



**AUDIT ÉNERGETIQUE D'UN BATIMENT  
ADMINISTRATIF DANS LA VILLE DE PARIS :  
CAS DU SIEGE D'EPSON FRANCE**

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE  
MASTER EN GENIE ÉLECTRIQUE ET ÉNERGÉTIQUE  
SPECIALITE : ÉNERGIE RENOUVELABLE

---

Présenté et soutenu publiquement le 30 septembre 2020 par  
**Biguel NGUEFACK KENFACK (20170470)**

**Directeur de mémoire : Ing. Francis SEMPORE**

**Encadrant 2iE : Dr.-Ing Sayon SIDIBE, Maitre-Assistant CAMES**

**Maître de stage : M. Alzjargal MURAT, Ingénieur efficacité énergétique**

**Structure d'accueil du stage : AEMO Ingénierie**

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Ing. Francis SEMPORE

Membres et correcteurs : Dr.-Ing. Habil. Kokouvi Edem N'TSOUKPOE  
Dr.-Ing. Sayon SIDIBE

**Promotion [2019/2020]**

## DEDICACES

Je tiens à dédier ce modeste travail :

*A Toute la famille NGUEFACK pour leur amour, leur confiance et leur soutien inconditionnels.*

*A ma grand-mère maternelle ZEGMO et mon oncle paternel TSAGUE Martin malheureusement rappelés à Dieu durant mon cycle ingénieur.*

## CITATIONS

« *L'énergie est notre avenir,  
économisons-la* »

Slogan *Dalkia France*

« *La simplicité est le summum  
de la sophistication* »

*Léonard de Vinci*

## REMERCIEMENTS

Je ne saurais débiter cette rubrique sans remercier **L'Éternel Dieu tout puissant**, pour m'avoir donné le souffle de vie, le courage, la force et la patience pour achever ce modeste travail.

Je souhaiterais adresser mes remerciements, les plus sincères à l'endroit de toutes les équipes, aussi bien pédagogiques qu'administratives de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour m'avoir accueilli et intégré dans un environnement multiculturel au sein duquel j'ai pu m'épanouir et acquérir à la fois savoir-faire et savoir-vivre.

A la Banque Africaine de Développement (BAD) pour le financement de mes études durant mon cycle ingénieur au sein de l'Institut 2iE.

Par le biais du chef de département, le **Dr Y. Moussa SORO**, je profite également pour remercier particulièrement, tout le département « Génie Électrique, Énergétique et Industriel », pour tout le savoir ainsi que les vertus qu'ils m'ont transmis dans le domaine tout au long de cette formation.

J'adresse également l'expression de ma profonde gratitude et ma haute reconnaissance à :

**Dr Sayon SIDIBE**, mon encadreur académique de l'institut international d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, pour sa disponibilité ainsi que le soutien et la patience dont il a fait preuve dans le suivi et l'encadrement, et cela malgré la distance.

**Dr Olivier MERCHIERS**, mon encadreur académique de l'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon pour sa disponibilité, son encadrement et ses conseils multi formes durant toute la durée de mon stage.

**M. Alzjargal MURAT**, mon encadreur professionnel, pour sa disponibilité, ses conseils, et surtout les connaissances acquises grâce aux différents projets effectués durant mon stage.

Toute l'équipe de la pépinière d'entreprise haut de Garonne, pour m'avoir accueilli, intégré et permis de vivre cette aventure incroyable à leurs côtés.

Tous mes amis pour leur soutien inconditionnel et leur aide pendant les moments partagés durant mon cycle ingénieur.

Que toutes les personnes non citées, qui m'ont soutenu et continu de me soutenir de près ou de loin, trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude.

## RESUME

Dans le souci de réduire les émissions de gaz à effet de serre suite aux activités de l'homme, la réduction de la consommation énergétique des sites tertiaires et industriels reste une préoccupation importante. C'est ainsi que plusieurs entreprises s'engagent dans une démarche d'économie d'énergie, parmi lesquelles EPSON France qui souhaite réaliser un audit énergétique de leurs bâtiments administratifs pour estimer le potentiel d'économie d'énergie réalisable au sein de leurs différents bâtiments administratifs.

Cette mission consiste à : analyser les propriétés de l'enveloppe thermique du bâtiment (il s'agit de déterminer la résistance thermique de chaque partie de l'enveloppe du bâtiment), analyser les équipements de chauffage, de ventilation et de climatisation, analyser les dispositifs d'éclairage, analyser les factures énergétiques et proposer des actions d'amélioration de la performance énergétique du bâtiment.

A la fin de cette étude, il ressort que le chauffage des différents bâtiments représente clairement l'usage d'énergie significatif principal dans les différents bâtiments. En effet, la consommation énergétique due au chauffage du bâtiment représente environ 50% de la consommation d'énergie des différents bâtiments. Les systèmes énergétiques tels que les installations de chauffage, de climatisation, de ventilation sont correctement entretenus. Toutefois, la faible épaisseur de l'isolation thermique sur certaines parois, la performance énergétique médiocre de certains ouvrants pas encore remplacés et le faible rendement de certains systèmes énergétiques dans les différents bâtiments, positionnent le parc immobilier d'EPSON France en deçà des standards énergétiques actuels. Par conséquent, les dépenses énergétiques d'EPSON pourraient être optimisées. C'est ainsi que nous avons proposé un scénario d'action de performance énergétique qui permettra d'économiser environ 507 000kWhEP/an et d'éviter l'émission de 29 tonnes équivalent de CO<sub>2</sub> par an de gaz à effet de serre pour le site d'EPSON LEVALLOIS PERRET. Pour un temps de retour sur investissement actualisé de 6 ans.

### Mots Clés

---

**1 - Action de performance énergétique**

**2 – Audit énergétique**

**3 – Bâtiments administratifs**

**4 - Dépense énergétique**

**5 – Gaz à effet de serre**

## ABSTRACT

In order to reduce greenhouse gas emissions resulting from human activities, the reduction of energy consumption at tertiary and industrial sites remains an important concern. This is why several companies are committed to an energy-saving approach, including EPSON France, which wants to carry out an energy audit of their administrative buildings to estimate the potential energy savings that can be made within their various buildings.

This mission consists of: analyzing the properties of the thermal envelope of the building (this involves determining the thermal resistance of each part of the building envelope), analyzing the heating, ventilation and air conditioning equipment, analyzing the lighting systems, analyzing the energy bills and proposing actions to improve the energy performance of the building.

At the end of this study, results shows that the heating of the different buildings clearly represents the main significant energy use in the different buildings. Indeed, the energy consumption due to the heating of the building represents about 50% of the energy consumption in the different buildings. Energy systems such as heating, air conditioning and ventilation systems are properly maintained. However, the low thickness of the thermal insulation on some walls, the poor energy performance of some openings that have not yet been replaced and the low efficiency of some energy systems in the different buildings, places EPSON France's building stock below current energy standards. Consequently, EPSON's energy expenditure could be optimized. We have therefore proposed an energy performance action scenario that will save approximately 507 000kWhEP/year and avoid the emission of 29 tons of CO2 equivalent per year of greenhouse gases for the EPSON LEVALLOIS PERRET site. The discounted payback time for this energy performance action scenario is 6 years.

### Key Words

---

- 1 – Administrative buildings**
- 2 - Energy audit**
- 3 - Energy performance action**
- 4 - Energy expenditure**
- 5 - Greenhouse Gases**

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>2iE</b>	: Institut Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
<b>ACV</b>	: Analyse du Cycle de Vie
<b>AER/V</b>	: Audit Énergétique Réglementaire/Volontaire
<b>APE</b>	: Action de Performance Énergétique
<b>CEE</b>	: Certificat d'Économie d'Énergie
<b>CEPmax</b>	: Coefficient d'Énergie primaire maximale
<b>COP</b>	: Coefficient de performance
<b>CTA</b>	: Centrale de Traitement d'Air
<b>CVC</b>	: Chauffage Ventilation Climatisation
<b>DJU</b>	: Degré Jour Unifié
<b>DRV</b>	: Débit de Réfrigérant variable
<b>EER</b>	: Energy Efficiency Ratio
<b>ENR/R</b>	: Énergie Renouvelable et Récupération de la chaleur fatale
<b>GTB</b>	: Gestion Technique du Bâtiment
<b>HVAC</b>	: Heating, Ventilation and Air-Conditioning
<b>IPE</b>	: Indicateur de Performance Énergétique
<b>ITE</b>	: Isolation Thermique par l'Extérieure
<b>ITI</b>	: Isolation thermique par l'Intérieure
<b>kWhcumac</b>	: Énergie finale cumulée et actualisée sur la durée de vie du produit
<b>kWhEF</b>	: Kilo Watt heure d'Énergie Finale
<b>kWhEP</b>	: Kilo Watt Heure d'Énergie Primaire

<b>LED</b>	: Light-Emitting Diode (« Diode Electro Luminescent »)
<b>NCV</b>	: Non Carrossé Vertical
<b>PAC</b>	: Pompe À Chaleur
<b>QEB</b>	: Qualité environnementale des bâtiments
<b>R</b>	: Résistance thermique
<b>RT 2012</b>	: Réglementation thermique de 2012
<b>T</b>	: Température
<b>TRA</b>	: Temps de Retour Actualisé
<b>U<sub>w</sub></b>	: Coefficient de transmission
<b>UES</b>	: Usage d'Énergie significatif
<b>UTA</b>	: Unité de Traitement d'Air
<b>VEV</b>	: Variateur Électronique de Vitesse
<b>VMC</b>	: Ventilation mécanique contrôlée

# TABLE DES MATIERES

<b>DEDICACES</b> .....	<b><i>i</i></b>
<b>CITATIONS</b> .....	<b><i>ii</i></b>
<b>REMERCIEMENTS</b> .....	<b><i>iii</i></b>
<b>RESUME</b> .....	<b><i>iv</i></b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b><i>v</i></b>
<b>LISTE DES ABREVIATIONS</b> .....	<b><i>vi</i></b>
<b>TABLE DES MATIERES</b> .....	<b><i>vii</i></b>
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	<b><i>x</i></b>
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	<b><i>xii</i></b>
<b>INTRODUCTION</b> .....	<b><i>1</i></b>
<b>1 Chapitre 1 : Généralité</b> .....	<b><i>2</i></b>
<b>1.1 Présentation de la structure d'accueil</b> .....	<b><i>2</i></b>
<b>1.2 Objectifs de l'étude</b> .....	<b><i>2</i></b>
<b>1.3 DEGRÉ D'APPROFONDISSEMENT DE L'ÉTUDE</b> .....	<b><i>3</i></b>
<b>1.4 Calendrier de déroulement de l'audit Énergétique</b> .....	<b><i>4</i></b>
<b>1.5 Environnement du site</b> .....	<b><i>5</i></b>
<b>1.6 Localisation du site</b> .....	<b><i>6</i></b>
<b>2 Chapitre 2 : ETAT DES LIEUX DU BATIMENTS</b> .....	<b><i>7</i></b>
<b>2.1 Enveloppe du bâtiment</b> .....	<b><i>7</i></b>
2.1.1 Parois verticales.....	<b><i>7</i></b>
2.1.2 Planchers .....	<b><i>9</i></b>
2.1.3 Toitures.....	<b><i>10</i></b>
2.1.4 Ouvrants et huisseries.....	<b><i>11</i></b>
<b>2.2 Chauffage /climatisation</b> .....	<b><i>12</i></b>

2.2.1	Génération .....	12
2.2.2	Distribution.....	15
2.2.3	Émissions .....	16
2.2.4	Régulation .....	17
<b>2.3</b>	<b>Eau chaude sanitaire .....</b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b>Renouvellement d'air .....</b>	<b>19</b>
<b>2.5</b>	<b>Éclairage.....</b>	<b>20</b>
2.5.1	Éclairage naturel.....	20
2.5.2	L'éclairage artificiel .....	21
<b>2.6</b>	<b>Équipements divers .....</b>	<b>23</b>
<b>2.7</b>	<b>Synthèse générale de l'état des lieux.....</b>	<b>24</b>
<b>3</b>	<b><i>Analyse de la consommation énergétique .....</i></b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>consommations énergétiques .....</b>	<b>25</b>
3.1.1	Description des contrats de fourniture : .....	25
3.1.2	Analyse des consommations .....	26
3.1.3	Analyse des indicateurs de Performance énergétique (IPE) : .....	28
<b>3.2</b>	<b>Répartition de la consommation énergétique .....</b>	<b>29</b>
3.2.1	EPSON LEVALLOIS PERRET .....	29
3.2.2	EPSON CLICHY .....	31
<b>4</b>	<b><i>Propositions d'actions de performance énergétique.....</i></b>	<b>34</b>
<b>4.1</b>	<b>Hypothèses retenues .....</b>	<b>34</b>
4.1.1	EPSON LEVALLOIS PERRET .....	36
4.1.2	EPSON CLICHY .....	45
<b>4.2</b>	<b>Scénario d'amélioration.....</b>	<b>56</b>
	Proposition d'un scénario d'actions : .....	56
	<b><i>Conclusion .....</i></b>	<b>58</b>
	<b><i>Références Bibliographiques .....</i></b>	<b>59</b>
<b>5</b>	<b><i>Annexes.....</i></b>	<b><i>I</i></b>
<b>5.1</b>	<b>calcul des consommations d'énergie.....</b>	<b><i>I</i></b>

5.1.1	Consommations de chauffage/climatisation.....	I
5.1.2	Consommations d'éclairage .....	II
5.1.3	Consommations des équipements spécifiques .....	II
<b>5.2</b>	<b>données de calcul de la consommation du bâtiment : site D'Epson Clichy .....</b>	<b>IV</b>
5.2.1	Chauffage du bâtiment .....	IV
5.2.2	Éclairage.....	IV
5.2.3	Équipements divers .....	V
5.2.4	Équipements VMC .....	V
5.2.5	Équipements spécifiques .....	V
5.2.6	Eau chaude sanitaire.....	VI
5.2.7	Unité intérieure.....	VI
<b>5.3</b>	<b>données de calcul de la consommation du bâtiment : site EPSON Levallois- Perret VII</b>	
5.3.1	Chauffage du bâtiment .....	VII
5.3.2	Éclairage.....	VIII
5.3.3	Équipements divers .....	VIII
5.3.4	Équipements VMC .....	VIII
5.3.5	Eau chaude sanitaire.....	IX
5.3.6	Unité intérieure.....	IX

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Degré d'approfondissement de l'étude .....	3
Tableau 2: Températures moyennes du site moyennés sur les années de 1981-2010 .....	5
Tableau 3: DJU18 du site moyenné sur les années de 1981-2010 .....	5
Tableau 4: Caractéristiques du bâtiment audité.....	6
Tableau 5: Caractéristiques des parois verticales des différents bâtiments .....	7
Tableau 6: Caractéristiques des planchers bas.....	9
Tableau 7: Propriétés thermiques de la toiture des différents bâtiments .....	10
Tableau 8: Propriétés thermiques des différents ouvrants .....	11
Tableau 9: Générateurs de chauffage/refroidissement du bâtiment EPSON LEVALLOIS PERRET ..	12
Tableau 10: Générateur de chauffage/refroidissement du bâtiment EPSON CLICHY .....	13
Tableau 11: Caractéristiques des équipements de génération sur le site de LEVALLOIS PERRET ...	15
Tableau 12: Caractéristiques des émetteurs des différents sites .....	16
Tableau 13: Les types de régulation recensés dans les différents bâtiments .....	17
Tableau 14 : Caractéristiques des équipements de la production d'ECS .....	18
Tableau 15: Caractéristiques des équipements de renouvellement d'air .....	19
Tableau 16: Pourcentage de la surface vitrée par bâtiment .....	20
Tableau 17: Caractéristiques des systèmes d'éclairage du site EPSON LEVALLOIS PERRET .....	21
Tableau 18: : Caractéristiques des systèmes d'éclairage du site EPSON CLICHY .....	22
Tableau 19: Consommation d'énergie électrique des équipements par bâtiment .....	23
Tableau 20: Synthèse générale de l'état des lieux.....	24
Tableau 21: Caractéristiques du contrat de fourniture en énergie électrique .....	25
Tableau 22: Consommation d'électricité en énergie finale et coûts associés du site EPSON LEVALLOIS PERRET .....	26
Tableau 23: Consommation d'électricité en énergie finale et coûts associés du site EPSON CLICHY	27
Tableau 24: Indicateurs de performance énergétique des différents sites en 2019 .....	28
Tableau 25: Répartition de la consommation énergétique par usage -Site EPSON LEVALLOIS PERRET .....	29
Tableau 26 : Consommation énergétique liée aux différents usages - Site EPSON LEVALLOIS PERRET .....	30
Tableau 27: Répartition de la consommation énergétique par usage - Site EPSON CLICHY .....	31
Tableau 28: Consommation énergétique liée aux différents usages - Site EPSON CLICHY.....	32
Tableau 29: Gains et investissement potentiels du scénario d'amélioration proposé .....	56
Tableau 30: Gains et investissement potentiels du scénario d'amélioration proposé .....	57
Tableau 31: Données de calcul pour la simulation de la consommation énergétique du chauffage .....	IV
Tableau 32: Données de calcul pour la consommation énergétique des équipements divers .....	V

Tableau 33: Données de calcul pour la consommation énergétique des équipements VMC.....	V
Tableau 34: Données de calcul pour la consommation énergétique des équipements spécifiques.....	VI
Tableau 35: Données de calcul pour la consommation énergétique ECS .....	VI
Tableau 36: Données de calcul pour la consommation énergétique des unités intérieures.....	VI
Tableau 37: Données de calcul pour la simulation de la consommation énergétique du chauffage ....	VII
Tableau 38: Données de calcul pour la consommation énergétique des équipements divers .....	VIII
Tableau 39: Données de calcul pour la consommation énergétique des équipements VMC.....	IX
Tableau 40: Données de calcul pour la consommation énergétique des besoins ECS.....	IX
Tableau 41: Données de calcul pour la consommation énergétique des unités intérieures.....	IX

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Étapes de déroulement d'une mission d'audit énergétique.....	4
Figure 2: Vue aérienne du site -[3].....	6
Figure 3: Vues des murs extérieures des différents bâtiments .....	9
Figure 4: Vues des planchers bas des différents bâtiments .....	9
Figure 5: Vues de la toiture des différents bâtiments .....	11
Figure 6: Vues des ouvrants et des éventuels défauts d'étanchéités .....	11
Figure 7: Comparaison de la puissance calorifique installée dans les différents bâtiments.....	14
Figure 8: Vues des générateurs de chauffage/refroidissement .....	14
Figure 9: : Vues des circulateurs du site EPSON LEVALLOIS PERRET .....	15
Figure 10 : Dégradation du calorifugeage sur le circuit de distribution site EPSON CLICHY.....	16
Figure 11: : Vues des certains émetteurs .....	17
Figure 12: : Schéma de récupération de chaleur sur la CTA.....	19
Figure 13: : Défauts entraînant des pertes dues aux renouvellement d'air.....	20
Figure 15: : Équipements de renouvellement d'air.....	20
Figure 15: Répartition du nombre total des luminaires par technologie et puissance installée.....	21
Figure 16: Répartition du nombre total des luminaires par technologie et puissance installée.....	22
Figure 17: Vues de certains équipements divers .....	23
Figure 18 : Profil annuel de la consommation électrique en kWh (2017-2019) du site LEVALLOIS...27	27
Figure 19 : Profil annuel de la consommation électrique en kWh (2017-2019) du site CLICHY.....28	28
Figure 20 : Comparaison des indicateurs de performance énergétique des différents sites (2019) .....	29
Figure 21 : Répartition de la consommation annuelle énergétique par usage .....	30
Figure 22 : Déperditions liées au chauffage du sites EPSON LEVALLOIS PERRET.....	31
Figure 23 : Répartition de la consommation annuelle par usage - Site EPSON CLICHY.....	33
Figure 24 : Déperditions liées au chauffage site EPSON CLICHY .....	33
Figure 25 : Aperçu d'un tableau de bord de l'outil de suivi énergétique .....	36
Figure 26 : Circuit d'une PAC.....	39
Figure 27 : principe de fonctionnement d'une DRV 3 tubes.....	40
Figure 28 : PAC multi-split .....	41
Figure 29 : Technique de flochage (source : Everest isolation) .....	47
Figure 30 : Schéma de principe de fonctionnement d'un double vitrage à basse émissivité .....	48
Figure 31 : Récupération de chaleur CTA.....	49
Figure 32 : Exemple de réalisation et emplacement potentiel pour la centrale photovoltaïque.....	55

## INTRODUCTION

L'augmentation des gaz à effet de serre suite aux activités de l'homme entraîne un réchauffement de la surface du globe terrestre encore appelé réchauffement climatique.

Le réchauffement climatique a plusieurs conséquences parmi lesquelles nous avons : l'augmentation du niveau de la mer, l'augmentation de l'acidité des eaux superficielles, l'extinction de 20 à 30 % d'espèces animales et végétales, les crises liées aux ressources alimentaires, les dangers sanitaires, ...etc.[1]

C'est pourquoi lors de la COP 21 a été fixé l'objectif de limiter l'augmentation de la température moyenne du globe terrestre à moins de 2°C d'ici 2100 par rapport à 1880.

Pour maintenir cet objectif de 2°C, il faut opérer une réduction de 40 à 70% des gaz à effet de serre, d'ici 2050 et tout faire pour que la neutralité carbone soit atteinte au plus tard à la fin du siècle.

Pour y arriver, d'un point de vue énergétique nous avons le choix entre :

- Consommer des énergies ayant un faible taux d'émission de CO<sub>2</sub> : Énergie renouvelable.
- Réduire nos consommations énergétiques : Efficacité énergétique.[2]

Ainsi, la société **EPSON France** souhaite réaliser l'audit énergétique de son siège administratif pour connaître le potentiel d'économie d'énergie réalisable sur ses différents bâtiments administratifs.

Ce rapport de stage sera organisé comme suite :

- Tout d'abord, la présentation de la structure d'accueil et l'entreprise dans laquelle la présente mission est réalisée,
- Puis nous présenterons l'état des lieux des différents bâtiments audités et l'analyse de la consommation énergétique des bâtiments,
- Enfin nous présenterons les mesures d'économies d'énergie.

# 1 CHAPITRE 1 : GENERALITE

## 1.1 PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

AEMO Ingénierie est un bureau d'étude spécialisé dans le domaine de la performance Énergétique du bâtiment et de l'industrie situé à Floirac France, Avenue Jean Alfonséa 33 270.

Les activités du cabinet AEMO ingénierie s'articulent autour des missions suivantes :

- **Audit Énergétique Réglementaire/Volontaire** : Ce diagnostic complet permet d'établir un état des lieux de la performance énergétique et de la vétusté d'un bâtiment et/ou d'un procédé industriel. Il a pour objectif d'identifier les sources d'économies d'énergie et de définir les solutions à mettre en œuvre.
- **Accompagnement dans la réalisation des APE** : dans l'objectif de maximiser la viabilité énergétique et de minimiser les investissements.
- **Plan de mesurages** : Le plan de mesurages étant la colonne vertébrale du management de l'énergie, il est indispensable de planifier minutieusement l'intégration des systèmes de comptage et de suivi.
- **Étude d'opportunités ENR&R** : AEMO Ingénierie apporte une aide à la décision à ses clients en évaluant la pertinence d'intégration des systèmes/installations à énergie renouvelable ou à revalorisation d'énergie fatale.
- **Études d'ACV et de QEB** .

En qualité de stagiaire au sein du cabinet-conseil AEMO Ingénierie, je suis en collaboration direct avec **M. MURAT Alzjargal** expert en efficacité énergétique que j'assiste dans la réalisation des missions d'audits énergétique du bâtiment et de l'industrie. Durant mon stage dans ce bureau d'étude, plusieurs projets m'ont été confiés parmi lesquels l'audit énergétique du siège d'EPSON France qui est le thème de mon mémoire de fin d'étude.

**EPSON France** est une entreprise d'électronique spécialisée dans la fabrication des imprimantes, des vidéoprojecteurs, des scanners et des appareils photos numériques. Les produits Epson sont conçus pour une large clientèle dans les affaires, les administrations et le grand public.

## 1.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Cet audit énergétique a pour but d'éclairer son commanditaire vis-à-vis des opportunités qui se présentent à lui :

- Dans quelle mesure serait-il pertinent, sur les plans financier, technique et environnemental, de réduire les consommations d'énergie, d'améliorer le confort thermique, et avec quels moyens ?
- Quelles pourraient être les économies d'énergies relatives aux consommations d'électricité, principales dépenses d'énergie de l'entreprise ?
- Les économies d'énergie réalisées compensent-elles rapidement les investissements ?
- Quelles pourraient être les économies d'énergies relatives aux consommations électriques et thermiques, principales dépenses d'énergie ?

**Le présent audit énergétique apportera à la société EPSON France**, les pistes précises et crédibles de maîtrise des charges d'exploitation, d'améliorations du confort et d'étude d'opportunité d'intégration d'énergies renouvelables, étayées par des ratios, relevés, mesures, calculs, et simulations adaptées au niveau de complexité des organisations.

## 1.3 DEGRÉ D'APPROFONDISSEMENT DE L'ÉTUDE

Le tableau 1 présente les différents usages d'énergie étudiés ainsi que les mesures et analyses réalisées :

*Tableau 1: Degré d'approfondissement de l'étude*

	<b>Mesures/ analyses</b>
<i>Approvisionnement énergétique</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse de l'évolution de la consommation énergétique</li> </ul>
<i>Enveloppe thermique</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse et évaluation des performances thermiques du bâtiment</li> </ul>
<i>Production de chauffage</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse de la production de chaleur et de sa régulation</li> </ul>
<i>Production d'ECS</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse de la production d'ECS</li> </ul>
<i>Production de froid</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse des performances des systèmes de production du froid/climatisation et de leur régulation</li> </ul>
<i>Système de renouvellement d'air</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse des caractéristiques du système de renouvellement d'air et sa régulation</li> </ul>
<i>Éclairage</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse et évaluation des luminaires ainsi que leur régulation en fonction des besoins</li> </ul>
<i>Divers</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse de la consommation des autres équipements engendrant des consommations énergétiques.</li> </ul>

## 1.4 CALENDRIER DE DÉROULEMENT DE L'AUDIT ÉNERGÉTIQUE

La présente étude s'est déroulée selon ces étapes clés de l'audit énergétique :

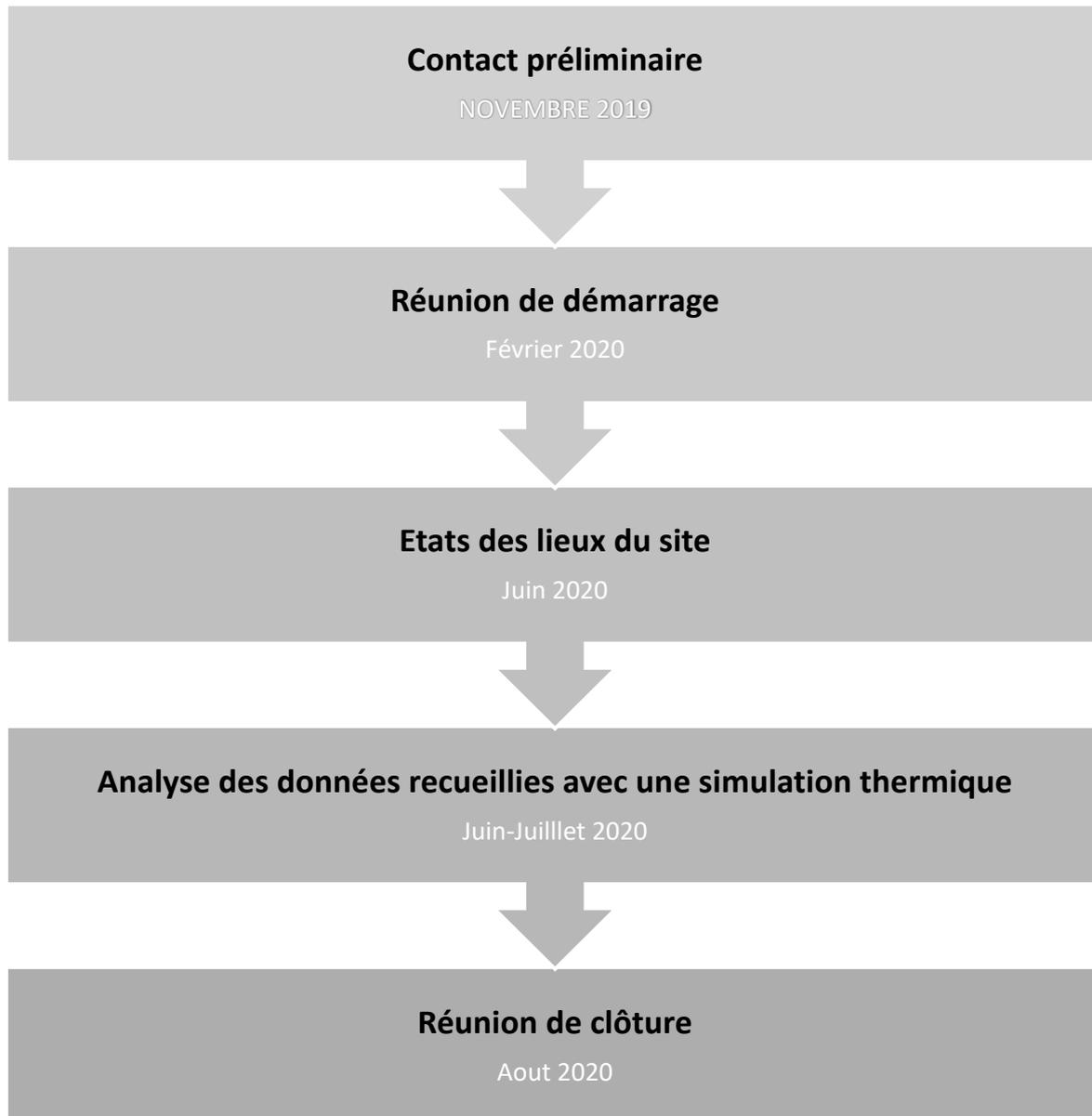


Figure 1: Étapes de déroulement de la mission d'audit énergétique

## 1.5 ENVIRONNEMENT DU SITE

Le comportement thermique et énergétique des bâtiments dépend directement de la climatologie du site. La station météorologique de référence utilisée est celle de Le Colombe (92). L'analyse des consommations de chauffage a été réalisée à partir des DJU18 moyennés à l'aide des données de 1981-2010.

- Températures (moyenne en °C)

Tableau 2: Températures moyennes du site moyennés sur les années de 1981-2010 (source : météo France)

T	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
T maxi	7,6	8,8	12,7	16,2	20,1	23,2	25,8	25,5	21,7	16,8	11,2	7,9	<b>16,5</b>
T moy	5	5,6	8,7	11,5	15,3	18,3	20,6	20,3	17	13,1	8,3	5,5	<b>12,5</b>
T mini	2,4	2,4	4,7	6,8	10,5	13,4	15,4	15,2	12,2	9,3	5,5	3,1	<b>8,4</b>

- Degrés jours unifiés

Tableau 3: DJU18 du site moyenné sur les années de 1981-2010 (source : météo France)

Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
403,7	349,1	287,6	196,7	99,2	37,9	9,9	9,8	53,1	155,2	290,4	387,8	<b>2280,4</b>

## 1.6 LOCALISATION DU SITE



Figure 2: Vues aériennes du site -[3]

Les caractéristiques du bâtiment audité sont présentées dans le tableau 4:

Tableau 4: Caractéristiques du bâtiment audité

Site	Bâtiments	Surface au sol
EPSON Levallois-Perret	Bureaux	4 500 m <sup>2</sup>
EPSON Clichy	Semi-tertiaire	3 500 m <sup>2</sup>

Le bâtiment occupant le site EPSON Clichy est occupé par plusieurs sociétés. Seule la partie occupée par EPSON France a été audité. Il s'agit notamment d'une partie du RDC, du R+1 et du R+2.

## 2 CHAPITRE 2 : ETAT DES LIEUX DU BATIMENTS

Ce chapitre concerne l'état des lieux des structures et des systèmes existants et ayant un effet direct sur la consommation énergétique globale du bâtiment ainsi que sur le confort de ses occupants. Une appréciation qualitative permet de situer la performance de l'élément audité.

Appréciation qualitative*	
Performances Très correctes	
Performances satisfaisantes	
Performances faibles	

\*Voir critères d'appréciation en Annexe 3

### 2.1 ENVELOPPE DU BÂTIMENT

Les éléments de la structure ont été audités et appréciés en termes de qualité thermique :

#### 2.1.1 Parois verticales

Le tableau 5 présente les caractéristiques des différentes parois verticales.

Tableau 5: Caractéristiques des parois verticales des différents bâtiments

Parois	Surfaces	Procédé constructif et Isolation	Résistance thermique (m <sup>2</sup> .K/W)	État / qualité
Murs extérieurs avec ITI <i>EPSON LEVALLOIS PERRET</i>	950 m <sup>2</sup>	20 cm de blocs Pierre + Double peau plaque de plâtre + 6 cm de laine minérale (estimé)	R= 1,9	
Murs extérieurs avec ITE <i>EPSON LEVALLOIS PERRET</i>	500 m <sup>2</sup>	20 cm de blocs Pierre + Double peau plaque de plâtre + 6 cm de laine minérale (estimé)	R= 1,9	
<i>Murs enterrés ITI EPSON LEVALLOIS PERRET</i>	260 m <sup>2</sup>	Blocs Pierre + Double peau plaque de plâtre + 2 cm de laine minérale	R= 0,9	

<p><i>Murs extérieurs avec ITI</i></p> <p><i>EPSON CLICHY</i></p>	<p>1 100 m<sup>2</sup></p>	<p>20 cm de béton plein + 12 cm de laine minérale (estimé) + Plaque de plâtre</p>	<p>R= 3,3</p>	
---	----------------------------	---	---------------	---

Les murs extérieurs du bâtiment EPSON LEVALLOIS PERRET possède une faible épaisseur d'isolation thermique, ceci augmente davantage les déperditions thermiques et par conséquent la consommation d'énergie liée au chauffage du bâtiment. Par contre, les murs du bâtiment EPSON CLICHY possèdent une épaisseur d'isolation thermique satisfaisante qui diminue considérablement les déperditions thermiques liées aux parois extérieures.

En effet, la réglementation en vigueur prévoit une résistance thermique minimale de  $R= 2,9 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  pour cette partie du bâtiment[5].

Il est remarqué que plus de 80% de la surface des murs extérieurs des bâtiments d'EPSON France possèdent une isolation thermique par intérieur (ITI) contre 20% environ pour une isolation thermique par extérieure (ITE).

Contrairement à une isolation thermique par l'intérieure, une isolation thermique par l'extérieure empêche la présence des ponts thermiques liés à la structure du bâtiment.

Durant la visite, les bureaux n'étaient pas chauffés, raison pour laquelle des thermogrammes ne sont pas présentés dans ce rapport pour la mise en évidence des ponts thermiques sur l'enveloppe.



Figure 3: Vues des murs extérieures des différents bâtiments

## 2.1.2 Planchers

Le tableau 6 présente les caractéristiques des plancher bas dans les différents bâtiments.

Tableau 6: Caractéristiques des planchers bas

Parois	Surfaces	Procédé constructif et Isolation	Résistance thermique (m <sup>2</sup> .K/W)	État / qualité
Plancher donnant sur l'extérieur EPSON LEVALLOIS PERRET	100 m <sup>2</sup>	20 cm de béton plein + 10 cm d'isolant thermique	R = 2,8	☹️
Plancher bas donnant sur le parking EPSON LEVALLOIS PERRET	720 m <sup>2</sup>	30 cm de béton plein + 20 cm d'isolant thermique	R = 5,5	😊
Plancher donnant sur l'extérieur EPSON CLICHY	1 700 m <sup>2</sup>	20 cm de béton plein + 5 cm de laine minérale	R = 1,6	☹️

Dans le site EPSON LEVALLOIS PERRET, l'épaisseur de l'isolant thermique sur cette partie du bâtiment est satisfaisante car la résistance thermique totale de cette partie du bâtiment est supérieure à la valeur minimale préconisée par la réglementation la plus récente. Contrairement au site de CLICHY, l'épaisseur de l'isolant thermique semble insuffisante sur cette partie du bâtiment car la valeur de sa résistance thermique est inférieure à celle préconisée par la réglementation la plus récente.

En effet, la réglementation en vigueur prévoit une résistance thermique minimale de R= 2,5 m<sup>2</sup>.K/W pour le plancher bas.[5]



Figure 4: Vues des planchers bas des différents bâtiments

### 2.1.3 Toitures

Le tableau 7 présente les caractéristiques des toitures dans les différents bâtiments.

Tableau 7: Propriétés thermiques de la toiture des différents bâtiments

Parois	Surfaces	Procédé constructif et Isolation	Résistance thermique (m <sup>2</sup> .K/W)	État / qualité
Toiture Terrasse EPSON LEVALLOIS PERRET	450 m <sup>2</sup>	Béton plein et complexe d'étanchéité + Faux plafond + 15 cm de laine minérale	R = 4,3	☹️
Toiture ossature acier EPSON LEVALLOIS PERRET	240 m <sup>2</sup>	Ossature acier et bac acier + Faux plafond + 15 cm de laine minérale	R = 4,2	☹️
Toiture Terrasse Showroom EPSON LEVALLOIS PERRET	130 m <sup>2</sup>	Béton plein et complexe d'étanchéité végétalisé + Faux plafond + 15 cm de laine minérale	R = 4,3	☹️
Toiture Terrasse EPSON CLICHY	1 400 m <sup>2</sup>	20 cm de béton plein + Faux plafond + 15 cm de laine minérale	R = 4,3	☹️

L'isolation thermique de la toiture est intéressante car l'air chaud étant plus léger que l'air froid, il a tendance à monter. Ceci augmente les déperditions thermiques au niveau de la toiture. Ainsi, plus la résistance thermique de la toiture est élevée plus les déperditions sont minimisées ce qui permet de faire des économies d'énergies significatives.

En termes de référence, la réglementation en vigueur prévoit une valeur de 3,3 m<sup>2</sup>.K/W pour résistance thermique minimale des toitures terrasse. [5]



Figure 5: Vues de la toiture des différents bâtiments

## 2.1.4 Ouvrants et huisseries

Le tableau 8 présente les caractéristiques des ouvrants dans les différents bâtiments.

Tableau 8: Propriétés thermiques des différents ouvrants

Type d'ouvrant	Surface totale	Matière	Uw (W/m <sup>2</sup> . K)	État / qualité
Double vitrage de type 4/10/4 EPSON CLICHY	90	Aluminium	2,9	☹️
Double vitrage de type 4/8/4 EPSON CLICHY	300	Aluminium	3,4	☹️
Simple vitrage épais EPSON CLICHY	30	Aluminium	4,6	☹️
Double vitrage de type 4/12/4 EPSON LEVALLOIS PERRET	240	Aluminium	2,5	☹️
Double vitrage de type 4/16/4 EPSON LEVALLOIS PERRET	280	Aluminium avec rupteur de pont thermique	1,9	😐

Les surfaces vitrées sont essentiellement en double vitrage avec des performances thermiques pouvant être améliorées car 70% des ouvrants ne correspondent pas au standard de construction actuel prévue par la réglementation en vigueur.

De plus, des défauts d'étanchéités qui favorisent des déperditions thermiques dues au renouvellement d'air ont été observés sur certains ouvrants.



Figure 6: Vues des ouvrants et des éventuels défauts d'étanchéités

La performance minimale des ouvrants prévue par la réglementation en vigueur est le 4/16/4 avec des rupteurs de ponts thermique.

## 2.2 CHAUFFAGE /CLIMATISATION

Cette partie synthétise les caractéristiques et les observations des systèmes de chauffage et de climatisation du bâtiment. L'analyse des installations a été décomposée en 4 sous parties distinctes : Génération, Distribution, Émission et Régulation.[6]

### 2.2.1 Génération

Les équipements de production de chauffage/climatisation dans le bâtiment sont très hétérogènes. La génération de chauffage/climatisation est plutôt centralisée avec toutefois la présence de quelques systèmes individuels (radiateurs électriques, Pompes à chaleur de type split) installés dans certaines zones des différents bâtiments.

Le tableau 9 présente la synthèse des caractéristiques des équipements de génération du site de Levallois :

Tableau 9: Générateurs de chauffage/refroidissement du bâtiment EPSON LEVALLOIS PERRET

Équipements	Puissance thermique installée (kW)	Nombre	Puissance thermique totale (kW)
<b>Générateur de chaleur</b> Batterie électrique de la CTA <i>EPSON LEVALLOIS PERRET</i>	5,5	21	115,5
<b>Générateur de froid</b> Groupe Froid <i>EPSON LEVALLOIS PERRET</i>	240	1	240
<b>Générateur de froid</b> PAC <i>EPSON LEVALLOIS PERRET</i>	7,1	4	28,4
<b>Générateur de chaleur</b> Convecteur/Radiant électrique <i>EPSON LEVALLOIS PERRET</i>	-	-	16

Les générateurs de chauffage sur ce site sont uniquement des systèmes électriques (convecteurs et batteries électriques). Ils utilisent l'effet Joule pour apporter la chaleur nécessaire au chauffage du bâtiment. Ce mode de chauffage consomme une même quantité d'énergie électrique pour satisfaire un besoin calorifique donné.

Dans le but d'augmenter le rendement de l'installation et de réduire la consommation énergétique du site, il peut être pertinent d'opter pour des machines thermodynamiques pour satisfaire les besoins calorifiques de ce bâtiment.

La synthèse des caractéristiques des équipements de génération sur le site de Clichy présentée dans le tableau 10:

Tableau 10: Générateur de chauffage/refroidissement du bâtiment EPSON CLICHY

Équipements	Puissances Calorifiques (kW)	Puissances frigorifiques (kW)
Groupe DRV RDC SUD <i>EPSON CLICHY</i>	45	40
Groupe 1 DRV RDC Nord <i>EPSON CLICHY</i>	31,5	28
Groupe 2 DRV RDC Nord <i>EPSON CLICHY</i>	37,5	33,5
Groupe DRV 1 1er étage <i>EPSON CLICHY</i>	45	40
Groupe DRV 2 1er étage <i>EPSON CLICHY</i>	45	40
Groupe 2ième étage <i>EPSON CLICHY</i>	45	40
Radiant électrique <i>EPSON CLICHY</i>	11	-
PAC salle de serveur <i>EPSON CLICHY</i>	6	5
PAC Salle Blanche <i>EPSON CLICHY</i>	30	27
PAC supprimeur <i>EPSON CLICHY</i>	-	16,7
<b>Total</b>	<b>296</b>	<b>270</b>

Les équipements de chauffage/climatisation sont essentiellement constitués de machines frigorifiques (groupe DRV, groupe froid et PAC). L'avantage de ces systèmes est particulièrement lié à son rendement (COP/EER) qui est généralement supérieur à 2,5. Ceci permet donc de faire environ deux fois plus d'économie d'énergie par rapport aux modes de chauffages électriques.

De plus, sur le site EPSON CLICHY, la présence des unités DRV installées par zone pour le chauffage du bâtiment est indispensable car ceci permet la mise en marche/arrêt des différentes unités en fonction des besoins dans les différentes zones.

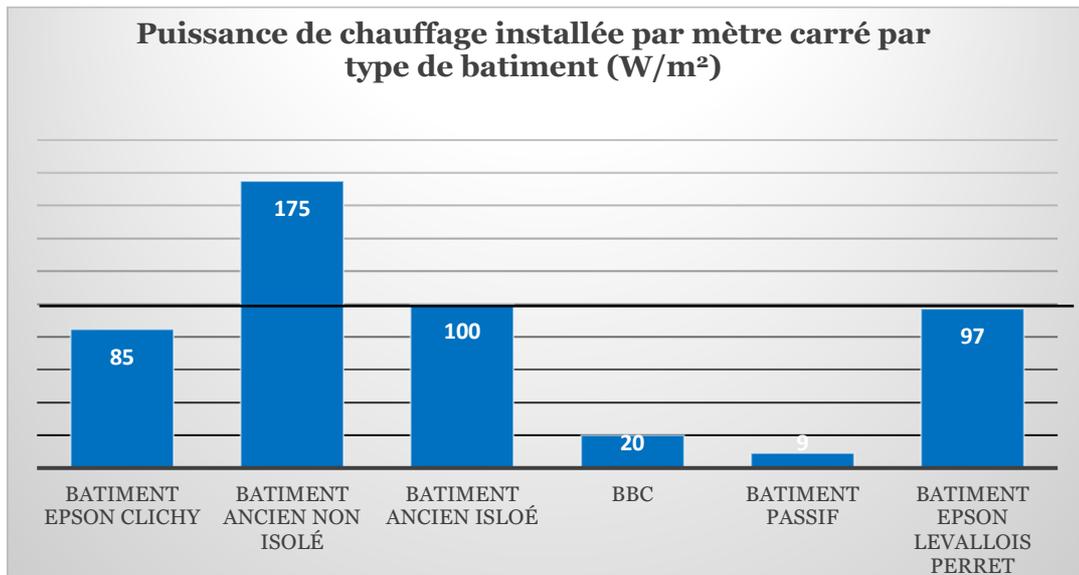


Figure 7: Comparaison de la puissance calorifique installée dans les différents bâtiments

Il est remarqué que la puissance calorifique installée pour le chauffage des différents bâtiment EPSON France est très proche de la puissance calorifique des bâtiments anciens isolés (85 et 97 W/m<sup>2</sup> vs 100 W/m<sup>2</sup>).

Les résistances électriques contenues dans les unités de traitement d'air (UTA) ont été prises en considération pour évaluer la puissance calorifique moyenne de chauffage au mètre carré.



Figure 8: Vues des générateurs de chauffage/refroidissement

## 2.2.2 Distribution

Sur le site d'EPSON LEVALLOIS PERRET, il est noté la présence d'une paire de circulateur pour assurer la distribution du froid produit par le groupe froid, un autre circulateur pour la récupération de chaleur au niveau de la CTA et la CTA elle-même qui souffle de l'air dans les différentes zones chauffées. La liste des équipements utilisés est présentée dans le tableau 11 :

Tableau 11: Caractéristiques des équipements de génération sur le site de LEVALLOIS PERRET

Équipements	Puissance max
2 circulateurs groupe froid EPSON LEVALLOIS PERRET	2 x 5,5 kW
Circulateurs CTA Marque : Salmson EPSON LEVALLOIS PERRET	0,4 kW
CTA Marque : Salmson EPSON LEVALLOIS PERRET	0,55 kW

Les pompes de distribution du circuit d'eau glacée du groupe froid sont des circulateurs à vitesse fixe.

Au regard de la puissance élevée de ces circulateurs (2 x 5,5kW), il peut être pertinent de mettre en place des circulateurs à vitesse variable pour ajuster leur consommation électrique en fonction des besoins frigorifiques nécessaires à un instant donné.[7]

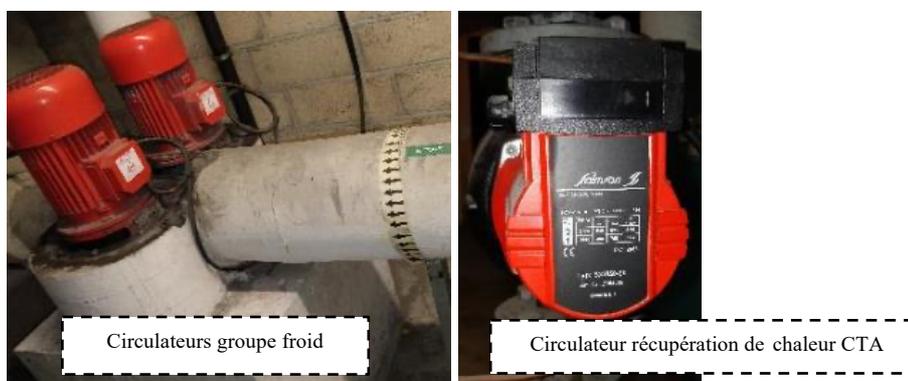


Figure 9: Vues des circulateurs du site EPSON LEVALLOIS PERRET

La distribution du froid/chaleur dans le site de CLICHY est assurée par le circuit de distribution des DRV. Il est remarqué des défauts de calorifugeage sur ce circuit. En effet, durant la visite, le calorifugeage sur certaines conduites était dégradé.



Figure 10 : Dégradation du calorifugeage sur le circuit de distribution du site EPSON CLICHY

### 2.2.3 Émissions

Les différents types d'émetteurs recensés durant la visite sont regroupés dans le tableau 12 en fonction des différents bâtiments :

Tableau 12: Caractéristiques des émetteurs des différents sites

Site	Types d'unités	Puissance absorbée unitaire (W)	Nombre	Puissance absorbée totale (kW)
EPSON CLICHY	Cassette 4 voies 600*600 DRV PLFY-P15-VCM	50	5	0,25
	Cassette 4 voies 600*600 DRV PLFY-P20-VCM	50	9	0,45
	Cassette 4 voies 600*600 DRV PLFY-P25-VCM	50	16	0,8
	Cassette 4 voies 600*600 DRV PLFY-P32-VCM	60	14	0,84
	Cassette 4 voies 600*600 DRV PLFY-P40-VCM	60	6	0,36
	Plafonnier gainable compact PEFY-P125vm	260	4	1,04
	Plafonnier gainable compact PEFY-P40VM	96	1	0,096
	Console murale MFZ-KJ50VE	30	1	0,030
	<b>Total</b>	-	<b>56</b>	<b>3,8</b>
EPSON LEVALLOIS PERRET	Émetteur UTA	96	96	9,2
	Émetteur Ncv 29	96	25	2,4
	Ventilo-Convecteur	105	4	0,4
	<b>Total</b>	-	<b>125</b>	<b>12</b>

Les modes d'émissions des différents émetteurs de chaleur sont essentiellement de type convectif et stratification. En effet, le type d'émetteur est adapté en fonction de la hauteur sous plafond.

Dans les locaux d'EPSON LEVALLOIS PERRET, les résistances électriques d'appoints des UTA et Ncv 29 assurent le chauffage de l'air préchauffé par la CTA dans le but d'améliorer le confort des occupants. En effet, l'air extérieur est d'abord préchauffé par les batteries

électriques de la CTA puis les résistances électriques qui sont dans les émetteurs ajustent cette température à une valeur convenable pour assurer un meilleur confort aux occupants en hivers.

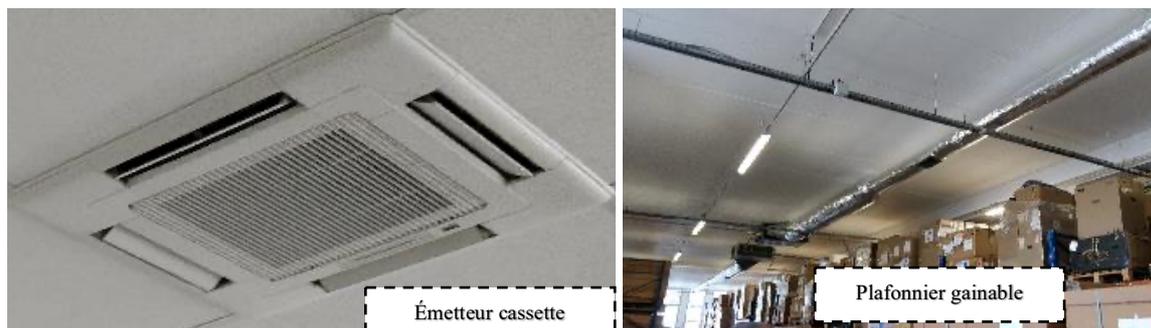


Figure 11: Vues des certains émetteurs

## 2.2.4 Régulation

La régulation est importante afin d'ajuster la production de chaud/froid aux besoins réels.

Dans le tableau 13, nous présentons les différents modes de régulation présents sur le site.

Tableau 13: Les types de régulation recensés dans les différents bâtiments

Équipements	Régulation en place
<b>CTA</b> + <b>Batterie électrique</b> EPSON LEVALLOIS PERRET	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La programmation des horaires d'inoccupation mise en place,</li> <li>• La température de consigne de 22°C durant les heures d'occupations</li> <li>• Un réduit de température à 18°C durant les heures d'inoccupations</li> <li>• Un nombre défini de batteries de chauffage se mettent en marche en fonction des besoins de chauffages nécessaires pour assurer le confort des occupants.</li> <li>• Une CTA double flux avec récupération de chaleur.</li> </ul>
<b>Groupe Froid</b> EPSON LEVALLOIS PERRET	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fonctionne tout le temps même en hivers car besoins spontanés de froid</li> <li>• Température de consigne de 26°C durant les heures d'occupations</li> <li>• Un réduit de température à 28°C durant les heures d'inoccupations</li> </ul>
<b>GTB</b> <b>(Gestion technique du bâtiment)</b> EPSON LEVALLOIS PERRET	<ul style="list-style-type: none"> <li>• GTB (installée en décembre 2019) permettant de superviser et de contrôler les usages comme l'éclairage, le chauffage et la climatisation.</li> <li>• Mise en marche ou l'arrêt de l'éclairage d'une partie ou de l'ensemble des luminaires installés dans le bâtiment.</li> <li>• L'installation d'un tel système est bénéfique car la programmation horaire des installations d'éclairage, de chauffage et de climatisation permettra de faire des économies d'énergies et contribuera à la protection de l'environnement.</li> </ul>
<b>Émetteurs</b> EPSON LEVALLOIS PERRET	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les boîtiers de programmation manuel disponible dans les différents locaux permettent d'ajuster les plages de température dans les différentes pièces et aussi de modifier le mode de fonctionnement des unités intérieures.</li> <li>• Les émetteurs sont principalement des UTA (Unités de Traitement d'air) qui contiennent des résistances électriques.</li> <li>• Ces résistances se mettent en marche dans le but de pouvoir ajuster les besoins de chauffage par rapport à la consigne de température et le confort des occupants est ainsi amélioré.</li> </ul>
<b>DRV</b> EPSON CLICHY	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plusieurs unités DRV installées par zone dans le bâtiment. Ceci est pertinent car les besoins sont différents en fonction des zones.</li> <li>• La programmation des horaires d'inoccupation mise en place,</li> <li>• La température de consigne de 21/24°C durant les heures d'occupations</li> <li>• Un réduit de température de 17/27°C durant les heures d'inoccupations</li> </ul>

<p><b>Ventilations</b> <i>EPSON CLICHY</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fonctionne en continue</li> <li>Pas de modulation du débit de ventilation</li> <li>CTA avec récupérateur de chaleur. Ceci permet à l'air entrant dans le bâtiment de récupérer les calories de l'air sortant du bâtiment.</li> </ul>
<p><b>Émetteurs</b> <i>EPSON CLICHY</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les boîtiers de programmation manuel disponibles dans les différents locaux permettent d'ajuster les plages de température dans les différentes pièces et aussi de modifier le mode de fonctionnement des unités intérieures.</li> </ul>

Les informations fournies par les responsables du site ou récupérées durant la visite de terrain ne nous ont pas permis de donner avec exactitude le type de régulation assurée par certains équipements comme le groupe froid.

Néanmoins, au regard de la puissance du groupe froid (240kW) et de son année de mise en service (2000 environ) nous pensons que le groupe froid possède plusieurs compresseurs avec une régulation en cascade (la marche d'un ou de plusieurs compresseurs se fait en fonction des besoins nécessaires).

Il semble pertinent d'arrêter la récupération de chaleur sur les CTA en été lorsque l'air sortant est plus chaud que l'air extérieur dans le bâtiment.

## 2.3 EAU CHAUDE SANITAIRE

Les chauffe-eaux électriques à accumulation assurent la production d'ECS sur les différents sites.

Tableau 14 : Caractéristiques des équipements de la production d'ECS

Type d'ECS	Puissance électrique unitaire (kW)	Nombre	Volume	Puissance électrique totale (kW)
Chauffe-eaux électriques à accumulation <i>Cuisine</i> <i>EPSON CLICHY</i>	2	2	151	4
Chauffe-eaux électriques à accumulation <i>Sanitaire</i> <i>EPSON CLICHY</i>	2	4	301	8
Chauffe-eaux électriques à accumulation <i>Vestiaire</i> <i>EPSON CLICHY</i>	NC	1	100 l	-
Chauffe-eaux électriques à accumulation <i>EPSON LEVALLOIS PERRET</i>	2	14	151	28

Le mode de production accumulatif est adapté dans des bâtiments où les besoins en eau chaude sont ponctuellement élevés.

Ce mode de production semble être cohérent avec le mode d'utilisation de l'eau chaude. De plus, les systèmes de production sont situés au plus près des besoins.

## 2.4 RENOUELEMENT D'AIR

Dans les différents bâtiments, le renouvellement d'air est assuré par des centrales de traitement d'air (CTA) à recyclage d'air. L'air neuf (AN) entrant est mélangé à l'air vicié (AE) avant filtration et traitement pour être injecté dans le volume thermique.

Le schéma ci-dessous illustre le principe de récupération de chaleur au niveau des centrales de traitement d'air :

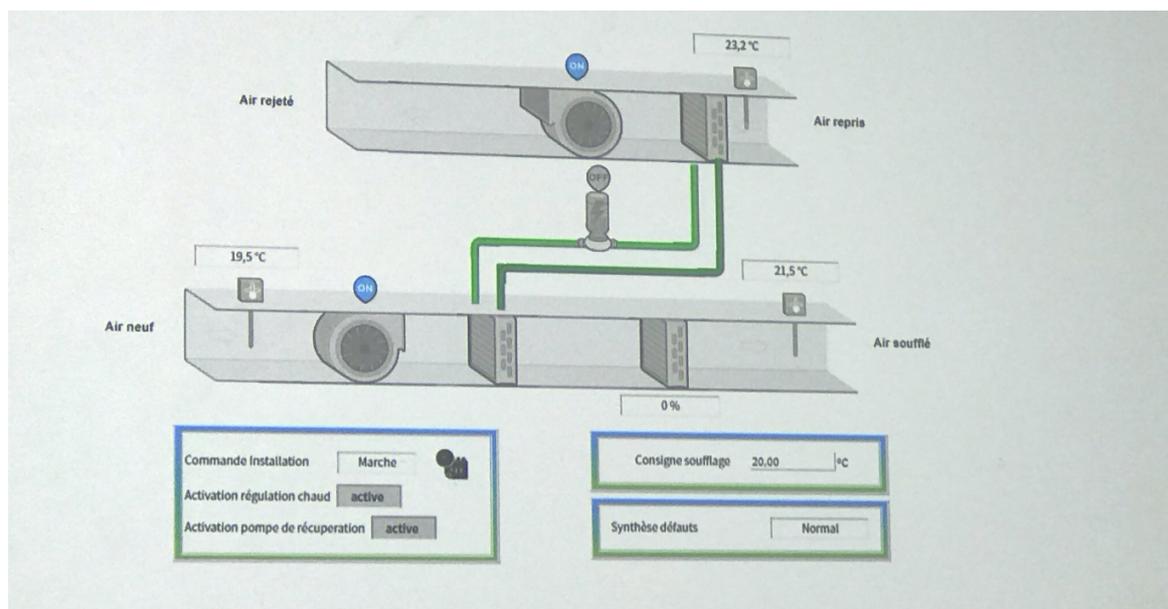


Figure 12: Schéma de récupération de chaleur sur la CTA

A cela s'ajoutent des extracteurs d'air autonomes permettant d'extraire l'air vicié d'une partie du bâtiment.

L'ensemble des équipements de renouvellement d'air sont présentés dans le tableau 15 :

Tableau 15: Caractéristiques des équipements de renouvellement d'air

Extracteur d'air	Puissances unitaires (kW)	Quantités	Puissances Totales (kW)
Extracteur du sanitaire VEC 271 B Aldex EPSON LEVALLOIS PERRET	0,37	1	0,37
Extracteur divers Mini VEC 160 EPSON LEVALLOIS PERRET	0,125	1	0,125
Extracteur parking (désenfumage) EPSON LEVALLOIS PERRET	2,2	2	4,4
Centrale de traitement d'air EPSON LEVALLOIS PERRET	0,55	1	0,55
Extracteur du sanitaire EPSON CLICHY	0,38	1	0,38
Centrale de traitement d'air EPSON CLICHY	0,55	2	1,1

En plus des défauts d'étanchéités qui favorisent les déperditions thermiques du bâtiment, il a également été observé que certains émetteurs étaient placés à quelques cm des bouches d'extraction. Ce type de disposition rejette la chaleur/le froid des unités intérieures vers l'extérieur.

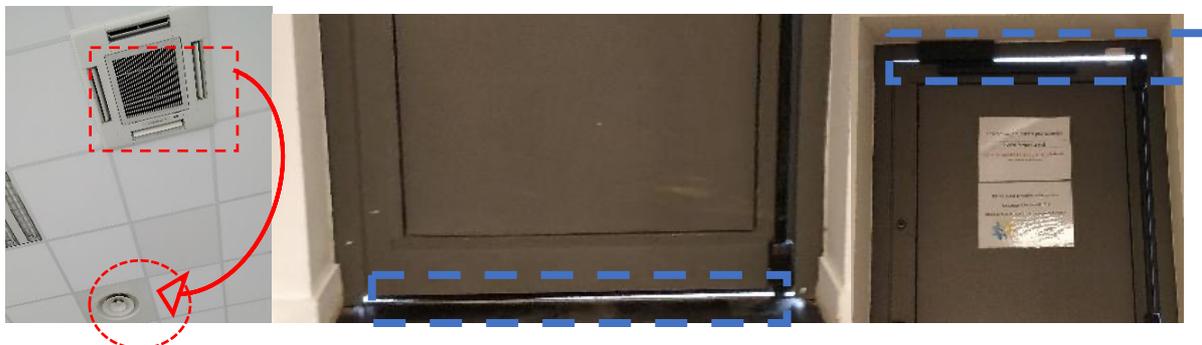


Figure 13: Défauts entraînant des pertes dues au renouvellement d'air

En plus des défauts d'étanchéités, il est important de rappeler que le débit de renouvellement d'air est constant durant toute la période d'occupation du bâtiment.

Le débit de ventilation étant déterminé en fonction du nombre d'occupants, il paraît judicieux de moduler le débit en fonction de l'occupation des locaux en vue de réaliser des économies d'énergies.



Figure 14: Équipements de renouvellement d'air

## 2.5 ÉCLAIRAGE

L'éclairage des bâtiments est réalisé de manière naturelle et artificielle afin d'assurer un confort convenable aux occupants et de répondre aux exigences imposées par les conditions d'utilisation.

### 2.5.1 Éclairage naturel

Le volume chauffé est équipé d'une surface vitrée pour favoriser l'éclairage naturel.

Tableau 16: Pourcentage de la surface vitrée par bâtiment

Bâtiments	Pourcentage de la surface vitrée par rapport à la surface du sol
EPSON LEVALLOIS PERRET	12%
EPSON CLICHY	12%

## 2.5.2 L'éclairage artificiel

### 2.5.2.1 EPSON LEVALLOIS PERRET

Le parc d'éclairage artificiel est essentiellement constitué des technologies présentées dans le tableau 17.

Tableau 17: Caractéristiques des systèmes d'éclairage du site EPSON LEVALLOIS PERRET

Types d'éclairage	Puissances unitaires (W)	Quantités	Puissances Totales (W)
Dalle Led (40W)	40	395	15800
Spot Led Petit (6W)	6	76	456
Spot Led rond (22W)	22	156	3432
Tube fluo T8 (58W)	58	3	174
Tube fluo T8 (2*58W)	116	26	3016
Fluo compact (11 W)	11	18	198
Spot Led (11W)	11	24	264
<b>Total</b>		<b>698</b>	<b>23 340</b>

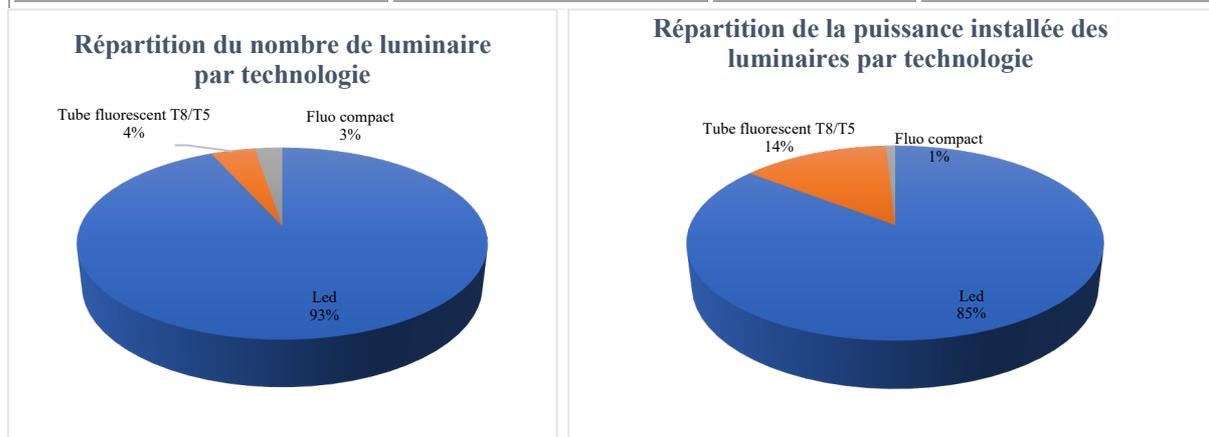


Figure 15: Répartition du nombre total des luminaires par technologie et puissance installée

Le parc des luminaires est majoritairement composé des luminaires LED. En effet, les LED représentent une part importante du nombre de luminaires installés soit environ 93% du nombre total de luminaires contre 4% pour les luminaires de type tubes fluorescents.

La puissance installée des luminaires au mètre carré est environ  $5\text{W/m}^2$ . Cette valeur est plutôt satisfaisante car elle est inférieure à la moyenne soit  $8\text{W/m}^2$  dans les bâtiments tertiaires.[8]

Il est noté une puissance installée de luminaires d'environ **23kW**.

### 2.5.2.2 EPSON CLICHY

Le parc d'éclairage artificiel est essentiellement constitué des technologies présentées dans le tableau 18.

Tableau 18: : Caractéristiques des systèmes d'éclairage du site EPSON CLICHY

Types d'éclairage	Puissances unitaires (W)	Quantités	Puissances Totales (W)
Dalle Led (40W)	40	171	6840
Spot Led (11W)	11	90	990
Spot rond (22W)	22	49	1078
Halogène (60W)	60	9	540
Tube fluo T8 (58W)	58	3	174
Tube fluo T8 (4*18W)	72	4	288
Tube fluo T5(4*15W)	60	18	1080
Tube fluo T5 (2*35W)	70	64	4480
Fluo compact (2*55W)	110	36	3960
<b>Total</b>	-	<b>444</b>	<b>19 430</b>

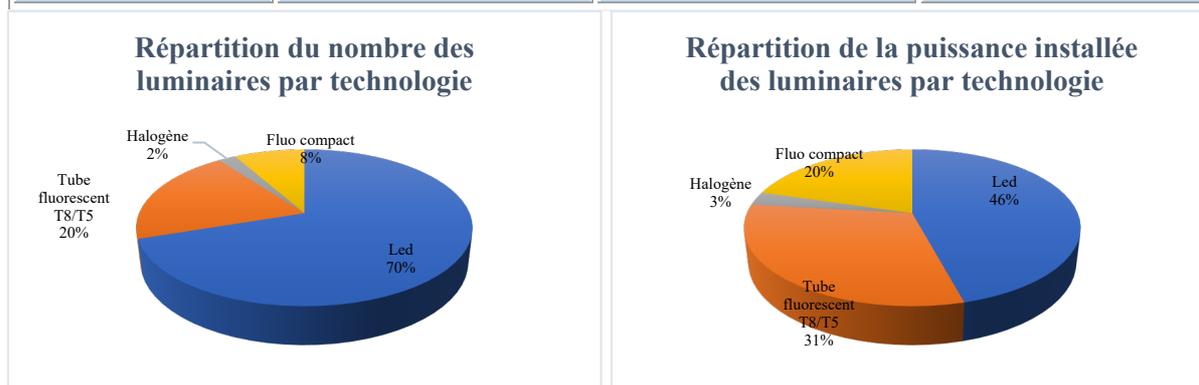


Figure 16: Répartition du nombre total des luminaires par technologie et puissance installée

Sur ce site, le parc des luminaires est majoritairement composé de luminaires LED. En effet, les LED représentent une part importante du nombre de luminaires installés soit environ 70% du nombre total de luminaires.

Toutefois, la puissance installée des luminaires LED représente 46% de la puissance totale des luminaires installées. Donc plus de 50% de la puissance installée des luminaires concernent les technologies consommant le plus d'énergies électriques.

Cette variation est due au fait que les luminaires LED ont des puissances absorbées unitaires inférieures aux technologies tubes fluorescents.

La puissance installée des luminaires au mètre carré est environ  $6 \text{ W/m}^2$ . [8]

Cette valeur est inférieure à la puissance installée moyenne des luminaires dans les bureaux tertiaires mais reste supérieure à la valeur du site de LEVALLOIS PERRET. Il est noté une puissance installée de luminaires d'environ **19kW**.

## 2.6 ÉQUIPEMENTS DIVERS

Hormis les consommations énergétiques liées aux équipements mentionnés dans les paragraphes précédents, d'autres appareils électriques participent également à la consommation énergétique du bâtiment. Parmi ces équipements, on trouve ceux de bureau, de la cuisine, les photocopieuses du showroom et ceux les équipements utilisés pour effectuer des tests sur des produits EPSON.

Le tableau 19 présente les consommations d'énergies obtenues à partir des caractéristiques des équipements, leurs temps de fonctionnements hypothétiques ainsi que de leurs taux de charge :

Tableau 19: Consommation d'énergie électrique des équipements par bâtiment

Bâtiment	Total (MWh)
EPSON LEVALLOIS PERRET	71
EPSON CLICHY	65
<b>TOTAL</b>	<b>136 MWh</b>



Figure 17: Vues de certains équipements divers

## 2.7 SYNTHÈSE GÉNÉRALE DE L'ÉTAT DES LIEUX

Le tableau 20 est une synthèse de l'état des lieux de chaque site audité. Les remarques n'étant pas exhaustives, le lecteur est invité à se référer aux différentes parties de ce rapport pour plus de détails :

Tableau 20: Synthèse générale de l'état des lieux

	Levallois Perret	Clichy	Photographie
<b>Parois verticales</b>	<p>Une faible isolation thermique sur les murs extérieurs.</p> <p>En effet, la résistance thermique des murs extérieurs est inférieure à la valeur minimale prévue par la réglementation en vigueur.</p>	<p>Les murs extérieurs de ce bâtiment possèdent une isolation thermique satisfaisante</p>	 <p>EPSON Clichy</p>
<b>Plancher bas</b>	<p>L'épaisseur de cet isolant est satisfaisante</p>	<p>L'isolant est insuffisant sur cette partie du bâtiment car la résistance thermique totale de cette partie du bâtiment est inférieure à la valeur minimale préconisée par la réglementation la plus récente</p>	 <p>EPSON Levallois Perret</p>
<b>Toitures</b>	<p>La résistance thermique de cette partie du bâtiment est supérieure à celle prévue par la réglementation en vigueur.</p>		 <p>EPSON Clichy</p>
<b>Ouvrants et huisseries</b>	<p>Environ 40% des ouvrants utilisés (type 4/12/4) ne correspondent pas aux standards des constructions actuelles.</p>	<p>Les ouvrants (simple vitrage, 4/10/4 et 4/8/4) utilisés ne correspondent pas aux standards des constructions actuelles.</p>	 <p>EPSON Clichy</p>
<b>Chauffage</b>	<p>Les batteries électriques sont utilisées pour le chauffage des bureaux. Ce mode de chauffage consomme 2 fois plus d'énergie comparé au chauffage à partir des machines thermodynamiques.</p>	<p>6 Unités DRV assurent le chauffage/climatisation du bâtiment. Ce mode de chauffage est avantageux d'un point de vue performance énergétique.</p>	 <p>CTA EPSON Levallois Perret</p>
<b>Climatisation</b>	<p>La présence d'un groupe froid air/eau pour les besoins de rafraîchissement en été.</p>		 <p>DRV EPSON Clichy</p>

<p><b>ECS</b></p>	<p>Chauffe-eaux électriques à accumulation</p>		 <p>ECS</p>
<p><b>Ventilation</b></p>	<p>Centrale de traitement d'air (CTA) double flux à recyclage d'air et des extracteurs d'air dans certaines zones du bâtiment.</p>		 <p>CTA EPSON Clichy</p>
<p><b>Éclairage</b></p>	<p>Environ 85% de la puissance installée des luminaires sont des Led.</p>	<p>Environ 46% de la puissance installée des luminaires sont des Led.</p>	 <p>Luminaire EPSON Levallois Perret</p>

### 3 ANALYSE DE LA CONSOMMATION ÉNERGETIQUE

#### 3.1 CONSOMMATIONS ÉNERGÉTIQUES

La consommation énergétique du site est uniquement électrique. Durant les années 2017, 2018 et 2019, la fourniture du bâtiment en énergie électrique était assurée par **EDF**. Mais depuis le début de l'année 2020 la fourniture d'électricité est plutôt assurée par **Énergie d'ici**.

##### 3.1.1 Description des contrats de fourniture :

Plusieurs compteurs sont présents dans le bâtiment pour mieux évaluer la consommation énergétique du bâtiment.

Tableau 21: Caractéristiques du contrat de fourniture en énergie électrique

Sites	Fournisseur	Type de contrat	Compteurs	Puissance souscrite	Dépassement
EPSON LEVALLOIS PERRET	EDF	Prix non réglementé	Service Généraux	156 kVA	0 €
	EDF	Prix non réglementé	RDC	42 kVA	0 €
	EDF	Prix non réglementé	R+1	36 kVA	0 €

	EDF	Prix non réglementé	R+2	36 kVA	0 €
	EDF	Prix non réglementé	R+3	36 kVA	0 €
	EDF	Prix non réglementé	R+4	36 kVA	0 €
	EDF	Prix non réglementé	R+5	36 kVA	0 €
	EDF	Prix non réglementé	R+6	36 kVA	0 €
EPSON CLICHY	EDF	Prix non réglementé	-	240 kVA	0 €
	EDF	Prix non réglementé	-	78 kVA	0 €

D'après les responsables du site, la puissance souscrite contractuelle est surdimensionnée dans le but de prévoir une certaine marge en cas d'augmentation de l'activité dans le bâtiment.

C'est pourquoi aucune facturation due au dépassement de puissance n'est noté.

Les informations fournies par les responsables du site sur la consommation d'énergie ne nous permettent pas d'illustrer graphiquement l'écart entre la puissance souscrite et la puissance atteinte.

### 3.1.2 Analyse des consommations

#### 3.1.2.1 EPSON LEVALLOIS PERRET

Évolution annuelle de la consommation électrique ainsi que les coûts associés :

Tableau 22: Consommation d'électricité en énergie finale et coûts associés du site EPSON LEVALLOIS PERRET

Année	Consommation électrique EF (MWh)	Variation annuelle de consommation (%)	Ratio (kWh/m <sup>2</sup> )	Coût annuel (€ HTVA)
2017	589	-	132	72 887
2018	570	-3%	128	58 950
2019	593	+4%	133	84 615

La consommation annuelle d'énergie électrique du site reste relativement constante sur la période étudiée. Elle subit une légère variation durant les différentes années (cf. Tableau 22).

Celle-ci peut être engendrée par l'évolution du rythme de fonctionnement et/ou des conditions climatiques extérieures.

La figure 18 présente l'évolution des consommations mensuelles (kWh) sur les trois années étudiées :

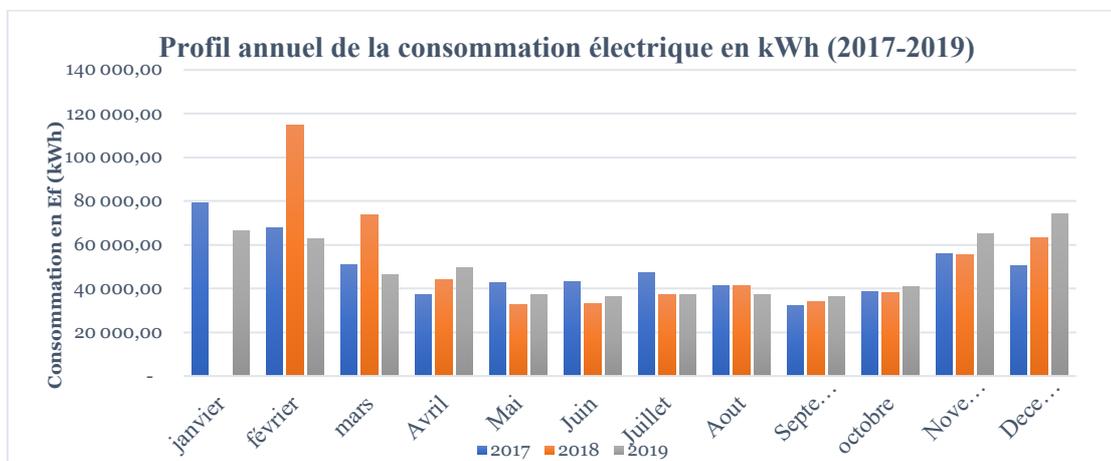


Figure 18 : Profil annuel de la consommation électrique en kWh (2017-2019) du site EPSON LEVALLOIS PERRET

Certains pics de consommations (exemple : février et mars 2018) semblent correspondre à la consommation supplémentaire des mois antérieurs.

### 3.1.2.2 EPSON CLICHY

Évolution annuelle de la consommation électrique ainsi que les coûts associés :

Tableau 23: Consommation d'électricité en énergie finale et coûts associés du site EPSON CLICHY

Année	Consommation électrique EF (MWh)	Variation annuelle de consommation (%)	Ratio (kWhEF/m <sup>2</sup> )	Cout annuel (€ HTVA)
2017	327	-	93	39 851
2018	374	14%	107	40 023
2019	388	+4%	111	52 399

La consommation annuelle d'énergie électrique du site augmente progressivement sur la période étudiée.

En effet, il est observé une variation de 14% entre 2017-2018 et une variation de 4% entre 2018-2019. Soit une augmentation globale de 18% sur la période étudiée. Ces variations de la consommation énergétique peuvent être causées par l'augmentation de l'activité du site comme envisagé par les responsables du site.

La figure 19 montre l'évolution des consommations mensuelles (kWh) sur les trois années étudiées :

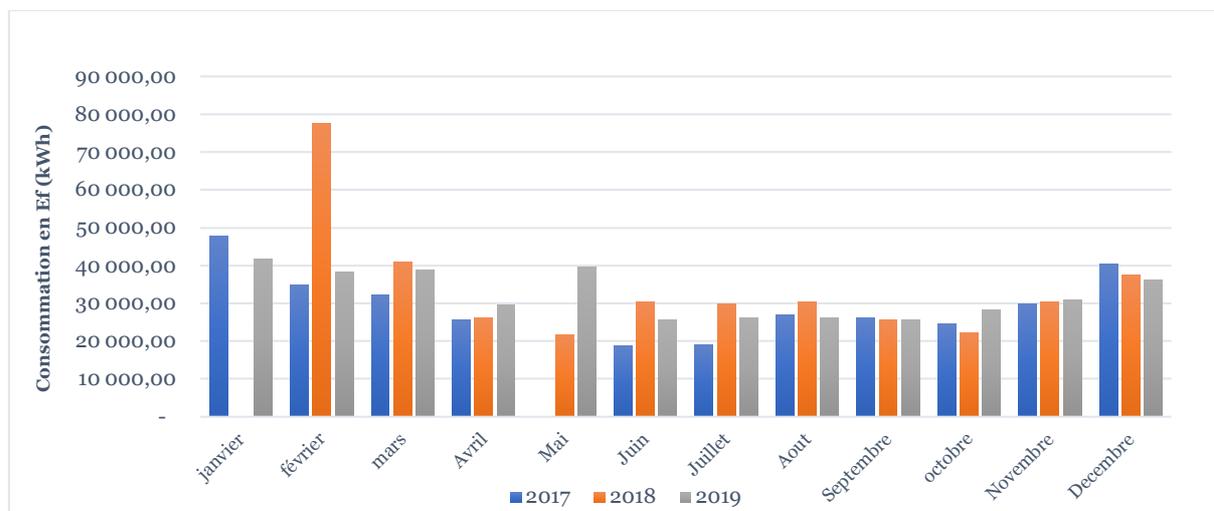


Figure 19 : Profil annuel de la consommation électrique en kWh (2017-2019) du site EPSON CLICHY

Le pic de consommation de février 2018 correspond à l'ajout de la consommation pour le mois antérieur (janvier 2018).

### 3.1.3 Analyse des indicateurs de Performance énergétique (IPE) :

Dans l'objectif de la maîtrise des dépenses énergétiques, il est essentiel de construire des indicateurs qui permettront d'évaluer la performance énergétique et quantifier une baisse ou une hausse des consommations : Indicateurs de performance énergétique (IPE).

L'indicateur de mesure est le kWhEP/m<sup>2</sup>/an pour les bâtiments et exprime la quantité annuelle d'énergie consommée en énergie primaire, rapportée à la surface du bâtiment. [9]

Le tableau 24 résume la consommation énergétique dans les différents bâtiments par mètre carré.

Tableau 24: Indicateurs de performance énergétique des différents sites en 2019

Bâtiments	Surface en m <sup>2</sup>	Consommation énergétique en MWh	Ratio KWhEF/m <sup>2</sup> /an	Ratio kWhEP/m <sup>2</sup> /an
EPSON LEVALLOIS PERRET	4 500	593	133	343
EPSON CLICHY	3 500	388	111	286

Pour déterminer l'indicateur de performance énergétique de ces bâtiments, la consommation globale du bâtiment a été considérée. Raison pour laquelle ces valeurs n'ont pas été comparées sur la figure 20 avec la consommation conventionnelle maximale d'énergie primaire qui se traduit par le coefficient Cepmax prévue par la RT 2012. Car elle porte sur les consommations

de chauffage, de refroidissement, d'éclairage, de production d'eau chaude sanitaire et d'auxiliaires (pompes et ventilateurs). Sa valeur s'élève à 50 kWhEP/m<sup>2</sup>/an.[9]

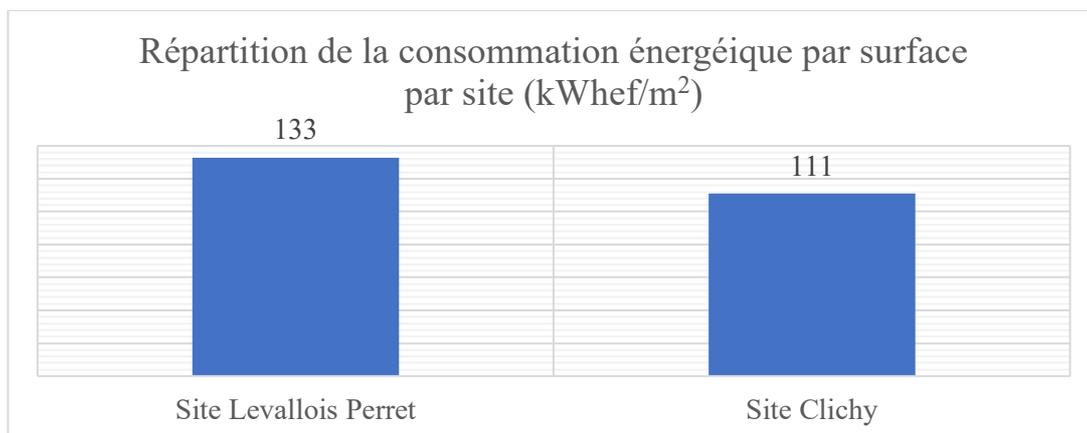


Figure 20 : Comparaison des indicateurs de performance énergétique des différents sites (2019)

La figure 20 permet de comparer les niveaux de consommation énergétique via un indicateur de performance qui est **kWhEF/m<sup>2</sup>**.

D'un point de vue énergétique, il est observé que la consommation énergétique par mètre carré du site de Clichy est plus satisfaisante que celle du site de Levallois Perret. Ceci peut particulièrement être causé par les caractéristiques de l'enveloppe ou le mode de chauffage des différents bâtiments.

## 3.2 RÉPARTITION DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE

### 3.2.1 EPSON LEVALLOIS PERRET

Le tableau 25 récapitule les consommations estimées, réparties selon chaque poste grâce aux analyses théoriques :

Tableau 25: Répartition de la consommation énergétique par usage -Site EPSON LEVALLOIS PERRET

Équipements	Consommation annuelle (kWh)	Pourcentage du total (%)
Chauffage du bâtiment	326 531	53%
Équipements divers	71 734	12%
Renouvellement d'air	13 885	2%
Équipements spécifiques	12 000	2%
Eaux Chaudes Sanitaires	19 439	3%
Éclairage	30 342	5%

Climatisation	86 370	14%
Autres	56 030	9%
<b>Total estimé</b>	<b>616 330</b>	<b>100%</b>
Consommation réelle	592 741	-
<b>Écart entre la consommation estimée et réelle en %</b>	<b>4%</b>	<b>-</b>

Les données de calcul sont disponibles en annexes 3 de ce rapport.

Le tableau 26 décrit les usages des différents postes de la consommation énergétique :

Tableau 26 : Consommation énergétique liée aux différents usages - Site EPSON LEVALLOIS PERRET

Usage	Remarques
Chauffage du bâtiment	Énergie électrique liée au chauffage des bureaux et à la consommation des unités intérieures
Équipements divers	Correspond à la consommation d'énergie des machines informatiques, distributeurs...
Renouvellement d'air	Correspond à la consommation d'énergie de la ventilation, la CTA et des VMC
Équipements spécifiques	Consommation de l'ascenseur
Eaux Chaudes Sanitaires	Consommation électrique des besoins liés à l'utilisation de l'ECS
Éclairage	Consommation des luminaires avec un temps de fonctionnement de 5h par jour environ
Climatisation	Énergie électrique liée à la climatisation estimée grâce aux factures, unités intérieures et circulateurs
Autres	Équipements du showroom et certains équipements consommant l'énergie

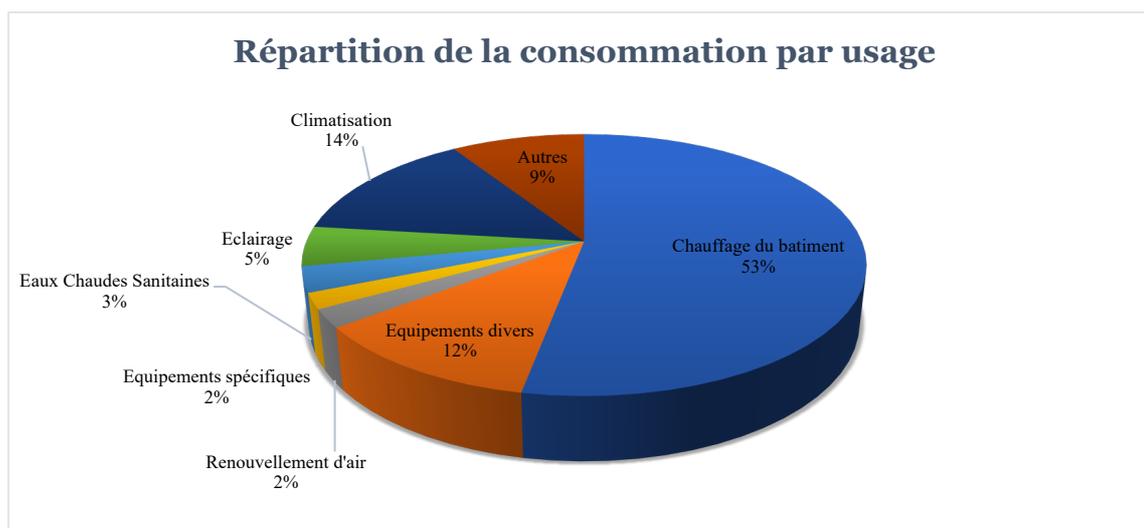


Figure 21 : Répartition de la consommation annuelle énergétique par usage

Les répartitions de consommations ont été réalisées suivant les méthodes suivantes :

- Notation des caractéristiques des équipements (puissance, modèle) et durée de service (éclairage et moteur),
- Observation graphique et comptages spécifiques (factures d'énergie, corrélation puissance/horaire/saisonnalité).
- Échangés entretenus avec les responsables du site

En énergie finale, le chauffage du bâtiment représente clairement le poste consommant le plus d'énergie électrique (53% environ). Il est donc considéré comme l'UES (Usage d'Énergie Significative) principal.

Puis, vient la consommation d'électricité due à la climatisation et enfin les équipements divers (bureautique, cuisine et distributeur). D'une manière générale, les UES principaux constituent les plus gros gisements d'économies d'énergie.

La figure 22 présente les principales déperditions liées au chauffage du bâtiment :

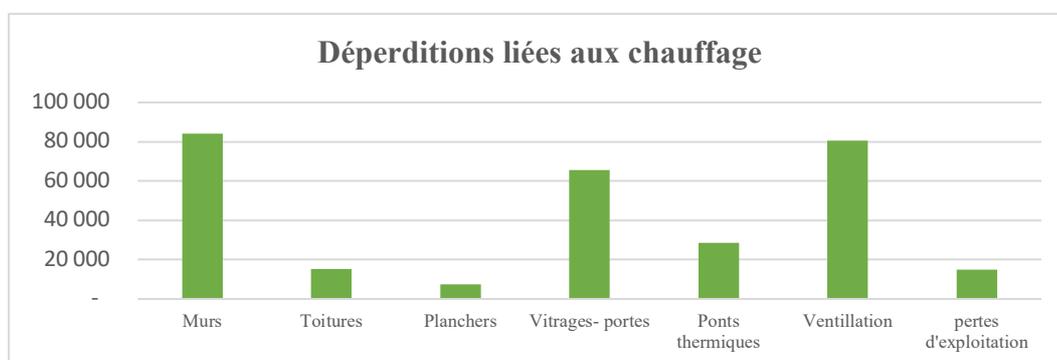


Figure 22 : Déperditions liées au chauffage du sites EPSON LEVALLOIS PERRET

Ce graphe montre que les murs extérieurs et le renouvellement de l'air sont les principales sources de déperditions thermiques liées au chauffage du bâtiment. Les pertes d'exploitations représentent les pertes dues au rendement du mode de chauffage utilisé.

### 3.2.2 EPSON CLICHY

Le tableau 27 récapitule les consommations estimées, réparties selon chaque poste grâce aux analyses théoriques :

Tableau 27: Répartition de la consommation énergétique par usage - Site EPSON CLICHY

Équipements	Consommation annuelle (kWh)	Pourcentage du total (%)
Chauffage du bâtiment	223 246	53%
Équipements divers	26 699	6%
Extracteur d'air	13 026	3%

Équipements spécifiques	37 851	9%
Eaux Chaudes Sanitaires	7 019	2%
Éclairage	35 363	8%
Climatisation	36 673	9%
Autres	37 988	9%
<b>Total estimé</b>	<b>417 864</b>	<b>100%</b>
Consommation réelle	388 109	-
<b>Écart en %</b>	<b>7%</b>	<b>-</b>

**Les données de calcul sont disponibles en annexes 3 de ce rapport.**

Le tableau 28 décrit les usages des différents postes de la consommation énergétique :

Tableau 28: Consommation énergétique liée aux différents usages - Site EPSON CLICHY

Usages	Remarques
Chauffage du bâtiment	Énergie électrique liée au chauffage (Bureau, salle blanche et Surepress) et la consommation des unités intérieures).
Équipements divers	Consommation d'énergie des outils informatiques, distributeurs.
Extracteur d'air	Consommation d'énergie de la CTA et la VMC.
Équipements spécifiques	Consommation des équipements comme : la Surepress, showroom, chambre climatique, ascenseur et autres.
Eaux Chaudes Sanitaires	Consommation électrique des besoins liés à l'utilisation de l'ECS
Éclairage	Consommation électrique des luminaires
Climatisation	Énergie électrique liée à la climatisation durant la période estivale.

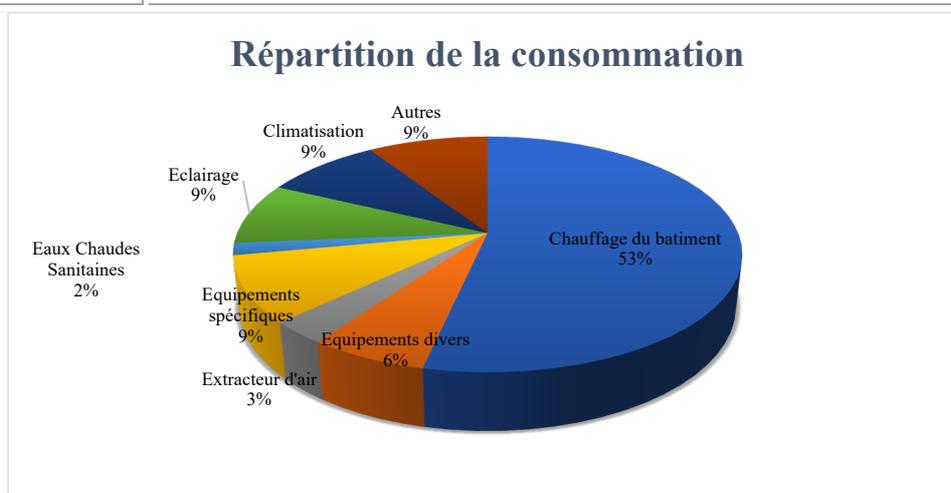


Figure 23 : Répartition de la consommation annuelle par usage - Site EPSON CLICHY.

Les répartitions de consommations ont été réalisées suivant les mêmes méthodes utilisées précédemment pour le site de Levallois Perret.

En énergie finale, le chauffage du bâtiment représente clairement le poste consommant le plus d'énergie électrique (53% environ). Il est donc considéré comme l'UES principal. Puis, viennent les consommations d'électricité dues à la climatisation et aux équipements spécifiques. D'une manière générale, les UES principaux constituent les plus gros gisements d'économies d'énergie.

La figure 24 présente les principales déperditions liées au chauffage du bâtiment :

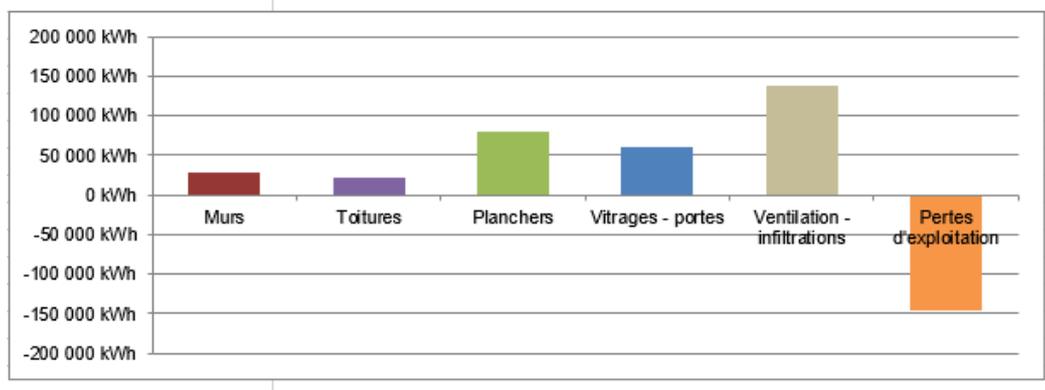


Figure 24 : Déperditions liées au chauffage site EPSON CLICHY

Ce graphe montre que la ventilation et le plancher bas sont les principales sources de déperditions liées au chauffage du bâtiments puis viens les vitrages. Les pertes d'exploitations représentent les gains d'énergies dus aux rendements du mode de chauffage utilisé. En effet, la majorité des générateurs de chauffage/climatisation sont des machines frigorifiques (DRV et PAC).

## 4 PROPOSITIONS D' ACTIONS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE

Les propositions d'actions présentées ci-dessous sont issues des précédentes investigations et reposent sur la base de :

- L'âge, l'état et le mode d'exploitation du bâti,
- Renouvellement de l'existant en utilisant la meilleure technologie disponible sur le marché,
- Paramètres simulés.

Pour chaque solution technique, il sera mis en avant :

- Une description détaillée de l'action,
- Le gain potentiel en € HT, en kWhEF, et en équivalent CO<sub>2</sub> évité (Tonne éq CO<sub>2</sub>),
- Les temps de retour actualisés,
- Une fourchette indicative des coûts initiaux d'investissement,
- Les études complémentaires à prévoir (faisabilité par exemple),
- Les aides financières potentielles et/ou les organismes d'aide à l'investissement/garanties, dont les certificats d'économies d'énergie appelés CEE.

### 4.1 HYPOTHÈSES RETENUES

La réalisation de préconisations, et surtout la quantification des gains, des coûts et des temps de retour sont liés aux hypothèses explicitées ci-dessous :

#### Aides au financement :

Qu'il s'agisse d'une installation utilisant une énergie renouvelable, d'un projet pilote, d'une rénovation ou d'une construction basse consommation, il existe des dispositifs financiers permettant de financer l'investissement.

Une liste non exhaustive des dispositifs financiers qui existent dans le cadre de travaux/actions visant à améliorer les performances énergétiques est donnée ci-après :

Certificats d'Économie d'Énergie (CEE),[10]

Aides au financement des installations des systèmes d'énergie renouvelable.

Les dispositifs financiers listés ci-avant sont valables au moment de la rédaction du présent rapport mais peuvent changer au moment de la réalisation des actions. Il est donc important de vérifier les critères d'éligibilité pour chaque projet lors du lancement des études.

#### Calcul des émissions de gaz à effet de serre :

Chaque énergie produite à partir de matière première fossile émet des gaz à effet de serre. Ainsi un facteur d'émission de gaz à effet de serre, permettant d'extraire la quantité de gaz à effet de serre émise par chaque énergie, a été déterminé. Son unité est le kg équivalent CO<sub>2</sub> (ou la tonne équivalent CO<sub>2</sub>).

#### Calcul des temps de retour - TRA :

Le temps de retour actualisé se calcule sur la base de l'investissement initial. Ce dernier est calculé selon le référentiel 2020 des prix (les prix et délais) et, lorsque cela est possible, ils sont issus de devis de travaux réalisés sur des opérations similaires. La méthode référentielle de prix prend en compte le coût d'achat HT des fournitures majoré de 10 % (marge de l'entreprise), additionné du coût des travaux.

Pour chaque préconisation il sera proposé un temps de retour sur investissement actualisé avec un taux de 4,5%.

#### Certificat d'économie d'énergie (CEE)

La mesure proposée repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée par les Pouvoirs Publics sur une période donnée, aux vendeurs d'énergie (électricité, gaz, chaleur / froid et fioul domestique). Ceux-ci ont la liberté de choisir la manière dont ils réaliseront ces économies. Une des voies possibles est le rachat d'économies d'énergies réalisées par un tiers sous forme de Certificats d'Économies d'Énergie et quantifié en kWh CumAc (cumulé sur la durée de vie du produit et actualisé à 4 % par an). Il a donc été pris en compte dans cette étude une valeur de 0,88 cts € par kWh Cumac.

## 4.1.1 EPSON LEVALLOIS PERRET

### 4.1.1.1 Comptage de l'énergie

La mise en place d'équipements de comptage a pour objectif de guider le client dans la réalisation des économies d'énergie. Ils apportent des atouts, tel qu'un meilleur suivi et pilotage du bâtiment.

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
1	Comptage et suivi de l'énergie	Groupe froid et Local CTA
<b>Description</b>		
<p>L'évaluation des consommations et la détermination des Usages Énergétique Significatifs (UES) sont des prémices à la performance énergétique. Cependant, afin de suivre cette performance et d'en connaître l'évolution, il est nécessaire de mettre en place des <b>outils d'évaluation</b>.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;"><i>Figure 25 : Aperçu d'un tableau de bord de l'outil de suivi énergétique</i></p> <p>Les indicateurs de performance énergétique (IPE) de référence permettent de suivre l'efficacité énergétique des usages.</p> <p>Pour le site, un premier plan de comptage concentré sur les postes stratégiques est proposé. Il s'agit de mettre en place essentiellement des sous-compteurs électriques sur les UES identifiés :</p> <p>Groupe froid, Local CTA,</p> <p>En plus des points de comptage proposés, des fonctionnalités comme l'analyse automatique des factures de fournisseurs ainsi que l'affichage des puissances appelées 10 minutes sont inclus dans l'investissement estimé.</p>		
<b>Hypothèses</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 sous-compteurs électriques à installer,</li> </ul>		

- 2 sondes de relevés de données (exemple : sonde impulsionnelles) à installer,
- 1 concentrateurs de données à mettre en place

**Nota** : L'investissement estimé pour la mise en place des compteurs (+fourniture) ainsi que la mise à disposition d'une plateforme de suivi énergétique est environ de **4 400€ HT**.

#### 4.1.1.2 Enveloppe

Dans l'objectif de réduire la consommation d'énergie et les impacts environnementaux, il serait pertinent d'ajouter une épaisseur d'isolant thermique sur des murs peu isolés à l'intérieur.

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)		
2	<b>Amélioration de la performance thermique de l'enveloppe</b>	Bureau		
<b>Description</b>				
<p>Certaines parois verticales de la zone chauffée possèdent une faible épaisseur d'isolant thermique. Ceci engendre des déperditions thermiques non négligeables sur une année. L'isolation par l'intérieur (ITI) présente l'avantage d'un coût à l'investissement moindre qu'une isolation par l'extérieur mais peut poser des contraintes en termes de place disponible dans le bâtiment.</p>				
<b>Hypothèses</b>				
<p>Ci-dessous les données prises en compte pour la simulation des gains sur la consommation énergétique :</p>				
<b>Zone</b>	<b>Surface (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nouvelle résistance thermique après isolation (m<sup>2</sup>.K/W)</b>	<b>Nature de l'isolant</b>	<b>Épaisseur d'isolant</b>
Bureau	1 400 m <sup>2</sup>	4,1	Laine minérale par l'intérieur (ITI)	15 cm
Les gains d'énergies ont été déterminés par simulation thermique.				
<b>Interactions potentielles avec</b>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Remplacement du mode de chauffage par une PAC air/eau ;</li> <li>- Installation des DRV pour le chauffage et la climatisation des bâtiments.</li> </ul>				

Gain en € HT par an	4 500 €
Prix du kWh HT économisé actuel	0,13 €
Gain en kWh <sub>ep</sub> / an	89 600 kWh <sub>ep</sub>
Quantité d'équivalent CO <sub>2</sub> évité / an	6,3 T éq CO <sub>2</sub>
Investissement initial HT	154 700 €
Études complémentaires à prévoir	Devis d'entreprise
Certificats d'économie d'énergie (CEE)	3 094 200 kWh Cumac
TRA en années (4,5%) sans CEE	20 ans
TRA en années (4,5%) avec CEE	18 ans

#### 4.1.1.3 Chauffage/Climatisation et ventilation

Actuellement, le chauffage des bureaux est assuré par un mode de chauffage électrique. Il peut être pertinent de remplacer ce mode de chauffage par une technologie pompe à chaleur car les pompes à chaleurs présentent un meilleur rendement comparé au chauffage à l'aide des batteries électriques.

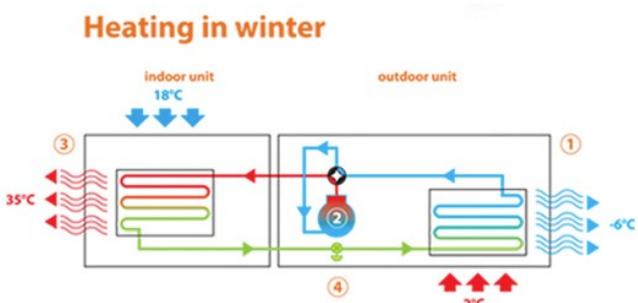
N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
3	<b>Remplacement du mode de chauffage par une PAC air/eau</b>	Bureau
<b>Description</b>		
<p>Le mode de chauffage électrique reste moins cher à l'achat, mais plus cher à l'usage alors qu'une pompe à chaleur est chère à l'achat et moins cher à l'usage.</p> <p>En effet, l'installation d'une pompe à chaleur devient rentable à long terme car les PAC ont un rendement de chauffage élevés par rapport aux batteries électriques. Ainsi la facturation d'énergie électrique du chauffage diminue.</p>		
 <p style="text-align: center;"><b>Heating in winter</b></p>		

Figure 26 : Circuit d'une PAC

Ainsi, nous proposons l'installation d'une pompe à chaleur air/eau pour le chauffage des bâtiments. Ce système a une puissance de chauffage d'environ 200 kW.

**Les gains d'énergies ont été déterminés par simulation thermique.**

#### Hypothèses

- Remplacer le mode chauffage par une PAC air/eau,
- Installation d'une PAC de 200 kW puissance calorifique,
- Le Rendement des équipements de chauffages évolue de 95% à 180%

#### Interactions potentielles avec

- Amélioration de la performance thermique de l'enveloppe thermique,
- Automatisation du système de récupération de chaleur de la CTA.

Gain en € HT par an	18 200 €
Prix du kWh HT économisé actuel	0,13 €
Gain en kWh <sub>ep</sub> / an	360 900 kWh <sub>ep</sub>
Quantité d'équivalent CO <sub>2</sub> évité / an	25,18 T éq CO <sub>2</sub>
Investissement initial HT	139 000 €
Études complémentaires à prévoir	Devis d'entreprise
Certificats d'économie d'énergie (CEE)	2 538 000 kWh Cumac
TRA en années (4,5%) sans CEE	6,5 ans
TRA en années (4,5%) avec CEE	5,5 ans

Actuellement, le chauffage des bureaux est assuré par un mode de chauffage électrique. Il peut être pertinent de remplacer ce mode de chauffage par un système DRV (Débit de Réfrigérant Variable), qui permet de chauffer et/ou refroidir un bâtiment en faisant circuler un fluide frigorigène.

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
4	<b>Installation des DRV pour le chauffage et la climatisation des bâtiments</b>	Bureau
<b>Description</b>		

Un système DRV se traduit généralement par la présence d'un détendeur et d'un évaporateur au niveau de chaque unité intérieure. En fonction des besoins, le détendeur va moduler le débit du fluide frigorigène.

Ce système fonctionne suivant le principe d'un cycle frigorifique ce qui lui permet d'avoir un meilleur rendement comparé au mode de chauffage électrique.

En effet, l'installation d'un DRV devient rentable à long terme car ils ont un rendement (COP) de chauffage élevé par rapport aux batteries électriques. Ainsi la facturation d'énergie électrique due au chauffage diminue.

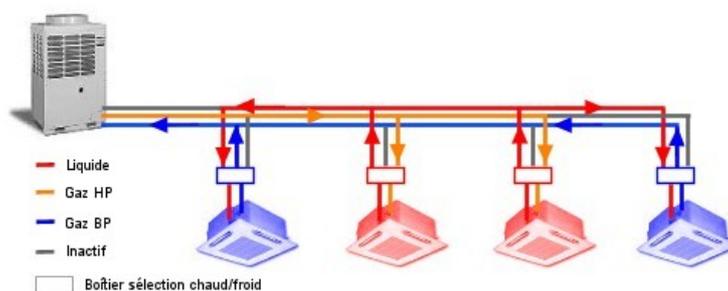


Figure 27 : principe de fonctionnement d'une DRV 3 tubes

Il est proposé d'installer 3 DRV pour le chauffage/climatisation des bâtiments. Puissance frigorifique nominale 45 kW et puissance calorifique nominale 50 kW.

L'avantage d'un DRV est principalement lié à sa capacité de chauffer et refroidir simultanément. Ainsi il sera donc possible de refroidir et chauffer simultanément certaine pièce en été.[11]

**Les gains d'énergies ont été déterminés par simulation thermique.**

### Hypothèses

- Remplacer le mode chauffage par des DRV,
- Installation de 3 DRV avec des puissances calorifiques unitaires des 50kW,
- Le Rendement des équipements de chauffages évolue de 95% à 200%.

### Interactions potentielles avec

- Amélioration de la performance thermique de l'enveloppe thermique,
- Automatisation du système de récupération de chaleur de la CTA.

Gain en € HT par an	20 200 €
Prix du kWh HT économisé actuel	0,13 €
Gain en kWh <sub>ep</sub> / an	401 200 kWh <sub>ep</sub>

Quantité d'équivalent CO <sub>2</sub> évité / an	28 T éq CO <sub>2</sub>
Investissement initial HT	120 600€
Études complémentaires à prévoir	Devis d'entreprise
Certificats d'économie d'énergie (CEE)	-
TRA en années (4,5%) sans CEE	5,5 ans
TRA en années (4,5%) avec CEE	5,5 ans

Pendant les échanges entretenus avec les responsables du site, il a été noté que le groupe froid fonctionne durant la période hivernale car les salles de réunions peuvent avoir des besoins de rafraîchissement.

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
5	<b>Installation des PAC multi-split pour les besoins ponctuels de rafraîchissement</b>	Salle de réunion LEVALLOIS
<b>Description</b>		
<p>L'inconvénient majeur de ce mode de fonctionnement est surtout lié au fonctionnement continu de l'installation y compris les circulateurs du circuit primaire qui ont une puissance totale de 11 kW.</p> <p>Ainsi, il est proposé l'installation d'une pompe à chaleur multi-split par niveau pour satisfaire les besoins de rafraîchissement durant cette période.</p>		
		
<p>Figure 28 : PAC multi-split</p>		
<p><b>Les gains d'énergies ont été déterminés par calcul thermique.</b></p>		
<b>Hypothèses</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installation de 6 PAC multi-split avec des puissances frigorifiques de 4kW chacun,</li> <li>- Installation de 13 unités intérieures,</li> <li>- SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio) : 3</li> </ul>		
<b>Interactions potentielles avec</b>		

- Amélioration de la performance thermique de l'enveloppe thermique
- Mise en place d'un variateur de vitesse sur le circulateur du Groupe froid

<b>Gain en € HT par an</b>	4 200 €
<b>Prix du kWh HT économisé actuel</b>	0,13 €
<b>Gain en kWh<sub>ep</sub> / an</b>	83 700 kWh <sub>ep</sub>
<b>Quantité d'équivalent CO<sub>2</sub> évité / an</b>	1,9 T <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub>
<b>Investissement initial HT</b>	21 300 €
<b>Études complémentaires à prévoir</b>	Devis d'entreprise
<b>Certificats d'économie d'énergie (CEE)</b>	0 kWh Cumac
<b>TRA en années (4,5%) sans CEE</b>	4,5 ans
<b>TRA en années (4,5%) avec CEE</b>	4,5 ans

Actuellement les moteurs des circulateurs du groupe froid sont à démarrage direct et fonctionnent à une vitesse de rotation fixe.

Afin d'ajuster la production de froid (donc la consommation énergétique) aux besoins réels, une variation de vitesse asservie sur les paramètres influents (vitesse du fluide) est intéressante.

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
6	<b>Mise en place d'un variateur de vitesse sur le circulateur du Groupe froid</b>	Local groupe froid LEVALLOIS Perret
<b>Description</b>		
<p>Les VEV (Variation Électronique de Vitesse) offrent plusieurs avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Démarrage progressif des moteurs évitant les pics de puissance,</li> <li>○ Évite l'usure prématurée des équipements (nombre de démarrages optimisé, limitation des surintensités, etc...),</li> <li>○ Garde un point de fonctionnement avec un rendement optimal quel que soit la charge.</li> </ul> <p>Il s'agit de mettre en place un variateur de vitesse qui va ajuster progressivement la vitesse de rotation du circulateur en fonction des besoins en froid.</p>		
<b>Hypothèses</b>		

- Les circulateurs adaptent leur vitesse de rotation en fonction des besoins en froid
- Gain potentiel : 40%,

<b>Gain en € HT par an</b>	2 500 €
<b>Prix du kWh HT économisé actuel</b>	0,13 €
<b>Gain en kWhep/ an</b>	49 700 kWh <sub>ep</sub>
<b>Quantité d'équivalent CO<sub>2</sub> évité / an</b>	1,1 T <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub>
<b>Investissement initial HT</b>	2 000 €
<b>Études complémentaires à prévoir</b>	Devis d'entreprise
<b>Certificats d'économie d'énergie (CEE)</b>	5 445 kWh Cumac
<b>TRA avec un taux 4,5% (sans/avec CEE)</b>	1 ans
<b>TRA en années (4,5%) avec CEE</b>	< 1 ans

L'échangeur thermique peut être à l'origine des surconsommations énergétique. En effet, c'est le cas lorsque la température de l'air extérieur est plus fraîche que celle de l'air extrait.

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
7	<b>Automatisation du système de récupération de chaleur de la CTA</b>	Local CTA LEVALLOIS
<b>Description</b>		
<p>L'avantage d'une CTA double flux à récupération de chaleur réside dans la valorisation des calories contenues dans le flux d'air sortant.</p> <p>C'est pourquoi, il serait énergétiquement intéressant d'asservir le fonctionnement du circuit intermédiaire aux températures extérieure et intérieure.</p>		
<b>Hypothèses</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 60% du temps en été durant les mois de juin et aout, la récupération de chaleur doit être en arrêt.</li> </ul>		
<b>Interactions potentielles avec</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amélioration de la performance thermique de l'enveloppe thermique</li> </ul>		

<b>Gain en € HT par an</b>	600 €
<b>Prix du kWh HT économisé actuel</b>	0,13 €

<b>Gain en kWhep / an</b>	<i>12 600 kWhep</i>
<b>Quantité d'équivalent CO<sub>2</sub> évité / an</b>	<i>0,9 T éq CO<sub>2</sub></i>
<b>Investissement initial HT</b>	<i>2 000 €</i>
<b>Études complémentaires à prévoir</b>	<i>Devis d'entreprise</i>
<b>TRA avec un taux 4,5% (sans CEE)</b>	<i>3 ans</i>

Dans le souci de résoudre les besoins spontanés de rafraîchissement dans les salles de réunion en hivers, il est proposé d'installer des caissons d'extractions d'air à vitesse variable.

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Zone(s) concernée(s)</b>
8	<b>Installation des caissons d'extraction d'air pour les besoins de froid en hivers</b>	Salle de réunion LEVALLOIS
<b>Description</b>		
<p>Ainsi, le taux de renouvellement d'air des salles de réunion pourra être automatiquement modulé dans ces salles.</p> <p>Pour ce faire, il sera pertinent d'installer des caissons de ventilation d'air à vitesses variables qui seront asservis par des détecteurs de CO<sub>2</sub> dans les différentes salles de réunion.</p>		
<b>Hypothèses</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installation de deux caissons de 6 000 m<sup>3</sup>/h</li> <li>- Installation de 13 bouches de soufflages et 13 sondes de CO<sub>2</sub></li> <li>- Gain potentiel : Arrêt du groupe froid et ses circulateurs en hivers</li> </ul>		

<b>Gain en € HT par an</b>	<i>4 200 €</i>
<b>Prix du kWh HT économisé actuel</b>	<i>0,13 €</i>
<b>Gain en kWhep/ an</b>	<i>83 700 kWhep</i>
<b>Quantité d'équivalent CO<sub>2</sub> évité / an</b>	<i>1,9 T éq CO<sub>2</sub></i>
<b>Investissement initial HT</b>	<i>32 800 €</i>
<b>Études complémentaires à prévoir</b>	<i>Devis d'entreprise</i>
<b>TRA en années (4,5%) sans CEE</b>	<i>7 ans</i>

#### 4.1.1.4 Éclairage

Cette solution n'a pas été étudiée parce que la puissance installée des luminaires LED représentent plus de 90% de la puissance des luminaires du site. En plus, la mise en marche et/ou en arrêt des luminaires peut se faire à partir de la GTB installée dans ce bâtiment.

#### 4.1.1.5 Bois énergie

Le site ne bénéficie pas d'un espace suffisant pour la mise en place de cette solution.

#### 4.1.1.6 Solaire thermique

Les faibles usages en ECS ne justifient pas l'investissement dans une centrale solaire thermique.

#### 4.1.1.7 Solaire photovoltaïque

La configuration de la toiture n'offre pas d'emplacement idéal pour la mise en place d'une centrale photovoltaïque. Car sa forme et sa structure métallique ne conviennent pour l'installation d'un champ PV.

### 4.1.2 EPSON CLICHY

#### 4.1.2.1 Comptage de l'énergie

**La mise en place d'équipements de comptage** a pour objectif de guider la société dans la réalisation des **économies d'énergie**. Ils n'entraînent pas uniquement la réduction des dépenses énergétiques, ils apportent des **atouts complémentaires, tel que de meilleurs suivi et pilotage des installations ou des bâtiments**. Les indicateurs de performance énergétique (IPE) de référence permettent de suivre l'efficacité énergétique des usages.

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
1	<b>Comptage et suivi de l'énergie</b>	Tout le site
<b>Description</b>		
<p>L'évaluation des consommations et la détermination des Usages Énergétique Significatifs (UES) sont des prémices à la performance énergétique. Cependant, afin de suivre cette performance et d'en connaître l'évolution, il est nécessaire de mettre en place des <b>outils d'évaluation</b>.</p> <p>Pour le site, un premier plan de comptage concentré sur les postes stratégiques est proposé. Il s'agit de mettre en place essentiellement des sous-compteurs électriques sur les UES identifiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 pour les équipements du Showroom,</li> <li>- 1 pour la salle surpress,</li> <li>- 1 pour le local CTA,</li> </ul>		

- 1 pour le réseau d'éclairage,
- 3 pour les systèmes DRV.

En plus des points de comptage proposés, des fonctionnalités comme l'analyse automatique des factures de fournisseurs ainsi que l'affichage des puissances appelées 10 minutes sont inclus dans l'investissement estimé.

#### Hypothèses

- 5 sous-compteurs électriques à mettre en place,
- 5 sondes impulsionnelles à mettre en place,
- 1 concentrateurs de données (de type Gateway) à mettre en place

#### Interactions potentielles avec

-

L'investissement estimé pour la mise en place des compteurs (+fourniture) ainsi que la mise à disposition d'une plateforme de suivi énergétique est environ **9 200 € HT**.

#### 4.1.2.2 Enveloppe

L'épaisseur de l'isolant thermique au niveau du plancher bas donnant sur le parking est insuffisante (5cm environ).

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
2	<b>Isolation du plancher bas</b>	Bureau

#### Description

Dans l'objectif de limiter les déperditions thermiques à ce niveau, la mise en place d'une couche supplémentaire d'isolant projeté en sous-face est proposée.

Une épaisseur supplémentaire d'environ **15 cm** d'isolant en laine minérale pourrait être déposée/projetée. L'objectif serait d'atteindre une résistance thermique satisfaisante, soit de plus de **5,3 (m².K) /W**.



Figure 29 : Technique de flochage

Hypothèses	
Le plancher bas chauffé est doté de 5cm d'isolant en laine minérale, Surface à isoler : <b>1900 m<sup>2</sup></b> Nouvelle résistance thermique : <b>R= 5,3 (m<sup>2</sup>.K) /W</b>	
Interactions potentielles avec	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Optimisation du temps de fonctionnement du système de renouvellement d'air du bâtiment,</li> <li>- Remplacement des menuiseries.</li> </ul>	

<b>Gain en € HT par an</b>	<i>31 400 €</i>
<b>Prix du kWh HT économisé actuel</b>	<i>0,14 €</i>
<b>Gain en kWh<sub>ep</sub>* / an</b>	<i>81 100 kWh<sub>ep</sub></i>
<b>Quantité d'équivalent CO<sub>2</sub> évité / an</b>	<i>5,7 T éq CO<sub>2</sub></i>
<b>Investissement initial HT</b>	<i>133 000 €</i>
<b>Études complémentaires à prévoir</b>	<i>Devis d'entreprise</i>
<b>Certificats d'économie d'énergie (CEE)*</b>	<i>4 104 000 kWh Cumac</i>
<b>TRA en années (4,5%) sans CEE</b>	<i>19,5 ans</i>
<b>TRA en années (4,5%) avec CEE</b>	<i>16 ans</i>

Remplacement des menuiseries de type Simple vitrage et des double vitrage 4/8/4 par des doubles vitrages épais de type 4/16/4 en bois à basse émissivité.

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
3	<b>Remplacement des menuiseries de type Simple vitrage et des double vitrage 4/8/4 par des doubles vitrages épais de type 4/16/4 en bois à basse émissivité</b>	Bureau
Description		

Le coefficient de transmission U diminue jusqu'à 1,6 W/(m<sup>2</sup>.K), soit de plus de 60%, apportant une meilleure isolation thermique de l'enveloppe.

Le confort estival est également amélioré [12] puisque le vitrage comporte une couche diminuant le pourcentage d'énergie solaire transmises à l'intérieur. De plus, le caractère « faible émissivité » de cette même couche renforce l'isolation thermique des vitrages.

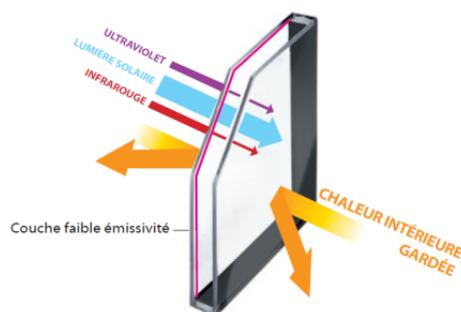


Figure 30 : Schéma de principe du fonctionnement d'un double vitrage à basse émissivité

### Hypothèses

- Surface de vitrage à remplacer : **≈330 m<sup>2</sup>**
- Le cadre en bois compatible avec les contraintes structurelles du bâtiment
- Nouvelle valeur du coefficient de transmission des vitrages 1,6 W/(m<sup>2</sup>.K),
- Gains énergétiques déterminé par simulation thermique.

### Interactions potentielles avec

- Isolation du plancher bas,
- Optimisation du temps de fonctionnement du système de renouvellement d'air du bâtiment

Gain en € HT par an	3 000 €
Prix du kWh HT économisé actuel	0,14 €
Gain en kWh <sub>ep</sub> / an	56 000 kWh <sub>ep</sub>
Quantité d'équivalent CO <sub>2</sub> évité / an	3,9 T <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub>
Investissement initial HT	165 000 €
Études complémentaires à prévoir	Devis d'entreprise
Certificats d'économie d'énergie (CEE)	693 000 kWh Cumac
TRA en années (4,5%) sans CEE	28 ans
TRA en années (4,5%) avec CEE	27,5 ans

### 4.1.2.3 Chauffage/climatisation et ventilation

Durant la période estivale, il existe des moments où l'air sortant est plus chaud que l'air entrant et ceci augmente les déperditions dues au renouvellement d'air.

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
4	<b>Automatisation du système de récupération de chaleur de la CTA</b>	CTA

#### Description

L'avantage d'une CTA double flux à récupération de chaleur est que les calories de l'air sortant de la CTA sont récupérées par l'air entrant dans la CTA.

C'est pourquoi il est nécessaire de mettre en place un programme permettant d'arrêter la récupération de chaleur entre l'air entrant et l'air sortant pendant ces moments.

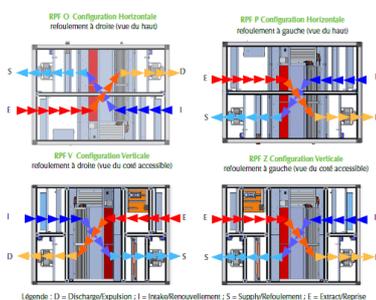


Figure 31 : Récupération de chaleur CTA

#### Hypothèses

- 60% du temps en été durant les mois de juin et août, la récupération de chaleur doit être en arrêt.

#### Interactions potentielles avec

- Optimisation du temps de fonctionnement du système de renouvellement d'air du bâtiment,

<b>Gain en € HT par an</b>	1 000 €
<b>Prix du kWh HT économisé actuel</b>	0,14 €
<b>Gain en kWh<sub>ep</sub> / an</b>	18 400 kWh <sub>ep</sub>
<b>Quantité d'équivalent CO<sub>2</sub> évité / an</b>	1,3 T éq CO <sub>2</sub>
<b>Investissement initial HT</b>	1 500 €
<b>Études complémentaires à prévoir</b>	Devis d'entreprise

TRA avec un taux 4,5% (sans CEE)	1,5 ans
----------------------------------	---------

Le débit de ventilation étant déterminé en fonction du nombre d'occupants, il paraît judicieux de moduler le débit en fonction de l'occupation des locaux et réaliser des économies d'énergies.

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
5	<b>Optimisation du temps de fonctionnement du système de renouvellement d'air du bâtiment</b>	CTA LEVALLOIS
<b>Description</b>		
<p>Durant la visite de terrain, il a été remarqué que le taux de renouvellement d'air du bâtiment est constant durant toute la période d'occupation du bâtiment.</p> <p>Ainsi, nous proposons la réduction du débit d'extraction d'air dans le bâtiment durant les heures d'inoccupation.</p>		
<b>Hypothèses</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Installation des extracteurs d'air à vitesses variables,</li> <li>- Le taux de charge des équipements durant les horaires d'inoccupation est de 40% environ.</li> </ul>		

Gain en € HT par an	300 €
Prix du kWh HT économisé actuel	0,14 €
Gain en kWh <sub>ep</sub> / an	6 000 kWh <sub>ep</sub>
Quantité d'équivalent CO <sub>2</sub> évité / an	0,4 T éq CO <sub>2</sub>
Investissement initial HT	2 300 €
Études complémentaires à prévoir	Devis d'entreprise
TRA avec un taux 4,5% (sans CEE)	6 ans

#### 4.1.2.4 Équipements

Il nous semble pertinent de mettre des programmeurs horaires sur les différentes prises dans le but d'arrêter ces équipements durant les heures d'inoccupation.[13]

Les avantages de ce dispositif sont nombreux :

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
----	-------	----------------------

6	<b>Coupure des équipements informatiques (imprimantes/PC) pendant le weekend</b>	Bureau LEVALLOIS
<b>Description</b>		
<p>La consommation des équipements divers et des équipements spécifiques représente environ 15% de la consommation du site. Soit une part non négligeable de la consommation du bâtiment.</p> <p>Il nous semble pertinent de mettre des programmeurs horaires sur les différentes prises dans le but d'arrêter ces équipements durant les heures d'inoccupation.[13]</p> <p>Les avantages de ce dispositif sont nombreux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La pose d'une prise électrique programmable ne nécessite pas de travaux d'électricité complexes.</li> <li>• Cette prise permet de programmer le démarrage ou l'arrêt de n'importe quel appareil électrique.</li> <li>• Elle vous permet de bénéficier du tarif heures creuses pour les appareils électriques les plus gourmands en énergie (imprimantes 3D et équipements du showroom).</li> <li>• Elle permet de rendre n'importe quel appareil électrique programmable.</li> </ul>		
<b>Hypothèses</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- 20% de gain sur la consommation énergétique,</li> <li>- 155 équipements concernés (équipements informatiques et showroom),</li> <li>- 52 programmeurs installés en raison de 1 programmeur pour 3 équipements.</li> </ul>		

<b>Gain en € HT par an</b>	<i>600 €</i>
<b>Prix du kWh HT économisé actuel</b>	<i>0,14 €</i>
<b>Gain en kWhep/ an</b>	<i>11 000 kWhep</i>
<b>Quantité d'équivalent CO<sub>2</sub> évité / an</b>	<i>0,3 T éq CO<sub>2</sub></i>
<b>Investissement initial HT</b>	<i>800 €</i>
<b>Études complémentaires à prévoir</b>	<i>Devis d'entreprise</i>
<b>TRA avec un taux 4,5% (sans CEE)</b>	<i>1,5 ans</i>

#### 4.1.2.5 Éclairage

Remplacement des luminaires énergivores par une technologie LED et Optimisation du temps de fonctionnement des luminaires.

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)								
7	<b>Remplacement des luminaires énergivores par une technologie LED et Optimisation du temps de fonctionnement des luminaires</b>	Tout le site								
<b>Description</b>										
<p>Il est proposé de remplacer les 89 luminaires fluorescents de type T8/T5, les 36 fluo compact et les 9 luminaires à halogène par des LED avec des puissances d'éclairage équivalentes. Ces Led seront commandés par des minuteries ou des détecteurs de présence en fonction des zones où ils seront installés.</p> <p>Car pour une même puissance d'éclairage, les LED ont une puissance absorbée plus faible donc consomment moins d'énergie électrique. De plus, la durée de vie des luminaires LED est largement supérieure à celle des ampoules à halogènes ou fluorescentes.</p> <table border="1" data-bbox="236 938 1401 1160"> <thead> <tr> <th data-bbox="236 938 818 994">Technologies</th> <th data-bbox="818 938 1401 994">Durée de vie moyenne</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="236 994 818 1050">Lampe à halogène</td> <td data-bbox="818 994 1401 1050">2 000 h – 3 000 h</td> </tr> <tr> <td data-bbox="236 1050 818 1106">Lampe fluorescente</td> <td data-bbox="818 1050 1401 1106">6 000 h – 15 000 h</td> </tr> <tr> <td data-bbox="236 1106 818 1160">Lampe à LED</td> <td data-bbox="818 1106 1401 1160">50 000 h – 100 000 h</td> </tr> </tbody> </table> <p>Enfin, les LED sont adaptées pour un fonctionnement avec un allumage répétitif comme des points lumineux asservis sur détecteur de présence.[14]</p>			Technologies	Durée de vie moyenne	Lampe à halogène	2 000 h – 3 000 h	Lampe fluorescente	6 000 h – 15 000 h	Lampe à LED	50 000 h – 100 000 h
Technologies	Durée de vie moyenne									
Lampe à halogène	2 000 h – 3 000 h									
Lampe fluorescente	6 000 h – 15 000 h									
Lampe à LED	50 000 h – 100 000 h									
<b>Hypothèses</b>										
<ul style="list-style-type: none"> <li>- La durée de fonctionnement annuelle des luminaires est de 1 800 heures,</li> <li>- Temps de fonctionnement réduit de 1300h par an,</li> <li>- Le nombre de points lumineux reste inchangé,</li> <li>- 60 % de gains sur la consommation énergétique des luminaires à remplacer,</li> <li>- Un tiers des dépenses liées aux systèmes d'éclairage correspond à la consommation électrique et les deux tiers restants sont liées à la maintenance (équipement et main d'œuvre).</li> </ul>										
<b>Interactions potentielles avec</b>										
-										
<b>Gain en € HT par an</b>		3 200 €								

Prix du kWh HT économisé actuel	0,14 €
Gain en kWh <sub>ep</sub> / an	19 700 kWh <sub>ep</sub>
Quantité d'équivalent CO <sub>2</sub> évité / an	0,8 T éq CO <sub>2</sub>
Investissement initial HT	24 100 €
Études complémentaires à prévoir	Devis d'entreprise
Certificats d'économie d'énergie (CEE)	147 300 kWh Cumac
TRA avec un taux 4,5% (sans CEE)	6,5 ans
TRA en années (4,5%) avec CEE	6 ans

#### 4.1.2.6 Air comprimé

Un ensemble de mesures relativement simples peut être mis en œuvre avec pour but d'optimiser le fonctionnement des installations d'air comprimé :

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
8	<b>Actions sur l'installation d'air comprimé</b>	Équipements d'air comprimé
<b>Description</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b><u>Établissement d'un programme régulier de chasse aux fuites</u></b> : Si besoin, des moyens plus efficaces comme l'utilisation d'un détecteur de fuites à ultrason peut être envisagée.</li> <li>- <b><u>Arrêter les compresseurs d'air le week-end et en soirée</u></b> : Mise en place d'une programmation permettant d'arrêter les compresseurs d'air le week-end et le soir.</li> <li>- <b><u>Optimisation de la pression du réseau</u></b> : Diminuer la pression par pallier jusqu'à atteindre les besoins réels. Isoler les zones peu utilisées par des vannes.</li> <li>- <b><u>Maintenance régulière</u></b> : Vérifier les recommandations des constructeurs concernant l'entretien, le nettoyage et le remplacement des éléments à temps (filtres, purgeurs, etc...).</li> <li>- <b><u>Optimisation de la distribution</u></b> : Si existante, déconnecter ou colmater la partie du réseau d'air comprimé non utilisée.</li> </ul>		
<b>Hypothèses</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gains engendrés de l'ordre de 5% sur l'énergie consommée des compresseurs d'air,</li> <li>- Durée de fonctionnement moyenne du compresseur réduite : de 8760 heures/an à 3700h/an,</li> </ul>		

- Taux de charge de fonctionnement : 70%.

Gain en € HT par an	1 600 €
Prix du kWh HT économisé actuel	0,14 €
Gain en kWh <sub>ep</sub> / an	30 960 kWh <sub>ep</sub>
Quantité d'équivalent CO <sub>2</sub> évité / an	0,7 T <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub>
Investissement initial HT	500 €
Études complémentaires à prévoir	Devis d'entreprise
TRA avec un taux 4,5% (sans CEE)	< 6 mois

#### 4.1.2.7 Bois énergie

Le site ne bénéficie pas d'un espace suffisant pour la mise en place de cette solution.

#### 4.1.2.8 Solaire thermique

Les faibles usages en ECS ne justifient pas l'investissement dans une centrale solaire thermique.

#### 4.1.2.9 Solaire photovoltaïque

Une installation photovoltaïque exploitant les surfaces disponibles en toiture est possible.

N°	Titre	Zone(s) concernée(s)
9	<b>Création d'une centrale solaire photovoltaïque pour autoconsommation</b>	Tout le site

#### Description

Il existe la possibilité d'installer une centrale photovoltaïque pour **de l'autoconsommation**.

Les panneaux pourront être placés sur la toiture terrasse du bâtiment.



Figure 32 : Exemple de réalisation et emplacement potentiel pour la centrale photovoltaïque

Une centrale photovoltaïque de **100 kWc** pourrait être installée sur une surface d'environ **700 m<sup>2</sup>**. La simulation a été faite sur le Logiciel AUTOCALSOL du laboratoire INES.[15]

#### Hypothèses

- Inclinaison 15°,
- Orientation plein Sud,
- 90% d'autoconsommation par mois (estimée)
- Vente de surplus de production à 0,06€/kWh,
- Prime à l'investissement 0,09/Wc.

<b>Gain en € HT par an</b>	<i>11 700 €</i>
<b>Prix du kWh HT économisé actuel</b>	<i>0,14 €</i>
<b>Gain en kWh<sub>ep</sub>* / an</b>	<i>126 900 kWh<sub>ep</sub></i>
<b>Quantité d'équivalent CO<sub>2</sub> évité / an</b>	<i>4,3 T éq CO<sub>2</sub></i>
<b>Investissement initial HT</b>	<i>100 000 € [16]</i>
<b>Études complémentaires à prévoir</b>	<i>Devis d'entreprise</i>
<b>Prime à l'investissement</b>	<i>0,09 €/Wc</i>
<b>TRA avec un taux 4,5%</b>	<i>7,5 ans</i>

## 4.2 SCÉNARIO D'AMÉLIORATION

Les résultats du présent audit énergétique mettent en exergue le potentiel d'économie d'énergie à court, moyen et long terme. Ces actions constituent une première base pour la construction des scénarios d'amélioration énergétique. Ces associations d'actions seront réalisées en fonction de nombreux paramètres à prendre en compte tels que les capacités d'investissement, les contraintes techniques diverses, la stratégie de l'entreprise, etc.

### Proposition d'un scénario d'actions :

Les APE offrant les avantages ci-dessous ont été sélectionnés dans le scénario proposé :

- Des temps de retour sur investissements des plus raisonnables (<9 ans),
- Une possibilité de financement sans investissement pour préserver les CAPEX grâce au contrat de performance énergétique.

#### 4.2.1.1 EPSON LEVALLOIS PERRET

Le scénario d'amélioration énergétique proposé comporte les actions de performance énergétique (APE) suivantes :

- Comptage et suivi de l'énergie,
- Mise en place d'un VEV sur le circulateur du groupe froid,
- Automatisation du système de récupération de chaleur de la CTA,
- Remplacement du mode de chauffage par un Groupe réversible air/eau,
- Installation des caissons d'extraction d'air pour les besoins de froid en hivers.

L'ensemble des actions proposées ci-dessus engendrent les résultats estimatifs suivants :

Tableau 29: Gains et investissement potentiels du scénario d'amélioration proposé

Gains énergétiques (kWhEP/an)	Gains économiques (€ HTVA/an)	Gains CO2 (tonnes eq. CO2/an)	Investissement initial (€ HT) sans CEE	CEE (€)	TRA avec CEE
507 058	25 549 €	29	176 000 €	20 348	6

#### 4.2.1.2 EPSON CLICHY

Le scénario d'amélioration énergétique proposé comporte les actions de performance énergétiques (APE) suivantes :

- Comptage et suivi de l'énergie,
- Coupure des équipements informatiques (imprimantes/PC) pendant le weekend et en soirée,

- Automatisation du système de récupération de chaleur de la CTA,
- Remplacement des luminaires énergivores par une technologie LED avec régulation en fonction des besoins,
- Optimisation du fonctionnement de l'installation d'air comprimé,
- Création d'une centrale photovoltaïque de 100 kWc en toiture pour l'autoconsommation énergétique avec vente du surplus pendant les horaires de faible consommation énergétique dans ce site.

L'ensemble des actions proposées ci-dessus engendrent les résultats estimatifs suivants :

Tableau 30: Gains et investissement potentiels du scénario d'amélioration proposé

Gains énergétiques (kWhEP/an)	Gains économiques (€ HTVA/an)	Gains CO2 (tonnes éq. CO2/an)	Investissement initial (€ HT) sans CEE	CEE/Aide financement (€)	TRA avec CEE
243 530	18 110 €	7,3	136 100 €	10 200	7

## Conclusion

Deux sites administratifs ont fait l'objet de cet audit énergétique. La situation énergétique du patrimoine d'EPSON France peut être améliorée avec une grande hétérogénéité des performances des bâtiments et des installations.

Les systèmes énergétiques tels que les installations de chauffage, de climatisation, de ventilation sont correctement entretenus. Toutefois, le manque d'isolant sur certaines parois, la performance énergétique médiocre de certains ouvrants pas encore remplacés et les performances moyennes des systèmes énergétiques dans certains bâtiments, positionnent le parc immobilier en deçà des standards énergétiques actuels. Par conséquent, les dépenses énergétiques d'EPSON pourraient être optimisées.

En revanche, certaines actions de performance énergétique ont déjà été entreprises (remplacement des luminaires à tubes fluorescent par des LED, installation d'une GTB dans le site Levallois Perret, etc...). Ceci montre une réelle volonté des responsables d'EPSON France à réduire la consommation énergétique de leurs sites.

Enfin, le potentiel d'économie et la possibilité de mettre en place des installations moins consommatrices et/ou moins coûteuses dans certains bâtiments devraient inciter EPSON France à poursuivre la rénovation de son patrimoine immobilier et l'amélioration de ses systèmes énergétiques.

## Références Bibliographiques

- [1] « Travaux du GIEC », *Ministère de la Transition écologique*. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/travaux-du-giec> (consulté le août 05, 2020).
- [2] O. Boucher, « L'ingénierie climatique face au réchauffement climatique : solution d'avenir ou fuite en avant ? », *Météorologie*, vol. 8, n° 78, p. 31, 2012, doi: 10.4267/2042/47513.
- [3] « Géoportail ». <https://www.geoportail.gouv.fr/> (consulté le août 06, 2020).
- [4] « guide\_conception-batiment-bbc\_amoeb\_aitf\_edf.pdf ». Consulté le: août 05, 2020. [En ligne]. Disponible sur: [http://www.energiepositive.info/data/document/guide\\_conception-batiment-bbc\\_amoeb\\_aitf\\_edf.pdf](http://www.energiepositive.info/data/document/guide_conception-batiment-bbc_amoeb_aitf_edf.pdf).
- [5] *Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants*.
- [6] « Rendement d'une installation de chauffage central », *Energie Plus Le Site*, sept. 25, 2007. <https://energieplus-lesite.be/theories/chauffage11/rendement-d-une-installation-de-chauffage-central/> (consulté le août 05, 2020).
- [7] « Installation de la variation électronique de vitesse sur une pompe - EcoEnergieTech ». <https://www.ecoenergie-tech.fr/spip.php?article193> (consulté le août 06, 2020).
- [8] J.-P. ROCHE, « Performance de l'éclairage artificiel dans les bâtiments tertiaires », *XPair*. [https://conseils.xpair.com/actualite\\_experts/performance-eclairage-artificiel-batiments-tertiaires.htm](https://conseils.xpair.com/actualite_experts/performance-eclairage-artificiel-batiments-tertiaires.htm) (consulté le août 05, 2020).
- [9] « RT2012 », *Ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales*. <https://www.cohesion-territoires.gouv.fr/rt2012> (consulté le août 06, 2020).
- [10] « ADEME CEE ». <http://calculateur-cee.ademe.fr/user/fiches/BAT> (consulté le août 05, 2020).
- [11] « Dispositif | Système DRV | Guide Bâtiment Durable ». <http://www.guidebatimentdurable.brussels/fr/systeme-drv.html?IDC=9571&IDD=15609> (consulté le août 05, 2020).
- [12] « aluminiumhabitat.fr - Vitrages : isolation thermique, protection solaire, sécurité des personnes et des biens, isolation phonique ». <http://aluminiumhabitat.fr/nos-produits/vitrages> (consulté le août 06, 2020).
- [13] « Programmeur | Soldes jusqu'au 11 août 2020 ! » [https://www.manomano.fr/programmeur-2692?model\\_id=4284782&g=1&referer\\_id=537135&gclid=EAIaIQobChMIqfOmlvbP6gIV0-FRCh2rkgmxEAQYAyABEgJUA\\_D\\_BwE](https://www.manomano.fr/programmeur-2692?model_id=4284782&g=1&referer_id=537135&gclid=EAIaIQobChMIqfOmlvbP6gIV0-FRCh2rkgmxEAQYAyABEgJUA_D_BwE) (consulté le août 05, 2020).
- [14] « ampoule LED : pourquoi passer à l'éclairage Led? - Led-Flash ». <https://www.led-flash.fr/content/10-ampoule-led-pourquoi-passer-a-l-eclairage-led> (consulté le août 06, 2020).
- [15] « AutoCalSol ». <https://autocalsol.ressources.ines-solaire.org/etude/localisation/> (consulté le août 05, 2020).
- [16] « Photovoltaïque.info - Connaître les coûts et évaluer la rentabilité ». <https://www.photovoltaïque.info/fr/preparer-un-projet/quelles-demarches-realiser/choisir-son-modele-economique/> (consulté le août 05, 2020).

## 5 ANNEXES

### ANNEXE 1 : Méthode de calcul des consommations d'énergie

#### 5.1 CALCUL DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE

Le calcul des consommations théoriques est nécessaire pour plusieurs raisons. Premièrement, pour les comparer avec les consommations réelles, lorsqu'elles sont disponibles. Deuxièmement, pour avoir une vision plus précise des consommations par poste, ce qui est rarement possible sur factures.

De nombreux paramètres ont été pris en compte pour l'évaluation des consommations.

Pour chaque poste, la méthode est explicitée dans les paragraphes ci-dessous :

- Pour les bâtiments : le chauffage, l'eau chaude sanitaire, l'éclairage, la ventilation et les équipements électriques divers,
- Pour les systèmes de ventilation,
- Pour l'éclairage.

De manière générale, il a été tenu compte des paramètres suivants :

- La consommation maximale et nominale des systèmes énergétiques (équipements climatiques, électricité spécifique, moteurs, ),
- La durée des usages (durée de fonctionnement, période de chauffe, horaires d'occupation...),
- Les températures de consigne,
- L'estimation de périodes atypiques (pointes de consommation, relance, canicule, arrêts techniques, ...).

##### 5.1.1 Consommations de chauffage/climatisation

- Méthode de calcul :

Les consommations annuelles théoriques de chauffage et de climatisation sont calculées à l'aide d'une simulation thermique réalisée pour chaque zone chauffée de bâtiment à partir d'une feuille de calcul établie suivant la norme NF EN 12 831 et développée en interne par les responsables de l'entreprise.

Dénomination	Zone	Structure	Epais. structure	Isolation	Epais. isolant	Doublage	A (dont ouvrants)	b	A	R	
<b>Parois dépenditives</b>											
<b>Murs extérieurs, façades</b>											
Mur ext RDC au R+1 ITE	1	Pierre	0,2 m	Laine minérale	0,06 m	Plaque de plâtre	128,00 m²	0,02	550,0	1,89	
Mur ext R+1 - R+6 isolé ITE	1	Pierre	0,2 m	Laine minérale	0,06 m	Plaque de plâtre	763,00 m²	0,02	506,0	1,89	
Murs enterrés isolés	1	Pierre	0,2 m	Laine minérale	0,02 m	Plaque de plâtre	263,00 m²	0,02	263,0	0,89	
<b>Parois inférieures en contact avec LNC</b>											
<b>Murs extérieurs enterrés</b>											
Mur enterré isolé ITE	1	Pierre	0,2 m	Laine minérale	0,02 m	Plaque de plâtre	6,59 m²	0,02	6,59	0,89	
<b>Tolures (plates, inclinées) donnant sur extérieur</b>											
Tolure Terrasse R+6	1	Béton plein	0,2 m	Laine minérale	0,15 m	Faux plafond	453,00 m²	0,02	453,0	4,30	
Tolure Métrique R+6	1	Osature acier	0,1 m	Laine minérale	0,15 m	Faux plafond	246,00 m²	0,02	246,0	4,19	
Tolure Showroom RDC	1	Béton plein	0,2 m	Laine minérale	0,15 m	Faux plafond	131,50 m²	0,02	131,5	4,30	
<b>Planchers hauts sur combles non aménagés</b>											
Tolure/LNC SDF	1	Osature bois	0,1 m	Laine minérale	0,02 m	Faux plafond	6,69 m²	0,02	6,69	2,33	
<b>Planchers bas sur extérieur ou VS ventilé</b>											
Plancher bas R+3	1	Béton plein	0,2 m	Laine minérale	0,1 m	Aucun	97,60 m²	0,02	97,6	2,82	
<b>Planchers bas sur LNC (cave, VS non ventilé, ...)</b>											
Plancher RDC parking	1	Béton plein	0,3 m	Laine minérale	0,2 m	Aucun	726,00 m²	0,02	6,45	728,0	5,51
<b>Plancher bas sur terre plein</b>											

Figure 33: Vue d'une partie de l'outil de la simulation thermique

### 5.1.2 Consommations d'éclairage

La consommation du poste éclairage ( $C_{ecl}$ ) est égale à la somme du produit des consommations horaires de chaque luminaire ( $C_{ecli}$ ), du nombre d'heures d'utilisation par jour ( $n$ ) et du nombre de jours d'utilisation ( $N$ ) par an, multipliée par le taux de charge de fonctionnement moyen ( $F$ ).

$$C_{ecl} = \sum(C_{ecli} * n * N) * F$$

### 5.1.3 Consommations des équipements spécifiques

Les consommations des appareils ( $C_{app}$ ) sont égales à la somme du produit des consommations horaires de chaque appareil ( $C_{appi}$ ), du nombre d'heures d'utilisation par jour ( $n$ ) et du nombre de jours d'utilisation ( $N$ ) par an, multipliée par le taux de charge de fonctionnement moyen ( $F$ ).

$$C_{app} = \sum(C_{appi} * n * N) * F$$

## ANNEXE 2 : Élaboration des actions de performance énergétique

Une fois que nous avons obtenu les gains énergétiques, les coûts d'investissements et les aides financières des différentes actions de performances énergétiques, nous intégrons ces différentes valeurs dans un outil Excel développé en interne et cet outil nous génère automatiquement le temps de retour actualisé et la quantité de CO<sub>2</sub> équivalent évitée sur une année.

kWh ef	combustible ou élec	usage	Scénario	Travaux	kWh/an	€ TTC / an	Tonne de CO2 / an	€ HT (tarif net)	kWh Cofac	€ (Cofac) / kWh Cofac	TRA sans CEE	TRA avec CEE
	élec	autre	scénario 1 seulement	Comptage et suivi de l'énergie	0	0	0,0	9 200	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!
26 752	élec	chauffage	scénario 1 seulement	Remplacement des menuiseries de type triple vitrage et les doubles vitrage 4 / 16 / 4 par des doubles vitrage épais de type 4 / 16 / 4 en bois à basse émissivité	58 146	3047	3,9	165 000	693 000	5 544	28,0	27,5
7 033	élec	chauffage	scénario 1 seulement	Automatisation du système de régulation de chaleur de 3A/C3	18 403	999	1,3	1 900	0	0	1,5	1,5
86 335	élec	autre	scénario 1 seulement	Citation d'une centrale photovoltaïque pour autoconsommation de 100 kWc	126 929	11 782	4,3	100 000	0	0	7,5	7,5
7 660	élec	éclairage	scénario 1 seulement	Remplacement des luminaires énergivores par des Led et optimisation du temps de fonctionnement des luminaires	19 763	3217	0,8	24 100	147308	1 178	6,5	6,5
12 000	élec	autre	scénario 1 seulement	Recherche des fuites et optimisation du temps de fonctionnement du réseau d'air comprimé	30 960	1800	0,7	300	0	0	,5	0,5
31 436	élec	chauffage	scénario 1 seulement	Isolation supplémentaire du plancher bas	81 105	4401	5,7	133 000	4 104 000	32 832	19,5	16

Figure 34: Vue de l'outil de préconisation des APE

## ANNEXE 3 : Données de calcul de la consommation du bâtiment

### 5.2 DONNÉES DE CALCUL DE LA CONSOMMATION DU BÂTIMENT : SITE D'EPSON CLICHY

#### 5.2.1 Chauffage du bâtiment

Pour déterminer la consommation du chauffage, les données ci-dessous ont été utilisées :

Tableau 31: Données de calcul pour la simulation de la consommation énergétique du chauffage

Dépense	Valeur utilisée	Explication
Murs extérieurs	Voir les caractéristiques sur l'état des lieux du bâtiment	RAS
Localisation géographique	Colombe (92) ile de France	Détermination des DJU de la zone
Scénario d'occupation	75 heures par semaine d'occupation par semaine	Mise en place d'un réduct de température en inoccupation du bâtiment
Période de chauffage	1 <sup>er</sup> novembre au 1 <sup>er</sup> mai	-
Température de consigne	21°C	Pour assurer le confort des occupants durant la période chauffe
Mise en place d'un réduct de température	17°C	Température de chauffage durant les horaires d'inoccupation
Rendement d'exploitation des équipements	175%	COP des générateurs de chauffage
Taux de renouvellement d'air	0,8 vol/h	
Rendement du système de récupération de chaleur	50%	Récupération de chaleur entre l'air entrant et l'air sortant

#### 5.2.2 Éclairage

Un temps de fonctionnement de 5h par jour est utilisé pour estimer la consommation énergétique des luminaires dans le site d'EPSON Clichy.

### 5.2.3 Équipements divers

La consommation énergétique de ces équipements est estimée en utilisant la valeur moyenne de la consommation annuelle unitaire de ces équipements fournie par la base de données de l'entreprise. Le tableau ci-dessous récapitulatif les valeurs utilisées :

Tableau 32: Données de calcul pour la consommation énergétique des équipements divers

Équipements divers	Énergie consommée en (kWh) par machine par an	Quantités	Consommation d'énergie totale kWh
Ordinateur de Bureau	219	70	15330
Imprimante de Bureau	150	21	3150
Vidéo projecteur	57	24	1358,2
Micro-onde	81	3	243
Distributeur (eau glacée, boisson et café)	600	10	6000
Cafétière	56	1	56
Frigo	281	2	562

### 5.2.4 Équipements VMC

La consommation énergétique de ces équipements est estimée en utilisant la puissance absorbée relevée sur la plaque signalétique et le temps de fonctionnement des différents ventilateurs.

Tableau 33: Données de calcul pour la consommation énergétique des équipements VMC

Extracteur d'air	Puissances unitaires Ventilateur (W)	Puissances Totales (W)	Temps de marche	Taux de marche	Énergie consommée (kWh)
Extracteur du sanitaire (W)	383	383	8760	100%	3355
Centrale de traitement d'air (W)	552	1104	8760	100%	9671

### 5.2.5 Équipements spécifiques

La consommation énergétique de ces équipements est estimée en utilisant la puissance absorbée relevée sur la plaque signalétique et le temps de fonctionnement des différents ventilateurs.

Tableau 34: Données de calcul pour la consommation énergétique des équipements spécifiques

Équipements Ayant des puissances élevées	Hypothèse
Projection (salle noire)	5h de marche /semaine et puissance déterminée sur la plaque signalétique
Chambre climatique	15 jours de marche par an en pleine puissance
Local serveur	Mesure de I (A) et 8760 h de fonctionnement par an
Surepress L-6534VW	5h de marche par semaine, consomme 15% de sa puissance maximale en veille et la Puissance est prise sur la Plaque signalétique
Surepress L-4533AW	Pas assez d'information sur la fiche technique. Puissance supposée égale à la précédente,
Compresseur d'air	Toujours en fonctionnement, taux de charge estimé de 70%.
Séchoir Vt 100	Toujours en fonctionnement, taux de charge estimé de 50%.
Ascenseur	Consommation estimée grâce à la base de données de l'entreprise

### 5.2.6 Eau chaude sanitaire

L'estimation des besoins d'ECS a été faite à partir des données ci-dessous :

Tableau 35: Données de calcul pour la consommation énergétique ECS

Partie bureaux			Partie Douche			Performance
Nombre de personne	Besoin par personne/ Jour à 60°C	Nombre de jour	Nombre de personne	Besoin par personne/jour à 60°C	Nombre de jour	Rendement des différents systèmes
30	5 litres	260	7	25	260	0,7

### 5.2.7 Unité intérieure

La consommation des unités intérieures est estimée à partir de leur puissance absorbée et la durée de fonctionnement durant la période de l'année.

Tableau 36: Données de calcul pour la consommation énergétique des unités intérieures

Types d'unités	Puissance absorbée unitaire (W)	Nombre	Temps de marche hivers	Temps de marche été	Puissance absorbée totale
Cassette PLFY-P15-VCM	50	5	3600	2640	250
Cassette PLFY-P20-VCM	50	9	3600	2640	450

PLFY-P25-VCM	50	16	3600	2640	800
PLFY-P32-VCM	60	14	3600	2640	840
PLFY-P40-VCM	60	6	3600	2640	360
Plafonnier PEFY-P125vm	260	4	3600	2640	1040
Plafonnier PEFY-P40VM	96	1	3600	2640	96
Console MFZ-KJ50VE	30	1	3600	2640	30
<b>Total</b>		<b>56</b>			<b>3 866</b>

## 5.3 DONNÉES DE CALCUL DE LA CONSOMMATION DU BÂTIMENT : SITE EPSON LEVALLOIS-PERRET

### 5.3.1 Chauffage du bâtiment

Pour déterminer la consommation du chauffage, les données ci-dessous ont été utilisées :

Tableau 37: Données de calcul pour la simulation de la consommation énergétique du chauffage

Dépense	Valeur utilisée	Explication
Murs extérieurs	Voir les caractéristiques sur l'état des lieux du bâtiment	RAS
Localisation géographique	Colombe (92) ile de France	Détermination des DJU de la zone
Scénario d'occupation	75 heures par semaine d'occupation par semaine	Mise en place d'un réduct de température en inoccupation du bâtiment
Période de chauffage	1 <sup>er</sup> novembre au 1 <sup>er</sup> mai	
Température de consigne	22°C	Pour assurer le confort des occupants durant la période chauffe
Mise en place d'un réduct de température	1 8°C	Température de chauffage durant les horaires d'inoccupation

Rendement d'exploitation des équipements	95%	COP des générateurs de chauffage
Taux de renouvellement d'air	0,9 vol/h	
Rendement du système de récupération de chaleur	70%	Récupération de chaleur entre l'air entrant et l'air sortant

### 5.3.2 Éclairage

Un temps de fonctionnement de 5h par jour est utilisé pour estimer la consommation énergétique des luminaires dans site d'EPSON LEVALLOIS PERRET car une programmation horaire est effectuée dans ce site pour optimiser le temps de fonctionnement de ces luminaires.

### 5.3.3 Équipements divers

La consommation énergétique de ces équipements est estimée en utilisant la valeur moyenne de la consommation annuelle unitaire de ces types d'équipements. Le tableau ci-dessous récapitulatif les valeurs utilisées.

Tableau 38: Données de calcul pour la consommation énergétique des équipements divers

Équipements divers	Énergie consommée en (kWh) par machine par an	Quantités	Consommation d'énergie totale kWh
Ordinateur de Bureau	219	70	15330
Imprimante de Bureau	150	21	3150
Vidéo projecteur	57	24	1358
Micro-onde	81	3	243
Distributeur (eau glacée, boisson et café)	600	10	6000
Cafétoire	56	1	56
Frigo	281	2	562

### 5.3.4 Équipements VMC

La consommation énergétique de ces équipements est estimée en utilisant la puissance absorbée relevée sur la plaque signalétique et le temps de fonctionnement des différents ventilateurs.

Tableau 39: Données de calcul pour la consommation énergétique des équipements VMC

Extracteur d'air	Puissances unitaires Ventilateur (W)	Puissances Totales (W)	Temps de marche	Taux de marche	Énergie consommée (kWh)
Extracteur sanitaire VEC 271 B Aldex	370	370	8760	100%	3241
Extracteur divers mini VEC 160	125	125	8760	100%	1095
Extracteur parking (désenfumage)	2200	4400	Fonctionne rarement	-	-
Centrale de traitement d'air	550	1	8760	100%	4818

### 5.3.5 Eau chaude sanitaire

L'estimation des besoins d'ECS a été faite à partir des données ci-dessous :

Tableau 40: Données de calcul pour la consommation énergétique des besoins ECS

Partie bureaux			Partie Douche			Performance
Nombre de personne	Besoin par personne/ Jour à 60°C	Nombre de jour	Nombre de personne	Besoin par personne/jour à 60°C	Nombre de jour	Rendement des différents systèmes
180	5 litres	260	0	25	260	0,7

### 5.3.6 Unité intérieure

La consommation des unités intérieures est estimée à partir de leur puissance absorbée et la durée de fonctionnement durant la période de l'année.

Tableau 41: Données de calcul pour la consommation énergétique des unités intérieures

Types d'unités	Puissance absorbée unitaire (W)	Nombre	Temps de marche hivers	Temps de marche été	Puissance absorbée totale
Ventilo-Convecteur	105	4	3600	2640	250
Ncv 29	96	25	3600	2640	450
UTA	96	96	3600	2640	800
<b>Total</b>	-	<b>125</b>			<b>3 866</b>

## ANNEXE 4 : Appréciation de la qualité de l'enveloppe thermique et des équipements

				Performance optimale
<b>Murs extérieurs</b>	$R < \text{à } 2,9$	$2,9 < R < 4,3$	$R > \text{à } 4,3$	cm laine de roche 16
<b>Planchers bas</b>	$R < \text{à } 2,7$	$2,7 < R < 3,5$	$R > \text{à } 4$	cm laine de roche 30
<b>Toiture Terrasse</b>	$R < \text{à } 3,3$	$3,3 < R < 7$	$R > \text{à } 7$	cm laine de roche 30
<b>Toiture de pente inférieure 60°</b>	$R < \text{à } 4$	$4 < R < 7$	$R > \text{à } 7$	cm laine de roche 30
<b>Huisseries</b>	$U_w > \text{à } 1,9$	$1,6 < U_w < 1,9$	$U_w < 1,6$	Étiquetage Th 9 minimum

<b>Chaudières</b>	Rendement global sur PCI < à 80 %	80 % < Rg < 91 %	Rg > à 91 %	L'avantage de ce type de système est que son rendement sur PCI peut atteindre 109%
<b>Chaudières Pu &lt; 70 kW rendement ETAS</b>	$\eta_s < 86 \%$	86 < $\eta_s$ < 90%	$\eta_s < 90\%$	Efficacité énergétique saisonnière doit être supérieur à 90% pour bénéficier d'une prime énergie.
<b>Pompes à chaleur</b>				La mise en place d'une pompe à chaleur est intéressante par rapport à une chaudière à gaz que ssi COP est supérieur à 2,58
<b>Ventilation</b>	Ratio > 0,45 Wh/m <sup>3</sup>	0,45 < ratio < 0,3 Wh/m <sup>3</sup>	Ratio < 0,3 Wh/m <sup>3</sup>	la mise en place d'un système double flux avec une efficacité de récupération de 70% permet de récupérer plus de 60% des calories de l'air extrait
<b>Éclairage</b>	Pi > 8 à W/m <sup>2</sup>	7 < Pi < 8 W/m <sup>2</sup>	Pi < à 7 W/m <sup>2</sup>	Lorsque les luminaires sont accompagnés d'un système de gestion (détection de présence et gradation automatique de flux), la consommation du parc se voit optimisée.