
Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Réalisation d'audits énergétiques

M3e

38 Rue du 11 Novembre 72210 La Suze-sur-Sarthe



Tuteur entreprise :

Isabelle Legros
Gérante d'entreprise

Tuteur académique :

Sébastien Larribe

Anaëlle Pottier

UIT
2023-2024

Table des matières

TABLE DES FIGURES.....	3
REMERCIEMENTS	4
INTRODUCTION	5
PARTIE I : LA PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL.....	6
IDENTIFICATION DE LA STRUCTURE.....	6
ORGANISATION INTERNE	8
VALEURS ET CULTURE D'ENTREPRISE	9
METIER D'INGENIEUR THERMICIEN	9
PARTIE II : LA PRESENTATION DE LA MISSION	10
OBJECTIFS DE LA MISSION	10
ENJEUX ET CONTEXTE	10
PARTIE III : LA PRESENTATION DU DEROULE DE LA MISSION	11
PHASES DE LA MISSION ET OUTILS INFORMATIQUES	11
<i>Phase 1 : Visite des chantiers.....</i>	<i>11</i>
<i>Phase 2 : Modélisation.....</i>	<i>11</i>
<i>Phase 3 : Corrélation des résultats et rapport initial</i>	<i>14</i>
<i>Phase 4 : Préconisations, combinaisons et rapport final</i>	<i>17</i>
<i>Phase 5 : Restitution et explication des démarches.</i>	<i>20</i>
OUTILS MATERIELS.....	20
CHRONOLOGIE DES ACTIONS	21
PARTIE IV : LA PRESENTATION DES LIVRABLES DE LA MISSION	25
LISTE DES LIVRABLES.....	25
CARACTERISTIQUES DES LIVRABLES	25
PARTIE V : UN RETOUR REFLEXIF SUR L'EXPERIENCE	26
DEMARCHE ET METHODES MISES EN ŒUVRE	26
ANALYSE CRITIQUE DES RESULTATS PRODUITS	26
PROPOSITIONS DE PISTES DE CHANGEMENT	26
CONCLUSION	28
ANNEXES	29
LIVRABLES DE LA MISSION.....	29

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Logo de la certification OPQIBI	6
.....	6
Figure 2 : Justificatif d'existence de la société M3E.....	6
Figure 3 : Organigramme de l'entreprise M3E.....	8
Figure 4 : Interface principale et principaux outils de modélisation de Pléiades-Comfie	13
Figure 5 : Exemple de zones thermiques.	13
Figure 6 : Exemple de ponts thermiques.....	13
Figure 7 : Spatialisation dans l'environnement urbain du bâtiment modélisé	14
Figure 8 : Exemple de données rentrées concernant la production d'ECS d'un bâtiment	15
Figure 9 : Exemple de scénario d'occupation et de chauffage d'une zone	15
Figure 10 : Extrait du rapport initial sur les consommations calculées et la répartition des déperditions	16
Figure 12 : Exemple de tableau récapitulatif des gains énergétiques et financier d'une combinaison présente dans un rapport	18
Figure 13 : Fiche synthèse de l'audit énergétique	19
Figure 14 : Diagramme de Gantt des tâches réalisées du 13/05 au 14 juin.	21
Figure 15 : Réalisation d'un test d'étanchéité à l'air	22
Figure 16 : Diagramme de Gantt des tâches réalisées du 17/06 au 12/07.	23
Figure 17 : Diagramme de Gantt des tâches réalisées du 15/07 au 02/08.	23
Figure 18 : Diagramme de Gantt des tâches réalisées du 05/08 au 14/08.....	23

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier l'université Polytechnique de Tours pour l'opportunité de réalisation de ce stage.

Je remercie Mme Isabelle LEGROS pour la confiance accordée et l'opportunité de faire partie de son équipe de travail ces 14 dernières semaines.

Je remercie M Charlie CORMIER et M CHANDELIER Nolan pour la confiance accordée mais aussi et surtout pour le partage de connaissances dont ils ont fait preuve. J'ai pu, grâce à eux, mettre en application différentes connaissances et compétences acquises lors de mon cursus scolaire, et en acquérir de nouvelles, tout en m'enrichissant de leurs expériences.

Je remercie l'ensemble des employés du bureau d'études qui ont su rendre l'atmosphère de travail agréable et bienveillante.

Je remercie M Sébastien LARRIBE d'avoir accepté le rôle de tuteur académique de stage et d'avoir pris le temps d'échanger sur mon expérience professionnelle au sein du bureau d'études M3E.

Introduction

Face aux enjeux actuels de la transition énergétique et de la lutte contre le dérèglement climatique, les audits énergétiques sont devenus essentiels pour optimiser la consommation d'énergie et réduire l'empreinte carbone des bâtiments à occupation professionnelle, publique ou privée. Un audit énergétique est une évaluation systématique de la consommation d'énergie d'un bâtiment ou d'une installation. Il vise à identifier les sources de déperdition d'énergie, à analyser les performances des systèmes de chauffage, de climatisation, de ventilation et d'éclairage, et à proposer des recommandations pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire les coûts. L'objectif est de fournir une vision claire des opportunités d'économies d'énergie et d'optimiser les performances énergétiques globales.

Les normes environnementales évoluent, et les exigences en matière d'efficacité énergétique augmentent, incitant donc chacun à évaluer et à améliorer ses performances énergétiques. C'est dans ce contexte que j'ai eu l'opportunité d'effectuer un stage de 14 semaines au sein de l'entreprise M3E, reconnue en tant que bureau d'études thermiques.

M3E est une société sarthoise, qui, avec une équipe d'experts thermiciens, propose des solutions sur mesure pour aider ses clients à optimiser leur consommation d'énergie. Elle intervient principalement dans les secteurs industriel, tertiaire et résidentiel, réalisant des audits énergétiques approfondis et proposant des recommandations pour améliorer la performance énergétique des bâtiments.

L'objectif principal de ma mission est de participer activement à des audits énergétiques, de comprendre les dessous du métier de thermicien et de contribuer à l'analyse et à l'optimisation des performances énergétiques des bâtiments audités. Plus précisément, mes missions consistaient à :

1. **Comprendre les méthodes des audits énergétiques**
2. **Participer aux visites de sites et aux relevés sur le terrain**
3. **Analyser les données collectées**
4. **Contribuer à la rédaction des rapports d'audit**

L'enjeu du stage de 4ème année est de développer des compétences techniques et calculatoires essentielles à mon futur professionnel. Ce stage s'inscrit dans la continuité de ma formation et vise à approfondir mes aptitudes techniques et opérationnelles. Mon travail consiste à adapter un panel de solutions à des situations spécifiques, en tenant compte de deux enjeux majeurs dans les études thermiques : la réduction des coûts économiques, face à la hausse des prix de l'énergie, et l'amélioration du confort d'été, en prévision des conditions climatiques à venir. Ce stage, s'inscrit dans la logique de mon parcours académique et illustre parfaitement les enjeux environnementaux liés à mon diplôme. Le rapport qui en découle est une explication technique détaillée des travaux réalisés qui se structure comme suit : après cette introduction, la première partie présente la structure d'accueil et son secteur d'activité. Ensuite, les objectifs de la mission sont détaillés. La troisième partie expose les différentes méthodes propres à chaque phase de la mission, suivie de la liste des livrables et de leur contenu. Enfin, un retour sur expérience est également inclus. Pour terminer ce rapport, la conclusion synthétise les apports de ce stage et propose des perspectives pour de futures améliorations dans le domaine de l'audit énergétique.

Tout au long de ce rapport, les figures et exemples sont tirés d'un seul dossier traité lors du stage, celui de l'audit énergétique de la salle des fêtes de Thorigné-sur-Dué, qui est un des dossiers traités lors de mon stage et représente l'approche classique d'un audit énergétique.

Partie I : La présentation de la structure d'accueil

Identification de la structure

M3e est un bureau d'études spécialisé dans les études thermiques du secteur résidentiel et tertiaire mais également dans les pratiques de mise en œuvre de l'étanchéité à l'air. Le bureau est créé le 2 septembre 2009 et est catégorisé comme PME, comprenant 5 ingénieurs d'études et 1 employée administrative et commerciale. Son siège social est situé au 38 Rue du 11 Novembre, à la Suze-sur-Sarthe 72210. En 2023, le chiffre d'affaires (Hors Taxes) de M3E s'élevait à 464 303€.



Figure 1 : Logo de la certification OPQIBi

M3E est une société certifiée RGE : Reconnu Garant de l'Environnement, qui est un label adressé aux entreprises et bureaux d'études spécialisés dans les travaux de rénovation énergétique, dans l'installation d'équipement utilisant des énergies renouvelables ou encore des études liées aux performances énergétiques. Le bureau d'études possède également la certification OPQIBi qui a pour objectif principal d'attester de la compétence et de la capacité d'une entreprise à répondre aux demandes de sa clientèle.



Service Statistique
Répertoire SIRENE

Service Info Sirene
09 72 72 6000
prix d'un appel local

SITUATION AU REPERTOIRE SIRENE

À la date du 15/08/2024

Description de l'entreprise	Entreprise active depuis le 02/09/2009
Identifiant SIREN	514 819 507
Identifiant SIRET du siège	514 819 507 00039
Dénomination	M3E
Catégorie juridique	5499 - Société à responsabilité limitée (sans autre indication)
Activité Principale Exercée (APE)	71.12B - Ingénierie, études techniques
Appartenance au champ de l'ESS ¹	
Appartenance au champ des sociétés à mission	

Description de l'établissement	Etablissement actif depuis le 20/11/2017
Identifiant SIRET	514 819 507 00039
Adresse	38 RUE DU 11 NOVEMBRE 72210 LA SUZE-SUR-SARTHE
Activité Principale Exercée (APE)	71.12B - Ingénierie, études techniques

1 : Economie Sociale et Solidaire

Important : A l'exception des informations relatives à l'identification de l'entreprise, les renseignements figurant dans ce document, en particulier le code APE, n'ont de valeur que pour les applications statistiques (décret n°2007-1888 du 26 décembre 2007 portant approbation des nomenclatures d'activités françaises et de produits, paru au JO du 30 décembre 2007).

Avertissement : Aucune valeur juridique n'est attachée à l'avis de situation.

Figure 2 : Justificatif d'existence de la société M3E

Ce bureau d'études propose des prestations à destination des entreprises, des collectivités territoriales, des propriétaires particuliers mais également des promoteurs immobiliers. Le domaine d'application de M3e s'étend des bâtiments en construction aux bâtiments en rénovation énergétique. Les services de l'entreprise s'étendent partout en Sarthe (72) mais également dans le département voisin de l'Orne (61) ou encore en Mayenne (53).

Pour ce qui est des bâtiments en construction, le bureau d'études intervient sur :

Attestations Bbio : est une attestation nécessaire à l'approbation d'un permis de construire depuis la réglementation environnementale RE2020. Cette attestation permet de s'assurer de la prise en compte du coefficient Bbio Max d'un bâtiment, autrement dit, de sa consommation d'énergie.

Étude thermique : permet de déterminer si le projet de construction respecte les critères de la RE2020 par le biais d'une estimation de consommation énergétique du bâtiment qui prend compte de l'orientation, de l'architecture, des surfaces vitrées, de l'isolation et des équipements présents.

Diagnostic de Performance Énergétique (DPE) : lorsque la construction du bâtiment est terminée, un audit complet du bien est mené et à l'issue duquel deux notes (entre A et G) sont attribuées pour évaluer sa consommation énergétique et ses émissions de gaz à effet de serre.

Étude d'infiltrométrie : mesure l'étanchéité de l'air entrant dans un bâtiment et doit être en accord avec les attendus de la RE2020.

Contrôle de ventilation : obligatoire dans le résidentiel neuf depuis la RE2020. Permet de contrôler le bon fonctionnement du/des systèmes de ventilation d'un bâtiment par un contrôle visuel mais également par des mesures de pression et/ou de débit aux bouches d'extraction.

Attestations de fin de chantier : aussi appelée « Attestation RE2020 », atteste du respect de l'article R.172-4 du Code de la Construction et de l'Habitat (CCH) comprenant le besoin en énergie du bâtiment, la consommation d'énergie primaire maximale, la consommation d'énergie primaire non-renouvelable maximale, l'impact sur le changement climatique des consommations, l'impact sur le changement climatique des composants du bâtiments et enfin le nombre de degrés-heures d'inconfort estival. Cette attestation permet la livraison du bien construit.

Pour les bâtiments en rénovation énergétique, les champs d'action sont les suivants :

Simulation Thermique Dynamique (STD) : permet une modélisation précise du fonctionnement thermique d'un bâtiment en prenant en compte le stockage de chaleur, l'inertie du bâtiment, les apports solaires et internes, tout en ayant pour but de réaliser des économies d'énergie.

Audit énergétique : est un état des lieux des consommations énergétiques d'un bâtiment pour identifier les secteurs possibles d'améliorations.

Thermographie : permet, à l'aide d'une caméra thermique infrarouge, de repérer les zones d'échanges de chaleur (ponts thermiques, fuites d'air, moisissures, manque d'isolation) sur l'ensemble de l'enveloppe d'un bâtiment (façades et toitures) et/ou sur les équipements de chauffage.

Certificat d'Économie d'Énergie (CEE) : qui est une aide financière accessible aux personnes souhaitant réaliser des travaux de rénovation énergétique dont la demande se fait par dossier directement aux fournisseurs d'énergie ou bien en s'adressant directement au RGE (Reconnu Garant de l'Environnement) qui sont les artisans et entreprises spécialisés dans les travaux de rénovation énergétique.

Organisation interne

La gestion de l'entreprise est assurée par Mme.Legros, ingénieure thermicienne, aidée de son associé M.Rondard, ingénieur thermicien également.

Au sein de l'entreprise se trouvent également, en postes permanents :

- Mme.Beloeil, au poste d'assistance administrative et commerciale
- M.Mauvieux, au poste de responsable études fluides et électriques
- M.Cormier, au poste d'ingénieur thermicien et fluides
- M.Chandelier, au poste de thermicien

Lors de la durée de mon stage, M3E accueillait également un étudiant en alternance.

Les missions et rôles de chacun.e.s sont détaillées par l'organigramme ci-dessous :

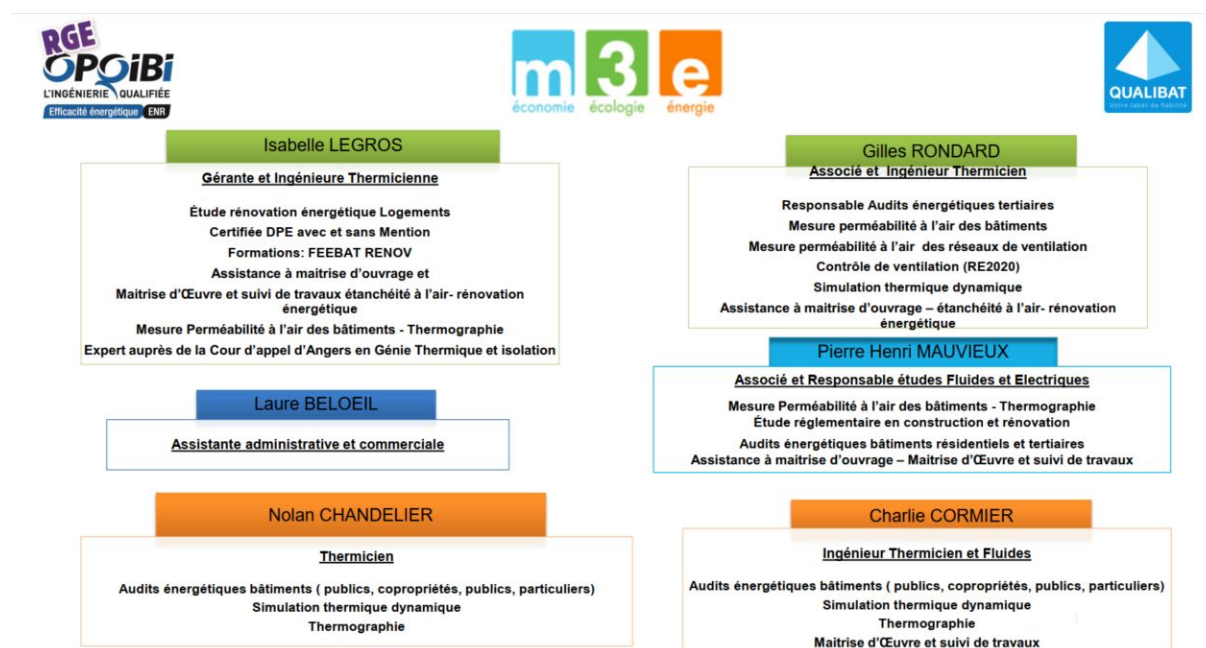


Figure 3 : Organigramme de l'entreprise M3E

L'entreprise ne comprend pas de « département » à proprement parler mais chaque salarié est chargé de missions plus ou moins spécifiques à son poste. La répartition des missions (audits, DPE...) et des visites associées se fait selon un registre Excel géré par M.Rondard. Le travail s'effectue dans un espace de coworking en compagnie de tous les salariés ou bien accompagné de mon tuteur (différent selon les missions) pour les visites de chantier.

Valeurs et culture d'entreprise

La démarche d'une entreprise telle que M3E repose évidemment sur des valeurs de durabilité environnementale et d'amélioration de performance énergétique, ou autrement dit, de réduction de l'empreinte carbone, tout en maintenant un niveau de confort nécessaire aux occupants des bâtiments. C'est donc la corrélation entre les objectifs de l'entreprise et mes études, notamment depuis la spécialisation en RESEAU, qui m'ont motivé à y déposer ma candidature.

L'organisation du travail est propre à chaque salarié, autrement dit, l'entreprise laisse au salarié le choix d'organiser sa semaine. Il est donc possible de fluctuer entre travail présentiel et distanciel (télétravail) ou encore d'opter pour la semaine de 4 jours de travail si le quota d'heures de travail du contrat est respecté. J'ai pour ma part travaillé en présentiel tout au long du stage du lundi au vendredi midi.

Métier d'ingénieur thermicien

Le rôle du thermicien est de se concentrer sur l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments et des systèmes thermiques. IL évalue les besoins en chauffage, climatisation, ventilation et isolation des bâtiments. Il utilise divers outils de diagnostic, comme des logiciels de simulation thermique et des caméras thermiques, pour réaliser des audits énergétiques détaillés.

Le thermicien travaille à optimiser l'efficacité énergétique en proposant des solutions telles que l'amélioration de l'isolation, la mise en place de systèmes de chauffage et de climatisation plus efficaces, et l'intégration de sources d'énergie renouvelable. Il veille également à respecter les réglementations thermiques et environnementales en vigueur et collabore avec d'autres experts du bâtiment pour assurer la conformité des projets.

En somme, le thermicien est un spécialiste dont la mission est d'évaluer, concevoir et améliorer les systèmes thermiques pour atteindre une meilleure efficacité énergétique tout en garantissant un confort aux occupants/habitants du bâtiment.

Partie II : La présentation de la mission

Objectifs de la mission

L'objectif principal de ce stage est, dans un premier temps, d'être en support dans la réalisation d'audits énergétique avant de pouvoir, par la suite, les réaliser en autonomie. Les missions sont donc orientées vers l'identification d'amélioration d'efficacité énergétique puis de fournir des recommandations pratiques et détaillés aux commanditaires.

Enjeux et contexte

Lors de ce stage, aucune mission spécifique n'a été définie exclusivement pour mon statut de stagiaire, je suis intégrée dans l'équipe en tant que membre à part entière, et effectuant pour la plupart du temps les mêmes tâches que les salariés permanents. Ma principale responsabilité est la réalisation d'audits énergétiques de bâtiments tertiaires, occupés ou non afin d'évaluer leur efficacité énergétique. Cette responsabilité se décline elle-même en plusieurs « sous-missions » : visite de chantier, modélisation 3D, calculs, rédaction de rapport et réunion de restitution.

Les enjeux de ce stage sont multiples, sur le plan professionnel avec l'apprentissage et le renforcement de compétences techniques spécifiques à l'audit énergétique et à l'utilisation de logiciels de simulation thermique dynamique, mais également avec l'application des connaissances théoriques acquises durant mes études, et notamment celles de la spécialisation RESEAU, sur des projets réels. Des termes majeurs de l'énergie urbaine étudiés auparavant tels que : conductance d'un bâtiment, conductivité d'un isolant ou d'une paroi, DH (Degré Heure), ponts thermiques linéiques et ponctuels, apports internes et solaires, déperditions par l'enveloppe, déperditions par la ventilation, l'inertie thermique et autres m'ont permis d'acquérir une base de connaissances qui s'est avérée nécessaire au vu de la spécification de l'entreprise. Mon insertion y a donc été grandement facilitée par cet apprentissage antérieur.

Pour ce qui est des enjeux spécifiques à la structure d'accueil, l'intégration d'un stagiaire offre un soutien opérationnel pouvant réduire la charge de travail des salariés permanents et facilitant la gestion des projets en cours. Avec un stagiaire dédié, l'entreprise peut se concentrer sur le développement de nouveaux projets ou l'approfondissement de ceux déjà commencés. De plus, l'intégration d'un stagiaire démontre un certain engagement et une responsabilité sociale puisque cela participe à la transmission des compétences nécessaires à la future main-d'œuvre.

Enfin, la collaboration avec des professionnels expérimentés ainsi que ma participation aux visites et aux restitutions permettent un enrichissement tant technique que relationnel. J'ai pu, par exemple, être aidée dans la compréhension d'un système de chauffage avec CTA, ou bien dans la compréhension de ce que sont les réseaux primaires et secondaires d'une chaudière, ou encore dans le travail de restitution et de communication avec les commanditaires.

Partie III : La présentation du déroulé de la mission

Phases de la mission et outils informatiques

Chaque audit se déroule selon 5 phases principales décrites ci-dessous avec la méthode appliquée à chacune d'entre elles.

Les simulations et calculs associés à un audit énergétique se font par le biais d'outils informatiques comme le logiciel de modélisation et simulation thermique dynamique Pleiades-Comfie. La création de scénarios de chauffage, d'occupation, de ventilation, d'éclairage, le remplissage des informations concernant les émetteurs, les équipements ECS, type de chauffage... se font par le biais de fichiers Excel développé par M.Rondard. L'entreprise se sert donc de 3 fichiers Excel, nommés respectivement :

- « Facture » : pour les consommations énergétiques des bâtiments audités, les factures des 4 précédentes années sont demandées et intégrées à ce fichier
- « Calcul Conso » : permet de créer les scénarios et d'ajouter les équipements afin de pouvoir calculer et corrélérer.
- « Rapport » : permet l'édition de rapports initiaux et finaux mais également la définition des préconisations et combinaisons

Ces noms de fichiers apparaissent dans la suite de ce rapport

Phase 1 : Visite des chantiers

La première phase est celle des visites de chantiers d'audits énergétiques, test de perméabilité à l'air ou encore respect de la réglementation RE2020 pour les nouvelles constructions, accompagnée du responsable du projet

Phase 2 : Modélisation

La seconde phase est la suite logique de la première. En effet, le but est ici de modéliser chacun des bâtiments destinés à être étudiés.

Pour finaliser cette phase de cette modélisation, outre la représentation 3D, il est nécessaire de rentrer les détails techniques du bâtiment tels que les **ponts thermiques**, le **contact des parois**, la délimitation des **zones thermiques d'usages** pour la simulation thermique dynamique.

Les **ponts thermiques** sont les points faibles d'une isolation thermique d'un bâtiment. Ils sont principalement dus à des contraintes constructives ou géométriques. Par exemple, lors d'une jonction entre un mur et un plancher intermédiaire, il existe un point de rupture de l'isolant, ce qui découle donc en un pont thermique. Pour ce qui est des contraintes géométriques, certaines formes d'enveloppe de bâtiment comme les angles sortants ou entrants présentent une surface extérieure froide plus grande que la surface intérieure chauffée induisant également un pont thermique. Chaque pont thermique est classé selon des caractéristiques spécifiques dans le logiciel de modélisation. Un bâtiment isolé par une isolation thermique intérieure (ITI) possèdera des ponts thermiques avec des caractéristiques différentes qu'un bâtiment isolé par isolation thermique extérieure (ITE), ou qu'un bâtiment non isolé.

Le contact des parois peut être :

- **Mitoyen**, pour deux bâtiments à usages ou propriétaires différents séparés par un mur commun,
- À même le **sol** (terre-plein)
- Sur **vide-sanitaire** qui est un espace entre le sol et le premier plancher du bâtiment ayant pour but de lutter contre les remontées d'humidité.
- **Extérieur**, notamment pour les toitures, combles...

Les différentes **zones thermiques d'usages** sont principalement délimitées en fonction de l'occupation et de la température au sein des pièces. Si deux pièces possèdent une occupation et une température semblables, elles feront donc partie de la même zone d'usages.

Une fois ces critères rentrés dans le logiciel, un premier calcul des besoins peut être lancé. Ce calcul est lancé avant tout pour s'assurer du bon fonctionnement du fichier de modélisation, puisque si une erreur est trouvée par le logiciel, le calcul ne peut pas être lancé

Méthode appliquée :

En fonction du type de bâtiment que nous visitons, il est possible ou non d'être accompagnés par des gestionnaires de copropriété, maire, ou personne.

La visite des lieux permet un recensement de tous les types de luminaires, d'émetteurs (radiateurs), d'équipements (machine à café, lave-vaisselle...), de ventilation mécanique contrôlée (VMC), de générateurs (chaudières gaz, fioul, bois ou bien chauffage électrique), de production d'eau chaude sanitaire (ECS), de menuiseries et enfin des différentes compositions des parois (planchers, murs et plafonds) et leurs épaisseurs (matériaux et isolants). À cela peut s'ajouter la prise de cotes des murs intérieurs et menuiseries si aucun plan n'est fourni auparavant.

À la suite de cet état des lieux, la phase de modélisation 3D du bâtiment sur le logiciel Pléiades-Comfie débute avec le dessin du plan sur le logiciel, la rentrée des données sur les compositions de parois (planchers, murs, refends, toitures) et des menuiseries (matériau et épaisseur).

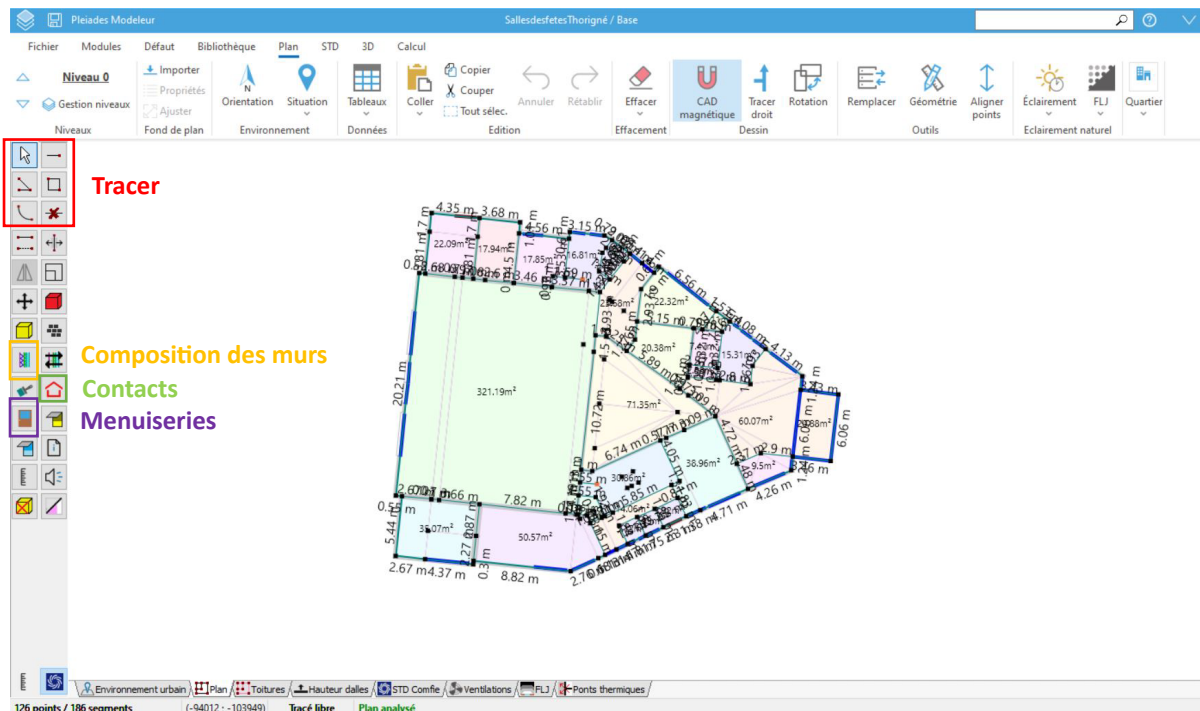


Figure 4 : Interface principale et principaux outils de modélisation de Pléiades-Comfie

La figure ci-dessus décrit l'interface principale du logiciel Pleiades-Comfie, à partir de laquelle sont dessinés les plans, sont ajoutées les compositions et menuiseries ainsi que les contacts.

À cela s'ajoute ensuite la définition des ponts thermiques, des zones thermiques.

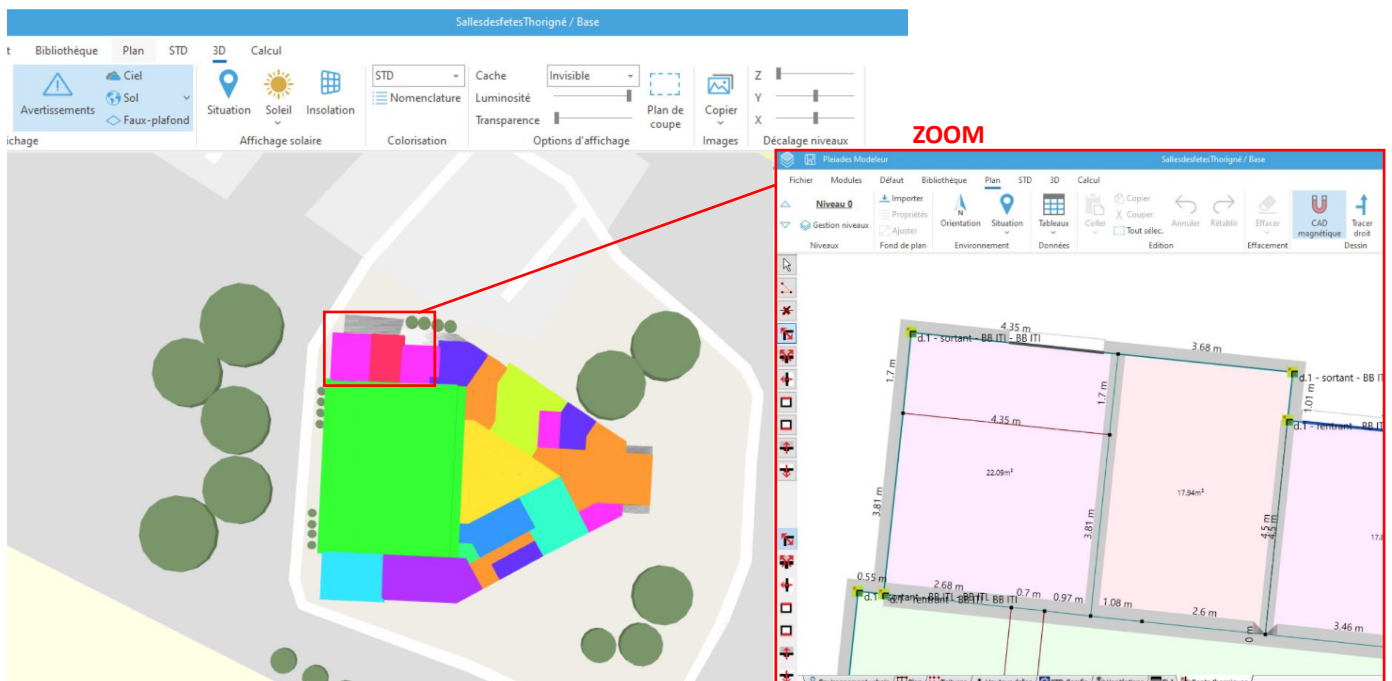


Figure 5 : Exemple de zones thermiques.

Figure 6 : Exemple de ponts thermiques

Enfin, la spatialisation du bâtiment dans l'environnement urbain clôturé cette étape, autrement dit, le lieu sera positionné dans l'espace réel avec les arbres et bâtiments alentours représentés à bonne échelle et distance. La phase de modélisation s'achève sur un premier lancement de calcul des besoins énergétiques du bâtiment.

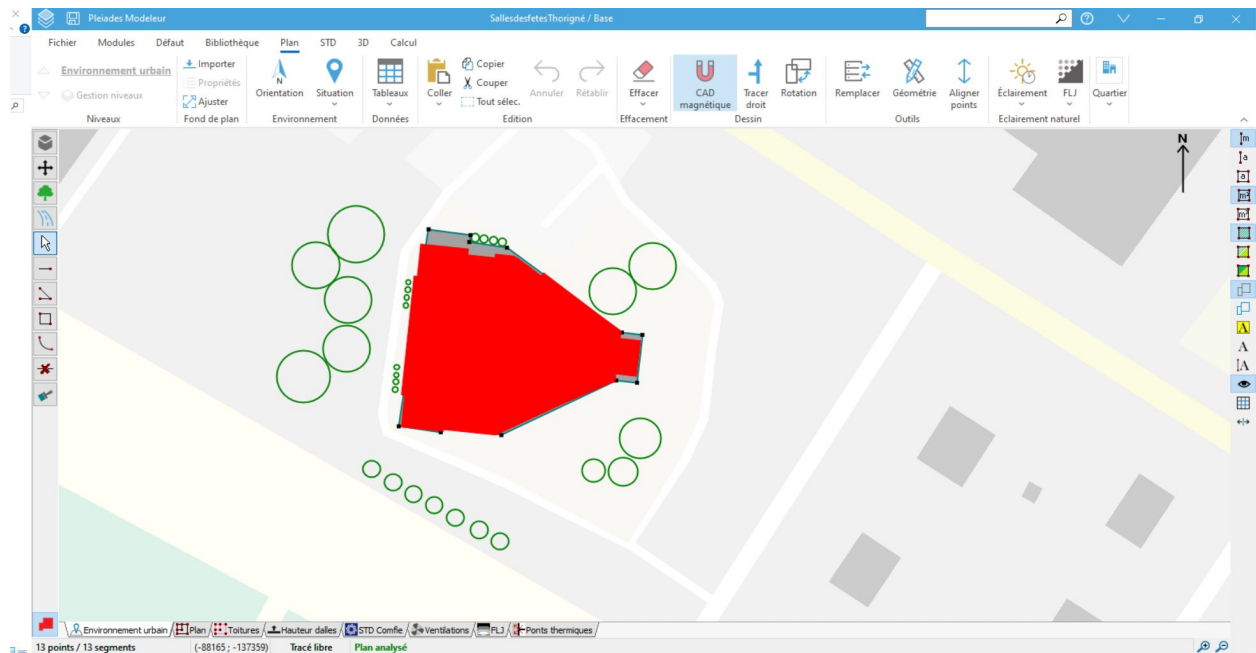


Figure 7 : Spatialisation dans l'environnement urbain du bâtiment modélisé

Le calque rouge représente le bâtiment modélisé tandis que les calques gris en dessous et aux alentours représentent les positions réelles des bâtiments. Le but est ici d'orienter notre modélisation afin de la faire correspondre au réel, avant d'y implémenter les éléments de végétations présents également.

Phase 3 : Corrélation des résultats et rapport initial

Lorsque le premier calcul des besoins est réalisé, la phase de corrélation entre les besoins réels et les besoins calculés peut débuter. Pour ce faire, nous usons de deux fichiers Excel nommés respectivement « Facture » et « Calcul Conso ». Le fichier « Calcul Conso » est le fichier de travail le plus important et fait la liaison avec le logiciel Pléiades-Comfie.

Les fichiers Excel sont reliés par un code VBA permettant des transferts automatiques de données entre eux.

Si la corrélation est bonne (tolérance de $\pm 10\%$ selon l'ADEME), alors le rapport initial peut être édité à l'aide du troisième fichier Excel de travail nommé « Rapport ».

Dans le fichier Excel principal « Calcul Conso », tous les relevés précédents de luminaires, équipements, émetteurs, ECS et générateurs sont ajoutés.

Figure 8 : Exemple de données rentrées concernant la production d'ECS d'un bâtiment

Dans ce même fichier sont ensuite ajoutés des scénarios de chauffage, d'éclairage, d'occupation, d'usage d'ECS ainsi que de ventilation pouvant être ajustés au fur et à mesure. Ces scénarios, si bien réalisés, permettent la corrélation entre les consommations calculées par le fichier et les consommations réelles de gaz et/ou d'électricité et/ou de fioul, d'ECS fournies par les commanditaires par le biais de factures. Une corrélation réussie peut s'écarter de +/- 10% des consommations réelles selon l'ADEME mais grâce au fichier Excel, les corrélations réalisées ne s'écarteront pas de plus de 5% des consommations réelles.

- En période A : bureaux non occupés et chauffés à 15°C
- En période B : bureaux occupés par 5 adultes et chauffés à 20°C

Les bureaux sont ici considérés inoccupés lors des semaines 7/8, 15/16, 27 à 34, 41/42 et 51/52 et sont donc associés aux scénarios 2 et 3 qui suivent la période d'occupation A (non occupés et chauffés à 15°C).

Figure 9 : Exemple de scénario d'occupation et de chauffage d'une zone

Une fois la corrélation réussie, un premier rapport de l'état initial des besoins énergétiques est établi. Ce rapport fait office d'état des lieux des consommations du bâtiment et décrit les démarches expliquées précédemment.

C.3. Consommations calculées des différents états initiaux

Les déperditions thermiques sont d'environ **66MWh** : elles sont dues à l'ensemble des pertes au travers des parois et de la ventilation.

Les apports (solaires, occupants et appareils) sont de **21MWh**.

La différence entre les déperditions et les apports donne des besoins thermiques de **45MWh**.

En tenant compte des différents rendements des systèmes, nous avons les consommations suivantes :

Détails des consommations	Énergie finale (Ef) (kWh/an)	Énergie primaire (Ep) (kWhEP/an/m²)	Coût annuel (€ TTC)	Répartition par poste (€) %	CO ₂ (kg/m².an)
Chauffage (Electricité)	16 340	51	12 301 €	42%	1,8
Chauffage (Gaz naturel)	30 670	42	1 856 €	6%	9,5
ECS (Electricité)	8 140	26	6 128 €	21%	0,7
Eclairage	3 740	12	2 815 €	10%	0,3
Circulateurs de chauffage	120	0	90 €	0%	0,0
Ventilation	2 220	7	1 671 €	6%	0,2
TOTAL / 5 usages RT	61 230	138	24 861 €		12,5
Autres usages (Electricité)	5 430	17	4 088 €	14%	0,5
TOTAL	66 660	155	28 949 €		13,0

Bilan annuel moyen

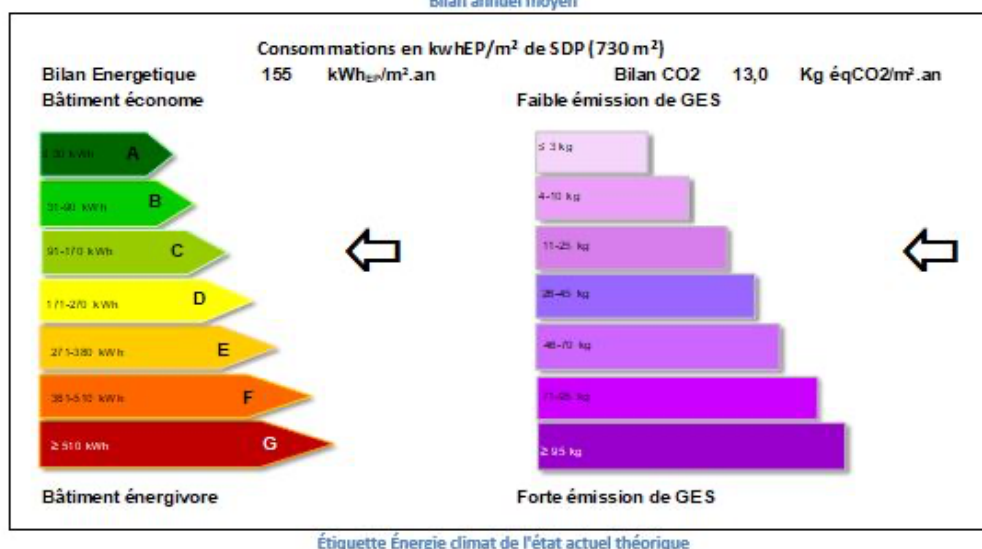


Figure 10 : Extrait du rapport initial sur les consommations calculées et la répartition des déperditions

Les déperditions thermiques, les apports solaires ainsi que les besoins thermiques sont calculés grâce à un diagramme de Sankey, inclus dans le logiciel Pleiades-Comfie.

À la fin du rapport se trouve une première liste de modifications possibles, chacune d'entre elle est étudiée afin de savoir s'il est possible ou non de l'implémenter. Cette liste regroupe :

- Les panneaux solaires thermiques,
- Les panneaux photovoltaïques,
- Le raccordement à un réseau de chaleur ou de refroidissement urbain,
- Les chaufferies biomasse,
- Les pompes à chaleur aérothermique
- Les systèmes éoliens,
- La géothermie,
- Les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité

Phase 4 : Préconisations, combinaisons et rapport final

La quatrième phase représente la dernière phase calculatoire d'un audit énergétique. Le but est ici de proposer des solutions d'amélioration individuelles puis de les combiner entre elles afin d'en renforcer l'impact sur la facture énergétique. Lorsque que les gains énergétiques associés sont calculés, alors le rapport final est édité. Ce rapport marque la fin de la partie calculatoire d'un audit énergétique.

Méthode appliquée :

Une fois le rapport initial terminé, il est désormais possible de proposer des préconisations d'améliorations pour le bâtiment concerné. En d'autres termes, il s'agit d'apporter des solutions qui permettent de diminuer les consommations énergétiques du lieu. Il est possible d'en proposer jusqu'à 30 mais le quota varie généralement entre 5 et 10 par chantier. Quand ces préconisations sont établies, elles sont ensuite combinées entre elles afin de proposer des solutions efficaces.

Pour illustrer ces propos, prenons l'exemple d'un bâtiment dont les préconisations d'améliorations sont les suivantes :

- 1- Changement des menuiseries simple vitrage (SV) par des menuiseries double vitrage (DV)
- 2- Ajout d'isolation thermique intérieure (ITI) sur des murs non isolés ou très peu.
- 3- Mise en place d'une gestion technique du bâtiment (GTB)
- 4- Mise en place d'une pompe à chaleur (PAC) Air-Eau
- 5- Remplacement du ballon d'eau chaude électrique par un ballon d'eau chaude thermodynamique
- 6 – Remplacement des émetteurs panneaux rayonnants par des radiateurs à inertie

Les combinaisons sont créées dans le but d'associer les préconisations fonctionnant le mieux ensemble, il est alors possible d'avoir différentes combinaisons telles que :

Combinaison 1 : 1 + 2 + 3

Combinaison 2 : 1 + 2 + 3 + 4

Combinaison 3 : 1 + 2 + 3 + 6

Combinaison 4 : 1 + 2 + 3 + 5 + 6

Combinaison 5 : 1 + 2 + 3 + 4 + 5

L'amélioration de consommation énergétique est calculée à l'échelle individuelle (préconisations) et à l'échelle globale (combinaisons). À la suite de cette étape, nous obtenons ainsi une quantification des améliorations énergétiques possibles.

Modification N°1 :

Changement des menuiseries

Avec ces hypothèses, les consommations, coûts et temps de retour sur investissement obtenus sont les suivants :

Énergie finale (tout usage) (kWh/an)	Gain Énergie finale (tout usage) (kWh/an)	Énergie primaire (tout usage) (kWhEP/an/m²)	Gain Énergie primaire (tout usage) (kWhEP/an/m²)	CO ₂ (tout usage) (kgeqCO ₂ /an.m²)	CEE (kWh Cumac)
57 310	9 350	130	25	11,4	184 000

Coût annuel (€ TTC)	Gain annuel (€ TTC)	Montant estimé d'investissement	Retour sur Investissement		
			0%	4%	10%
23 724 €	5 225 €	109 000 €	21	15	12

Figure 11 : Exemple de tableau récapitulatif des gains énergétiques et financier d'une préconisation présente dans un rapport

Dans l'exemple ci-dessus, on constate un gain en énergie finale de 9350kWh/an, correspondant à environ 14%. Les CEE, Certificats d'Économie d'Énergie, sont calculés en kWh Cumac et servent d'indication dans le calcul d'économie d'énergie. Le terme kWh Cumac désigne les kilowatt-heure Cumulé et Actualisé, avec 1kWh Cumac = 1CEE. Le paramètre Cumulé permet de rendre compte des économies d'énergies réalisées lors de la durée de vie d'un équipement, le paramètre Actualisé prend en compte les nouveaux produits du marché et leurs performances, ainsi, les économies que permettait un équipement pendant son installation change en fonctions des équipements présents sur le marché.

Le calcul des kWh Cumac s'applique à tous les secteurs d'activités (agriculture, industrie, tertiaire, résidentiel, transports, réseaux...) et utilisé lors des opérations de rénovation énergétique (isolation thermique, installations des équipements de chauffage, ventilation, climatisation, d'ECS...) . Les CEE ne sont cependant pas applicables à toutes les opérations de rénovation énergétique.

Combinaison N°1

Changement des menuiseries,
Complément d'isolation en plancher haut,
Isolation thermique extérieure,
Remplacement du ballon d'eau chaude de la cuisine par un ballon thermodynamique,

	Intitulé	Énergie finale (tout usage) (kWh/an)	Etiquette (tout usage)	Charge d'énergie (€ TTC/an)
État initial	Salle des fêtes	66 660	C	28 949 €

Intitulé	Gain Énergie finale (tout usage) (kWh/an)	(%)	Etiquette (tout usage)	Gain financier (€ TTC/an)	(%)	Montant d'Invest. Estimé de la modification (€ TTC)	Temps de retour brut (en années)	Retour sur Investissement avec 4% augmentation de l'énergie (en années)
Combinaison n°1 des modifications : 1 2 3 4	18 730	28%	C	10 348 €	35,7%	231 000 €	22	16

	Intitulé	Énergie primaire (5 usages RT) (kWhEP/an.m²)
État initial	Salle des fêtes	138

Intitulé	Gain Énergie primaire (5 usages RT) / Cep initial (kWhEP/an.m²)	/ Cep ref (%)	Rénovations exemplaires des bâtiments en Pays de La Loire	CEE (hyp : 6€/MWh Cumac (MWh Cumac)	(€)
Combinaison n°1 des modifications : 1 2 3 4	49	35,5%	Possible	1 528	9 168 €

Figure 12 : Exemple de tableau récapitulatif des gains énergétiques et financier d'une combinaison présente dans un rapport

Pour les combinaisons, le tableau descriptif reste sensiblement le même qu'à l'échelle d'une préconisation.

Lorsque la quantification des améliorations énergétiques possibles est effectuée, un rapport final reprenant le rapport initial en y ajoutant les préconisations et combinaisons, est créé. En complément de ce rapport final, une synthèse globale des consommations et des recommandations d'améliorations est élaborée. Ce sont ces deux documents qui sont ensuite présentés aux commanditaires durant une prestation orale de retour de projet.



Bâtiment	Salle des fêtes				
Adresse	34 Rue de la Forge 72160 Thorigné-sur-Dué				
Année	1980	Surface utile	663,9 m²	SHON	730 m²

Descriptif du bâti

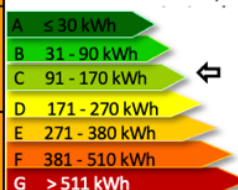
Plancher bas	Plancher sur terre-plein béton banché 20cm	☹
Mur	Mur parpaing 15cm avec une isolation en polystyrène de 8cm et placoplâtre de 1.3cm	☹
Plancher haut	Plancher haut avec une isolation en laine de roche 15cm	😊
Menuiserie	Fenêtres aluminium	☹

Descriptif des systèmes

Ventilation	Ventilation mécanique ponctuelle	😊
Chauffage	-Chaudière gaz à condensation de marque BRÖTJE HEIZUNG et de modèle EcoTherm Plus WGB 70 H avec une puissance de 70kW et rendement de 98% (salle polyvalente) -Chauffage électrique pour le reste du bâtiment	😊
ECS	-1 chauffe-eau de 15L de la marque STV et de modèle AC 15 S dans la partie buvette. -1 chauffe-eau de 200L de marque LEMELEC dans la partie réserves. -1 ballon d'eau chaude de 300L de marque ATLANTIC et de modèle ACI Hybride Dynamique en cuisine -1 ballon d'eau chaude de 50L de marque LEMELEC et de modèle CH50 dans les sanitaires n°2.	😊



Etiquette énergétique (état initial)
kWhEP/m²(SHON).an



Analyse des factures

Consommation électricité	35348 kWh/an
Consommation Gaz naturel	32645 kWh/an
Charge annuelle en énergie	28585 €

Combinaison de travaux

n°1	Changement des menuiseries, Complément d'isolation en plancher haut, Isolation thermique extérieure, Remplacement du ballon d'eau chaude de la cuisine par un ballon thermodynamique,	Gains	22740 kWh/an
			12224 €/an
			42,7536231884058 %
		Investissement	231000 €
		TRI à 4%	14 ans
		Etiquette	C
n°2	Changement des menuiseries, Complément d'isolation en plancher haut, Isolation thermique extérieure, Remplacement du ballon d'eau chaude de la cuisine par un ballon thermodynamique, Mise en place d'une PAC Air/Eau, Remplacement des émetteurs existants par des radiateurs à inertie.	Gains	40250 kWh/an
			9067 €/an
			52,1739130434783 %
		Investissement	292000 €
		TRI à 4%	21 ans
		Etiquette	B
n°3	Changement des menuiseries, Complément d'isolation en plancher haut, Isolation thermique extérieure, Remplacement du ballon d'eau chaude de la cuisine par un ballon thermodynamique, Mise en place d'une PAC Air/Eau et de son réseau de radiateurs BT,	Gains	66660 kWh/an
			12575 €/an
			62,3188405797101 %
		Investissement	286000 €
		TRI à 4%	16 ans
		Etiquette	B
n°4	Changement des menuiseries, Complément d'isolation en plancher haut, Isolation thermique extérieure, Remplacement du ballon d'eau chaude de la cuisine par un ballon thermodynamique, Mise en place de panneaux photovoltaïques, Mise en place d'une PAC Air/Eau et de son réseau de radiateurs BT.	Gains	69060 kWh/an
			14382 €/an
			68,1159420289855 %
		Investissement	299000 €
		TRI à 4%	15 ans
		Etiquette	B

Figure 13 : Fiche synthèse de l'audit énergétique

La première partie de fiche synthèse, encadrée en rouge, décrit l'état actuel du bâtiment. En d'autres termes, il s'agit de l'état initial choisi dans le cadre de l'étude énergétique. On y retrouve notamment les descriptifs du bâti avec les compositions des murs et les menuiseries, puis le descriptif des systèmes installés (chauffage, ventilations, ECS...) avant de terminer par un récapitulatif d'analyse des factures et l'attribution d'une étiquette énergétique.

La seconde partie détaille les combinaisons. Chacune est détaillée de sorte à faire ressortir les gains énergétiques et financiers, l'investissement et le temps de retour associé (en prenant en compte la hausse des prix des énergies), et enfin l'étiquette énergétique reçue si la combinaison est appliquée.

Phase 5 : Restitution et explication des démarches.

La cinquième et dernière phase est celle de la restitution du projet devant les commanditaires. En d'autres termes, il s'agit simplement d'expliquer les démarches suivies en se basant (ou non) sur un support visuel, et en mettant en avant les préconisations et combinaisons d'améliorations chiffrées choisies.

Méthode appliquée :

Cette phase représente la dernière étape d'un projet d'audit énergétique. En général, lors d'une restitution, un support visuel est réalisé en y implémentant les informations principales du bâtiment audité (répartition des zones thermiques, composition des parois, menuiseries...) à l'état initial, puis en présentant les modifications individuelles et les combinaisons ainsi que leur coût et gain énergétique. Ce retour aux commanditaires peut être davantage qualifié de discussion plus que de restitution, car il est ici question d'expliquer les démarches, de répondre aux questions et d'envisager des modifications de projet à la suite des remarques émises.

Il est également possible d'envoyer seulement le rapport final et la fiche de synthèse aux commanditaires et donc, ne pas réaliser de réunion de restitution. Autrement dit, l'organisation de la restitution est essentiellement régie par les commanditaires.

Outils matériels

En parallèle des outils informatiques et calculatoires utilisés au sein de l'entreprise, chaque audit doit être préparé par l'apport de matériel nécessaire à son bon déroulé, et ce notamment pour la visite d'état des lieux. Voici une liste, non-exhaustive, du matériel principal utilisé lors d'un audit énergétique :

- Caméra thermique pour Thermographie Infra Rouge afin de mesurer les rayonnements infrarouges émis par les objets en fonction de leur température de surface.
- Vitromètre pour déterminer le type de menuiseries et l'épaisseur du vitrage et de l'isolant (SV ou DV 4.6.4 / 4.8.4 / 4.10.4 / 4.12.4 / 4.16.4 / 4.20.4)
- Anémomètre afin de déterminer les débits d'air en bouches VMC ou en hotte par exemple
- Télémètre et mètre classique pour mesurer les épaisseurs de parois, longueur et largeur des pièces, hauteur sous plafond, dimensions des menuiseries...
- Appareil photo afin de garder des traces visuelles du passage qui serviront pour l'édition des rapports
- Plans fournis ou préparés à l'avance afin d'y ajouter des possibles cotes manquantes, le positionnement des menuiseries, l'emplacement des équipements, des émetteurs, des éclairages ainsi que leur puissance.

Chronologie des actions

Le premier mois du stage est orienté vers des audits publics tertiaires au sein des communes de Dorceau, Bellou-sur-Huisne et Rémalard en Perche, dans l'Orne (61). Du fait du regroupement de ces trois communes en une unique (Rémalard en Perche), certains bâtiments dont des mairies, salles des fêtes et gymnase se retrouvent sans utilité première. Les audits énergétiques ont donc été produits sur ces bâtiments sur la demande de la mairie de la commune, bien qu'un audit énergétique sur un bâtiment non occupé (ou très peu), donc non chauffé, ne soit pas forcément utile. Ci-dessous se trouvent chacune des phases détaillées de façon journalière, leur durée ainsi que le nom de l'encadrant en charge.

Les couleurs sont représentatives des étapes d'un audit énergétique :

- Bleu : Visite de chantier
- Rose : Modélisation
- Vert : Corrélation et rédaction du rapport initial
- Violet : Calculs des préconisations et combinaisons et rédaction du rapport final
- Orange : Restitution devant les commanditaires



Figure 14 : Diagramme de Gantt des tâches réalisées du 13/05 au 14 juin.

Il est parfois possible d'être amenée à travailler sur la modélisation d'un bâtiment sans pour autant réaliser son audit. En l'occurrence, la modélisation de la résidence Bellevue était à ma charge mais la réalisation de l'audit énergétique était à la charge d'un salarié de l'entreprise. Tout comme la modélisation, j'ai été chargé de remplir au préalable l'Excel des factures utile à la corrélation. Ces actions sont menées dans le but de permettre à un salarié de se décharger d'un certain travail lorsque celui-ci rencontre des complications sur un autre dossier.

Comme décrit précédemment, le stage débute donc par plusieurs visites de chantier avec pour but de montrer et d'expliquer le protocole à suivre pour chacune des tâches à réaliser.



Figure 15 : Réalisation d'un test d'étanchéité à l'air

Par exemple, le test d'étanchéité à l'air commence par l'extinction de tous les appareils de chauffage, de ventilation et de climatisation sont éteints. Les fenêtres et portes extérieurs doivent être maintenues fermées et les conduits et cheminées scellés afin d'éviter les fuites d'air non représentatives. Une porte soufflante à cadre ajustable est ensuite installée dans l'embrasure d'une porte extérieure et est équipée d'un ventilateur et d'un diaphragme la scellant. Ce dispositif crée une différence de pression de 50 pascals entre l'intérieur et l'extérieur de la maison.

En dépressurant ou pressurant l'espace, le ventilateur mesure le taux de fuite d'air à travers l'enveloppe du bâtiment. Pendant le test, des outils comme des fumigènes, des anémomètres ou des caméras thermiques peuvent être utilisés pour localiser précisément les fuites d'air. Les résultats sont exprimés en changements de volume d'air par heure (**ACH50**) et permettent d'évaluer la performance énergétique de la maison.

Bien que le reste de mon stage n'ait pas été orienté sur les tests de perméabilité à l'air ou sur le respect de la réglementation RE2020, il n'en est pas moins important de connaître les procédures détaillées.

Les dossiers suivants traités restent des audits énergétiques tertiaires et concernent les villes de Thorigné-sur-Dué, Avezé, Verneil le Chétif et Fyé. La figure ci-dessous détaille le calendrier d'actions de ces dossiers.

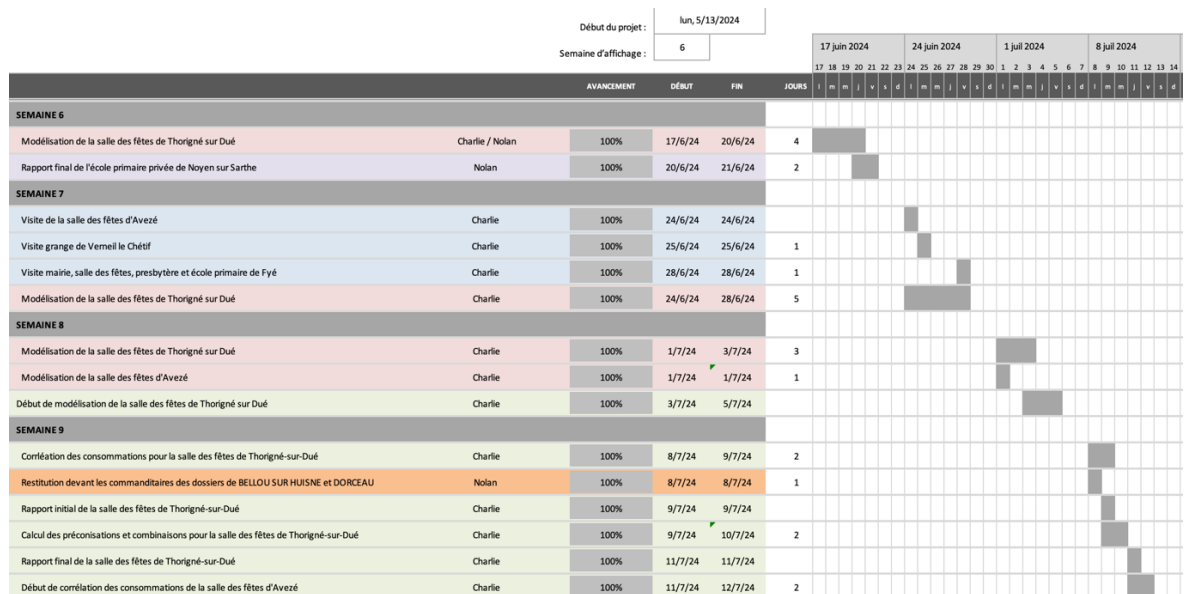


Figure 16 : Diagramme de Gantt des tâches réalisées du 17/06 au 12/07.

La restitution devant les élus de la mairie de Dorceau et de Bellou-sur-Huisne (08 juillet) clôture les dossiers des bâtiments audités.

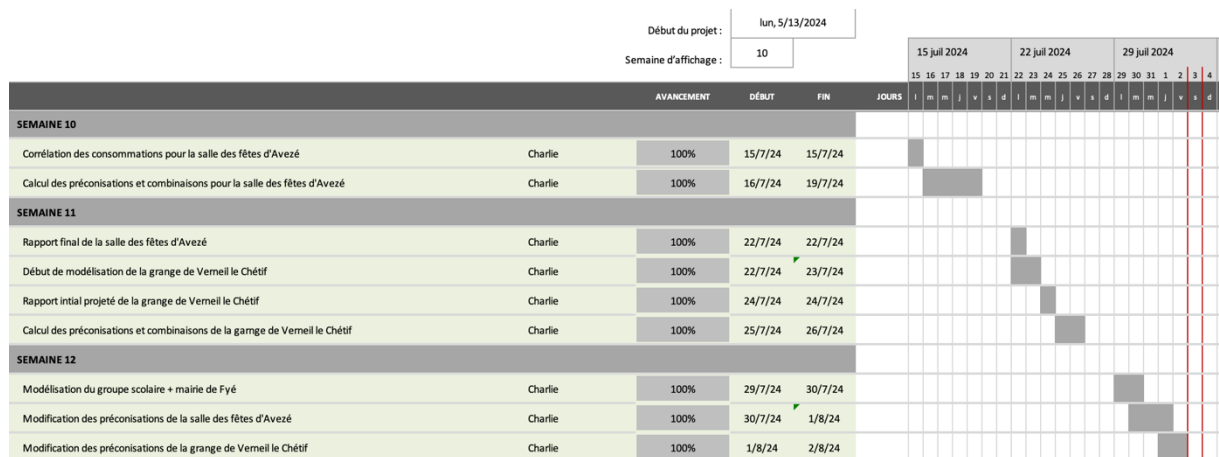


Figure 17 : Diagramme de Gantt des tâches réalisées du 15/07 au 02/08.

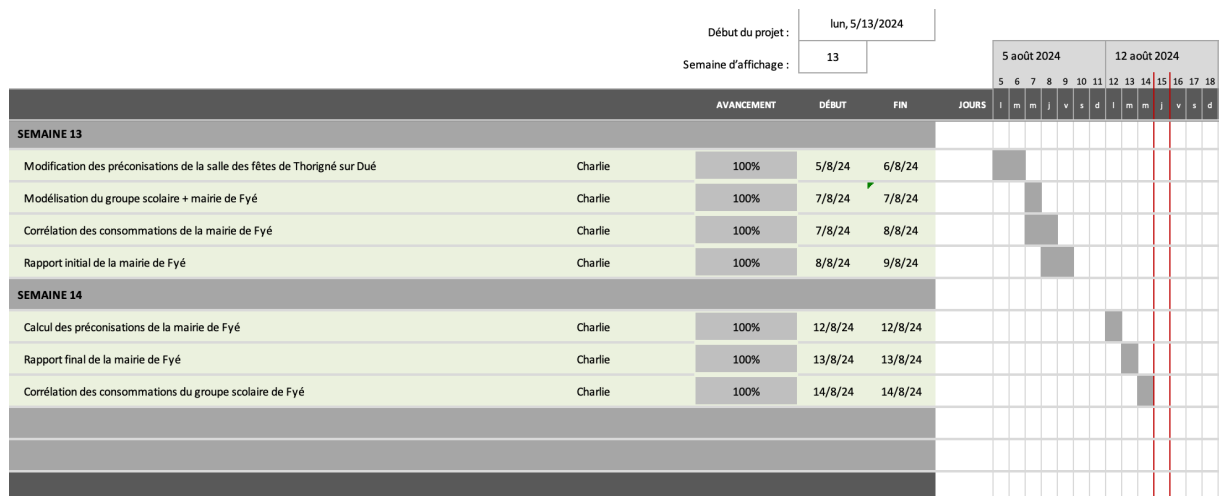


Figure 18 : Diagramme de Gantt des tâches réalisées du 05/08 au 14/08.

Le dossier de la grange de Verneil le Chétif peut être classé comme à part des autres. Il ne s'agit pas ici de réaliser un audit énergétique d'un bâtiment existant, mais de réaliser ce qui est appelé un état initial projeté. La grange existante est aujourd'hui vacante et destinée à être réhabilitée en salle périscolaire, notre but est donc de partir de ce postulat de réhabilitation et de prévoir les scénarios d'occupation et de chauffage afin de déduire la consommation énergétique du bâtiment. Comme nos démarches de calculs incluent des préconisations et combinaisons, les systèmes de chauffages, d'éclairage, d'ECS et autres sont d'une qualité moindre (chauffages électriques avec convecteurs anciens, éclairage incandescent, vieux ballon ECS non isolé...) afin de pouvoir mettre en avant les avantages des propositions d'améliorations suggérées.

Après la réalisation des rapports finaux, le tuteur est chargé de relire le dossier en entier avant de pouvoir valider et envoyer aux commanditaires. Si certains états initiaux, certaines préconisations et/ou combinaisons sont jugées faux, alors les calculs doivent être recommencés. Il peut aussi simplement s'agir d'explications (notamment pour le confort d'été et l'inertie thermique d'un bâtiment) à rajouter.

Partie IV : La présentation des livrables de la mission

Liste des livrables

Les livrables produits au cours de la missions sont les rapports et fiches de synthèse décrits précédemment. Leur but est d'expliquer la démarche entière de réalisation de l'audit, de la visite à la finalisation des préconisations d'améliorations, et de chiffrer cela, en termes de coût mais également en termes d'amélioration des performances énergétiques. Les informations les plus attendues et les plus discutées avec les commanditaires sont donc les tableaux des gains énergétiques des modifications individuelles et des combinaisons qui permettent de fournir des pistes d'améliorations concrètes et chiffrées. Chaque rapport suit le même modèle et est généré automatiquement et est composé de 4 principales parties :

- Explication des démarches et mise en contexte : lieu et heure de la rencontre, accompagnant lors de la visite (maire, gardien...), objectifs de gains énergétiques
- Description de l'état actuel : compositions des parois, menuiseries, déperditions thermiques, systèmes de chauffage, de ventilation, d'éclairage, équipements...
- Préconisations et combinaisons : propositions d'améliorations chiffrées
- Conclusion : récapitulation des propositions d'améliorations et des gains énergétiques engendrés.

Lors de ces 14 semaines de stage, mon travail s'est concentré autour des communes de :

- Bellou-sur-Huisne : modélisation du gymnase/salles des fêtes et rédaction du rapport final et de la fiche de synthèse
- Dorceau : modélisation de la salle des fêtes et de l'ancienne mairie et rédaction des rapports et fiches de synthèses associés.
- Thorigné-sur-Dué : modélisation de la salle des fêtes et rédaction du rapport et de la fiche de synthèse associés.
- Avezé : modélisation de la salle des fêtes et rédaction du rapport et de la fiche de synthèse associés.
- Verneil le Chétif : modélisation de l'état initial projeté de la grande et rédaction du rapport et de la fiche de synthèse associés.
- Fyé : modélisation du groupe scolaire et de la mairie/salle des fêtes et rédactions des rapports et fiches de synthèses associés.
- Le Mans : modélisation de la résidence Bellevue

Pour une totalité de 9 modélisations et 8 rapports/fiches de synthèses produits.

Caractéristiques des livrables

Chaque livrable est au même format numérique, envoyé aux commanditaires et stocké du côté de l'entreprise et la restitution orale n'est pas systématique, parfois seulement le rapport et la fiche de synthèse sont envoyés aux commanditaires, sans demande de prestation orale.

Partie V : Un retour réflexif sur l'expérience

Démarche et méthodes mises en œuvre

Chacun de projets qui m'étaient confiés ont été abordé par une approche rigoureuse et systématique tant pour la collecte des données que pour leur analyse. Autrement dit, la démarche globale était identique peu importe le projet en cours. C'est par cette approche que l'on peut qualifier de répétitive que des réflexes se mettent en place. Il s'agissait, dans mon cas, d'être de plus en plus à l'aise lors des sorties de chantier avec l'utilisation du matériel (vitromètre, mètre laser, anémomètre...) mais aussi et surtout sur la prise d'informations nécessaires au bon déroulement du projet (les types de menuiseries, les composants de paroi, les types d'émetteurs et d'éclairage, les hauteurs sous plafond de chaque pièce) afin de s'assurer de ne rien laisser de côté.

Analyse critique des résultats produits

Pour chacun des missions qui m'a été confié, les attendus finaux ont été respecté et délivré, après relecture du tuteur concerné. Cependant, l'investissement diffère véritablement entre chacun des projets. En effet, les premiers projets concernant les communes des Bellou-sur-Huisne, Dorceau, me sont apparus beaucoup plus simples et notamment lors de l'étape de la corrélation entre factures et simulation thermique dynamique. Cela s'explique évidemment par leur absence (ou presque absence) d'occupation qui permettait donc de réaliser des scénarios d'occupation avec précision.

Le projet de la salle des fêtes de Thorigné-sur-Dué est le projet le plus chronophage que j'ai abordé par la complexité de la modélisation due à des pentes de toits et des hauteurs de plafond toutes différentes. Il a également été compliqué de réaliser la corrélation entre les factures et la simulation thermique dynamique puisque les plannings d'occupation reçus ne détaillaient pas les types d'associations utilisant la salle des fêtes. Ce type d'information s'avère très utile dans la réalisation des scénarios d'occupation puisque cela permet de pouvoir estimer le nombre d'occupants ainsi que la durée d'occupation.

Bien que les projets ne concernent que des bâtiments tertiaires, chacun des rapports diffèrent tant sur les coûts et aides disponibles que sur les modifications et combinaisons proposées, bien que les usages soient sensiblement les mêmes. Il est par exemple possible de mettre en parallèle les salles des fêtes de Dorceau et de Thorigné-sur-Dué, pour lesquelles a été envisagé la mise en place d'une pompe à chaleur (PAC) Air/Air en remplacement du mode de chauffage actuel. Cependant, la PAC ne s'avère rentable que pour la salle des fêtes de Dorceau, puisque les volumes concernés à Thorigné-sur-Dué sont trop importants.

Propositions de pistes de changement

La méthode de collecte et d'analyse de données des audits énergétiques étant très encadrée au sein de l'entreprise, je ne peux proposer des pistes de changement sur celle-ci.

Il existe cependant, selon moi, des améliorations possibles sur certains aspects minimes de celle-ci.

Dans un premier temps, une amélioration pour la prise de notes en visites sur les cotes et les équipements présents lorsque nous ne réalisons par nous-mêmes les visites. En effet, la relecture peut s'avérer difficile et faire ainsi perdre du temps. Pour remédier à cela, une solution envisageable serait une méthode de prise de notes universelle, sous forme de formulaire, à part du plan, classant les différentes catégories (équipements, éclairages...) pour que les informations ne soient pas dispersées sur les plans, et donc s'y retrouver plus facilement.

Dans un second temps, la corrélation des résultats est parfois rendue difficile par l'absence d'informations sur les factures ou sur les plannings d'occupation incomplets et/ou inexistants, bien que ces documents soient avidement demandés pour la réalisation des audits par l'entreprise. Afin de pallier ce manque, l'entreprise ne peut rien faire d'autre que de recontacter les commanditaires, malgré cela, certains commanditaires demeurent injoignables et les audits sont donc réalisés sur la supposition que la simulation thermique dynamique fait office d'état initial, sans corrélation. Ce manque d'informations n'est pas de la responsabilité de M3E mais entache fortement la précision des résultats.

Enfin, il aurait été bénéfique pour moi d'avoir un certain temps d'entraînement afin de se familiariser avec la démarche plutôt que de commencer directement sur un dossier en cours. Bien que cela soit très formateur, certaines grosses erreurs peuvent se faire et viennent donc entacher le dossier. Par exemple, lors de mon travail sur les 3 premiers dossiers, à savoir ceux de Bellou-sur-Huisne et Dorceau, j'ai commis des erreurs sur l'Excel Factures, erreurs entachant ensuite les consommations calculées des bâtiments et donc rendant fausses les corrélations effectuées. Je me suis rendu compte de mon erreur à la relecture des dossiers 2 à 3 jours avant la restitution orale et j'ai donc dû refaire l'entièreté des dossiers. En complément de cela, une relecture accrue des dossiers par mon tuteur de projet aurait également été bénéfique.

Conclusion

Pour terminer, ce stage de 4ème année au sein d'un bureau d'études thermiques a été une expérience clé dans le développement de mes compétences techniques et opérationnelles. En traversant les différentes phases du projet, j'ai non seulement approfondi mes connaissances en modélisation thermique, mais j'ai aussi appris à adapter un éventail de solutions techniques face à des enjeux concrets et pressants, comme la réduction des coûts énergétiques et l'amélioration du confort d'été. Ces défis sont de plus en plus cruciaux, compte tenu des hausses des prix de l'énergie et des changements climatiques anticipés.

Une dimension particulièrement enrichissante de ce stage a été mon rôle d'interface entre les commanditaires et l'aspect technique des audits énergétiques. En effectuant cette médiation, j'ai appris à traduire les besoins et les préoccupations des clients en exigences techniques précises, tout en expliquant les solutions proposées d'une manière accessible et compréhensible.

Cette capacité à naviguer entre le client et le côté technique est cruciale pour un ingénieur et requiert une compréhension des aspects techniques du projet ainsi qu'une aptitude à communiquer efficacement avec les parties prenantes. En développant cette compétence, je m'inscris pleinement dans la démarche de l'ingénieur, qui est non seulement de résoudre des problèmes techniques, mais aussi de les présenter de manière claire et convaincante aux clients et aux équipes.

J'ai pu constater à quel point chaque détail compte, que ce soit lors de la collecte d'informations sur le terrain ou dans les calculs précis effectués à l'aide de logiciels spécialisés comme Pléiades-Comfie. La phase de corrélation des résultats, où les données réelles de consommation sont confrontées aux simulations, a été particulièrement instructive. Elle m'a montré l'importance de la précision et de la rigueur dans le processus de modélisation énergétique.

Ce stage m'a également permis de comprendre l'importance de la collaboration avec différents intervenants, tels que les gestionnaires de copropriété et les maires, pour mener à bien un audit énergétique. Cette expérience a renforcé mes compétences en communication et en gestion de projet, en me préparant à travailler efficacement en équipe et à présenter des résultats clairs et précis.

Ce projet s'inscrit non seulement dans la continuité logique de ma formation, mais il met également en lumière les enjeux environnementaux cruciaux auxquels mon diplôme répond. Les compétences que j'ai acquises me rendent désormais capable de contribuer efficacement à la transition énergétique et à l'amélioration de la performance thermique des bâtiments, en apportant des solutions concrètes et durables.

En rétrospective, ce stage a été bien plus qu'une simple application des connaissances théoriques acquises au cours de ma formation. Il a été une immersion complète dans la réalité du métier, me fournissant les outils et les compétences nécessaires pour relever les défis énergétiques actuels et futurs. Cette expérience confirme mon engagement dans le domaine de l'audit énergétique et me prépare à être une professionnelle compétente, capable d'apporter des solutions innovantes et efficaces.

Annexes

Livrables de la mission

Les livrables produits sont disponibles grâce au lien suivant :

<https://drive.google.com/drive/folders/1FxXAzFL1JGNMwCrYTn1QxqMJurQZlezB?usp=sharing>

Les livrables réalisés sont les fiches synthèse et rapports finaux des dossiers suivants :

- GYMNASE ET SALLE DES FÊTES DE BELLOU SUR HUISNE
- SALLE DES FÊTES ET MAIRIE DE DORCEAU
- SALLE DES FÊTES DE THORIGNÉ-SUR-DUÉ
- SALLE DES FÊTES D'AVEZÉ
- GRANGE DE VERNEIL LE CHÉTIF
- GROUPE MAIRIE, SALLE DES FÊTES ET PRESBYTÈRE DE FYÉ



Anaëlle Pottier
2023-2024

Titre Réalisation d'audits énergétiques

Résumé : Ma mission consiste en la réalisation d'audits énergétiques de bâtiments tertiaires afin d'en déceler les points d'amélioration énergétiques possibles (isolation thermique des murs, des planchers, changement des menuiseries, analyse des systèmes CVC...). Cette mission s'étend de la visite de chantier pour les relevés nécessaires pour l'étude, à la restitution aux commanditaires. Le but principal est de chiffrer des préconisations d'amélioration en termes énergétiques et économiques et de justifier de leur application au travers de rapports descriptifs ou de réunion de restitution.

Abstract : My mission is to carry out energy audits of tertiary buildings, in order to identify possible areas for energy consumption improvements (thermal insulation of walls and floors, replacement of joinery, analysis oh HVAC systems...), as well as to take into account the issue of summer comfort. This mission covers everything from site visits to take the necessary measurements for the study, to reporting back to clients. The main aim is to put a figure on the recommendations for energy and economic improvements, and to justify their application through reports or feedback meetings.

Mots Clés : Audit énergétique – Modélisation – Besoins énergétiques – Préconisations – Rapports

Entreprise : M3e

38 Rue du 11 Novembre 72210 La Suze-sur-Sarthe

Tuteur entreprise :

Isabelle Legros

Gérante d'entreprise

Tuteur académique :

Sébastien Larribe