



Citron®

Services en **efficacité
énergétique** des Bâtiments

30 Décembre 2022



Rapport Audit énergétique
Décret Tertiaire
Rennes

Inria

Certificat de Qualification

n° 32429 - 8

Organisme qualifié :

GADS

Adresse :

**28 Quai Gallieni
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 :

MMA BTP

**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 :
28 Quai Gallieni - 92150 SURESNES

Date d'effet : 19 octobre 2022

Date d'échéance du certificat : 22 octobre 2023

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 32429-7

Pour le Directeur Général



Responsable du Pôle Certification Environnement, Sécurité et
Performance

00 . SOMMAIRE

Audit Energétique Décret Tertiaire - INRIA Rennes

1. CONTEXTE DE LA MISSION (P.4)

2. SYNTHÈSE IMMOBILIÈRE ET ENERGETIQUE (P.7)

3. VOLET ANALYSE ENERGETIQUE DU SITE (P.13)

- 3.1. Informations sur le site
- 3.2. Répartition 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.24)

- 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.39)

- 5.1. Extrapolation annuelle
- 5.2. Potentiel d'économies par usages
- 5.3. Actions de performance énergétique
- 5.4. Scénario total

6. ANNEXES (P.53)

- 6.1. Méthodologie d'extrapolation des mesures
- 6.2. Récapitulatif des gains par usages
- 6.3. Glossaires Décret Tertiaire et Technique



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, à l'Arrêté dit « Valeur Absolues I » et l'arrêté dit « Valeur Absolues II » relatifs aux obligations d'actions de réduction des consommations d'énergie finale dans les bâtiments 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
- Réaliser les déclarations OPERAT

La **seconde phase** permet de :

- Consolider les 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
- Elaborer un schéma directeur énergie et un plan budgétaire travaux
- Renseigner OPERAT

Les textes de lois sortis au 06 avril 2022 ne mentionnent pas de méthode parfaite pour définir le périmètre lorsque plusieurs activités sont imbriquées sur le même site. Dans le cas de l'INRIA : la complexité est élevée de part les **mouvements récurrents des activités** au sein des sites, et à la **proximité** des activités tertiaires et de recherches, complexifiant le **comptage des consommations**.

Citron® vous propose une **analyse des textes** de lois à date, une **méthodologie pragmatique** de sélection du périmètre, puis une analyse site par site afin de retenir le **périmètre assujéti** au décret tertiaire

CONTEXTE



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

- La **consolidation des études énergétiques** réalisées entre 2017 et 2018 pour les rapprocher des arrêtés du Décret Tertiaire ;
- Une **étude énergétique complète** et conforme aux arrêtés du Décret Tertiaire pour le site de Rennes ;
- 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 au Campus de Beaulieu, 263 Av. Général Leclerc, 35042 Rennes. L'ensemble du patrimoine INRIA sera audité par Citron au cours de l'année 2022, sur toute la France. Les calculs relatifs aux objectifs décret tertiaire sont basés sur la réglementation en vigueur au 31 Décembre 2022.

Les données d'électricité et de gaz servant de référence à l'audit et pour le calcul de l'année de référence ont été récupérées via un tableau de synthèse fourni par l'Université de Rennes qui porte les contrat d'énergie pour les campus du site.

Ce rapport est délivré par Citron le 30/12/2022. Il repose sur une visite technique du site. La visite technique a été réalisée aux dates suivantes :

Site	Date de visite technique
Rennes	18/08//2022

L'ingénieur spécialisé en efficacité énergétique des bâtiments en charge du projet, Benoit Morin a ainsi pu en dégager les points forts et les points à améliorer. Cet auditeur est rattaché à la référente Morgane Cerisier.

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

SAGE ENERGIE

Nom : Alexandre Mazeline

Fonction : Ingénieur Energie

Tél : 06 87 14 33 23

E-mail : amazeline@sage-energie.fr

Citron®

Nom : Benoit Morin

Fonction : Energy Manager

Tél : 06 35 28 76 75

E-mail : b.morin@citron.io

2. Synthèse immobilière et énergétique



QUESTIONS SOULEVÉES

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

Le site de l'INRIA Rennes est décomposé en 7 bâtiments A à G, reliés par des passerelles. Le centre fait parti de l'université de Rennes dont les bâtiments sont relativement anciens et présentent donc des **performances thermiques moyennes**.

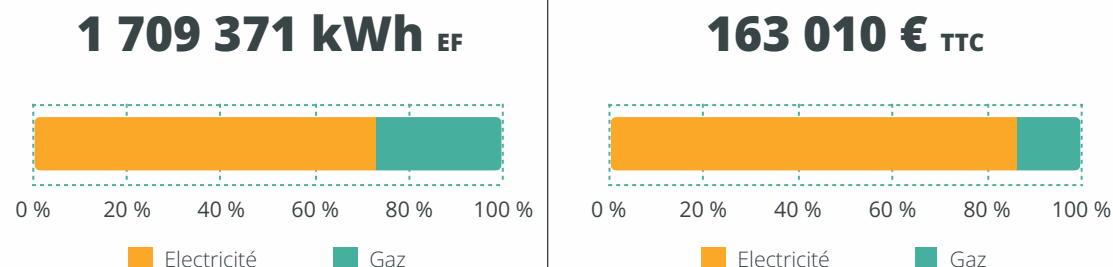
La production de chaud est assurée par **la chaufferie de l'université** qui alimente les bâtiments via des **sous-stations**. Les équipements sont en **bon état** mais peuvent être **optimisés et améliorés**.

Des travaux ont été effectués pour **remplacer certains éclairages avec des luminaires LED et pour remplacer les menuiseries d'un bâtiment**. De nouveaux groupes froids ont été installés et il est prévu en 2023 de **remplacer les menuiseries du bâtiment A**.

INFORMATIONS SUR LE SITE

Consommations énergétiques du site

Janvier - Décembre 2021



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 Campus de Beaulieu, 263 Av. Général Leclerc, 35042 Rennes



BÂTIMENT

7 bâtiments répartis sur le campus



SURFACE PLANCHER

11 475 m² sur 7 bâtiments



OCCUPATION

Environ 220/230 personnes
Horaires d'ouverture : 7h30 - 21h30 du lundi au vendredi



ACTIVITÉ

Bureaux de recherche
Auditorium



RÉGLEMENTATION

Le bâtiment est assujéti au **Décret tertiaire**

Synthèse Décret Tertiaire



CARACTÉRISTIQUES DU SITE :

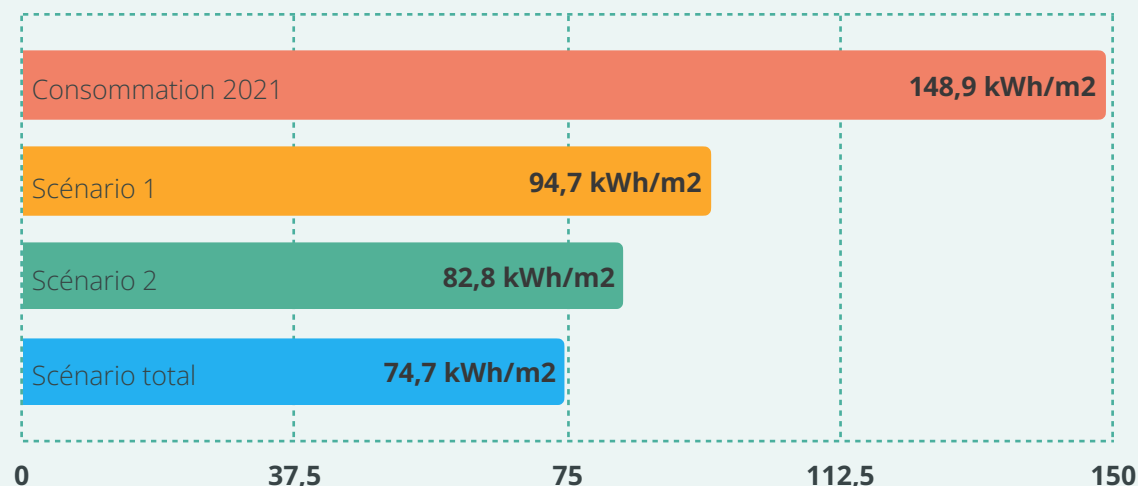
Site situé : Campus de Beaulieu, 263 Av. Général Leclerc, 35042 Rennes

- Impact environnemental en 2021 : **86,89 tCO₂**
- Surface de plancher : **11 475 m²**
- Date de construction : **Années 1960**
- Horaires de présence
Lundi au vendredi : **7h30 à 21h30**
- Occupant : **INRIA, Université de Rennes**

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

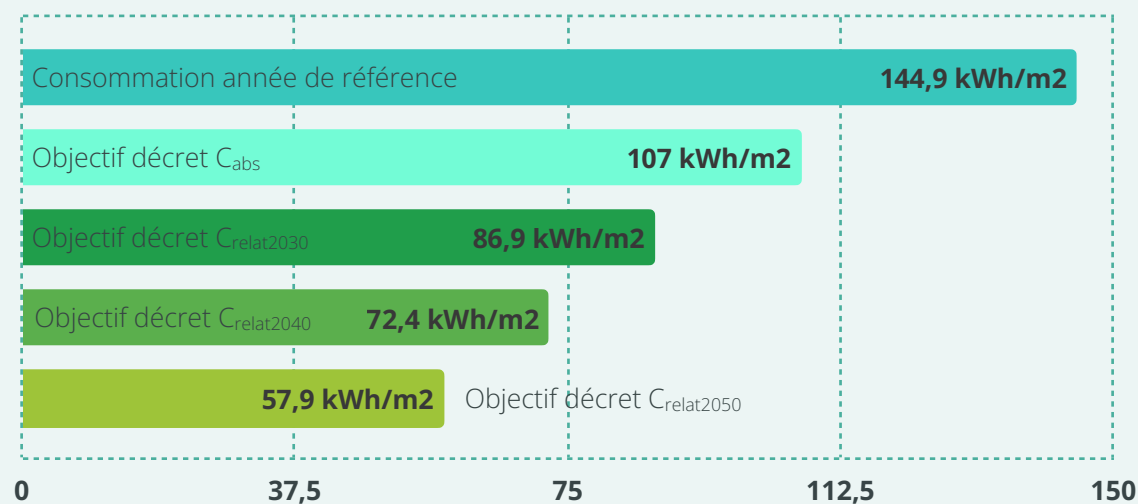
Année de référence $C_{réf}$ calculée : **2011**

Consommation de référence brute : **2 550 083 kWh**

Consommation de référence ajustée Tertiaire : **723 774 kWh**

Surface Tertiaire : **4 993 m²** surface de plancher

MARCHE RESTANTE DÉCRET TERTIAIRE



1.2.2 ASSUJETTISSEMENT AU DECRET TERTIAIRE

Zone	Surface SUN bureaux Tertiaire
Bât A - RDC	950 m ²
Bât B - RDC	1 060 m ²
Bât B - R+1	520 m ²
Bât B - R+2	520 m ²
Bât G R+1	633 m ²
Bât G RDC	1 310 m ²
TOTAL	4 993 m ²

L'étude Décret Tertiaire concernera seulement ces zones dans le cadre du **calcul d'année de référence, d'objectif C_{abs} et C_{relat} 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.

RÉCAPITULATIF DES ACTIONS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIES

Désignation	Origine de l'action	Usage	Type d'énergie	Gains annuels					Budget (€)	Temps de Retour sur Investissement (Hors aide)	Valorisation CEE (€)	Temps de Retour sur Investissement (avec CEE)
				Energie (kWh)	Euros (€)	% consommation fluide	% consommation totale	Impact environnemental				
Action A : Sensibilisation à l'utilisation des prises de courant	Citron®	Prises de Courant	Electricité	1 211 kWh	135 €	0,1 %	0,1 %	0,5 tCO2	0 €	Immédiat	-	Immédiat
Action B : Augmentation de la consigne de 2°C en été et sur les salles climatisées	STD	CVC	Electricité	297 469 kWh	33 316 €	23,8 %	17,5 %	23,5 tCO2	-	Immédiat	-	Immédiat
Action C : Baisse des consignes de 2°C en hiver	STD	CVC	Gaz	75 959 kWh	3 810 €	16,5 %	4,5 %	16,7 tCO2	-	Immédiat	-	Immédiat
Action D : Conduite liée à la mise en place d'un intéressement	SAGE ENERGIE	CVC	Gaz	9 349 kWh	1 869 €	2 %	1,0 %	2,12 tCO2	2 000 €	1 ans et 7 mois	-	1 ans et 7 mois
		CVC	Electricité	27 620 kWh	9 943 €	2 %	1,0 %	1,77 tCO2		1 ans et 8 mois	-	1 ans et 8 mois
Action E : Mise en place d'une horloge sur les VMC	SAGE ENERGIE	CVC	Electricité	9 918 kWh	3 311 €	1 %	0,0 %	0,59 tCO2	10 000 €	3 ans et 2 mois	-	3 ans et 2 mois
Action F : Relamping LED des bâtiments	Citron®	Eclairage	Electricité	126 099 kWh	14 123 €	10,1 %	7,4 %	51 tCO2	92 396 €	6 ans et 6 mois	4 100 €	6 ans et 3 mois
Action G : Mise en place de panneaux solaires photovoltaïques 350m²	SAGE ENERGIE	CVC	Electricité	68 250 kWh	24 570 €	5 %	4,0 %	4,37 tCO2	157 500 €	9 ans et 5 mois	-	9 ans et 5 mois
Action H : Mise en place d'une GTC sur l'ensemble du bâtiment	SAGE ENERGIE	CVC	Electricité	27 620 kWh	9 943 €	2 %	1,0 %	1,77 tCO2	90 000 €	9 ans et 5 mois	-	9 ans et 5 mois
		CVC	Gaz	18 699 kWh	-	4 %	1,0 %	4,24 tCO2				
Action I : Mise en place d'un système de récupération de chaleur sur un groupe de production de froid	SAGE ENERGIE	CVC	Electricité	2 762 kWh	994 €	0 %	0,0 %	0,18 tCO2	11 000 €	11 ans et 6 mois	-	11 ans et 6 mois
Action J : Remplacement des menuiseries du bâtiment A	STD	CVC	Gaz	76 045 kWh	3 805 €	16,5 %	4,5 %	16,7 tCO2	84 000 €	22 ans et 1 mois	-	22 ans et 1 mois
Action K : Remplacement des deux groupes froids et récupération de chaleur pour chauffage des réseaux planchers	SAGE ENERGIE	CVC	Gaz	24 446 kWh	4 889 €	5 %	1,0 %	5,55 tCO2	200 000 €	47 ans et 7 mois	-	47 ans et 7 mois
		CVC	Electricité	17 955 kWh	6 463 €	1 %	1,0 %	1,15 tCO2		37 ans et 10 mois	-	37 ans et 10 mois
Action L : Rétrofit des deux CTA DF Salles annexes et Métivier	SAGE ENERGIE	CVC	Electricité	8 672 kWh	3 122 €	1 %	0,0 %	0,56 tCO2	60 000 €	20 ans et 10 mois	-	20 ans et 10 mois
		CVC	Gaz	2 436 kWh	487 €	1 %	0,0 %	0,55 tCO2		124 ans et 2 mois		124 ans et 2 mois
Action M : CTA Hall et Amphithéâtre - mise en place de variation de vitesse	SAGE ENERGIE	CVC	Gaz	1 630 kWh	325 €	0 %	0,0 %	0,37 tCO2	50 000 €	156 ans et 4 mois	-	156 ans et 4 mois
		CVC	Electricité	16 863 kWh	6 070 €	1 %	1,0 %	1,08 tCO2		10 ans	-	10 ans
Action N : Isolation par l'extérieur des bâtiments (sauf bâtiment F)	STD	CVC	Gaz	39 534 kWh	3 755 €	6,7 %	2,3 %	9,3 tCO2	1 020 000 €	275 ans et 7 mois	129 285 €	237 ans et 3 mois

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

5.7. SCÉNARIOS DÉCRET TERTIAIRE

		Année de référence	Année d'étude brute 2021	Objectif décret tertiaire 2030	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Bilan énergétique							
Consommation d'énergie corrigée de la variation climatique (kWhef/m²/an)		139,5	149,0	83,7	110,3	87,7	74,7
Pourcentage de réduction de consommation par rapport à l'année d'étude 2021					26,0 %	41,1 %	49,9 %
Equivalent des gains carbone					258,3 tCO2	382,1 tCO2	402,5 tCO2
Bilan financier							
Investissement total - hors subventions					73 000 €	386 862 €	1 764 362 €
Actions	Action A : Sensibilisation à l'utilisation des prises de courant				0 €	0 €	0 €
	Action B : Augmentation de la consigne de 2°C en été et sur les salles climatisées				0 €	0 €	0 €
	Action C : Baisse des consignes de 2°C en hiver				0 €	0 €	0 €
	Action D : Conduite liée à la mise en place d'un intéressement				2 000 €	2 000 €	2 000 €
	Action E : Mise en place d'une horloge sur les VMC				10 000 €	10 000 €	10 000 €
	Action F : Relamping LED des bâtiments					79 862 €	79 862 €
	Action G : Mise en place de panneaux solaires photovoltaïques 350m²						157 500 €
	Action H : Mise en place d'une GTC sur l'ensemble du bâtiment					90 000 €	90 000 €
	Action I : Mise en place d'un système de récupération de chaleur sur un groupe de production de froid				11 000 €	11 000 €	11 000 €
	Action J : Remplacement des menuiseries du bâtiment A					84 000 €	84 000 €
Action K : Remplacement des deux groupes froids et récupération de chaleur pour chauffage des réseaux planchers							200 000 €
Subventions mobilisables (CEE)					0 €	4 100 €	4 100 €
Economie financière annuelle totale					59 773 €	91 253 €	130 930 €
Temps de retour sur investissement avec CEE					1 an et 3 mois	4 ans et 2 mois	13 ans et 5 mois

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

5.7. SCÉNARIOS DÉCRET TERTIAIRE

		Année de référence	Année d'étude brute 2021	Objectif décret tertiaire 2030	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Bilan énergétique							
Consommation d'énergie corrigée de la variation climatique (kWhef/m²/an)		139,5	149,0	83,7	110,3	87,7	74,7
Pourcentage de réduction de consommation par rapport à l'année d'étude 2021					26,0 %	41,1 %	49,9 %
Equivalent des gains carbone					258,3 tCO2	382,1 tCO2	402,5 tCO2
Bilan financier							
Investissement total - hors subventions					73 000 €	386 862 €	1 764 362 €
Actions	Action L : Rétrofit des deux CTA DF Salles annexes et Métivier					60 000 €	60 000 €
	Action M : CTA Hall et Amphithéâtre - mise en place de variation de vitesse				50 000 €	50 000 €	50 000 €
	Action N : Isolation par l'extérieur des bâtiments (sauf bâtiment F)						1 020 000 €
Subventions mobilisables (CEE)					0 €	4 100 €	4 100 €
Economie financière annuelle totale					59 773 €	91 253 €	130 930 €
Temps de retour sur investissement avec CEE					1 an et 3 mois	4 ans et 2 mois	13 ans et 5 mois

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

Volet

Analyse énergétique

du site

3.1. État des lieux énergétique



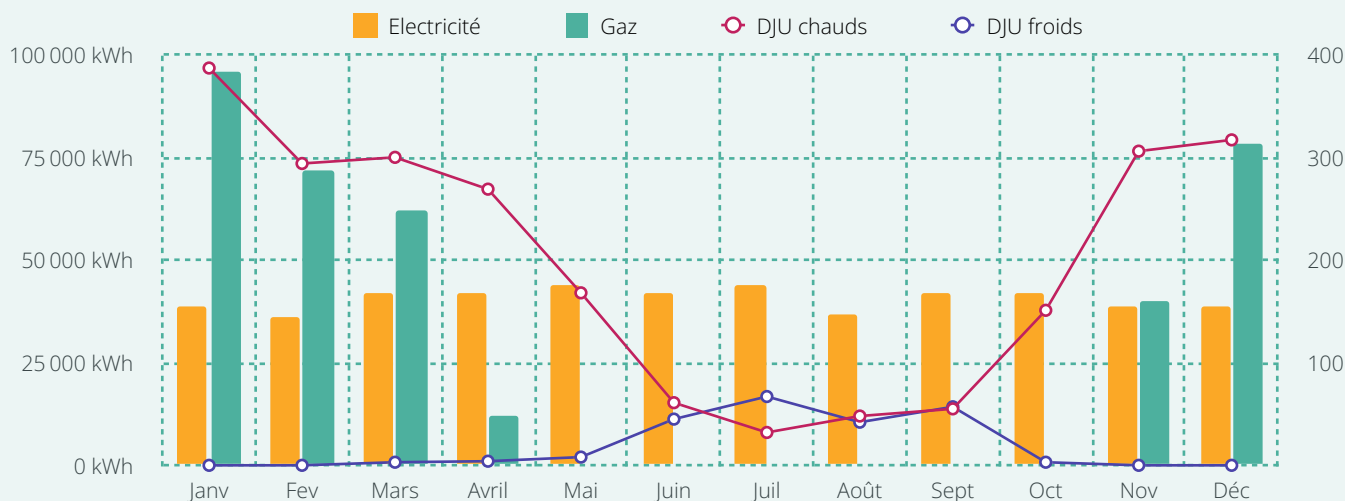
CARACTÉRISTIQUES DU SITE :

Site situé : Campus de Beaulieu, 263 Av. Général Leclerc, 35042 Rennes

- Impact environnemental en 2021 : **86,89 tCO2**
- Surface de plancher : **11 475 m²**
- Date de construction : **Années 1960**
- Horaires de présence
Lundi au vendredi : **7h30 à 21h30**
- Occupant : **INRIA, Université de Rennes**

3.1.1 ANALYSE DE FACTURES

PÉRIODE D'ÉTUDE 2021



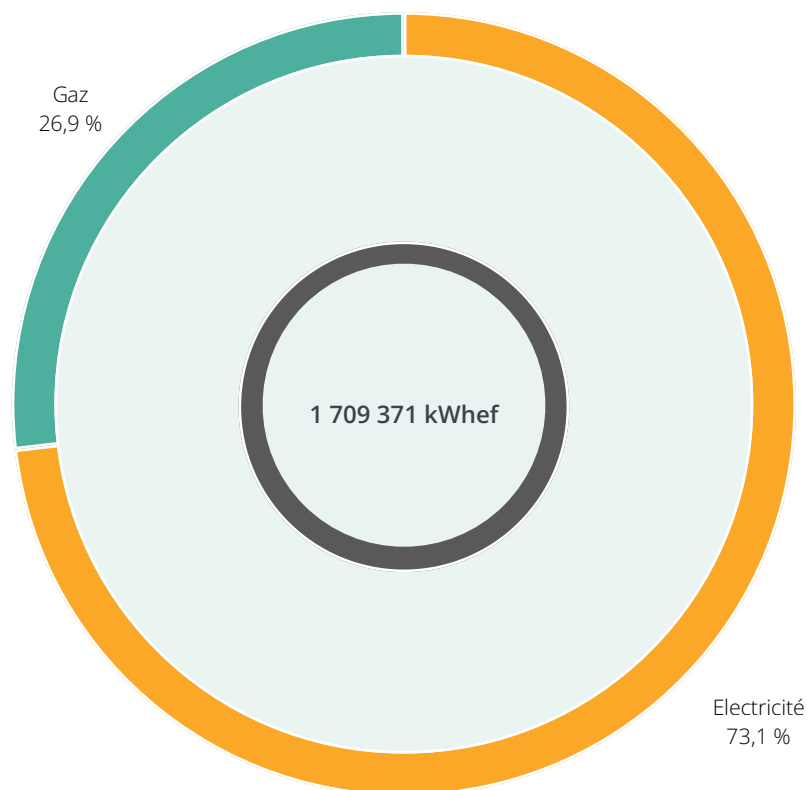
- Le centre est alimenté en électricité et en gaz par l'université. Nous ne connaissons pas les numéros associés à ces PDL.
- Les données de consommations indiquées dans le graphique sont issues de relevés fournis par l'université dans le cadre de l'audit énergétique.
- La répartition des consommations d'électricité provient de l'extrapolation des mesures et usages identifiés sur le site.

1 709 371
kWh

163 010
€ TTC

148,9
kWh/m²/an

RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE TOTALE EN ÉNERGIE FINALE



AVIS SUR LA DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE

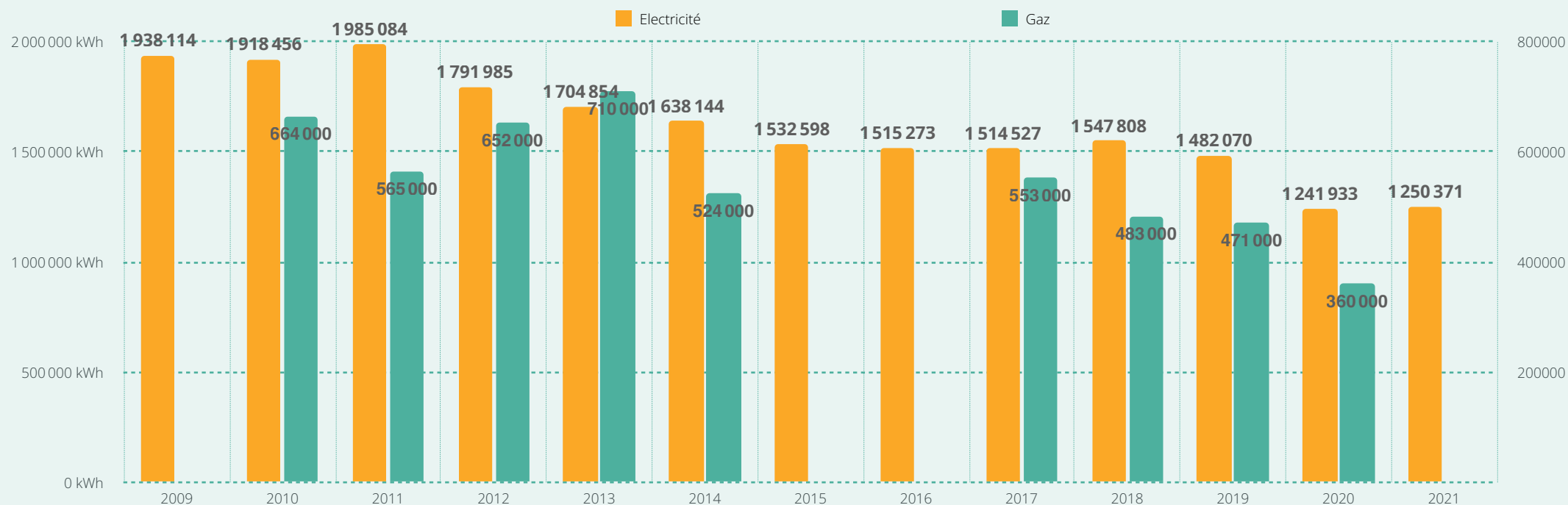
Les bâtiments de l'INRIA sont localisés sur le campus de l'Université de Rennes.

La distribution électrique est répartie entre les 7 bâtiments de A à F via des Tableaux divisionnaires dans les étages. Ces armoires reprennent tout le détail des usages éclairage, prises de courant, salles serveurs, les VMC sanitaires et la production d'eau chaude sanitaire.

Les usages généraux à l'ensemble du centre sont directement repris au niveau du TGBT, comme les départs des réseaux ondulés, de la climatisation des salles serveurs et des CTA.

Des compteurs ont été installés pour suivre la consommation totale des bâtiments mais il serait nécessaire de compléter les équipements en place afin d'obtenir plus de précision sur le comportement des usages.

EVOLUTION DES CONSOMMATIONS DE 2009 À 2021

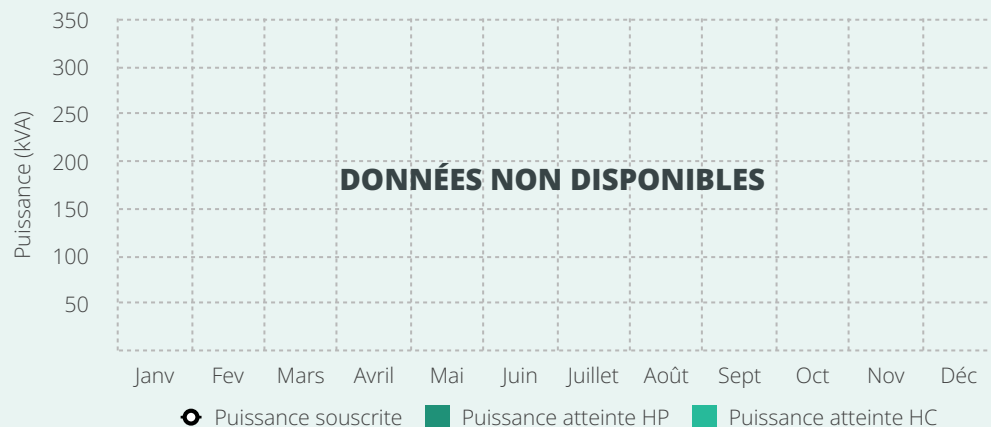


OBSERVATIONS

On observe une diminution **d'environ 35%** des consommations d'électricité depuis 2009. L'impact de la période COVID associé à l'augmentation du télétravail est à l'origine de la baisse importante sur 2020 et 2021.

Les données étant incomplètes entre 2015 et 2016, nous ne pouvons pas faire d'observation sur cette période. En revanche, on notera une réduction des consommations de gaz à partir de 2017. De la même manière que pour l'électricité, la période COVID est facilement visible sur le graphique, représentant une baisse de **23%** entre 2019 et 2020.

COMPARAISON DES PUISSANCES ATTEINTES ET SOUSCRITES



RÉPARTITION DES COÛTS SUR LA FACTURE



● Fourniture ● Acheminement ● Taxes

RÉPARTITION HEURES PLEINES - HEURES CREUSES

● Heures Creuses ● Heures Pleines ● Pointe



CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DES FACTURES

Les bâtiments occupés par l'INRIA sont alimentés par le PDL de l'Université de Rennes qui fournit les consommations et le coût. N'ayant pas accès au détail de ces données, nous ne sommes pas en mesure de faire une analyse complète de la répartition HP/HC et des coûts sur la facture.

L'analyse des puissances souscrites n'est pas non plus réalisable mais ne serait dans tous les cas pas pertinente, la consommation de l'INRIA n'étant pas la seule à impacter cet aspect de la consommation globale du campus.

3.5.1 INVENTAIRE TECHNIQUE - CVC

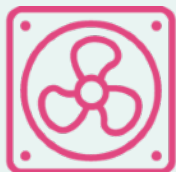


Équipement	Utilité	Nombre	Zone desservie	Marque	Puissance	Etat
Échangeur primaire	Chauffage	1	Bâtiment 12F	-	-	Moyen
Ventiloconvecteur	Chauffage	9	Locaux F	TRANE	51,3 kW	Moyen
Groupe de pompe	Chauffage	18	Bâtiment 12B-12C Bâtiment 12G Batiment 12F	WILO SALMSON GRUNDFOS	-	Moyen
V3V+Servomoteur	Chauffage	15	Bâtiment 12B-12C Bâtiment 12G Bâtiment 12F Local traitement d'air	TAC SATCHWELL SQS65	-	Moyen



Équipement	Utilité	Nombre	Zone desservie	Marque	Puissance Cumulée	Etat
Unité Intérieure	Emission Reversible	4	Bâtiment 12A Salle Technique Bureau A112	DAIKIN Mistubishi Electric	-	Moyen
Unité Extérieure	Production Reversible	3	Bâtiment 12A Salle Technique Bureau A112	Mistubishi Electric DAIKIN	-	Moyen
Armoire de Clim	Emission froid	4	Local F023 Bureau C003	LIEBERT PCW TRANE LIEBERT M5BUD200	159 kW	Bon Moyen

3.5.1 INVENTAIRE TECHNIQUE - CVC



Equipement	Utilité	Nombre	Zone desservie	Marque	Puissance/Débit	État
Extracteur d'air	Ventilation	5	Bâtiment 12A Local Onduleur A905 Amphitheatre	-	6210 m3/h	Bon Moyen
CTA	Ventilation	2	Amphithéâtre Hall	CIAT	900 m3/h 7500 m3/h	Moyen
Cassettes Plafonnières	Ventilation	7	Bâtiment 12B-12C	CARRIER	10 kW	Moyen
CTA -1Vitesse CTA -2Vitesse	Ventilation	2	Local traitement d'air	WOLF	1 800 m3/h 3600 m3/h	Vetuste
CTA Double Flux	Ventilation	1	-	KOMFOVENT	-	Bon
Extracteur VMC	Ventilation	8	-	ALDES	-	Moyen



Equipement	Nombre	Localisation	Marque/Type	Etat
Aérofrigeant	2	Bâtiment 12D	CARRIER	Bon
V2V+Servomoteur	7	Bâtiment 12D Bâtiment 12G SIEMENS	BELIMO TAC	Bon Moyen
Groupe de pompe secondaire	1	Bâtiment 12F	GRUNDFOS / UPSD 32 50	Moyen
Groupe de pompe primaire	1	Bâtiment 12F	GRUNDFOS /MAGNA1D 80 100	Bon
Groupe EG	2	Sous-Station Eau Glacée F033	TRANE	Moyen
Groupe de pompe de Charge	2	Sous-Station Eau Glacée F033	GRUNDFOS	Vetuste
Groupe de pompe réseau	1	Sous-Station Eau Glacée F033	SALMSON	Moyen
Variateur de vitesse	4	Sous-Station Eau Glacée F033	-	Moyen

3.5.2 INVENTAIRE TECHNIQUE - ECLAIRAGE



Equipement	Nombre	Puissance cumulée	Localisation	Commentaire
Ampoules Fluocompactes 2x18 W	32	1 152 W	Circulations Bâtiment A et Bâtiment D	Détection de présence
Dalles tubes fluorescents 3x14W	150	6 300 W	Bureaux Bâtiment A et Bâtiment D	
Dalles LED 30W	32	640 W	Bâtiment B	
Hublot LED 20 W	62	1240 W	Bâtiment B	
Hublot LED 20 W	180	3 600 W	Circulations Bâtiment C	Détection de présence
Dalles tubes fluorescents 3x14W	300	12 600 W	Bureaux Bâtiment C	
Tubes T8 fluorescents 58W	60	3 480 W	Circulations Bâtiment F	
Dalles tubes fluorescents 3x14W	374	15 708 W	Bureaux Bâtiment F	
Ampoules Fluocompactes 2x18 W	26	832 W	Circulations Bâtiment G	Détection de présence
Dalles tubes fluorescents 3x14W	20	1 260 W	Circulations Bâtiment G	
Ampoules Fluocompactes 2x18 W	96	3 456 W	Amphithéâtres Bâtiment G	
Spots LED 12 W	65	780 W	Circulations Bâtiment E	Détection de présence
Dalles LED 30W	70	2 100 W	Bureaux Bâtiment E	

3.6. AVIS SUR LE MATÉRIEL

La **production de chaud** est assurée par des sous-stations reliées à la chaufferie gaz de l'Université de Rennes. Ces sous-stations alimentent ensuite les différents bâtiments via un réseau d'eau chaude. Les installations sont en bon état et bien isolées, des passerelles sont en places pour la programmation des consignes de température de départ de l'eau. La mise en place d'une GTC permettrait de mieux superviser le système et optimiser les consignes.

Des **Groupes d'Eau Glacée** sont présents pour alimenter le réseau de climatisation du centre. Lors de la visite, deux nouveaux groupes étaient en cours d'installation pour remplacer les anciens équipements devenus obsolètes.

Le renouvellement d'air est assuré par plusieurs **CTA double flux** avec batterie chaude et froide. Ces équipements sont anciens, nous préconisons le retrofit de deux CTA et la mise en place de variation de vitesse sur deux autres afin d'améliorer leur fonctionnement. Les VMC sont équipés d'**horloge** pour le pilotage des équipements.

L'éclairage est dans l'ensemble **d'ancienne génération** hormis dans le bâtiment E et le bâtiment B où se trouve la cafétéria. Nous préconisons de tout remplacer par des dalles LED dans les bureaux et des hublots LED dans les circulations. L'éclairage est piloté de manière automatique sur l'ensemble du site via de la détection de présence. Suite à la visite technique, une des salles du bâtiment C et le bâtiment F ont été relampé avec de la technologie LED. Le centre a mis en place un projet de relamping du bâtiment A.

3.7. AVIS SUR LE CONTRAT DE MAINTENANCE

Désignation	Etat	Commentaire
Type de marché	PF	Marché de type Prestation et forfait : titulaire AXIMA
Poste	Froid	Le marché ne concerne que la production de froid (production, distribution et émetteur)
Durée du marché	???	Non indiqué dans le document transmis
Périmètre	OUI	Le périmètre des prestations est bien défini
Pénalité	NON	Aucune mention de pénalité dans le CCTP
Suivi des énergies	Absent	Il n'y a pas de relève de compteur
Astreine	OUI	H24 -7j/7
Délais	OUI	Intervention sous 4 heures en cas d'arrêt d'un équipement
GMAO	ABSENT	La GMAO est absent du CCTP
Suivi du marché	OUI	Réunion annuelle
Rapport annuel	OUI	L'exploitant rend un rapport annuel

Le marché cadre l'ensemble des prestations.

La limite de prestation est définie, cependant le marché n'inclus que la partie froid.

L'exploitation du primaire et du secondaire sur la partie chauffage est assurée par DALKIA, le marché est celui de l'université avec intéressement.

Le marché de froid est simple avec un entretien préventif et curatif avec une astreinte.

Le titulaire ne relève aucun compteur de fluide.

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.

Il n'y a pas de pénalité dans le CCTP.

Le marché n'inclus pas de Garantie Totale (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 plus de 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.

3.8. 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 éqCO₂.
- 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.

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 CO₂ (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

4.1.

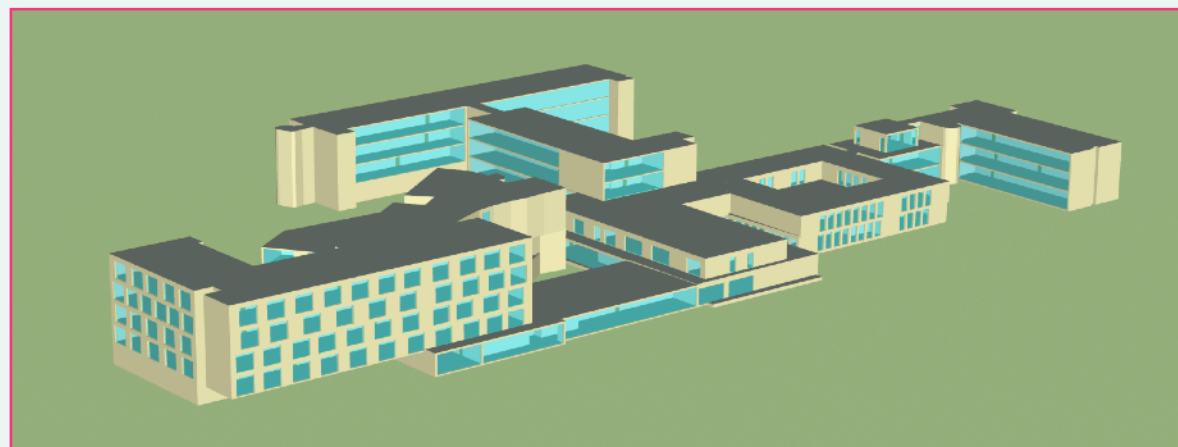
SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

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 de gaz et d'électricité simulées sur le logiciel ont été recollées à la période d'étude à savoir l'année 2021
- Après ces deux étapes, nous avons pu simuler différentes actions de performance énergétique.

MODÉLISATION DU SITE

PLÉIADES V5.22.9.0



4.2. HYPOTHÈSES ET SCÉNARIOS DE LA SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

Scénarios de températures

- **Consigne de climatisation des salles serveurs et onduleurs**
T°C constante à 22°C
- **Consigne de climatisation du site**
T°C en journée : 24°C / T°C en réduit : 27°C
- **Consigne de chauffage**
T°C en journée : 23°C / T°C en réduit : 21°C (nuit) et 19°C (week-end)

Scénarios de ventilation

- **Débit de ventilation des bureaux et des zones de circulation**
Soufflage : 2 050 m³/h toute la journée
Extraction : 2 050 m³/h toute la journée
- **Débit de ventilation des salles de réunions**
Soufflage : 1 700 m³/h toute la journée
Extraction : 1 700 m³/h toute la journée
- **Débit de ventilation du self**
Soufflage : 8 000 m³/h toute la journée
Extraction : 8 000 m³/h toute la journée
- **Débit de ventilation des sanitaires**
Extraction : 2 000 m³/h toute la journée

Scénarios d'exploitation

- **Eclairage des bureaux**
Occupation : 500 lux / Inoccupation : 0 lux
- **Eclairage des circulations**
Occupation : 350 lux / Inoccupation : 50 lux
- **Puissance moyenne dissipée des prises de courant**
Bureaux - Occupation : 15 W/m² / Inoccupation : 5 W/m²
Self - Occupation : 20 W/m² / Inoccupation : 5 W/m²
- **Puissance moyenne dissipée des onduleurs**
8 kW en permanence
- **Occupation du site**
Horaires - Lundi au vendredi : 7h30 à 19h30
Occupation moyenne - 0,1 personnes/m²

4.3.1

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 OPAQUES

Localisation	Composition	Épaisseurs (en cm)	Résistance thermique totale	Norme	Performance thermique
Murs extérieurs					
Bâtiment F	Béton Laine minérale Placoplâtre BA 13	6 15 1	3,84 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 2,90 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Bonne
Bâtiment A/B/C/D/E/G	Béton Métal Polystyrène expansé	5 1 20	2,77 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 2,90 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Moyenne
Plancher intermédiaire					
Etages	Béton lourd Laines de verre	20 15	6 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 2,7 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Très bonne
Toitures terrasses					
Bâtiment A/D/E/F	Chape imprégnée goudrons Polyuréthane Béton	2,5 10 20	3,58 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 3,3 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Bonne
Bâtiment B	Chape imprégnée goudrons Polyuréthane Chape imprégnée goudrons Béton	0,4 4 0,5 20	4,76 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 3,3 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Très bonne
Bâtiment C	Chape imprégnée goudrons Polyuréthane Béton	0,4 5 20	1,9 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 3,3 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Mauvaise
Bâtiment G	Chape imprégnée goudrons Polyuréthane Dalle béton Polyuréthane	0,4 4 14 20 6	9,09 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 3,3 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Très bonne
Plancher bas sur terre plein					
Toutes zones	Béton lourd Polystyrène expansé	20 3	1,62 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 2,90 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Mauvais

4.3.1

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 OPAQUES

AVIS SUR LES PERFORMANCES THERMIQUES

La **Simulation Thermique Dynamique**, la comparaison avec les **normes actuelles** et la **visite technique** sur site réalisées par l'ingénieur nous permettent de déterminer avec une certaine précision la performance des parois opaques du site.

L'analyse des données montrent une **très bonne performance globale** des parois ce qui est en corrélation avec les observations sur le terrain. Exception faite de la toiture du bâtiment C. Les parois extérieures de l'ensemble des bâtiment (or bâtiment F) sont légèrement en-dessous de la limite prévue dans la norme. Le **confort des occupants** semblait bon lors de notre intervention mais nos échanges ont montrés que les périodes de températures extrêmes ont un impact notable.

Seuls les planchers bas montrent une **mauvaise performance thermique**, d'après les données recueillies, mais cela ne présente pas un inconvénient majeur à l'échelle globale du site.

4.3.2.

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 ET MENUISERIES

Localisation	Composition	Type de vitrage	Facteur solaire	Uw	Norme	Performance
Fenêtres						
Fenêtres Bâtiment A	Aluminium	Double vitrage 3/5/3	0,4	3,50 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	< 1,9 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	Mauvaise
Fenêtres Bâtiment B	Aluminium	Double vitrage 4/16/4	0,4	1,60 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	< 1,9 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	Bonne
Fenêtres Bâtiment C	Aluminium	Double vitrage 4/17/8	0,4	1,60 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	< 1,9 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	Bonne
Fenêtres Bâtiment D	Aluminium	Double vitrage 4/10/4	0,4	2,10 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	< 1,9 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	Moyenne
Fenêtres Bâtiment E	Aluminium	Triple vitrage 4/12/4/12/4	0,4	1,40 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	< 1,9 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	Bonne
Fenêtres Bâtiment F	Aluminium	Double vitrage 4/13/4	0,4	2,00 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	< 1,9 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	Moyenne
Fenêtres Bâtiment F	Aluminium	Baie vitrée 16/14/15	0,4	-	-	-
Fenêtres Bâtiment G	Aluminium	Double vitrage 4/16/6	0,4	1,60 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	< 1,9 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	Bonne

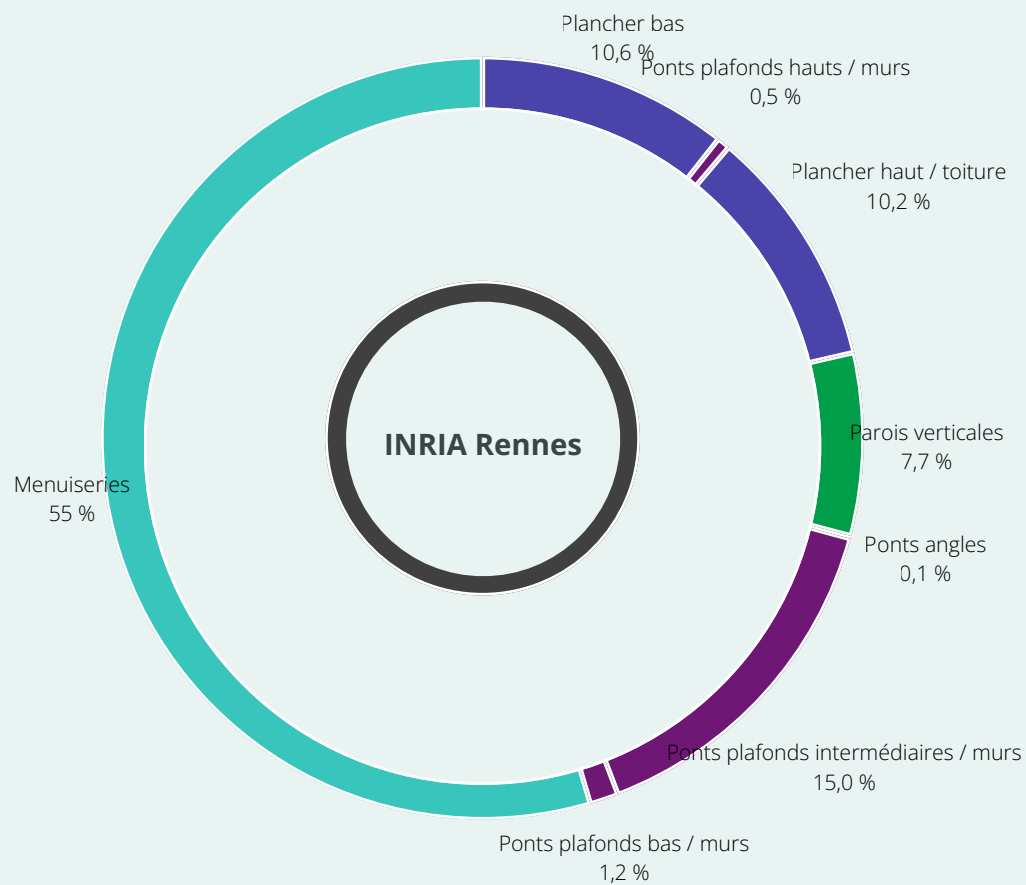
AVIS SUR LES PERFORMANCES THERMIQUES

La **Simulation Thermique Dynamique**, la comparaison avec les **normes actuelles** et la **visite technique** sur site réalisées par l'ingénieur nous permettent de déterminer avec une certaine précision la performance des parois vitrées et des menuiseries du site.

L'analyse des données montrent une **performance correcte** des vitrages. Les fenêtres et la baie vitrée à l'entrée respectent la norme à l'exception des bâtiments A, D et F. Le **confort des occupants** dans les bureaux est bon mais nous avons noté un **inconfort** dans le bâtiment A et certains bureaux du bâtiment F.

Une action de **remplacement des menuiseries du bâtiment A** est détaillée dans ce sens plus loin dans le rapport.

4.4. RÉPARTITION DES DÉPERDITIONS THERMIQUES DU SITE EN FONCTION DES PAROIS



DEPERDITIONS PAR TYPOLOGIE DE PAROIS

55 %

Des déperditions se font par les menuiseries et des vitrages

16,9 %

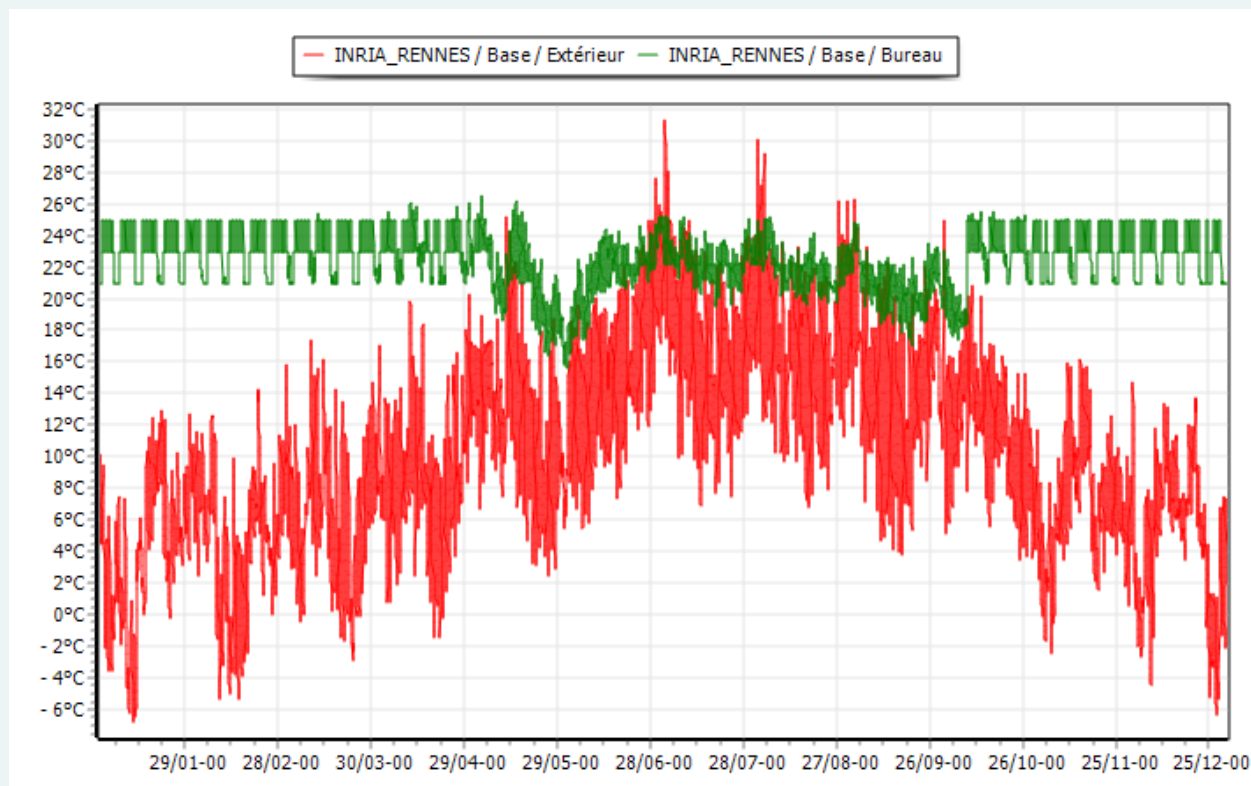
Des déperditions se font par les ponts thermiques aux niveaux des murs et plafonds

- La répartition des déperditions est cohérente avec la typologie du bâtiment et des matériaux utilisés dans sa construction.
- Il a été noté lors de la visite technique que la performance des menuiseries de certains bâtiments étaient moyennes voir mauvaises dans le cas du bâtiment A.
- Cela se traduit par des déperditions à hauteur de 55% par les menuiseries.
- Les performances thermiques des parois sont globalement variables en fonction des bâtiments ce qui limite les pertes thermiques globales via les parois opaques.
Ces dernières sont réparties de manière équilibrées entre les parois verticales et horizontales.

4.5.

ANALYSE DE CONFORT

COMPARAISON DE LA TEMPERATURE EXTERIEUR AVEC LA ZONE BUREAUX



RESSENTI DE LA TEMPERATURE D'AMBIANCE DE LA ZONE BUREAUX

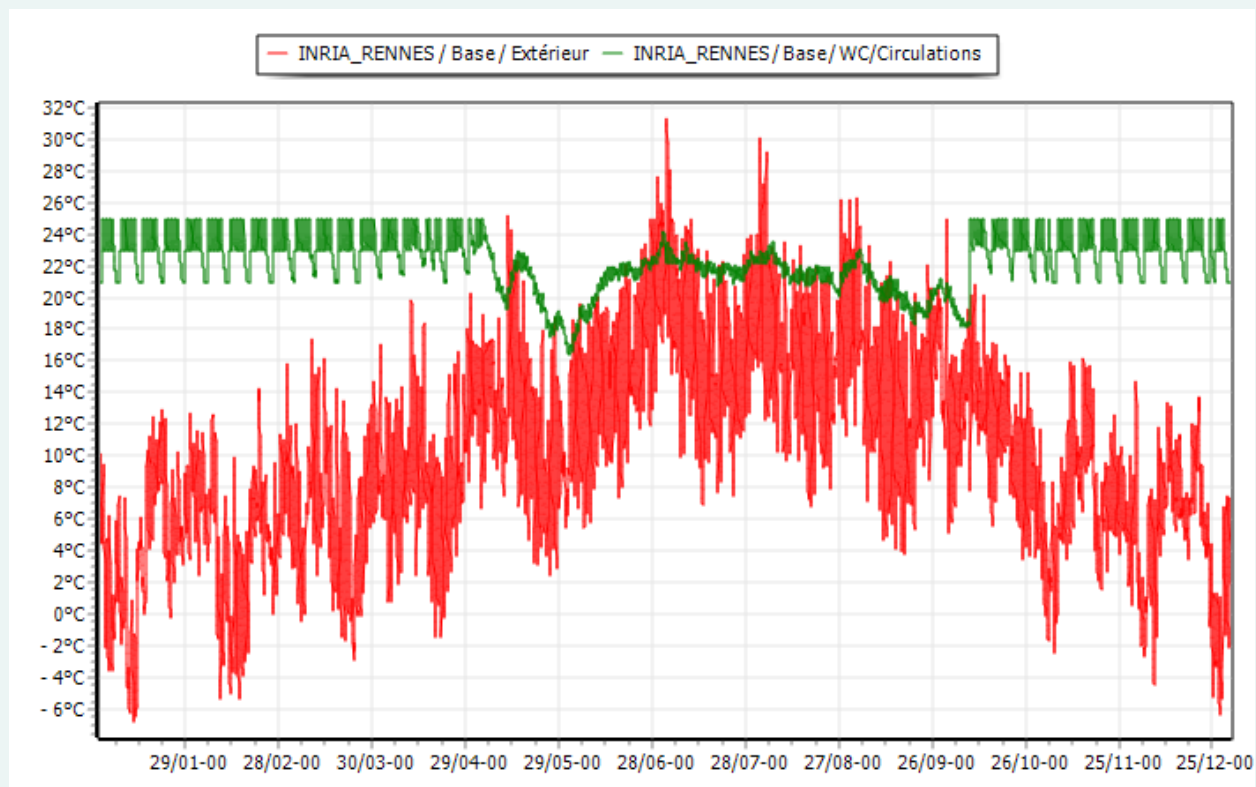
La courbe ci-dessus montre que le chauffage et la climatisation de la zone des bureaux est bien gérée selon les températures de consigne programmées. La température dans cette zone varie entre 21 et 24°C en fonction des heures d'occupation, de l'apport du système de chauffage et de l'apport de chaleur extérieure.

En revanche, l'été la température est extrêmement dépendante de la température extérieure. Nous n'observons pas de valeurs incohérentes mais il reste intéressant de voir que les bâtiments sont sensibles aux hautes températures.

4.5.

ANALYSE DE CONFORT

COMPARAISON DE LA TEMPERATURE EXTERIEUR AVEC LA ZONE DES CIRCULATIONS



RESSENTI DE LA TEMPERATURE D'AMBIANCE DE LA ZONE DES CIRCULATIONS

La courbe ci-dessus montre que le chauffage et la climatisation dans les circulations est tout aussi bien gérée selon les températures de consigne programmées. La température dans ces zones varie dans le même intervalle, soit entre 21 et 24°C.

Nous observons le même comportement l'été à la différence que la température varie peu au cours de la journée. Cela est principalement dû au fait que les circulations ont moins de d'ouvertures donnant sur l'extérieur ce qui limite l'apport de chaleur en période de haute température.

4.6.

ANALYSE DU BESOIN CHAUD ET FROID PAR ZONE THERMIQUE

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 simulées sur le logiciel ont été recollées à la période d'étude à savoir l'année 2021

Zone	Besoin chaud (kWh)	Besoin froid (kWh)
Bureaux	1 055 983	100 661
Salles de réunions	368 250	6 019
Circulations	416 556	9 473
Self	162 958	1 912
Locaux techniques	71 485	0
Local serveurs	0	46 088

4.7. SYNTHÈSE THERMIQUE PAR ZONE

Zones	Apports solaires bruts (kWh)	Conso Eclairage (kWh)	Heures > T∞Inconfort (heures)	Amplification de T∞Ext (%)	Surface (m2)	Volume (m3)
Bureaux	850 769	73 659	0	0 %	8 194,0	24 442,0
Salles de réunions	36 678	16 896	0	74 %	1 253,0	3 654,0
Circulations	129 341	36 589	0	0 %	5 130,0	14 897,0
Self	15 545	6 277	0	129 %	467,0	1 354,0
Locaux techniques	7 861	5 563	0	0 %	1 382,0	4 104,0
Local serveurs	0	1 738	0	0 %	201,0	585,0

ACTION B

AUGMENTATION DE LA CONSIGNE DE 2°C EN ÉTÉ ET SUR LES SALLES CLIMATISEES



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 chauffage et refroidissement des salles.

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

Principe de la solution proposée

À l'heure actuelle, la température de consigne dans les salles Climatisées est constante à 21°C. Dans ces zones, une température à 23°C est suffisante afin d'assurer un fonctionnement optimal.

Nous préconisons une augmentation de 2°C de la température de climatisation.

Cette opération n'est pas complexe et ne nécessite pas l'intervention du mainteneur CVC, elle peut être réalisée par la personne en charge du site.

La simulation thermique du bâtiment nous permis de déterminer les gains dans le tableau ci-dessous

Cette action est déjà en place actuellement. Les gains indiqués sont une estimation de ce qu'elle peut apporter depuis sa mise en place.

Tableau des gains

Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
297 469 kWh	33 317 €	23,8 %	17,5 %	tCO2	-	Immédiat



ACTION C

BAISSE DES CONSIGNES DE 2°C EN HIVER



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 chauffage des salles en hivers.

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

Principe de la solution proposée

À l'heure actuelle, la température de consigne en hiver est constante à 23°C. Dans ces zones, une température entre 19 et 21 °C est suffisante afin d'assurer un fonctionnement optimal.

Nous préconisons une diminution de 2°C de la température de chauffage.

Cette opération n'est pas complexe et ne nécessite pas l'intervention du mainteneur CVC, elle peut être réalisée par la personne en charge du site.

La simulation thermique du bâtiment nous permis de déterminer les gains dans le tableau ci-dessous

Cette action est déjà en place actuellement. Les gains indiqués sont une estimation de ce qu'elle peut apporter depuis sa mise en place.

Tableau des gains

Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
75 959 kWh	3 810 €	16,5 %	4,5 %	2,3 tCO2	-	Immédiat



ACTION J

REPLACEMENT DES MENUISERIES DU BÂTIMENT A



QUESTIONS SOULEVÉES

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

Cette solution permettrait de diminuer les consommations liées au chauffage et à la climatisation du site.



Principe de la solution proposée

Le bâtiment A possède à l'heure actuelle des menuiseries en aluminium avec du double vitrage 3/5/3 de mauvaise qualité.

La performance thermique des menuiseries peut être largement améliorée en les remplaçant par du double vitrage aluminium 4/16/4 avec une lame d'argon et un traitement basse émissivité. Le coefficient de transfert thermique des menuiseries sera donc abaissé et les déperditions fortement diminuées.

- Type de menuiserie : double vitrage aluminium avec lame d'argon et traitement basse émissivité
- Coefficient de transfert thermique U_w : 1,6 m².K/W

Nous avons estimé un coût de 500 €/m² pour cette préconisation qui comprend coût du matériel et pose.

Bâtiment	Menuiseries
Surface de menuiseries	168 m ²
Prix unitaire (€/m ²)	500 €
Coût de l'opération	84 000 €

Gains annuels					Budget	TRI hors CEE
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso RCU	% consommation totale	Impact environnemental		
76 045 kWh	3 805 €	16,5 %	4,5 %	16,7 tCO ₂	84 000 €	22 ans et 1 mois

ACTION N

ISOLATION PAR L'EXTÉRIEUR DE TOUS LES BÂTIMENTS (SAUF BÂTIMENT F)



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 chauffage notamment lors des mois hivernaux.

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



Principe de la solution proposée

Nous avons noté une performance thermique moyenne des parois verticales, ce qui entraîne des déperditions d'énergie au niveau des parois extérieures.

La performance thermique des bâtiments 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 TH36
- Epaisseur : 12 cm
- Résistance thermique de l'isolant : 3,3 m².K/W

Nous avons estimé un coût de 100€/m² 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.

Investissement

Equipement	Quantité (m2)	Prix unitaire	Coût Total
Isolant et main d'oeuvre	8 500	100 €	1 020 000 €
Total			1 020 000 €

Tableau des gains

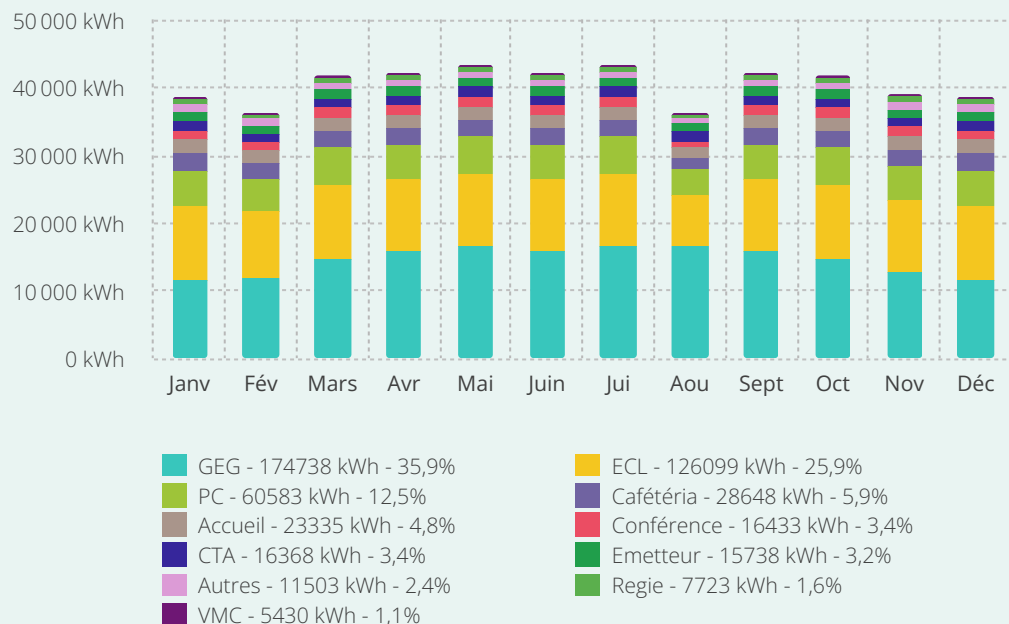
Gains annuels					Budget	TRI (sans CEE)	TRI (avec CEE)
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2			
39 534 kWh	3 755 €	6,7 %	2,3 %	9,3 tCO2	1 020 000 €	275 ans et 7 mois	237 ans et 3 mois

Aides CEE

Fiche CEE	Montant kWh cumac	Aide (€)
BAT EN 102 - Isolation des murs	19 890 000 kWh cumac	129 285 €

Volet Electrique

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



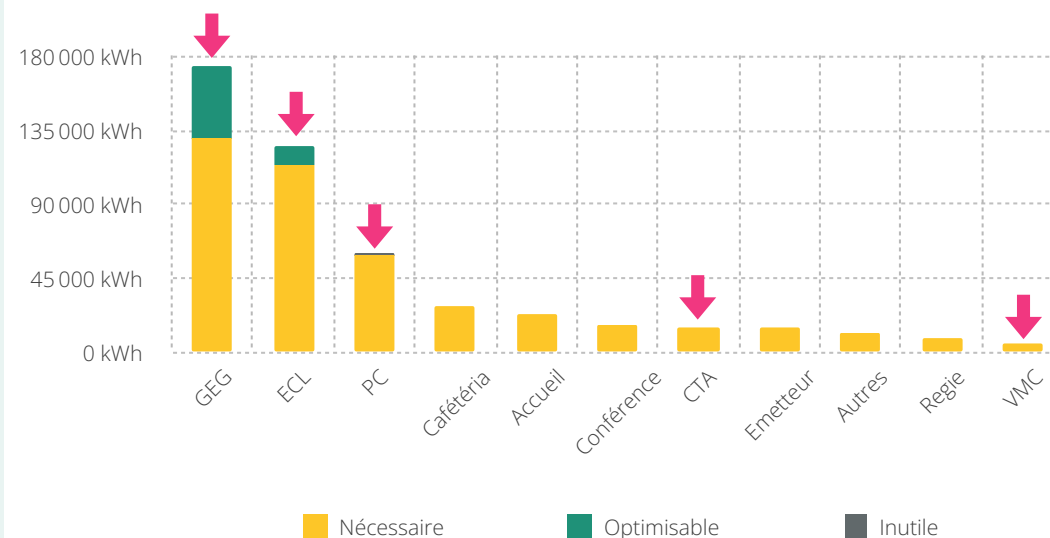
Les Groupes d'Eau Glacée, l'Eclairage et les Prises de Courant représentent les postes principaux de consommations du site. On peut noter que la consommation est plus importante sur les mois d'été, à l'exception du mois d'août, et d'intersaison en raison de la présence des groupes froids pour le refroidissement des salles serveurs et des salles de conférence.

La consommation du centre est relativement stable tout au long de l'année.

La méthodologie d'extrapolation est détaillée en annexe.



5.2. POTENTIEL D'AMÉLIORATION PAR USAGE



ACTIONS PROGRAMMÉES

L'extrapolation des données et la visite technique ont permis d'étudier la pertinence de chaque usage. Après analyse des consommations énergétiques, l'usage CVC ressort comme le plus pertinent sur lequel agir. Vient ensuite l'éclairage et les prises de courant.

5.4. Actions de performance

ACTION A

SENSIBILISATION DU PERSONNEL À L'UTILISATION DES PRISES DE COURANT

QUESTIONS SOULEVÉES

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

Le comportement des usagers dans un bâtiment peut grandement influencer sur la consommation finale de ce dernier.

Une prise de conscience du personnel permet de faire baisser ces consommations en modifiant les habitudes quotidiennes.

Principe de la solution proposée

L'extinction de tous les usages ne peut être automatisée, les usagers font vivre le bâtiment : leur comportement influe sur les consommations de ce dernier. Cette préconisation concerne les appareils en veille dans les bureaux.

Une campagne de sensibilisation des collaborateurs se décline en plusieurs étapes. Nous vous présentons ci-après les grandes lignes de la démarche, qui doit être adaptée selon le contexte et les besoins.

- **Rédiger un guide de bonnes pratiques :**
 - Informer sur l'origine des gaspillages
 - Mise en place d'une politique de réduction des gaspillages
 - Standardiser les bons exemples
- **Partage par infographie, mailing, ou intranet :**
 - Des enjeux énergétiques et climatiques
 - Des guides de bonnes pratiques internes ou ceux rédigés par l'ADEME
 - De la progression du projet
- **Mobiliser les collaborateurs déjà impliqués !**
- **Mettre en place un protocole de vérification de la bonne extinction de l'ensemble des équipements**
- **Mettre en place un challenge d'économies d'énergie**
- **Récompenser ses collaborateurs**

Tableau des gains

Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
1 211 kWh	135 €	0,1 %	0,1 %	0,5 tCO2	0 €	Immédiat



ACTION D

CONDUITE LIÉE A LA MISE EN PLACE D'UN INTÉRESSEMENT



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 est un engagement contractuel de l'exploitant

Principe de la solution proposée

Nous préconisons de modifier le contrat de maintenance actuel du site. Un engagement contractuel de l'exploitant sur une cible de consommation (PFI) est un moyen de s'assurer du bon suivi des équipements par le mainteneur tout en travaillant avec lui pour faire des économies d'énergies. L'implication des mainteneurs dans cette démarche est une solution pour faciliter la mise en place des actions.

Cette action est déjà en place actuellement. Les gains indiqués sont une estimation de ce qu'elle peut apporter depuis sa mise en place.

Tableau des gains

	Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
	Energie (kW)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
Gaz	9 349 kW	1 869,86 €	2,0 %	1,0 %	2,12 tCO2	2 000 €	1 ans et 7 mois
Électricité	27 620 kW	9 943,20 €	2,0 %	1,0 %	1,77 tCO2		1 ans et 8 mois



ACTION E

MISE EN PLACE D'UNE HORLOGE SUR LES VMC



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 piloter le fonctionnement des VMC.

Principe de la solution proposée

Actuellement, les VMC fonctionnent en période d'inoccupation. Nous préconisons la programmation d'une plage horaire pour le fonctionnement de celles-ci. Les VMC seront éteintes la nuit et les week-end. Le travail des CTA sur le site est suffisant en période d'inoccupation pour l'aération du centre.

Cette action est déjà en place actuellement. Les gains indiqués sont une estimation de ce qu'elle peut apporter depuis sa mise en place.

Tableau des gains

Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
9 198 kWh	3 311.28 €	1 %	0 %	0.59 tCO2	10 000 €	3 ans et 2 mois



ACTION F

RELAMPING LED DES BÂTIMENTS

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 importante des consommations 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	Coût Total
Ampoules Fluocompactes 2x18W	196	Hublot LED 17W NG	196	18 €	5 189 €
Dalle T8 4x18W 60x60cm	844	Panneau LED 30W 60x60cm G	844	66 €	83 404 €
Main d'œuvre (heures)				63 heures	3 803 €
Total					92 396 €

Gains annuels					Budget TTC	Temps de Retour sur Investissement	Montant CEE	TRI Brut
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2				
126 099 kWh	14 123 €	10,1 %	7,4 %	51 tCO2	92 396 €	6 ans et 6 mois	4 100 €	6 ans et 3 mois

ACTION G

MISE EN PLACE DE PANNEAUX SOLAIRES PHOTOVOLTAIQUES 350 M2



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.

Principe de la solution proposée

Avec l'installation de l'équivalent de 350m2 de panneaux photovoltaïques sur la toiture du bâtiment, nous avons estimé une production annuelle potentielle de 68 250 kWh.

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.

$$\text{Production d'énergie annuelle} = \text{Productible} \times \text{Puissance DC installée} \\ = \mathbf{68\,250\,kWh}$$

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

Un projet de mise en place de panneaux photovoltaïques sur la toiture du bâtiment F est en cours d'étude

Tableau des gains

Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
68 250 kWh	24 570 €	5 %	4 %	4,37 tCO2	157 500 €	9 ans et 5 mois



ACTION H

MISE EN PLACE D'UNE GTC SUR L'ENSEMBLE DU BÂTIMENT



QUESTIONS SOULEVÉES

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

Principe de la solution proposée

Nous préconisons ici la mise en place de la Gestion Technique du Centralisée sur l'ensemble des Bâtiments. Une gestion centralisée efficace est essentielle pour éviter des dérives énergétiques et optimiser les potentiels nouveaux équipements installés sur le site dans le futur.

Cette action passera par la mise à jour des consignes de température et des programmes horaires sur les différents équipements, la mise à jour de l'ensemble de l'équipement de régulation avec intégration de sondes d'ambiance et la suppression des équipements inutiles.

Actuellement, la gestion des équipements de CVC est dans les mains de Dalkia. Bien que la communication avec eux et la gestion des besoins soient efficaces, l'absence de GTB propre à l'INRIA limite les possibilités d'actions. Si à l'avenir il devient possible pour l'INRIA d'installer un système qui leur est propre, la liberté d'actions permettra de réaliser des gains énergétique supplémentaires.

Tableau des gains

	Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
	Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
Gaz	18 699 kWh	-	4 %	1 %	4,24 tCO2	90 000 €	9 ans et 5 mois
Électricité	27 620 kWh	9 943 €	2 %	1 %	1,77 tCO2		



ACTION I

MISE EN PLACE D'UN SYSTÈME DE RÉCUPÉRATION DE CHALEUR SUR UN GROUPE DE PRODUCTION DE FROID



QUESTIONS SOULEVÉES

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

Afin de fournir une température de confort correcte aux occupants, l'air neuf passant par un groupe de production de froid à besoin d'être réchauffer.

La présence d'un échangeur pour la récupération de la chaleur perdue facilite le pré-chauffage de cet air.

Principe de la solution proposée

La récupération de chaleur est une action avec un gain intéressant car elle permet de récupérer une énergie « perdue » et de la réutiliser « gratuitement » pour le pré-chauffage d'un réseau ou d'une zone.

Nous préconisons la mise en place d'un système de récupération de chaleur basse température sur un groupe de production de froid.

Ce système permet la récupération de l'énergie perdue sous forme de chaleur grâce à un échangeur qui transfère cette énergie entre l'évacuation de chaleur et la batterie chaude.

Tableau des gains

Gains annuels					Budget TTC	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
2 762 kWh	994 €	0 %	0 %	0,18 tCO2	11 000 €	11 ans et 6 mois



ACTION K

REPLACEMENT DES DEUX GROUPES FROIDS ET RÉCUPÉRATION DE CHALEUR POUR CHAUFFAGE DES RÉSEAUX PLANCHERS



QUESTIONS SOULEVÉES

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

Le réseau de chauffage du site est ancien et en mauvais état. Des fuites ont été signalées lors de la visite ce qui entraîne des pertes et des surconsommations du système.

Principe de la solution proposée

Lors de notre visite, nous avons remarqué que le réseau de chauffage du site était en mauvais état. Le responsable maintenance du centre nous a signalé lors de la visite que des fuites étaient de plus en plus fréquentes ce qui entraîne des pertes et des surconsommations du système.

Bien que l'action soit complexe et coûteuse, nous avons préconisé le remplacement des deux groupes de froids et récupération de chaleur pour chauffage des réseaux planchers et dans le même temps de mettre en place un échangeur dans chaque sous-station pour améliorer l'efficacité du système.

Tableau des gains

	Gains annuels					Budget TTC	Temps de Retour sur Investissement
	Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
Gaz	24 446 kWh	4 889 €	5 %	1 %	5,55 tCO2	200 000 €	47 ans et 7 mois
Electricité	17 955 kWh	6 464 €	1 %	1 %	1,15 tCO2		37 ans et 10 mois



ACTION L

RÉTROFIT DES DEUX CTA DF SALLES ANNEXES ET MÉTIVIER



QUESTIONS SOULEVÉES

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

La solution présentée ci-contre permet de ne pas changer toute la CTA mais seulement les moteurs afin de réaliser des économies d'énergie, de sécuriser le système et de réduire la maintenance sur cette dernière.



Principe de la solution proposée

Suite à la visite sur site de l'INRIA Rennes, nous avons observé que les 2 CTA situées dans les salles annexes Métivier sont encore en bon état mais leur performance peut être optimisée. Il n'est pas nécessaire de changer toute la CTA. Cependant, il est possible d'améliorer la motorisation. Cela permet de limiter les coûts dus au changement de la CTA (dépose et installation difficiles), de maintenance et d'impact environnemental.

Le pilotage des CTA du site est actuellement bien géré avec un planning horaire bien calibré.

Les moteurs actuels des CTA sont à polycourroies de classe IEE1. Nous préconisons de changer le moteur de la CTA par un moteur à **entraînement direct**, limitant les frottements et donc augmentant le rendement de ce dernier. Cette action permet de générer des **économies d'énergie** grâce à la différence de rendement de moteur.

Le temps d'arrêt de la CTA, lors de l'intervention de cette solution, est limité à environ 2 jours au lieu d'une semaine pour un changement de CTA complète. Ce qui est un gain de temps et économique non négligeable. La maintenance des CTA est également réduite.

Tableau des gains

	Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
	Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
Gaz	2 436 kWh	487,24 €	1 %	0 %	0,55	60 000 €	124 ans et 2 mois
Electricité	8 672 kWh	13 122,06 €	1,0 %	0 %	0,56 tCO2		20 ans et 10 mois

ACTION M

MISE EN PLACE DE VARIATION DE VITESSE SUR LA CTA HALL ET AMPHITHÉÂTRE



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 chauffage et refroidissement du bâtiment 6. Par ailleurs, cela permet un meilleur confort pour les occupants.

Principe de la solution proposée

Nous préconisons la mise en place de variateurs de vitesse, dans le bâtiment pour piloter la CTA du hall et de l'amphithéâtre de façon plus optimale.

Cette amélioration de l'équipement permet d'une part des gains énergétiques mais aussi des gains à long terme sur la maintenance de l'équipement. Grâce aux variateurs de vitesse, les CTA fonctionneront de manière cohérente avec l'activité du site soit en réduit quand c'est nécessaire.

Les CTA fonctionnant légèrement moins sur la durée, leur besoin en maintenance devrait être moins importante.

Tableau des gains

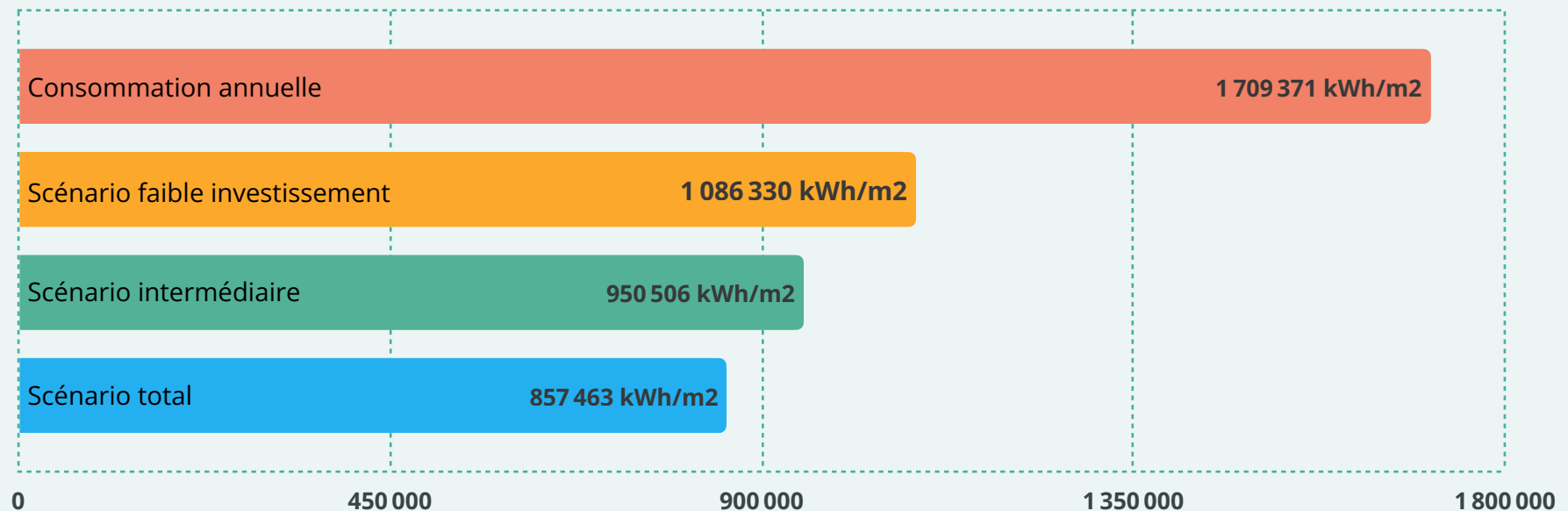
	Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
	Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
Gaz	1 630 kWh	326 €	0 %	0 %	0,37 tCO2	50 000 €	156 ans et 4 mois
Électricité	16 863 kWh	6 071 €	1 %	1 %	1,08 tCO2		10 ans

5.5. RÉCAPITULATIF DES ACTIONS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIES

Désignation	Origine de l'action	Usage	Type d'énergie	Gains annuels					Budget (€)	Temps de Retour sur Investissement (Hors aide)	Valorisation CEE (€)	Temps de Retour sur Investissement (avec CEE)
				Energie (kWh)	Euros (€)	% consommation fluide	% consommation totale	Impact environnemental				
Action A : Sensibilisation à l'utilisation des prises de courant	Citron®	Prises de Courant	Electricité	1 211 kWh	135 €	0,1 %	0,1 %	0,5 tCO2	0 €	Immédiat	-	Immédiat
Action B : Augmentation de la consigne de 2°C en été et sur les salles climatisées	STD	CVC	Electricité	297 469 kWh	33 316 €	23,8 %	17,5 %	23,5 tCO2	-	Immédiat	-	Immédiat
Action C : Baisse des consignes de 2°C en hiver	STD	CVC	Gaz	75 959 kWh	3 810 €	16,5 %	4,5 %	16,7 tCO2	-	Immédiat	-	Immédiat
Action D : Conduite liée à la mise en place d'un intéressement	SAGE ENERGIE	CVC	Gaz	9 349 kWh	1 869 €	2 %	1,0 %	2,12 tCO2	2 000 €	1 ans et 7 mois	-	1 ans et 7 mois
		CVC	Electricité	27 620 kWh	9 943 €	2 %	1,0 %	1,77 tCO2		1 ans et 8 mois	-	1 ans et 8 mois
Action E : Mise en place d'une horloge sur les VMC	SAGE ENERGIE	CVC	Electricité	9 918 kWh	3 311 €	1 %	0,0 %	0,59 tCO2	10 000 €	3 ans et 2 mois	-	3 ans et 2 mois
Action F : Relamping LED des bâtiments	Citron®	Eclairage	Electricité	126 099 kWh	14 123 €	10,1 %	7,4 %	51 tCO2	92 396 €	6 ans et 6 mois	4 100 €	6 ans et 3 mois
Action G : Mise en place de panneaux solaires photovoltaïques 350m²	SAGE ENERGIE	CVC	Electricité	68 250 kWh	24 570 €	5 %	4,0 %	4,37 tCO2	157 500 €	9 ans et 5 mois	-	9 ans et 5 mois
Action H : Mise en place d'une GTC sur l'ensemble du bâtiment	SAGE ENERGIE	CVC	Electricité	27 620 kWh	9 943 €	2 %	1,0 %	1,77 tCO2	90 000 €	9 ans et 5 mois	-	9 ans et 5 mois
		CVC	Gaz	18 699 kWh	-	4 %	1,0 %	4,24 tCO2				
Action I : Mise en place d'un système de récupération de chaleur sur un groupe de production de froid	SAGE ENERGIE	CVC	Electricité	2 762 kWh	994 €	0 %	0,0 %	0,18 tCO2	11 000 €	11 ans et 6 mois	-	11 ans et 6 mois
Action J : Remplacement des menuiseries du bâtiment A	STD	CVC	Gaz	76 045 kWh	3 805 €	16,5 %	4,5 %	16,7 tCO2	84 000 €	22 ans et 1 mois	-	22 ans et 1 mois
Action K : Remplacement des deux groupes froids et récupération de chaleur pour chauffage des réseaux planchers	SAGE ENERGIE	CVC	Gaz	24 446 kWh	4 889 €	5 %	1,0 %	5,55 tCO2	200 000 €	47 ans et 7 mois	-	47 ans et 7 mois
		CVC	Electricité	17 955 kWh	6 463 €	1 %	1,0 %	1,15 tCO2		37 ans et 10 mois	-	37 ans et 10 mois
Action L : Rétrofit des deux CTA DF Salles annexes et Métivier	SAGE ENERGIE	CVC	Electricité	8 672 kWh	3 122 €	1 %	0,0 %	0,56 tCO2	60 000 €	20 ans et 10 mois	-	20 ans et 10 mois
		CVC	Gaz	2 436 kWh	487 €	1 %	0,0 %	0,55 tCO2		124 ans et 2 mois		124 ans et 2 mois
Action M : CTA Hall et Amphithéâtre - mise en place de variation de vitesse	SAGE ENERGIE	CVC	Gaz	1 630 kWh	325 €	0 %	0,0 %	0,37 tCO2	50 000 €	156 ans et 4 mois	-	156 ans et 4 mois
		CVC	Electricité	16 863 kWh	6 070 €	1 %	1,0 %	1,08 tCO2		10 ans	-	10 ans
Action N : Isolation par l'extérieur des bâtiments (sauf bâtiment F)	STD	CVC	Gaz	39 534 kWh	3 755 €	6,7 %	2,3 %	9,3 tCO2	1 020 000 €	275 ans et 7 mois	129 285 €	237 ans et 3 mois

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

5.6. SCÉNARIO TOTAL



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

Le **premier scénario** prend en compte les actions avec un investissement faible ou nul. Ce scénario permettrait d'économiser **70 312 € par an**, avec un investissement de **176 396 €** pour un TRI de **2 ans et 6 mois**.

Le **deuxième scénario** reprend les actions du scénario précédent auxquelles s'ajoutent des actions avec des investissements plus importants comme les actions sur le bâti et les améliorations des équipements de ventilation. Il permettrait d'économiser **112 214 €** pour **422 362 €** d'investissement, soit un TRI total de **3 ans et 9 mois**.

Le **troisième scénario** comprend toutes les actions préconisées dans le tableau précédent. Il permettrait d'économiser **130 930 €** pour **1 502 362 €** d'investissement, ce qui correspond à un TRI total de **11 ans et 6 mois**.

Certaines actions ont déjà été mises en place par le centre. Les scénarios indiqués sont donc représentatif à la fois des gains possibles mais aussi des avancées réalisées par le client.

6. Annexe

MÉTHODOLOGIE D'EXTRAPOLATION DES CONSOMMATIONS



Cette annexe a pour but de présenter la métrologie 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 7 jours. 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 de référence 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 chaque zone.
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 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
 - ventilation
 - usages informatiques
 - éclairage
 - Autres
4. Nous prenons l'hypothèse que certains usages varient en fonction de la rigueur climatique :
 - système de chauffage
 - système de refroidissement

6. Annexe

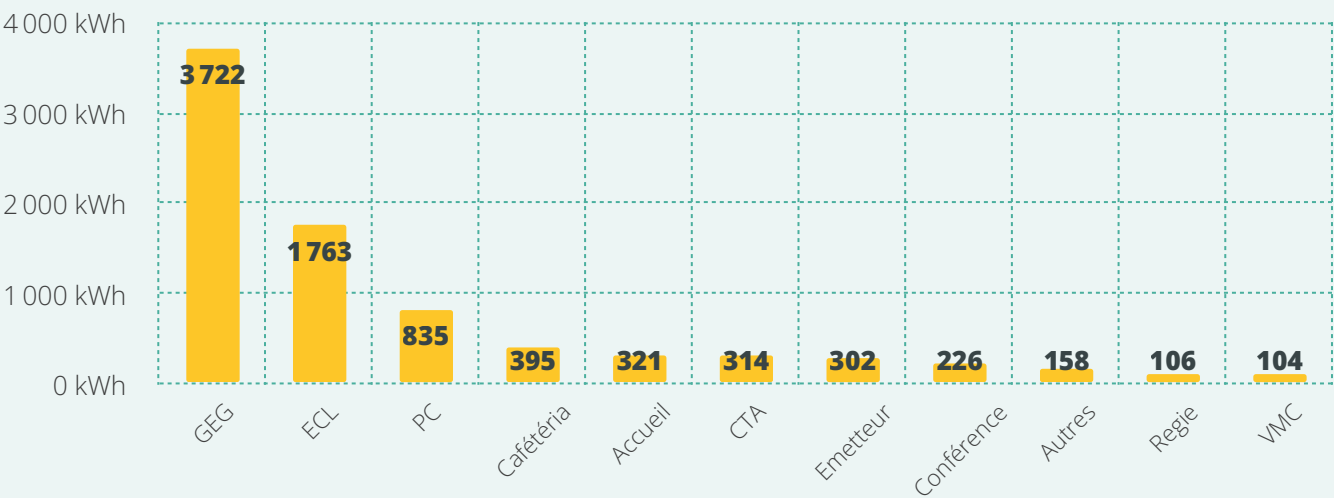
DONNÉES OBTENUES PAR MESURE SUR LE SITE DE L'INRIA RENNES



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.

CONSOMMATIONS SUR LA SEMAINE DE MESURE



RÉCAPITULATIF DES ACTIONS À MENER

Usage	Consommation sur l'année	Pourcentage du total	Optimisation	Investissement
GEG	174 738 kWh	35,9 %	Oui	
ECL	126 099 kWh	25,9 %	Oui	Oui
PC	60 583 kWh	12,5 %	Oui	
Cafétéria	28 648 kWh	5,9 %		
Accueil	23 335 kWh	4,8 %		
Conférence	16 433 kWh	3,4 %		
CTA	16 368 kWh	3,4 %		
Emetteur	15 738 kWh	3,2 %		
Autres	11 503 kWh	2,4 %		
Regie	7 723 kWh	1,6 %		
VMC	5 430 kWh	1,1 %	Oui	Oui

**Cabs :**

C'est l'objectif en valeur absolue. Exprimé en kWh/m²/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 2011 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/m² 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 consommations 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 arrêté 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®

Benoit Morin
Energy Manager
b.morin@citron.io

Vincent Constant
Responsable d'agence
v.constant@citron.io

SAGE ENERGIE

Alexandre Mazeline
Ingénieur Energie
amazeline@sage-energie.fr