



**ANALYSE ET OPTIMISATION ENERGETIQUE DU
PATRIMOINE BATI DE L'ENSEMBLE DU
TERRITOIRE DE L'EUROMETROPOLE DE
STRASBOURG (EMS)**

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 02 février 2022 par

DONDJI PEGHETMO Gladys Brenda (20180091)

Encadrant 2iE : Mr SORO Y. Moussa, Enseignant-chercheur à 2iE

Maître de stage : Mr Yves FELD, Responsable équipe collectivités à ES

Structure d'accueil du stage : **Electricité de Strasbourg (ES)**

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Daniel YAMEGUEU

Membres et correcteurs : Dr. Daniel YAMEGUEU
Mr SORO Y. Moussa
Dr.-ing. Habil. Kokouvi Edem N'TSOUKPOE

Promotion [2020/2021]

DEDICACES

Je tiens à dédier ce modeste travail :

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour,
leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de
mes études ;*

*A ma grande mère maternelle ASSOGMI et mon grand-père
maternel Kutjem Samuel malheureusement rappelés à Dieu
durant mon cycle ingénieur ;*

*A mes chères frères et sœur pour leurs encouragements
permanents, leur soutien moral, leur appui et leur
accompagnement ;*

*A toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon
parcours universitaire ;*

*Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant
allégués, et le fruit de votre soutien infailible,*

Merci d'être toujours là pour moi.

CITATIONS

*« Le génie de l'amour est qu'une
énergie renouvelable en soi représente
magnifiquement la vie »*

BOUTOUT Mohamed

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

Slogan Dalkia France

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.

Je remercie 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.

Je tiens aussi à remercier **Mr Michel PIGUET**, directeur général d'ÉS Energies de m'avoir permis de passer mon stage dans les meilleures conditions.

J'adresse également l'expression de ma profonde gratitude et ma haute reconnaissance à **Dr Y. Moussa SORO**, 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.

M. Yves FELD, mon encadreur professionnel, pour sa disponibilité, ses conseils, et surtout les connaissances acquises grâce au projet effectué durant mon stage.

Je remercie également tout le personnel de la direction des ventes aux entreprises et collectivités, particulièrement l'équipe collectivité constitué de **Céline CRISTEA**, **Sylvie NUSS**, **Muge YILDIRIM**, **Gaëlle VOEGELE**, **Pascal SIEFFERT** et **Claude LUTZ**, pour m'avoir accueilli, intégré et permis de vivre cette aventure à leurs côtés.

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

Je tiens enfin, à travers ces mots, à remercier très chaleureusement toute personne ayant contribué de près ou de loin au succès de ce projet. Je suis surtout reconnaissante à ma chère famille, spécialement à mes parents qui m'ont beaucoup supportée et encouragée tout le long de mon cursus scolaire et à qui je dois ma formation.

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 EPCI (établissements Publics de Coopération Intercommunale) s'engagent dans une démarche d'économie d'énergie, parmi lesquelles l'Eurométropole qui s'engage dans une bonne transition énergétique en passant par la réduction d'énergie au sein de leurs différents bâtiments.

Dans le cadre d'une transition réussie des territoires, le groupe ES s'est engagé auprès des collectivités à fournir un état des lieux de la situation énergétique du patrimoine bâti. Cet engagement se manifeste par un suivi des consommations des bâtiments dont les collectivités ont la charge. Nous avons mis en place ce suivi durant ce stage de fin d'étude, en définissant son contenu et sa forme. Nous avons créé une base de données, regroupant les consommations énergétiques des bâtiments et nous avons mis en place un outil d'analyse des performances du patrimoine des collectivités ; ensuite, nous avons communiqué les résultats obtenus aux élus locaux grâce à la création de recueil de fiche d'analyse contenant toutes les informations nécessaires à un suivi des consommations et des performances de leur bâtiments. Cette analyse nous a permis d'identifier les particularités des bâtiments, et d'en cibler les plus énergivores. Elle a notamment permis de mettre en évidence les bâtiments scolaires dans la catégorie des bâtiments énergivores. De ce constat, nous avons proposé des solutions d'optimisation énergétique pour ce type de bâtiment, afin de permettre aux communes de réduire sur la base de cet exemple la facture énergétique qui leur est affectée.

Mots clés

- 1. Gaz à effet de serre**
- 2. Transition énergétique**
- 3. Collectivités de l'EMS**
- 4. Electricité de Strasbourg**
- 5. Economie d'énergie**

ABSTRACT

In order to reduce greenhouse gas emissions as a result of human activities, reducing the energy consumption of tertiary and industrial sites remains a major concern. This is how several EPCIs (Public Inter-municipal Cooperation Establishments) are committed to an energy saving approach, including the Eurometropolis, which is committed to a good energy transition by reducing energy to within their various buildings.

As part of a successful transition of territories, the ES group has made a commitment to communities to provide an inventory of the energy situation of built heritage. This commitment is manifested by monitoring the consumption of buildings for which the communities are responsible. We set up this monitoring during this end-of-study internship, by defining its content and form. We have created a database, grouping the energy consumption of buildings and we have set up a tool for analyzing the performance of the assets of communities; then, we communicated the results obtained to local elected officials through the creation of a collection of analysis sheets containing all the information necessary for monitoring the consumption and performance of their buildings. This analysis allowed us to identify the specific features of the buildings, and target the most energy-intensive. In particular, it made it possible to highlight school buildings in the category of energy-intensive buildings. From this observation, we have proposed energy optimization solutions for this type of building, in order to allow municipalities to reduce, on the basis of this example, the energy bill assigned to them.

Key words

1.Greenhouse Gases

2.Energetic transition

3.Communities

4.Strasbourg's Electricity

5.Energy saving

LISTE DES ABREVIATIONS

2iE	: Institut Internationale de l'Eau et de l'Environnement
ES	: Electricité de Strasbourg
EMS	: Eurométropole de Strasbourg
EDL	: Entreprise Local de Distribution
RT	: Règlementation Thermique
ELAN :	l'Evolution du Logement de l'Aménagement et du Numérique
EPCI	: Etablissements Publics de Coopération Intercommunale
ADEME	: Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
LTECV	: Loi relative à la Transition Energétique pour la Croissance Verte
PCET	: plans climat énergie territorial
EPCI	: Établissements Publics de Coopération Intercommunale
PCAET	: Plan Climat Air Énergie territorial
SCoT	: Schéma de Cohérence Territoriale
SRADDET	: Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires
SRCAE	: Schéma Régional Climat-Air-Énergie
PPA	: Plan de Protection de l'Atmosphère
GES	: Gaz à Effet de Serre
CO2	: Dioxyde de Carbone
PE	: Performance Energétique
DJU	: Degré jour unifié
CC	: Consommation corrigée
CR	: Consommation réelle
PCI	: Pouvoir calorifique inférieur
EP	: Energie primaire
EF	: Energie finale
DPE	: Diagnostic de performance énergétique
ENR	: Energies renouvelables
PV	: Panneaux photovoltaïques
SHON	: Surface Hors œuvre Nette
RC	: Réseau de Chaleur

Table des matières

<i>Dédicaces</i>	<i>i</i>
<i>Citations</i>	<i>ii</i>
<i>Remerciements</i>	<i>iii</i>
<i>Résumé</i>	<i>iv</i>
<i>Liste des abréviations</i>	<i>vi</i>
<i>Liste des tableaux</i>	<i>x</i>
<i>Liste de figure</i>	<i>xi</i>
<i>Introduction</i>	<i>1</i>
<i>Présentation de la structure d'accueil et de la zone d'étude</i>	<i>2</i>
<i>1 Présentation de la structure d'accueil</i>	<i>2</i>
<i>2 Présentation de la zone d'étude</i>	<i>3</i>
<i>Présentation du projet</i>	<i>4</i>
<i>1. Contexte</i>	<i>4</i>
<i>2. Objectif de l'étude</i>	<i>4</i>
<i>3. Degrés d'approfondissement du projet</i>	<i>6</i>
<i>4. Calendrier de déroulement de stage</i>	<i>7</i>
<i>Etat des lieux des bâtiments</i>	<i>7</i>
<i>1. Base de données</i>	<i>7</i>
<i>2. Collecte d'informations</i>	<i>8</i>
<i>3. L'état actuelle des consommations par type d'usage</i>	<i>10</i>
<i>Traitement de donnée et méthodologie de production</i>	<i>11</i>
<i>1. Traitement de donnée</i>	<i>11</i>
<i>1.1 Facteurs de conversion des énergies</i>	<i>13</i>
<i>1.2 Détermination des consommations d'énergie primaire</i>	<i>13</i>
<i>1.3 Détermination des émissions de gaz à effet de serre</i>	<i>14</i>

1.4	Calcul des consommations dites corrigées du climat	15
1.5	Modèle et formule de calculs.....	16
2.	<i>Méthodologie de production</i>	18
2.1	Automatisation de la création des livrets.....	18
2.2	Fonctionnement de l'algorithme d'automatisation.....	19
	<i>Résultats et analyse de données</i>	21
1.	<i>Résultats</i>	21
1.1	22
	Fiche récapitulative des consommations de la commune	22
1.2	Fiche d'aide à la mise en place d'un plan d'action	25
1.3	27
	Fiche d'analyse par bâtiment.....	27
2.	<i>Analyse de données</i>	29
2.1	Analyse sur les 03 dernières années.....	29
2.2	Analyse par année de construction.....	29
2.3	Analyse selon la typologie d'usage.....	30
2.4	Analyse selon le type d'énergie utilisée	33
	<i>Recommandations et perspectives</i>	35
 <i>Suggestions d'approfondissement de l'étude</i>	
	35
1.	35
1.1	Approfondissement de l'estimation des émissions de GES	35
1.2	Intégration de l'ensemble des contrats de type C5	35
2.	<i>Préconisation en matière d'optimisation énergétique</i>	35
2.1	Spécificités liées à rénovation des bâtiments d'enseignements	36
2.2	Préconisations quant à l'enveloppe	37
2.3	Préconisations quant aux équipements	38
2.3	Préconisations quant à la sensibilisation et au suivi des consommations.....	39

2.4	Préconisations quant aux énergies renouvelables	41
2.5	Confort d'été.....	42
	<i>Chiffrage et temps de retour sur investissement</i>	<i>43</i>
1.	<i>Contrats d'Économie d'Énergies.....</i>	<i>43</i>
2.	<i>Temps de retour sur investissement et valeur actuelle nette.....</i>	<i>44</i>
3.	<i>Préconisations en matière d'optimisation énergétique.....</i>	<i>47</i>
	<i>Conclusion</i>	<i>50</i>
	<i>ANNEXES</i>	<i>I</i>

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1 : les données essentielles de ES</i>	<i>3</i>
<i>Tableau 2 : Degré d'approfondissement du projet.....</i>	<i>6</i>
<i>Tableau 3 : Décomposition du secteur tertiaire par branche selon le CEREN.....</i>	<i>9</i>
<i>Tableau 4 : Résumé du nombre de contrats disponible dans notre base de données</i>	<i>10</i>
<i>Tableau 5 : Objectifs des années 2030-2050 en fonction des usages</i>	<i>10</i>
<i>Tableau 6 : facteur de conversion des énergies primaires</i>	<i>13</i>
<i>Tableau 7 : Facteur d'émission de GAS en fonction du combustible considéré</i>	<i>14</i>
<i>Tableau 8 : Coefficients par énergie pour le secteur tertiaire.....</i>	<i>16</i>
<i>Tableau 9 : Exemple de fiche récapitulative</i>	<i>24</i>
<i>Tableau 10 : Exemple de fiche d'aide à la mise en place d'un plan d'action</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 11 : Exemple de fiche d'analyse</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 12 : Moyennes des consommations et des émissions de gaz à effet de serre sur le territoire de l'EMS.....</i>	<i>29</i>
<i>Tableau 13 : Préconisations éligibles dans le cadre des CEE</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 14 : Tarifs estimés des énergies (sur la base des factures des 03 dernières années)</i>	<i>44</i>
<i>Tableau 15 : Tableau récapitulatif des principales caractéristiques du bâtiment</i>	<i>46</i>
<i>Tableau 16 : Tableau récapitulatif des différents éléments préconisés</i>	<i>47</i>
<i>Tableau 17 : Tableau récapitulatif de l'analyse financière</i>	<i>49</i>

LISTE DE FIGURE

<i>Figure 1: les activités d'électricité de Strasbourg</i>	<i>3</i>
<i>Figure 2: Organigramme du service VEC</i>	<i>3</i>
<i>Figure 3: Les objectifs à long terme de l'Eurométropole de Strasbourg</i>	<i>5</i>
<i>Figure 4: Objectifs nationaux 2030-2050</i>	<i>6</i>
<i>Figure 5 : Calendrier de déroulement de stage</i>	<i>7</i>
<i>Figure 6: Modèle de tableau envoyé aux communes pour la collecte d'informations.....</i>	<i>8</i>
<i>Figure 7: agence en ligne ALICEBACKOFFICE</i>	<i>9</i>
<i>Figure 9: Part relative des différents profils d'usages de l'électricité source RTE et ADEME15</i>	
<i>Figure 10 : Répartition des bâtiments étudiés en fonction de leur année de construction.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 11 : - Répartition des consommations en fonction de l'année de construction</i>	<i>30</i>
<i>Figure 12 : Répartition des bâtiments étudiés en fonction de leur classement énergétique</i>	<i>32</i>
<i>Figure 13: Analyse de l'état du patrimoine par rapport aux objectifs fixés pour les années ..</i>	<i>32</i>
<i>Figure 14 : Consommation « corrigée du climat » moyenne selon le type de bâtiment</i>	<i>33</i>
<i>Figure 15 : Émissions moyennes selon le type de bâtiment</i>	<i>33</i>
<i>Figure 16: Répartition des différents types d'énergie de chauffage</i>	<i>34</i>
<i>Figure 17 : Economie financière annuelle estimée</i>	<i>48</i>

INTRODUCTION

Le secteur du bâtiment se trouve être un acteur majeur du réchauffement du globe terrestre, du fait des consommations énergétiques et des émissions de gaz à effet de serre qu'il engendre. La loi sur la transition énergétique fixe des objectifs ambitieux pour réduire les consommations, et encourager la migration vers une consommation verte [1]. En France, la réglementation thermique fixe des consommations d'énergie maximales dans plusieurs domaines : chauffage, eau chaude sanitaire, ventilation et éclairage, et impose des règles de plus en plus strictes sur les performances énergétiques des bâtiments neufs. Malgré le durcissement des réglementations thermiques applicables aux constructions neuves, le parc tertiaire se distingue par une faible performance énergétique globale et un rythme de rénovation trop lent des bâtiments existants. Le site d'écologie gouvernementale montre que le secteur du bâtiment représente 44 % de l'énergie consommée en France, loin devant le secteur des transports (31,3%). Chaque année, le secteur du bâtiment émet plus de 123 millions de tonnes de CO₂, ce qui en constitue l'un des domaines clés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la transition énergétique [2]. C'est pour cette raison que le groupe ES s'engage fortement auprès des collectivités afin de les accompagner dans une transition et une efficacité énergétique réussies. Ceci, en passant par le diagnostic des consommations énergétiques des 33 communes qui constituent l'Eurométropole de Strasbourg et la commune de Strasbourg.

Le présent mémoire de stage explicite la démarche adoptée afin de répondre à l'objectif de ce sujet. Il sera organisé comme suite :

- Tout d'abord, nous présenterons la structure d'accueil et le service dans lequel la présente mission s'est réalisée ;
- Puis nous ferons l'état des lieux des différents bâtiments audités, présenterons l'outil d'analyse mis au point et ainsi que l'analyse de la consommation énergétique des bâtiments ;
- Enfin nous exposerons les mesures d'économies d'énergie proposées.

PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE

1 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

Électricité de Strasbourg est une entreprise alsacienne producteur d'énergies locales depuis plus de 120 ans. Elle permet aux particuliers, entreprises, industries et collectivités de son territoire de bénéficier de solutions énergétiques performantes et efficaces, adaptées aux besoins de chacun, couplées à ses offres en électricité et gaz déclinées en électricité verte et biogaz. Ses services dédiés facilitent le quotidien de ses clients : services de gestion, maintenance électrique, conception de systèmes énergétiques, écogestes et conseils permettant de réduire l'empreinte carbone sont tout autant de solutions qui font d'ÉS bien plus qu'un fournisseur d'énergies classique.

Electricité de Strasbourg est le fournisseur historique du Bas-Rhin. Il s'agit en effet d'une EDL, ayant échappé à la nationalisation du secteur de l'énergie en France en 1946. Malgré son statut d'ELD, il est concurrencé par ekWateur sur son territoire de desserte depuis 2018. Par ailleurs, Electricité de Strasbourg propose également des offres de gaz naturel (disponibles partout en France), grâce à sa fusion avec le groupe Enerest.

○ LES DATES-CLÉS

- **1899** : Création d'Elektrizitätswerk Strassburg
- **1927** : Cotation en bourse
- **1954** : La ville de Strasbourg vend ses actions à EDF
- **2012** : Acquisition du fournisseur historique de Gaz de Strasbourg
- **2016** : ÉS devient producteur d'EnR

À travers ses 4 activités, le groupe ÉS fonde son modèle sur la proximité du territoire et s'engage durablement pour la performance économique et la transition énergétique de son territoire.

2 PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

L'Eurométropole de Strasbourg (EMS) est une métropole française située dans la collectivité européenne d'Alsace. Créée le 4 décembre 1967 sous le nom de communauté urbaine de Strasbourg (CUS), elle devient une métropole le 1er janvier 2015. Elle fait partie du pôle métropolitain d'Alsace qui fédère les grandes intercommunalités alsaciennes. Avec 500 510 habitants en 2018, elle est de loin l'intercommunalité la plus peuplée d'Alsace, de la région Grand Est et plus généralement du grand quart nord-est de la France.

Le territoire de l'Eurométropole est celui des 33 communes qui en sont membres, à savoir : Achenheim, Bischheim, Blaesheim, Breuschwickersheim, Eckbolsheim, Eckwersheim, Entzheim, Eschau, Fegersheim, Geispolsheim, Hangenbieten, Hœnheim, Holtzheim, Illkirch-Graffenstaden, Kolbsheim, Lampertheim, Lingolsheim, Lipsheim, Mittelhausbergen, Mundolsheim, Niederhausbergen, Oberhausbergen, Oberschaeffolsheim, Osthoffen, Ostwald, Plobsheim, Reichstett, Schiltigheim, Souffelweyersheim, Strasbourg, Vendenheim, La Wantzenau, Wolfisheim.

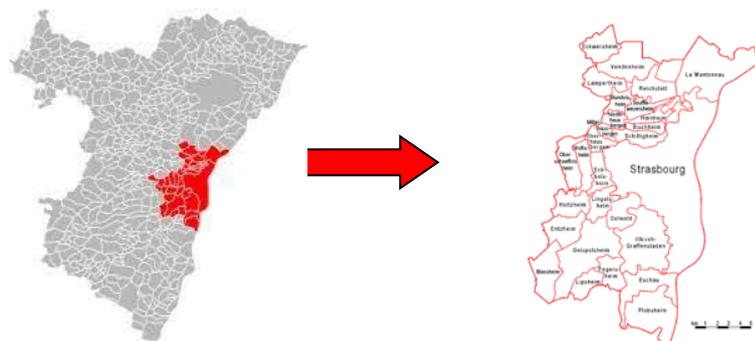


Figure 1: Cartographie de l'EMS

Station météorologique

Station : Strasbourg-Entzheim

Département 67 : Bas-Rhin

Altitude : 150 mètres

Coordonnées : 48,55°N / 7,63°E

Type de station : Météo -France

PRESENTATION DU PROJET

1. CONTEXTE

Pour accompagner l'Eurométropole dans ses démarches d'efficacité énergétique, notre équipe a proposé une analyse énergétique sur l'ensemble du patrimoine. Le but de cette analyse est de permettre à l'Eurométropole de classer le patrimoine bâti de l'ensemble du territoire, c'est-à-dire des 33 communes faisant partie du marché lancé par l'EMS, en fonction des performances énergétiques des bâtiments, de manière à pouvoir mettre en œuvre un plan d'action.

Plusieurs EPCI sont en relation avec ES Énergies dans le cadre d'appel d'offre pour la fourniture de gaz naturel et/ou d'électricité et peuvent bénéficier d'un suivi des consommations sur leur territoire. Parmi eux, l'Eurométropole de Strasbourg, dont les travaux et concertations concernant les problématiques énergétiques et les suivis de consommation, s'articulent autour d'un groupe de travail « Énergies ». Des réunions de travail, réunissant les principaux acteurs en lien avec les questions énergétique dans les collectivités sont organisées de façon trimestrielle. C'est dans le cadre de ces réunions que ce projet de fin d'étude devient concret pour les collectivités de l'EMS.

L'ensemble des documents produits lors de ce projet de fin d'étude, à savoir les fiches de synthèse et d'analyse énergétique, sont avant tout à destination des communes et de leurs responsables. Ces derniers sont tenus, par respect des différentes réglementations et lois en vigueur, d'assurer la promotion mais aussi la réalisation de la transition énergétique sur leur territoire. Il semble donc tout d'abord nécessaire de présenter dans quel contexte les actions auxquels ils sont tenus s'inscrivent. En effet, avant de parler de bilan énergétique et d'analyse du patrimoine de leur territoire, ce projet de fin d'étude a aussi un but pédagogique à l'encontre des différents acteurs qu'il souhaite toucher. En leur expliquant ou en leur rappelant les obligations auxquels ils sont tenus, on cherche avant tout à démontrer en quoi le contenu et les résultats de ce projet de fin d'étude peuvent les soutenir vis-à-vis de leurs obligations.

2. OBJECTIF DE L'ETUDE

Le but de cette étude est de permettre à l'Eurométropole de classer le patrimoine bâti de l'ensemble du territoire, en fonction des performances énergétiques des bâtiments et par Typologie de Bâtiment (Ecoles, bâtiments administratifs, complexes sportifs ou culturels).

Les principaux objectifs :

- ✚ Un état des lieux pour avoir une meilleure lecture des performances énergétiques du patrimoine de l'Eurométropole
- ✚ L'établissement d'un programme d'actions en vue de réduire les consommations énergétiques et valoriser le patrimoine
- ✚ L'accompagnement des communes dans l'optimisation énergétique.

Afin de réaliser un bilan cohérent et utile pour les collectivités, il a été nécessaire de faire une synthèse sur les objectifs de réduction de consommation d'énergie et de gaz à effets de serre fixé par le gouvernement. Le but de cette étude étant aussi d'accompagner les collectivités sur leurs choix de rénovation des bâtiments afin de diminuer leurs factures.

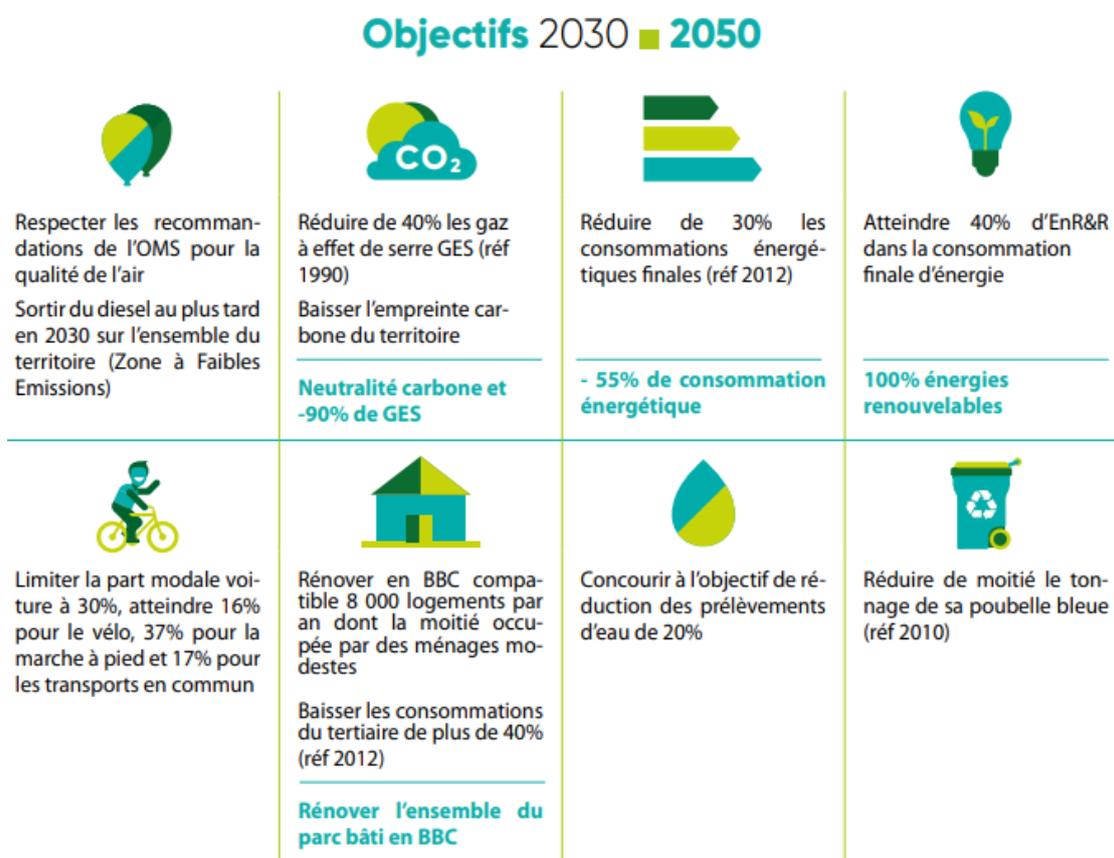


Figure 2: Les objectifs à long terme de l'Eurométropole de Strasbourg (source : Strasbourg.eu)

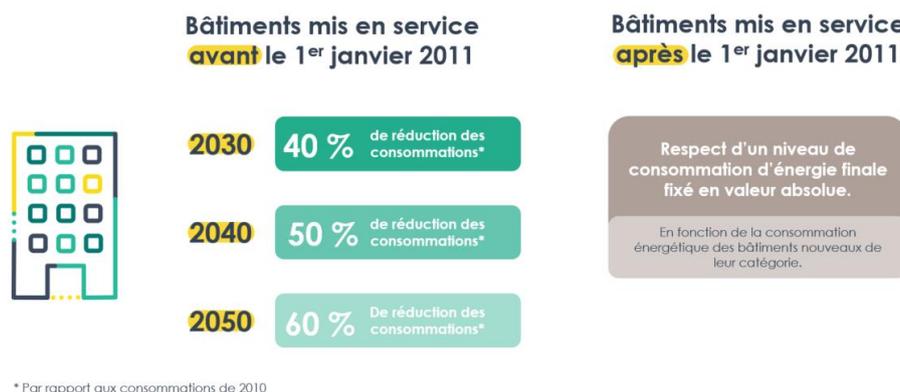


Figure 3: Objectifs nationaux 2030-2050 (ADEME)

3. DEGRES D'APPROFONDISSEMENT DU PROJET

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

Tableau 1 : Degré d'approfondissement du projet

	Mesures/analyses
Approvisionnement énergétique	Analyse de l'évolution de la consommation énergétique en prenant en compte toutes les sources d'énergie du bâtiment (consommations en gaz, électricité, fioul, réseau de chaleur).
Production énergétique	Analyse de l'évolution du taux des énergies renouvelable comme le photovoltaïque et autres.
Consommation énergétique primaire étiquette énergétique	Analyse et évaluation de la performance énergétique de chaque bâtiment du point de vue des consommations énergétiques poste par poste (en kWh énergie primaire /m ² /an) : Etiquette énergie.
Emission de GES	Analyse et évaluation du taux d'émission de gaz à effet de serre dans les communes de l'EMS.
Emission GES étiquette climat	Analyse et évaluation de la performance énergétique de chaque bâtiment du point de vue des émissions de gaz à effet de serre.

4. CALENDRIER DE DEROULEMENT DE STAGE

Le stage s'est déroulé du 10 mai au 24 septembre 2021 suivant le planning suivant :

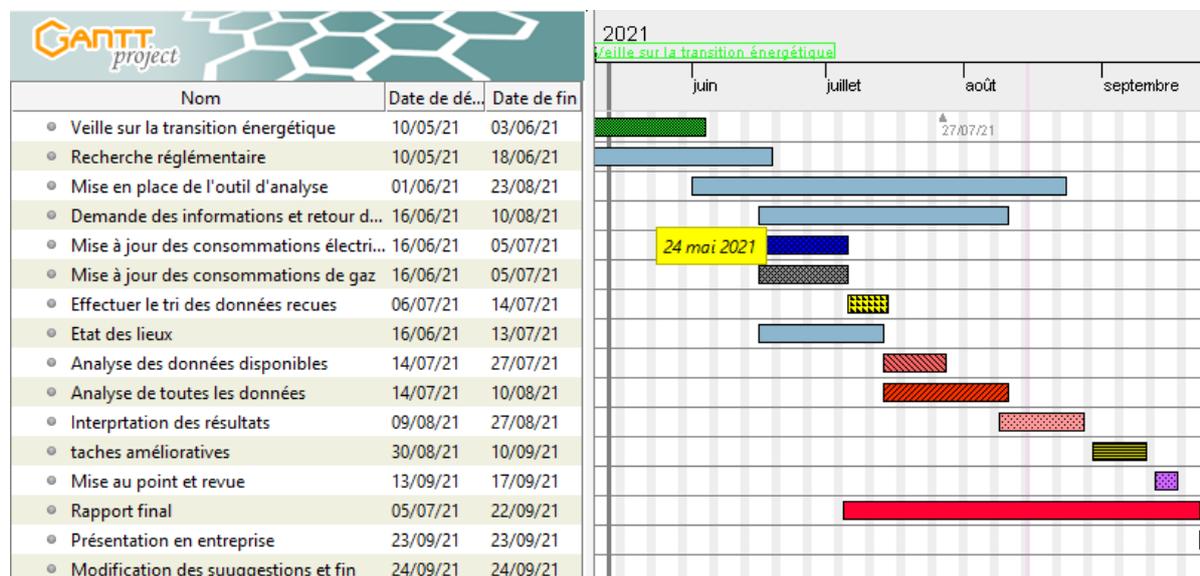


Figure 4 : Calendrier de déroulement de stage

ETAT DES LIEUX DES BATIMENTS

1. BASE DE DONNEES

La réalisation d'un état des lieux efficace et structurée du patrimoine bâti sur les territoires de l'EMS, passe par la mise en place d'une base de données. Cette base de données a en premier lieu demandé une réflexion quant aux informations jugées nécessaires dans une optique d'analyse du patrimoine. Une fois la liste de ces éléments mise en place, leurs obtentions passent par un traitement des données brutes récupérées.

Il a tout d'abord fallu procéder à la récupération des données nécessaires. En effet, certaines informations sont essentielles et constituent le socle sur lequel repose la suite de notre étude :

- ❖ La superficie du bâtiment
- ❖ Les consommations énergétiques, pour tout type d'énergie utilisée (fioul, géothermie...)
- ❖ La date de construction (et de rénovation si elle a eu lieu)

2. COLLECTE D'INFORMATIONS

ES Énergies dispose de données de facturation concernant les bâtiments dont elles assurent l'approvisionnement énergétique, un certain nombre d'informations demandent néanmoins la collaboration des collectivités, notamment la surface du bâtiment, donnée primordiale en vue de réaliser l'état des lieux du patrimoine. De plus, dans le cas de figure où une autre source d'énergie est utilisée, telle que le fioul, le raccordement à un réseau de chaleur, ou encore le recours à des énergies renouvelables, le recensement des données de consommation ne peut se faire sans l'aide des collectivités. Un tableau Excel regroupant l'ensemble des informations manquantes est alors transmis aux communes concernées. Ces tableaux cherchent à recenser de nombreuses informations, qu'elles soient à des fins d'analyse (consommation, surface chauffée, d'autres sources d'énergie) ou à des fins statistiques servant à enrichir la base de données (Date de construction et/ou de rénovation, adresse, caractéristiques de la chaufferie). Concernant la surface du bâtiment, on aurait pu se servir de l'outil de recherche ou de localisation google maps, mais cela restait problématique vu qu'on ne disposait pas en matière de localisation, des informations nécessaires, d'où la nécessité de la demande.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1										Type de contrat:	C5	
2	Commune:			ACHENHEIM		Année:	2020					
3												
4												
5	N° du site	Adresse	Référence EDL	De quel type de bâtiments s'agit-il?	Quelle est la Surface chauffée de chaque bâtiment [m ²]	Y a-t-il eu des travaux de rénovations depuis 2012 ? Si oui quelle était la surface du bâtiment en 2012	Quelle est la consommation de fioul en L [Litres] de chaque bâtiment	Quelle énergie est consommée en réseau de chaleur en [kWh]	Quelle est la production photovoltaïque [kWh]	Quelle est la consommation en Géothermie [kWh]	Avez-vous une source d'énergie autre que celles citées? Si oui, nommer et donner la puissance	Quelle est la surface du/des bassin(s) lorsque le type de bâtiment est une piscine [m ²]
6	1	7 Rue des Tilleuls	654527	Bâtiment administratif	726							
7	2	P1 rue bourgend	630069									
8	3	P1 route de holtzheim	721245									
9	4	2 rue de l'école	724275									
10	5	2 rue de l'école	81585									
11	6	4 rue de l'église	81610									

Figure 5: Modèle de tableau envoyé aux communes pour la collecte d'informations

Pour récupérer les consommations électriques, il a fallu :

- ✚ Se connecter sur l'agence en ligne alicebackoffice ;
- ✚ Rentrer le RTPL (équivalent à l'emplacement de livraison (EDL) ;
- ✚ Télécharger la synthèse énergies de la bonne année

Id do...	Libellé	Référence client	Titulaire	RTPL	Offre produit	Date de début ...	Date de fin de l...	Date de généra...	Statut du docu...
126311	Synthèse Énergies	199220	COMMUNE BISCHHEIM	67043/E1/0667681		31/12/17		25/01/18 12:53...	Généré
482338	Synthèse Énergies	199220	COMMUNE BISCHHEIM	67043/E1/0667681		31/12/20		16/03/21 18:02...	Généré
249493	Synthèse Énergies	199220	COMMUNE BISCHHEIM	67043/E1/0667681		31/12/18		15/03/19 09:47...	Généré
77685	Synthèse Énergies	199220	COMMUNE BISCHHEIM	67043/E1/0667681				3/02/17 14:18...	Généré
395983	Synthèse Énergies	199220	COMMUNE BISCHHEIM	67043/E1/0667681	Tarif bleu	01/01/19	31/12/19	08/04/20 19:49...	Généré

Figure 6: agence en ligne ALICEBACKOFFICE

Pour commencer notre projet, une vue d'ensemble globale est nécessaire pour connaître l'étendu de l'étude et savoir ce dont on dispose afin de connaître ce qu'il nous faut pour mener à bien le projet. Lors de la mise en place de la base de données, Nous avons différencié et traité tous les bâtiments par type d'usage, et chaque type d'usage est associé à une clé d'usage qui est une référence de classification allant de A à F. De plus, les différents critères de performance varient en fonction de la catégorie d'usage des bâtiments. Pour continuer dans la logique de base, on choisit d'utiliser une classification basée sur les données statistiques du CEREN [7]. Ci-dessous, on retrouve l'ensemble des 6 catégories :

Tableau 2 : Décomposition du secteur tertiaire par branche selon le CEREN

Nombres	Types	Clé d'usage
86	<i>Bâtiment Administratif (Mairie, Bureau, Association...)</i>	A
216	<i>Bâtiment d'Enseignement (Écoles « maternelle, primaire », école ...)</i>	B
316	<i>Sportif, loisir, culturel (Stade, Gymnase, Vestiaires, club house, club de tennis...)</i> ;	C
45	<i>Bâtiment résidentiel (Foyer/logement, maison de retraite...)</i>	D
63	<i>Ateliers</i>	E
177	<i>Divers (piscine, hall marché, archive, centre de santé...)</i>	F

Cette catégorisation nous permet alors de trier la totalité des bâtiments étudiés, et d'obtenir une hiérarchisation basée sur des résultats de comparaison mieux maîtrisés.

On précisera néanmoins que les catégories « inconnus » et « longues utilisations » sont mises en place spécialement pour cette étude, afin de répondre aux particularités du patrimoine communal étudié, dont les consommations sont aussi vues et considérées à ces différents points.

Le tableau suivant donne un aperçu général de l'étude et plus de précision pour comprendre les types de contrats.

Tableau 3 : Résumé du nombre de contrats disponible dans notre base de données

Nombre total de site à étudier : 2301			
Type de contrat	Puissance	Réseau	Total de contrat
C5	<36 kVA	Basse tension	1802
C4	>36 kVA	Basse tension	426
C3	<250 kW	Haute tension	29
C2	>250 kW	Haute tension	40

3. L'ETAT ACTUELLE DES CONSOMMATIONS PAR TYPE D'USAGE

Parmi les critères de performance sélectionnés dans notre base de données, on cherche à comparer les valeurs de consommations énergétiques obtenues par rapport à des valeurs cibles. On fait le choix de s'en tenir à des objectifs arbitraires de consommations, donnés selon le type de bâtiment. En partant des objectifs de réduction imposés par la loi ELAN dont seuls les bâtiments de + 2000 m² de surface utile étaient impactés dans la version de 2017. Cela excluait de fait 70 % à minima des locaux tertiaires. Mais dans la version de 2019, tout le monde est impliqué surtout les bâtiments ayant plus de 1000 m², car ils sont soumis à une loi qui les oblige à renseigner leur consommation d'ici septembre 2022, dans la plateforme mise en place par le gouvernement [8] ; amendant ainsi tous ceux qui ne respecteraient pas cette demande. De l'extrait des données statistiques du CEREN on obtient les objectifs suivants :

Tableau 4 : Objectifs des années 2030-2050 en fonction des usages (ADEME2030-2050)

Type d'usage	Référence 2010 (Valeurs CEREN) [kWhEF/m2 .an]	Objectif 2030 (-40%) [kWhEF/m2 .an]	Objectif 2050 (-60%) [kWhEF/m2 .an]
Administratif	274	164	110
Enseignement	145	87	58
Sport-Culture-Loisirs	259	155	104
Logement communautaire	205	123	82
Atelier	-	155	104

TRAITEMENT DE DONNEE ET METHODOLOGIE DE PRODUCTION

1. TRAITEMENT DE DONNEE

La réalisation des différentes analyses énergétiques produites au cours de ce projet de fin d'étude passe par un traitement efficace des informations contenues dans la base de données. Ces résultats doivent mener à une meilleure compréhension des performances du patrimoine, que ce soit dans sa globalité, mais aussi et surtout au cas par cas, c'est à dire bâtiment par bâtiment.

■ Lien avec les diagnostics de performance énergétique

La recherche d'indicateur de performance à inscrire dans notre base de données a mené à la consultation du contenu des diagnostics de performance énergétique (DPE) [9]. Les DPE sont définis comme un document qui comprend la quantité d'énergie effectivement consommée ou estimée pour une utilisation standardisée du bâtiment ou de la partie de bâtiment et une classification en fonction de valeurs de référence afin que les consommateurs puissent comparer et évaluer sa performance énergétique selon l'article 134-1 du code de construction et de l'habitation. Il apparait clairement que leurs contenus s'accordent avec le suivi recherché des performances des bâtiments publics. On fait donc le choix de se baser sur la méthodologie utilisée lors de la réalisation de DPE afin de construire notre base de données ainsi que les fiches d'analyse énergétique du patrimoine. Parmi les points retenus, on retrouve :

- ✚ L'utilisation de la méthode des factures, telle que recommandée lors de la réalisation de DPE pour des bâtiments à usage principal non résidentiel.
- ✚ L'utilisation de critères de performance normalisés et représenté sous la forme d'un classement énergétique et climatique
- ✚ La méthodologie de calcul des différentes valeurs servant à déterminer les performances d'un bâtiment.

Cependant, il convient de préciser que les analyses et suivi de consommation réalisées n'ont en aucun cas la prétention de faire foi de diagnostics de performance énergétique, qui ne sont réalisables que par un professionnel indépendant et satisfaisant à des critères de compétence (Article L271-6 du code de la construction et de l'habitation). De plus, de nombreux point de

divergence sont à noter dans le contenu de nos fiches d'analyse énergétique en comparaison avec le contenu officiel d'un DPE. Du fait du nombre important de bâtiment inscrit dans la base de données, aucune recommandations d'amélioration concernant la gestion des équipements énergétiques ou des travaux spécifiques au bâtiment ne seront proposées sur ces fiches de suivi. De plus, la composition des parois du bâtiment ainsi que les équipements présents sur site ne sont pas recensées dans notre base de données, pour les mêmes raisons que celles cités précédemment.

■ Utilisation de la méthode des factures

La détermination et le calcul des performances énergétiques des bâtiments étudiés se font sur la base des factures énergétiques sur lesquels sont déduites les consommations d'énergie. Cette méthode, qui est utilisée lors de la réalisation de diagnostics de performance énergétique dans la cadre de bâtiment tertiaire, se base sur les relevés de données de consommation lors des 3 dernières années et prend donc en compte le comportement des occupants, à l'inverse de la méthode dite « conventionnelle » ou « 3-CL » qui se base elle sur une estimation théorique. Tout en s'adaptant à l'étendue de la base de données de notre étude, elle permet de prendre en compte l'ensemble des consommations énergétiques du bâtiment tel que le demande l'arrêté du 7 décembre 2007 « Par usage, la moyenne annuelle des quantités d'énergies finales nécessaires à l'éclairage, à la bureautique, au chauffage, à la production d'eau chaude sanitaire, au refroidissement, aux ascenseurs et aux autres usages est déterminée sur la base des relevés de consommation du bâtiment des trois dernières années précédant le diagnostic » [10]. Néanmoins, la récupération des données de consommations sur la base des factures énergétiques ne permet pas d'obtenir une répartition par type d'usage de l'énergie consommée. Aussi, en accord avec l'arrêté cité ci-dessus, on choisira une répartition en fonction du type d'énergie utilisée « Dans le cas où la segmentation par usage des quantités d'énergies finales n'est pas disponible, les moyennes sont indiquées par type d'énergie. ».

Une fois cette première phase terminée, on sait ce dont on dispose comme informations, et on sait de quoi on aura besoin pour la réalisation de l'étude, on peut donc faire la mise au point de l'outil qui nous permettra de faire les analyses. Cette mise au point passe par la connaissance du degré d'approfondissement du projet, de tous les éléments et formules à prendre en compte pour une bonne analyse de l'évolution des consommations énergétique et d'émission de gaz à effet de serre.

■ Utilisation des critères de performance inscrit dans les DPE

Afin de respecter une certaine cohérence des résultats obtenus par rapport à d'autres études ayant déjà pu être réalisées, permettre une base de comparaison et mettre en place des indicateurs de performance adaptés et normalisés, on fait le choix de se tourner vers les critères des étiquettes énergétiques et climatiques telles que l'on retrouve communément lors de la réalisation de Diagnostic de Performance Énergétique (DPE).

En accord avec les critères de classement, les consommations répertoriées sur les étiquettes énergétiques seront données en kWhEP/m² Sth.an tandis que les émissions de gaz à effet de serre (GES) seront proposées en kgCO₂/m² .an.

1.1 FACTEURS DE CONVERSION DES ENERGIES

L'extraction des données de consommation par le biais de la méthode des factures implique que les quantités d'énergie ainsi récupérées sont généralement données en :

- kWh (PCS) pour le gaz
- Litres pour le fioul domestique
- Tonnes pour le bois

IL est important de préciser que les valeurs sur les factures sont en PCS c'est-à-dire en pouvoir calorifique supérieur. Or, pour les calculs de performance énergétique des bâtiments, c'est le PCI (pouvoir calorifique inférieur) qui est pris en compte. En effet, le PCS prend en compte la chaleur dans les fumées alors que le PCI n'en tient pas compte. Il faut donc diviser le PCS par 1,11 afin de trouver le PCI dans le cas du gaz naturel.

Pour ce faire on utilise les facteur de conversion des énergies suivant :

Tableau 5 : facteur de conversion des énergies primaires

Énergies	En kWh (PCI)
<i>Gaz</i>	<i>KWh (PCS) : 0,9</i>
<i>Fioul</i>	<i>Litres : 1,11</i>
<i>Bois</i>	<i>Tonnes</i>

1.2 DETERMINATION DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE PRIMAIRE

Si les consommations répertoriées sur les factures sont données en kWhEF (kWh énergie finale), les étiquettes énergétiques sont basées sur des consommations d'énergie primaire en kWhEP (kWh énergie primaire). On utilise alors les coefficients de conversion tel que défini

dans la RT 2012. Exception faite de l'électricité, ces facteurs de conversion ne tiennent cependant pas compte des problématiques d'extraction, de transformation et de transport.

1.3 DETERMINATION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Concernant la détermination de la quantité de gaz à effet de serre émit par les bâtiments à l'étude, on se base sur des coefficients fournis par la Base Carbone de l'ADEME [11]. La Base Carbone est une base de données publiques de facteurs d'émissions nécessaires à réalisation d'exercices de comptabilité carbone. Elle catégorise les émissions de gaz à effet de serre en 3 catégories : Scope 1, Scope 2 et Scope 3.

- La catégorie Scope 1 correspond aux émissions directes, c'est-à-dire physiquement produite par une activité. Dans le cas de notre étude, ces émissions sont celles dues à la combustion d'un combustible. Elle prend, de plus, en compte les émissions en amont de l'utilisation du combustible c'est-à-dire celles en lien avec la mise à disposition du dit combustible (extraction, transformation, transport et distribution). On a donc une analyse de l'entièreté du cycle de vie du combustible, ce qui est primordial dans une optique de transition énergétique.

Tableau 6 : Facteur d'émission de GAS en fonction du combustible considéré (source : ADEME)

Combustible	Total amont + combustion (kgCO _{2e} par ... PCI)				
	GJ	kWh	tep	kg	litre
Pétrole brut	79,8	0,287	3351	3,36	3,03
Fioul domestique (FOD)	89,6	0,323	3763	3,85	3,26
Fioul lourd (FOL)	91,0	0,327	3820	3,64	3,27
Essence pure	88,6	0,319	3720	3,90	2,91
Diesel / gazole pur	91,6	0,329	3845	3,86	3,24

La catégorie Scope 2 correspond aux émissions indirectes liées à l'énergie, notamment celles dont les émissions ne sont pas émises sur le lieu de consommation mais sur celui de production. On parle donc ici des émissions de gaz à effet de serre associées au réseau de chaleur et de froid mais aussi à l'électricité. Dans le cas de l'électricité, une problématique supplémentaire se pose. En effet, les données utilisées afin de relever les consommations énergétiques et donc d'estimer les émissions de GES ne précisent pas de valeurs de consommation détaillées en fonction du poste de consommation. On pourrait opter pour une valeur moyenne d'émission pour tous les usages, fixée à 0,06 kgCO₂/kWh. Cependant cette valeur ne permet pas d'avoir des résultats

précis. Une autre méthode, décrite dans un guide publié par l'ADEME, présente une répartition de la consommation d'électricité par secteur d'activité et par usage, notamment dans le cadre des bâtiments tertiaire [12].

De plus, la « Base Carbone » indique des facteurs d'émissions par usages pour l'électricité. Ces facteurs d'émissions mis à jour annuellement, couplés avec les données de répartition de consommation, vont nous permettre d'obtenir une estimation plus fine des émissions de GES liées à la consommation d'électricité.

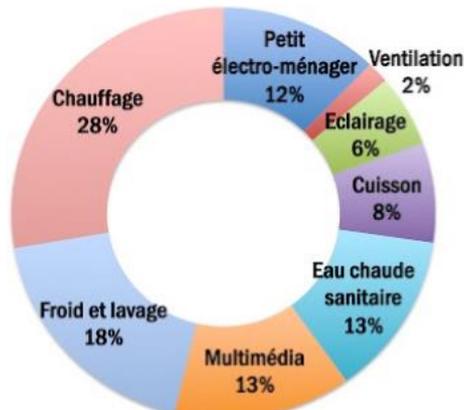


Figure 7: Part relative des différents profils d'usages de l'électricité source RTE et ADEME

- Enfin les émissions liées au Scope 3, c'est-à-dire toutes les autres émissions indirectes, comme le transport de marchandises, de personnes ou encore le traitement des déchets, ne sont pas prises en compte dans l'étude ici réalisée. De la même manière, le calcul des émissions de gaz à effet de serre en kgCO_2/m^2 .an permet par la suite de déterminer le classement climatique du bâtiment étudié, en se basant sur les critères de performances que l'on retrouve communément lors de la réalisation de DPE.

1.4 CALCUL DES CONSOMMATIONS DITES CORRIGÉES DU CLIMAT

La consommation d'énergie pour le chauffage est plus forte quand l'hiver est plus rigoureux. C'est une évidence qui ne présente pas un grand intérêt pour l'analyse dans la mesure où elle ne traduit pas un changement des comportements. Pour mieux analyser les évolutions, on calcule des consommations « corrigées du climat » (primaire et finale). C'est-à-dire qu'on essaie d'évaluer ce qu'aurait été la consommation si les températures avaient été « normales ». On obtient un résultat théorique, qui dépend de la méthode utilisée et qui complète la consommation « réelle », celle qui est observée.

Tableau 7 : Coefficients par énergie pour le secteur tertiaire

Secteur	Source d'énergie (de chauffage)	Énergie (de chauffage) ρ [%]
Tertiaire	Gaz naturel	63
	Électricité	9
	Fioul	Fioul 60
	Énergies renouvelables	70

1.5 MODELE ET FORMULE DE CALCULS

Dans cette sous-partie, nous nous attacherons à décrire l'ensemble des formules de calcul utilisées dans notre base de données lors de la transformation des données brutes de consommation en indicateur de performance énergétique. Afin d'éviter toute ambiguïté avec d'autres indicateurs de performance existant, nous utiliserons donc le terme de Consommation Globale (C_g).

- 1) Calcul de la consommation globale en énergie finale (C_{gEF})

$$C_{gEF} [\text{kWh}_{EF}/\text{m}^2 \cdot \text{an}] = \frac{C_{elec} + C_{gaz} + C_{fioul} + C_{RC} + C_{ENR}}{S}$$

Avec : C_{elec} : consommation annuelle d'électricité [kWh_{EF}]

C_{gaz} : consommation annuelle de gaz [kWh_{EF}]

C_{fioul} : consommation de fioul [kWh_{EF}]

C_{RC} : consommation annuelle issue des réseaux de chaleur [kWh_{EF}]

C_{ENR} : consommation d'énergie renouvelable [kWh_{EF}] (Bois, granulés, géothermie...)

S : surface utile du bâtiment [m^2]

- 2) Calcul de la consommation globale en énergie primaire (C_{gEP})

$$C_{gEP} [\text{kWh}_{EP}/\text{m}^2_{sth} \cdot \text{an}] = \frac{C_{elec} * \epsilon_{elec} + C_{gaz} * \epsilon_{gaz} + C_{fioul} * \epsilon_{fioul} + C_{RC} * \epsilon_{RC} + C_{ENR} * \epsilon_{ENR}}{S_{Th}}$$

Avec :

ϵ_x : coefficient de conversion entre énergie primaire et énergie finale pour les différentes ???

P_{ENR} : production annuelle d'électricité dites « à demeure » [kWh]

S_{Th} : surface thermique du bâtiment au sens de la réglementation thermique [m^2]

3) Calcul de la quantité de gaz à effet de serre émise

Pour déterminer les émissions de gaz à effet de serre, on réalise un bilan carbone, donné en [kgCO2/m2 Sth.an] à l'aide de la formule suivante :

$$BC = BC_{elec} + \frac{C_{gaz} * \lambda_{gaz} + C_{fioul} * \lambda_{fioul} + C_{RC} * \lambda_{RC} + C_n * \lambda_n}{S_{Th}}$$

Avec :

λ_x : facteur d'émission des différentes énergies considérées [kgCO2/kWhEF] (annexe III).

Pour ce qui est du bilan carbone, La détermination des émissions de GES liées à la consommation d'électricité est réalisée à l'aide de la formule suivante :

$$BC_{elec} = \frac{* 0,75 * (\vartheta_{chaud} * \epsilon_{chaud_x} + \vartheta_{ECS} * \epsilon_{ECS_x} + \vartheta_{clim} * \epsilon_{clim_x} + \vartheta_{autre} * \epsilon_{autre_x})}{S_{Th}}$$

Avec :

ϑ_{chaud} : part relative du chauffage dans la consommation d'électricité

ϑ_{ECS} : part relative de l'ECS dans la consommation d'électricité

ϑ_{clim} : part relative de la climatisation dans la consommation d'électricité

ϑ_{autre} : part relative d'usages dit « autres » dans la consommation d'électricité

ϵ_{chaud_x} : contenu GES de la part relative du chauffage dans la consommation d'électricité pour une année donnée

ϵ_{ECS_x} : contenu GES de la part relative de l'ECS dans la consommation d'électricité pour une année donnée

ϵ_{clim_x} : contenu GES de la part relative de la climatisation dans la consommation d'électricité pour une année donnée

ϵ_{autre_x} : contenu GES de la part relative d'usages dit « autres » dans la consommation d'électricité pour une année donnée

NB : ES Énergies garantissant 25% d'énergie électrique d'origine renouvelable dans sa fourniture d'électricité, seul 75% de la consommation d'électricité est ici prise en compte.

4) Calcul de la consommation corrigée du climat

$$Conso_{corrigée} = \frac{Conso_{réelle\ x}}{1 - \rho + \rho * \left(\frac{DJU_x}{DJU_{ref}}\right)}$$

Avec :

$Conso_{réelle\ x}$: Consommation réelle à l'année x. Pour notre cas, il s'agit de l'année de l'étude 2020.

DJU_x : Degré jour unifié de la période considérée

DJU_{ref} : Degré jour unifié de référence pour l'année considéré

ρ : Référence en fonction de l'énergie utilisée

2. METHODOLOGIE DE PRODUCTION

Il s'agit de fournir à toute collectivité engagée dans le cadre de l'appel d'offre pour la fourniture de gaz et d'électricité, un suivi annuel des consommations de ses bâtiments. Sa réussite repose donc en parti sur la transmission des résultats obtenus au cours de ce suivi. La forme, présentée précédemment, donnée à la restitution de ce travail implique une personnalisation de cette restitution, par commune, et par bâtiment. Les fiches d'analyse et de suivi obtenues sont donc uniques. Néanmoins, le nombre important de bâtiment inscrit dans la base de données impose la prise en compte de nouvelles problématiques, à savoir le temps nécessaire à la réalisation de ces fiches et la méthode de production de ces dernières. Ces nouvelles problématiques ont amené la réflexion sur la recherche d'un moyen d'automatisation totale de la production des livrables qui doivent être remis aux communes. Ainsi, d'un suivi des performances du patrimoine, est née la nécessité de créer un outil de production et d'analyse des consommations. Cette automatisation permet un gain de temps considérable en supprimant l'une des parties les plus chronophages de la restitution du suivi des consommations, en plus de simplifier la production de l'ensemble des documents de restitution.

1.6 AUTOMATISATION DE LA CREATION DES LIVRETS

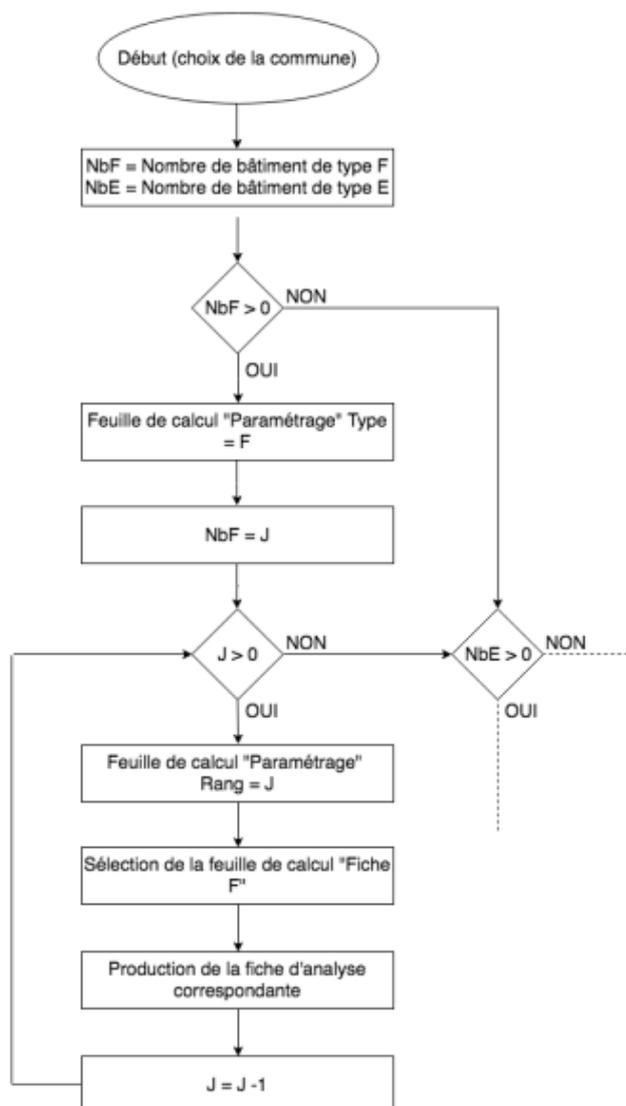
La mise en place de cet outil se fait de la façon suivante. Lors de l'ajout d'un site au fichier Excel, différents compteurs sont mis à jour afin de pouvoir identifier chaque bâtiment, de les classer et de faciliter l'extraction des résultats depuis la base de données vers les fiches d'analyse. Ces compteurs dépendent de la commune, du type de bâtiment, ou encore de l'ordre dans lequel ils ont été ajoutés à la base de données (notion portant ici le nom de « rang »). Par exemple, le bâtiment « C-STRASBOURG6 » correspond au sixième bâtiment de type C de la ville de Strasbourg ajouté à notre base de données. De plus, afin de proposer le futur classement d'un bâtiment sur l'ensemble du patrimoine de l'EMS concerné, un second compteur ne tenant pas compte de la commune est créé. En reprenant l'exemple précédent, le bâtiment est alors associé au compteur « C70 », ce qui signifie qu'il est le 70ème bâtiment de type C dans la liste de la base de données. Une feuille de calcul « paramétrage » est ensuite créée et dédiée à la

sélection des bâtiments. C'est à partir de cette feuille que l'on décide de quel bâtiment on souhaite obtenir une analyse énergétique. On utilise alors le premier compteur introduit précédemment. Sur cette feuille de calcul, on sélectionne la commune dans laquelle se trouve le bâtiment que l'on souhaite étudier, ainsi que le type, et le rang. Si ce compteur est essentiel afin de sélectionner le bâtiment voulu, il reste néanmoins peu pratique à manier lors de son utilisation sur les différentes fiches de suivi. Aussi, afin d'éviter d'avoir à travailler avec des compteurs trop encombrants, mais aussi pour permettre une meilleure navigation dans la base de données, on associe chaque bâtiment à une référence chiffrée, qui correspond à son positionnement dans la liste des bâtiments étudiés. Cette référence est ensuite appelée sur les fiches d'analyse à l'aide du compteur précédent. Elle permet uniquement de faciliter l'exportation des données depuis la base de données vers les fiches correspondantes. En effet, chaque typologie d'utilisation du bâtiment possède sa propre feuille de calcul, qui contient la fiche d'analyse et de suivi énergétique qui sera produite et qui regroupe des informations et des caractéristiques propres à chaque type d'usage. Une fois les informations entrées dans la feuille « paramétrage », il suffit alors de sélectionner la feuille de calcul adéquate pour obtenir la fiche résultante. Tout est alors « automatisé ». L'ensemble des données et des informations concernant le bâtiment sont mis à jour directement sur la feuille de calcul correspondante par le biais de la référence chiffrée. Elles sont ensuite directement retranscrites sous forme de graphique sur la fiche d'analyse énergétique associée. De plus le positionnement du bâtiment au sein du classement des sites de même usage est mis à jour à l'aide du second compteur présenté précédemment. L'ensemble des bâtiments de l'usage sélectionné sont appelés, classés en fonction de leurs performances énergétiques, mais aussi en fonction de leurs taux d'émission de GES. Le bâtiment sélectionné ainsi que son classement sont identifiés à l'aide de la référence chiffrée. Toutes ces informations sont ensuite retranscrites sur les deux graphiques correspondants et présentés précédemment.

1.7 FONCTIONNEMENT DE L'ALGORITHME D'AUTOMATISATION

Diverses macros sont créées afin d'automatiser et de faciliter la production des différentes feuilles de calcul. Parmi elles, la macro « CREAMFICH », qui prend en charge l'automatisation de la création des différentes fiches du rapport. L'utilisateur sélectionne tout d'abord, sur la feuille de calcul « paramétrage », la commune dont il souhaite produire le livrable. La macro est ensuite exécutée via un bouton dit « contrôle de formulaire ». Toute l'automatisation de la production repose alors sur la feuille de calcul « paramétrage », puisque comme décrit

précédemment, c'est à partir de cette feuille que chaque site est sélectionné et que la mise à jour de la fiche de suivi correspondante est réalisée. L'organigramme de programmation ci-contre reprend le principe de la macro « CREAMFICH ».



L'organigramme ici affiché ne présente qu'une partie succincte de l'algorithme mis en place qui se déroule comme suit :

1. Pour chaque typologie d'utilisation, le nombre de bâtiment construit sur le territoire d'une même commune est associé à une variable désignée par le terme Nbx .
2. Si aucun bâtiment du type sélectionné n'est recensé dans la commune, l'algorithme passe au type d'usage suivant, effectue la même vérification et ainsi de suite.
3. Si la collectivité possède des bâtiments du type sélectionné ($Nbx > 0$), la suite de l'algorithme est exécutée. On remplace alors le contenu de la cellule associée au critère « type » par la dénomination correspondante (A, B, C, D, E ou F) mais aussi (L et I) lorsqu'ils existent.

4. On associe ensuite à une variable J le nombre de bâtiment de la typologie sélectionné (NbF = J)
5. A cet instant, la variable J est donc supérieure à 0, et la suite de l'algorithme se met en place.
6. On remplace alors le contenu de la cellule associée au rang par la variable J, ce qui permet d'isoler un à un les bâtiments correspondants grâce au compteur précédemment mis en place.
7. En fonction du type d'usage considéré, on produit alors la fiche d'analyse énergétique, grâce aux différentes feuilles de calcul associées. Cette fiche est ensuite exportée et copiée dans un nouveau tableur Excel qui regroupe l'ensemble des fiches d'analyse énergétiques d'une même commune.
8. La valeur de J est alors réduite d'une unité à chaque incrémentation. On répète l'opération, jusqu'à ce que la variable J soit nulle, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'ensemble des bâtiments du type sélectionné ai été traité. A partir de là, l'algorithme passe à la catégorie d'usage suivant, et la même boucle de production se répète.
9. La partie production des fiches d'analyse énergétique ne sera pas décrite en détail ici. Comme précisé précédemment, l'intégralité des données est automatiquement mise à jour sur les feuilles de calcul correspondantes lorsque les différentes variables sont modifiées. Cette partie de l'algorithme sert donc principalement à la mise en forme de la feuille de calcul avant exportation. D'une volonté de suivi des consommations énergétiques du patrimoine bâti de l'EMS, a vu le jour un outil de production du suivi et du classement des performances énergétiques du patrimoine. Cet outil qui ne se base que sur une extraction des factures énergétiques des bâtiments permet à présent de produire et de communiquer sur l'évolution des consommations tout en classant l'ensemble des bâtiments étudiés selon leurs performances.

RESULTATS ET ANALYSE DE DONNEES

1. RESULTATS

A partir de l'ensemble des indicateurs de performance maintenant déterminés, il est possible de procéder à la réalisation et à la production des fiches d'analyse. Ces fiches, à destination des collectivités et de leur représentant, regroupent l'ensemble des informations essentielles à une

bonne compréhension du profil de consommation énergétique, mais aussi d'émission de GES du bâtiment. Destinées à des personnes n'étant pas forcément familiarisés avec les notions du domaine de l'énergie, les fiches ainsi produites se veulent avant tout accessibles à tous. Leur création a donc demandé une approche particulière en termes de communication des résultats, qui doit se faire de façon simple et pédagogique. Chaque bâtiment possède sa propre fiche de synthèse. Ces fiches sont ensuite regroupées, par commune dans un livret qui est alors transmis aux différents destinataires dans les communes. Ce livret comprend :

- ✚ Un récapitulatif de la consommation totale de la commune
- ✚ Un glossaire
- ✚ Une aide à la sélection et à la mise en place d'un plan d'action
- ✚ Une fiche d'analyse par bâtiment étudié

1.81.1 FICHE RECAPITULATIVE DES CONSOMMATIONS DE LA COMMUNE

La fiche ci-dessous, est la première page après la page de garde correspondant au bilan énergétique global de la commune du patrimoine de la collectivité étudiée. J'ai élaboré cette fiche dans le but de permettre aux communes d'avoir tout d'abord une vue d'ensemble sur les consommations de leur bâtiment en prenant en compte toutes les énergies disponibles. Elle présente tout d'abord le nombre de bâtiments dont les données ont été analysé car, tous les bâtiments n'ont pas pu être analysé par manque de données (1). A partir de là, ils doivent pouvoir suivre l'évolution total des consommations énergétiques associées à ces bâtiments. C'est dans cette optique que sont affichés les évolutions de consommations énergétiques (2) mais aussi d'émissions de gaz à effet de serre au cours des 3 dernières années (3).

C'est l'ensemble des formules et loi mis à jour qui a permis d'obtenir une fiche synthétique et concordante avec les demandes et besoins des collectivités. Je fais donc le choix de proposer ces valeurs sous forme de graphique, retraçant l'historique des consommations et des émissions de GES sur la période considérée et présentant leurs répartitions en fonction du type d'énergie utilisé. Cette répartition est complétée par une analyse plus détaillée des consommations de l'année passée.

Les différents destinataires de ce livret doivent pouvoir évaluer si les consommations énergétiques de leur patrimoine vont dans le sens des engagements pris, notamment dans le cadre des PCAET et de la réglementation thermique en vigueur, pris dans notre étude en référence de la RT 2012 car tous les bâtiments ont été construites et rénovés sous les exigences de cette réglementation. Cette page leur permet donc d'analyser si l'ensemble des mesures

prises dans le cadre de la transition énergétique portent leurs fruits d'un point de vue global, ou si à l'inverse les consommations énergétiques ont augmenté d'une année sur l'autre auquel cas des actions doivent être mises en place, bien que par rapport aux objectifs nationaux, des mesures de correction s'imposent.

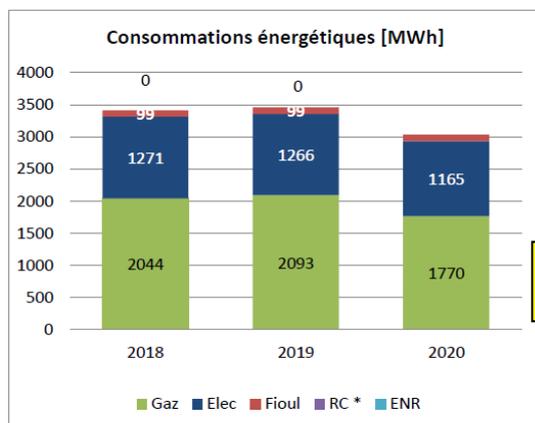
15 bâtiments étudiés

Bâtiment	Nombre
Bâtiments Administratifs	1
Bâtiments d'enseignement	6
Sport-Loisir-Culture	7
Ateliers	1

1

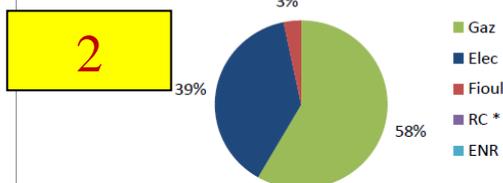
Bilan des Energies

Bilan Energétique

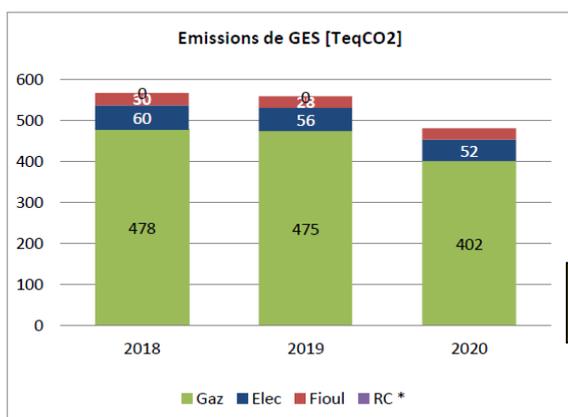


2018	2019	2020
-1,9	1,3	-12,3

Répartition des consommations énergétique sur l'année 2020

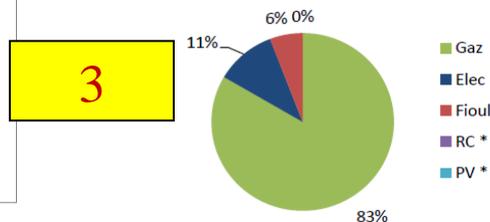


Bilan Carbone



2018	2019	2020
4,1	-1,5	-13,9

Répartition des émissions de gaz à effet de serre sur l'année 2019



(*) RC : Réseau de Chaleur

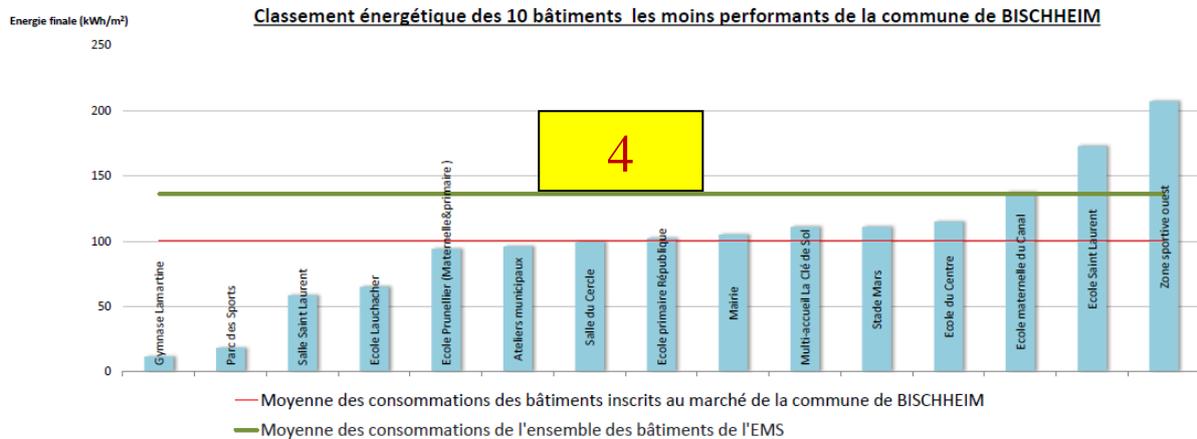
(*) PV: Panneau photovoltaïque

Figure 8: Fiche récapitulative des consommations de la commune

1.2 FICHE D'AIDE A LA MISE EN PLACE D'UN PLAN D'ACTION

L'un des objectifs principaux de l'analyse énergétique du patrimoine bâti du territoire de l'EMS est de permettre aux acteurs concernés par la transition énergétique dans les collectivités de mettre en place des plans d'actions afin de diminuer leurs consommations énergétiques. Le livrable produit au cours de ce projet se base tout d'abord sur une analyse, bâtiment par bâtiment des communes tel que sur la figure ci-dessous. Cette analyse a ensuite permis une étude transverse entre collectivités. Néanmoins, il est apparu qu'aucune information ne permettait aux collectivités de classer leurs propres bâtiments entre eux. Ce classement est pourtant essentiel. Il doit pouvoir aider à la mise en place d'un plan d'action au sein même de la commune, de cibler les bâtiments les plus énergivores, mais aussi de mettre en avant les plus vertueux. D'où la fiche qui, en plus de proposer un classement des bâtiments au sein même d'une collectivité, fait aussi office d'aide à la sélection quant aux bâtiments à cibler. Dans cette fiche, j'ai tout d'abord donnée un classement « brut » de l'ensemble des bâtiments. Ce classement ne tient pas compte des types d'usages et doit simplement permettre par le biais d'une simple lecture d'identifier les bâtiments les plus consommateurs. Afin de donner différents points de repères faisant office de valeurs de « références », la moyenne des consommations des bâtiments inscrits au marché de la commune en question ainsi que la moyenne des consommations de l'ensemble des bâtiments de l'EMS sont affichées. Par la suite, un classement par « Suggestion d'ordre de priorité d'intervention » est donné (4). Ici, on s'attache à mettre en évidence les bâtiments étant les plus éloignés des objectifs de consommations énergétiques fixés à l'horizon 2030. Ce classement n'est pas nécessairement le même que celui proposé plus haut. En effet, un bâtiment peut être un des plus gros consommateurs d'une collectivité (par exemple une salle de sport) sans pour autant être très éloigné des objectifs de consommations qui sont, pour rappel, propres à chaque type d'usage. En parallèle de ce classement, le pourcentage d'écart entre les consommations énergétique du bâtiment et la moyenne de consommation des bâtiments du même type inscrit au marché de l'EPCI est estimé. Cette estimation doit permettre une étude transverse entre collectivité comme souhaité par l'ensemble des acteurs présents aux différentes réunions du groupe de travail « Énergie », et à qui ce livret sera remis. Enfin, l'année de construction des différents sites en question est donnée. Cette information est une aide à la catégorisation du cas de figure dans lequel le bâtiment se trouve. Si la date de construction est ancienne et que le bâtiment se situe dans notre classement, il est probable qu'il soit nécessaire d'envisager des travaux de rénovation par exemple. Une analyse du patrimoine en fonction des émissions de gaz à effet de serre des

bâtiments est ensuite proposée (5).

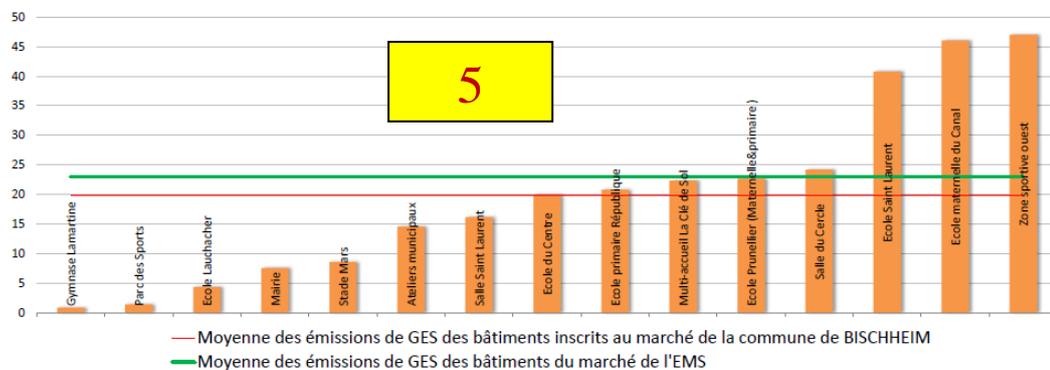


Moyenne des consommations énergétiques de la commune de BISCHHEIM = 100 kWhEF/m².an

Suggestion d'ordre de priorité d'intervention*	Pourcentage d'écart par rapport :		Année de construction / Rénovation
	aux objectifs 2030 par type de bâtiment	à la moyenne de l'EMS pour chaque type de bâtiment	
Zone sportive ouest	58 %	64 %	2005 / -
Ecole Saint Laurent	32 %	34 %	- / -
Ecole maternelle du Canal	5 %	7 %	- / -
Ecole du Centre	-12 %	-11 %	2014 / -
Stade Mars	-15 %	-12 %	1979 / -

* : Hors piscine

Classement climatique des 10 bâtiments les moins performants de la commune de BISCHHEIM



Moyenne des émissions de gaz à effet de serre de la commune de BISCHHEIM = 20 kgCO2eq/m².an

Classement par taux d'émission	Pourcentage d'écart par rapport à la moyenne de la commune	Pourcentage d'écart par rapport à la moyenne de l'EMS
Zone sportive ouest	137 %	105 %
Ecole maternelle du Canal	132 %	100 %
Ecole Saint Laurent	106 %	77 %
Salle du Cercle	22 %	5 %
Ecole Prunellier (Maternelle&primaire)	14 %	-1 %

Figure 9: Fiche d'aide à la mise en place d'un plan d'action

1.91.3 FICHE D'ANALYSE PAR BATIMENT

L'intérêt principal de la mise en place d'une base de données contenant l'ensemble des consommations énergétiques sur les 3 dernières années des bâtiments étudiés est de permettre un suivi, bâtiment par bâtiment, des consommations énergétiques. Les fiches d'analyse énergétique, une par bâtiment étudié, doivent donc mettre en avant les caractéristiques de chacun d'entre eux. On commence tout d'abord par donner des informations générales sur le bâtiment (6).

On présente ensuite l'évolution des consommations et des émissions de gaz à effet de serre (7). Ces données, récupérées comme expliqué plus tôt dans ce rapport, doivent permettre un suivi des consommations énergétiques du bâtiment. Le raisonnement en énergie finale n'est pas sans intérêt : les consommations en énergie finale correspondent à la consommation « réelle », effectivement facturée et relevée au compteur ; elle ne prend pas en compte les pertes de distribution. Par souci de rigueur, le raisonnement en énergie finale n'est utilisé qu'à l'échelle d'un bâtiment. Il faut que l'utilisateur de cette fiche puisse comprendre aisément si le bâtiment en question a, par exemple, vu ses consommations énergétiques augmenter d'une année à l'autre, afin de pouvoir s'intéresser aux raisons de cette hausse. De la même façon, la présentation de l'évolution des consommations doit permettre, dans le cas d'une rénovation par exemple, d'analyser les résultats mais aussi de confirmer les gains énergétiques attendus suite à des actions d'amélioration énergétique. Le même type d'analyse peut être fait en termes d'émission de gaz à effet de serre. Il est doit être possible pour l'utilisateur de suivre l'évolution des émissions de gaz à effet de serre d'une année sur l'autre, notamment dans le cas d'un changement de méthode de production de chaleur ou lors du raccordement à un réseau de chaleur par exemple. En accord avec un autre volonté exprimée par les collectivités, une comparaison de leurs bâtiments par rapports à ceux d'autres communes est mise en place (8). Je fais ensuite le choix d'utiliser les critères de performances issus des diagnostics de performance énergétique (9). Comme expliqué précédemment, il s'agit surtout d'utiliser des indicateurs de performances répandus dans l'esprit collectif et qui, de ce fait, parlent au plus grand nombre. Pour autant, il ne doit pas être assimilé à un vrai diagnostic de performance énergétique. Pour éviter toute confusion une réflexion est portée sur la présentation de ce classement. Tout en conservant le code couleur, on choisit donc de modifier l'agencement et la présentation de l'étiquette. Plusieurs versions ont été testé, avant d'aboutir à un classement sous forme de bande horizontale fléchée, qui permet un gain de place tout en s'agencant dans la fiche d'analyse énergétique, sans pour autant perdre en compréhension.

Mairie

Type de bâtiment : **Mairie**
 Adresse : **37 route de Bischwiller**

Contrat d'électricité : **C4**
 Surface (m²) : **1 300**
 Année de construction : **1890**
 Année de rénovation :

6

PRODUCTION (2019)

PHOTOVOLTAIQUE
 NON

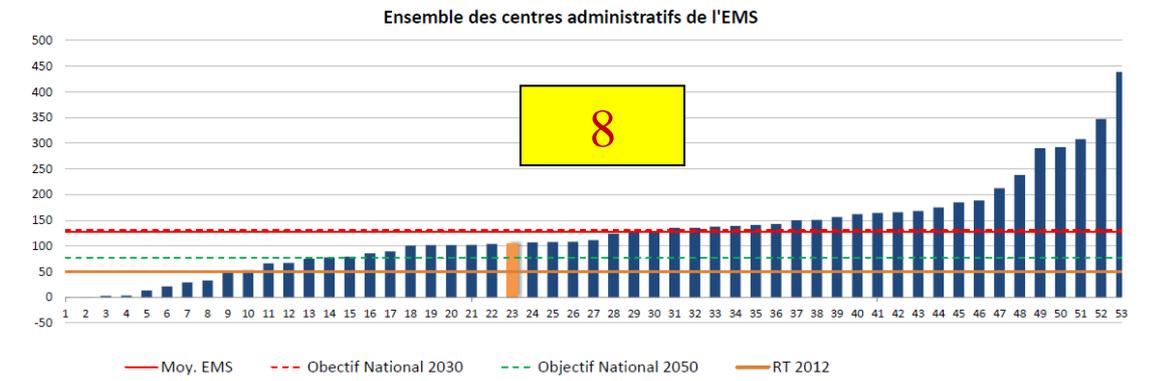
Evolution des consommations et des émissions de GES



Consommation énergétique du bâtiment en kWh_{EF}/m².an

Votre bâtiment en 2020 : 105 kWh_{EF}/m².an

Rang 23 sur 55



155 [kWhEF/m²SHONRT.an] (Moyenne sur 3 ans)

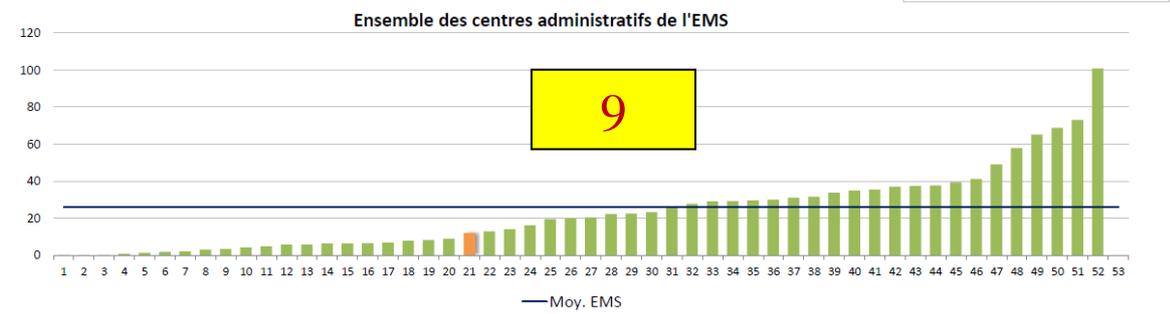
Classement énergétique

Les critères de classement énergétique varient en fonction du type de bâtiment

Emission de GES en kgCO_{2eq}/m².an

Votre bâtiment en 2020 : 12 kgCO_{2eq}/m².an

Rang 21 sur 55



14 [kgCO_{2eq}/m².an] (Moyenne sur 3 ans)

Classement climat

Les critères de classement climatique varient en fonction du type de bâtiment

Figure 10 : Fiche d'analyse par bâtiment

2. ANALYSE DE DONNEES

L'ensemble des données qui ont pu être récupérées tout au long de ce projet de fin d'étude figurent dans la base de données créée. Cette base de données renseigne donc sur les caractéristiques de plus de 2301 bâtiments, de taille, de typologie d'usage, ou encore de moyen de chauffage différents. Il est alors intéressant de réaliser une étude plus poussée de cette base de données, afin de rendre compte des particularités du patrimoine ainsi analysé via une étude statistique. Les résultats de cette étude, transmis aux collectivités, s'inscrivent dans notre démarche de soutien à la mise en place des PCAET.

1.10 ANALYSE SUR LES 03 DERNIERES ANNEES

Avant de procéder à une analyse sur le plan énergétique, il est intéressant de regarder plus en détail la composition de la base de données mise en place lors de ce projet de fin d'étude. Le résumé des contrats étudiés est résumé dans la partie précédente. En rappel nous avons au total 2301 bâtiments de l'EMS étudiés dans la base de données. Les moyennes des consommations et des émissions de gaz à effet de serre de l'EMS sont les suivantes :

Tableau 8 : Moyennes des consommations et des émissions de gaz à effet de serre sur le territoire de l'EMS

<i>Ems</i>	Moyenne des consommations de l'ensemble des bâtiments de l'EPCI [kWhEF/m2 .an]	Moyenne des émissions de GES de l'ensemble des bâtiments de l'EPCI [kgCO2/m2 .an]
2018	188	23
2019	144	23
2020	136	23

1.11 ANALYSE PAR ANNEE DE CONSTRUCTION

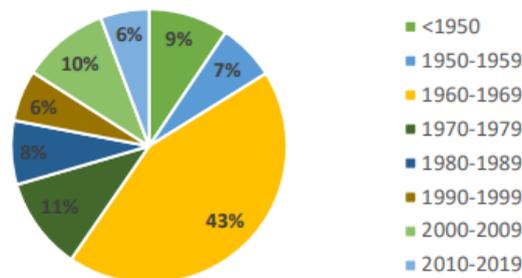


Figure 11 : Répartition des bâtiments étudiés en fonction de leur année de construction

On remarque tout d'abord que la plus grande partie des bâtiments du patrimoine étudié a été construite durant la période 1960-1969 (43%). Les bâtiments récents, c'est-à-dire ayant moins d'une dizaine d'années (2010-2019) représente 6% du parc des collectivités. A l'inverse, les

bâtiments datés d'avant 1950 représentent 9% de cet ensemble. On constate donc le patrimoine des collectivités est vieillissant, puisque plus de 59% des bâtiments sont datés d'avant la première réglementation thermique française datant de 1974. L'étude du patrimoine par rapport à l'année de construction des bâtiments peut être étendue à une analyse de la répartition des consommations selon l'âge de ces bâtiments.

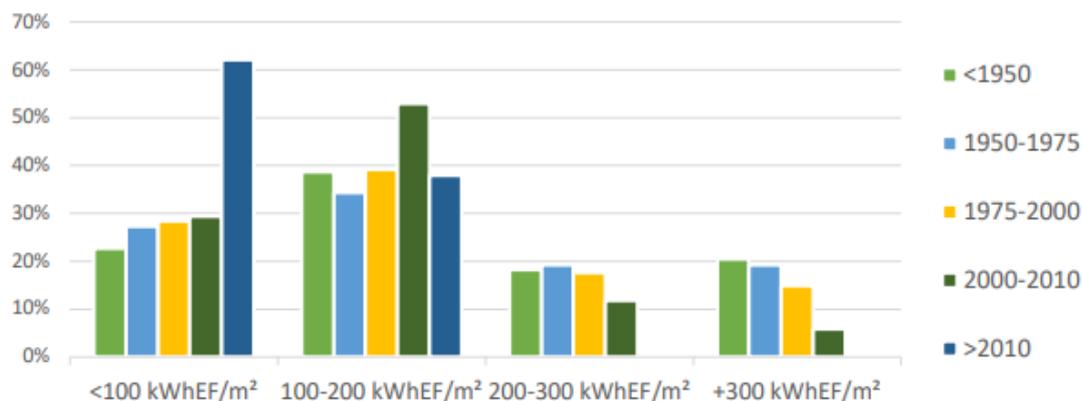


Figure 12 : - Répartition des consommations en fonction de l'année de construction

On constate tout d'abord que cette répartition suit la logique attendue. 39% des bâtiments construits entre 1975 et 2000 consomment entre 100 et 200 kWhEF/m².an. Cette valeur augmente jusqu'à 53% pour les bâtiments construits entre 2000 et 2010 avant de diminuer à 38% pour ceux bâti après 2010. Cette baisse s'explique par une très forte augmentation du nombre de bâtiment consommant moins de 100 kWhEF/m² .an, hausse qui peut être attribuée aux réglementations entrées en vigueur et autres labels énergétiques. En analysant plus en détail la base de données, on remarque alors que l'ensemble des bâtiments construite après 2010 consomment moins de 200 kWhEF/m² .an.

1.12 ANALYSE SELON LA TYPOLOGIE D'USAGE

La répartition entre les différents types de bâtiment inscrit dans notre base de données montre que la majeure partie sont de type C, c'est-à-dire classé dans la catégorie « Sport-Loisirs-Culture » (45%). Viennent ensuite les bâtiments d'enseignement (31%) et les bâtiments administratifs (13%). Il convient cependant d'émettre certaines réserves par rapport à ce constat. En effet, le classement des bâtiments se fait, comme expliqué précédemment, selon les critères du CEREN. Cependant, il semblerait plus judicieux de décomposer en 2 sous parties la catégorie « Sport-Loisirs-Culture ». En effet, cette dernière englobe une grande variété de type de bâtiment (Complexe sportif, Médiathèque, Salle polyvalente...). C'est pourquoi afin de palier l'incidence de la prédominance des bâtiments de type C dans notre base de données,

nous comparerons les consommations énergétiques globales de ces bâtiments sur la base de valeur données en kWh/m² .an.

NB : L'analyse précédente avait pour référence la classification en fonction du type d'usage auquel nous avons au préalable affecté les clés d'usage allant de A à F. celle suivante a pour référence, la classification énergétique des bâtiments en fonction des performances énergétiques dont l'annotation va de A à G comme sur la figure suivante :

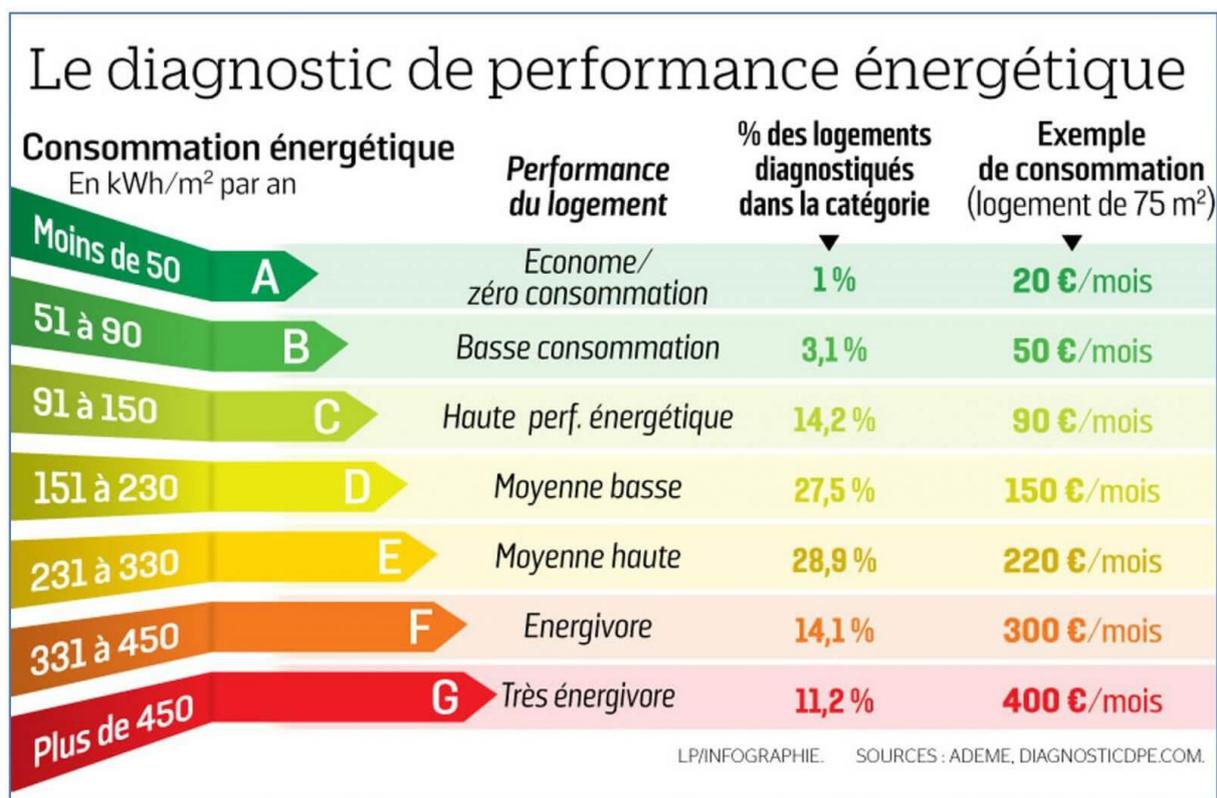


Figure 13 : Classification des bâtiments en fonction de leur performance énergétique

Si l'on considère le critère du classement énergétique des bâtiments étudiés, la majorité sont de classe énergétique C (35%). Arrive ensuite les bâtiments inscrits en catégorie D (28%), suivi par les bâtiments de catégorie B (12%). On remarque cependant que seul un faible pourcentage de ces sites peuvent être considéré comme très peu énergivore puisque le total de bâtiment de catégorie A n'est que de 2%, tandis que les bâtiments que l'on peut considérer comme énergivore (classement E, F et G) représente 23% de notre base de données. On peut donc en conclure que le patrimoine des collectivités penche vers une moyenne haute de consommation, aussi de nombreux efforts restent à faire afin d'améliorer la performance énergétique de ces bâtiments.

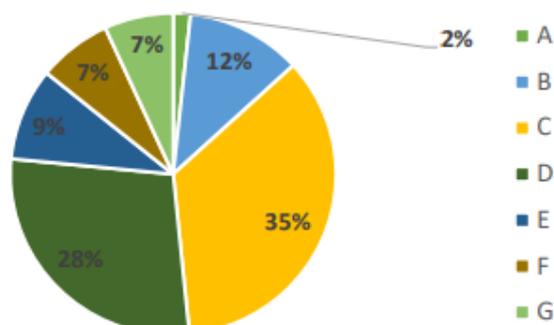


Figure 14 : Répartition des bâtiments étudiés en fonction de leur classement énergétique

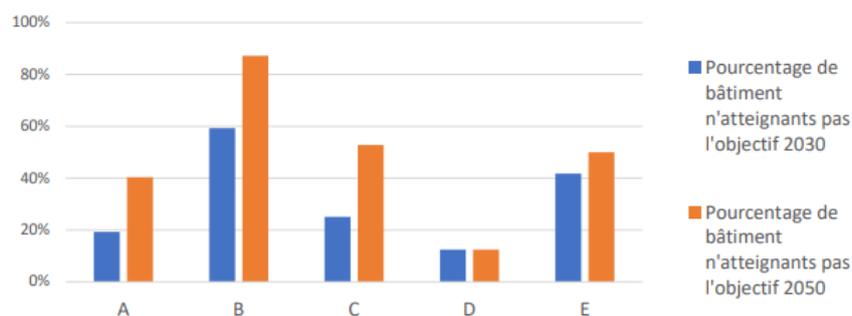


Figure 15: Analyse de l'état du patrimoine par rapport aux objectifs fixés pour les années

Il apparaît clairement qu'un bon nombre de bâtiment doivent être traités et rénovés en vue d'atteindre les objectifs fixés par l'ADEME pour les années 2030 et 2050. Ce constat est notamment vrai pour les bâtiments de type B, c'est-à-dire les bâtiments d'enseignements. Près de 60% d'entre eux ne sont pas encore descendu sous le seuil de consommation attendu pour l'année 2030. Ce total grimpe à plus de 80% pour l'objectif 2050. On observe très clairement que, mise à part pour les ateliers dont le caractère est spécial, les bâtiments scolaires sont les bâtiments à traiter en priorité en vue d'atteindre les objectifs fixés. Ce constat va dans le même sens que l'étude des valeurs moyennes de consommation corrigées du climat en kWhEF/m².an. On retrouve à nouveau une valeur moyenne plus élevée dans le cas des bâtiments d'enseignement, culminant à un 200kWhEF/m².an. Les bâtiments de type C, correspondant au sport-loisirs-culture, arrivent second de ce classement et atteignent les 170 kWhEF/m².an, soit un écart d'environ 20%.

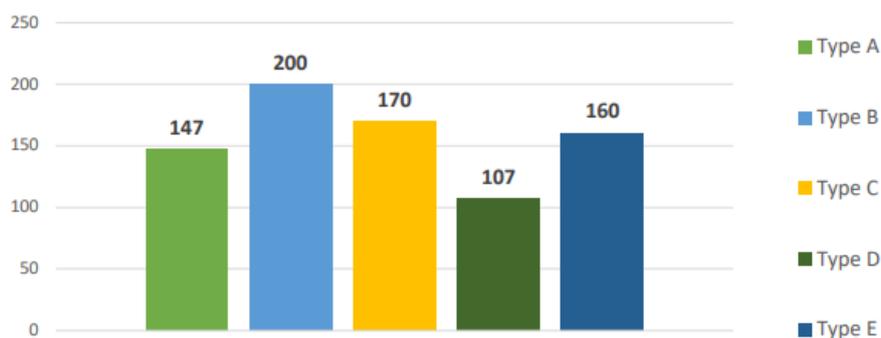


Figure 16 : Consommation « corrigée du climat » moyenne selon le type de bâtiment

L'analyse des émissions de GES est similaire aux précédentes analyses qui ont pu être présentées dans cette synthèse. Les bâtiments d'enseignements sont le premier poste d'émission moyen de l'ensemble des bâtiments étudiés. La moyenne des émissions de GES de ces sites atteint les 34 kgCO₂/m². Viennent ensuite les bâtiments administratifs ayant émis en moyenne 25 kgCO₂/m² lors des 3 dernières années.

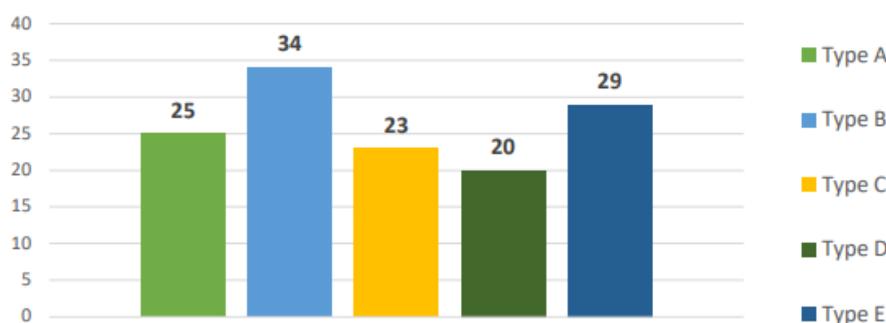


Figure 17 : Émissions moyennes selon le type de bâtiment

1.13 ANALYSE SELON LE TYPE D'ENERGIE UTILISEE

Concernant les types d'énergies utilisées, l'ensemble des sites étudiés, que l'on peut considérer comme représentatifs du parc de bâtiment public bas-rhinois, montre que la grande majorité des bâtiments sont chauffés au gaz (75%). Les 25% restants sont répartis équitablement entre le fioul, les réseaux de chaleur, ou les énergies renouvelables. Concernant le chauffage électrique, il est plus compliqué d'estimer la part réelle que cette méthode de chauffage représente. Les factures ne proposant pas un détail des consommations, il est parfois impossible de déterminer si le bâtiment est chauffé à l'aide de convecteur électrique sans obtenir l'information directement auprès des communes. Précisons, de plus, que les systèmes de production de chaleur tels que les pompes à chaleur sont ici inscrits dans la catégorie EnR, bien qu'ils consomment exclusivement de l'électricité.

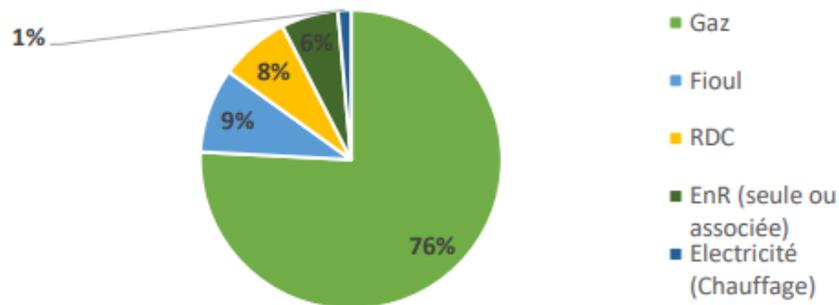
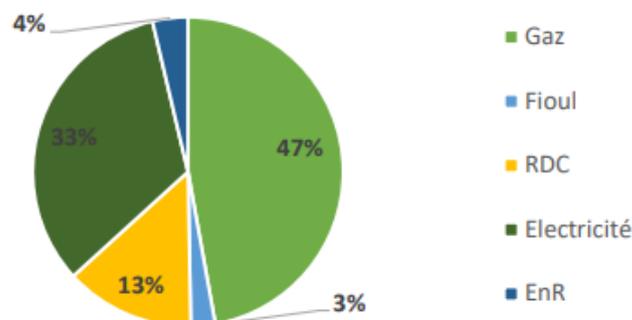


Figure 18: Répartition des différents types d'énergie de chauffage

La répartition des consommations énergétiques, quel que soit le type d'usage qui en est fait, montre qu'un peu moins de la moitié des consommations recensées sont issues du gaz (46%). L'électricité, et les nombreux postes de consommations qu'elle fournit, représente 33% de ces consommations, quand elle ne représentait qu'un seul pourcent dans les répartitions des différents types d'énergie de chauffage. Encore une fois, il est impossible de connaître les consommations propres au chauffage dans la part de l'électricité. Cette problématique implique que les consommations imputables aux pompes à chaleur, par exemple, ne peuvent pas être dissociées et ne figurent donc pas dans la part de consommations des énergies renouvelables, qui est-elle de 4%. Cette faible valeur au regard de la part des EnR dans la répartition des types d'énergies peut aussi s'expliquer par l'installation de systèmes d'appoint comme le photovoltaïque. Aussi, si plusieurs sites disposent de systèmes de production d'énergie renouvelables, les consommations qui en sont issues sont parfois faibles. Les réseaux de chaleur sont eux le troisième plus gros poste fournisseur d'énergie, bien qu'ils ne représentent que 8% des types d'énergies utilisés pour le chauffage. Cette hausse s'explique par l'utilisation de réseaux de chaleur pour des bâtiments ayant bien souvent des consommations plus élevées, comme les piscines, par exemple.



RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

2. SUGGESTIONS D'APPROFONDISSEMENT DE L'ETUDE

2.1 APPROFONDISSEMENT DE L'ESTIMATION DES EMISSIONS DE GES

Dans le cadre de l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre, il pourrait être judicieux de prendre en compte les apports liés aux gaz frigorigènes des équipements de climatisation et de refroidissement. Mener une campagne de recensement des équipements installés permettrait alors d'une part d'évaluer la part des consommations électriques liées à ce type d'appareil dans la consommation électrique totale d'un bâtiment, mais aussi d'affiner la détermination du classement climatique du bâtiment. Cet aspect n'est pas pris en compte dans le cadre de l'appel d'offre associé à ce projet de fin d'étude.

2.2 INTEGRATION DE L'ENSEMBLE DES CONTRATS DE TYPE C5

L'intégration de l'ensemble de C5, quel que soit le type de bâtiment, permettrait d'étendre le champ d'étude et d'obtenir un plus grand panel de bâtiment. Cependant, devant le nombre de contrat C5 répertorié, et malgré le fait que l'extraction des données pour l'ensemble de ce contrat soit réalisée, il n'est toujours pas évident d'analyser ce type de site sur la durée du projet de fin d'étude.

3. PRECONISATION EN MATIERE D'OPTIMISATION ENERGETIQUE

L'analyse précédemment réalisée de la base de données met en avant le fait que les bâtiments scolaires font figures de mauvais élèves au sein de l'ensemble des typologiques d'utilisations. Ils représentent une part importante des consommations, et un nombre certain d'entre eux ne respectent pas les objectifs qui leurs sont fixés à l'horizon 2030. C'est donc sur la base de ce constat que les recherches de bâtiment d'étude se sont orientées afin de répondre aux troisièmes et quatrièmes points de la démarche proposée.

A l'aide du classement des bâtiments scolaires en fonction des consommations en énergie finale, une pré-sélection est faite. Un panel de cinq écoles, présentant toutes des consommations élevées, est alors sélectionné. Afin de sonder l'intérêt des collectivités concernant une analyse approfondie d'un bâtiment scolaire appartenant à leur patrimoine, la liste des données et fichier manquants que nous souhaiterions nous voir transmettre, et qui sont nécessaires à une étude

approfondie leur avait été transmise. Toutes les collectivités n'ont pas souhaité donner suite à nos sollicitations et ce pour des raisons diverses (Rénovation déjà planifiée, fermeture prochaine du bâtiment, situation sanitaire, télétravail...). Cependant, des réponses positives ont été reçues, et ont permis une analyse des problématiques les plus courantes pour ce type de bâtiment. Ces audits et les études qui en découlent sont réalisées en tenant compte de la norme NF EN 16247-2 (juillet 2014) « Audits énergétiques - Partie 2 : bâtiments ». Cependant, la période de stage ne fut pas optimale d'un point de vue énergétique.

Si certaines des préconisations qui seront ici présentées peuvent sembler aller de soi, il convient de rappeler que les rapports d'optimisation énergétiques réalisés sont à destination des élus dans les collectivités, élus qui ne sont pas nécessairement au fait des techniques et méthodes qu'il est envisageable de mettre en place dans le cadre d'une rénovation. De plus, ces préconisations sont données chiffrées et les économies d'énergies et financières réalisables sont estimées. Les axes d'améliorations proposés dans cette partie seront développés d'un point de vue général. Afin d'étudier l'impact des préconisations énergétiques qui seront proposées pour chaque bâtiment, le choix est fait de modéliser les différents sites à l'aide du logiciel de simulation thermique dynamique PLEAIDE + COMFIE. A partir de l'état actuel du bâtiment on peut alors estimer les économies en termes de consommation d'énergie qu'il serait possible de réaliser en mettant en place diverses solutions d'améliorations mais aussi les améliorations en termes de confort et notamment de confort thermique.

3.1 SPECIFICITES LIEES A RENOVATION DES BATIMENTS D'ENSEIGNEMENTS

L'étude des bâtiments d'enseignements sélectionnés dans le cadre de recherche de moyen d'optimisation énergétique a permis de mettre en évidence une liste non exhaustive des problématiques énergétiques et des spécificités rencontrées pour cette typologie de bâtiment. Il est parfois préférable de planifier les travaux de rénovation étape par étape, selon un ordre de travaux tenant compte des priorités suivantes :



3.2 PRECONISATIONS QUANT A L'ENVELOPPE

Isolation des façades

Nous avons noté que les bâtiments étaient mal isolés. De ce fait, dans le cadre de rénovation énergétique d'un bâtiment d'enseignement, il est tout d'abord nécessaire de constater de l'état actuel des parois du bâtiment. Souvent anciens, ils ne disposent parfois pas de façades suffisamment performantes du point de vue de l'isolation thermique, voir même de façades ne présentant pas d'isolant, ce qui était le cas des bâtiments étudiés. Si cette mesure reste cependant assez couteuse, une remise à niveau des parois extérieure est donc un bon moyen d'améliorer significativement les performances énergétiques d'un bâtiment, et donc de réaliser à la fois des économies d'énergies mais aussi financières. Nous avons préconisé la mise en place d'une isolation extérieure par rapport à une isolation intérieure, pour des raisons de conservation de l'inertie des parois, mais aussi de limitation de l'impact des ponts thermiques. L'isolant devra lui être sélectionné au regard des performances thermiques attendues pour la paroi, en accord avec la réglementation en rénovation « élément par élément » [12] qui impose une résistance minimale de $3,7 m^2.K/W$. La détermination de la composition de la paroi rénovée devra de plus prendre en compte le confort d'été et les problématiques de condensation. Le choix de cet isolant, mais aussi son épaisseur, devront être effectués à l'aide de simulation thermique dynamique.

Fenêtres et parois vitrées

L'une des problématiques rencontrées lors de l'étude des bâtiments scolaires est liée à l'état des menuiseries actuellement en place [13]. Sur la plupart des bâtiments, ces menuiseries sont d'origines et sont donc très éloignées des standards actuels en matière de performance thermique. Châssis en bois, ou en aluminium, simple vitrage ou double vitrage à lame d'air, autant d'éléments qui, s'ils étaient des standards à l'époques de construction du bâtiment, demande aujourd'hui à être changé. Si les performances thermiques de ces vitrages sont dépassées, leurs âges et vétusté sont aussi responsables de soucis d'étanchéité à l'air au sein des bâtiments. On estime en effet qu'en moyenne 40% des fuites d'air sont dues à des défauts d'étanchéité autour des menuiseries extérieure. Ces problèmes d'étanchéité, souvent négligés par rapport aux soucis d'isolation thermique, représentent une marge de progression importante en termes d'économie d'énergie pour de nombreux bâtiments. Responsable d'une surconsommation énergétique importante au sein du bâtiment, les défauts d'étanchéité à l'air sont aussi associés à des problématiques de courants d'air et de gêne pour les occupants, ce qui

est d'autant plus préoccupant dans des bâtiments scolaires accueillants un public jeune et souvent fragile. Concernant les performances attendues et à respecter, le code de la construction et de l'habitation impose une valeur de transmission thermique des parois vitrées remplacées inférieure à $1,9 \text{ W/ (m}^2 \cdot \text{K)}$. De plus, lors de la rénovation de ces éléments, un soin tout particulier devra être apporté à l'étanchéité du bâtiment notamment lors de la pose des menuiseries. Il n'existe, dans la réglementation, aucune valeur cible d'étanchéité à l'air à atteindre en bâtiment tertiaire. Néanmoins, on cherchera à atteindre au minimum la valeur de $1,7 \text{ m}^3 / (\text{h} \cdot \text{m}^2)$, valeur donnée à titre indicative par la RT2012. Si l'investissement est souvent conséquent, du fait du prix des vitrages, mais aussi des importantes surfaces vitrées installées dans les écoles, le remplacement et la rénovation des menuiseries existantes reste le plus souvent un moyen efficace de réduire les consommations énergétiques d'un bâtiment, en jouant à la fois sur caractéristique thermique des baies vitrées mais aussi sur la perméabilité à l'air du bâtiment.

3.3 PRECONISATIONS QUANT AUX EQUIPEMENTS

Eau chaude sanitaire

Il est difficile d'évaluer précisément les besoins des bâtiments tertiaires en eau chaude sanitaire, notamment dans le cas des écoles, qu'elles disposent ou non d'un restaurant scolaire. De ce fait, on préférera surévaluer quelque peu ces besoins. Sur la totalité des bâtiments étudiés, aucun ne dispose d'un moyen de production d'ECS avec comme source les énergies renouvelables. La production est soit assurée directement par la chaudière, soit par le biais de chauffe-eau électrique. Lorsque cela est possible, on préconise la mise en place de chauffe-eau thermodynamique ou l'installation d'un chauffe-eau solaire. Si le bâtiment est utilisé en période estivale, on pourra proposer l'installation de panneau solaire thermique, qui permettront de bénéficier des apports solaires lors des mois de Juillet et Aout. Dans tous les cas, il est important d'assurer un calorifugeage optimal des conduites de distribution tout comme des ballons de stockage.

Ventilation et qualité de l'air

La notion de qualité de l'air au sein des bâtiments scolaires est un point de vigilance primordial pour diverses raisons. De nombreuses études ont mis en exergue le lien entre la qualité de l'air, notamment son taux de CO₂, et le confort, la santé et la réussite scolaire des élèves. Dans

l'ensemble des écoles étudiées, la ventilation est actuellement réalisée par une ventilation naturelle non contrôlée qui se caractérise par une ouverture des fenêtres quand les occupants le juge nécessaire. Il s'agit donc de la du seul moyen d'aérer et de ventiler les salles de classe. La mise en place d'une ventilation mécanique centralisée (VMC), ou décentralisée, dans les bâtiments d'enseignements est donc souvent une nécessité pour répondre aux critères de ventilation. Dans les différentes études réalisées, les préconisations en termes de qualité de l'air se basent sur des débits d'air neuf à fournir de l'ordre de 22 m³ / (h. Pers), valeur de référence de la EN 13 779. Ce débit est plus élevé que celui préconisé par l'article 64.1 du RSDT de janvier 1983 (15 m³ / (h. Pers)), mais est plus en phase avec les standards actuels de qualité de l'air. Cependant, si l'installation d'une VMC n'est pas envisageable pour quelques raisons que ce soit, il est possible de mettre en place une ventilation naturelle contrôlée.

Éclairage

Autre élément d'importance dans les locaux scolaires, un éclairage défaillant et mal dimensionné implique une fatigue visuelle accrue, voir des troubles de la vision permanents. Un éclairage adapté est donc une nécessité, et son dimensionnement doit être fait en tenant compte des fenêtres et protections solaires ainsi que de adaptés tels que des détecteurs de présence, ou des cellules photoélectriques servant de capteur de luminosité [15]. Les simulations réalisées quant à l'éclairage dans les bâtiments scolaires se basent sur une valeur d'éclairement de 500 lux, en accord avec la IRNS.

3.4 PRECONISATIONS QUANT A LA SENSIBILISATION ET AU SUIVI DES CONSOMMATIONS

Sensibilisation des occupants

De nombreuses actions « physiques » peuvent être entreprises dans le cadre d'une recherche d'optimisation énergétique d'un bâtiment scolaire. Cependant, pour que ces actions de réduction des consommations et des émissions de gaz à effet de serre soient réellement efficaces, le comportement des occupants et l'usage qu'ils font du bâtiment doivent être adaptés à une logique d'économie d'énergie. Cet aspect, souvent négligé, permet de réaliser des économies d'énergie conséquentes (estimées en moyenne de l'ordre de 10 à 15%), grâce à une sensibilisation des usagers à la sobriété énergétique. De plus, les utilisateurs du site sont les premiers à constater de l'évolution du confort au sein du bâtiment et sont les plus à même de faire remonter les éventuels défauts et dérives des locaux. Des mauvaises habitudes de

consommations ont pu être repérées dans certains des bâtiments. Consigne de température trop élevée, ouverture des fenêtres mais aussi chauffage et éclairage des locaux hors période d'utilisation, sont autant de comportements qui mettent à mal l'efficacité énergétique du site. De ce fait la sensibilisation du personnel enseignant est un point important dans une optique de réduction des consommations énergétiques. Sans cette démarche de sensibilisation, il est fort probable que peu d'entre eux adaptent leur comportement aux divers équipements mis en place, que ce soit par rapport à la maîtrise de l'éclairage, aux consignes de chauffage ou encore à la ventilation. Plusieurs axes de sensibilisation sont imaginables :

- Si l'école ne dispose pas de détecteur de présence, il est important de sensibiliser le personnel mais aussi les enfants quant à l'extinction des luminaires dans les pièces inutilisées.

Inciter le personnel à éteindre les équipements consommateurs d'électricité lorsqu'ils ne sont pas utilisés.

- Un nettoyage régulier des bouches d'extractions permet d'éviter les surconsommations électriques qui peuvent résulter d'une augmentation des pertes de charge du réseau dues à un mauvais entretien.

- Si une ventilation mécanique contrôlée est installée, on privilégiera son utilisation, pour assurer à la fois une bonne ventilation du local mais aussi des températures adéquates. Si des problèmes acoustiques apparaissent comme cela a pu être renseigné, encourager le personnel à ouvrir les fenêtres et aérer aux heures les plus chaudes de la journée afin de bénéficier d'un écart de température plus faible entre l'extérieur et l'intérieur. De même, lors de l'aération par ouverture des fenêtres, couper le chauffage afin de ne pas entraîner une surconsommation énergétique.

- A l'inverse en été, on évitera d'aérer lorsque les températures extérieures sont trop élevées afin de ne pas dégrader la notion de confort d'été au sein de la pièce.

- Si le bâtiment présente d'importantes surfaces vitrées, il est important de s'assurer que les vitrages sont régulièrement nettoyés afin de bénéficier au maximum des apports solaires, mais aussi de réduire les consommations d'électricité liées à une demande d'éclairage plus importante dans les salles.

- Si le bâtiment en dispose, une utilisation adaptée des volets roulants permet d'améliorer le confort d'été en réduisant les apports solaires notamment en période de forte température. On conseillera donc pour les vitrages ayant une exposition Sud de fermer en partie les volets roulants extérieurs durant l'après-midi afin de limiter l'impact du rayonnement solaire et donc les surchauffes.

- A l'inverse en période froide, on cherche à bénéficier des apports solaires gratuits en

remontant les volets. La nuit, au contraire, on fermera les volets roulants afin de limiter les pertes de chaleur et atténuer les sensations de froids

- Nettoyer et dégager les radiateurs, en évitant de les encombrer, afin de permettre une meilleure diffusion de la chaleur. Enfin, certains programmes de sensibilisation des occupants peuvent être mis en place, et sont éligibles dans le cadre des contrats de performances énergétiques.

Suivi des consommations

Une volonté d'optimisation des performances énergétiques d'un bâtiment ne peut, de plus, être atteinte sans un suivi des consommations et des performances de ce dernier. Si la première partie de ce projet de fin d'étude a eu pour vocation d'effectuer un suivi des performances, il est néanmoins apparu que l'obtention des données de consommation peut être laborieuse. La méthode des factures permet un suivi de ces dernières, cependant, certains bâtiments qui ont pu être étudié ne disposent pas de compteurs d'énergie relevant leur propre consommation, ce qui est pourtant le minimum requis dans une optique de suivi adapté des performances énergétiques. Il peut donc être intéressant de recommander la mise en place d'un système de suivi et de gestion des consommations. Cette mesure est d'ailleurs obligatoire dans le cas de la RT existante globale, ce qui n'est cependant pas le cas dans le cadre de la RT existant « éléments par éléments ». Elle permettra de suivre dans le temps l'influence des investissements et des actions engagées, de cibler et de corriger les dérives, mais aussi d'obtenir une plus grande implication des différents acteurs, qui bénéficieront d'un suivi régulier des performances du bâtiment. La mise en œuvre d'un système d'instrumentation et de gestion comprend généralement :

- ✓ Des compteurs d'énergies
- ✓ Des centrales de mesure
- ✓ Un concentrateur raccordé aux compteurs pour une consultation locale et centralisée
- ✓ Accessoirement, un logiciel de gestion et d'affichage à distance pour une consultation à distance.

Ce type de solution ne pouvant être modélisé directement à l'aide du logiciel PLEAIDE+COMFIE, l'estimation des gains énergétiques imputables à cette mesure se basent sur la littérature existante ou l'on peut trouver des valeurs de l'ordre de 8 à 12%.

3.5 PRECONISATIONS QUANT AUX ENERGIES RENOUVELABLES

Si plusieurs types de production d'énergie renouvelable peuvent être imaginé, l'installation de

panneaux photovoltaïque reste bien souvent la solution la plus rencontrée. Ce type de solution à de nombreux avantages comme :

- ✚ La capacité pour la collectivité de produire une électricité d'origine verte
- ✚ L'autoconsommation de cette électricité
- ✚ Parfois une rentabilité dû à la vente de surplus de productions soit à d'autres consommateurs, soit à l'entreprise de production et de distribution locale.

Plusieurs possibilités d'utilisation de panneaux photovoltaïques peuvent être envisagés, que ce soit en autoconsommation pure ou en connecté réseau. Néanmoins, les périodes d'utilisations du bâtiment, ne permettent pas de bénéficier, hors revente, de deux des mois les plus propices en termes de production, à savoir Juillet et Aout. Si l'installation de panneaux photovoltaïques est un bon moyen de s'engager durablement dans la transition énergétique, son financement peut de plus être parfois compliqué et se heurter à un refus au niveau local. Néanmoins, différents modes de financement permettent de mettre en place une installation photovoltaïque, et notamment le financement participatif, qui permet d'impliquer ceux qui le veulent dans le projet de rénovation du bâtiment et dans la transition énergétique. Les citoyens locaux peuvent alors plus facilement s'approprier le projet, comprendre ses enjeux, et sont moins réticents à sa mise en place. Afin, argument non négligeable, l'aspect pédagogique de cette préconisation fait figure de réelle valeur ajoutée pour le bâtiment. Un certain nombre d'ateliers en lien avec la transition énergétique pourraient alors être mis en place en lien avec l'installation de cette solution.

3.6 CONFORT D'ETE

Le confort thermique des occupants dépend aussi du confort d'été, notion qui se voit dégradée dans le cas de surchauffe au sein du bâtiment [13]. Plusieurs principes permettent de mettre en place des stratégies en lien avec le confort d'été :

- ✚ Supprimer les sources intérieures de chaleur non indispensables (éclairages, ordinateurs inutiles) lors de période chaude afin de minimiser les apports internes.
- ✚ Limiter la pénétration de la chaleur en fermant les fenêtres et en s'isolant de la chaleur.
- ✚ Mettre en place des protections solaires pour limiter les surchauffes, les risques d'éblouissement tout en conservant un éclairage naturel dans les classes. On privilégiera les dispositifs extérieurs, jugés plus efficaces.

- ✚ Profiter de l'inertie du bâtiment en association avec une ventilation nocturne adéquate. Cette notion permet de limiter les pics de température au sein du bâtiment en se servant de la capacité des parois à emmagasiner de la chaleur.
- ✚ Éviter les effet îlot de chaleur dû à l'environnement proche du bâtiment qui est responsable d'un « microclimat ». On cherchera donc à végétaliser les abords des bâtiments scolaires et à éviter les espaces bitumés sans aucun ombrage.

CHIFFRAGE ET TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT

L'ensemble des propositions en termes d'optimisation énergétique proposées précédemment entraîne une évolution des consommations énergétiques du bâtiment. Ces évolutions, qu'elles soient des baisses ou des hausses de consommations, impliquent une modification de la facture énergétique associée au bâtiment. Cet aspect économique représente l'une des premières sources d'intérêt pour les collectivités. De plus, le contenu et les conclusions des études réalisées s'adressent en particulier aux différents décisionnaires de la collectivité. Or, si ces derniers ne sont pas nécessairement familiarisés avec la notion d'économie énergétique potentielle, donnée en kWh/an, la notion d'économie financières, donnée en €/an, est beaucoup plus parlante pour le plus grand nombre.

1. CONTRATS D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIES

En plus d'évaluer les retombées économiques des mesures qu'il serait possible de mettre en place, on cherche aussi à guider les destinataires de cette étude par rapport aux potentielles aides dont ils peuvent bénéficier afin de les aider à subventionner les mesures préconisées. Parmi ces aides on retrouve les Contrats d'Économie d'Énergies ou CEE, auxquels sont éligibles les collectivités. En mettant en place des actions d'économies d'énergie dans les bâtiments existants, il est possible de se référer au catalogue des opérations standardisées afin de vérifier leurs éligibilités aux CEE. En effet, à chaque opération standardisée est associée différentes conditions d'éligibilités, ainsi que le montant forfaitaire en kWhCUMAC, qui représente l'économie d'énergie moyenne obtenue entre la solution retenue et une situation de référence, pour une durée de vie estimée et propre à chaque préconisation. Parmi les préconisations suggérées lors des différentes études d'optimisation énergétique effectuées, les solutions suivantes sont éligibles aux CEE :

<i>Référence CEE</i>	<i>Dénomination</i>
BAT-EN-101	Isolation de combles ou de toitures
BAT-EN-102	Isolation extérieure des façades
BAT-EN-103	Isolation plancher bas sur locale non chauffer
BAT-EN-104	Fenêtre ou porte-fenêtre complète avec vitrage isolant
BAT-EN-126	Ventilation mécanique double flux avec échangeur à débit d'air constant ou modulé
BAT-EN-127	Luminaire d'éclairage général à modules LED
BAT-EN-10	Chaudière collective HPE

Tableau 9 : Préconisations éligibles dans le cadre des CEE

On se base ensuite sur un tarif de vente de 7,36 €/MWhCUMAC, tarif en vigueur pour le mois de mai 2019 selon le Registre National des CEE. Néanmoins, cette valeur de vente des CEE évoluant régulièrement, il est difficile de garantir le montant exact des aides qui peuvent être allouées pour les différentes actions standardisées réalisées. Ces montants devront être recalculés en temps voulu.

2. TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT ET VALEUR ACTUELLE NETTE

A partir des gains énergétiques, et donc économiques, réalisables par le biais des différentes préconisations en termes d'optimisation énergétique, il est possible d'estimer un temps de retour sur investissement pour l'ensemble des opérations, prises séparément, mais aussi dans leur globalité. Le temps de retour sur investissement dépend donc à la fois du cout estimé de l'installation, mais aussi des gains économiques engendrés. Le cout de l'énergie, en €TTC/kWh est estimé sur la base des factures issues des 3 dernières années.

Tableau 10 : Tarifs estimés des énergies (sur la base des factures des 03 dernières années)

<i>Energie</i>	<i>Tarif estimé [€TTC/kWh]</i>
<i>Gaz naturel</i>	0.059
<i>Electricité</i>	0.157

Cependant, les gains économiques dépendent du prix de l'énergie. Or le prix des énergies est à la hausse depuis de nombreuses années, avec par exemple une augmentation d'environ 50% du prix de la consommation d'électricité entre 2007 et 2019 selon l'INSEE. De ce fait, il est important de tenir compte des prévisions quant au cours du prix des énergies dans les années à

venir afin d'estimer au plus juste les économies financières réalisables. On se base alors sur les estimations formulées par le SOeS pour calculer un temps de retour actualisé, qui prend en compte une hausse de 6% par an du prix des énergies. Néanmoins, l'utilisation du temps de retour sur investissement ne permet pas prendre pleinement conscience de la rentabilité du scénario de rénovation proposé, puisque seules les investissements et les économies annuelles sont prises en compte, à l'inverse de la durée de vie des travaux. On se réfère alors à notion de VAN. Sur la base d'un taux d'actualisation, qui prend en compte l'évolution de la valeur de l'argent, fixé arbitrairement à 3%, tout en conservant une valeur de 6% de hausse du prix des énergies, on peut alors déterminer la valeur actualisée des différentes économies d'énergie sur l'entièreté du cycle de vie des travaux. La durée de vie est propre à chaque projet. Souvent fixée arbitrairement à 20 ans, le choix est néanmoins ici fait de baser cette valeur sur la durée de vie existante la plus longue dans l'ensemble des travaux proposés. Les durées de vie correspondantes sont prises sur la base des durées de vie considérées lors du calcul des CEE. Cette hypothèse reste cohérente du fait de la longue durée de vie des bâtiments scolaires.

$$VAN = \sum_{n=1}^N \frac{CF_n}{(1 + \tau)^n} - I$$

Avec : CF_n : montant du n-ième flux de trésorerie (le premier flux de trésorerie étant l'investissement), N : durée de vie [années], τ : Taux d'actualisation, I : investissement.

Néanmoins la définition de cet indicateur reste assez complexe et sa compréhension peu aisée pour les particuliers lambda. On insistera donc sur le fait que, pour rappel, l'obtention d'une VAN positive confirme la rentabilité d'un projet. Enfin, le calcul de la VAN permet de comparer plusieurs scénarios entre eux, ce qui n'est pas le cas du temps de retour sur investissement qui favorise les travaux à durée de vie, ou à investissement, faible.

Étude de cas

La présentation faites des préconisations en matière d'optimisation énergétique s'est focalisée sur l'aspect général de ces dernières, dans le but de toucher le plus grand nombre. Afin d'illustrer la mise en pratique de ces propositions sur un cas concret et de donner un aperçu des performances qu'il est possible d'obtenir, on s'intéresse maintenant aux principaux résultats de l'une des études qui a pu être menée au cours de ce projet de fin d'étude. Le bâtiment étudié présente, dans son état initial, les caractéristiques suivantes :

Tableau 11 : Tableau récapitulatif des principales caractéristiques du bâtiment

<i>Caractéristiques du Bâtiment</i>	<i>Bâtiment scolaire</i>
<i>Année de construction</i>	1991
<i>Surface</i>	187 m ²
<i>Type d'énergie (chauffage)</i>	Gaz
<i>Altitude</i>	150m
<i>Nombre de niveau</i>	1
<i>Nombre d'élève</i>	200
<i>Température de consigne (estimé)</i>	21°C
<i>Consommations énergétiques</i>	135MW (gaz) / 32MW (électricité)
<i>Charge énergétique (estimé)</i>	13500€/an

Le bâtiment présentait des problématiques suivantes :

- Les mauvaises habitudes d'utilisation des usagers (fenêtres ouvertes hors période d'occupation, consigne de température fixée à 21°C)
- L'absence de ventilation mécanique contrôlée
- Les températures élevées dans les salles de classe malgré la présence de brise soleil fixe horizontaux
- La faible étanchéité à l'air du bâtiment, principalement autour des menuiseries
- Le mauvais état du calorifugeage dans les combles, mais aussi des conduites de distribution de chauffage en sous station - Une chaufferie commune à 3 bâtiments communaux, sans présence de compteur d'énergie propres à chaque bâtiment
- La vétusté des chaudières en chaufferie
- Les baies vitrées du bâtiment, d'origine, et très en déca des performances actuelles

L'ensemble de ces éléments et de ces informations, qui correspondent à l'état initial de ce bâtiment, vont nous permettre de cibler les points de dérives et de proposer des solutions d'optimisations énergétiques en adéquations avec les défauts existants.

3. PRECONISATIONS EN MATIERE D'OPTIMISATION ENERGETIQUE

Les différentes simulations thermiques dynamiques réalisées pour ce bâtiment ont permis d'estimer les gains, mais aussi parfois les pertes, que peuvent engendrer la mise en place des solutions préconisées plus tôt dans ce rapport. Nous ne présenterons ici que les résultats majeurs obtenus. Seule l'isolation des façades, jugée suffisante dans le cas du bâtiment sélectionné, et dont le cout d'investissement par rapport aux gains énergétiques potentiels est bien trop élevé, ne fait pas partie des préconisations suggérées dans cette étude. Ci-dessous, on retrouve un tableau récapitulatif des diverses solutions qui ont pu être soumises à l'étude, ainsi que les résultats obtenus :

Tableau 12 : Tableau récapitulatif des différents éléments préconisés

<i>Préconisations</i>	<i>Investissement (estimé) [€]</i>	<i>Economie d'énergie estimée [kW_{EF}/an]</i>	<i>Economie de co2 évitée [$kgCO_2/m^2an$]</i>
<i>Modification de la régulation</i>	-	43900	11
<i>Remplacement des vitrages et des menuiseries</i>	140000	40000	10
<i>Isolation des combles</i>	10500	51000	4
<i>Isolation d'un faux plafond</i>	4300	-	-
<i>VMC double flux</i>	60000	-	-
<i>Chauffe-eau thermodynamique</i>	6000	7140	0,5
<i>Luminaire LED basse consommation</i>	19000	3160	0,2
<i>Chaudière gaz condensation</i>	30000	10200	2,5
<i>Photovoltaïque</i>	30000	5380	0,4
<i>TOTAL</i>	299800	160 780	28,6

Parmi ces préconisations, on retrouve la modification de la régulation existante, en modifiant la température intérieure de consigne de 21°C à 19°C, associée à un réduct de nuit à 16 °C de 22h à 6h et a une relance progressive d'un degré par heure entre 5h et 7h afin de garantir une température suffisante lors de l'arrivée des élèves. Le remplacement des vitrages et des menuiseries semble lui être une nécessité, et ce malgré l'investissement important que cela

représente. Les bénéfices que ce soit en termes de réduction des consommations ou de confort au sein du bâtiment prévalent sur le cout de cette préconisation. Concernant la remise à niveau de l'isolation des combles, on préconise la mise en place de ouate de cellulose, isolant ne craignant pas la présence des rongeurs à l'inverse de la laine de verre actuellement en place. L'installation d'un faux plafond est quant à elle recommandée en prévision de l'installation d'une VMC double flux et de luminaire LED encastrable. L'achat d'une VMC double flux avec récupération de chaleur qui permet de garantir une qualité de l'air suffisante mais aussi de limiter les déperditions thermiques liées à la ventilation naturelle par ouverture des fenêtres. On préconise l'utilisation de la récupération de chaleur en période de faible température, tandis qu'une sur ventilation nocturne pourra être mise en place lors du redoux de ces dernières. Concernant les chauffe-eaux thermodynamiques, leur installation permettrait de réaliser des économies d'électricité non négligeables en remplaçant les chauffe-eaux électriques actuellement en place. De plus, les luminaires présents dans les salles de classes pourraient être remplacés par des luminaires LED basse consommation. L'étude d'une salle de classe existante a montré que les luminaires actuellement en place ne satisfont pas aux exigences en termes d'éclairage. Leur remplacement permettrait donc de plus de corriger ce problème. Enfin la mise en place de panneaux photovoltaïques en toiture terrasse permettrait d'intégrer les énergies renouvelables au sein du bâtiment. On suggère donc l'installation d'une puissance estimée à 16,6 kWc réparti sur une surface de 200 m² et qui permettrait une production d'environ 13 500 kWh/an, avec un taux d'autoconsommation de 40%. Enfin, des préconisations quant à la sensibilisation des occupants et au suivi des consommations, telles qu'elles ont pu être décrites dans la partie précédente, sont suggérées.

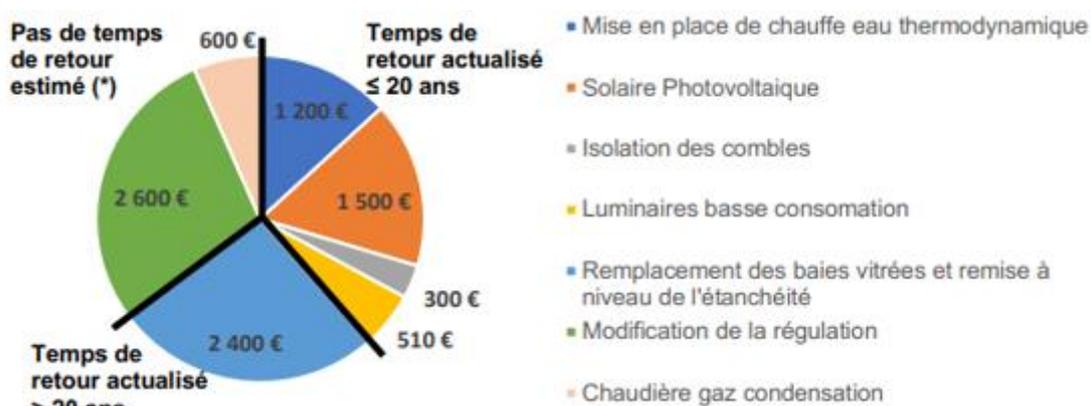


Figure 19 : Economie financière annuelle estimée

(*) : Aucun temps de retour n'a été déterminé pour ces deux solutions. En effet, la modification

de la régulation ne demande aucun investissement, de ce fait, aucun temps de retour sur investissement n'est calculable. Pour le remplacement des chaudières existantes au profit de chaudières gaz à condensation, les bénéfices ne se limitent pas qu'au bâtiment étudié, puisque la chaufferie alimente plusieurs bâtiments. Les gains énergétiques seront donc supérieurs à ceux ayant pu être déterminés dans notre étude, et le temps de retour sur investissement plus court que celui ayant pu être estimé.

(**) : Deux préconisations ne figurent pas sur ce diagramme. La mise en place d'un faux plafond, qui ne génère aucune amélioration énergétique, mais qui reste néanmoins nécessaire pour permettre le passage des gaines de ventilation ainsi que pour l'installation des luminaires, ne permet pas le calcul d'un temps de retour sur investissement. De plus, les bénéfices réels de la VMC double flux sont difficilement estimables, puisque les consommations associées à la ventilation naturelle actuellement en place dans le bâtiment dépendent de la fréquence et de la durée de l'ouverture des fenêtres. Cette solution est préconisée principalement pour des raisons de qualité de l'air intérieur. Si les temps de retour sur investissement estimés présentés ci-dessus sont propres à chaque préconisation, il est important de calculer le temps de retour sur investissement global de l'ensemble de ces améliorations. En effet, les résultats obtenus pour certaines de ces solutions varient selon la mise en place préalable d'autres préconisations. De plus, différents scénarios de rénovation ayant été suggérés, le calcul de la VAN permet de comparer ces scénarios entre eux. Seul celui ayant été repéré comme le plus rentable est ici pris en compte. Ci-dessous, on retrouve un tableau récapitulatif des principales caractéristiques de ce scénario, calculées selon les hypothèses formulées en partie.

Tableau 13 : Tableau récapitulatif de l'analyse financière

<i>Investissement total [€]</i>	300000
<i>Gain d'énergie total [kW_{EF}/an]</i>	97200
<i>Emission de CO2 évité [kgCO₂/m²an]</i>	13
<i>Temp de retour sur investissement [an]</i>	35
<i>Temp de retour sur investissement actualisé [an]</i>	20
<i>Durée de vie [an]</i>	30
<i>Valeur actuelle nette [€]</i>	47000

CONCLUSION

Les collectivités font aujourd'hui figure de réels leviers de la transition énergétique sur le territoire. En partant des consommations énergétiques, récoltés par le biais des données de facturation, il a été possible de réaliser une base de données complète, regroupant plus de 700 bâtiments d'usages et de typologie distincts. Ces données, alors brutes, ont par la suite été traitées et analysées, afin de permettre la production de fiche de suivi énergétique, regroupant différentes informations, que ce soit en termes de performance énergétique, d'émissions de gaz à effet de serre, ou encore de classement par rapport à d'autre bâtiment de même usage. L'une des principales préoccupations fut cependant de trouver le moyen de communiquer et de rendre compréhensibles les résultats obtenus pour le plus grand nombre. Cette préoccupation a mené à de profonde réflexion quant à l'agencement des différents rapports produits. De plus, de par la grande quantité de bâtiment traité, la mise en place d'un outil de production automatisé de l'ensemble de ces fiches a permis un gain de temps non négligeable lors de la restitution des différents rapports ainsi produit. Ce projet de fin d'étude qui avait pour but premier un suivi des consommations énergétique s'est alors mué en la création d'un outil permettant la production automatique de fiche d'analyse énergétique. Il ressort de cette étude que de nombreux efforts en termes de consommation énergétique restent à fournir afin d'atteindre les objectifs fixés à l'horizon 2030. Ce constat est d'autant plus criant lorsque l'on se penche en détail sur les bâtiments scolaires, premiers consommateurs énergétiques, devant les bâtiments sportifs et administratifs. Dans le but de trouver des solutions à ces problématiques, l'utilisation d'un outil de simulation thermique dynamique a rendu possible la proposition de préconisation en matière d'optimisation énergétique. Les solutions préconisées ont pu être chiffrées, et les temps de retour sur investissement estimés, cette donnée restant l'un des principaux facteurs intervenant lors de la prise de décision. Ce projet de fin d'étude aura de plus permis une réelle prise de contact auprès des élus et des services dans les collectivités. Au-delà des notions techniques inhérentes aux travaux réalisés, de nombreux échanges auront eu lieu entre les différents partis concernés. Pour ce qui est de l'application APPS, nous l'avons commencé, mais la période de stage ne m'a pas permise d'assister à sa réalisation.

Bibliographie

- [1] Ministère de la cohésion des territoires et des relations avec les collectivités, « loi de la croissance énergétique pour la croissance verte », 2020, mai 2021. Disponible sur : <https://transition-energetique.eco/>
- [2] Ministère de la transition écologique, « Energie dans les bâtiments », 11 mai 01, 20 mai 2021. Disponible sur : <https://www.ecologie.gouv.fr/energie-dans-batiments>.
- [3] Agence française d'électricité, « chiffres clés des consommations énergétiques », 09 avril 2021, mai 2021. Disponible sur : <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/>
- [4] Strasbourg eu, « Plan climat de l'Eurométropole de Strasbourg », 2019, mai 2021. Disponible sur : <https://www.strasbourg.eu/>
- [5] ADEME CEE, « Scénario 2030 – 2050 », avril 2021, mai 2021. Disponible sur <https://transitions2050.ademe.fr/>.
« 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/>.
- [6] Bernard Perret, « l'urgence climatique 2017 », N°19, pages 19 à 28, 2017.
- [7] Ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales, « RT2012 ». 2021, mai 2021. Disponible sur : <https://www.cohesion-territoires.gouv.fr/rt2012>.
- [8] ADEME CEE « Principe de fonctionnement du dispositif CEE », aout 2021, mai 2021. Disponible sur: <http://calculateur-cee.ademe.fr/user/fiches/BAT>.
- [9] Ministère de la Transition écologique « Travaux du GIEC ».2020, mai 2021. Disponible sur : <https://www.ecologique?solidaire.gouv.fr/travaux-du-giec>.
- [10] Légifrance, « Arrêté du 7 décembre 2007 sur le diagnostic de performance énergétique ». 2007, mai 2021. Disponible sur : <https://www.legifrance.gouv.fr/>
- [11] ADEME, « facteur d'émission de la base carbone », 2020, mai 2021. Disponible sur : <https://bilans-ges.ademe.fr/>
- [12] O. Boucher, « L'ingénierie climatique face au réchauffement climatique : solution d'avenir ou fuite en avant? », Météorologie, vol. 8, no 78, p. 31, 2012, doi : 10.4267/2042/47513
- [13] « guide_conception-batiment-bbc_amoies_aitf_edf.pdf ». [En ligne]. Disponible sur :

http://www.energiepositive.info/data/document/guide_conception-batiment

[bbc_amoes_aitf_edf.pdf](#).

[14] J.-P. ROCHE, « Performance de l'éclairage artificiel dans les bâtiments tertiaires », XPair. Disponible sur https://conseils.xpair.com/actualite_experts/performance-eclairage-artificiel-batiments-tertiaires.htm.

[15] Yézouma Coulibaly, « Economie d'énergie dans le bâtiment zones tropicales », Institut International d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, Ouagadougou, Burkina Faso, tome 1 généralité sur l'énergie dans le bâtiment, 2017.

ANNEXES

Annexe I : Description détaillée de l'outil d'analyse

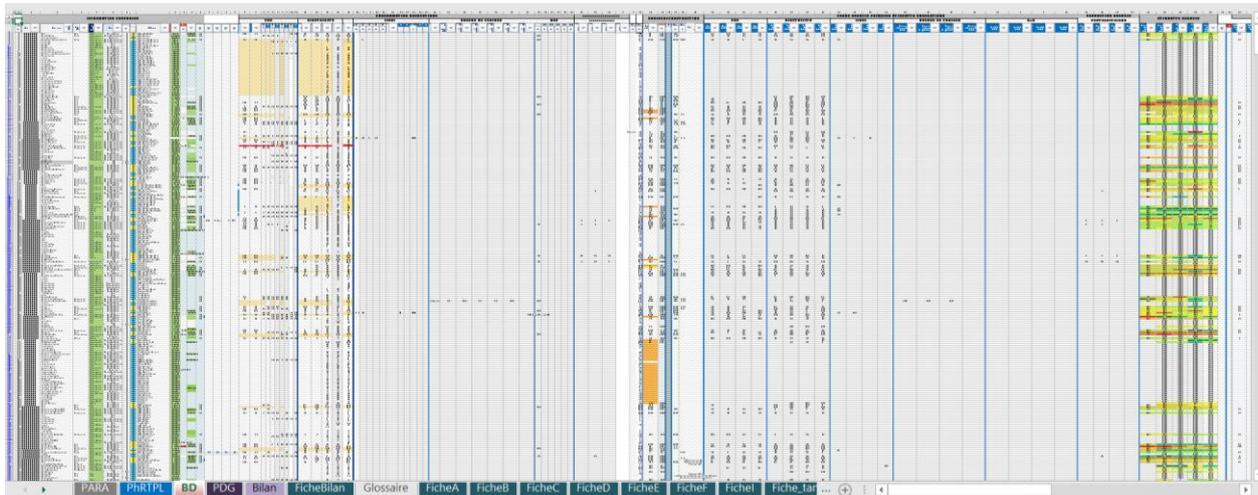


Figure 20 : Partie gauche de l'onglet base de données

Zone 1 : Elle regroupe tous les contrats avec les communes, le type de contrat, la référence, l'adresse et le nom du bâtiment

Zone 2 : Ce sont toutes les données énergétiques à renseigner. Les consommations de gaz, d'électricité, le photovoltaïque, réseau de chaleur et le fioul. Dans cette zone, il y a aussi la surface du bâtiment à renseigner.

Zone 3 : C'est la partie calcul énergétique.



Figure 21 : Partie droite de l'onglet base de données

Zone 4 : C'est la partie calcul des émissions de gaz à effet de serre.

Zone 5 : Dans cette zone il y a des colonnes utiles au fonctionnement de la macro et les résultats de l'étude.

Communes	Maire	DGS	Nb habitants	Dates Habitants	Superficie (km ²)	Densité
1	1					
2	2					
3	3					
4	4					
5	5					
6	6					
7	7					
8	8					
9	9					
10	10					
11	11					
12	12					
13	13					
14	14					
15	15					
16	16					
17	17					
18	18					
19	19					
20	20					
21	21					
22	22					
23	23					
24	24					
25	25					
26	26					
27	27					
28	28					
29	29					
30	30					

Figure 22 : Page principale du fichier

Le premier onglet « PARA », contient les informations générales sur les communes faisant parti de l'étude.

Le second onglet « PhRTPL », contient les photos des bâtiments étudiés :

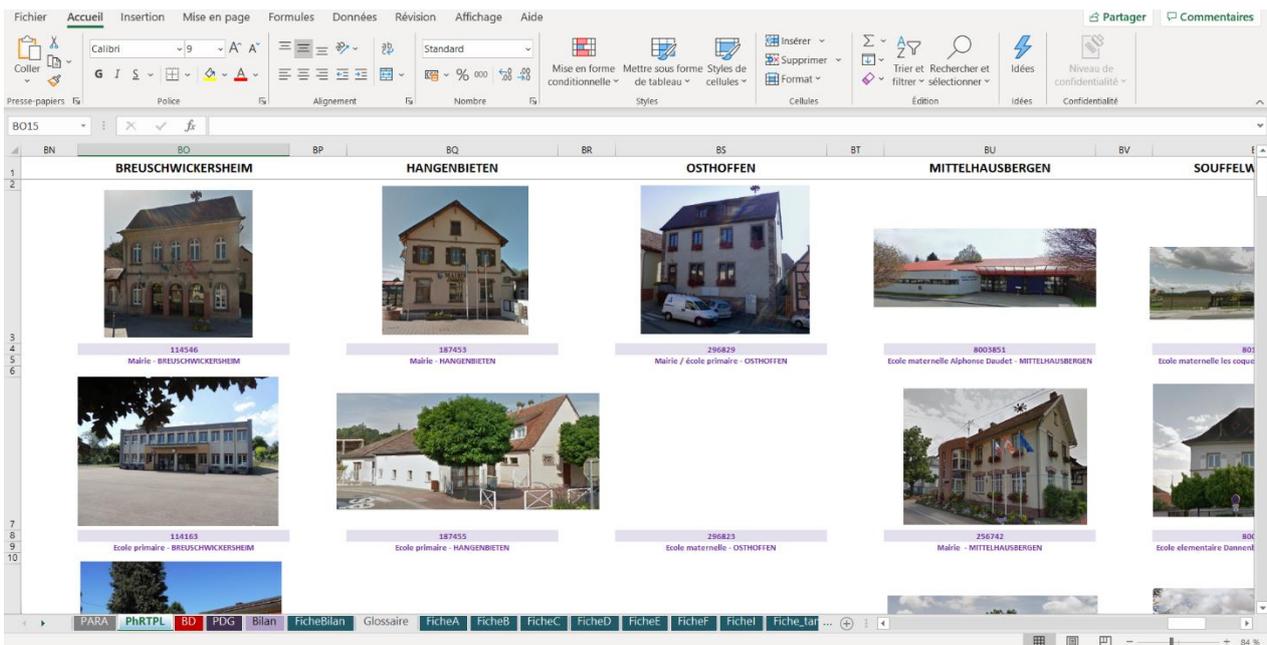


Figure 23 : Base de données des photos des bâtiments

Le troisième onglet « BD », c'est la base de données de tous les bâtiments étudiés :

N° de site	Communes	Bâtiments	Type de bâtiment	Type de bâtiment RETENU	Usage	Clef Usage	Adresse	EDL	Comman aire EDL	PDS
1	BISCHHEIM	Mairie	Mairies	Mairie	Bâtiments Administratifs	A	37 route de Bischwiller	8002101	-	P12472795
2	BISCHHEIM	Ecole du Centre	Ecole	Enseignement	Bâtiments d'enseignement	B	6 Rue Nationale	8019727	-	33999F
3	BISCHHEIM	logement concierge		Logement	Logements	D	6 rue nationale	967681	-	
4	BISCHHEIM	Ecole Prunellier (Maternelle&primaire)	Ecole	Enseignement	Bâtiments d'enseignement	B	82 avenue de Périgueux	99505	-	10000205
5	BISCHHEIM	santé scolaire		Enseignement	Bâtiments d'enseignement	B	82 avenue de Périgueux	99502	-	12225250
6	BISCHHEIM	parc public		Espaces Extérieurs	Divers	Z	2A rue du souvenir	1011712	-	
7	BISCHHEIM	Marché		Espaces Extérieurs	Divers	Z	38 place de la république	100097	-	
8	BISCHHEIM	Creche familiale		Centre d'accueil	Sport-Loisir-Culture	C	15 rue robert keffer	100353	-	
9	BISCHHEIM	bureau annexe		Administratif	Bâtiments Administratifs	A	14 rue de la tulserie	102031	-	
10	BISCHHEIM	antenne police municipale		Administratif	Bâtiments Administratifs	A	31 route de bischwiller	93342	-	
11	BISCHHEIM	Centre communal d'action sociale (ccas)		Centre d'accueil	Sport-Loisir-Culture	C	60 route de bischwiller	93452	-	13131820
12	BISCHHEIM	bureau annexe		Administratif	Bâtiments Administratifs	A	3 rue du fosse neuf	95774	-	
13	BISCHHEIM	gymnase		Sportif	Sport-Loisir-Culture	C	6 rue du garbaden	96178	-	
14	BISCHHEIM	centre social		Centre d'accueil	Sport-Loisir-Culture	C	9 rue du garbaden	96273	-	
15	BISCHHEIM	centre medico social		Centre d'accueil	Sport-Loisir-Culture	C	13 rue du garbaden	96484	-	
16	BISCHHEIM	centre social		Centre d'accueil	Sport-Loisir-Culture	C	14 rue du garbaden	96486	-	
17	BISCHHEIM	plané de jeu		Espaces Extérieurs	Divers	Z	17Z rue du garbaden	96593	-	10000185
18	BISCHHEIM	ccas halle garderie		Centre d'accueil	Sport-Loisir-Culture	C	2A rue jean jaures	96729	-	
19	BISCHHEIM	Longue utilisation		Longue utilisation	Longue utilisation	L	91 rue du marais	97715	-	
20	BISCHHEIM	local social		Logement	Logements	D	13 rue frédréc mastral	98043	-	
21	BISCHHEIM	maison boecklin		Logement	Logements	D	17 rue nationale	98353	-	
22	BISCHHEIM	morque		Administratif	Bâtiments Administratifs	A	3 rue du cimetière	98689	-	
23	BISCHHEIM	serres communales		Espaces Extérieurs	Divers	Z	5 rue du cimetière	98890	-	
24	BISCHHEIM	batiment vacant		Logement	Logements	D	4 avenue de périgueux	99218	-	
25	BISCHHEIM	annexe police municipale		Administratif	Bâtiments Administratifs	A	34A avenue de périgueux	99537	-	
26	BISCHHEIM			Administratif	Bâtiments Administratifs	A	34A avenue de périgueux	99536	-	

Figure 24 : Base de données des bâtiments de l'EMS

le glossaire est systématiquement donné aux communes pour la compréhension de certains mots technique dans leur synthèse énergétique.

GLOSSAIRE

Notions
 Energie finale (EF) : Energie consommée au lieu de destination.
 Energie primaire (EP) : Quantité totale d'énergie nécessaire pour fournir la quantité d'énergie finale consommée (en tenant compte de la production, du transport qui induisent la consommation de production et les pertes).
 Surface : Toutes les surfaces sont en réalité des surfaces SHON-RT, c'est-à-dire que les surfaces sont corrigées comme la demande la RT-2012.

Evolution des consommations
 L'évolution des consommations se base sur la consommation des 3 dernières années. Elle est déterminée sur la base des factures d'énergie de ces 3 dernières années.
 La consommation corrigée correspond à la consommation réelle (indiquée sur les factures) modifiée par un coefficient permettant de se ramener à la température climatique de l'année en question. Ce coefficient est calculé en se référant aux Données Unitaires D.U.S de l'année en cours, ramené sur une valeur de D.U.S de référence. Il est nécessaire de corriger la consommation lorsque l'on veut comparer les valeurs d'années différentes.

Evolution des émissions de gaz à effet de serre (GES)
 L'évolution (EP) des émissions de GES est déterminée à l'aide des coefficients d'émission relatifs aux émissions de GES de votre bâtiment.

Consommation énergétique de votre bâtiment
 La consommation énergétique indique le positionnement énergétique de votre bâtiment par rapport à l'ensemble des bâtiments du même type situés dans la commune. Cette partie permet, de plus, de situer le bâtiment par rapport aux objectifs de consommation énergétique fixés par le CEREN pour les années 2020 et 2050.

Classement énergétique
 Le classement énergétique se base sur les indicateurs énergétiques tels que définis dans les CPE. Il est déterminé sur la base d'une moyenne de consommation d'énergie primaire de votre bâtiment des 3 dernières années.

Emissions de GES
 Le total des émissions de GES indique le positionnement climatique de votre bâtiment par rapport à l'ensemble des bâtiments du même type situés dans l'Eurométropole.

Classement climat
 Le classement climat se base sur les indicateurs climatiques tels que définis dans les CPE. Il est déterminé sur la base d'une moyenne des émissions de GES de votre bâtiment des 3 dernières années.

Suspension d'ordre de priorité d'intervention
 L'ordre des suggestions de priorité d'intervention se base sur les écarts entre les données de consommation relatives et les objectifs proposés, pour chaque type de bâtiment, par le CEREN. L'écart entre les données de consommation du bâtiment, et la moyenne de consommation des bâtiments du même type au sein de l'EMS est de plus prépondérante.

Figure 25 : Glossaire

Les autres onglets sont les pages qui constitue le document PDF final, qui se remplit automatiquement à l'aide de macro.

Annexe III : facteur d'émission des différentes énergies considérées [kgCO₂/kWhEF]

Tableau 14 : facteur d'émission des différentes énergies considérées [kgCO₂/kWhEF] (source ADEME)

Combustible	TOTAL amont (kgCO _{2e} / GJ PCI)	Combustion (kg de gaz / GJ PCI)			TOTAL combustion (kgCO _{2e} / GJ PCI)
		CO ₂	CH ₄	N ₂ O	
Pétrole brut	6,2	73,0	0,003	0,0006	73,3
Fioul domestique (FOD)	15,9	75,0	0,002	0,0015	75,5
Fioul lourd (FOL)	12,4	78,0	0,002	0,0018	78,6
Essence pure	14,2	73,0	0,020	0,0023	74,2
Diesel / gazole pur	15,9	75,0	0,001	0,0023	75,7
Butane	10,2	64,0	0,003	0,0025	64,8
Propane	10,1	64,0	0,003	0,0025	64,8
Kérosène (jet A ou A1)	14,9	71,6	0,003	0,0006	71,9
Carburéacteur large coupe (jet B)	14,9	71,6	0,003	0,0006	71,9
Essence aviation (AvGas)	14,9	71,6	0,003	0,0006	71,9
bitume	8,1	81,0	0,003	0,0025	81,8
Naphta	11,4	73,0	0,003	0,0025	73,8
Huile de schiste	127,3	73,0	0,003	0,0006	73,3

Tableau 15 : Facteurs d'émission pour la partie amont des combustibles, données de l'ADEME en 2013

Combustible	t de gaz par GJ PCI								TOTAL (kgCO _{2e} / GJ PCI)
	Extraction et process		Transport		Raffinage		Distribution		
	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄	
Pétrole brut	4,42	0,037	0,90						6,2
Fioul domestique (FOD)	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012	1,00		15,9
Fioul lourd (FOL)	4,42	0,037	0,90		5,13		1,03		12,4
Essence pure	4,34	0,036	0,90		6,78	0,010	1,00		14,2
Diesel / gazole pur	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012	1,00		15,9
Butane	2,96	0,014	0,95	0,082	2,62	0,004	1,14		10,2
Propane	2,93	0,013	0,94	0,082	2,59	0,004	1,13		10,1
Kérosène (jet A ou A1)	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012			14,9
Carburéacteur large coupe (jet B)	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012			14,9
Essence aviation (AvGas)	4,42	0,037	0,90		8,32	0,012			14,9
bitume	2,96		2,52		1,56		1,03		8,1
Naphta	4,22	0,036	0,90		4,21	0,006	1,00		11,4
Huile de schiste	126,31						1,00		127,3