique au tantième** se fera sur la production de chaud et froid confort principale. En effet, cette **production est centralisée** pour tout le site hormis BYRON et KAHN.

## RÉCAPITULATIF DES ACTIONS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIES

Désignation	Origine de l'action	Usage	Type d'énergie	Gains annuels				Budget (€) TTC	TRI Hors CEE	CEE (€)	TRI Brut
				Energie (kWh)	Euros (€)	% conso totale	Impact carbone				
TRI entre 1 an et 4 ans											
Action I. Mise en place d'un système de free-chilling sur les groupes froids data-centers	Citron	Production de froid	Electricité	126 918 kWh	17 239 €	5,2 %	10,6 tCO2	72 000 €	4 ans et 2 mois	7 614 €	3 ans et 8 mois
TRI supérieur à 4 ans											
Action J. Confinement des allées froides des data-centers	Citron	Production de froid	Electricité	106 598 kWh	11 642 €	4,4 %	7,0 tCO2	60 000 €	5 ans et 2 mois	2 700 €	4 ans et 11 mois
Action H. installation d'un kit adiabatique sur les groupes froids Trane CAUCHY	Citron	Production de froid	Electricité	47 629 kWh	5 156 €	2,0 %	3,1 tCO2	28 800 €	5 ans et 7 mois	0 €	5 ans et 7 mois
Action E. Relamping LED sur l'ensemble du site	Citron	Eclairage	Electricité	101 188 kWh	10 153€ + 19 541€ de gain en maintenance	4,2 %	7,0 tCO2	232 734 €	7 ans et 10 mois	3 532 €	7 ans et 9 mois
Action K. Remplacement des 22 extracteurs et mise en place d'une horloge	SAGE	Ventilation	Electricité	22 484 kWh	2 707 €	1,0 %	0 tCO2	24 200 €	9 ans	0 €	9 ans
Action G. Installation de panneaux Photovoltaïque en autoconsommation	Citron	Tous usages	Electricité	381 610 kWh	43 912 €	16,4 %	23,2 tCO2	578 930 €	13 ans et 2 mois	0	13 ans et 2 mois
Action N. Intégration du bâtiment BYRON à la boucle d'eau	SAGE	Production réversible	Electricité	35 992 kWh	12 958 €	2,0 %	2,3 tCO2	200 000 €	15 ans et 5 mois	0 €	15 ans et 5 mois
Action N. Intégration du bâtiment KAHN à la boucle d'eau	SAGE	Production réversible	Electricité	23 994 kWh	8 638 €	2,0 %	1,5 tCO2	200 000 €	23 ans et 2 mois	0 €	15 ans et 5 mois
Action M. Remplacement de la CTA EULER	SAGE	CTA	Electricité	9 598 kWh	1 156 €	0,0 %	0,61 tCO2	50 000 €	43 ans et 2 mois	0 €	43 ans et 2 mois
Action C. Isolation thermique par l'extérieur des parois verticales des bâtiments anciens	STD	Production réversible	Electricité	33 882 kWh	3 892 €	1,4 %	2,3 tCO2	332 560 €	85 ans	15963 €	81 ans
Action B. Mise en place de films solaires sur les fenêtres de l'ensemble du site	STD	Production réversible	Electricité	16 792 kWh	1 834 €	0,7 %	1,1 tCO2	215 101 €	117 ans	0 €	117 ans

A noter que la combinaison des actions impactant le même usage ne peut s'obtenir en sommant les actions individuellement

# **Volet**

# **Analyse énergétique**

# **du site**

## 3.1. État des lieux énergétique

### CARACTÉRISTIQUES DU SITE :

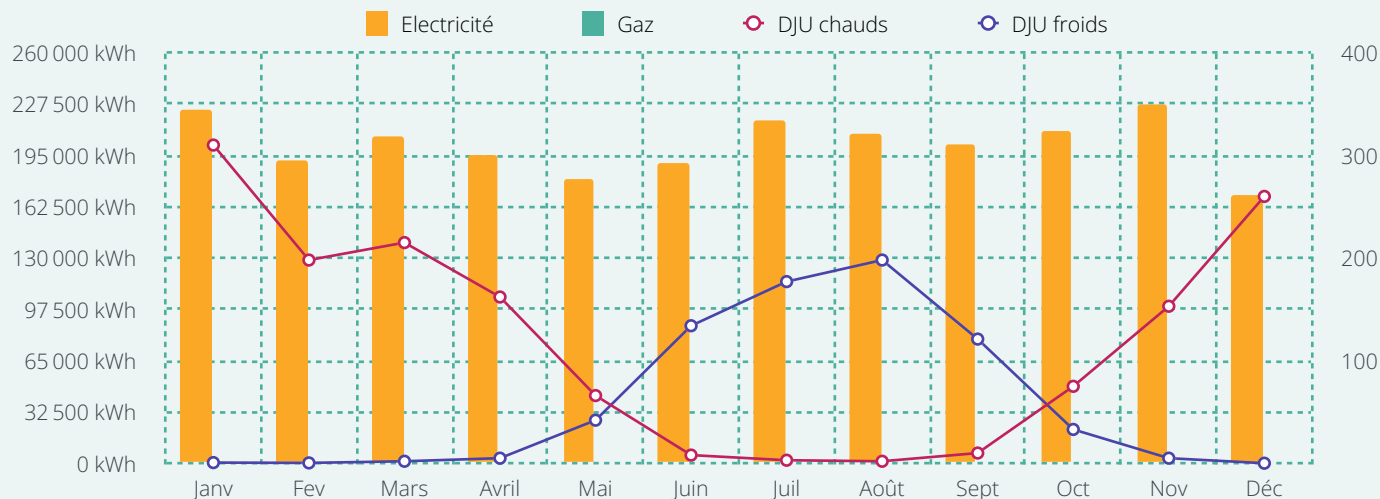
Site situé : 2004 Route des Lucioles, 06902 Valbonne

- Impact environnemental en 2021 : **122,3 tCO<sub>2</sub>**
- Surface de plancher : **16 916 m<sup>2</sup>**



### 3.1.1 ANALYSE DE FACTURES

PÉRIODE D'ÉTUDE 2021



- Il existe un point de livraison électrique principal pour le site chez le fournisseur ENGIE en Tarif HTA à 5 plages temporelles à point fixe, Segment C2 en Longue utilisation. La puissance souscrite est de 546 kVA.
- Un second point de livraison électrique dessert la bâtiment GALOIS chez le fournisseur EDF en tarif BT>36, segment C4 avec une puissance souscrite à 65 kVA. Actuellement, le contrat passe en C5 BT<36.
- Un point de livraison Gaz existe sur le site desservant les chaudières de FERMAT et GALOIS. La consommation est très négligeable (136 kWh annuel en 2021). En 2024, le contrat a prévu d'être résilier.
- Les factures énergétiques varient en fonction des paramètres climatique et de l'occupation du site.

**2 421 423**  
kWh

**291 462**  
€ TTC

**143,1**  
kWh/m<sup>2</sup>/an

## AVIS SUR LA DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE

Le point de livraison électrique principal dessert le TGBT 1 et TGBT 2. De nombreux sous-compteurs électriques et calorifiques sont en place et télé-relevés via la GTB.

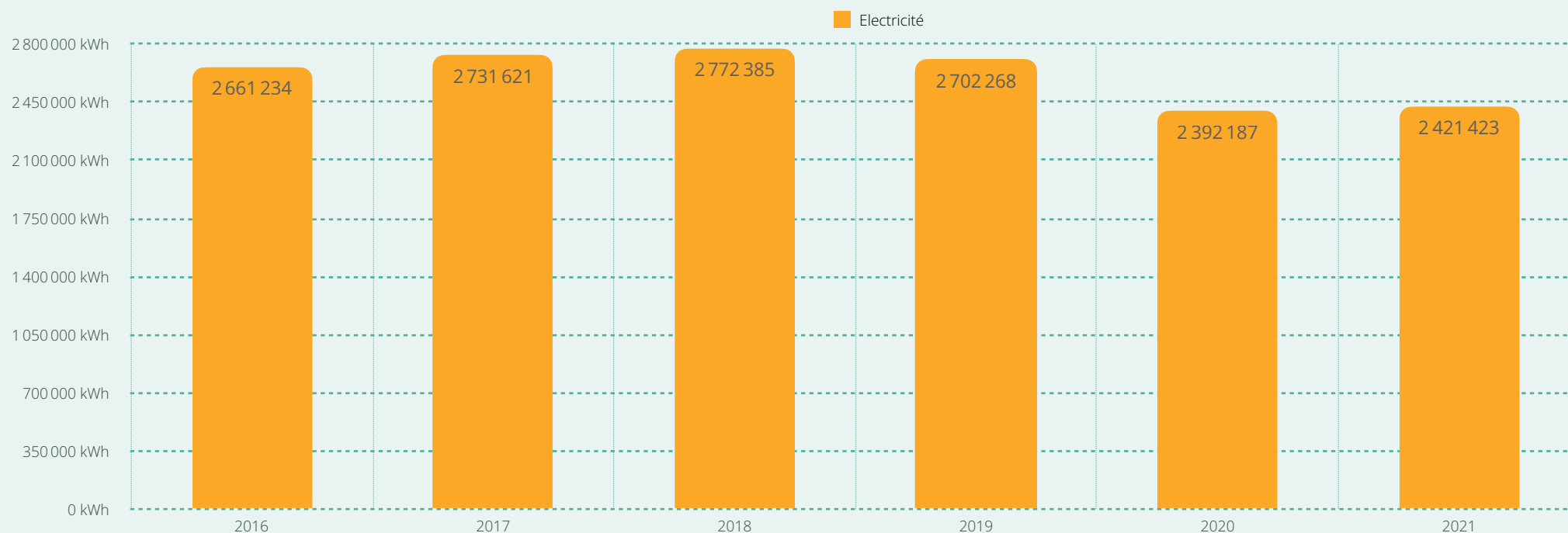
Les 10 bâtiments du site de Sophia possèdent un sous-comptage électrique, puis la distribution est répartie par une ou plusieurs armoires par niveau.

De plus, des compteurs ont été placés sur les départs des locaux onduleurs, du data-center, du réseau ondulé et de la production de froid pour ces locaux de chaque bâtiment. Cela permet de distinguer les consommations liées au réseau ondulé, salles serveurs des chercheurs ainsi que la production de froid liés à ces locaux.

La production de chaud et de froid confort principale du site via les 2 PAC est sous-comptée. Idem pour les PAC des bâtiments BYRON et KAHN (depuis Juillet 2021). Cependant, les pompes de distributions principales de la boucle d'eau du site ne sont pas sous-comptées.

Enfin chaque distribution électrique général de chaque bâtiment est sous-comptée. Le sous-comptage actuel permet de distinguer les consommations de typologie administrative (Tertiaire) et de recherche. Cependant, la production principale de chaleur et de climatisation via les pompes à chaleur des bâtiments uniquement Tertiaire ne peut pas être distinguée. Une estimation aux tantièmes des surfaces des bâtiments tertiaire seront appliquées.

## EVOLUTION DES CONSOMMATIONS BRUTE DE 2016 À 2021



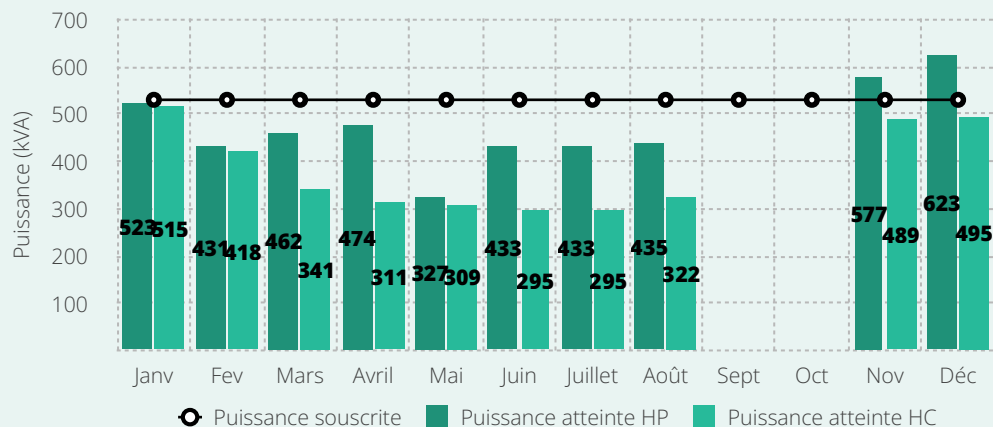
### OBSERVATIONS

Les consommations électriques annuelles de 2016 à 2021 montrent une constance des consommations entre 2016 et 2019. En 2016, les 2 pompes à chaleur principales du site ont été changées par les groupes CARRIER récents actuels.

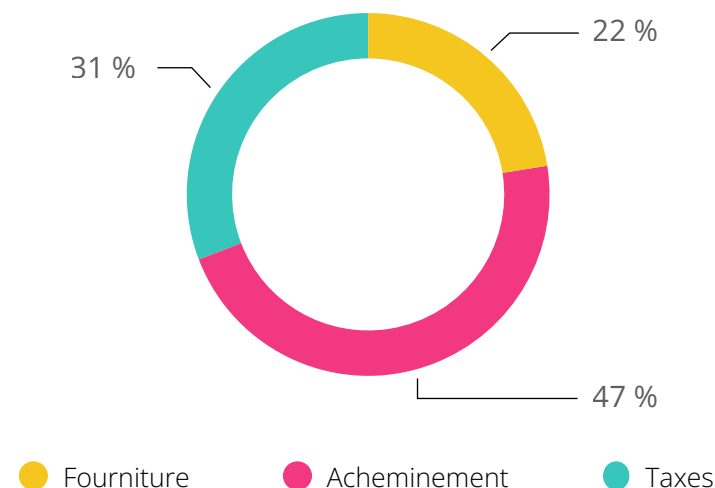
L'année 2020 est une année particulière avec le contexte sanitaire Covid-19, ce qui a impliqué une baisse des consommations avec les confinements et la baisse des effectifs sur le site. L'année 2021 a légèrement augmenté mais l'effectif restait assez réduit. De plus, en fin 2020, les bâtiments KAHN et BYRON ont été équipés en luminaires de technologie LED.

## COMPARAISON DES PUISSANCES ATTEINTES ET SOUSCRITES

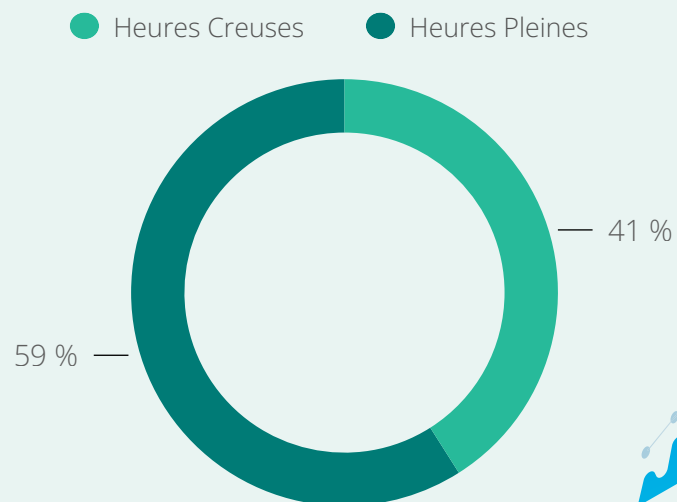
PDL N° 30002590546779



## RÉPARTITION DES COÛTS SUR LA FACTURE



## RÉPARTITION HEURES PLEINES - HEURES CREUSES



## CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DES FACTURES

L'analyse des puissances atteintes sur la période de Janvier 2021 à Décembre 2021 a permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- L'analyse des puissances atteintes montre que le contrat d'électricité est bien dimensionné par rapport au besoin. Certaines factures d'électricité sont manquantes comme celles de Septembre et Octobre.
- **41 % des consommations** ont lieu en heures creuses, qui sont des périodes d'inoccupation.
- Cette consommation électrique en heures creuses correspond principalement à l'activité des serveurs, onduleurs et la climatisations de ces zones.

### 3.1.3 INVENTAIRE TECHNIQUE - CVC

Équipement	Utilité	Nom bre	Locaux desservis	Marque	Modèle	Puissance	Etat	Performance	Année
Split Chambres Froides	Réfrigération alimentaire	3	Cuisine	FRIGA-BOHN	MRE 270	-	Bon	Moyen	-
Compresseurs Chambres froides	Réfrigération alimentaire	4	Cuisine	-	-	-	Bon	Moyen	-
Split	Climatisation	1	Cuisine	Fujitsu	-	-	Bon	Bonne	-
Unité extérieur	Climatisation	1	Cuisine	Fujitsu	-	3,4 kW	Moyen	Moyenne	-
Unité extérieur	Climatisation	4	EULER	Toshiba	-	2,5 kW	Mauvais	Mauvaise	-
Unité extérieur	Climatisation	2	DESCARTES	Fujitsu	-	3,5 kW	Moyen	Moyenne	-
Unité extérieur	Climatisation	1	GALOIS	Daikin	RXS50L2V1B	-	Bon	Bonne	2019
Unité extérieur	Climatisation	2	Local serveur FERMAT	Hitachi	RAC35WEC	1,6 kW	Moyen	Moyenne	-
PAC	Production réversible	1	BYRON	Aermec	NRC0650H	134 kW froid	Moyen	Moyenne	2006
Unité extérieur	Climatisation	1	BYRON	Hitachi	RAC 18GH4	5,1 kW	Moyen	Moyenne	-
PAC	Production réversible	1	KAHN	Aermec	NRA550H	100 kW froid	Moyen	Moyenne	-
Groupe Froid	Production froid	2	Data-center CAUCHY	Trane	ECGAN600	2x36kW	Moyen	Moyenne	2009
Unité extérieur	Climatisation	3	BOREL	Hitachi	RAC35WEC	1,6 kW	Moyen	Moyenne	-
Unité extérieur	Climatisation	1	LT CAUCHY	Fujitsu	AOYG24LAT3	6,8 kW froid	Moyen	Moyenne	-
Unité extérieur	Climatisation	2	LT CAUCHY	Fujitsu	-	2,4 kW froid	Moyen	Moyenne	-
Unité extérieur	Climatisation	2	LT CAUCHY	DAIKIN	RXYSQ8TMY1B	21 kW froid	Moyen	Moyenne	-
Unité extérieur	Climatisation	2	LT CAUCHY	Hitachi	RXYSQ8TMY1B	7 kW froid	Moyen	Moyenne	-
Armoire Climatisation	Climatisation	5	Data-center CAUCHY	Emerson	Liebert	-	Bon	Bonne	2009
Unité extérieur	Climatisation	4	LAGRANGE	Hitachi	RAC35WEC	1,7 kW	Moyen	Moyenne	-
Unité extérieur	Climatisation	1	LAGRANGE	Hitachi	RAS-6HVRNSE	14 kW	Mauvais	Moyenne	-
Unité extérieur	Climatisation	1	LAGRANGE	DAIKIN	RZQ125B8W1B	-	Mauvais	Moyenne	-





## INVENTAIRE TECHNIQUE - CVC

Équipement	Utilité	Nom bre	Locaux desservis	Marque	Modèle	Puissance	Etat	Performance	Année
PAC	Production réversible	2	Tout site	Carrier	30RQP-330-00 12-PE	167 kW elec	Moyen	Bonne	2016
Pompes variables	Production réversible	2	Tout site	Salmson	LRE 206 13/4-3G	-	Moyen	Bonne	2016
Pompes variables	Production réversible	2	Tout site	Salmson	SIE 208-17/15-2G	-	Moyen	Bonne	2016
Vase expansion	Production réversible	2	Tout site	Gitral	-	-	Moyen	Bonne	2016
Désemboueur + pompe	Production réversible	1	Tout site	BWT	-	-	Moyen	Bonne	2016
Pompe	Production réversible	2	KAHN	Salmson	DCX65-90	-	Moyen	Moyenne	2016
Pompe	Production réversible	2	KAHN	Salmson	DCX40-80	-	Moyen	Moyenne	2016
V3V	Production réversible	1	KAHN	Siemens	SQS35	-	Moyen	Bonne	2016
Pompe	Production réversible	2	KAHN	Salmson	DCX65-90	-	Moyen	Bonne	2016
Vase expansion	Production réversible	2	KAHN	Gitral	-	-	Bon	Bonne	2016
Pompes	Production réversible	2	BYRON	-	-	-	Mauvais	Moyenne	-
Vase expansion	Production réversible	2	BYRON	-	-	-	Mauvais	Moyenne	-
Chaudière	Production chaleur	1	GALOIS	Guillot	Optimagaz	172 kW	Moyen	Moyenne	-
Pompes variables	Production réversible	2	GALOIS	Salmson	-	-	Moyen	Moyenne	2016
Pompes	Production réversible	2	GALOIS	Salmson	RL450-2	-	Moyen	Moyenne	2016
Désemboueur + pompe	Production réversible	1	GALOIS	-	-	-	Moyen	Bonne	2016
Chaudière + brûleur	Production chaleur	1	FERMAT	Geminox	-	230 kW	Mauvaise	Mauvaise	-
Pompes	Production chaleur	2	FERMAT	Salmson	DCX65-90	-	Moyen	Moyenne	-
Ballons ECS	ECS	2	RESTAURANT	Charot	-	12 kW elec	Moyen	Bonne	2016
Cumulus	ECS	2	RESTAURANT	Altec	-	-	Moyen	Bonne	2016
Cumulus	ECS	1	GALOIS	De Dietrich	-	150 L	Moyen	Bonne	-
Cumulus	ECS	1	BYRON	Thermor	-	200 L	Moyen	Moyenne	-



## INVENTAIRE TECHNIQUE - ECLAIRAGE



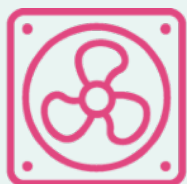
Equipement	Nombre	Puissance cumulée	Localisation	Etat des lieux
Tube fluo 36W	75	2 700 W	AMPERE	Bon état mais optimisation vers une technologie LED
Tube fluo 58W	45	2 610 W	AMPERE	
Tube fluo 58W	358	20 764 W	BOREL	
Tube fluo 18W	232	4 176 W	BOREL	
Spot Dichroïque 50W	17	850 W	BOREL	
Tube LED 12W	542	9 756 W	BYRON	Bon état
Spot LED 9W	14	700 W	BYRON	Bon état
Tube LED 15W	162	4 212 W	BYRON	Bon état
Tube fluo 18W	732	13 176 W	CAUCHY	Bon état mais optimisation vers une technologie LED
Tube fluo 36W	30	1 080 W	CAUCHY	
Tube fluo 58W	38	2 204 W	CAUCHY	
Tube fluo 26W	44	1 144 W	CAUCHY	
Tube fluo 58W	18	1 044 W	DESCARTES	
Tube fluo 26W	24	624 W	DESCARTES	
Tube fluo 18W	232	4 176 W	DESCARTES	
Tube fluo 58W	56	3 248 W	EULER	
Tube fluo 18W	93	1 674 W	EULER	
Tube fluo 36W	7	252 W	EULER	
Downlight LED 22W	56	1 232 W	EULER	

## INVENTAIRE TECHNIQUE - ECLAIRAGE



Equipement	Nombre	Puissance cumulée	Localisation	Etat des lieux
Tube fluo 58W	45	2 610 W	AMPERE	Bon état mais optimisation vers une technologie LED
Tube fluo 36W	74	2 664 W	AMPERE	
Tube fluo 58W	362	20 996 W	FERMAT	
Tube fluo 26W	35	910 W	FERMAT	
Tube fluo 18W	78	1 404 W	FERMAT	
Tube fluo 18W	348	6 264 W	GALOIS	
Tube fluo 36W	52	1 872 W	GALOIS	
Fluocompacte 14W	51	714 W	GALOIS	
LED 50W	8	400 W	GALOIS	
Downlight LED 15W	281	7 306 W	KAHN	Bon état
Tube LED 12W	230	4 140 W	KAHN	Bon état
Tube LED 20W	40	2 320 W	KAHN	Bon état
Tube LED 15W	12	432 W	KAHN	Bon état
Pavé LED 30W	96	2 880 W	LAGRANGE	Bon état mais optimisation vers une technologie LED
Tube fluo 18W	708	12 744 W	LAGRANGE	
Fluocompacte 26W	124	3 224 W	LAGRANGE	
Tube fluo 36W	6	216 W	POSTE DE GARDE	
Tube fluo 36W	25	900 W	RESTAURANT	
Tube fluo 58W	47	2 726 W	RESTAURANT	
Tube fluo 55W	53	2 915 W	RESTAURANT	

## INVENTAIRE TECHNIQUE - VENTILATION

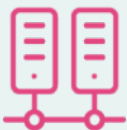


Equipement	Utilité	Nom bre	Locaux desservis	Marque	Modèle	Puissance	Etat	Performance	Année
CTA	Ventilation	1	RESTAURANT	CIAT	-	-	Mauvais	Mauvaise	-
CTA	Ventilation	1	RESTAURANT	France Air	NOVATIS ECM NEO 10000	-	Bon	Moyenne	-
Extracteur	Ventilation	2	Cuisine	-	-	-	Mauvais	Mauvaise	-
Extracteur	Ventilation	1	Cuisine	-	-	-	Mauvais	Mauvaise	-
Extracteur	Ventilation	2	Cuisine	ALDES	-	-	Moyen	Moyenne	-
Extracteur	Ventilation	1	Salle club	-	-	-	Moyen	Moyenne	-
Extracteur	Ventilation	1	Euler violet	-	-	-	Moyen	Moyenne	-
Extracteur	Ventilation	1	Euler	-	-	-	Mauvais	Mauvaise	-
Extracteur	Ventilation	1	Machinerie piscine	-	-	-	Moyen	Moyenne	-
Extracteur	Ventilation	1	Plonge	-	-	-	Mauvais	Mauvaise	-
Extracteur	Ventilation	1	Friture	-	-	-	Moyen	Moyenne	-
Extracteur	Ventilation	1	Réserve boisson	-	-	-	Moyen	Moyenne	-
CTA	Ventilation	1	KAHN Amphi	France Air	-	-	Bon	Moyenne	2016
CTA	Ventilation	1	KAHN	GEA	CAIRplus064	6 kW	Mauvais	Mauvaise	-
Extracteur	Ventilation	2	KAHN	-	-	-	Mauvais	Moyenne	-
Extracteur	Ventilation	4	CAUCHY	-	-	-	Moyen	Moyenne	-
Extracteur	Ventilation	1	BOREL	-	-	-	Moyen	Moyenne	-
Extracteur	Ventilation	3	LAGRANGE	-	-	-	Mauvais	Moyenne	-

## INVENTAIRE TECHNIQUE - ÉQUIPEMENTS DE CUISINE



Équipement	Quantité	Localisation	Marque	Année
Armoire frigorifique	4	RESTAURANT	Alpeninos/Foster/Thyode/	-
Machine à laver	1	RESTAURANT	Winterhalter	2011
Plaques	2	RESTAURANT	Thyode	2019
Four mixte	1	RESTAURANT	Thyode	-
Four mixte 20 niveaux	1	RESTAURANT	Rational	2019
Sauteuse basculante	1	RESTAURANT	Bonnet	2020
Cellule de refroidissement	1	RESTAURANT	Afinox	-
Trancheuse pain	1	RESTAURANT	Dito Sama	-
Chambre froide	4	RESTAURANT	Dagard	-
Batteur mélangeur	1	RESTAURANT	Dito Sama	-
Robot coupe légume	1	RESTAURANT	Dito Sama	2019
Eplucheuse 25kg	1	RESTAURANT	Dito Sama	2020
Crêpière	1	RESTAURANT	-	-
Grill nervure	1	RESTAURANT	Baron	-
Friteuse	2	RESTAURANT	Philips	-
Plaques	5	RESTAURANT	Guyon	2019



## INVENTAIRE TECHNIQUE - ONDULEURS

Equipement	Localisation	Marque	Puissance	Année
Onduleurs 1	CAUCHY	Socomec	300 kVA	2017
Onduleurs 2	CAUCHY	Socomec	300 kVA	2017
MTC 1	CAUCHY	Socomec	-	2017
MTC 2	CAUCHY	Socomec	-	2017

### 3.6 AVIS SUR LE MATÉRIEL

La **production de chaud et froid confort** du site (hormis KAHN et BYRON) est alimentée par deux **pompes à chaleurs CARRIER** récentes de 2016 et performantes grâce à des COP et EER élevés. L'équipement de variateurs de vitesse afin d'adapter la puissance production au besoin du réseau de la boucle d'eau. La distribution est gérée via des **pompes à débit variables** et le réseau est bien **calorifugé**. Les bâtiments KAHN et BYRON sont alimentés par leur propre **pompe à chaleur** respective. Ces dernières sont **vieillissantes** (2007) et le réseau de distribution devrait être remplacé.

Il existe un **appoint à la production de chaleur** en cas de faibles températures ( $< 5^{\circ}\text{C}$ ) ne pouvant être seulement géré par les PAC. La chaudière OPTIMAGAZ de GALOIS est plus performante avec un rendement de 94% pour 172kW. Cependant, la consommation de gaz est très négligeable (0,005% de la consommation totale) car les températures sous  $5^{\circ}\text{C}$  sont assez rares. Un **contrat** est tout de même existant et **engendre des coûts d'abonnements et d'acheminements**.

La **production de froid process (serveurs)** dans le bâtiment CAUCHY est gérée via **2 Groupes Froids TRANE** et **5 armoires eau glacée** et **1 armoire climatisation à détente directe** assez vieillissantes. Il est intéressant d'installer un kit adiabatique sur chacun des deux groupes froids TRANE afin d'améliorer leur performance ou carrément les remplacer. Les températures de consigne de froid dans le datacenter et local onduleur est entre  $23$  et  $24^{\circ}\text{C}$ . Ces dernières sont des températures suffisantes et pertinentes pour ce genre de local.

L'indice de performance énergétique d'un datacenter se mesure par le **PUE**. Celui-ci détermine **l'efficacité avec laquelle un datacenter utilise l'énergie**. Sur le site de Sophia, le **PUE = 1,56** qui montre que le datacenter et son système de refroidissement est performant avec une efficacité de **67%**. Cela représente une bonne optimisation de production de froid par rapport aux data-center. Il est tout de même encore possible de réduire les consommations lié à cet usage sur le site.

Un **système de GTB** est en place sur le site de Sophia. Il permet de piloter les systèmes de CVC par des plannings horaires et de températures. Des alarmes permettent d'être remontées en cas de défaillance ou panne d'un équipement. Une télé-relève est en place en récoltant les données des sous-compteurs électriques et calorifiques de chaque Tableau Divisionnaire, départs de chaleur, départs de froid et chaque usage des bâtiments.

**L'émission de chaud et froid des bâtiments du site** est assurée par des **ventilo-convecteurs muraux** dans les bureaux. Des thermostats de régulation Siemens ont été installés récemment afin de mieux piloter les ventilo-convecteurs. Ils sont également télécommandés localement sur chaque ventilo-convecteurs. La température de consigne actuelle dans les bureaux grâce à la température d'arrivée de la boucle d'eau est aux alentours de  $22^{\circ}\text{C}$  en hiver et  $24^{\circ}\text{C}$  en été. La température de consigne peut être ajustée de  $1^{\circ}\text{C}$  en hiver et en été afin de diminuer les consommations des pompes à chaleur.

**L'éclairage** est d'ancienne génération sur la majorité du site. Certains éclairages ont été remplacés par LED, notamment dans les sanitaires de certains bâtiments. Nous préconisons d'étendre ce **relamping LED** à l'ensemble du site hormis KAHN et BYRON.

Il existe 2 rangées de **panneaux solaires photovoltaïques** installées sur la toiture terrasse de KAHN. Il pourrait être intéressant d'étendre cette action à

### 3.7 AVIS SUR LE CONTRAT DE MAINTENANCE

Désignation	Etat	Commentaire
Type de marché	BPU	Le contrat est un marché à bon de commande
Poste	P2	Prestation d'entretien (P2) curative et préventive. Le marché ne comprend pas de P1 ou de P3 ni d'intéressement
Durée du marché	1 an +1 +1 +1	Le marché dure 1 ans avec la possibilité de le reconduire trois fois. Notification du marché 01/01/2022
Périmètre	OUI	Le périmètre des prestations est bien défini - multitechnique
Pénalité	OUI	Le marché comprend des pénalités exhaustives
Suivi des énergies	OUI	Le titulaire doit relever les compteurs d'énergie via la GTC (pas de relève physique), la périodicité n'est pas indiquée.
Astreine	OUI	Le marché intègre une prestation en astreinte.
Délais	OUI	Délais d'intervention sont spécifiés
GMAO	OUI	La GMAO est utilisée dans le CCTP
Suivi du marché	OUI	Réunion hebdomadaire + mensuelle + annuelle
Eau de chauffage	OUI	Intégration d'une analyse d'eau annuelle avec traitement si analyse non concluante
Rapport annuel	OUI	L'exploitant doit rendre un rapport annuel tous les ans

Le marché cadre l'ensemble des prestations. Le marché cadre bien l'ensemble des prestations P2 (préventif, curative et astreinte). Le périmètre est bien détaillé. Utilisation de la GMAO. Présence imposée d'un technicien du lundi au vendredi 7,5 h par jour. Le titulaire a pour obligation une relève des compteurs, mais sans périodicité. Ce type de marché ne permet pas l'engagement du candidat sur une maîtrise/ diminution des consommations d'énergie. L'ajout d'un intéressement est conseillé. Les pénalités sont exhaustives. Le marché a une durée maximale de 4 ans. Cette durée est cohérente puisque celui-ci ne présente pas de poste P3. Le P3 permet une garantie totale des installations (réparation immédiate en cas de casse) et le renouvellement des équipements. Aujourd'hui les équipements ont majoritairement 10 ans, il y a besoin de renouveler certains équipements. L'ajout d'un P3 de type garantie totale est vivement conseillé. En cas de casse l'exploitant portera ainsi la responsabilité de la remise en état de l'installation dans le délais imposé.



# Réglementation F-GAS



## ÉLÉMENTS DE CONTEXTE

Les **fluides frigorigènes** utilisés dans les machines de froid ont des impacts sur l'environnement reconnus comme important.

Des premières limitations de ces impacts ont été établies lors des protocoles de Montréal (1987) et de Kyoto (2005). Le règlement (UE) n° 517/2014 appelé F-Gas, entré en vigueur depuis le **1er janvier 2015** et transcrit en droit français par le décret n° 2015-1790 du 28 décembre 2015, établit une feuille de route à suivre **jusqu'à l'horizon 2030**.

Une proposition de révision visant à **accélérer la mise en place du projet en renforçant les restrictions** a été présentée par la Commission Européenne le 5 avril 2022.

## Objectif : Réduire les émissions de GES issues des fluides frigorigènes

Avec en fil conducteur le réchauffement climatique et la réduction des gaz à effet de serre, tous les fluides frigorigènes ont été classifiés par un Potentiel de Réchauffement Global (PRG) ou Global Warming Potential (GWP) en anglais.

Fluide	R-32	R-488a	R-489a	R-134a	R-407c	R-407f	R-410a	R-452a	R-404a
GWP	675	1 273	1 397	1 430	1 774	1 825	2 088	2 140	3 922

La réglementation prévoit l'interdiction de certains fluides à la fois en neuf, en recharge et en réparation. Un suivi plus strict des installations est également prévu avec des contrôles d'étanchéités en fonction de la catégorie du fluide et de sa charge :

- 2015 : Interdiction de stocker, d'entretenir ou de réparer des installations fonctionnant au R-22.
- 2020 : Interdiction de recharger des installations avec du fluide neuf dont le GWP dépasse 2500 et dont la charge totale est supérieure à 40t éqCO<sub>2</sub>.
- 2022 : Interdiction de mettre en vente des centrales frigorifiques (supérieur à 40 kW) utilisant un fluide dont le GWP est supérieur à 150 (sauf pour les cascades dont le GWP est limité à 1500).
- 2025 : Interdiction de mettre en vente des climatiseurs mono-split dont le GWP est supérieur à 750 et la charge inférieure à 3kg.
- 2030 : Interdiction de maintenir ou réparer toutes installations dont le GWP est supérieur à 2500.

Modèle	Fluide frigorigène	GWP	Charge	Actions	Zone desservie
PAC AERMEC	R407c	1 774	10,7/17,7 kg	-	KAHN
PAC AERMEC	R407c	1 774	10,7/17,7 kg	-	BYRON
PAC CARRIER	R410a	2 088	86 kg	-	Tous bâtiments
GF TRANE	R407c	1 774	12,4 kg	-	CAUCHY

Ne pas respecter les interdictions expose à 75000 € d'amende et 2 ans d'emprisonnement.

Des solutions alternatives existent :

- S'orienter vers des systèmes de climatisation à eau glacée plutôt qu'à détente directe
- L'utilisation du CO<sub>2</sub> (R-744) dont le GWP est seulement de 1 :
  - En fonctionnement transcritique pour des centrales frigorifiques moyenne température
  - En fonctionnement subcritique pour des températures allant de -25°C à -40°C

# **Volet Thermique**

## 04.1

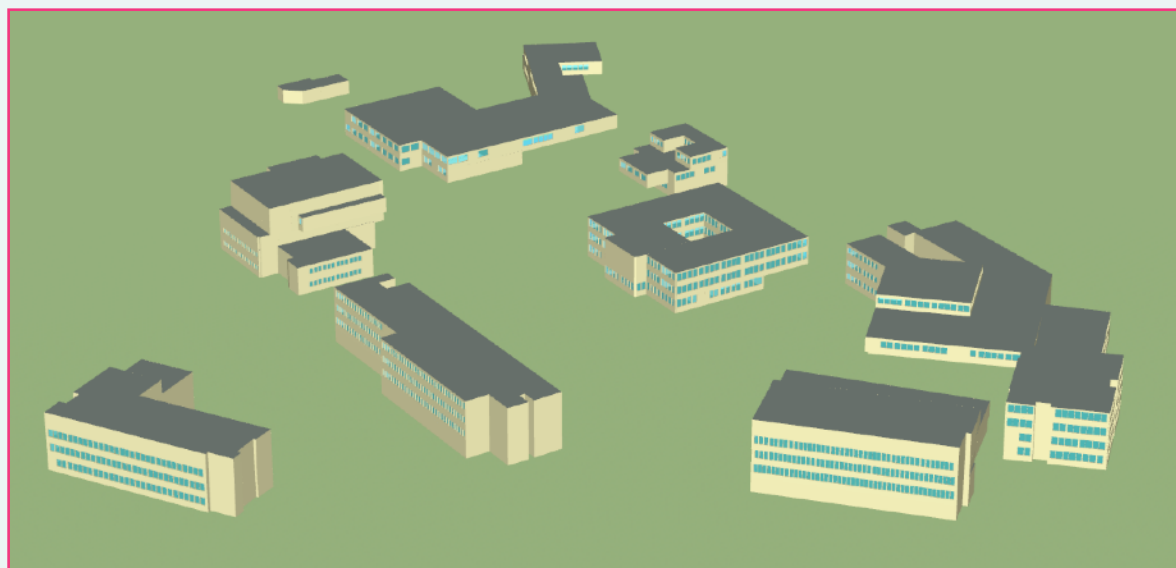
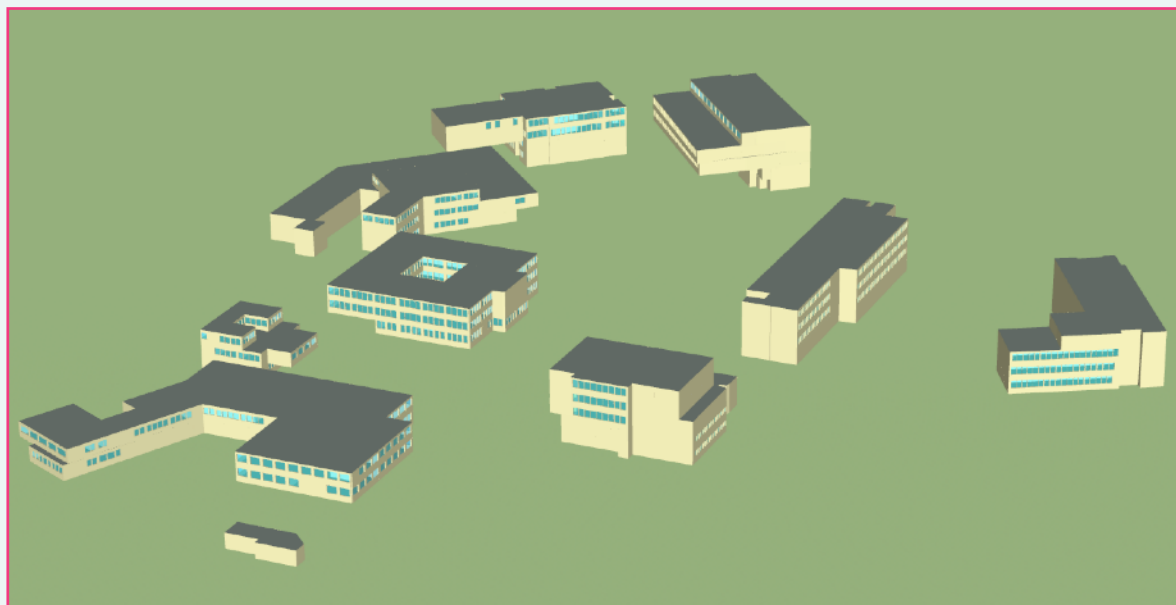
### SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

#### Pourquoi une simulation thermique ?

- Les simulations thermiques dynamiques permettent de simuler le comportement thermique d'un bâtiment sur un an pour en apprécier la performance. Ainsi il est possible de simuler les gains énergétiques liés aux consommations spécifiques à l'architecture de chaque bâtiment en fonction de son architecture, sa localisation, les masques proches éventuels, et des scénarios :
  - D'occupation
  - De températures de consignes
  - De besoins en ECS
  - D'ouverture des fenêtres / aérations
  - etc.
- Avant de réaliser les actions de performances énergétiques les consommations d'électricité simulés sur le logiciel ont été recollés à la période d'étude, à savoir l'année 2021.
- Après ces deux étapes, nous avons pu simuler différentes actions de performance énergétique.,
- L'orientation des bâtiments, le sens du vent, le parcours du soleil et les masques sur le site a été pris en compte dans la simulation.

## MODÉLISATION DU SITE

PLÉIADES V5.21.6.2



## DÉTAIL DES VARIABLES DE LA SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

### Scénarios de températures

- **Consigne de climatisation des salles serveurs et onduleurs**  
T°C constante à 24°C
- **Consigne de climatisation des bâtiments site**  
T°C en journée : 24°C / T°C en réduit : 28°C
- **Consigne de chauffage des bureaux du site**  
T°C en journée : 22°C / T°C en réduit : 17°C
- **Consigne de chambre froide négative**  
T°C constante à -19°C
- **Consigne de chambre froide négative**  
T°C constante à 7,4°C
- **Consigne de chambre froide BOF**  
T°C constante à 7,4°C
- **Consigne de chambre froide Légume**  
T°C constante à 8,4°C
- **Consigne de chambre froide Viande**  
T°C constante à 3,3°C

### Scénarios d'exploitation

- **Eclairage des bureaux**  
Occupation : 500 lux / Inoccupation : 0 lux
- **Puissance moyenne dissipée du local onduleurs CAUCHY**  
11 kW constant
- **Puissance moyenne dissipée du local Data-center**  
70 kW constant
- **Puissance moyenne dissipée des procédés de cuisine**  
Occupation : 10 kW / Inoccupation : 2 kW
- **Occupation du site**  
Horaires - Lundi au vendredi : 7h à 20h - samedi 10h à 16h  
Occupation moyenne du site - 0,06 personnes/m<sup>2</sup>

## 4.3

### PERFORMANCE THERMIQUE DE L'ENVELOPPE

#### HYPOTHÈSES

N'ayant pas pu récolter les données constructifs des bâtiments. Nous n'avons pas pu déterminer avec précision la composition des parois. Cependant, nous avons estimé la résistance thermique et l'épaisseur des matériaux avec les années de constructions via les différentes réglementations thermiques.

#### GRANDEURS PHYSIQUES UTILISEES

**λ** : La conductivité thermique ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) est une grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert de chaleur par conduction. C'est une valeur propre à chaque matériau.

**R** : La résistance thermique est une valeur permettant de caractériser la capacité de résistance qu'un matériau oppose au transfert de chaleur entre ses deux faces.  $R$  (en  $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ) = épaisseur/ $\lambda$ . Plus  $R$  est grand, plus le matériau est isolant.

**U** : Le coefficient de transfert thermique est l'inverse de la résistance thermique.  $U$  (en  $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ) =  $1/R$ .

## PERFORMANCES THERMIQUES DES PAROIS OPAQUES

Localisation	Composition	Épaisseurs	Résistance thermique totale	Norme	Performance thermique
Murs extérieurs					
CAUCHY / LAGRANGE/BOREL / DESCARTES / EULER / AMPERE / RESTAURANT	Béton lourd	20 cm	0,11 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 2,90 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Très Mauvaise
GALOIS / FERMAT	Béton lourd Laine de verre	20 cm 6 cm	1,57 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 2,90 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Mauvaise
KAHN / BYRON	Béton lourd Laine de verre	20 cm 9 cm	2,31 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	> 2,90 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Moyenne
Toitures terrasses					
CAUCHY / LAGRANGE/BOREL / DESCARTES / EULER / AMPERE / RESTAURANT	Béton lourd Laine de roche	30 cm 10 cm	2,61 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 3,3 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Moyenne
GALOIS / FERMAT	Béton lourd Laine de roche	30 cm 10 cm	2,61 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 3,3 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Moyenne
KAHN / BYRON	Béton lourd Laine de roche	30 cm 10 cm	2,61 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 3,3 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Moyenne
Plancher bas sur vide sanitaire					
CAUCHY / LAGRANGE/BOREL / DESCARTES / EULER / AMPERE / RESTAURANT	Béton lourd	30 cm	0,17 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 2,7 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Très mauvaise
GALOIS / FERMAT	Béton lourd Laine de roche	20 cm 6 cm	1,63 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 2,90 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Mauvaise
KAHN / BYRON	Béton lourd Laine de roche	30 cm 8 cm	2,12 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	> 2,7 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Moyenne

### AVIS SUR LES PERFORMANCES THERMIQUES

Les bâtiments les plus anciens ont été construits en 1983 et ne montrent pas de bonnes performances thermiques. Les bâtiments GALOIS et FERMAT ont été construits en 1990 et 1998 et BYRON et KAHN en 2002.

La performance thermique globale du site est assez mauvaise. Dans le but d'atteindre les objectifs du Décret Tertiaire, il est nécessaire de prendre en compte l'enveloppe des bâtiments.

## 4.3

### PERFORMANCE THERMIQUE DE L'ENVELOPPE

#### GRANDEURS PHYSIQUES UTILISEES

**λ :** La conductivité thermique ( $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ) est une grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert de chaleur par conduction. C'est une valeur propre à chaque matériau.

**R :** La résistance thermique est une valeur permettant de caractériser la capacité de résistance qu'un matériau oppose au transfert de chaleur entre ses deux faces.  $R$  (en  $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ ) = épaisseur/λ. Plus  $R$  est grand, plus le matériau est isolant.

**U :** Le coefficient de transfert thermique est l'inverse de la résistance thermique.  $U$  (en  $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ) =  $1/R$ .

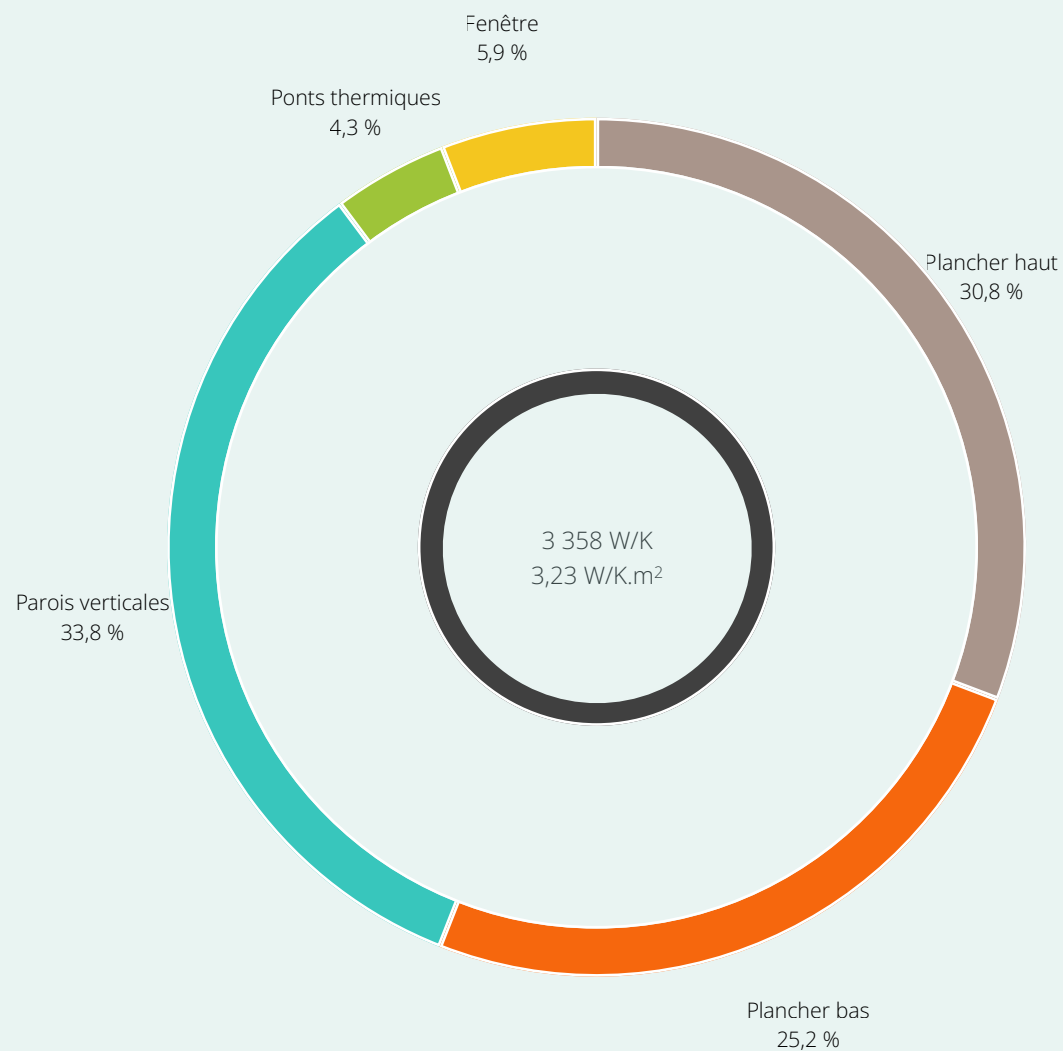
### PERFORMANCES THERMIQUES DES PAROIS VITRÉES

Localisation	Composition châssis	Type de vitrage	Uw	Norme	Performance thermique
Fenêtres					
AMPERE / BOREL / CAUCHY / DESCARTES / EULER / LAGRANGE / RESTAURANT	PVC	Double vitrage	2,68 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	< 1,9 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	Très Mauvaise
BYRON / KAHN	PVC	Double vitrage	2,00 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	< 1,9 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	Moyenne
FERMAT / GALOIS	PVC	Double vitrage	2,30 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	< 1,9 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	Mauvaise

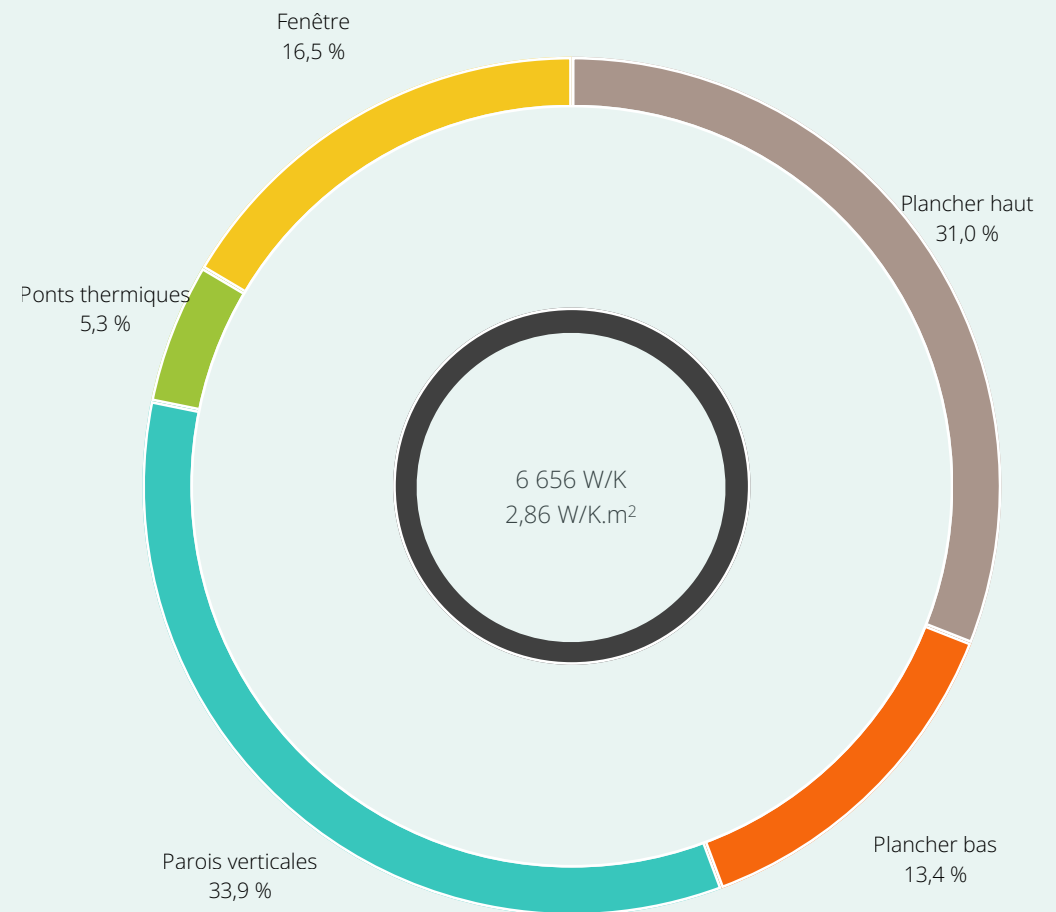
#### AVIS SUR LES PERFORMANCES THERMIQUES

Les menuiseries de l'ensemble du site est en double vitrage mais présente une faible épaisseur d'air, notamment pour les bâtiments anciens. Leur performance est assez mauvaise mais la performance peut être améliorée d'un point de vu confort via des films solaires afin de limiter les apports solaires importants.

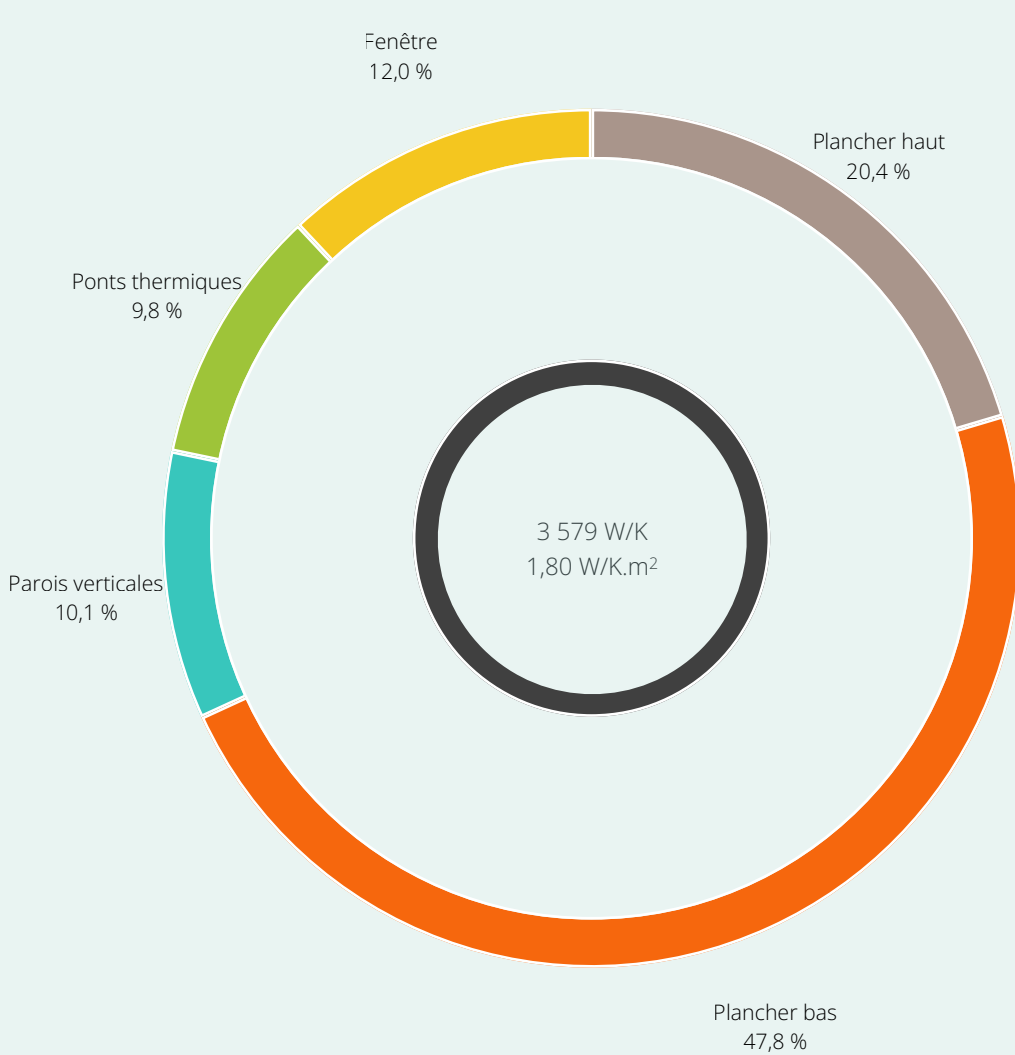
## 4.4 RÉPARTITION DES DÉPERDITIONS THERMIQUES DU SITE



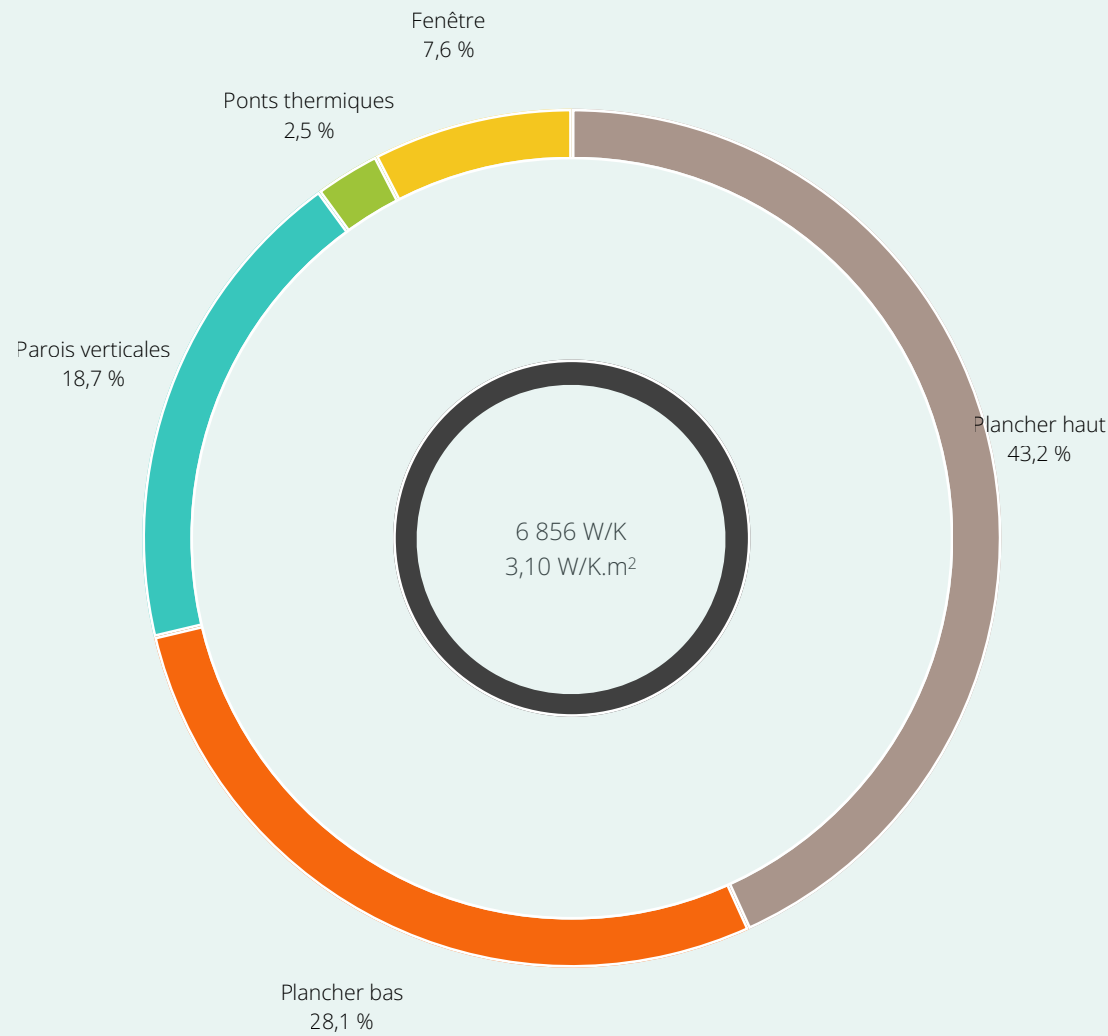
**AMPERE**



**BOREL**

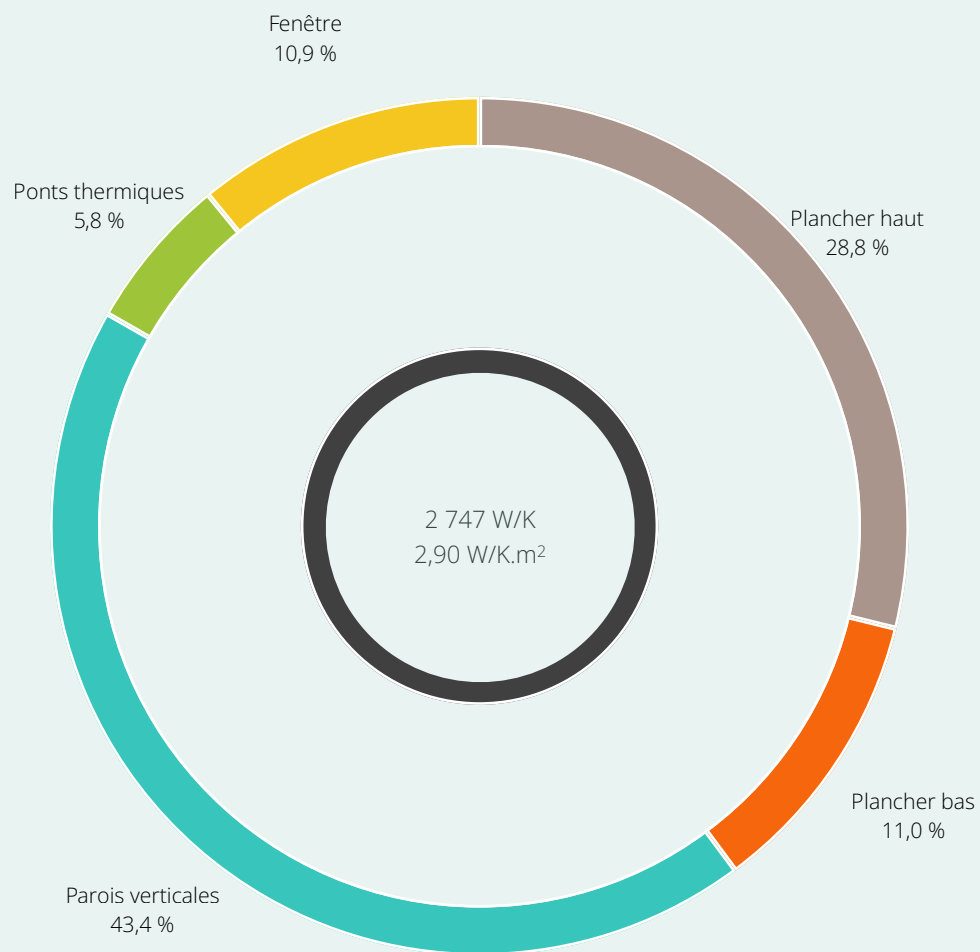


**BYRON**

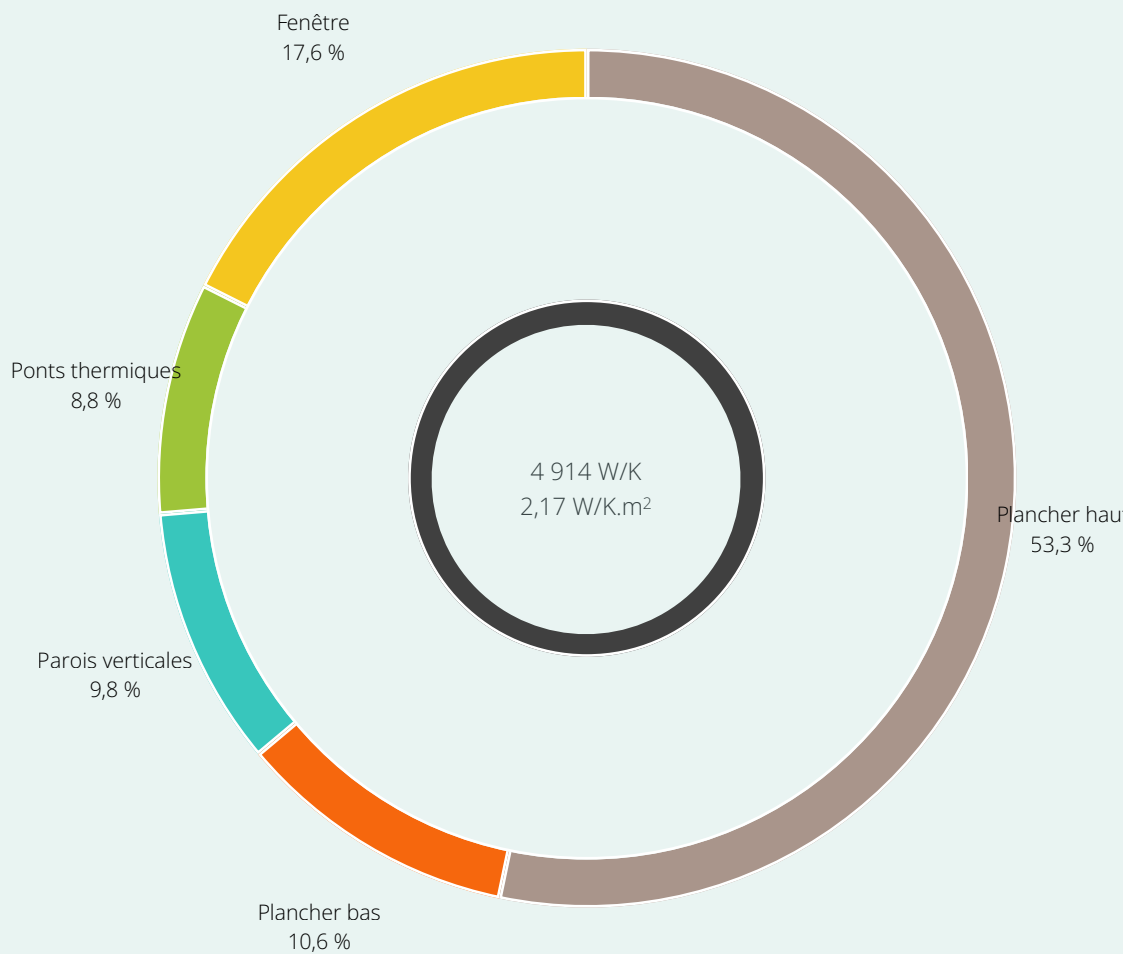


**EULER**

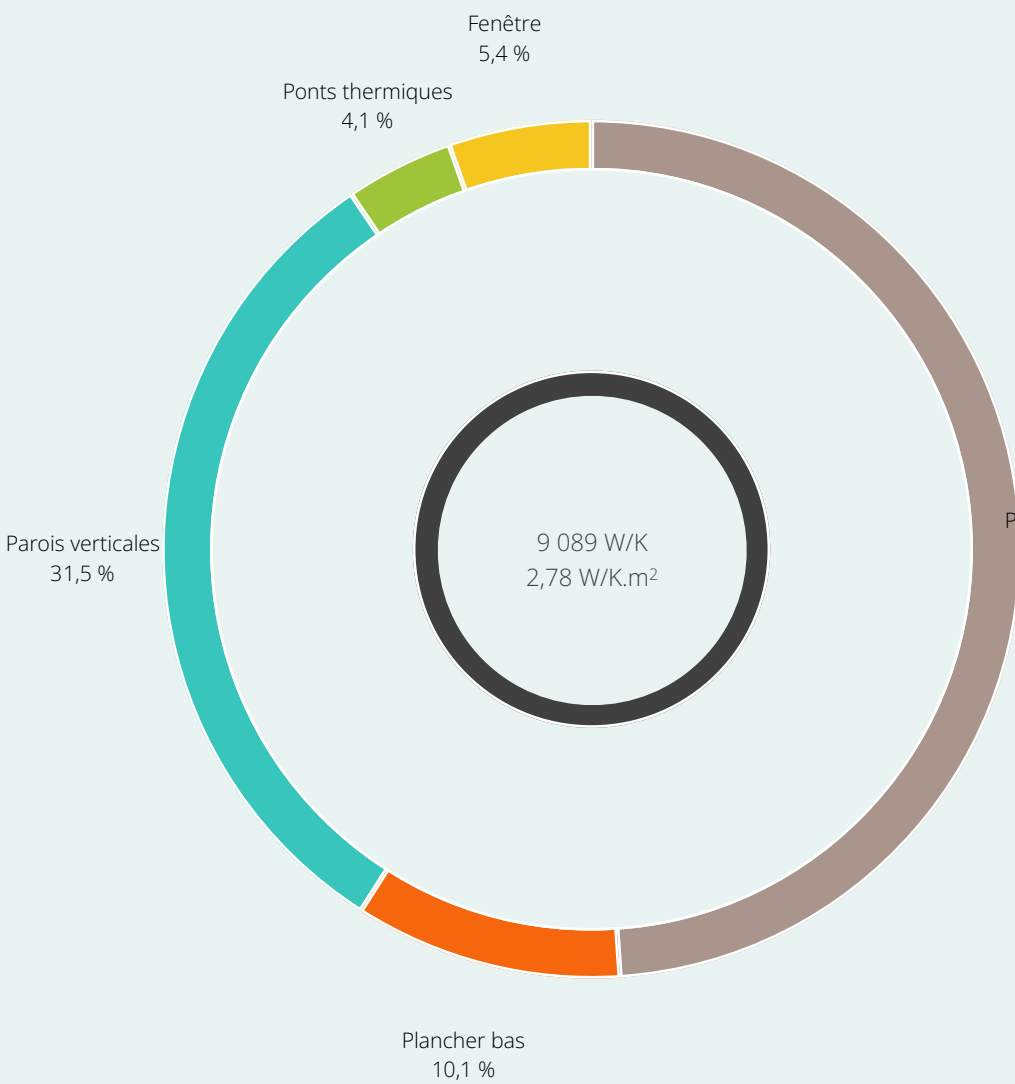




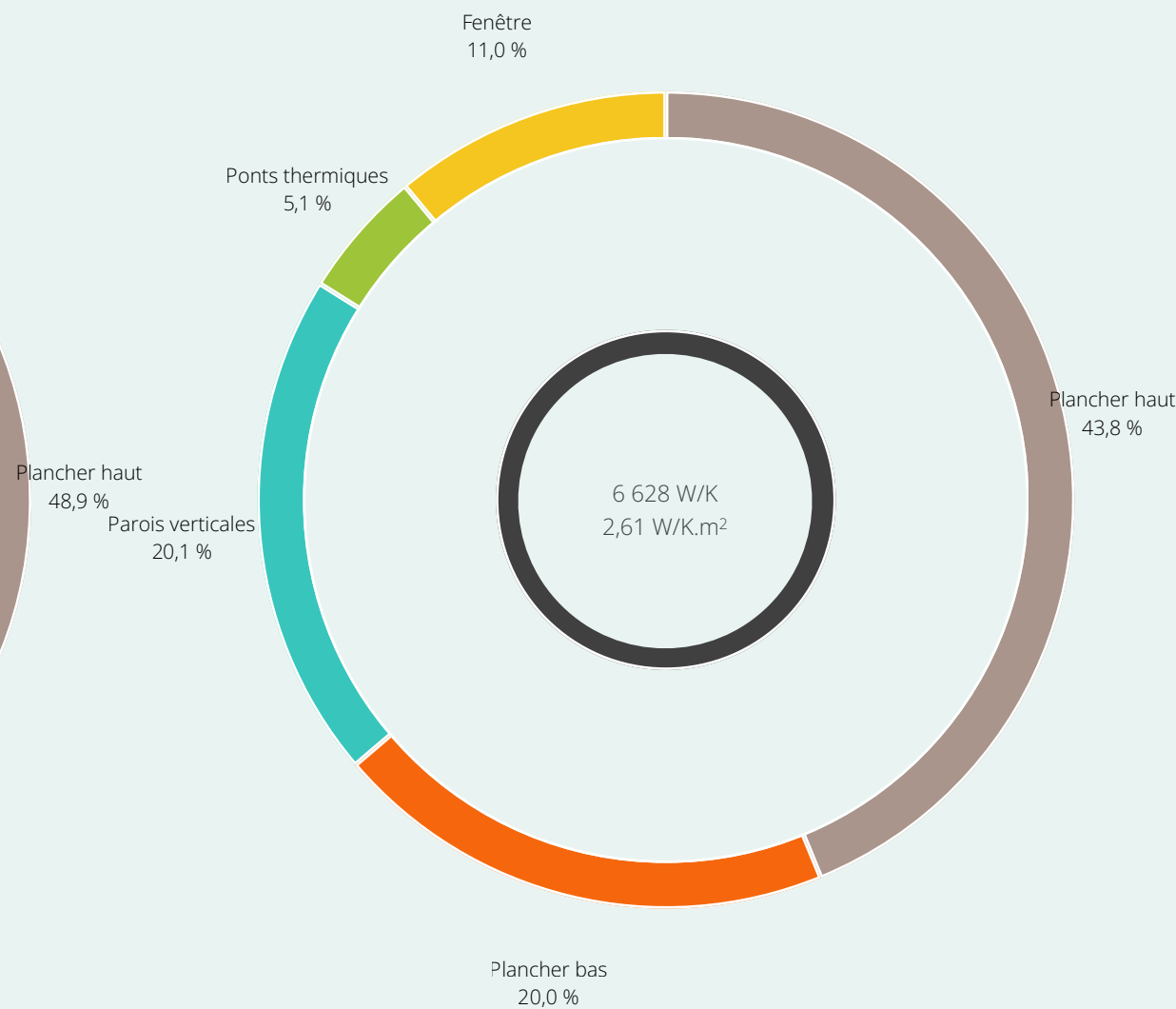
**DESCARTES**



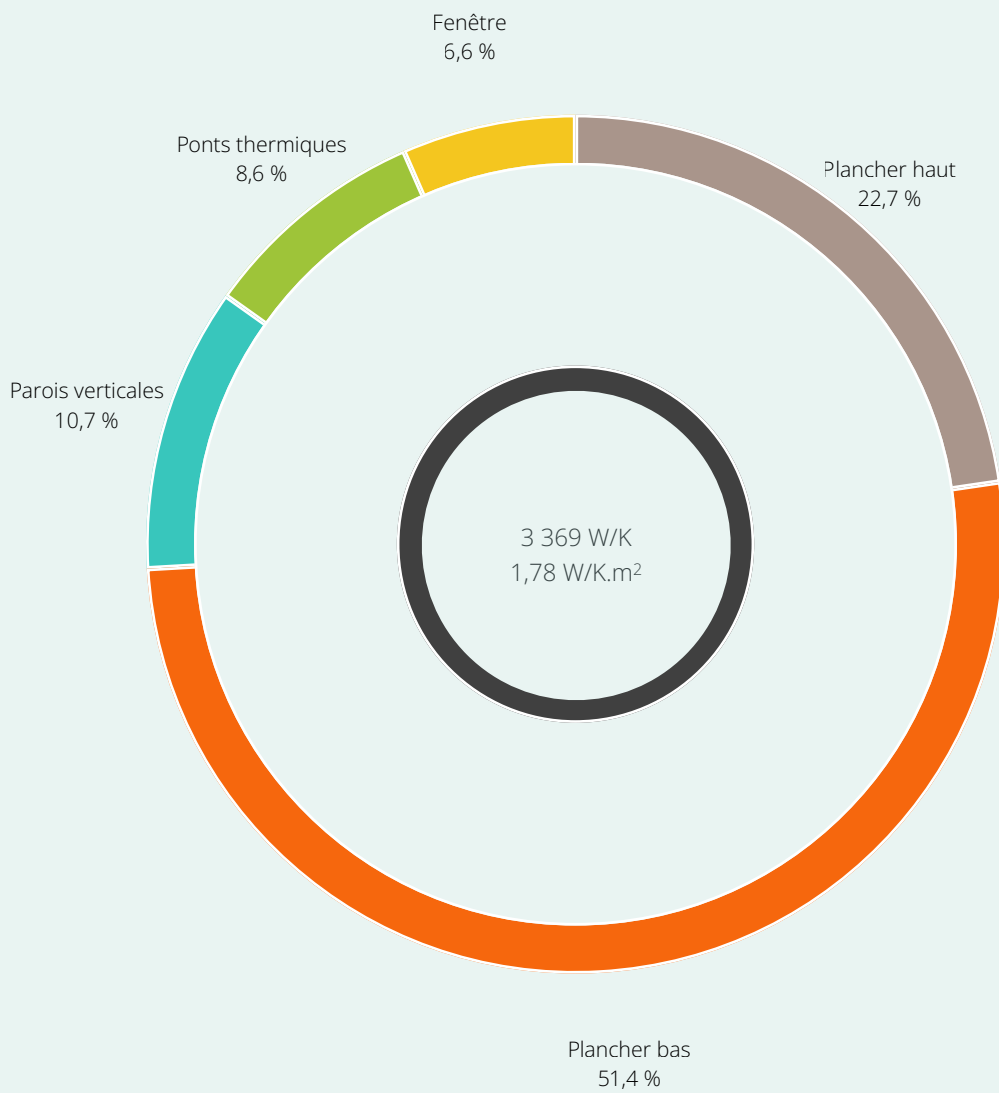
**FERMAT**



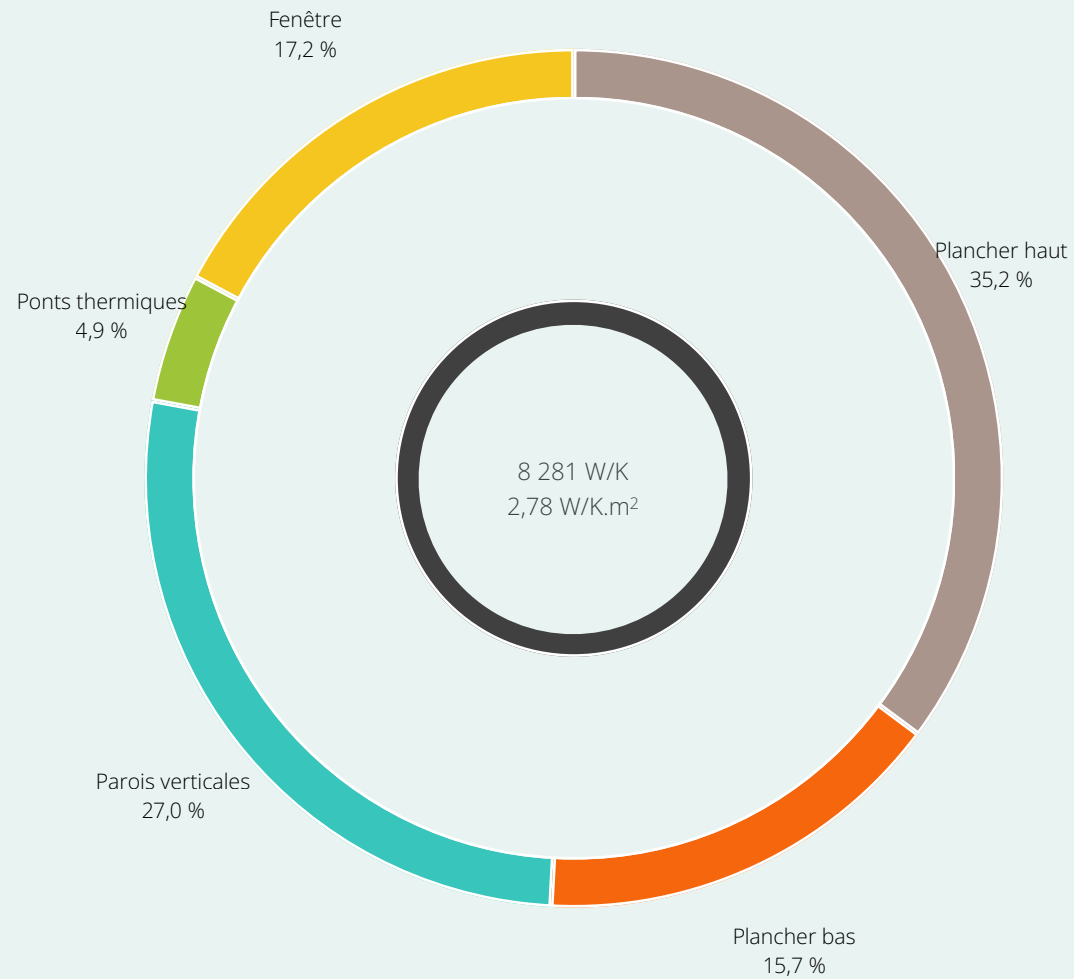
**CAUCHY**



**GALOIS**



**KAHN**

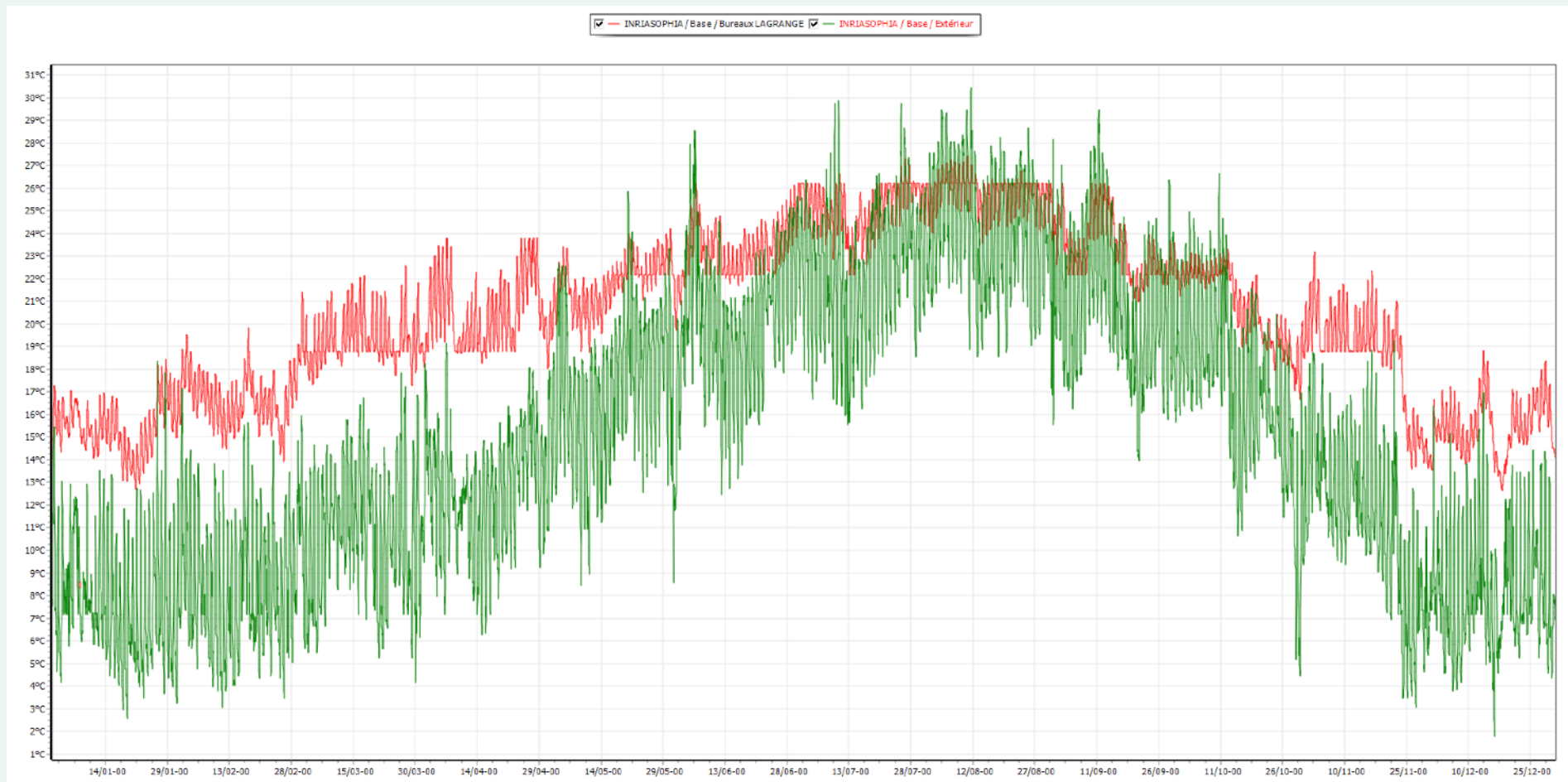


**LAGRANGE**

## 4.5. ANALYSE DE CONFORT

### COMPARAISON DE TEMPERATURE DE L'EXTERIEUR ET INTERIEUR DES BUREAUX DES VIEUX BATIMENTS (EX : LAGRANGE)

---



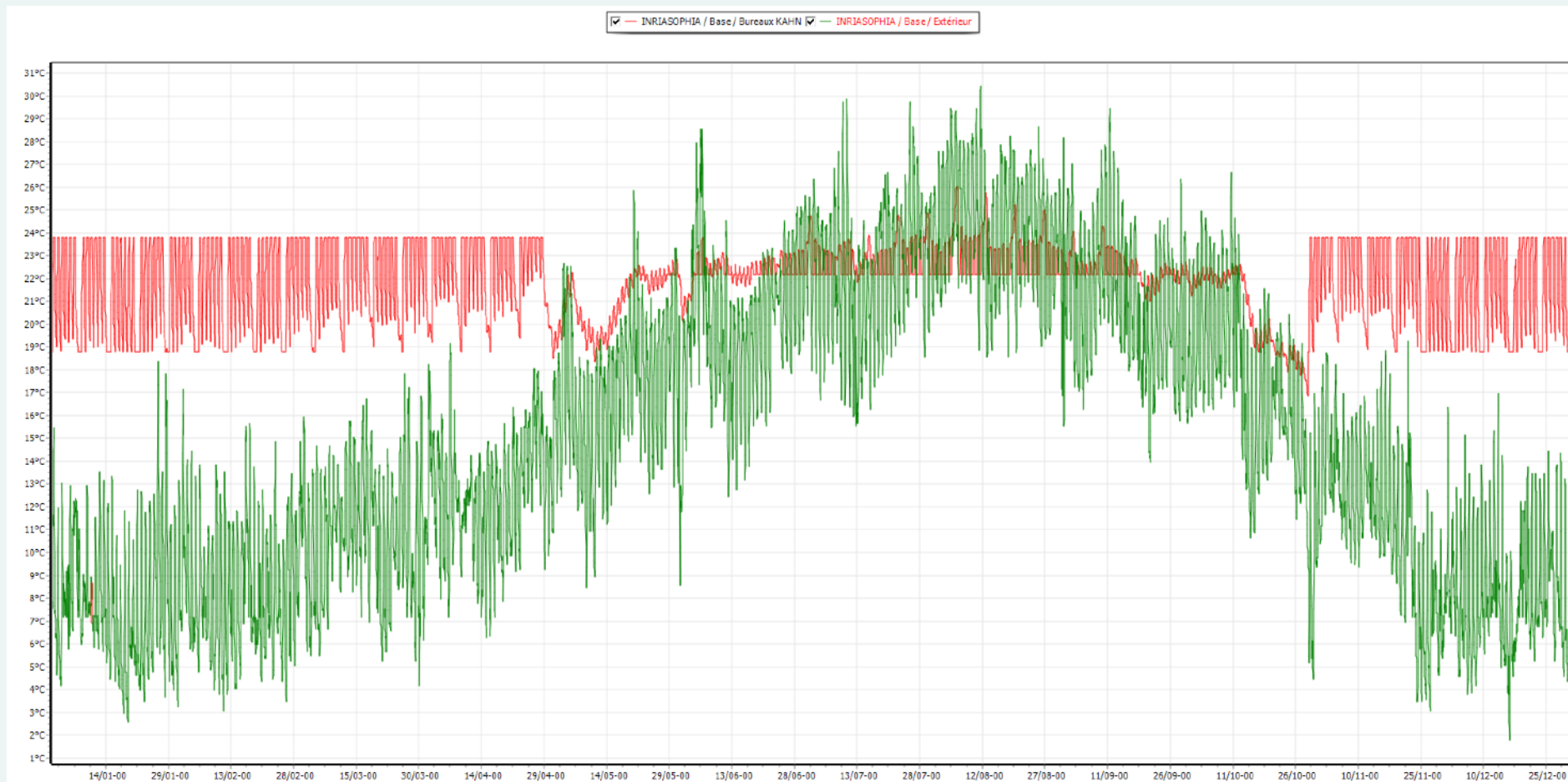
### RESSENTI DE LA TEMPERATURE D'AMBIANCE DES BUREAUX LAGRANGE

---

Le bâtiment LAGRANGE est un des bâtiments les plus anciens du site. Ces performances thermiques sont très mauvaise. La simulation nous permet d'observer que la courbe de température dans cette zone peut atteindre des valeurs assez faibles durant la période hivernale jusqu'à descendre à 12-13°C le week-end et remonte à 17°C lorsque le bâtiment est occupé. Durant la période estivale, à l'inverse, les température ont du mal à descendre malgré la climatisation. Il y a donc de l'inconfort en hiver et en été dans les vieux bâtiments du site non isolés.

## COMPARAISON DE TEMPERATURE DE L'EXTERIEUR ET INTERIEUR DES BUREAUX DE KAHN

---



## RESSENTI DE LA TEMPERATURE D'AMBIANCE DES BUREAUX VIEUX BÂTIMENTS

---

Le bâtiment KAHN est quant à lui le plus récent avec les meilleures performances thermiques du site. Ce graphique permet de comparer les températures intérieures entre les vieux bâtiment et les plus récents comme KAHN et BYRON.

La simulation nous permet d'observer que la courbe de température dans cette zone varie tout au long de l'année entre 19°C et 24°C. Les températures hivernales baissent à 19°C lors des périodes inoccupées. On observe que l'inertie du bâtiment est très bonne car les températures intérieures sont stables et ne provoquent pas d'inconfort.

4.6

ANALYSE DU BESOIN CHAUD ET FROID PAR ZONE THERMIQUE

Bâtiment	Zone	Besoin chaud (kW/m2)	Besoin froid (kW/m2)
AMPERE	Bureaux AMPERE	217,00	40,00
EULER	Bureaux EULER	195,00	51,00
DESCARTES	Bureaux DESCARTES	178,00	48,00
LAGRANGE	Bureaux LAGRANGE	133,00	46,00
TOUS BÂTIMENTS	LT non chauffé	0,00	0,00
POSTE DE GARDE	Poste de Garde	762,00	49,00
FERMAT	Bureaux FERMAT	78,00	53,00
BYRON	Bureaux BYRON	84,00	29,00
GALOIS	Bureaux Galois	84,00	32,00
BOREL	Bureaux BOREL	119,00	45,00
CAUCHY	Bureaux CAUCHY	124,00	52,00
	Local onduleur	0,00	94,00
	Data center	0,00	2 190,00
RESTAURANT	CF NEG	0,00	2 190,00
	CF BOF	0,00	870,00
	CF LEGUME	0,00	943,00
	CF VIANDE	0,00	1 241,00
	Cuisine	0,00	722,00
	refectoire restaurant	180,00	18,00
KAHN	Bureaux KAHN	107,00	18,00
	Amphi KAHN	130,00	28,00

## 4.7 SYNTHÈSE THERMIQUE PAR ZONE

Bâtiment	Zones	Apports solaires bruts	Conso Eclairage	Heures > T°Inconfort	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort	Part de besoins nets	Besoins bruts	Surface	Volume
AMPERE	Bureaux AMPERE	26 075,00	12 530,00	0,00	50,10 %	0,00 %	0,00 %	0,00	823,78	2 059,44
EULER	Bureaux EULER	71 727,00	19 073,00	0,00	49,79 %	0,00 %	0,00 %	0,00	1 254,10	4 186,67
DESCARTES	Bureaux DESCARTES	34 789,00	5 462,00	0,00	48,57 %	0,00 %	0,00 %	0,00	567,67	1 419,18
LAGRANGE	Bureaux LAGRANGE	164 976,00	26 932,00	0,00	44,41 %	0,00 %	0,00 %	0,00	2 310,08	5 775,19
TOUS BÂTIMENTS	LT non chauffé	14 276,00	0,00	0,00	23,16 %	0,00 %	0,00 %	0,00	1 759,60	5 799,61
POSTE DE GARDE	Poste de Garde	0,00	564,00	0,00	52,08 %	0,00 %	0,00 %	0,00	37,08	92,71
FERMAT	Bureaux FERMAT	141 314,00	36 632,00	0,00	40,02 %	0,00 %	0,00 %	0,00	2 408,54	6 021,35
BYRON	Bureaux BYRON	94 722,00	15 514,00	0,00	36,05 %	0,00 %	0,00 %	0,00	2 040,11	5 100,28
GALOIS	Bureaux Galois	102 965,00	33 259,00	0,00	39,43 %	0,00 %	0,00 %	0,00	2 186,68	5 466,70
BOREL	Bureaux BOREL	151 795,00	25 451,00	0,00	43,50 %	0,00 %	0,00 %	0,00	2 085,03	5 212,58
CAUCHY	Bureaux CAUCHY	68 242,00	21 967,00	0,00	42,48 %	0,00 %	0,00 %	0,00	2 158,80	5 396,99
	Local onduleur	0,00	4 918,00	0,00	11,93 %	0,00 %	0,00 %	0,00	646,73	1 616,83
	Data center	0,00	0,00	0,00	10,58 %	0,00 %	0,00 %	0,00	171,85	429,63

## 4.7 SYNTHÈSE THERMIQUE PAR ZONE

Bâtiment	Zones	Apports solaires bruts	Conso Eclairage	Heures > T <sub>in</sub> Inconfort	Amplification de T <sub>in</sub> Ext	Taux d'inconfort	Part de besoins nets	Besoins bruts	Surface	Volume
RESTAURANT	CF NEG	0,00	0,00	0,00	17,39 %	0,00 %	0,00 %	0,00	6,50	16,25
	CF BOF	0,00	0,00	0,00	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00	9,19	22,98
	CF LEGUME	0,00	0,00	0,00	0,01 %	0,00 %	0,00 %	0,00	13,53	33,83
	CF VIANDE	0,00	0,00	0,00	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00	17,62	44,06
	Cuisine	0,00	531,00	0,00	67,25 %	0,00 %	0,00 %	0,00	34,92	87,31
	refectoire restaurant	0,00	1 741,00	0,00	48,13 %	0,00 %	0,00 %	0,00	114,55	286,36
KAHN	Bureaux KAHN	22 846,00	7 061,00	0,00	34,18 %	0,00 %	0,00 %	0,00	1 010,03	3 200,83
	Amphi KAHN	15 647,00	6 652,00	0,00	43,08 %	0,00 %	0,00 %	0,00	874,62	3 158,38



## 4.8 Actions de performances énergétiques

### ACTION B

#### MISE EN PLACE DE FILMS SOLAIRES SUR LES FENÊTRES DE L'ENSEMBLE DU SITE

#### QUESTIONS SOULEVÉES

- Dans quelle mesure cette action permettrait-elle d'améliorer votre performance énergétique ?
- Quel est le retour sur investissement lié à cette action ?

Cette préconisation permet de diminuer les besoins en climatisation notamment lors des mois estivaux.

Par ailleurs, cela permet un meilleur confort pour les occupants.

#### Principe de la solution proposée

Le site est très exposé au soleil et la consommation de climatisation confort est importante. C'est pourquoi il est pertinent de mettre en place des films solaires été. Le film solaire se pose sur la partie extérieure des fenêtres. En été il permet de réfléchir les rayons du soleil qui atteignent la paroi vitrée, la chaleur est ainsi repoussée.

Les vitrages actuels possède un facteur solaire autour de **0,62**. Avec un film solaire, le facteur passerait à **0,48** et élimine les rayons UV tout en laissant passé les rayons visibles.

Cette action ne répond pas uniquement à un critère **d'efficacité énergétique**. Elle répond également à des problématiques de **confort** des occupants.

Cette préconisation permet de diminuer d'environ 10 % la consommation de l'usage climatisation sur l'année.

#### Investissement

Équipement	Quantité (m2)	Prix unitaire TTC	Coût Total TTC
Film Solaire et main d'oeuvre	2 530,6	85 €	215 101 €

#### Tableau des gains

Gains annuels				Budget TTC	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
16 792 kWh	1 834 €	<b>0,7 %</b>	1,1 tCO2	215 101 €	117 ans



## ACTION C

### ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTÉRIEUR DES PAROIS VERTICALES DES BÂTIMENTS ANCIENS

#### QUESTIONS SOULEVÉES

- En quoi cette solution est pertinente dans le cadre du projet ?

Le chauffage et la climatisation lié aux PAC représente presque 10% de la consommation en énergie du site. L'isolation thermique par l'extérieur permettrait de générer des économies d'énergies.

#### Principe de la solution proposée

Aucune isolation des murs extérieurs n'est présente sur les bâtiments CAUCHY, BOREL, LAGRANGE, DESCARTES, EULER, AMPERE, RESTAURANT, ce qui entraîne de fortes déperditions d'énergie au niveau des parois extérieures.

La performance thermique des murs extérieurs peut être largement améliorée en installant une épaisseur d'isolant. La résistance thermique de la paroi sera donc augmentée, et les déperditions fortement diminuées.

- Type d'isolant : laine de verre
- Epaisseur : 14 cm
- Résistance thermique de l'isolant : 4,8 m2.K/W

Nous avons estimé un coût de 100€TTC/m<sup>2</sup> pour cette préconisation qui comprend coût du matériel et pose. Celle-ci n'affecte en aucun cas la surface du bâtiment et les travaux ne gêneront pas le quotidien des collaborateurs.

Il est également important de vérifier le coefficient de transmission de vapeur d'eau avant d'effectuer les travaux

#### Investissement

Localisation	Quantité	Prix unitaire (m2)	Coût Total TTC
Surface à isoler	3 325,6	50 €	166 280 €
Main d'oeuvre	3 325,6	50 €	166 280 €
TOTAL			332 560 €

#### Tableau des gains

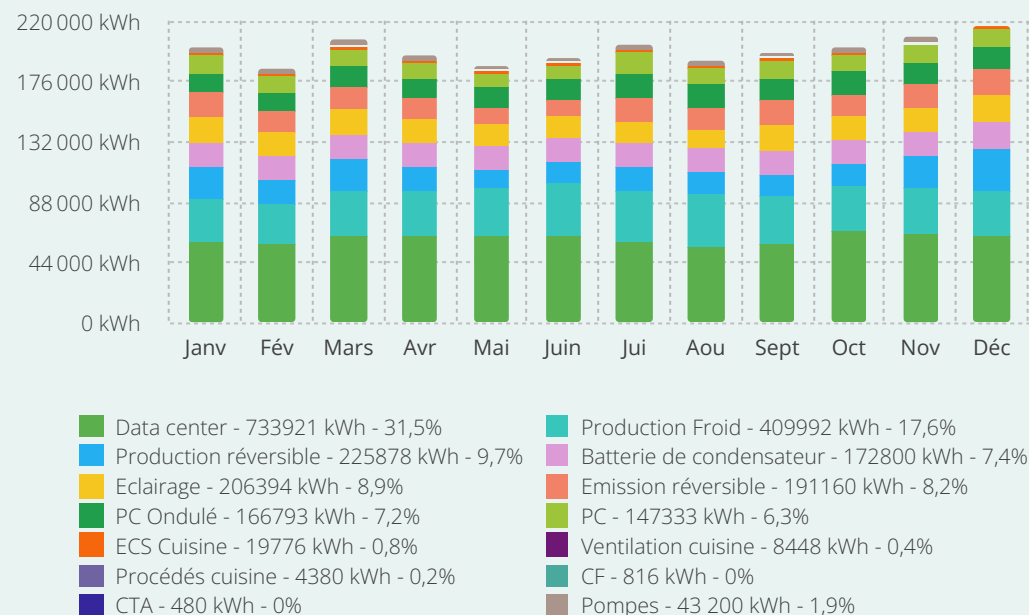
Gains annuels				Budget TTC	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
33 882 kWh	3 892 €	1,4 %	2,3 tCO2	332 560 €	85 ans

#### Subventions CEE

Référence	Action	Valorisation en euros	TRI Brut
BAT-EN-102	Isolation des murs	15 963 €	81 ans

# Volet Electrique

## 5.1 EXTRAPOLATION DES DONNÉES DE CONSOMMATIONS ÉLECTRIQUES PAR USAGE PENDANT UNE ANNÉE



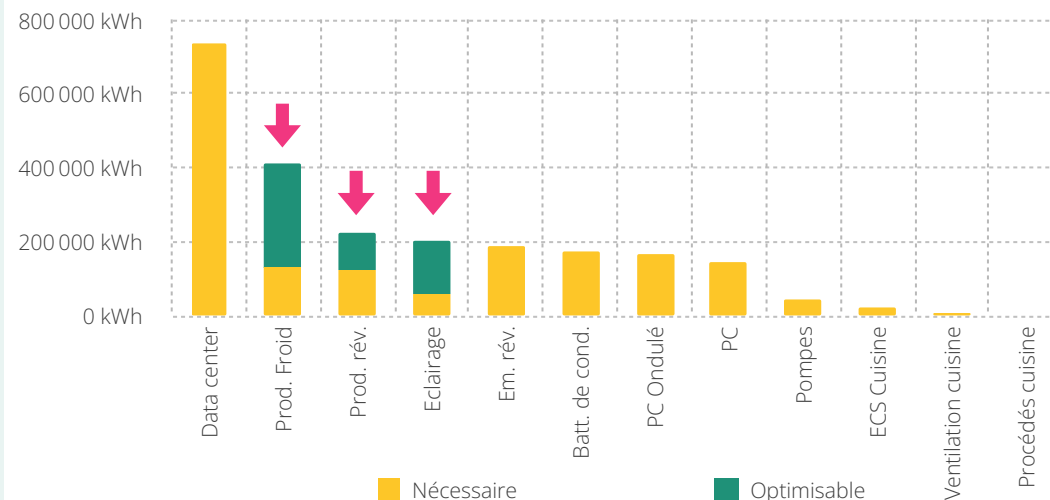
Les consommations d'énergies sont pour la majorité constantes au cours de l'année. La production réversible correspond aux pompes à chaleur du site dont la consommation varie en fonction de la rigueur climatique.

Les data-centers sont l'usage le plus énergivore avec 31,5% de la consommation total du site. La production de froid afin de refroidir les data-center et local onduleur représente 17,6% de la consommation du site.

Ensuite vient la production réversible représentant les 2 PAC principales, la PAC KAHN et BYRON avec 9,7% de la consommation totale.

La méthodologie d'extrapolation est détaillée en annexe.

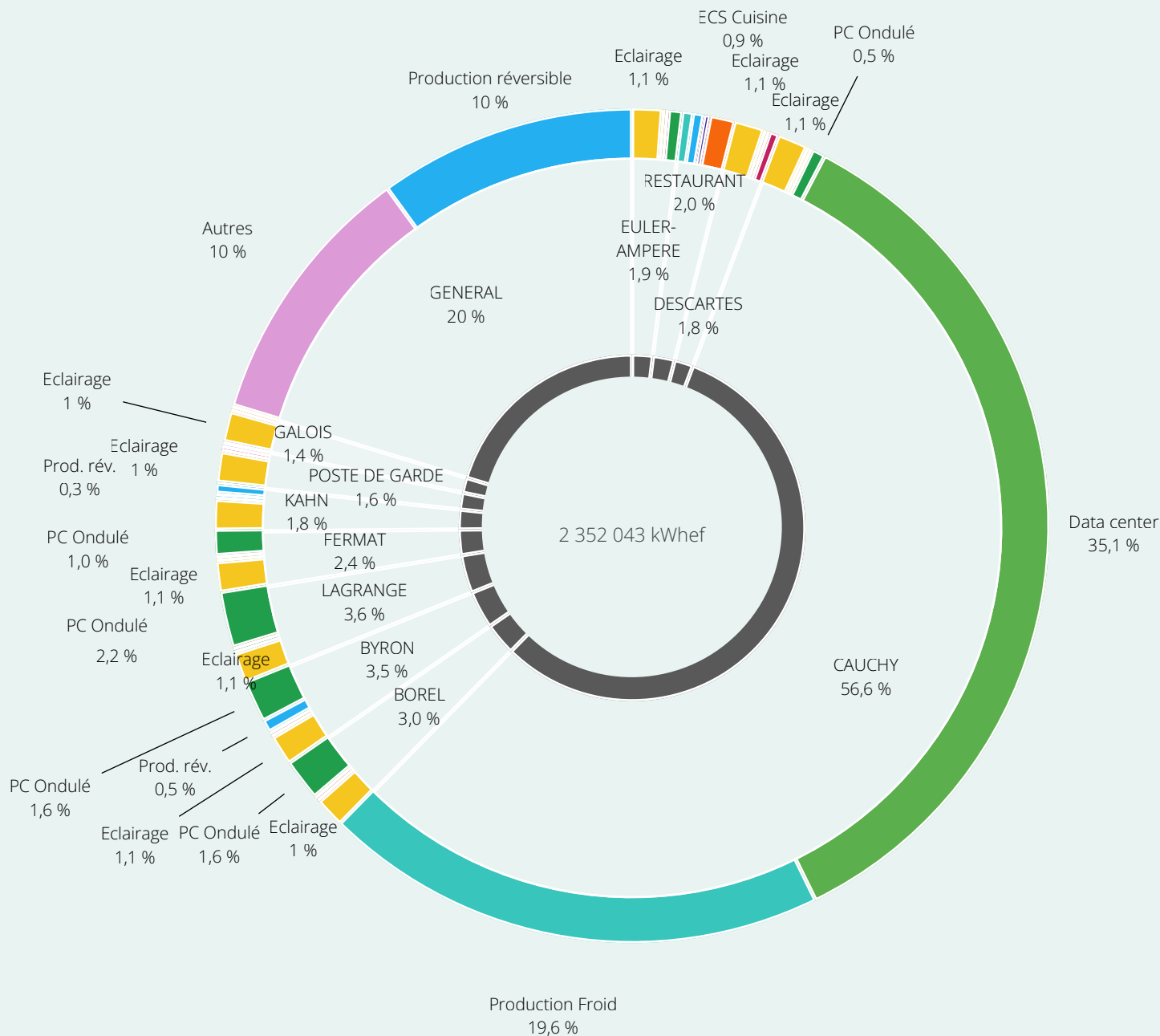
## 5.2 POTENTIEL D'AMÉLIORATION PAR USAGE



### ACTIONS PROGRAMMÉES

L'extrapolation des données a permis d'étudier la pertinence de chaque usage. Après analyse des consommations énergétiques, cinq usages électriques significatifs ressortent : les data-centers, la production de froid, la production réversible, l'éclairage et l'émission réversible.

## RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS PAR ZONE ET PAR USAGE



## Chiffres clés

**56,6 %**

Des consommations du site  
proviennent des data-centers et la  
production de froid associée

**20 %**

Des consommations du site  
proviennent des 2 PAC et ces pompes  
de distribution associées

### 3.1.11.A .

#### ANALYSE DE LA COURBE DE CHARGE DE L'ÉCLAIRAGE RDC LAGRANGE ET CUISINE

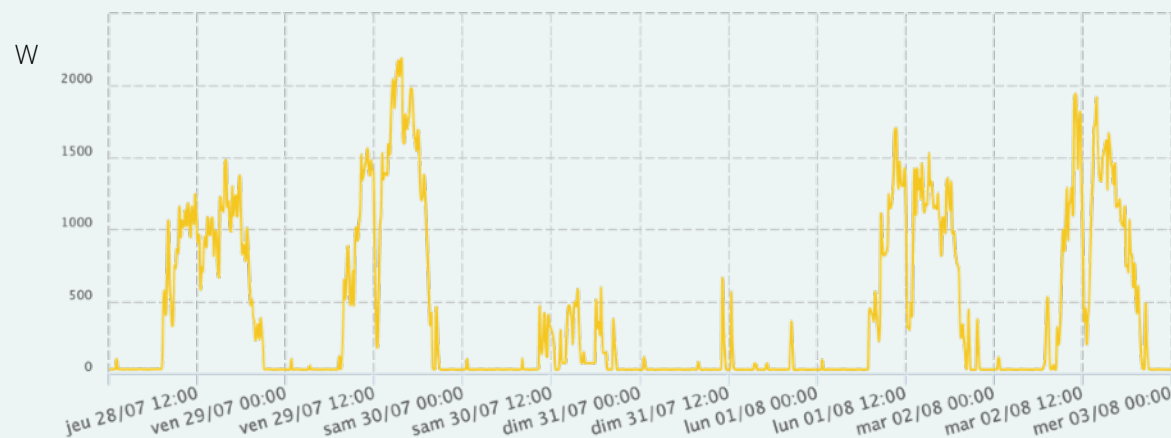
#### CHIFFRES CLÉS DE L'USAGE SUR L'ANNÉE

**8,9 %**  
de la consommation

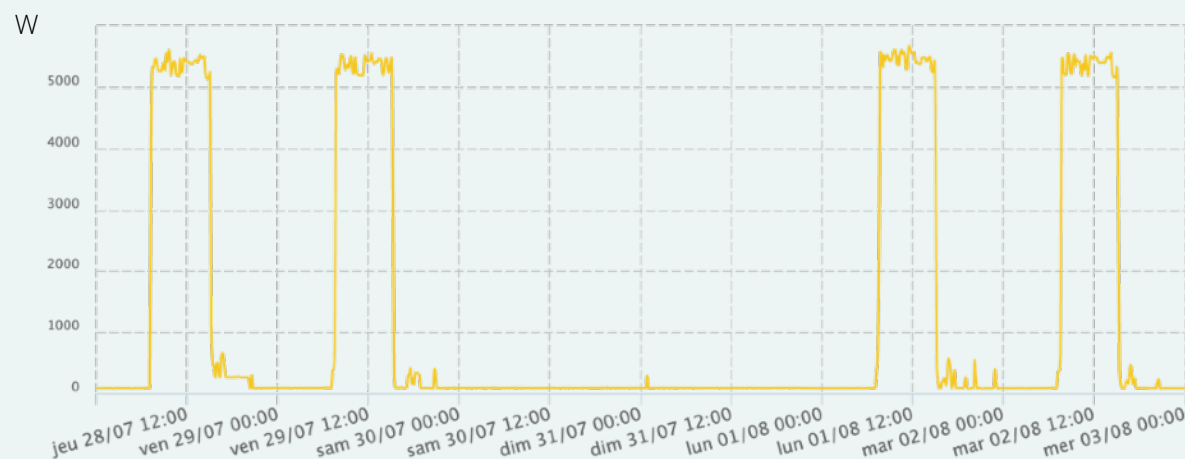
**206 394**  
kWh

#### CONSOMMATIONS D'ÉLECTRICITÉ

PÉRIODE DE MESURE



Eclairage RDC LAGRANGE



Eclairage Cuisine

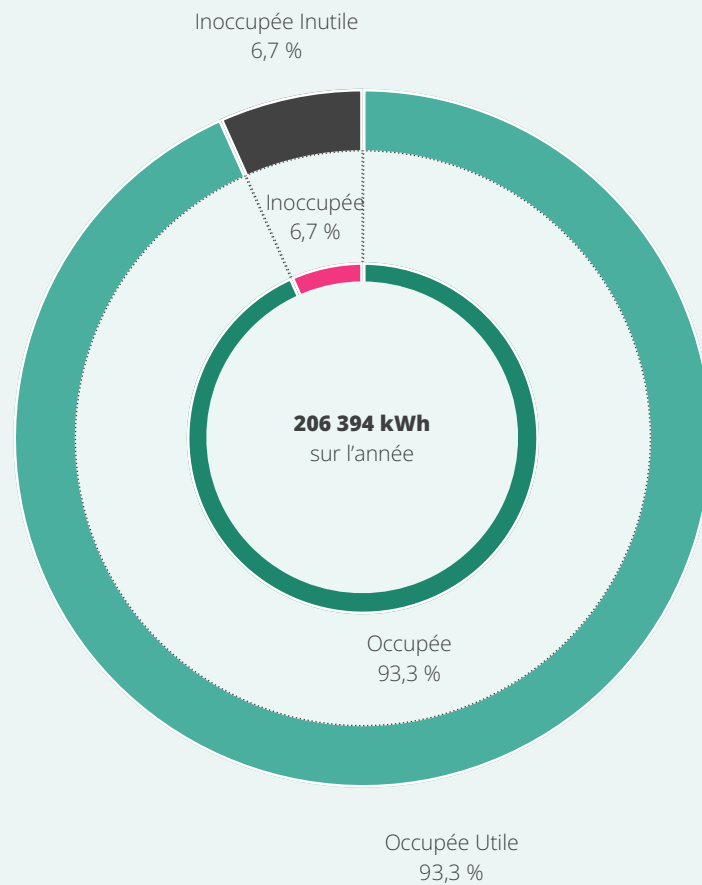
#### OBSERVATIONS DE LA PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

- Bon pilotage de l'éclairage. Cependant cela peut être optimisé avec des détecteurs de présence dans les circulations.
- Eclairage d'ancienne génération. Il serait pertinent de faire un relamping LED sur l'ensemble du site.

## RÉPARTITION DE LA CONSOMMATION PAR PÉRIODE

### Définition des périodes :

La période « Occupée Utile » désigne l'utilisation de l'usage pendant l'occupation du site. La partie « Inoccupée Inutile » désigne la consommation hors occupation du site. Le graphique montre un bon pilotage. Cependant, la partie « Occupée Utile » peut être optimisée.



## ACTIONS À MENER

Nous préconisons de piloter l'usage éclairage via des détecteurs de présence dans les circulations afin de réduire la consommation en période occupée et inoccupée. De plus, nous vous proposons de remplacer complètement la technologie d'éclairage par des luminaires LED dernière génération sur l'ensemble du site.

Le détail des actions est présenté en annexe.

Désignation		Action E : Relamping LED sur l'ensemble du site
Gains annuels	Energie (kWh)	101 188 kWh
	Euros TTC	12 183 €
	% de la consommation	4,3 %
Budget (€ TTC)		279 281 €
Temps de retour sur investissement		7 ans et 10 mois
Valorisation CEE		3 532 €

FOCUS DATA CENTER

Définition des périodes :

La **production de froid process (serveurs)** dans le bâtiment CAUCHY est gérée via **2 Groupes Froids TRANE** et **5 armoires eau glacée** et **1 armoire climatisation à détente directe** assez vieillissantes. Il est intéressant d'installer un kit adiabatique sur chacun des deux groupes froids TRANE afin d'améliorer leur performance ou carrément les remplacer.

Les températures de consigne de froid dans le datacenter et local onduleur est entre 23 et 24°C. Ces dernières sont des températures suffisantes et pertinentes pour ce genre de local.

L'indice de performance énergétique d'un datacenter se mesure par le **PUE**. Celui-ci détermine **l'efficacité avec laquelle un datacenter utilise l'énergie**. Sur le site de Sophia, le **PUE = 1,56** qui montre que le datacenter et son système de refroidissement est performant avec une efficacité de **67%**.

Le local data-center de CAUCHY est grand et demande un besoin en froid important. En confinant les serveurs au froid dans un espace plus restreint, le besoin sera moins important et permet de réaliser des économies sur la production de froid. L'émission en faux plancher sera

PUE	Level of efficiency	DCIE
3.0	Very Inefficient	33%
2.5	Inefficient	40%
2.0	Average	50%
1.5	Efficient	67%
1.2	Very efficient	83%

ACTIONS À MENER

Nous préconisons d'installer un kit adiabatique sur les groupes froids, ainsi qu'un système de free-chilling. De plus, nous préconisons le confinement des allées froides des data-centers.

Le détail des actions est présenté en annexe.

Désignation		Action G : Installation d'un kit adiabatique sur les groupes froids trane cauchy	Action H : Mise en place d'un système de free-chilling sur les groupes froids data-centers	Action I : Confinement des allées froides des data-centers
Gains annuels	Energie (kWh)	47 629 kWh	126 918 kWh	106 598 kWh
	Euros TTC	5 156 €	17 239 €	11 642 €
	% de la consommation	2,0 %	5,4 %	4,6 %
Budget (€ TTC)		28 800 €	72 000 €	60 000 €
Temps de retour sur investissement		5 ans et 7 mois	4 ans et 2 mois	5 ans et 2 mois
Valorisation CEE		-	7 614 €	2 700 €



## 5.4. Actions de performances

### Actions, subventions & financements

Les Certificats d'Économie d'Énergie (CEE ou C2E) sont un dispositif visant à promouvoir les actions d'économies d'énergie. Il a été lancé en 2006 et est encadré par la loi POPE (2005) en réponse à l'entrée en vigueur du protocole de Kyoto.

Pour une action donnée, les CEE vont permettre aux acteurs éligibles de réduire l'investissement nécessaire à la mise en place de cette action et donc son temps de retour sur investissement.

Les industriels, les entreprises du secteur tertiaire, les copropriétaires ainsi que les ménages peuvent tous prétendre aux CEE. Ils ne peuvent en revanche pas obtenir des CEE seuls mais doivent nécessairement passer par un tiers obligé ou éligible.

Référence	Action	Nombre de KWh <sub>cumac</sub> générés	Prix du MWh <sub>cumac</sub>	Équivalent en euros
BAT-EQ-127	Relamping LED	706 300	5 c€/MWh <sub>cumac</sub>	3 532 €
BAT-TH-156	Free-chilling pour les groupes froids data-center	1 522 800		7 614 €
BAT-TH-153	Système de confinement des allées froides du data-center	540 000		2 700 €
BAT-EN-102	Isolation des murs	3 192 576		15 963 €



# ACTION E

## RELAMPING LED

### QUESTIONS SOULEVÉES

- Dans quelle mesure cette action permettrait-elle d'améliorer votre performance énergétique ?
- Quel est le retour sur investissement lié à cette action ?

L'éclairage représente une part de 9% des consommations totales du site. Ceci est principalement dû au fait que les technologies employées sont anciennes.

### Principe de la solution proposée

La visite du site nous a permis de constater que certains luminaires présents étaient d'ancienne génération. Nous préconisons donc leur remplacement par des technologies plus performantes et plus durables.

La technologie LED possède de très nombreux avantages :

- la lumière émise est de grande qualité (faible éblouissement, très bon rendu des couleurs) et permet donc d'améliorer le confort visuel des collaborateurs ;
- elle possède une très bonne efficacité lumineuse : pour un éclairage identique la consommation électrique sera environ 50 % plus faible ;
- la durée de vie des projecteurs est très longue (plus de 50 000h, soit 15 ans d'utilisation) et possède un nombre de cycles d'allumage illimité. Les frais de maintenance sont donc quasiment inexistantes.

Les luminaires LED préconisés viendront remplacer les luminaires existants en 1 pour 1.

Un gain supplémentaire peut être réalisé au niveau de la maintenance lié à la durée de vie de l'équipement.

### Investissement

Existant	Quantité	Préconisation	Quantité	Prix unitaire HT	Coût Total HT
Tube fluo 36W	281	Reglette LED 20W NG	281	31 €	8 762 €
Tube fluo 58W	1009	Tube LED 1x20W 120cm G	1009	27 €	27 243 €
Downlight 18W	3195	Downlight LED 15W NG	3195	11 €	33 835 €
Spot dichroïque 50W	31	Spot LED 5W G	31	7 €	219 €
Downlight 26W	670	Downlight LED 15W NG	670	11 €	7 095 €
Main d'œuvre (heures)				2593 heures	155 580 €
Total HT					232 734 €

Gains annuels				Budget TTC	Temps de Retour sur Investissement	Montant CEE	TRI Brut
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso totale	Impact environnemental tCO2				
101 188 kWh	12 183€ + 19541€ de gain en maintenance	4,2 %	7,0 tCO2	279 281 €	7 ans et 10 mois	3 532 €	7 ans et 9 mois



# ACTION G

## INSTALLATION DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUE EN AUTOCONSOMMATION

### QUESTIONS SOULEVÉES

- Dans quelle mesure cette action permettrait-elle d'améliorer votre performance énergétique ?

En produisant de l'électricité d'origine renouvelable et à faible empreinte carbone, le photovoltaïque permet de limiter l'impact environnemental engendré par nos consommations d'électricité.

### DONNÉES DES CALCULS

- 711 modules PV
- Puissance DC installée : 266,63 kWc
- Puissance Max AC Atteinte : 208,8 kW
- Production d'énergie annuelle : 392,79 MWh
- Productible : 1 473 kWh/kWhc
- Ratio DC/AC : 82 %
- Energie autoconsommée : 381 610 kWh
- Taux d'autoconsommation : 16 %

### Principe de la solution proposée

Avec l'installation de 711 modules photovoltaïques répartie sur les bâtiments CAUCHY, LAGRANGE, BYRON, KAHN et RESTAURANT, nous avons estimé une puissance potentielle de 321,6 kWc soit une production annuelle de 381 610 kWh. Cette production annuelle couvre 16% des besoins électrique de consommation annuel du site.

Nous vous conseillons de privilégier l'**autoconsommation**. En autoconsommation, l'installation de panneaux photovoltaïque permet de réduire sa facture énergétique. C'est ainsi une bonne solution à mettre en place pour atteindre les objectifs fixés par le décret tertiaire.

Afin de réduire le temps de retour sur investissement de l'opération, il serait judicieux de coupler cette action avec d'autres actions qui ont des temps de retour sur investissement plus faible.

A noter qu'il est nécessaire de réaliser une **étude de faisabilité** afin de s'assurer que la structure du toit peut supporter les panneaux photovoltaïques.

Le **productible** est défini en fonction de la **zone géographique** d'installation des panneaux.

Usage	Gains annuels				Budget TTC	Temps de Retour sur Investissement
	Energie (kWh)	Euros (€)	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
Tous usages	381 610 kWh	43 912 €	<b>16,4 %</b>	23,2 tCO2	578 930 €	13 ans et 2 mois

# ACTION G

## INSTALLATION DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUE EN AUTOCONSOMMATION

### QUESTIONS SOULEVÉES

- Dans quelle mesure cette action permettrait-elle d'améliorer votre performance énergétique ?

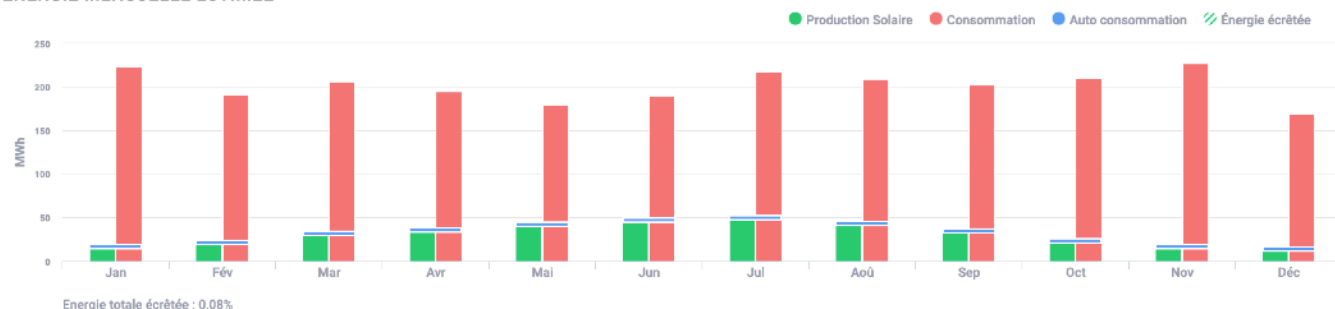
En produisant de l'électricité d'origine renouvelable et à faible empreinte carbone, le photovoltaïque permet de limiter l'impact environnemental engendré par nos consommations d'électricité.

### DONNÉES DES CALCULS

- 711 modules PV
- Puissance DC installée : 266,63 kWc
- Puissance Max AC Atteinte : 208,8 kW
- Production d'énergie annuelle : 392,79 MWh
- Productible : 1 473 kWh/kWhc
- Ratio DC/AC : 82 %
- Energie autoconsommée : 381 610 kWh
- Taux d'autoconsommation : 100 %
- Taux d'auto production : 16 %



### ÉNERGIE MENSUELLE ESTIMÉE



# ACTION H

## INSTALLATION D'UN KIT ADIABATIQUE SUR LES GROUPES FROIDS TRANE CAUCHY

### QUESTIONS SOULEVÉES

- Dans quelle mesure cette action permettrait-elle d'améliorer votre performance énergétique ?

Cette solution permet une réduction de 12 à 20 % de la consommation des groupes froids.

### Principe de la solution proposée

Un kit adiabatique est une solution simple permettant de réduire les consommations électriques des groupes froids. Le principe est de réduire la température d'air entrant dans le condenseur du groupe froid en plaçant un média humidifié sur la trajectoire du flux d'air entrant.

Le kit adiabatique a pour autre avantage d'augmenter la capacité du groupe frigorifique. Cette solution évite un surdimensionnement des groupes froids dans l'éventualité de leur remplacement. Certains modèles permettent de protéger les condenseurs de la rouille, de la poussière et de la lumière du soleil.

Cette solution a pour seul inconvénient d'augmenter très légèrement la consommation d'eau (2% environ).

### Equipements

Préconisation	Quantité	Prix unitaire TTC	Coût Total
Kit adiabatique	2	14 400 €	28 800 €
Total			28 800 €

### Tableau des gains

Gains annuels				Budget TTC	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
47 629 kWh	5 156 €	<b>2,0 %</b>	3,1 tCO2	28 800 €	5 ans et 7 mois



# ACTION I

## MISE EN PLACE D'UN SYSTÈME DE FREE-CHILLING SUR LES GROUPES FROIDS DATA-CENTERS

### QUESTIONS SOULEVÉES

- En quoi cette solution est pertinente dans le cadre du projet ?

Le coefficient de performance énergétiques des data-centers, le PUE montre que la production de froid serveurs est efficace mais peut être améliorée et optimisée.

### Principe de la solution proposée

Un local informatique fonctionne 24 h/24. Pour le refroidir, le groupe frigorifique tourne toute l'année, même en hiver. Le local data-center n'est pas équipé d'entrée d'air extérieur, il est difficile voire impossible de profiter directement de la fraîcheur de l'air par un refroidissement en mode "free cooling". Cependant, le free-chilling est la solution la plus adéquat au bâtiment CAUCHY.

Lorsque la température extérieure descend sous les 8 à 10°C, on peut fabriquer de l'eau glacée sans utiliser le groupe frigorifique. L'eau est directement refroidie par l'air extérieur et la machine frigorifique est mise à l'arrêt.

Pour installer un système de free-chilling, il est nécessaire d'installer une tour de refroidissement avec évaporation d'eau et un échangeur en amont du condenseur et évaporateur du groupe froid existant.

Cependant, il peut y avoir une problématique de gel de l'eau glacée en cas de basse température extérieure. L'eau glycolée est la meilleure solution pour parer à cela mais à un coût onéreux.

L'investissement pour la fourniture de ces équipements est d'environ 72 k€TTC.

### Tableau des gains

Gains annuels				Budget TTC	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
126 918 kWh	17 239 €	<b>5,2 %</b>	10,6 tCO2	72 000 €	4 ans et 2 mois

### Subventions CEE

Référence	Action	Valorisation en euros	TRI Brut
BAT-TH-156	Free-chilling pour les groupes froids data-center	<b>7 614 €</b>	3 ans et 8 mois

# ACTION J

## CONFINEMENT DES ALLÉES FROIDES DES DATA-CENTERS

### QUESTIONS SOULEVÉES

- En quoi cette solution est pertinente dans le cadre du projet ?

Le coefficient de performance énergétiques des data-centers, le PUE montre que la production de froid serveurs est efficace mais peut être améliorée et optimisée.

### Principe de la solution proposée

Les systèmes de refroidissement traditionnels comme le refroidissement périmétrique avec un plénum de faux-plancher, comme sur le site de SOPHIA, ne sont plus suffisants.

Le confinement des data-centers dans une allée froide vise à mieux canaliser les flux d'air froid et chaud afin de refroidir plus efficacement les équipements informatiques. Le système repose sur la mise en place de portes ou de rideaux empêchant le mélange d'air fourni et d'air repris. Lorsque les portes ferment les allées chaudes, on parle de confinement d'allée chaude. Dans le cas de fermeture des allées froides, il sera question de confinement d'allée froide.

Un système de confinement efficace peut générer une économie d'énergie non négligeable pour le refroidissement des serveurs. Par ailleurs, un confinement d'allée froide va permettre de maintenir plus longtemps une température optimale et une besoin en température plus faible. Le gain sur la température de consigne froide est d'environ 5°C.

### Tableau des gains

Gains annuels				Budget TTC	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
106 598 kWh	11 642 €	<b>4,4 %</b>	7,0 tCO2	60 000 €	5 ans et 2 mois

### Subventions CEE

Référence	Action	Valorisation en euros	TRI Brut
BAT-TH-153	Système de confinement des allées froides du data-center	2 700 €	4 ans et 11 mois

# ACTION K

## REPLACEMENT DES EXTRACTEURS DU SITE ET PILOTAGE PAR HORLOGE

### QUESTIONS SOULEVÉES

- En quoi cette solution est pertinente dans le cadre du projet ?

Un extracteur simple flux autoréglable fonctionne en continu et s'adapte à la pression afin de garantir le même débit quel que soit le local concerné. Ce fonctionnement engendre d'importantes dépenses énergétiques et peut être amélioré grâce à un extracteur hygroréglable et avec un moteur performant.

### Principe de la solution proposée

Lors de la visite du site, nous avons observé le vieillissement des extracteurs en toiture des différents bâtiments. Les moteurs ne sont pas performants et fonctionnent de manière continue.

Afin de diminuer la dépense énergétique, la mise en place d'une ventilation sur horloge et des moteurs performants permettrait de piloter suivant l'occupation avec des nouveaux moteurs actuels.

L'action concerne les 22 extracteurs en toiture du site.

En mettant en place cette action, il est possible d'économiser jusqu'à 1% de la consommation totale sur le site.

Gains annuels				Budget TTC	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
22 484 kWh	8 094 €	1 %	0 tCO2	24 200 €	3 ans



# ACTION M

## REMPLACEMENT DE LA CTA EULER

### QUESTIONS SOULEVÉES

- En quoi cette solution est pertinente dans le cadre du projet ?

La CTA EULER est vieillissante et hors service depuis quelque temps. Il est pertinent de la remplacer par une CTA récente et performante.

### Principe de la solution proposée

Lors de la visite de la toiture des bâtiment RESTAURANT, EULER, AMPERE, nous avons constaté que la CTA du RESTAURANT était récente mais celle de EULER est hors service dû à sa vétusté.

Un CTA récente et plus performante permettra de d'optimiser le fonctionnement de l'équipement tout en améliorant ses performances et le confort des occupants.

### Tableau des gains

Gains annuels				Budget TTC	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
9 598 kWh	3 455 €	0 %	0,61 tCO2	50 000 €	14 ans et 6 mois

# ACTION N

## INTÉGRER LES BÂTIMENTS KAHN ET BYRON À LA BOUCLE D'EAU

### QUESTIONS SOULEVÉES

- En quoi cette solution est pertinente dans le cadre du projet ?

Le fluide frigorigène des ces pompes à chaleur ne sont plus conforme aux normes actuelles. De plus, ces équipements sont vieillissants.

### Principe de la solution proposée

Les bâtiments KAHN et BYRON ne sont pas alimentés par les deux pompes à chaleur principales CARRIER mais possèdent leurs propres pompes à chaleur AERMEC. Celles-ci sont vieillissantes et peu performantes, datant de 2006.

Il serait pertinent de retirer ces 2 pompes à chaleur et intégrer les bâtiments KAHN et BYRON à la boucle d'eau principale alimentée par les 2 PAC CARRIER.

Tableau des gains

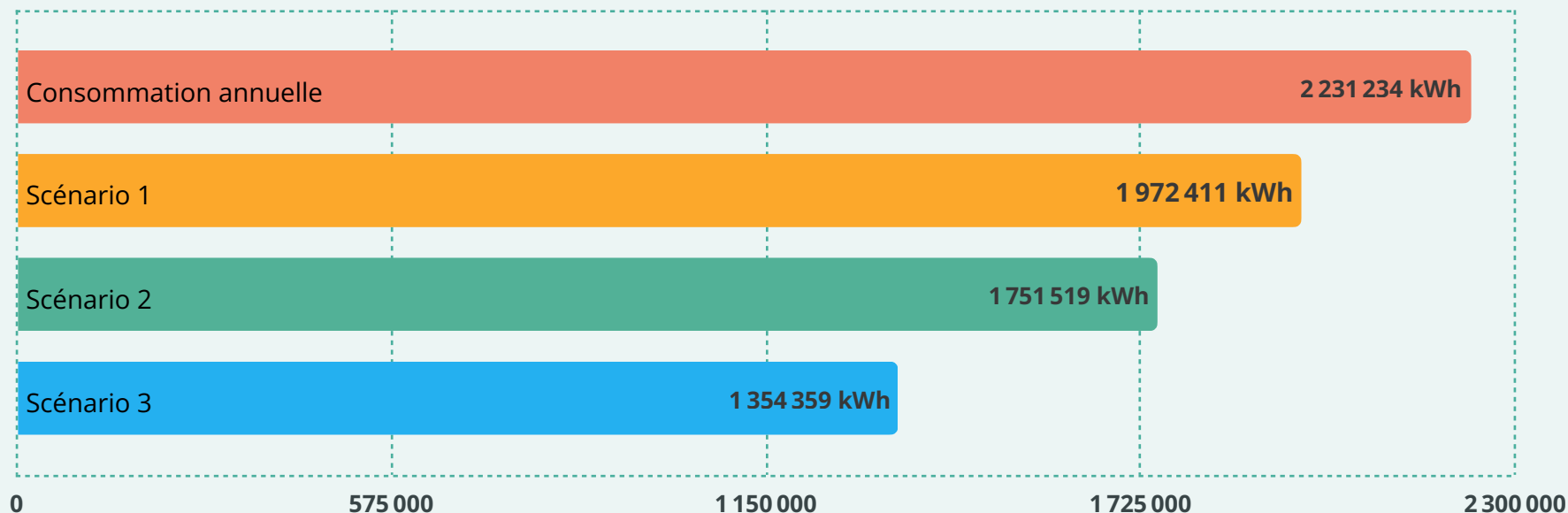
Bâtiment	Gains annuels				Budget TTC	Temps de Retour sur Investissement
	Energie (kWh)	Euros (€)	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
BYRON	35 992 kWh	12 958 €	2 %	2,3 tCO2	200 000 €	15 ans et 5 mois
KAHN	23 994 kWh	8 638 €	2 %	1,5 tCO2	200 000 €	23 ans et 2 mois
<b>TOTAL</b>	<b>59 986 kWh</b>	<b>21 596 €</b>	<b>4 %</b>	<b>3,8 tCO2</b>	<b>400 000 €</b>	<b>18 ans et 6 mois</b>

5.5. RÉCAPITULATIF DES ACTIONS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIES

Désignation	Origine de l'action	Usage	Type d'énergie	Gains annuels				Budget (€) TTC	TRI Hors CEE	CEE (€)	TRI Brut
				Energie (kWh)	Euros (€)	% conso totale	Impact carbone				
TRI entre 1 an et 4 ans											
Action I. Mise en place d'un système de free-chilling sur les groupes froids data-centers	Citron	Production de froid	Electricité	126 918 kWh	17 239 €	5,2 %	10,6 tCO2	72 000 €	4 ans et 2 mois	7 614 €	3 ans et 8 mois
TRI supérieur à 4 ans											
Action J. Confinement des allées froides des data-centers	Citron	Production de froid	Electricité	106 598 kWh	11 642 €	4,4 %	7,0 tCO2	60 000 €	5 ans et 2 mois	2 700 €	4 ans et 11 mois
Action H. installation d'un kit adiabatique sur les groupes froids Trane CAUCHY	Citron	Production de froid	Electricité	47 629 kWh	5 156 €	2,0 %	3,1 tCO2	28 800 €	5 ans et 7 mois	0 €	5 ans et 7 mois
Action E. Relamping LED sur l'ensemble du site	Citron	Eclairage	Electricité	101 188 kWh	10 153€ + 19 541€ de gain en maintenance	4,2 %	7,0 tCO2	232 734 €	7 ans et 10 mois	3 532 €	7 ans et 9 mois
Action K. Remplacement des 22 extracteurs et mise en place d'une horloge	SAGE	Ventilation	Electricité	22 484 kWh	2 707 €	1,0 %	0 tCO2	24 200 €	9 ans	0 €	9 ans
Action G. Installation de panneaux Photovoltaïque en autoconsommation	Citron	Tous usages	Electricité	381 610 kWh	43 912 €	16,4 %	23,2 tCO2	578 930 €	13 ans et 2 mois	0	13 ans et 2 mois
Action N. Intégration du bâtiment BYRON à la boucle d'eau	SAGE	Production réversible	Electricité	35 992 kWh	12 958 €	2,0 %	2,3 tCO2	200 000 €	15 ans et 5 mois	0 €	15 ans et 5 mois
Action N. Intégration du bâtiment KAHN à la boucle d'eau	SAGE	Production réversible	Electricité	23 994 kWh	8 638 €	2,0 %	1,5 tCO2	200 000 €	23 ans et 2 mois	0 €	15 ans et 5 mois
Action M. Remplacement de la CTA EULER	SAGE	CTA	Electricité	9 598 kWh	1 156 €	0,0 %	0,61 tCO2	50 000 €	43 ans et 2 mois	0 €	43 ans et 2 mois
Action C. Isolation thermique par l'extérieur des parois verticales des bâtiments anciens	STD	Production réversible	Electricité	33 882 kWh	3 892 €	1,4 %	2,3 tCO2	332 560 €	85 ans	15963 €	81 ans
Action B. Mise en place de films solaires sur les fenêtres de l'ensemble du site	STD	Production réversible	Electricité	16 792 kWh	1 834 €	0,7 %	1,1 tCO2	215 101 €	117 ans	0 €	117 ans

A noter que la combinaison des actions impactant le même usage ne peut s’obtenir en sommant les actions individuellement

## 5.6. SCÉNARIO TOTAL SITE



### PLANS D'ACTIONS PAR RAPPORT A L'ANNÉE D'ÉTUDE 2021

Le **premier scénario** prend en compte les actions I, J et H. Le pourcentage d'économies pour ce scénario est de **11,6 %**, permettant d'économiser **34 037€ par an**, avec un investissement de **160 800 €** pour un TRI de **4 ans et 8 mois**, la valorisation CEE étant de **10 314 €**.

Le **deuxième scénario** reprend les mêmes actions que précédemment, mais à cela s'ajoute **toutes les actions hormis isolation et panneaux photovoltaïque**. Le pourcentage d'économies pour ce scénario est de **21,5 %**, permettant d'économiser **91 024 €** pour **1 082 835 €** d'investissement, soit un TRI total de **11 ans et 10 mois**, la valorisation CEE étant de **13 846 €**.

Le **troisième scénario**, prend en compte **toutes les actions**. Le pourcentage d'économies pour ce scénario est de **39,3 %**, permettant d'économiser **138 828 €** pour **1 994 325 €** d'investissement, soit un TRI total de **14 ans et 4 mois** la valorisation CEE étant de **29 809 €**.

5.7. SCÉNARIOS DÉCRET TERTIAIRE

		Année de référence	Année d'étude 2021	Objectif décret tertiaire 2030	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Bilan énergétique							
Consommation d'énergie corrigée de la variation climatique (kWhef/m²/an)		65,8	56,0	39,5	54,9	50,0	40,1
Pourcentage de réduction de consommation par rapport à l'année d'étude 2021					2,0 %	10,6 %	28,4 %
Equivalent des gains carbone					1,8 tCO2	7,5 tCO2	19,6 tCO2
Bilan financier							
Investissement total - hors subventions					116 649 €	298 660 €	1 044 273 €
Actions	Action E. Relamping LED sur les bâtiments tertiaires				116 649 €	116 649 €	116 649 €
	Action B. Mise en place de films solaires sur les fenêtres de bâtiments tertiaires					107 811 €	107 811 €
	Action C. Isolation thermique par l'extérieur des parois verticales des bâtiments tertiaires						166 683 €
	Action G. Installation de panneaux Photovoltaïque en autoconsommation pour les bâtiments tertiaires						578 930 €
	Action M. Remplacement de la CTA EULER				50 000 €	50 000 €	50 000 €
	Action K. Remplacement des extracteurs et mise en place d'une horloge des bâtiments tertiaires				24 200 €	24 200 €	24 200 €
Subventions mobilisables (CEE)					1 770 €	1 770 €	19 637 €
Economie financière annuelle totale					4 812 €	28 538 €	49 003 €
Temps de retour sur investissement avec CEE					24 ans et 2 mois	10 ans et 6 mois	21 ans et 3 mois

Les actions Décret Tertiaire sont adaptés aux bâtiments uniquement Tertiaire (CAUCHY, DESCARTES, EULER, FERMAT, LAGRANGE, RESTAURANT, POSTE DE GARDE).

Le chiffrage des investissements et des gains d'économies d'énergies concernant les bâtiment Tertiaire ci-dessus.

## 06. Annexe. 1

### MÉTHODOLOGIE D'EXTRAPOLATION DES CONSOMMATIONS



Cette annexe a pour but de présenter la méthodologie ainsi que les hypothèses ayant servi à extrapoler les consommations électriques collectées sur une semaine à l'année.

### MÉTHODOLOGIE DE L'EXTRAPOLATION DES MESURES ÉLECTRIQUES

La mesure des consommations électriques a été effectuée sur une période de 6 jours en Juillet. La visite du site, les informations fournies par les occupants, les mesures effectuées, les relèves de compteurs et le total de la consommation électrique de l'année 2021 nous ont permis d'évaluer la répartition de la consommation par usage sur l'année.

La méthode suivante a été retenue afin d'obtenir une extrapolation des consommations annuelles par usage, qui s'approche au mieux de la réalité :

1. Nous avons décomposé la consommation mesurée pendant la période de mesure en période d'inoccupation et d'occupation pour les usages d'éclairage, PC, PC ondulé et émission réversible dans les bâtiments.
2. Nous considérons que le pourcentage de répartition entre période d'occupation et d'inoccupation reste constant pendant toute l'année. En effet, cette répartition dépend de l'utilisation du site et non de la saisonnalité.
3. Nous avons récolté les consommations via la GTB qui est télérelevé tous les mois pour les usages générales : départ bâtiment, pompes à chaleurs, data-center, production de froid et pompes de distribution.
4. Nous prenons l'hypothèse que certains usages consomment de manière constante tout au long de l'année, sauf en période estivale ou l'activité diminue :
  - prises de courant
  - serveurs, data-center
  - ventilation
  - usages informatiques
  - procédés de cuisine
  - éclairage
  - Autres
5. Nous prenons l'hypothèse que certains usages varient en fonction de la rigueur climatique :
  - Pompes à chaleurs

## 06. Annexe. 2

### MÉTHODOLOGIE DE RECUEIL DES INFORMATIONS ET DOCUMENTS



Cette annexe a pour but de présenter la méthodologie de recueil d'information ainsi que les hypothèses ayant servi à l'étude de l'audit énergétique.

### MÉTHODOLOGIE DE RECUEIL DES INFORMATIONS

L'INRIA a mis en place une plateforme de partage de documents en ligne entre les différents acteurs du projet d'accompagnement au Décret Tertiaire : INRIA chef de projet, INRIA responsable de site, SAGE ENERGIE et CITRON.

Le responsable du site de SOPHIA a pu déposer les éléments suivants :

- Plans DWG du site
- Schémas des systèmes CVC
- Inventaire technique des équipements énergétiques (cuisine, CVC, éclairage, pompes, etc.)
- Rapport d'exploitation de maintenance

Pour la suite de l'étude, nous nous sommes également appuyé sur des données terrain :

- Boitiers de mesure de consommation des départs mesurés
- Tableau de suivi des consommations et compteurs de 2018 à 2022.
- Tableau de facturation et consommations des fluides de 2018 à 2022
- Export des compteurs de 2021 via la GTC
- Tableau d'occupation par bâtiment et d'exploitation des locaux entre Tertiaire et Recherche

Ces données nous ont permis de réaliser l'audit énergétique complet du site de Sophia ainsi que la simulation thermique dynamique.

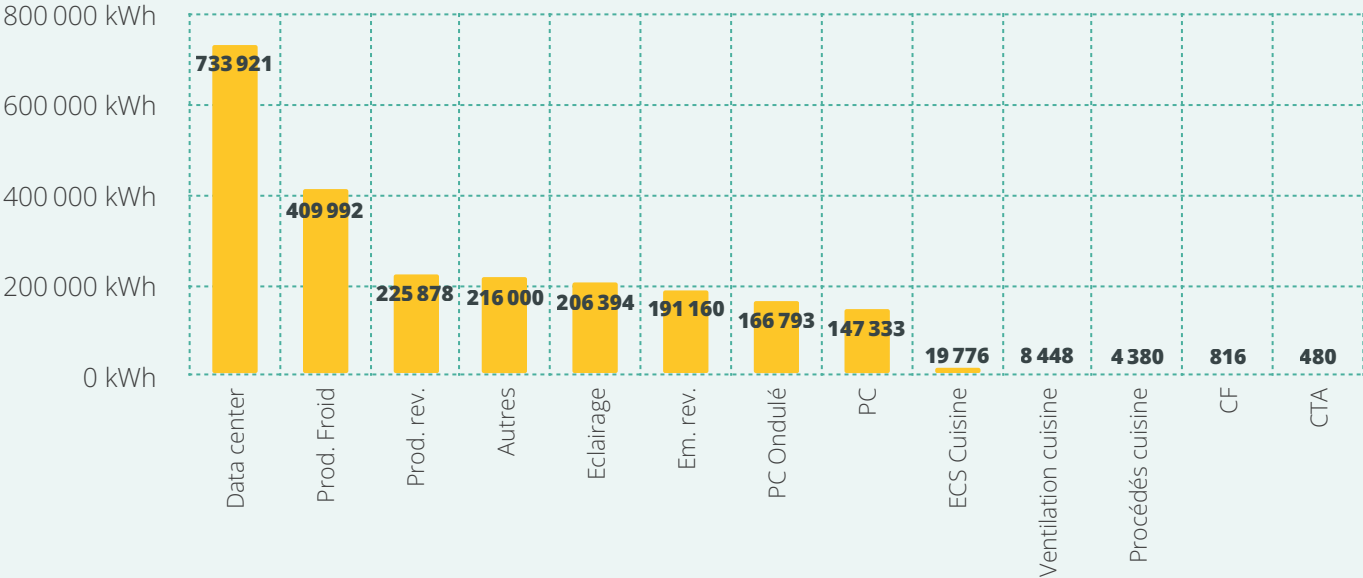
# 06. Annexe 3

## DONNÉES OBTENUES PAR MESURE SUR LE SITE DE INRIA SOPHIA



Cette annexe a pour but de présenter l'intégralité des données mesurées lors de notre étude.

Les courbes de consommations font l'objet d'une analyse conjointe avec nos interlocuteurs.

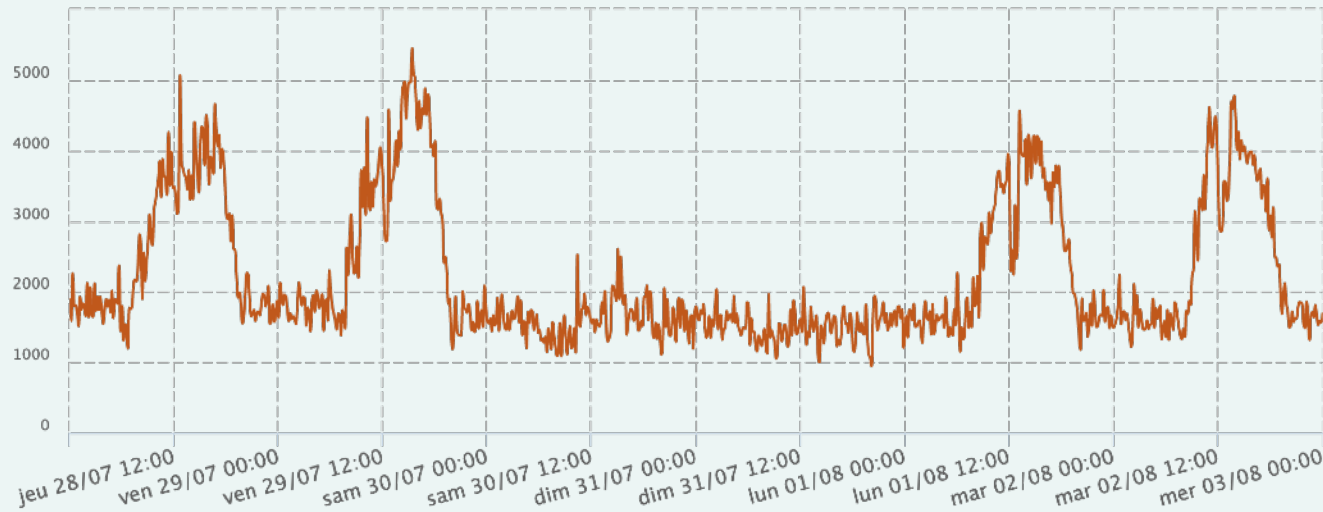


### RÉCAPITULATIF DES ACTIONS À MENER

Usage	Consommation sur l'année	Pourcentage du total	Optimisation	Investissement
Data center	733921	31,5 %		Oui
Production Froid	409992	17,6 %		Oui
Production réversible	225878	9,7 %	Oui	Oui
Autres	216000	9,3 %		
Eclairage	206394	8,9 %	Oui	Oui
Emission réversible	191160	8,2 %		
PC Ondulé	166793	7,2 %		
PC	147333	6,3 %		
ECS Cuisine	19776	0,8 %		
Ventilation cuisine	8448	0,4 %		
Procédés cuisine	4380	0,2 %		
CF	816	0,0 %		
CTA	480	0,0 %		



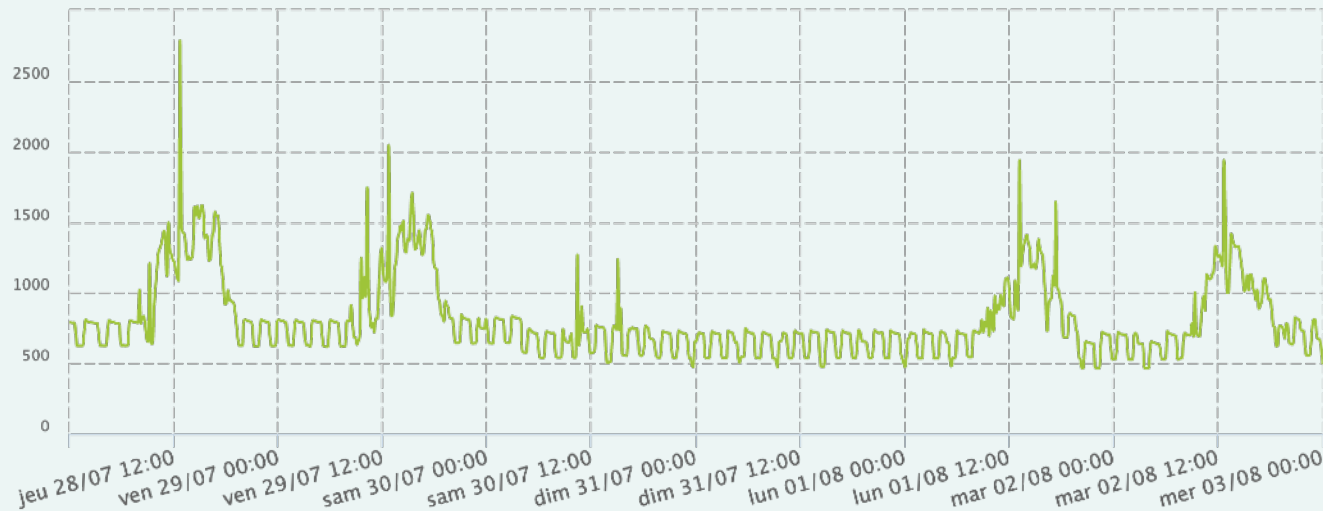
## CONSOMMATIONS MESURÉES DANS LE BÂTIMENT LAGRANGE



**Tableau Divisionnaire RDC LAGRANGE : 318 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

- Consommation en adéquation avec l'usage du bâtiment.
- Talon de consommation autour de 1 500 W en période inoccupé
- Appel de puissance maximal de 5 500 W

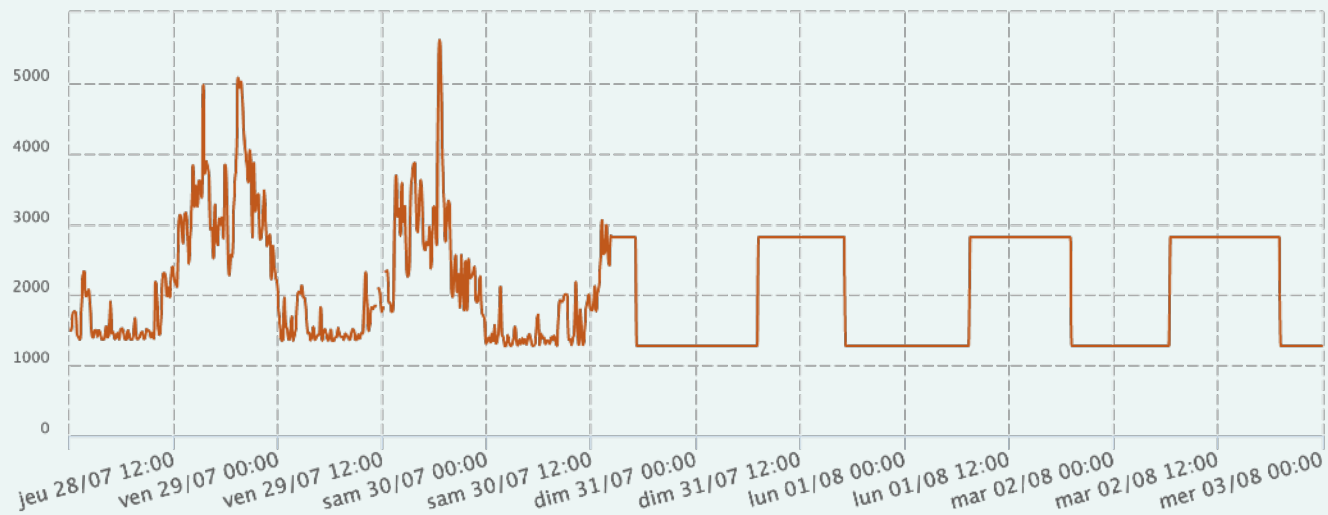


**Général Prises de Courant RDC LAGRANGE : 116 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

- Consommation en adéquation avec l'usage du bâtiment.
- Talon de consommation entre 400 et 800 W en période inoccupé

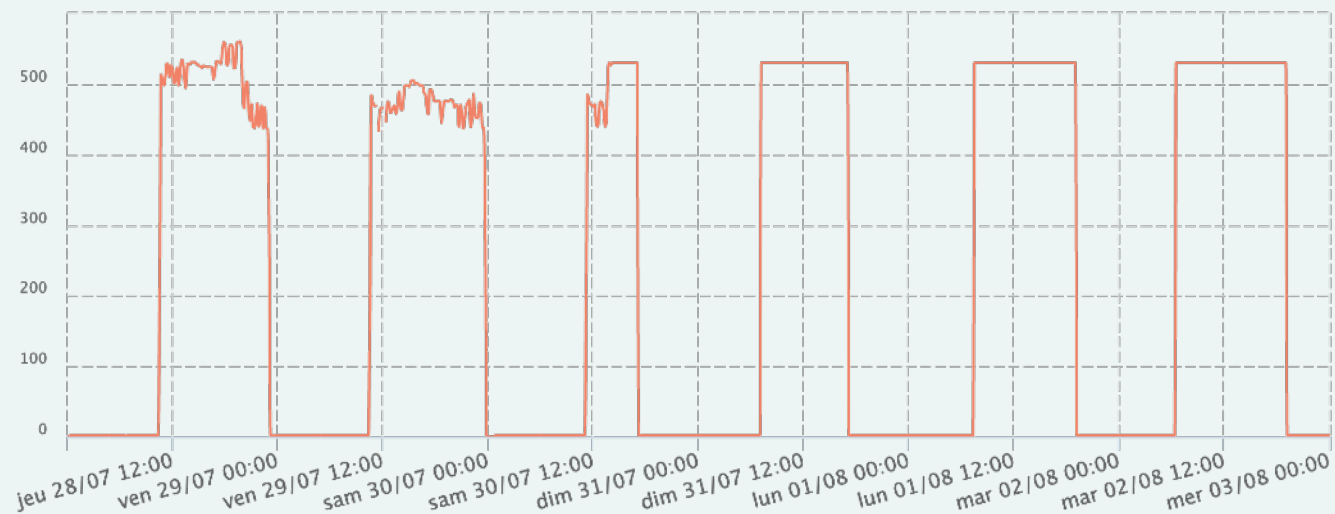
## CONSOMMATIONS MESURÉES DANS LE BÂTIMENT CAUCHY



**Tableau Divisionnaire RDC CAUCHY : 294 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

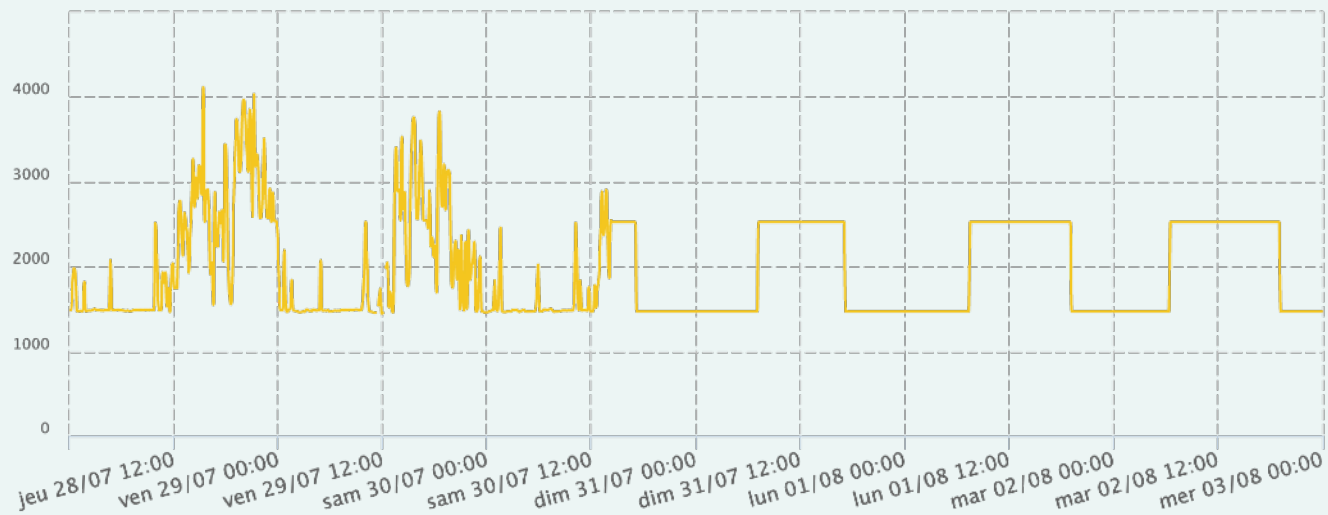
- Coupure de la mesure à partir de samedi à 14h.
- Consommation en adéquation avec l'usage du bâtiment.
- Talon de consommation à 1 500 W en période inoccupé.



**Général ventilo-convecteur RDC CAUCHY : 34 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

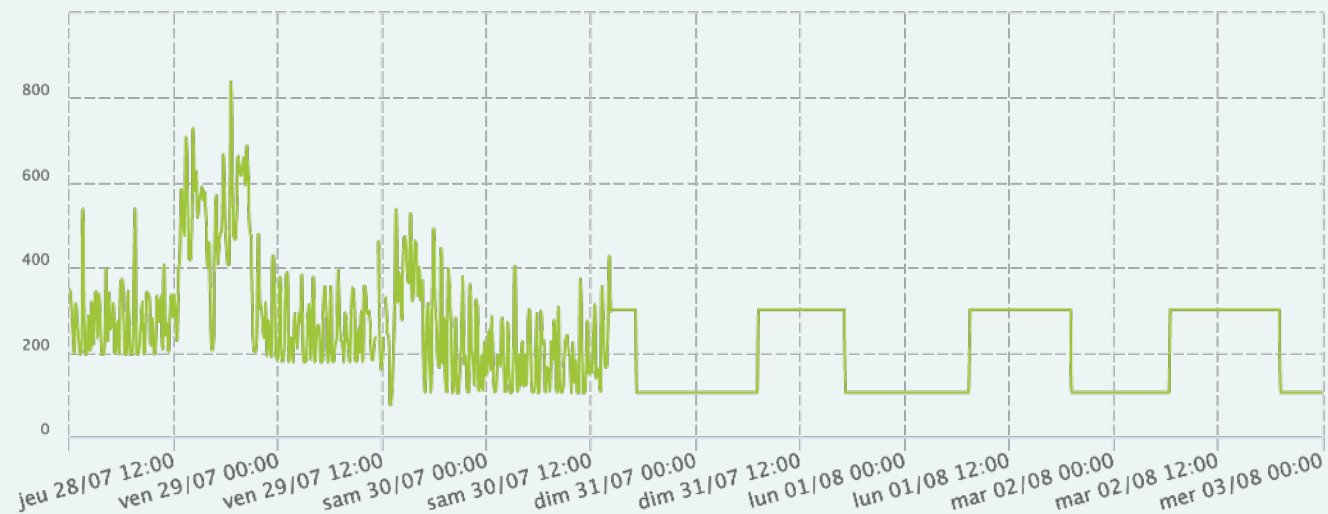
- Coupure de la mesure à partir de samedi à 14h.
- Consommation en adéquation avec l'usage du bâtiment.
- Pas de talon de consommation en période inoccupé.



**Général éclairage RDC CAUCHY : 281 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

- Coupure de la mesure à partir de samedi à 14h.
- Consommation en adéquation avec l'usage du bâtiment.
- Talon de consommation élevé à 1 500 W en période inoccupée.

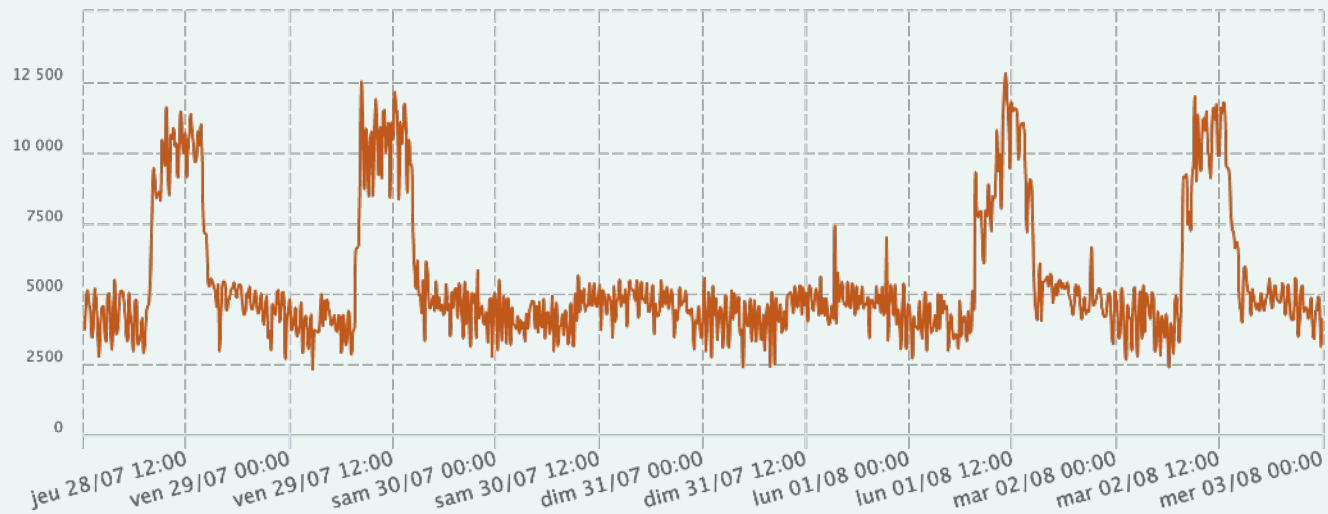


**Général Prises de courants RDC CAUCHY : 33 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

- Coupure de la mesure à partir de samedi à 14h.
- Consommation en adéquation avec l'usage du bâtiment.
- Talon de consommation élevé à 150 W en période inoccupée.

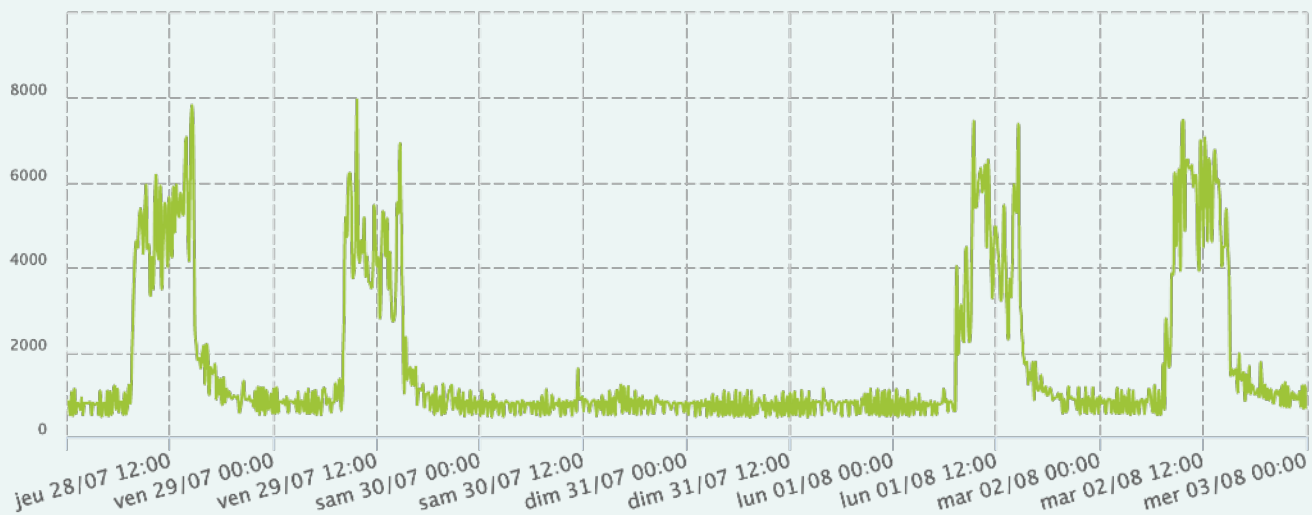
## CONSOMMATIONS MESURÉES DANS LA CUISINE



**Tableau divisionnaire Extension Cuisine : 777 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

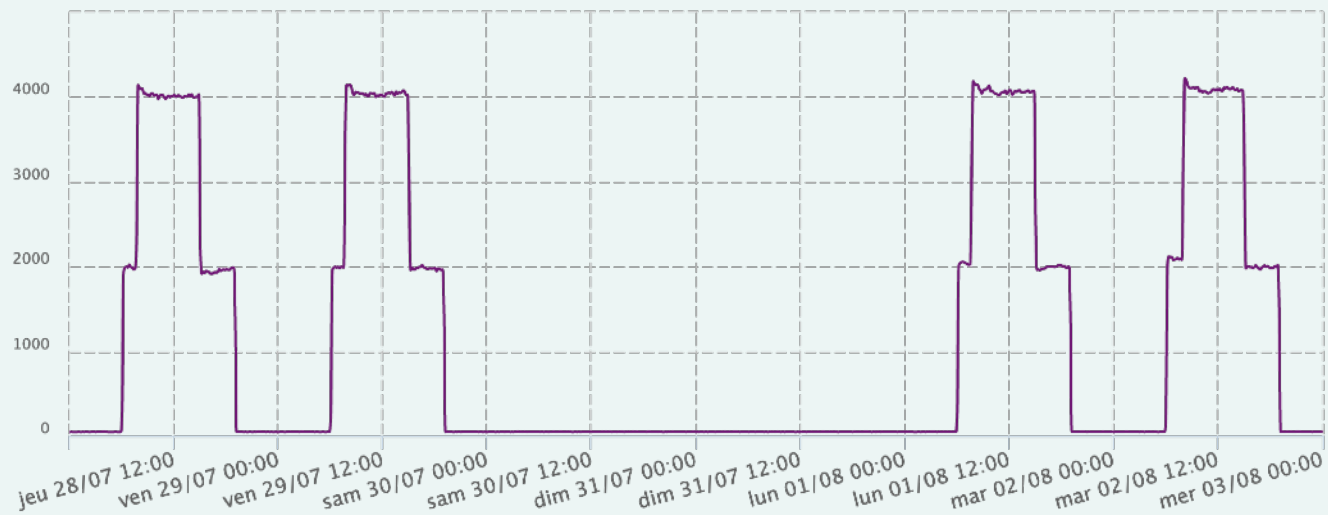
- Consommation en adéquation avec l'utilisation du bâtiment
- Talon de consommation autour de 4 500 W en période inoccupée



**Général Prises de courant Cuisine : 241 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

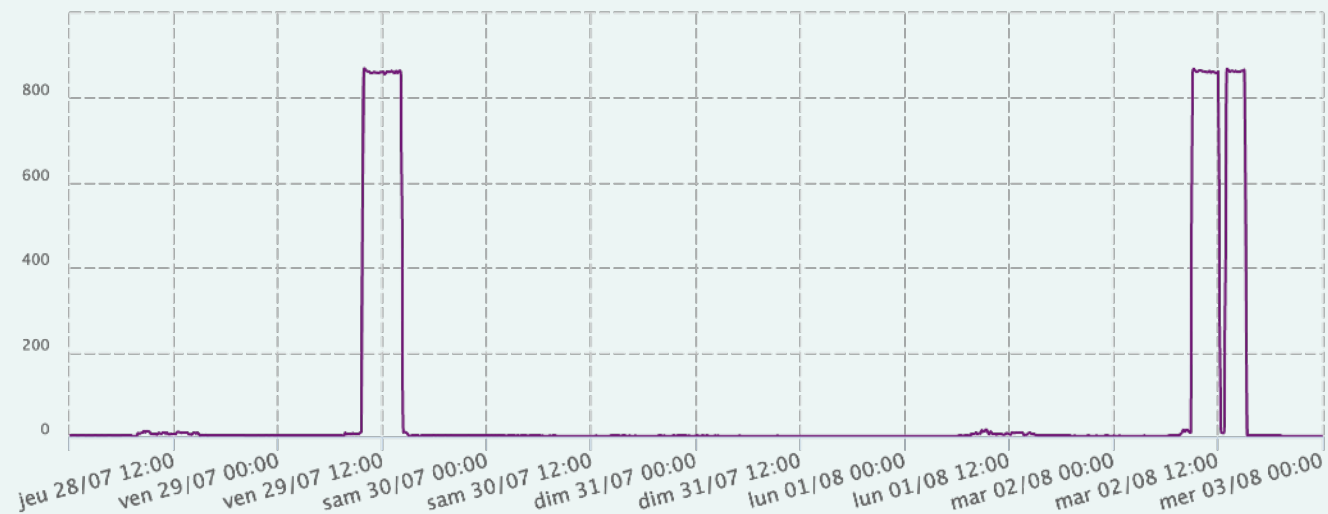
- Consommation en adéquation avec l'utilisation du bâtiment
- Talon de consommation autour de 1 000 W en période inoccupée



**Hotte Cuisine CTA : 168 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

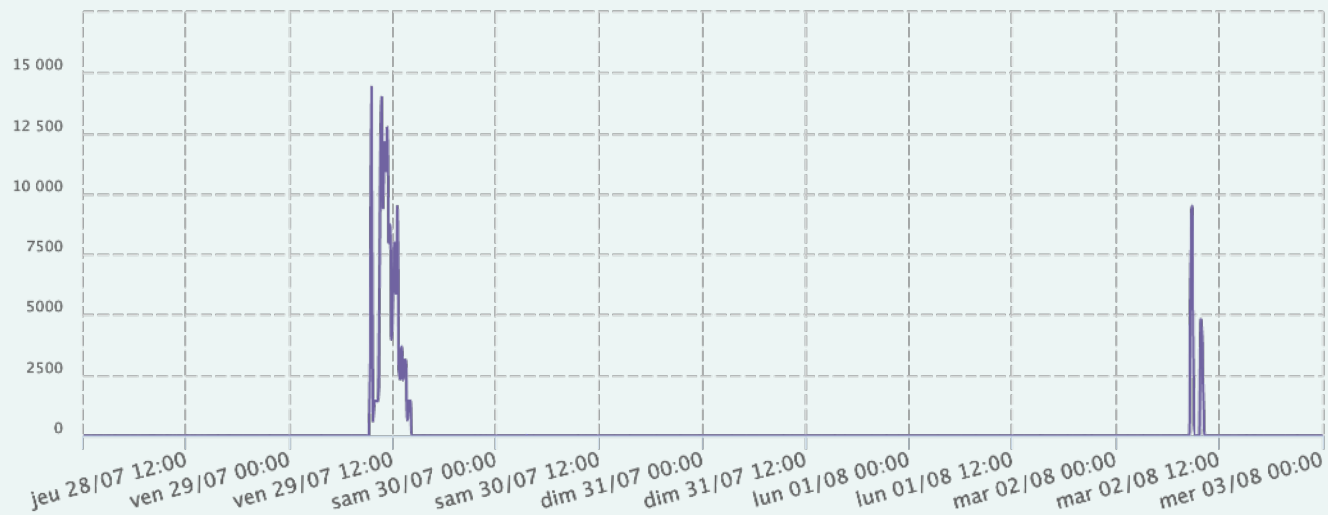
- Consommation en adéquation avec l'utilisation du bâtiment
- CTA piloté
- Puissance maximale de 4 000W



**Hotte snack Cuisine : 9 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

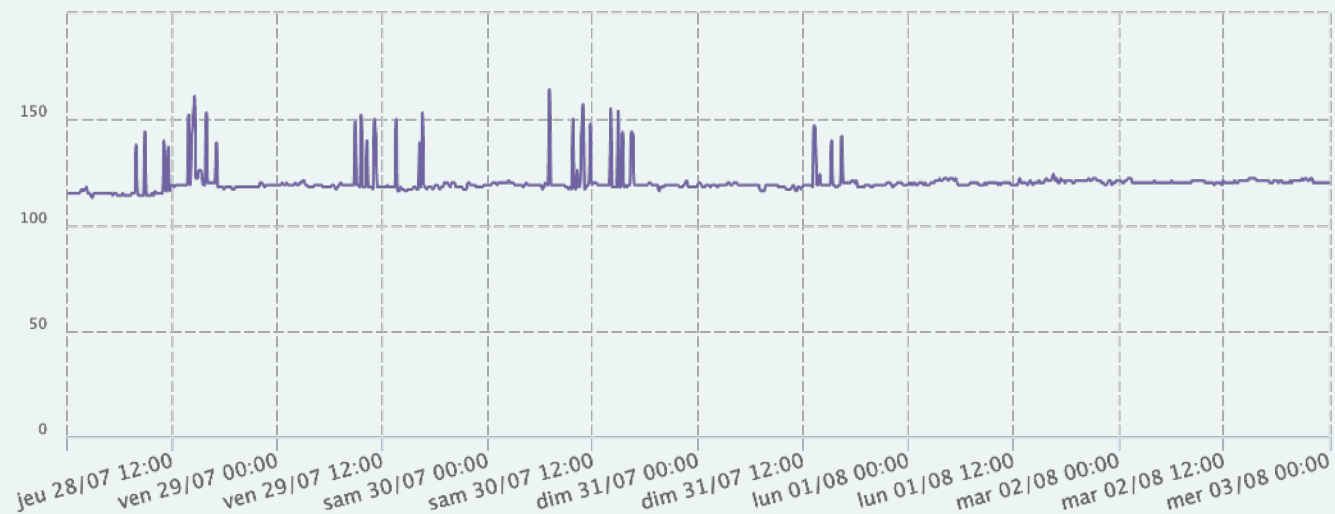
- Consommation en adéquation avec l'utilisation du bâtiment
- Puissance maximale 900W



**Général friteuse : 34 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

- Consommation de la friteuse de la cuisine

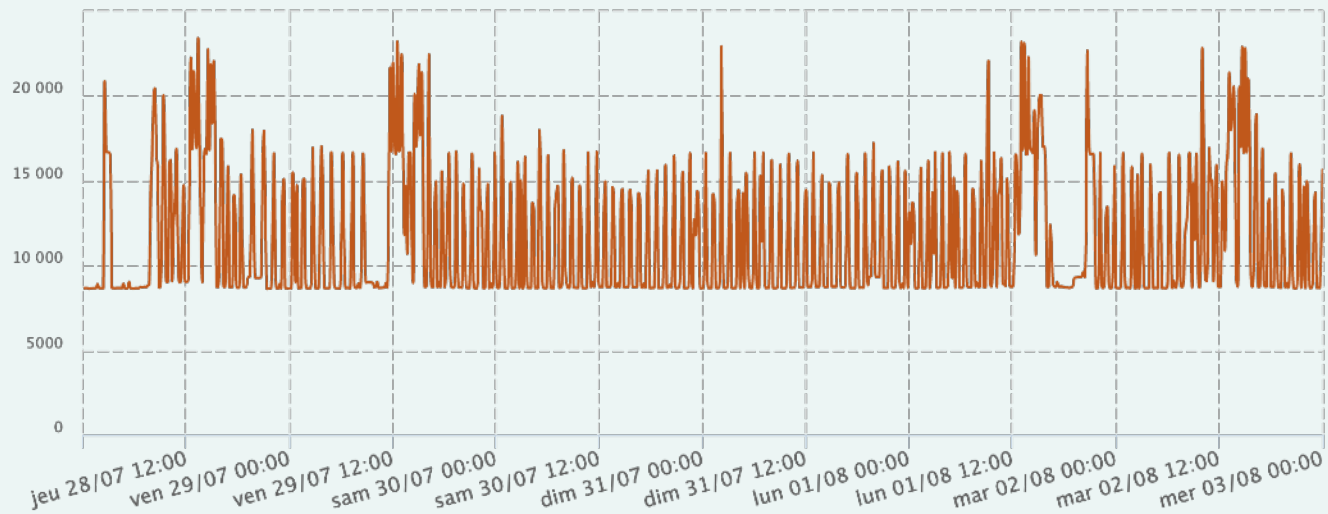


**Général Force Cuisine : 17 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

- Consommation en adéquation avec l'utilisation du bâtiment
- Puissance maximale 900W

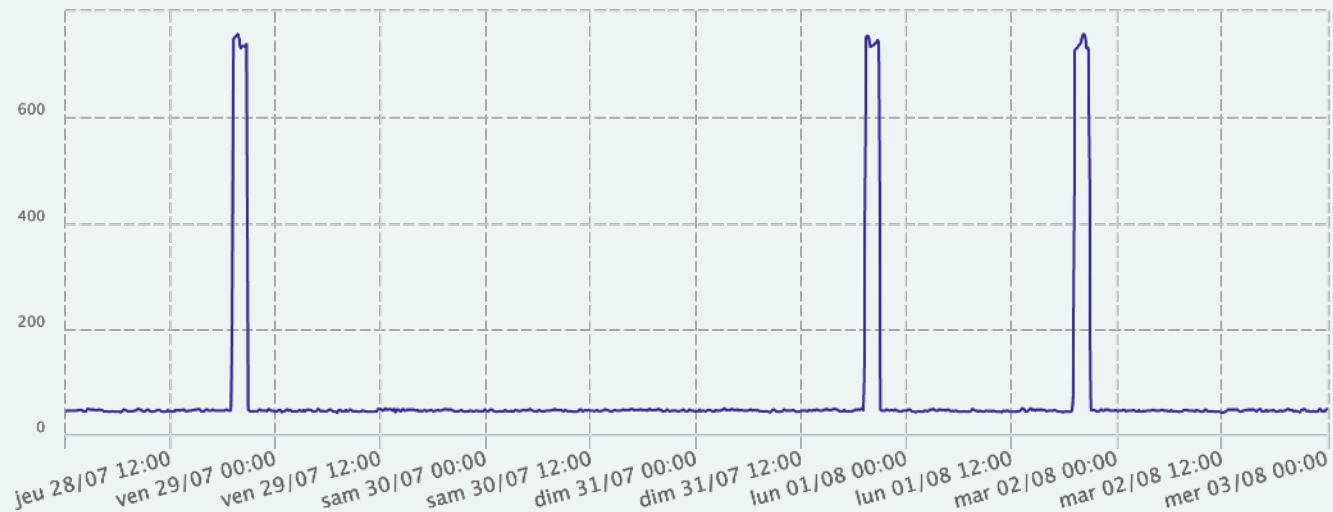
## CONSOMMATIONS MESURÉES LOCAL POMPE A CHALEUR



Général tableau divisionnaire PAC : 1 658 kWh

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

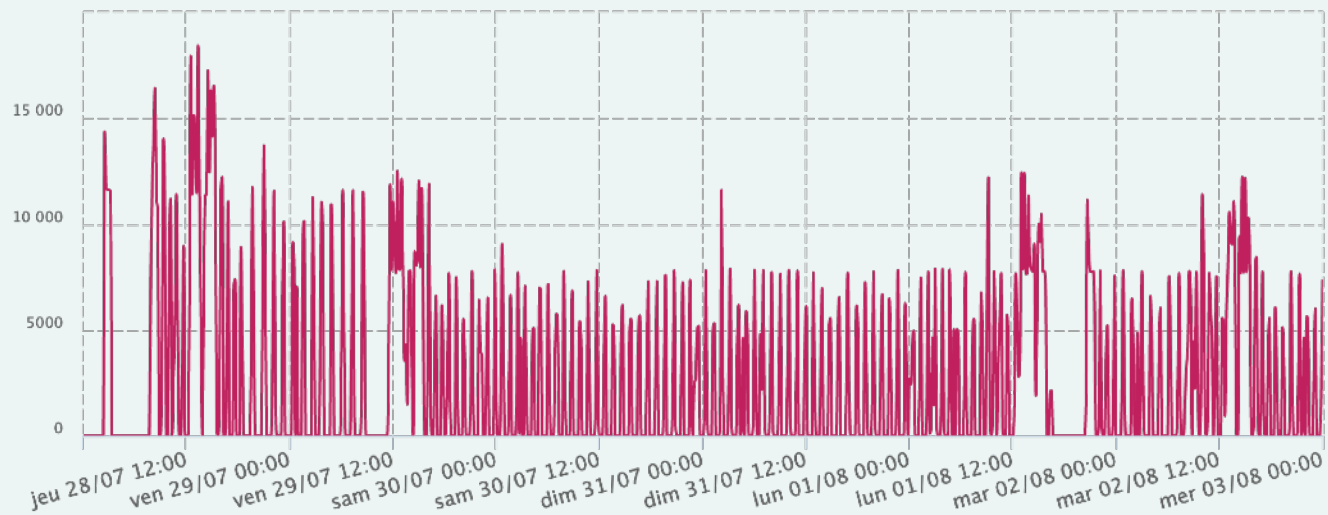
- Consommation des CTA cuisine, Ballons d'eau chaude sanitaires et les pompes de distribution



CTA 2 Cuisine : 10 kWh

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

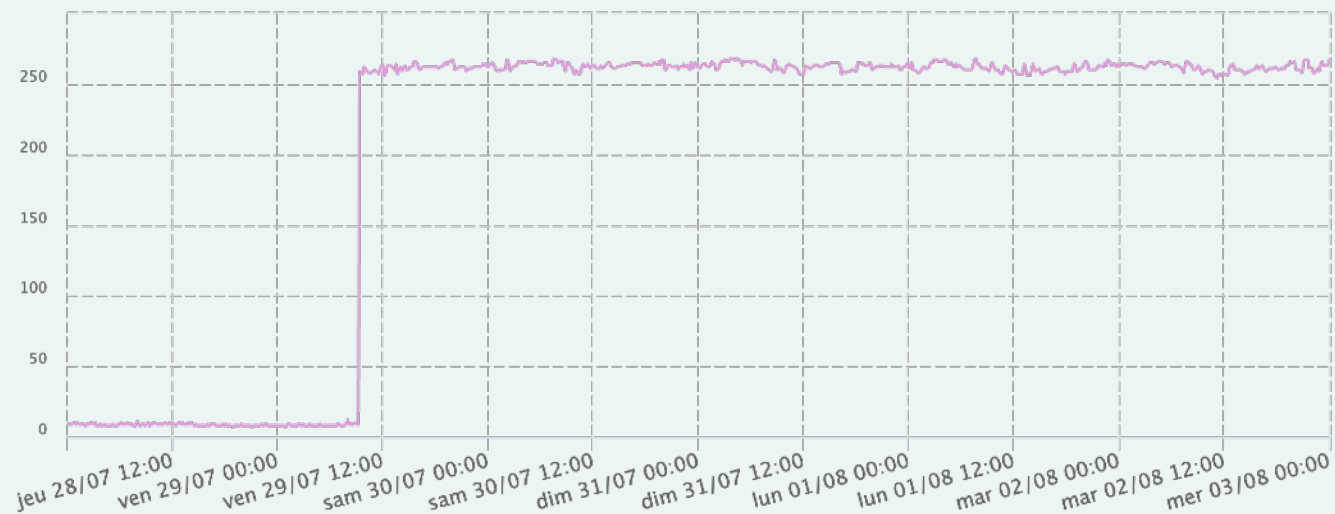
- Consommation en adéquation avec l'utilisation du bâtiment
- Puissance maximale 750W



**Ballon d'eau chaude sanitaire cuisine : 413 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

- Consommation des 2 Ballons d'eau chaude de la cuisine

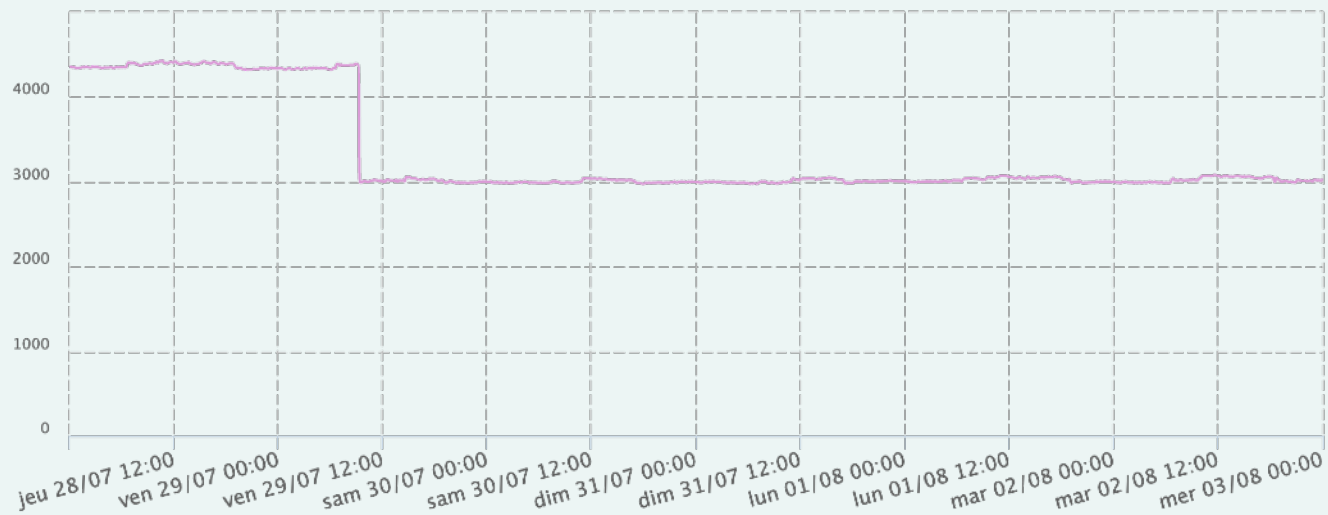


**Pompe 1 bâtiment 1 : 29 kWh**

### Avis de l'ingénieur et/ou du client :

- RAS

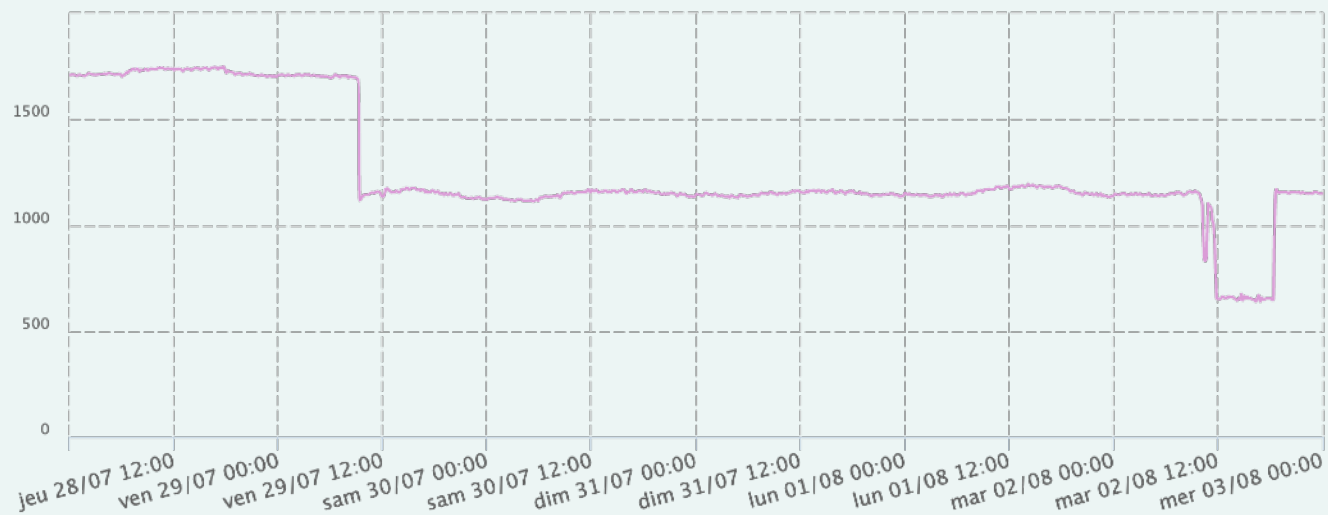




**Pompe 2 bâtiment 2 : 479 kWh**

**Avis de l'ingénieur et/ou du client :**

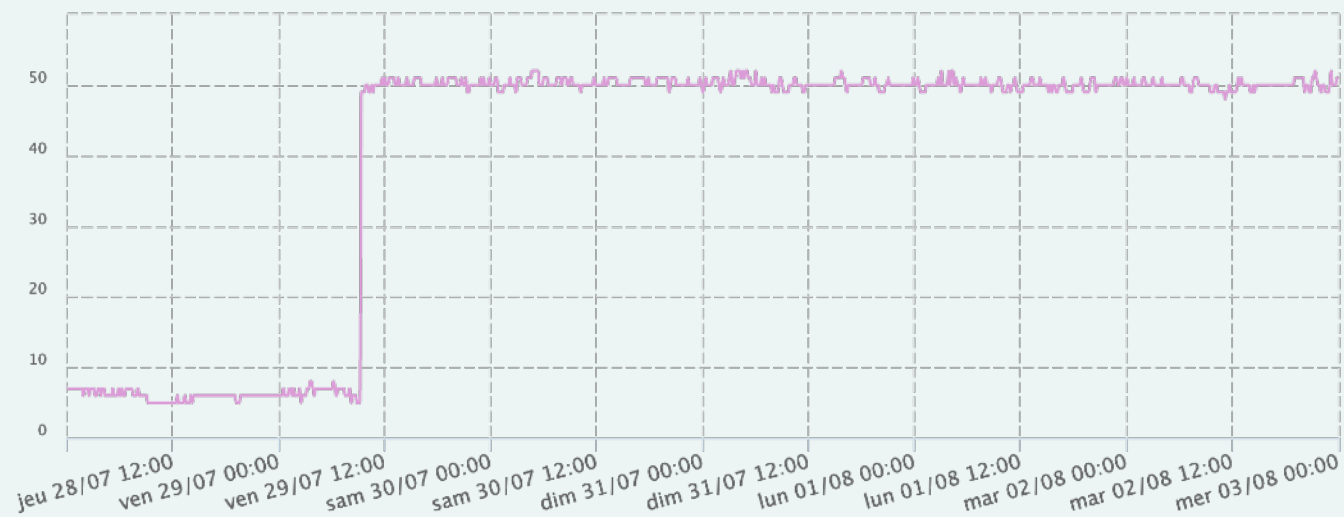
- RAS



**Pompe 2 bâtiment 1 : 181 kWh**

**Avis de l'ingénieur et/ou du client :**

- RAS



**Pompe 1 bâtiment 2 : 6 kWh**

**Avis de l'ingénieur et/ou du client :**

- RAS

**Cabs :**

C'est l'objectif en valeur absolue. Exprimé en kWh/m<sup>2</sup>/an, il est défini en fonction de l'activité du bâtiment et représente le seuil de consommation d'énergie finale à ne pas dépasser. Il est composé d'une composante « CVC » qui correspond à la consommation énergétique liée au confort thermique et d'une deuxième composante « USE » qui correspond à la consommation énergétique relative aux activités du site.

**Cref :**

Consommation de référence. Elle doit être choisie entre 2010 et 2019. Les objectifs en valeur relative sont déterminés en fonction de cette consommation de référence.

**EF :**

Energie finale. Le niveau de consommation d'énergie exprimé en valeur relative par rapport à la consommation énergétique de référence, est exprimé en kWh/an/m<sup>2</sup> d'énergie finale. Dans ce rapport, les valeurs pour le gaz ont donc été multipliées par 0,9 pour arriver à la valeur PCI conformément à la réglementation en vigueur. Les coefficients PCI concernant les réseaux de chaleur restant à définir, ils ont été figés à 0,9 dans le cadre de cette étude. Les données de consommation sont exprimées en kWh d'énergie finale.

**Entité fonctionnelle (établissement) :**

Une entité fonctionnelle regroupe habituellement les activités et le personnel ayant un rôle de support direct ou indirect à l'activité principale. Elle peut être constituée soit par un local d'activité, soit par un ensemble de locaux d'activités connexes, contenu dans un bâtiment, une partie de bâtiment ou un ensemble de bâtiments. La notion de connexité se rapporte au lien étroit qui s'établit entre différents locaux d'activité soit au sein même d'une entreprise ou d'un service public hébergés dans un même bâtiment ou établissement, soit de locaux relevant de la même catégorie d'activité sur un seul tenant (plateaux de bureaux, galerie commerciale, etc).

**PCI :**

Pouvoir calorifique inférieur. C'est une caractéristique de l'énergie libérée lors de la combustion d'une substance

**Plateforme OPERAT (Observatoire de la Performance Energétique de la Rénovation et des Actions du Tertiaire):**

Plateforme de recueil et de suivi des consommations d'énergie du secteur tertiaire

**Unité foncière :**

Dans un arrêt de principe, mais rendu en matière de préemption, le Conseil d'Etat a défini celle-ci comme « îlot d'un seul tenant composé d'une ou plusieurs parcelles appartenant à un même propriétaire ou à la même indivision »

**Secteur tertiaire :**

Selon l'article R. 174-22 « *Le secteur tertiaire est composé du :*

*Tertiaire principalement marchand (commerce, transports, activités financières, services rendus aux entreprises, services rendus aux particuliers, hébergement-restauration, immobilier, information-communication) ;*

*Tertiaire principalement non-marchand (administration publique, enseignement, santé humaine, action sociale).*

*Le périmètre du secteur tertiaire est de fait défini par complémentarité avec les activités agricoles et industrielles (secteurs primaire et secondaire). »*

**Surface de plancher :**

La surface de plancher correspond à la somme des surfaces de tous les niveaux construits, clos et couverts, dont la hauteur de plafond est supérieure à 1,80 m. Elle se mesure à l'intérieur de la construction, d'un mur de façade à un autre.

# GLOSSAIRE TECHNIQUE



**ADEME** : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Énergie; établissement public sous tutelle des ministères de l'environnement, de l'industrie et de la recherche. L'agence participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable.

**CTA** : Centrale de Traitement de l'Air; organe de traitement d'air dédié au chauffage, rafraîchissement, humidification ou déshumidification de locaux.

**CVC** : Chauffage Ventilation Climatisation; c'est l'ensemble des domaines techniques en lien avec le confort aéraulique.

**DJU** : Degré Jour Unifié; Pour un lieu donné, le Degré Jour Unifié est une valeur représentative de l'écart entre la température d'une journée donnée et le seuil de température d'un volume chauffé. Il sert à évaluer les dépenses en énergie pour le chauffage.

**ECS** : Eau Chaude Sanitaire; c'est l'eau d'un réseau d'eau utilisé pour les usages domestique et sanitaire.

**GES** : Gaz à Effet de Serre; Gaz ayant un impact sur l'atmosphère par sa composition.

**Groupe frigorifique** : organe de production ou de condensation d'eau ou d'air froid pour des applications de froid alimentaire ou climatique.

**HQE** : Haute Qualité Environnementale; c'est une charte s'appliquant sur les bâtiments neufs et qui définit des paramètres pour l'amélioration du confort, de la gestion et de la construction d'un bâtiment.

**IPE** : Indicateur de Performance Énergétique;

**kVA** : kilo Volt-Ampère; unité de mesure de puissance. Pour simplifier, un kVA peut être assimilé à un kilowatt (kW).

**kWh** : unité de mesure de l'énergie. Elle est caractérisée par le produit de la puissance en watt (W ou kW) et du temps en heure (h).

**kWhEP** : unité de mesure de l'énergie en équivalent Énergie Primaire. Cela représente l'énergie utilisée pour une unité d'énergie finale. Par exemple, pour 1kWh électrique, il a fallu 2,58 kWhEP selon le ratio de conversion français.

**kWh cumac** : kWh d'énergie finale cumulée et actualisée sur la durée de vie du produit. Cela représente une quantité d'énergie qui aura été économisée grâce aux opérations d'économies d'énergie mises en place.

**kWhPCS** : Quantité d'énergie (exprimée en kWh) contenue dans un mètre cube (m3) de gaz.

**Lux** : unité de mesure de l'éclairement d'une surface. Elle est caractérisée par le flux lumineux en lumen (lm) sur la surface en m2. 1lux=1lm/m2.

**PAC** : Pompe À Chaleur; Système de production de chaleur utilisant un dispositif thermodynamique pour transférer la chaleur d'un milieu froid vers l'espace chauffé. Les pompes à chaleurs peuvent être hydrauliques, aérauliques ou combinés air/eau.

**SHON** : Surface Hors d'Oeuvre Nette; c'est une mesure de surface dans le domaine de l'immobilier qui représente la surface brute à laquelle on soustrait les espaces non habitables.

**TEP** : Tonne Équivalent Pétrole; unité de mesure de l'énergie utilisée pour connaître pour une autre énergie l'équivalent énergétique produite par la combustion d'une tonne de pétrole moyen.

**VRV** : Volume de Réfrigérant Variable; organe centralisé de chauffage ou de climatisation qui fonctionne sur le principe de la pompe à chaleur air/air via des terminaux de distribution climatique.

**W** : Watt; unité de puissance électrique.



## Citron®

Antony Nonis  
**Ingénieur conseil**  
[a.nonis@citron.io](mailto:a.nonis@citron.io)

Benoit Morin  
**Energy Manager**  
[b.morin@citron.io](mailto:b.morin@citron.io)

Vincent Constant  
**Responsable d'agence**  
[v.constant@citron.io](mailto:v.constant@citron.io)

## SAGE ÉNERGIE

Alexandre Mazeline  
**Ingénieur Energie**  
[amazeline@sage-energie.fr](mailto:amazeline@sage-energie.fr)

Geoffrey Passot  
**Chef de projet**  
[gpassot@sage-energie.fr](mailto:gpassot@sage-energie.fr)