



30 Novembre 2022



Írta

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)



Renouvelez le certificat 32429-7



Responsable du Pôle Certification Environnement, Sécurité et Performance

00 . SOMMAIRE

Audit Energétique Décret Tertiaire - INRIA Nancy

1. CONTEXTE DE LA MISSION (P.4)

2. SYNTHÈSE IMMOBILIÈRE ET ENERGETIQUE (P.7)

3. VOLET ANALYSE ENERGETIQUE DU SITE (P.11)

- 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.22)

- 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. Plan d'action global
- 5.5. Scénario total

6. ANNEXES (P.53)

- 6.1. Méthodologique d'extrapolation des mesures
- 6.2. 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 Nancy ;
- 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 615 rue du Jardin-Botanique, 54600 Villers-lès-Nancy. 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 Octobre 2022.

Les factures d'électricité et de gaz servant de référence à l'audit et 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 30/11/2022. Il repose sur une visite technique du site. La visite technique a été réalisée aux dates suivantes :

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

L'ingénieur spécialisé en efficacité énergétique des bâtiments en charge du projet, Anatole Dupré 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 : Killian Lavoue

Fonction : Ingénieur Energie

Tél : 06 85 08 96 24

E-mail : klavoue@sage-energie.fr

Citron®

Nom : Anatole Dupré

Fonction : Ingénieur opérationnel

Tél : 06 22 96 01 65

E-mail : a.dupre@citron.io

2. Synthèse immobilière et énergétique



QUESTIONS SOULEVÉES

- Quelles sont les données clés pour l'audit énergétique réglementaire du site Nancy ?
- Quels sont les enseignements de l'audit ?

L'**Inria Nancy** a été construit en **3 phases**, la tranche A en 1990, la tranche B en 1992 et la tranche C en 2006. Par conséquent les performances thermiques sont différentes selon les zones. Le grand nombre de parois vitrées entraîne des déperditions thermiques au niveau du bâti.

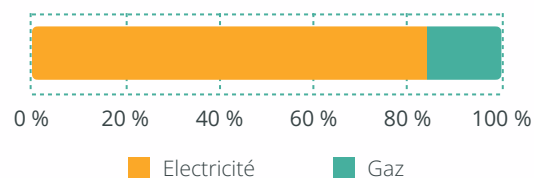
Au niveau des **équipements**, ils sont pour la plupart gérés par une GTB. Toutefois il est possible d'optimiser le fonctionnement de certains équipements comme les CTA ou l'éclairage. Nous préconisons également de mettre en place de la récupération de chaleur sur les différentes salles serveurs du site.

INFORMATIONS SUR LE SITE

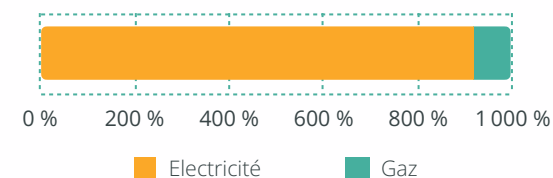
Volumes annuels de consommations énergétiques

Janvier - Décembre 2021

3 122 MWh_{EF}



337 458 €_{TTC}



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

615 rue du Jardin-Botanique, 54600 Villers-lès-Nancy



SURFACE

Bâtiments : 12 640 m²



ACTIVITÉ

Bureaux, Recherche
Ouverture :
Lundi au vendredi de 7h à 22h
Samedi et dimanche de 9h à 22h



BÂTIMENT

Année de construction :
Tranche A : 1990
Tranche B : 1992
Tranche C : 2006



OCCUPATION

Occupation totale sur les Tranches A, B et C : 450 personnes

Synthèse Décret Tertiaire

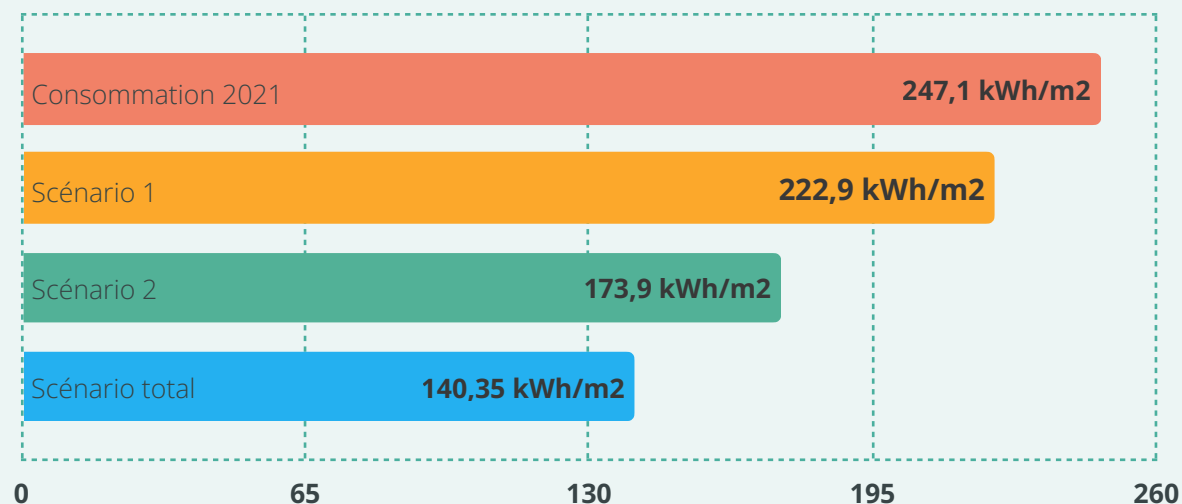


CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Bâtiment situé au **615 rue du Jardin-Botanique, 54600 Villers-lès-Nancy** :

- Impact environnemental en 2021 : **225,9 tCO₂**
- Surface totale : **12 640 m²**
- Date de construction : **1990, 1992, 2006**
(respectivement les tranches A, B et C)
- Horaires de présence
Lundi au vendredi : **8h à 18h**
- Occupant : **INRIA**

SCÉNARIO AUDIT ÉNERGÉTIQUE



DÉTERMINATION DE L'ANNÉE DE RÉFÉRENCE

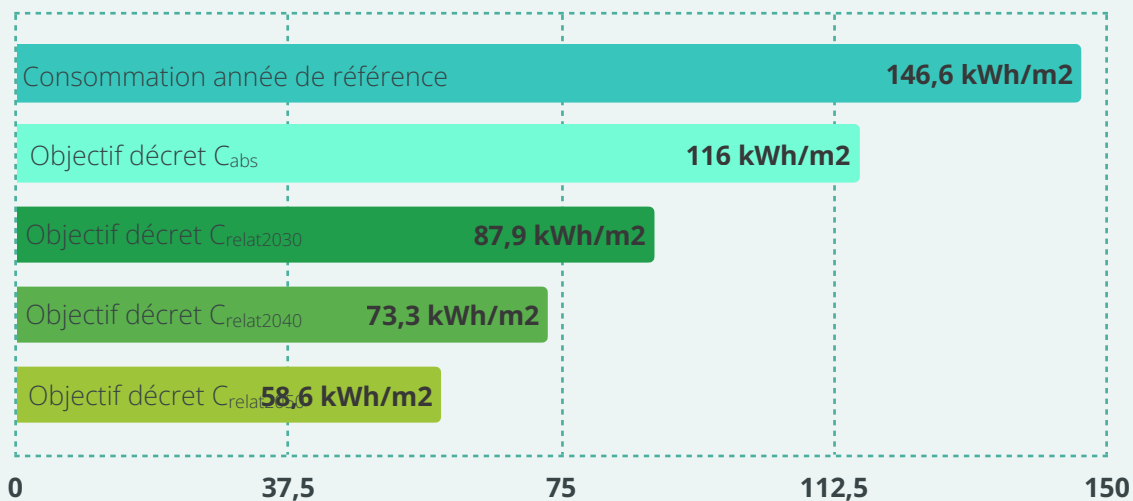
Année de référence $C_{réf}$ calculée : **2015**

Consommation de référence brute : **3 819 303 kWh**

Consommation de référence ajustée Tertiaire : **987 249 kWh**

Surface Tertiaire : **6 733 m²** surface de plancher

MARCHE RESTANTE DÉCRET TERTIAIRE



RÉCAPITULATIF DES ACTIONS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

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				
TRI inférieur à 1 an												
Action C : Sensibilisation du personnel	Citron®	PC	Electricité	17 087 kWh	1 429 €	0,6 %	0,5 %	1,1 tCO2	500 €	4 mois	-	4 mois
TRI supérieur à 4 ans												
Action B : Relamping LED	Citron®	Production de chaud	Electricité	61 172 kWh	5507€ +4098€ de gain en maintenance	2,3 %	2 %	4,2 tCO2	65 479 €	6 ans et 10 mois	4 148 €	6 ans et 5 mois
Action M : Mise en place d'une centrale photovoltaïque	Citron	Production d'énergie	Electricité	308 215 kWh	26 184 €	11,8 %	9,9 %	18,2 tCO2	250 000 €	9 ans et 7 mois	-	9 ans et 7 mois
Action D : Raccordement au réseau de chaleur	STD	Production de chaud	Electricité	96 493 kWh	9 649 €	2,6 %	2,4 %	6,18 tCO2	170 000 €	10 ans et 7 mois	-	10 ans et 7 mois
			Gaz / RCU	107 445 kWh	6 447 €	26,9 %	2,6 %	24,39 tCO2				
Action E : Récupération de chaleur sur les salles serveurs et freecooling	SAGE ENERGIE	CVC	Gaz	40 652 kWh	2 439 €	10 %	1,0 %	9,23 tCO2	45 000 €	18 ans et 6 mois	-	18 ans et 6 mois
Action H : Isolation thermique par l'extérieur	STD	Production de chaud	Electricité	61 922 kWh	5 046 €	2,3 %	2,0 %	4,7 tCO2	115 000 €	18 ans et 8 mois	2 464 €	18 ans et 8 mois
			Gaz	27 215 kWh	1 094 €	5,3 %	0,9 %	4,9 tCO2				
Action G : Remplacement des menuiseries	STD	Production de chaud	Electricité	53136 kWh	3 188 €	13,3 %	1,0 %	27,4 tCO2	880 000 €	63 ans et 10 mois	27 720 €	60 ans et 2 mois
			Gaz	127500 kWh	5 126 €	25 %	4,1 %					
Action K : Equilibrage des réseaux hydrauliques secondaires	SAGE ENERGIE	CVC	Gaz	15 967 kWh	958 €	4,0 %	0,4 %	3,62 tCO2	100 000 €	104 ans	-	104 ans

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)		146,6	247,1	87,9	222,9	173,9	140,4
Pourcentage de réduction de consommation par rapport à l'année d'étude 2021					9,8 %	29,6 %	43,2 %
Equivalent des gains carbone					1,1 tCO2	23,5 tCO2	103,9 tCO2
Bilan financier							
Investissement total - hors subventions					500 €	315 979 €	1 625 979 €
Actions	Action C : Sensibilisation du personnel				500 €	500 €	500 €
	Action B : Relamping LED					65 479 €	65 479 €
	Action M : Mise en place d'une centrale photovoltaïque					250 000 €	250 000 €
	Action D : Raccordement au réseau de chaleur						170 000 €
	Action E : Récupération de chaleur sur les salles serveurs et freecooling						45 000 €
	Action H : Isolation thermique par l'extérieur						115 000 €
	Action G : Remplacement des menuiseries						880 000 €
	Action K : Equilibrage des réseaux hydrauliques secondaires						100 000 €
Subventions mobilisables (CEE)					0 €	4 148 €	34 332 €
Economie financière annuelle totale					1 429 €	27 613 €	61 560 €
Temps de retour sur investissement avec CEE					4 mois	11 ans et 5 mois	26 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

03.

ETUDE CONTRACTUELLE

PAGES 11 À 12



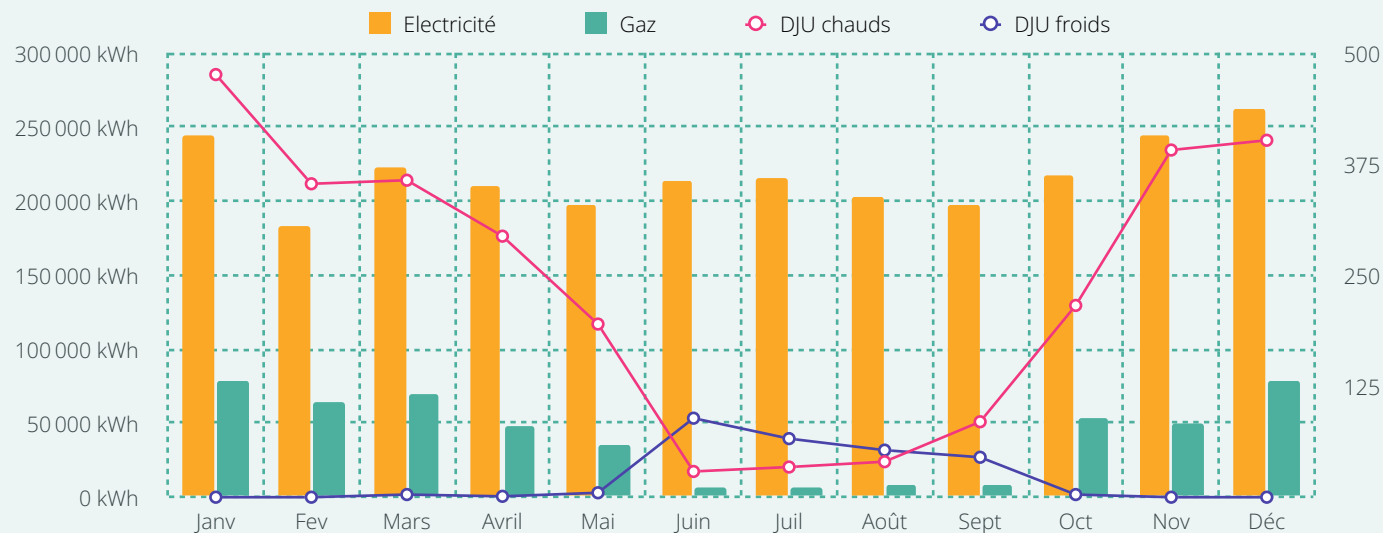
CARACTÉRISTIQUES DU SITE

Bâtiment situé au **615 rue du Jardin-Botanique, 54600 Villers-lès-Nancy** :

- Impact environnemental en 2021 : **225,9 tCO₂**
- Surface totale : **12 640 m²**
- Date de construction : **1990, 1992, 2006**
(respectivement les tranches A, B et C)
- Horaires de présence
Lundi au vendredi : **8h à 18h**
- Occupant : **INRIA**

CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE

PÉRIODE D'ÉTUDE 2021



ELECTRICITE

- Consommation : **2 612 907 kWh**
- Coût annuel : **257 377 €HTVA**
- IPE : **206,7 kWh/m²/an**

GAZ NATUREL

- Consommation : **510 000 kWh**
- Coût : **23 839 €HTVA**
- IPE : **40,3 kWh/m²/an**

OBSERVATIONS DE LA PÉRIODE DE RÉFÉRENCE

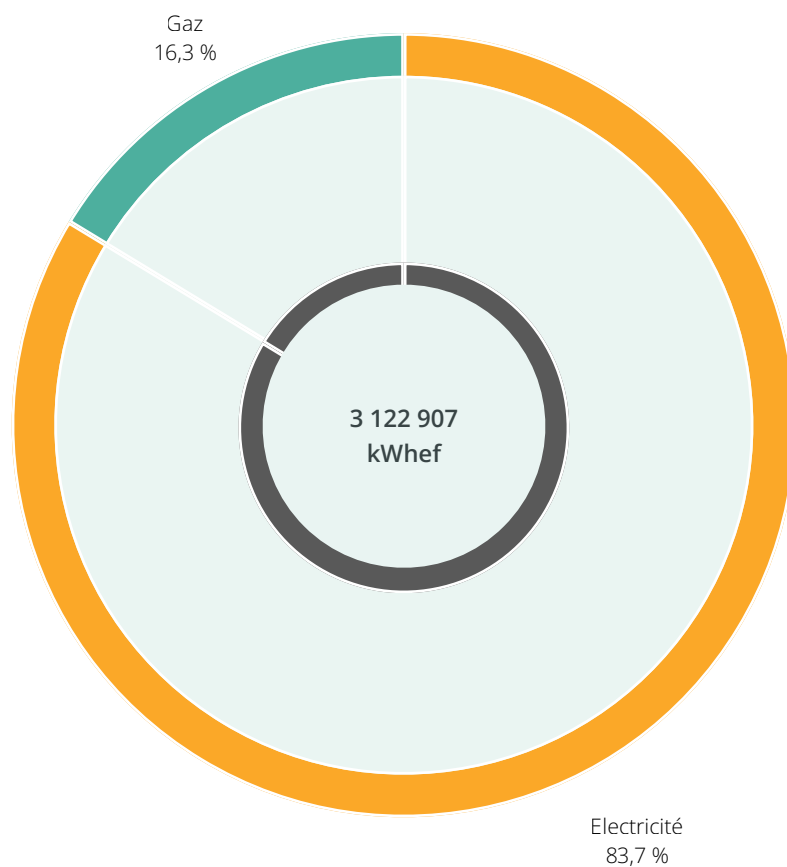
- Le site de INRIA Nancy présente 1 PDL électrique HTA C2 Longue utilisation chez Total direct énergie avec une puissance souscrite de 700 kVA.
- Un PDL de gaz alimente la chaufferie du bâtiment C avec un contrat P1 P2 P3 (les bâtiments A et B sont uniquement alimenté en électricité).
- Les factures énergétiques varient en fonction des paramètres climatiques et de l'occupation du site

3 122 907
kWh/m²

337 458
€ TTC

247,1
kWh/m²/an

RÉPARTITION DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE TOTALE EN ÉNERGIE FINALE



AVIS SUR LA DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE

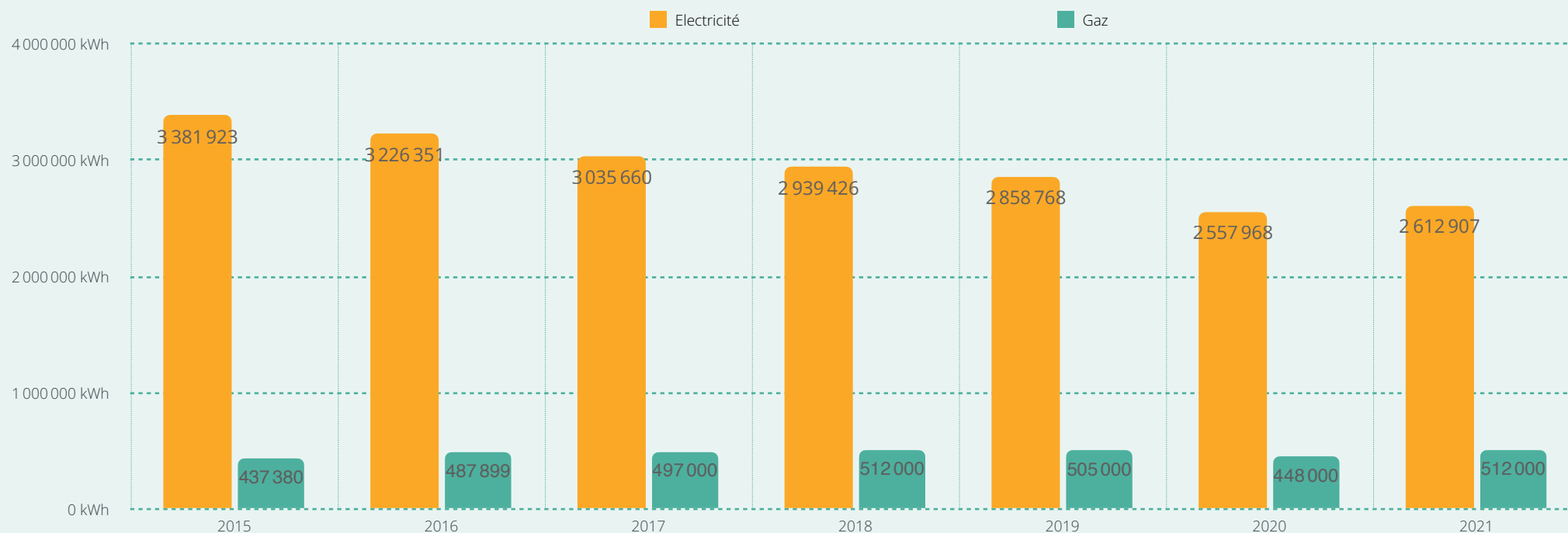
Le point de livraison électrique est situé dans le local Haute Tension où se trouve le transformateur.

Le TGBT principal est celui du bâtiment A où sont situés les 5 départs principaux, TGBT bâtiment A, TGBT Bâtiment B, TGBT bâtiment C, B056 et le local LHS. Chaque bâtiment est doté de son propre TGBT et qui dessert les armoires d'étages.

Le site est composé d'un grand nombre d'armoires, datant d'époques différentes (environ 180 sur l'ensemble des sites). De ce fait il est difficile de suivre l'architecture électrique dans les étages.

Le site est équipé de sous-comptage pour suivre les consommations des usages dans les bâtiments. Celui-ci reprend tous les départs des équipements CVC, serveurs et onduleurs, ainsi que des armoires principales. Le sous-comptage remonte correctement sur la GTB. Afin de compléter le sous comptage il serait intéressant d'installer des compteurs sur les départs d'éclairage, cela pourra permettre de déduire les consommations liées aux restes soit les prises de courant.

EVOLUTION DES CONSOMMATIONS DE 2015 À 2021

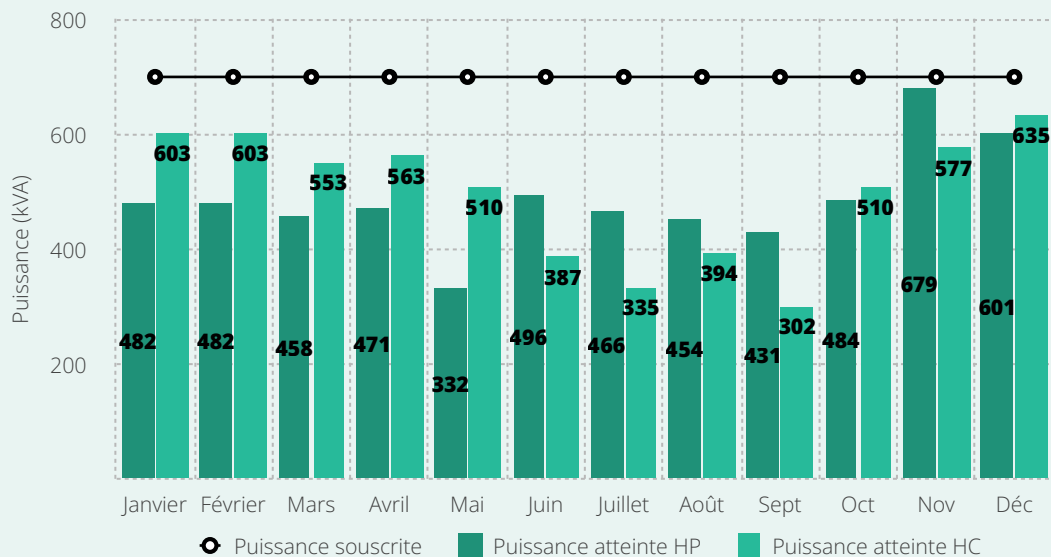


OBSERVATIONS

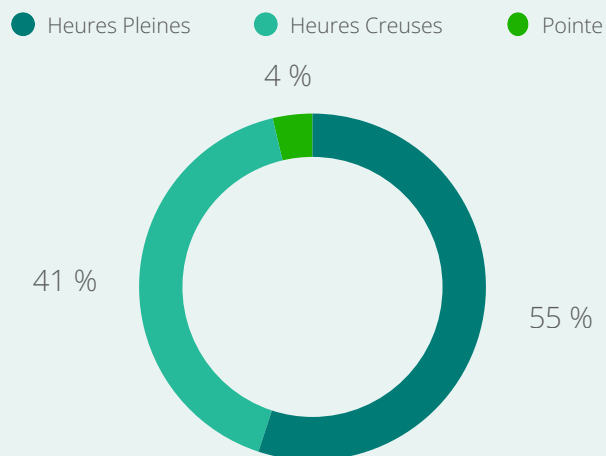
Les consommations annuelles du centre de Nancy montrent une diminution constante concernant la consommation d'électricité entre 2015 et 2019 avec une diminution de 15 % sur cette période. Concernant le gaz nous n'avons un historique qu'à partir de 2018, la consommation est constante entre 2018 et 2021.

On observe une nette baisse des consommations d'électricité et de gaz en 2020, cela correspond à la baisse d'activité durant les différents confinement liés au Covid.

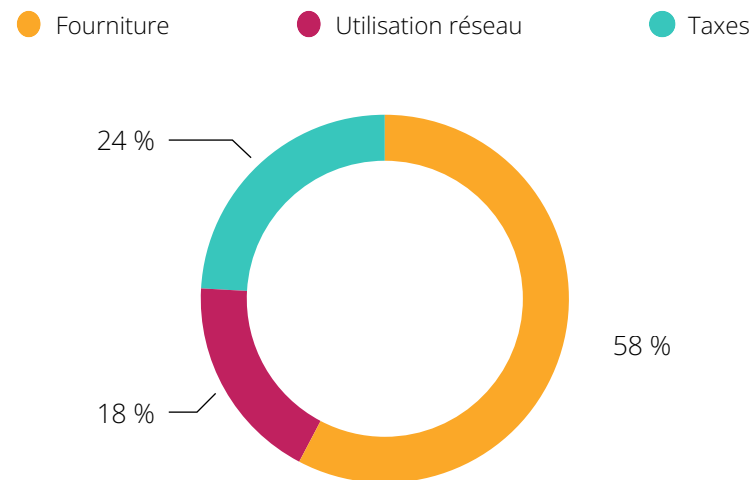
COMPARAISON DES PUISSANCES ATTEINTES ET SOUSCRITES



RÉPARTITION HEURES PLEINES - HEURES CREUSES



RÉPARTITION DES COÛTS SUR LES FACTURES



ÉLECTRICITÉ

CONCLUSION DE L'ANALYSE DES FACTURES

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

- L'analyse des puissances souscrites montre que le contrat est bien dimensionné avec une puissance souscrite de 700 kVA pour une puissance atteinte de 679 kVA.
- 41 % des consommations ont lieu en heures creuses, cela correspond en partie aux consommations des serveurs et des onduleurs ainsi que leurs unités de climatisations qui fonctionnent 24h/24.

A travers ce rapport, nous mettrons en évidence les usages qui dérivent en termes de pilotage, et comment réduire ces consommations inutiles.

INVENTAIRE TECHNIQUE - CVC

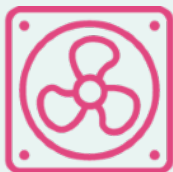


Equipement	Utilité	Nombre	Zone desservie	Marque	Modèle	Puissance	État
Chaudière	Production de chaud	2	Bâtiment C	WIESSMAN	VITOPLEX 100		Bon
Régulation	Régulation	1	Bâtiment C	Sauter	EYL / DSA sonde EGT		Bon
Echangeur	Eau chaude sanitaire	1	Bâtiment C	MAGNUM	RUBIS RUS214 DS		Bon
Adoucisseur	Production de chaud / froid	2	Bâtiment C	CILLIT	REFLEX A32-5 5028 DN 25		Bon / Moyen
Pompe de circulation	Circuit primaire / secondaire	10	Toutes zones	SALMSON GRUNDFOS WILO	-		Bon
Vase d'expansion	Circuit primaire/ secondaire	8	Toutes zones	PNEUMATEX	100/200 L		Bon / Moyen
Vannes 3 voies	Circuit primaire/ secondaire	10	Toutes zones	SAUTER	SM		Bon
Ballon électrique	Production de chaud	4	Bâtiment A Bâtiment B	-	3000 L		Vétuste



Equipement	Utilité	Nombre	Zone desservie	Marque	Modèle	Puissance	Etat
Groupe Froid	Production de froid	3	Bâtiment B	BALTIMORE BAC	DFCVS 9022 H616	330 kW	Bon
Groupe Froid	Production de froid	1	Bâtiment C	CARRIER	30 HZ	141 W	Bon
Groupe Froid	Production de froid	1	Bâtiment C	CIAT	KDC		Bon
Armoire de climatisation	Production de froid	2	Local onduleur	LIEBERT TOSHIBA	HIMOD S17 RAV SM 1403		Bon
Armoire de climatisation	Production de froid	4	Local A116 Serveur 216	DENCO TOSHIBA	RAV SM 1103		Bon
Armoire de climatisation	Production de froid	4	Local LHS Local B 056	LIEBERT	HIMOD		Bon

INVENTAIRE TECHNIQUE - CVC



Equipement	Utilité	Nombre	Zone desservie	Marque	Modèle	Puissance	État
CTA	Ventilation	10	Bâtiment B Bâtiment C (salle à manger, amphithéâtre, robotique)	ACOVEN GROSE WESPER WESPER WESPER FISHBACK	FB350-EU3 SNYDER GENERAL - 9700M3H ACOVEN T4 FB 350	-	Bon
Extracteur	Ventilation	2	Bâtiment B	ALDES	VEC 271 1650	-	Vétuste
Tourelle de ventilation	Ventilation	3	Salle de détente sanitaire	VIM	HUCE 30	-	Bon
Extracteur	Ventilation	2	Cuisine Laverie	FRANCE AIR	XR 450	-	Bon
Extracteur VMC	Ventilation	4	Bâtiment C	FRANCE AIR	SILENS AIR C 315B 870m3/h	-	Bon
Hotte	Ventilation	3	Cuisine	FRANCE AIR	MEZZO 500*1250*550 LAVAIR 500*1500*550	-	Bon



Equipement	Utilité	Nombre	Zone desservie	Marque	Modèle	Puissance	Etat
Climatisation	Production de froid	20	Salle BOCAL LHS Local B 056 Local B 139 Local B 237 Local B 229 Local B 211 Local B 111 Local Onduleur Local A116	TOSHIBA TRANE LG DENCO MITSUBISHI LIEBERT	RAV SM 1402A R422D U W UED UAF MSG A 60 VB HIMOD S17	-	Bon
Ventilo convecteurpression	Emission réversible	100	Bâtiment C	CARRIER	42 BJ 42 BL	-	Bon
Cassette	Emission réversible	11	Bâtiment C	CARRIER	42 GWC	-	Bon
PAC air / eau	Production / émission réversible	Environ 250	Bâtiment A et B	WESPER ENERCON	EFTYS		Bon Vétuste

INVENTAIRE TECHNIQUE - ÉCLAIRAGE



Équipement	Nombre	Puissance cumulée	Localisation
Tube LED 2x20W 150cm G	12	480 W	Parking
Panneau LED 30W 60x60cm G	6	180 W	Sous-sol
Spot LED 5W G	50	250 W	Circulations
Néon T8 2x36W 120cm	558	40 176 W	Bureaux
Downlight 2x26W	146	7 592 W	Circulations
Downlight 1x18W	86	946 W	Circulations
Dalle T8 4x18W 60x60cm	46	3 312 W	Bureaux

AVIS SUR LE MATÉRIEL

La **production de chaud et de froid** des bâtiments A et B est assurée par une **boucle tempérée** maintenue dans une plage de température de 22-32°C. Elle assure le rôle de source chaude et froide pour les différentes **PAC air/eau**. Le circulateur ne possède pas de variation de vitesse. **4 ballons électriques** de 3000L avec une résistance de 48 kW assurent un appoint de chaleur lorsque la température extérieure est trop faible. Ils assurent également production de chaleur pour les batteries chaudes des CTA. À l'inverse, **2 refroidisseurs adiabatiques** maintiennent la boucle d'eau à une température raisonnable lorsque la température extérieure est élevée. L'émission réversible est assurée par un ensemble d'environ **250 PAC eau/air pilotées via la GTC** par un thermostat d'ambiance dans chacun des bureaux.

Le bâtiment C ne fonctionne pas avec une boucle tempérée. La production chaud est assurée par **2 chaudières Wiessman** de 345 kW, les équipements de la chaufferie sont récents et en bon état hormis les circulateurs qui ne possèdent pas de variateurs de vitesse. La production de froid est assurée par **2 groupes froid et 2 tours aéroréfrigérantes Carrier**. La production de froid sert à la climatisation des salles serveurs ainsi que la climatisation de confort. L'émission de chaud et de froid est assurée par **118 ventilo-convecteurs 4 tubes**. Le fonctionnement est régi par la GTC avec une plage de réglage de +/- 1,5 °C pour les occupants.

La ventilation est assurée par des **CTA simple flux** avec variateur de vitesse, l'une de 13 000 m³/h pour le bâtiment A et de 9 700 m³/h pour le bâtiment B. Dans le bâtiment C, 5 CTA assurent le renouvellement d'air de la cuisine, la salle à manger, l'amphithéâtre, les salles de robotique et le reste du bâtiment C. Depuis le confinement, elles fonctionnent en 100 % air neuf. Nous préconisons d'ajouter des sondes de CO2 pour optimiser le fonctionnement des CTA.

Des VMC et des extracteurs assurent le renouvellement de l'air dans les sanitaires et la cuisine. Celles de l'amphithéâtre et la restauration sont en service uniquement en période d'occupation. Le reste des équipements fonctionnent sur la plage horaire 8h-18h en semaine.

L'ensemble des salles serveurs sont équipées d'unités de climatisation (Liebrdt, Trans et Denco) sur les boucle d'eau tempérée, des splits de secours à détente directe de la marque Toshiba sont également présentent en cas de panne. Dans le bâtiment C Les armoires de climatisation sont alimentées en eau glacée par les groupes froid. Au vue du grand nombre de salle serveurs nous préconisons de faire de la récupération de chaleur, pour chauffer en partie les bâtiments.

L'**éclairage** du bâtiment est en grande partie d'ancienne génération. Nous préconisons de relamper l'ensemble par des luminaires LED. La gestion de l'éclairage est manuelle et un gardien fait une ronde le soir pour éteindre tous les éclairages.

De manière générale, la **GTB (Gestion Technique du Bâtiment)** est fonctionnelle et permet de piloter la majorité des équipements, à noter que les compteurs remontent correctement sur la GTB.

3.7. AVIS SUR LE CONTRAT DE MAINTENANCE

Désignation	Etat	Commentaire
Type de marché	marché de température extérieur avec intéressement	Le contrat est un marché de température extérieur , il contient une formule d'intéressement. L'exploitant n'est pas engagé sur la réalisation d'économie d'énergie
Poste	Bon de commande	Prestation d'entretien sur commande du client avec un BPU pour des prestations complémentaires, absence de poste P3 de type garantie totale
Durée du marché	5 ans	Le marché dure 5 ans avec la possibilité de reconduire trois fois
Périmètre	OUI	Le périmètre des prestations est bien défini
Pénalité	OUI	Le marché comprend des pénalités basées sur le calendrier du titulaire - non contraignant
Suivi des énergies	OUI	il y a des relevés ponctuels effectué par ENGIE.
Astreine	OUI	Le marché inclus des astreinte et un délais
Délais	oui	délais d'intervention de - de 24 H.
GMAO	OUI	
Suivi du marché	OUI	Aucune réunion n'est imposée dans le cadre du marché, mais le responsable technique doit y assister
Rapport annuel	OUI	

Le marché cadre l'ensemble des prestations. Le marché est basique avec une volonté de ne réaliser que l'entretien préventif. Il n'y a pas de notion d'entretien curatif ou de réponse aux éventuels pannes.

Il y a des astreintes dans le cadre de ce marché.

La GTB peut être utilisée pour mettre en place des alarmes et notifier les pannes, le marché ne prévoit pas ce type d'utilisation.

Le périmètre d'intervention du marché est bien défini.

Le titulaire relève ponctuellement les indices de fluides.

Il y a mention de la GMAO.

Le marché a une durée maximale de 5 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. 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 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.

Modèle	Fluide frigorigène	GWP	Charge	Actions	Zone desservie
WESPER	R407C	1 774	7,5		Bâtiment A et B

Ne pas respecter les interdictions expose à 75 000 € 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.

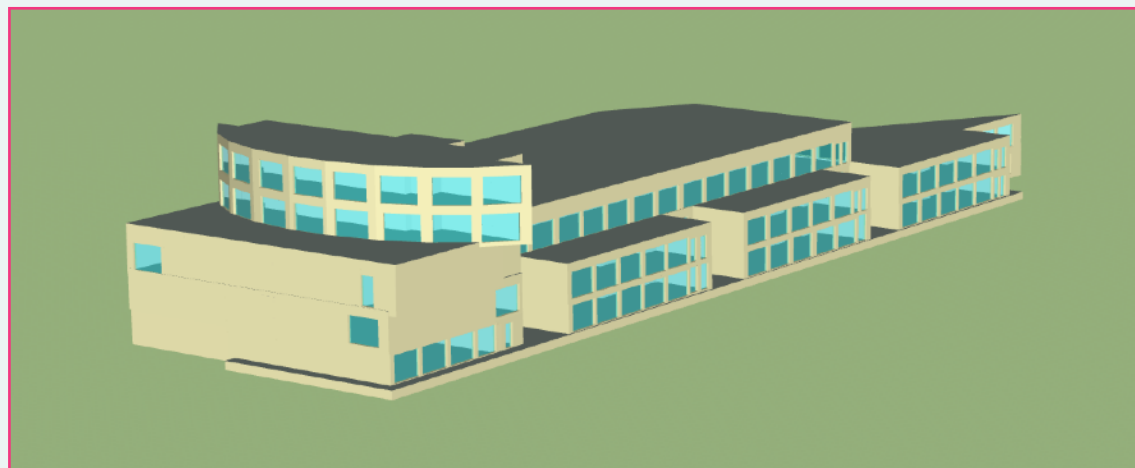
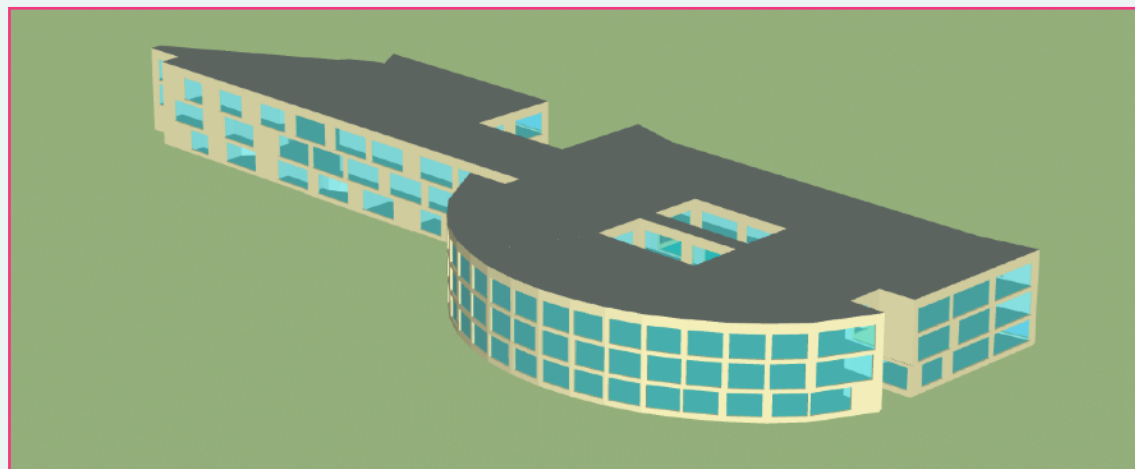
SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

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 V5.21.6.2



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 20°C
- **Consigne de climatisation du site**
T°C en journée : 26°C / T°C en réduit : 30°C
- **Consigne de chauffage du site**
T°C en journée : 19°C / T°C la nuit : 17°C / T°C le week-end : 17°C
- **Consigne de climatisation des circulations**
T°C en journée : 30°C
- **Consigne de chauffage des circulations**
T°C en journée : 16°C

Scénarios de ventilation

- **Débit de ventilation de la tranche A**
Soufflage : 13 000 m³/h en journée
Extraction : 13 000 m³/h en journée
- **Débit de ventilation de la tranche B**
Soufflage : 9 700 m³/h en journée
Extraction : 9 700 m³/h en journée

Scénarios d'exploitation

- **Eclairage des bureaux**
Occupation : 500 lux / Inoccupation : 0 lux
- **Eclairage des circulations**
Occupation : 350 lux / Inoccupation : 0 lux
- **Puissance moyenne dissipée des prises de courant des bureaux**
Occupation : 15 W/m² / Inoccupation : 6 W/m²
- **Puissance moyenne dissipée des prises de courant de la cafétéria**
Occupation : 35 W/m² / Inoccupation : 15 W/m²
- **Puissance moyenne dissipée des onduleurs**
19 kW en permanence
- **Occupation du site**
Horaires - Lundi au vendredi : 8 à 19h
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	Résistance thermique totale	Norme	Performance thermique
Murs extérieurs					
Tranche A & B	Béton Polystyrène	20 cm 5 cm	1,19 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	> 2,90 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Mauvaise
Tranche C	Béton Polystyrène	20 cm 10 cm	2,26 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	> 2,90 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Bonne
Toitures terrasses					
Tranche A & B	Béton Polyuréthane	20 cm 8 cm	2,85 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 3,3 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Correcte
Tranche C	Béton Polyuréthane	20 cm 10 cm	3,15 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	> 3,3 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Bonne
Plancher bas sur sous-sol					
Tranche A & B	Béton Mousse laine minérale	20 cm 9,5 cm	2,26 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	> 2,7 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Correcte
Tranche C	Béton Polyuréthane	20 cm 18 cm	3,95 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	> 2,7 $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$	Excellente

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 montre une **performance inégale** selon les bâtiments. Les bâtiments A et B présentent des performances thermiques mauvaises nettement en dessous des normes actuelles. Le bâtiment C présente de bonnes performances thermiques. Le **confort des occupants** semblait tout de même bon lors de la venue de l'ingénieur sur site. La simulation vient confirmer que le besoin en chaud et en froid du site reste dans la normale pour cette typologie de bâtiment mais pourrait être amélioré.

Nous avons simulé les gains d'une isolation par l'extérieur pour les bâtiments A et B. Les résultats sont présents dans la suite du rapport.

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 châssis	Type de vitrage	Facteur solaire	Uw	Norme	Performance thermique
Fenêtres						
Tranche A & B	Aluminium	Double vitrage 6/8/6	0,6	3,00 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	< 1,9 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	Mauvaise
Tranche C	Aluminium	Double vitrage 6/12/6	0,6	2,70 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	< 1,9 $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$	Mauvaise

AVIS SUR LES PERFORMANCES THERMIQUES

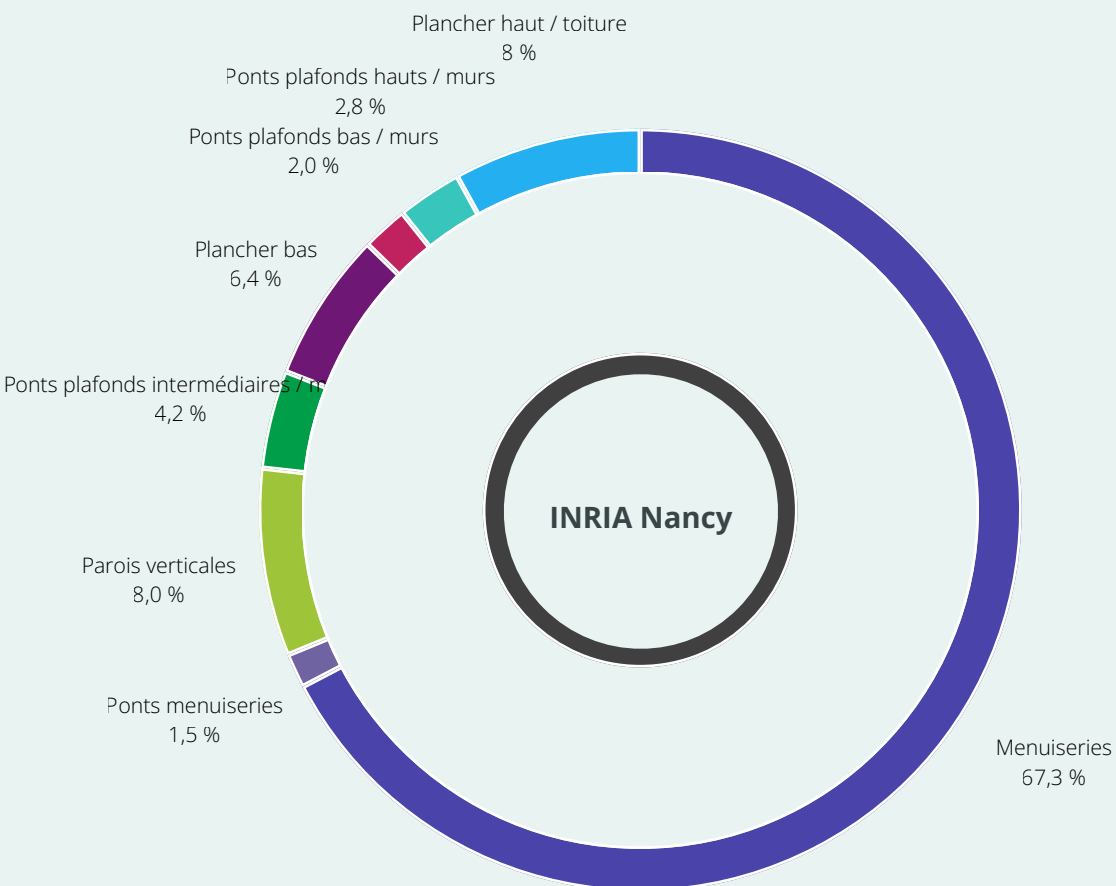
La **Simulation Thermique Dynamique**, la comparaison avec les **normes actuelles** et la **visite technique** sur site réalisées par l'ingénieur nous permettent de déterminer avec une certaine précision la performance des parois vitrées et des menuiseries du site.

L'analyse des données montre une **performance moyenne** des vitrages. Cela a un impact important sur les besoins de chauffage et de climatisation du site car la majorité des parois extérieures sont vitrées. Cela impacte également le confort des occupants notamment en hiver.

Nous avons simulé les gains liés au remplacement des menuiseries par du triple vitrage. Les résultats sont présents dans la suite du rapport.

Nous avons également simulé les gains liés à la mise en place de films solaires. Cette solution n'a pas été retenue car les gains en climatisation sont inférieurs aux besoins supplémentaires de chauffage.

4.4. RÉPARTITION DES DÉPERDITIONS THERMIQUES DU SITE EN FONCTION DES PAROIS - TRANCHE A/B



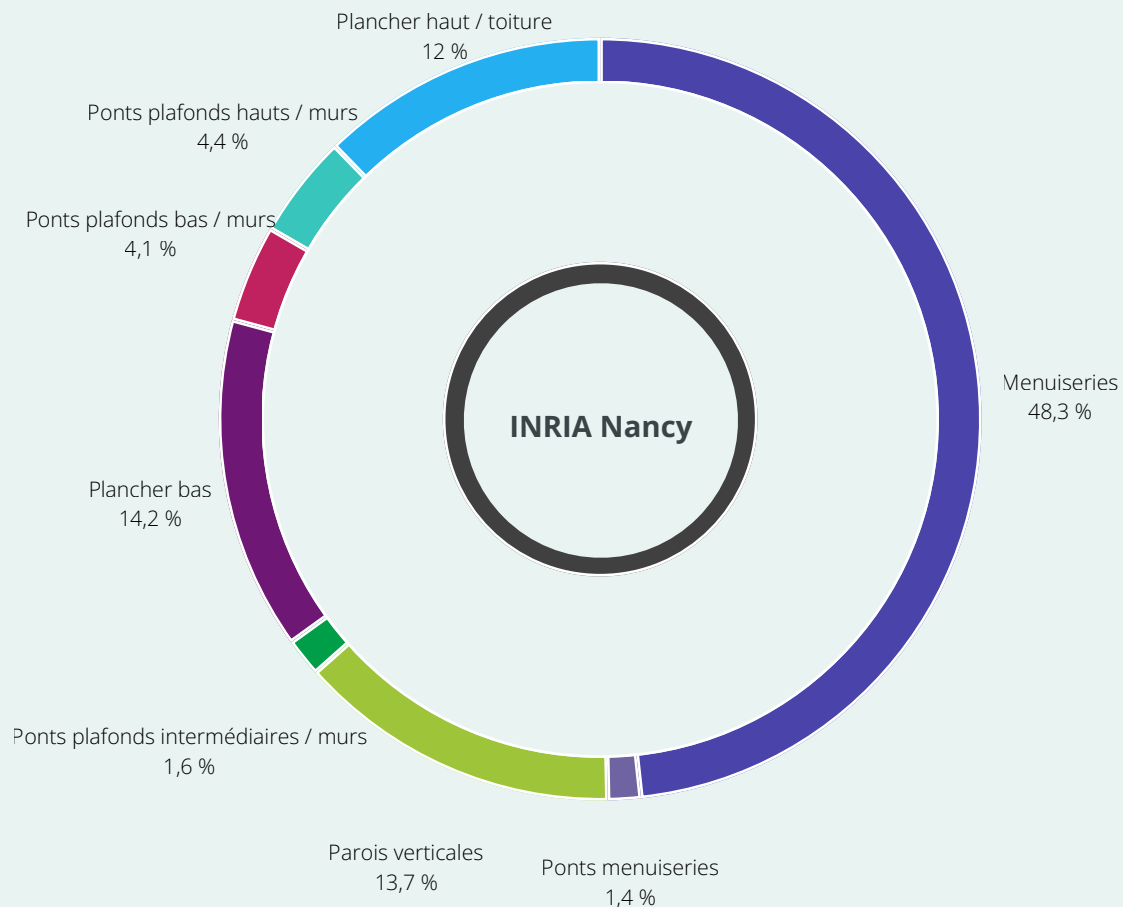
DEPERDITIONS PAR TYPOLOGIE DE PAROIS

67,3 %
Des déperditions se font par la
toiture des bâtiments

16 %
Des déperditions se font par les
parois extérieur et la toiture

- La présence de nombreuses menuiseries dans le bâtiment A et B impacte à hauteur de 67 % les déperditions thermiques du site.
- Les performances des parois extérieures, de la toiture et du plancher bas sont bonnes en comparaison avec les performances des menuiseries, elles représentent respectivement 8 %, 8 % et 6 % des déperditions thermiques du site..
- Le problème principal du site provient des menuiseries. Leur remplacement est un enjeu majeur si l'on souhaite améliorer la performance de l'enveloppe thermique.

4.4. RÉPARTITION DES DÉPERDITIONS THERMIQUES DU SITE EN FONCTION DES PAROIS - TRANCHE C



DEPERDITIONS PAR TYPOLOGIE DE PAROIS

48,3 %
Des déperditions se font par les
menuiseries

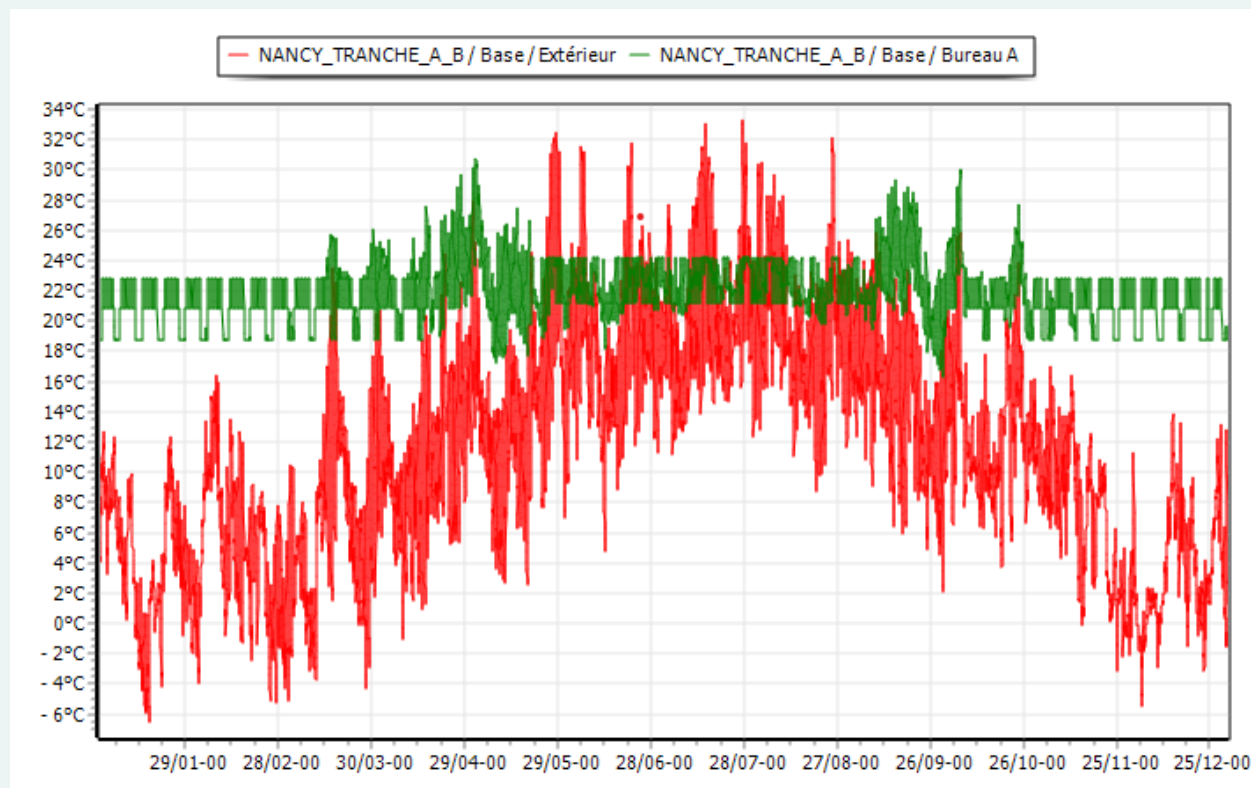
39,9 %
Des déperditions se font par les
parois extérieur, le plancher
haut et bas

- La présence de nombreuses menuiseries dans le bâtiment C impacte à hauteur de 48 % les déperditions thermiques du site.
- Les performances des parois extérieurs, de la toiture et du plancher bas sont bonnes en comparaison avec les performances des menuiseries, elles représentent respectivement 13,7 %, 12 % et 14,2 % des déperditions thermiques du site..
- Le problème principal du site provient des menuiseries. Le remplacement est un enjeu majeur si l'on souhaite diminuer les besoins en chaud et froid et améliorer le confort des occupants.

4.5.

ANALYSE DE CONFORT

COMPARAISON DE TEMPERATURE DE L'EXTERIEUR ET INTERIEUR DE LA ZONE BUREAUX - BÂTIMENT A



RESSENTI DE LA TEMPERATURE D'AMBIANCE DE LA ZONE BUREAUX - BÂTIMENT A

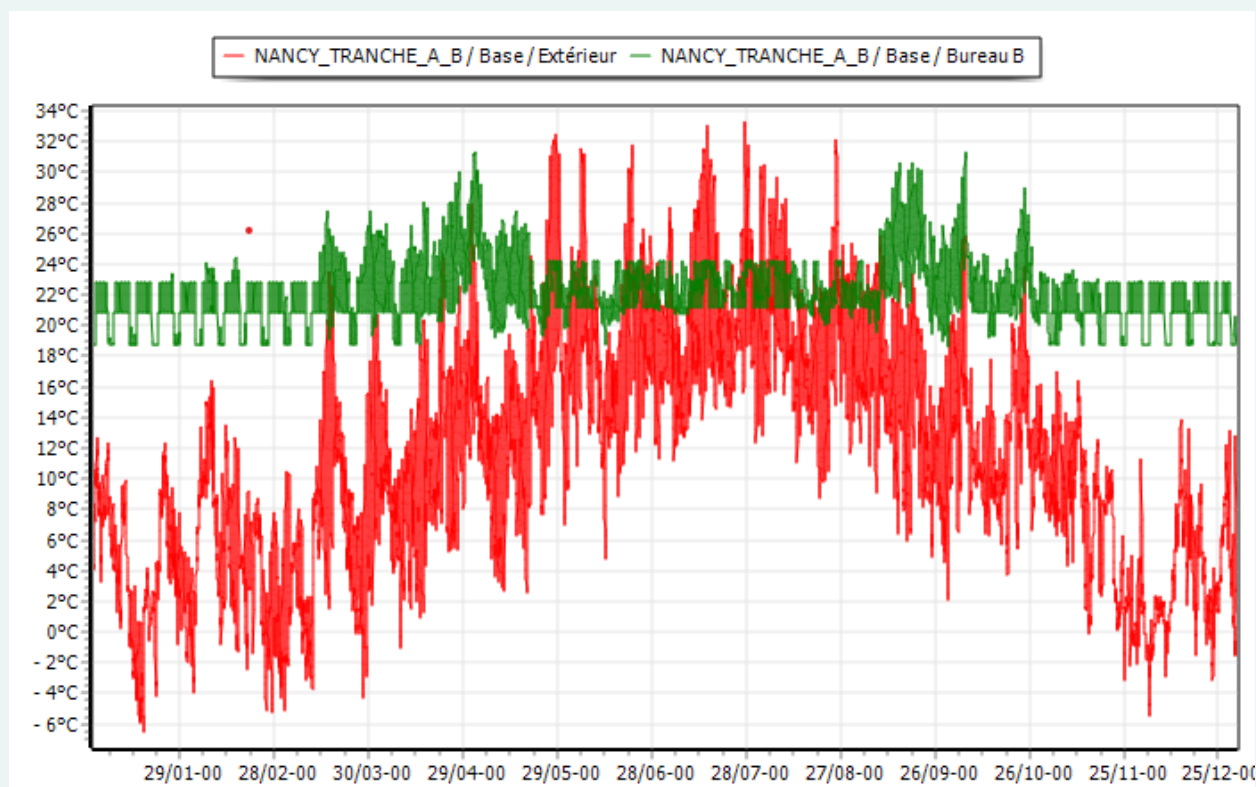
On observe grâce à la courbe que la température ambiante des bureaux dans le bâtiment A est globalement assez stable. Les températures de consigne sont atteintes en hiver comme en été. Toutefois on observe une hausse de température durant les intersaisons, alors que durant l'été les températures de consigne sont atteintes. Cela vient du mauvais paramétrage de la saison de climatisation lors de la STD.

Lors de la visite au mois d'août, aucun inconfort majeur n'a été noté. L'écart de température entre l'extérieur et les mesures à l'intérieur était cohérent avec la situation du site.

4.5.

ANALYSE DE CONFORT

COMPARAISON DE TEMPERATURE DE L'EXTERIEUR ET INTERIEUR DE LA ZONE BUREAUX - BÂTIMENT B



RESSENTI DE LA TEMPERATURE D'AMBIANCE DE LA ZONE BUREAUX - BÂTIMENT B

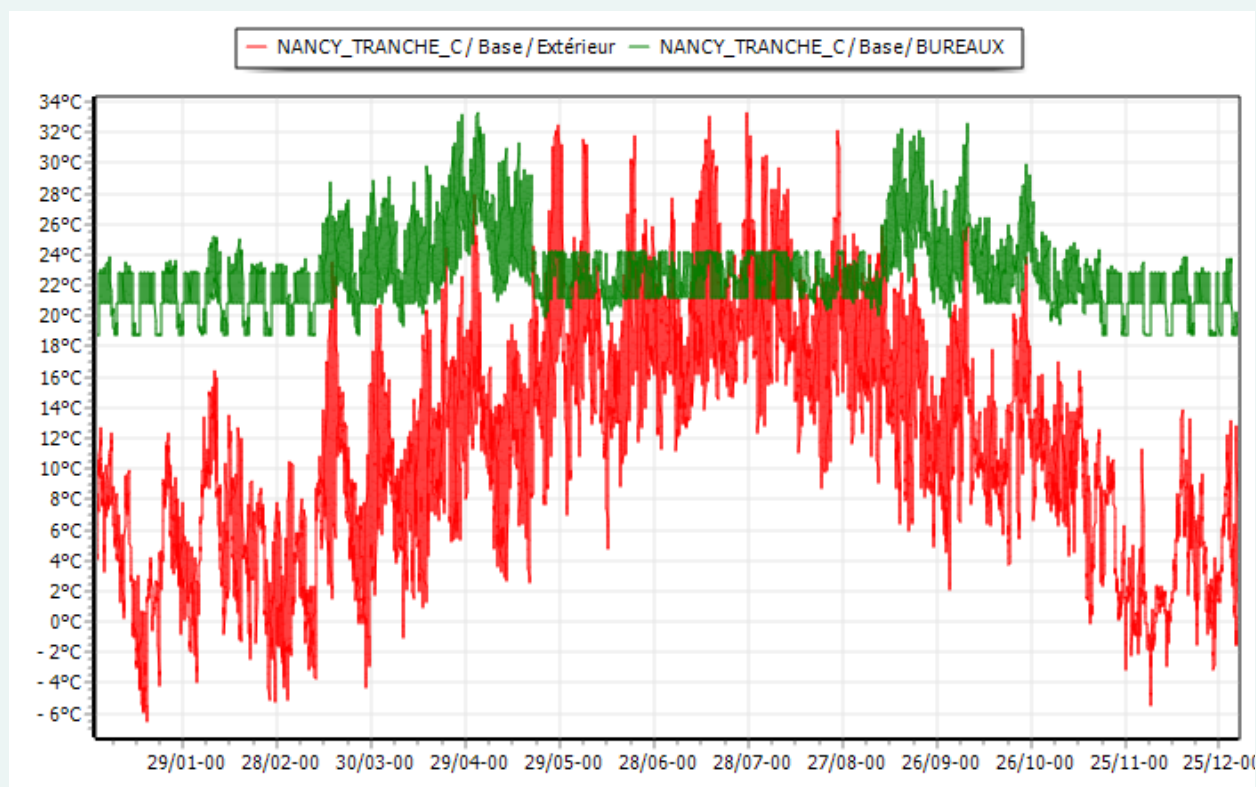
On observe grâce à la courbe que la température ambiante des bureaux dans le bâtiment B est globalement assez stable. Les températures de consigne sont atteintes en hiver comme en été. Toutefois on observe une hausse de température durant les intersaisons, alors que durant l'été les températures de consigne sont atteintes. Cela vient du mauvais paramétrage de la saison de climatisation lors de la STD.

Lors de la visite au mois d'août, aucun inconfort majeur n'a été noté. L'écart de température entre l'extérieur et les mesures à l'intérieur était cohérent avec la situation du site.

4.5.

ANALYSE DE CONFORT

COMPARAISON DE TEMPERATURE DE L'EXTERIEUR ET INTERIEUR DE LA ZONE BUREAUX - BÂTIMENT C



RESSENTI DE LA TEMPERATURE D'AMBIANCE DE LA ZONE BUREAUX - BÂTIMENT C

On observe grâce à la courbe que la température ambiante des bureaux dans le bâtiment C est globalement assez stable. Les températures de consigne sont atteintes en hiver comme en été. Toutefois on observe une hausse de température durant les intersaisons, alors que durant l'été les températures de consigne sont atteintes. Cela vient du mauvais paramétrage de la saison de climatisation lors de la STD.

Lors de la visite au mois d'août, aucun inconfort majeur n'a été noté. L'écart de température entre l'extérieur et les mesures à l'intérieur était cohérent avec la situation du site.

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 liées 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 simulés sur le logiciel ont été recollés à la période d'étude à savoir l'année 2021

Bâtiment	Zone	Besoin chaud (kW)	Besoin froid (kW)
Tranche A	Circulation A	48 783	41 715
Tranche B	Circulation B	8 300	32 240
Tranche A	Bureaux A	76 914	36 418
Tranche B	Bureaux B	189 355	156 831
Tranche A	Locaux divers A (archives, stockage...)	3 655	4 149
Tranche B	Locaux divers B (archives, stockage...)	2 413	1 636
Tranche A	SdR A	10 862	9 807
Tranche B	Sanitaires B	-	402
Tranche A	Sanitaires A	7 192	5 849
Tranche A/B	Salle onduleur/serveurs	-	174 359
Tranche C	Salles de réunions	55 587	20 413
Tranche C	Bureaux	61 425	87 342
Tranche C	Cuisine	189 443	10 461
Tranche C	Sanitaires	4	2 596
Tranche C	Locaux divers (stockage, archives...)	-	11 474
Tranche C	Circulations	-	49 980
Tranche C	Salle serveurs	-	175 166
Tranche C	Salle à manger	42 871	24 946

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)
Circulation A	80 517	4 964	72	476 %	1 016	2 900
Circulation B	16 867	4 850	111	734 %	1 145	3 184
Bureaux A	68 209	9 008	81	292 %	813	2 445
Bureaux B	304 438	36 845	158	570 %	3 797	10 915
Locaux divers A (archives, stockage...)	9 731	749	95	628 %	76	194
Locaux divers B (archives, stockage...)	-	1 108	55	3,64	53,33	168
SdR A	9 422	4 473	100	567 %	252	629
Sanitaires B	-	1 563	140	617 %	21	53
Sanitaires A	18 129	420	220	970 %	114	315
Salle onduleur/serveurs	-	-	-	-	234	651
Salles de réunions C	5 990	11 425	70	397 %	667	2 428
Bureaux C	132 024	26 728	294	1061 %	1 985	5 316
Cuisine C	5 279	3 589	8	169 %	230	780
Sanitaires C	0	1 919	327	1442 %	162	489
Locaux divers (stockage, archives...) C	0	3 499	425	2811 %	341	923
Circulations C	8 451	9 306	543	3591 %	1 805	4 896
Salle serveurs C	0	512	0	0 %	107	294
Salle à manger C	33 673	3 473	80	794 %	347	1 179

ACTION D

RACCORDEMENT AU RÉSEAU DE CHALEUR



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'INRIA Nancy nous a communiqué l'intérêt de se raccorder au réseau de chaleur ESTIA de Laxou / Villers-Lès-Nancy. Nous avons donc simulé les gains que pourraient apporter la mise en place de cette action sur le site.

Principe de la solution proposée

A l'heure actuelle la production est assurée par une chaudière à gaz pour le bâtiment C et par des ballons d'eau chaude électriques qui alimentent ensuite un réseau de PAC.

Nous préconisons de se raccorder au réseau de chaleur ESTIA de Laxou / Villers-Lès-Nancy.

Une étude complémentaire sera à réaliser pour étudier la faisabilité d'un tel raccordement.

Tableau des gains

Gains annuels						Budget	Temps de Retour sur Investissement
Fluide	Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
RCU	107 445 kWh	6 447 €	26,9 %	2,6 %	24,39 tCO2	170 000 €	10 ans et 7 mois
Electricité	96 493 kWh	9 649 €	2,6 %	2,4 %	6,18 tCO2		

ACTION G

REPLACEMENT DES MENUISERIES



QUESTIONS SOULEVÉES

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

La performance des vitrages est correcte, toutefois la grande surface vitrée entraîne des déperditions thermiques. Nous préconisons de les remplacer.

Principe de la solution proposée

La performance des vitrages est correcte, toutefois la grande surface vitrée entraîne des déperditions thermiques. Nous préconisons de les remplacer par des vitrages plus performants.

Le remplacement permettra de faire environ 25 % d'économie d'énergie sur le chauffage. Cela s'explique par le grand nombre de menuiseries notamment sur les bâtiments B et C.

Au delà de la performance énergétique, le remplacement de ces vitrages permettrait de pallier à des soucis de confort thermique des occupants.

Tableau des gains

Gains annuels						Budget	Temps de Retour sur Investissement
Fluide	Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
Electricité	53136 kWh	3 188 €	13,3 %	1 %	27,4 tCO2	880 000 €	63 ans et 10 mois
Gaz	127500 kWh	5 126 €	25,0 %	4,1 %			

Nouvelle performance thermique des menuiseries extérieures

Localisation	Composition châssis	Type de vitrage	Facteur solaire	Uw	Norme	Performance thermique
Fenêtres						
Toutes zones	PVC	Double vitrage 4/16/4	0,47	1,60 W/m².K	< 1,9 W/m².K	Bonne



ACTION H

ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTÉRIEUR



QUESTIONS SOULEVÉES

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

Le chauffage représente 34 % de la consommation en énergie du site. L'isolation thermique par l'extérieur permettrait de générer des économies d'énergies notamment sur le bâtiment A et B.

Principe de la solution proposée

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 TH32

Épaisseur : 12 cm

Résistance thermique de l'isolant : 3,75 m².K/W

Nous avons estimé un coût de 60€/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.

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

Tableau des gains

Gains annuels						Budget	Temps de Retour sur Investissement
Fluide	Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
Electricité	61 922 kWh	5 046 €	2,3 %	2,0 %	4,7 tCO2	115 000 €	18 ans et 8 mois
Gaz	27 215 kWh	1 094 €	5,3 %	0,9 %	4,9 tCO2		

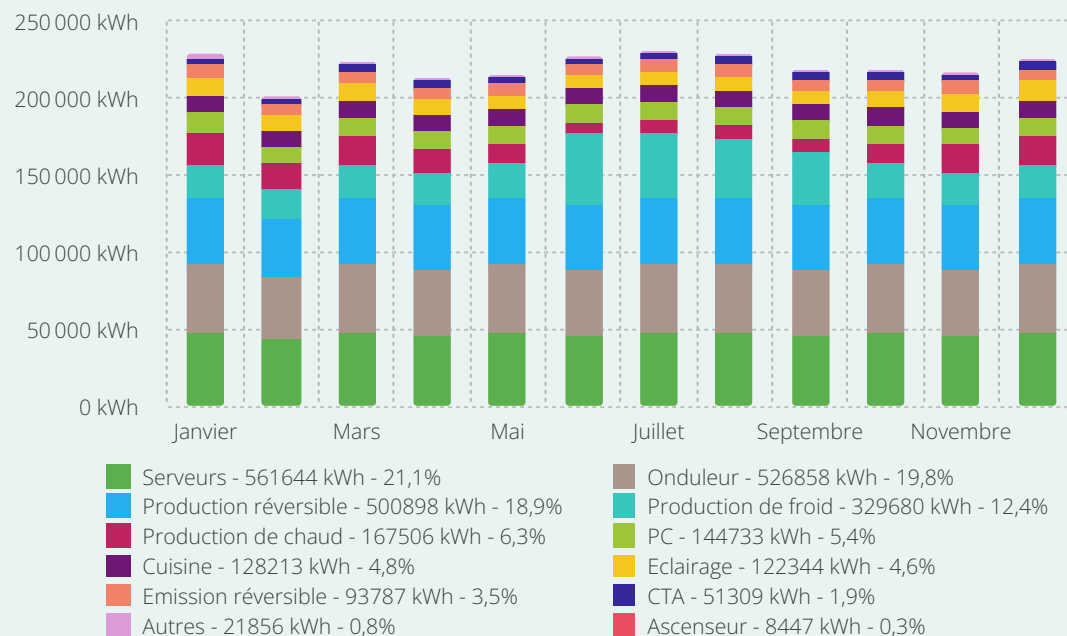
Nouvelle performance thermique des parois extérieures

Localisation	Composition	Épaisseurs	Résistance thermique totale	Norme
Murs extérieurs				
Tranche A & B	Béton Polystyrène Laine de verre	20 cm 5 cm 12 cm	4,39 W/m ² .K	> 2,90 m ² .K/W



Volet Electrique

EXTRAPOLATION DES DONNÉES DE CONSOMMATIONS ÉLECTRIQUES PAR USAGE PENDANT UNE ANNÉE



Les serveurs, les onduleurs, la production réversible et la production de froid représentent 72 % de la consommation électrique annuelle du site avec respectivement 21,1 %, 19,8 %, 18,9 % et 12,4 %. Ces consommations sont en grande partie liées à l'activité de recherche en informatique du site, les onduleurs et la production de froid assurent le bon fonctionnement des serveurs.

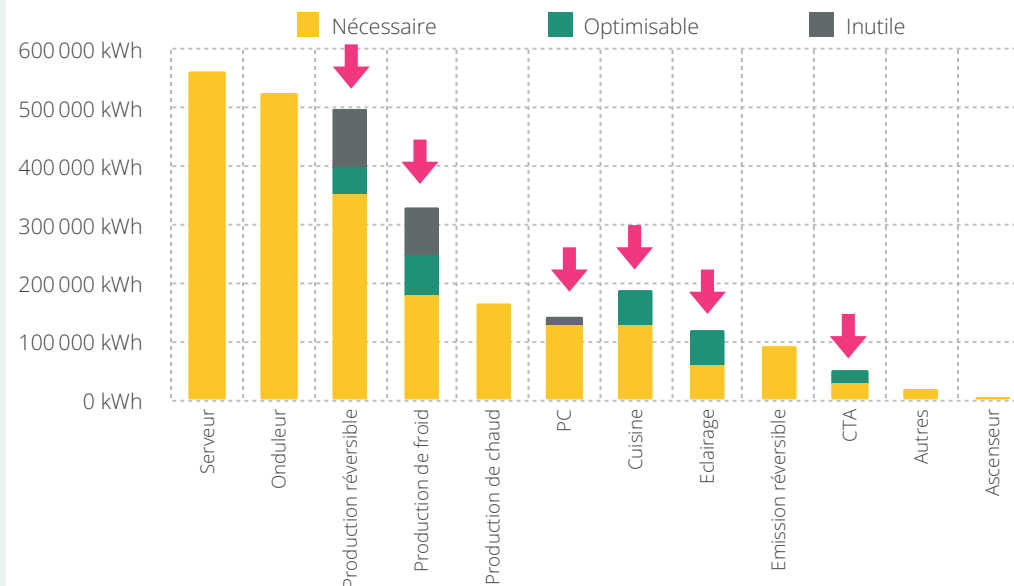
Viennent ensuite des usages plus courants comme les prises de courant, la cuisine, l'éclairage, l'émission réversible et les CTA.

Les consommations de la production réversible, de froid, et de chaud ainsi que l'éclairage varient en fonction de la rigueur climatique et de l'ensoleillement.

Les consommations des autres usages sont considérés comme constant au cours de l'année.

La méthodologie d'extrapolation est détaillée en annexe.

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, quatre usages électriques significatifs ressortent : les serveurs, les onduleurs, la production réversible et la production de froid.

Dans la partie suivante, nous vous proposons un ensemble d'actions d'économies d'énergie afin de réduire ces consommations.

ACTION B

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 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 inexistant.

Investissement

Equipement	Quantité	Prix unitaire	Coût Total
Panneau LED 30W 120x30cm G	558	76 €	42 670 €
Downlight LED 22W NG	146	15 €	2 148 €
Downlight LED 15W NG	86	11 €	911 €
Panneau LED 30W 60x60cm G	46	66 €	3 030 €
Main d'œuvre	268 €	60 €	16 080 €
Total			64 839 €

Tableau des gains

Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
61 172 kWh	5507€ +4098€ de gain en maintenance	2,3 %	2 %	4,2 tCO2	65 479 €	6 ans et 10 mois

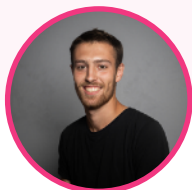
Subventions CEE

Référence	Action	Valorisation en euros	TRI Brut
BAT-EQ-127	Luminaires d'éclairage général à modules LED	4 148 €	6 ans et 5 mois



ACTION C

SENSIBILISATION DU PERSONNEL



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

Tableau des gains

Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
17 087 kWh	1 429 €	0,6 %	0,5 %	1,1 tCO2	500 €	4 mois

Subventions CEE

Référence	Action	Valorisation (€)	TRI Brut
-	-	-	-



ACTION E

RÉCUPÉRATION DE CHALEUR DES SALLES SERVEURS ET UTILISATION DE FREECOOLING



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 valoriser le chaleur émise par les serveurs en l'injectant sur le réseau de chauffage

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'une batterie de CTA basse température sur les CTA avec la création d'un réseau hydraulique. 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.

Nous préconisons également la mise en place de freecooling. La solution consiste à utiliser la température de l'air extérieur afin de refroidir les salles serveurs.

Tableau des gains

Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
40 652 kWh	2 439 €	10,0 %	1,0 %	9,23 tCO2	45 000 €	18 ans et 6 mois



ACTION K

EQUILIBRAGE DES RÉSEAUX SECONDAIRES



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 mieux gérer les températures de consigne du bâtiment.

Principe de la solution proposée

Nous préconisons la mise en place de vannes d'équilibrage sur l'ensemble du réseau hydraulique, afin de diminuer le flux. Ainsi la quantité d'eau à chauffer sera réduite, et la consommation d'énergie liée à ce chauffage aussi.

Cette action est importante à réaliser et à surveiller par la suite pour s'assurer de la bonne conduite et du bon état du réseau. Bien que le temps de retour sur investissement soit important, cette action est indispensable pour la bonne exploitation du bâtiment, notamment pour la gestion des températures de consignes.

Tableau des gains

Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
15967 kW	958 €	4,0 %	0,4 %	3,62 tCO2	100 000 €	104 ans



ACTION M

MISE EN PLACE D'UNE CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE EN TOITURE



QUESTIONS SOULEVÉES

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

L'installation de panneaux photovoltaïques sur la toiture du bâtiment permettrait de subvenir partiellement aux besoins du bâtiment selon les saisons.

Principe de la solution proposée

Le site dispose actuellement d'une surface favorable à l'installation d'une centrale photovoltaïque de 2 800 m² en toiture. vu des consommations électriques du site en période d'heures pleines, nous préconisons une centrale photovoltaïque de 233 kWc en autoconsommation avec revente du surplus.

En effet, le prix d'électricité photovoltaïque consommé sera bien plus bas que le prix actuel d'achat d'électricité. Au vu de la consommation du site, le taux d'auto-consommation sera proche de 100 %, autrement dit toute l'énergie produite par la centrale sera consommée sur site.

La mise en place de cette centrale photovoltaïque permettrait une économie de 11 % de la consommation d'électricité du site.

Investissement

Equipement	Quantité	Prix unitaire	Coût Total
Centrale photovoltaïque	1	100 000 €	100 000 €
Main d'oeuvre	1	150 000 €	150 000 €
Total			250 000 €

Tableau des gains

Gains annuels					Budget	Temps de Retour sur Investissement
Energie (kWh)	Euros (€)	% conso fluide	% conso totale	Impact environnemental tCO2		
308 215 kWh	26 184 €	11,8 %	9,9 %	18,2 tCO2	250 000 €	9 ans et 7 mois

Subventions CEE

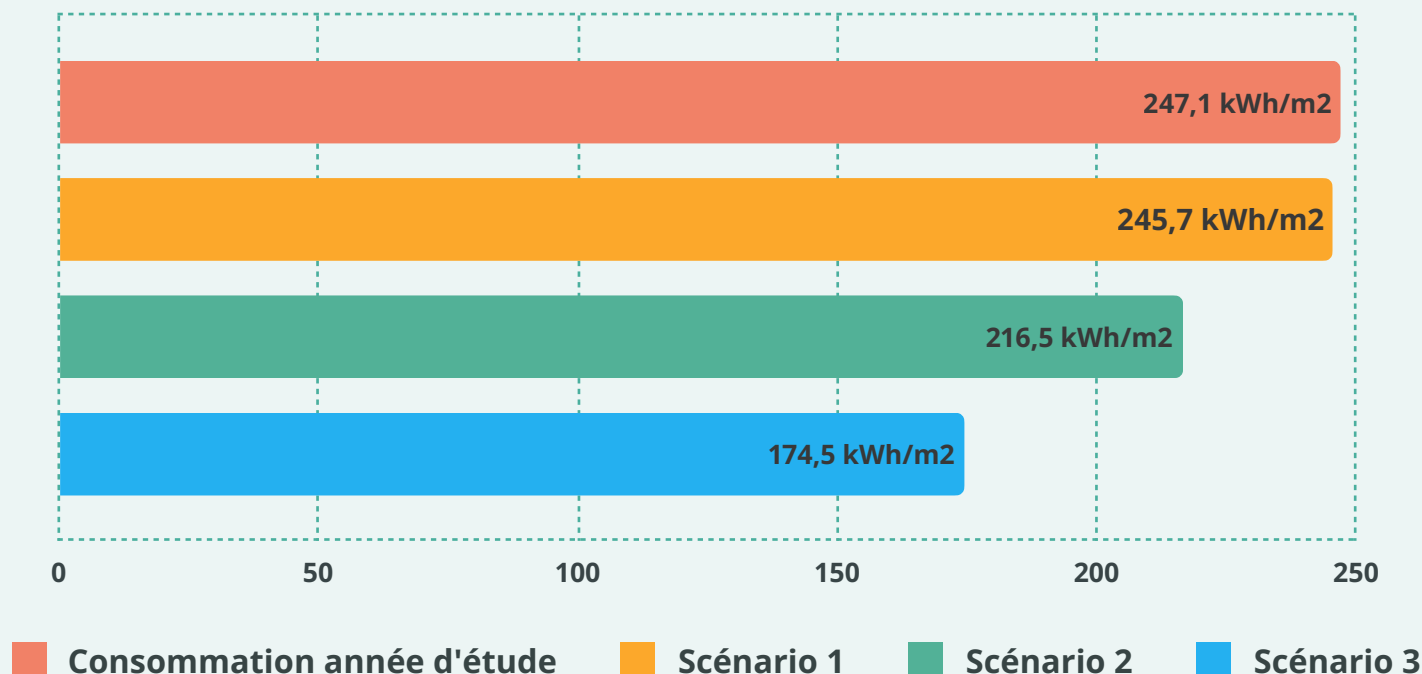
Référence	Action	Valorisation en euros	TRI Brut
-	-	-	-



RÉCAPITULATIF DES ACTIONS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

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				
TRI inférieur à 1 an												
Action C : Sensibilisation du personnel	Citron®	PC	Electricité	17 087 kWh	1 429 €	0,6 %	0,5 %	1,1 tCO2	500 €	4 mois	-	4 mois
TRI supérieur à 4 ans												
Action B : Relamping LED	Citron®	Production de chaud	Electricité	61 172 kWh	5507€ +4098€ de gain en maintenance	2,3 %	2 %	4,2 tCO2	65 479 €	6 ans et 10 mois	4 148 €	6 ans et 5 mois
Action M : Mise en place d'une centrale photovoltaïque	Citron	Production d'énergie	Electricité	308 215 kWh	26 184 €	11,8 %	9,9 %	18,2 tCO2	250 000 €	9 ans et 7 mois	-	9 ans et 7 mois
Action D : Raccordement au réseau de chaleur	STD	Production de chaud	Electricité	96 493 kWh	9 649 €	2,6 %	2,4 %	6,18 tCO2	170 000 €	10 ans et 7 mois	-	10 ans et 7 mois
			Gaz / RCU	107 445 kWh	6 447 €	26,9 %	2,6 %	24,39 tCO2				
Action E : Récupération de chaleur sur les salles serveurs et freecooling	SAGE ENERGIE	CVC	Gaz	40 652 kWh	2 439 €	10 %	1,0 %	9,23 tCO2	45 000 €	18 ans et 6 mois	-	18 ans et 6 mois
Action H : Isolation thermique par l'extérieur	STD	Production de chaud	Electricité	61 922 kWh	5 046 €	2,3 %	2,0 %	4,7 tCO2	115 000 €	18 ans et 8 mois	2 464 €	18 ans et 8 mois
			Gaz	27 215 kWh	1 094 €	5,3 %	0,9 %	4,9 tCO2				
Action G : Remplacement des menuiseries	STD	Production de chaud	Electricité	53136 kWh	3 188 €	13,3 %	1,0 %	27,4 tCO2	880 000 €	63 ans et 10 mois	27 720 €	60 ans et 2 mois
			Gaz	127500 kWh	5 126 €	25 %	4,1 %					
Action K : Equilibrage des réseaux hydrauliques secondaires	SAGE ENERGIE	CVC	Gaz	15 967 kWh	958 €	4,0 %	0,4 %	3,62 tCO2	100 000 €	104 ans	-	104 ans

SCÉNARIO TOTAL



PLANS D' ACTIONS PAR RAPPORT A L' ANNÉE D' ÉTUDE 2020

Le **premier scénario** prend en compte les actions avec un temps de retour inférieur à 1 ans. Le pourcentage d'économies pour ce scénario est de **0,5 %**, permettant d'économiser **1 429 € par an** pour **500 €** d'investissement, soit un TRI total de **4 mois**.

Le **deuxième scénario** reprend les mêmes actions que précédemment, mais à cela s'ajoute les actions avec un temps de retour inférieur à 10 ans. Le pourcentage d'économies pour ce scénario est de **12,4 %**, permettant d'économiser **27 613 €** pour **315 979 €** d'investissement, soit un TRI total de **11 ans et 5 mois**.

Au **troisième scénario** s'ajoutent les préconisations **avec un temps de retour sur investissement supérieur 8 ans**. Le pourcentage d'économies pour ce scénario est de **26,8 %**, permettant d'économiser **61 560 €** pour **1 625 979 €** d'investissement, soit un TRI total de **26 ans et 5 mois**.

07. Annexe.

MÉTHODOLOGIE D'EXTRAPOLATION DES CONSOMMATIONS

PAGE 52



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 en août. La visite du site, les informations fournies par le site Nancy, 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 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 de confinement où l'activité diminue :
 - Prises de courant
 - Eclairage
 - Data Center
 - Ascenseur
4. Nous prenons l'hypothèse que certains usages varient en fonction de la rigueur climatique et des horaires d'éclairage :
 - Production chaud
 - Production réversible
 - Production de froid
 - Ventilation

**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 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/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 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®

Anatole Dupré
Ingénieur Conseil
a.dupre@citron.io

Benoit Morin
Energy Manager
b.morin@citron.io

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

SAGE ENERGIE

Killian Lavoue
Ingénieur Energie
klavoue@sage-energie.fr