
Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Ingénieur Thermicien / CVC

Otéis Rennes

10 Parc de Brocéliande, 35760 Saint-Grégoire



Tuteur entreprise :
Cécile GOUPIL
Ingénieure thermicienne

Pierre Aumont
Étudiant IUT
2022-2023

Tuteur académique :
Mindjid Maizia

Remerciements

Avant de commencer la présentation de mon stage, je tiens à remercier les différents acteurs qui ont rendu cette période d'immersion dans le monde professionnel possible.

J'adresse mes remerciements à Monsieur Yves BERTHO, directeur régional de la région Ouest et à Monsieur Alain GRIFFET, directeur d'exploitation de la région Ouest pour avoir organisé ma période de stage.

Mais aussi, je remercie toute l'équipe du service thermique OTEIS composée de Madame LE ROUX et de Messieurs LE CORRE, GROSSET, SIMON, DUCLOS, ROBIC et AUFFRET qui ont su m'intégrer au groupe.

Je souhaite remercier plus particulièrement Madame Cécile GOUPIL, mon maître de stage, qui s'est toujours montrée disponible et m'a accordé de son temps pour m'accompagner dans mes travaux.

Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude envers Monsieur Mindjid MAIZIA, mon tuteur de stage pédagogique. Il a veillé à la réussite de mon expérience au sein de la société OTEIS, où j'ai eu l'opportunité de le rencontrer à l'occasion de l'un des chantiers que j'ai suivis pendant cette période.)

Table des matières

I/ Introduction.....	p5
II/ Présentation de l'entreprise.....	p6
A. OTEIS France.....	p6
1. Fiche entreprise.....	p6
2. Historique de l'entreprise.....	p6
3. Les agences du groupe.....	p7
4. Les filiales du groupe.....	p8
5. Le chiffre d'affaires.....	p8
6. Les activités du groupe.....	p9
B. OTEIS Rennes.....	p10
1. Situation géographique.....	p10
2. Domaines de compétences.....	p10
3. Principaux domaines d'intervention.....	p11
4. Organisation du bureau d'études.....	p11
III/ L'autour d'un projet.....	p12
A. Les acteurs d'un projet.....	p12
B. Les différentes phases de réalisation d'un projet.....	p13
1. Le concours.....	p13
2. Etudes du projet.....	p14
3. Le chantier.....	p15
4. Livraison du bâtiment au Maître d'Ouvrage.....	p15
C. Les réglementations thermiques.....	p15
IV/ La Simulation Thermique Dynamique de l'Hôtel Dieu à Rennes (35)	p19
A. Le rôle d'une STD.....	p19
B. L'exemple de l'Hôtel Dieu.....	p20
1. La saisie sur Pléiades.....	p21
2. La définition des zones STD.....	p22
3. La définition des scénarios.....	p22
a) Scénario météo.....	p22
b) Scénario d'occupation.....	p23
c) Scénario de ventilation.....	p24
4. Les calculs et résultats.....	p24
5. Conclusion.....	p26
V/ Etude de faisabilité d'une chaufferie bois pour l'EHPAD de Mansigné (72)	p27
A. Le calcul des consommations.....	p27
1. La consommation annuelle pour la production d'ECS.....	p28
2. La consommation annuelle pour réchauffer le bouclage.....	p29
3. Les consommations selon la technologie utilisée.....	p30

B. La puissance à installer.....	p30
1. La monotone de chaleur.....	p30
2. Les puissances retenues.....	p31
C. Le choix des solutions.....	p32
1. La solution bois pellet.....	p32
2. La solution bois plaquettes.....	p33
D. La présentation au Maître d’Ouvrage.....	p33
VI/ Conclusion.....	p35
VII/ Bibliographie.....	p36

I/ Introduction

Dans le cadre de ma formation d'ingénieur au sein de l'école Polytech Tours, nous avons l'occasion de suivre un stage assistant ingénieur de 12 semaines minimum dans le but de réaliser une insertion professionnelle dans un domaine en lien avec notre formation.

Actuellement en 4^e année de ma formation d'ingénieur, je suis l'option Réseau au sein de la spécialité « Aménagement et Environnement ». Dans cette optique, mon objectif professionnel est de m'investir dans le secteur de l'énergie lié aux bâtiments. C'est pourquoi j'ai décidé de réaliser mon stage au sein du bureau d'études OTEIS Rennes, une entité qui couvre tous les aspects de la construction, et qui offre, ainsi, un environnement propice à une expérience complète et enrichissante.

Dans un premier temps, je vous présenterai la société OTEIS dans sa globalité, en vous détaillant tant ses activités que les réalisations qui en émanent. De plus, je mettrai en lumière la diversité des services qu'elle intègre, offrant ainsi, un aperçu complet de son champ d'action. Une attention particulière sera portée à la mise en avant des filiales composant le groupe, permettant ainsi, une compréhension approfondie de la structure organisationnelle et de l'ampleur de son influence dans le secteur. Par ailleurs, j'insisterai sur l'organisation et le travail effectué au sein d'un bureau d'études, ainsi que la fonction d'un chargé de projet, un rôle essentiel dans la structure de l'entreprise.

Dans un second temps, nous verrons tous les acteurs d'un projet lors de la construction/rénovation/extension d'un bâtiment ainsi que les différentes phases.

Ensuite, j'exposerai une partie des différents travaux réalisés durant le stage, en commençant par l'explication et l'exemple d'une Simulation Thermique Dynamique sur un ensemble de logements avant de présenter une étude de faisabilité d'une chaufferie bois sur un Établissement d'hébergement pour les personnes âgées dépendantes (EHPAD) à Maigné.

Pour finir, je vous exposerai les enseignements que j'ai tirés de ce stage tant sur le plan personnel que professionnel, ainsi que les précieuses contributions qu'il a apportées en complément de ma formation académique.

II / Présentation de l'entreprise

A. OTEIS France

1. Fiche entreprise :

OTEIS Rennes
Désignation : OTEIS
Adresse : 10 Parc de Brocéliande ; BP96312 35763
Saint Grégoire CEDEX
Téléphone : -99-23-45-67
Statut de l'entreprise : Société Anonyme (SA)
Activité : Ingénierie, études techniques
Tranche d'effectif : 50 à 99 salariés

Le groupe OTEIS
Capital social : 3 059 510€
Chiffre d'affaires 2023 : 65 000 000€
Forme juridique RCS : Société par Actions Simplifiée à associé Unique (SASU)
Effectif : 600 à 699 salariés

Tableau 1. Fiche de l'entreprise

2. Historique de l'entreprise :

OTEIS est une entreprise née en 2015 mais qui résulte du rachat et du rassemblement d'entreprises nationales ou régionales qui ont exercé dans le domaine depuis plusieurs décennies comme Ginger, BECET, BEFS, ETCO, Façades 2000, Isateg, Sechaud-Bossuyt ou encore Sudequip.

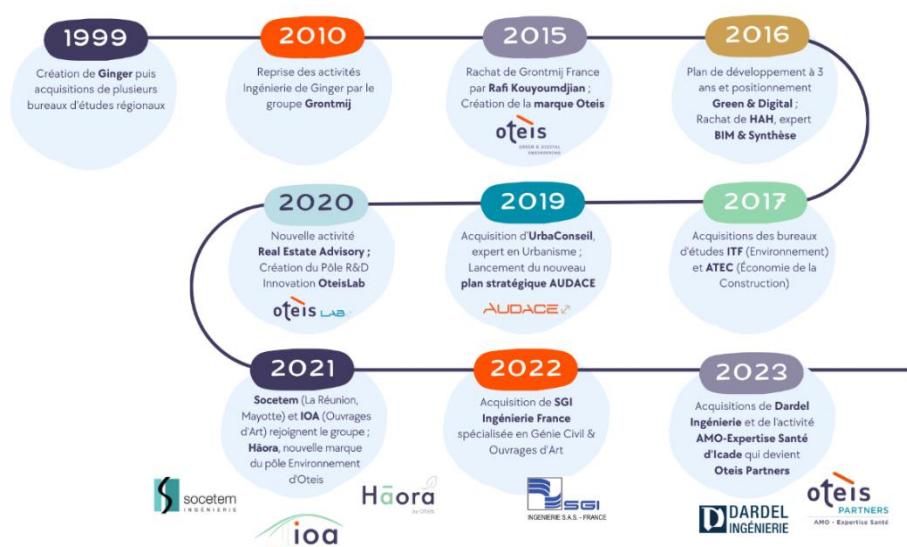


Figure 1. Tracé de l'historique de l'entreprise, <https://www.OTEIS.fr/>

3. Les agences du groupe :

Le groupe OTEIS possède aujourd'hui 26 agences, en France, en Outre-mer et à Monaco.

Le siège de la société se situe au 15-17 Rue Raoul Nordling à Bois-Colombes et a pour président-directeur général (PDG) KOUOUMDIJIAN Rafi.



Figure 2. Localisation des agences du groupe, <https://www.OTEIS.fr/>

MÉTROPOLE

AIX-EN-PROVENCE, ANNECY, ANGLET, BORDEAUX, BREST, CHAMBÉRY, CLERMONT-FERRAND, GRENOBLE, LE MANS, LILLE, LYON, METZ, MONTPELLIER, NANTES, NICE, PARIS, PERPIGNAN, RENNES, ROUEN, STRASBOURG, TOULOUSE

OUTRE-MER

LA RÉUNION, MARTINIQUE, MAYOTTE, GUADELOUPE

MONACO

4. Les filiales du groupe OTEIS :

Le groupe possède plusieurs filiales et pôles. Plusieurs antennes de la société IOA ingénierie font partie des filiales OTEIS. La société UrbaConseil est également une filiale.

OTEIS a également créé des pôles au sein de la société abordant des aspects différents de l'ingénierie autour du bâtiment. Le pôle « Haora », qui signifie oxygène, est le pôle environnement de OTEIS, qui intègre les sujets de conservation des ressources et de durabilité des projets.

5. Le chiffre d'affaires :

2006	5 500 000 €
2007	6 500 000 €
2008	7 770 000 €
2009	4 930 000 €
2010	5 732 800 €
2011	6 142 800 €
2016	38 863 800 €
2017	40 523 000 €
2018	42 121 000 €
2019	45 128 000 €
2020	39 232 000 € (année covid)
2021	42 846 000 €
2022	65 000 000 €

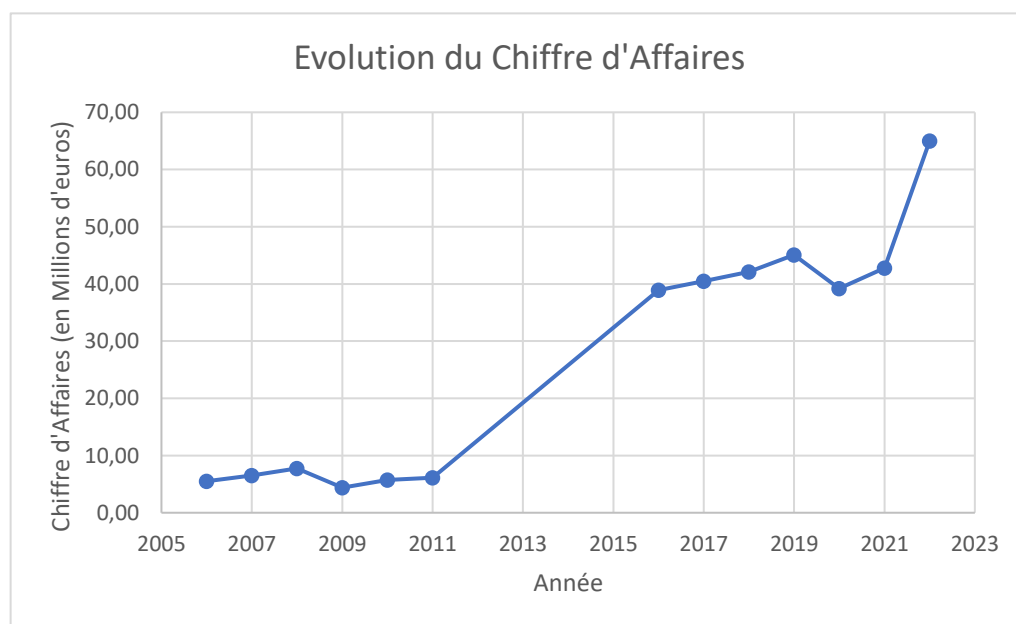


Tableau 2. Évolution du chiffre d'affaires du groupe OTEIS

6. Activités du groupe :

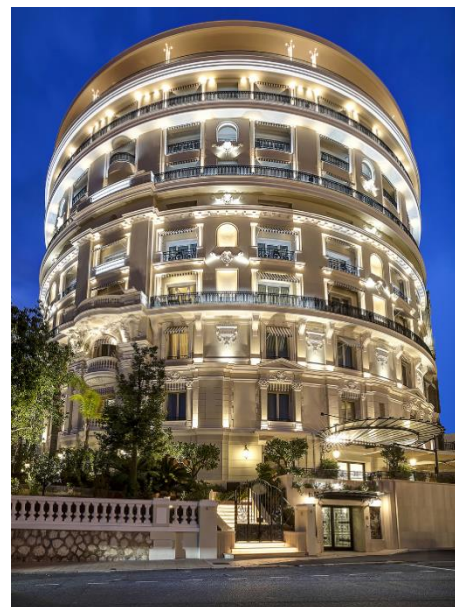
OTEIS est une société d'ingénierie exerçant des activités du bâtiment, de l'eau, de l'environnement, des infrastructures et de l'énergie. Les experts accompagnent les acteurs des filières du bâtiment et des infrastructures à chaque étape du cycle de vie des projets.

Le groupe OTEIS intervient dans tous les secteurs d'ingénierie de la construction, aussi bien en France qu'à l'étranger.

- **Programmation architecturale et urbaine**
- **Assistance à la maîtrise d'ouvrage en phase de conception et/ou réalisation**
- **Expertises techniques et économiques**
- **Économie de la construction**
- **Ingénierie générale et maîtrise d'œuvres techniques de conception** [génie civil, fluides (chauffage, ventilation, climatisation, désenfumage, plomberie), électricité (courants forts et faibles), synthèse, sécurité incendie, sûreté, anti-intrusion, désamiantage, voirie et réseaux divers].

À l'échelle nationale, OTEIS a pu participer à de grands projets avec des réalisations importantes telles que l'exposition Universelle 2015 de Milan, l'hippodrome de Longchamp à Paris, le CHU Pôle MPR de Nantes ou encore le Centre culturel des Quinconces du Mans.

Hôtel de PARIS – MONTE CARLO, Monaco



Hôpital Lariboisière, Paris (75)



EURORENNES – Ilot Ouest Solférino (35)

Figure 3. Quelques réalisations du groupe OTEIS, <https://www.OTEIS.fr/>

B. OTEIS Rennes

1. Situation géographique :

L'agence OTEIS Rennes est située à Saint Grégoire, commune limitrophe à Rennes. C'est la principale agence de la Région Grand Ouest comprenant les agences de Nantes (44), Le Mans (72), Caen (14) et Brest (29).

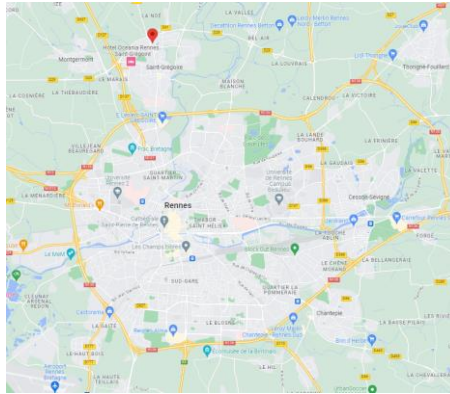


Figure 4. Localisation OTEIS Rennes

2. Domaines de compétences :

La société OTEIS se distingue aujourd'hui par une grande diversité dans ses activités, qui se répartissent de la sorte :

- Ingénierie générale et maîtrise d'œuvre technique de conception
 - Génie Civil, fluides (béton, métallique, bois, ...)
 - Électricité (courants forts et faibles)
 - Génie Climatique (ventilation, chauffage, déperdition, ...)
 - Sécurité incendie ; sûreté ; anti-intrusion ; désamiantage ; voirie et réseaux divers...
 - V.R.D, système d'assainissement
- Maîtrise d'œuvre d'exécution
 - Direction des travaux ;
 - Visas des plans d'exécution ;
 - Assistance aux opérations de réception.
- Etudes techniques d'exécution
 - Études techniques d'exécution réalisées pour le compte des maîtres d'ouvrage ou des entreprises, dans les domaines de la structure et des lots techniques.
- Ordonnancement, Pilotage et Coordination (O.P.C.)
 - Planification d'études et de travaux ;
 - Coordination des intervenants ;
 - Optimisation des délais pour tous les types d'opérations en neuf ou réhabilitation.
- Économie de la construction

3. Principaux domaines d'intervention :

Ses principaux domaines d'intervention sont les suivants :

- Hospitalier et santé
- Sport et loisirs
- Culture et spectacles
- Enseignement et recherche
- Immeubles de bureau
- Services Publics

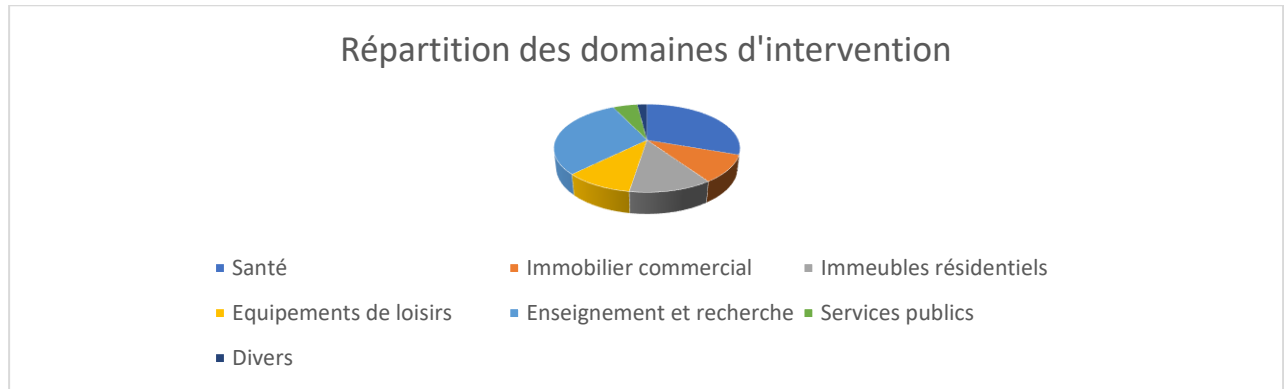


Figure 5. Répartition des domaines d'intervention OTEIS Rennes

4. Organisation du bureau

- Responsable des études/travaux :

Il assure la planification des différents projets et travaux à réaliser en tenant compte des directives d'affaires, c'est-à-dire la définition des priorités de la semaine en fonction des dates de rendu des dossiers et il répartit les affaires pour les ingénieurs et les techniciens.

- Chef de projet :

À l'origine, il détient une formation spécialisée qui englobe une compétence complète dans tous les domaines. Il agit en tant qu'interface entre le maître d'ouvrage et l'architecte. Son rôle consiste à orchestrer l'intégralité des études, à élaborer un calendrier de travail pour chaque ingénieur et technicien impliqués dans l'affaire, et à superviser l'aspect financier des projets.

- Ingénieur :

Il analyse les offres des entreprises, vise les plans des entreprises pendant le temps des travaux, assure un suivi de chantier et réalise la réception des installations en fin de chantier avec l'entreprise.

- Dessinateur/projeteur :

Il établit les différents plans, schémas et calculs nécessaires au projet. Il assiste l'ingénieur.

- Conducteur de travaux :

Il organise et dirige le chantier ainsi que sa gestion financière sous la direction du chef de projet. Il fait appel à la maîtrise d'œuvre pour résoudre les différents problèmes qu'il rencontre sur le chantier.

III / L'autour du projet

A. Les acteurs d'un projet

Pour comprendre le fonctionnement d'un bureau d'études, il convient de bien saisir les différents intervenants, mais aussi les nombreuses phases de développement qui le constituent. Lors d'un projet de construction, deux acteurs restent principaux en plus des entreprises de construction qui feront partie de la phase finale du projet :

Le maître d'ouvrage est la personne (privée ou publique) pour qui les travaux de construction sont réalisés par le maître d'œuvre. Il en supporte le coût financier. Il peut ne pas avoir de compétences particulières dans le domaine de la construction, c'est pourquoi il fait appel à un Maître d'Ouvrage Délégué (MOD) ou un Assistant à Maître d'Ouvrage (AMO) ; lorsqu'il n'a pas les compétences techniques pour suivre un projet.

Le maître d'œuvre (qui peut aussi être OTEIS dans notre cas) regroupe l'ensemble des compétences techniques du bâtiment avec des chefs de projet, des ingénieurs par spécialité, des projeteurs et le secrétariat/gestion. Le maître d'œuvre est la personne physique ou morale qui a en charge la réalisation d'un ouvrage, principalement lors de chantiers dans le domaine de la construction.

Le maître d'œuvre peut aussi bien être une entreprise à laquelle on a fait appel, un professionnel ou une organisation. Le maître d'œuvre conçoit les plans, organise, supervise, coordonne les différentes personnes qui travaillent sur un même projet et livre le produit une fois terminé. Il est choisi par le maître d'ouvrage pour qui le projet est réalisé. Le maître d'œuvre se doit donc de respecter les délais fixés au départ, mais aussi le budget qui figure dans le contrat. En contrepartie, il a le choix des moyens techniques qu'il va déployer. Pour l'aider à réaliser les différentes tâches et à gérer correctement l'ouvrage, il peut s'appuyer sur un chef de projet. C'est l'architecte qui fixe le calendrier à suivre des travaux et qui gère le suivi financier du projet.

L'architecte est présent à toutes les étapes d'un projet de construction, d'extension ou de rénovation. Il doit gérer ces étapes de la conception jusqu'à la remise du bien aux clients, tout en passant par le suivi de chantier. Lors de la conception, il va dessiner selon les caractéristiques du terrain, un bâtiment agréable, esthétique et économe en énergie.

Rôle durant le projet : le Maître d'ouvrage (MO) ou son délégué, l'assistant Maître d'ouvrage (AMO), fournit un programme fonctionnel du projet de construction (PTD pour « programme technique détaillé »), établi et finalisé par un programmiste. Les différents maîtres d'œuvre regroupent l'ensemble des compétences techniques du bâtiment, pour répondre aux attentes du MO. Les entreprises réalisent ensuite les travaux, conformément aux prescriptions.

Dans certains cas, des entreprises peuvent faire partie intégrante de la maîtrise d'œuvre, et sont sélectionnées directement par la maîtrise d'ouvrage, tout comme le (s) bureau (x) d'étude ou le (s) architecte (s).

Pour que le projet se déroule bien, il est indispensable de définir et de délimiter les rôles de la maîtrise d'ouvrage et de la maîtrise d'œuvre. Par exemple, un maître d'œuvre n'est pas habilité à ajouter une nouvelle fonctionnalité au cours du projet même si cela lui semble être une idée intéressante. Il peut éventuellement soumettre cette proposition au maître d'ouvrage, qui est plus apte à savoir si cela concorde avec les besoins des futurs utilisateurs de l'ouvrage.

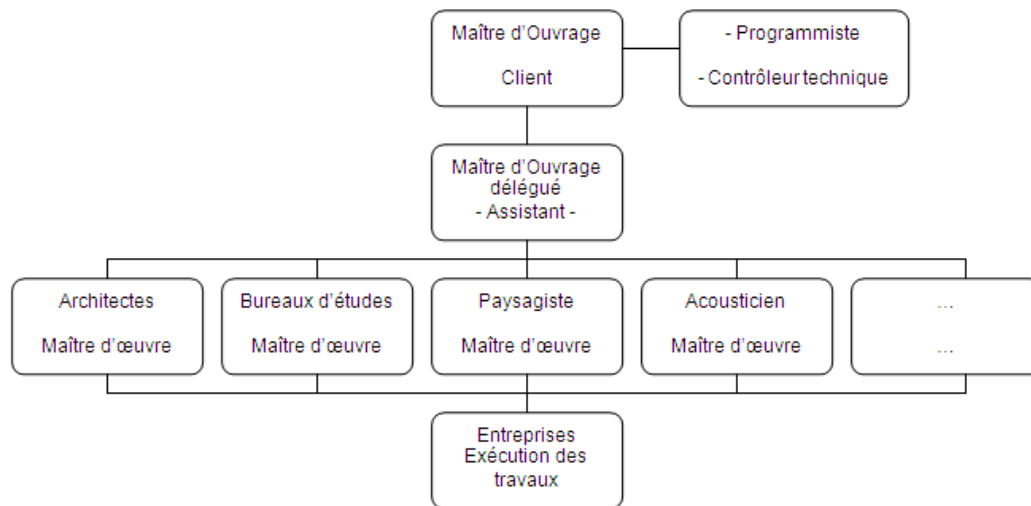


Figure 6. Les acteurs d'un projet

B. Les différentes phases de la réalisation d'un projet

1. Le concours

Le procédé de concours de maîtrise d'œuvre constitue une méthode d'acquisition dans laquelle le maître d'ouvrage, à la suite d'une évaluation effectuée par un jury, choisit un projet parmi plusieurs propositions soumises par des participants soigneusement présélectionnés. Ces participants sont des groupes constitués de bureaux d'études associés à des architectes, formant ainsi des équipes dédiées à chaque proposition.

L'objectif pour les bureaux d'étude pendant le concours est de répondre au programme demandé par la maîtrise d'ouvrage pour que le bâtiment soit classé dans la norme souhaitée.

Pendant le déroulement du concours, les bureaux d'études s'efforcent de formuler des solutions en accord avec les directives émises par la maîtrise d'ouvrage, garantissant ainsi que le bâtiment conçu se conforme aux normes établies.

Il est à noter que certains concours font l'objet d'une rémunération de la part du maître d'ouvrage, procurant ainsi une source de revenus pour le bureau d'études. Néanmoins, il existe également des concours pour lesquels aucune rémunération n'est prévue.

2. Études du projet

La phase d'études est celle réalisée conjointement par le maître d'œuvre et l'architecte selon les accords du maître d'ouvrage ou de son délégué. Elle se décompose en plusieurs travaux d'études qui permettent d'affiner et de rendre le projet de plus en plus concret

- Etudes d'esquisse – ESQ
- Avant-projet sommaire – APS
- Avant-projet définitif – APD
- Dossier de demande de Permis de Construire – PC
- Etudes de projet – PRO
- Etudes et plans d'exécution – EXE
- Dossier de consultation des entreprises – DCE
- Sélection des entreprises de la construction – Analyse des offres

Esquisse (ESQ)	Proposition de solution(s)
	Vérification de la faisabilité
	Premiers plans des niveaux
	Première estimation des projets
Diagnostic (DIA)	Dans le cas de travaux sur un bâtiment existant
	Même chose que l'esquisse en un peu plus détaillé
Avant-Projet Sommaire (APS)	Vérification de la comptabilité avec le programme et le site
	Proposition du calendrier de réalisation
	Plans des niveaux
	Estimation provisoire du coût prévisionnel des travaux
Avant-Projet Définitif (APD)	Vérification du respect des différentes normes et réglementations
	Détermination de la surface détaillée
	Justification des solutions retenues
	Estimation définitive du coût des travaux par lots (ELEC, Structure...)
Permis de Construire (PC)	Dossier et pièces pour l'obtention du PC
	Attente de l'obtention du permis de construire
Projet (PRO)	Plan précis
	Tracé des installations techniques
	Description des ouvrages, cahier des clauses technique et particulières
	Définition du coût des travaux suite aux offres des entreprises
Dossier de Consultation des Entreprises (DCE)	Définition du délai de réalisation des travaux
	Détaille de l'ensemble des caractéristiques technique et administratives
Analyse des offres	Estimation des budgets respectifs
	Analyse des candidats répondant à l'appel d'offre retenus (à la fin de l'analyse, ils n'en restent plus que 3-5 avec en moyenne de plus de 50 candidats)

Tableau 3. Les différentes phases d'un projet

3. Le chantier

- Direction de l'exécution des travaux – DET
- La gestion du chantier
- Ordonnancement, coordination et pilotage du chantier – OPC

4. Livraison du bâtiment au maître d'ouvrage

- Constitution du dossier des ouvrages – DOE
- Assistance aux opérations de réception – AOR

C. Les réglementations thermiques

Les réglementations thermiques dans les projets de constructions neuves ou de rénovations/extensions sont constamment en évolution.

Faisant écho aux Grenelles de l'Environnement, et instaurée par le gouvernement, la réglementation thermique en France concerne les nouvelles constructions et vise à encadrer leurs aspects thermiques. Souvent appelée "RT", la réglementation thermique fixe la quantité maximale d'énergie qu'un bâtiment peut consommer pour les postes de consommation comme le chauffage, l'éclairage, la production d'eau chaude sanitaire, la ventilation ou encore la climatisation. En d'autres termes, elle vise à réduire les dépenses énergétiques des bâtiments dans le cadre de la préservation de l'environnement. Cette réglementation a été délivrée en 1974 en réaction au premier choc pétrolier, en réponse à l'augmentation soudaine du prix des hydrocarbures et dans le but de réduire la dépendance énergétique. Son instauration a subi six révisions, depuis le renforcement accéléré des normes concernant les performances énergétiques des nouvelles constructions.

La première version de la réglementation en 1974 visait à réduire de 25 % la consommation énergétique des nouveaux bâtiments résidentiels et à limiter les pertes de chaleur par les parois et le renouvellement d'air. Elle a introduit deux coefficients : K pour mesurer la chaleur transmise par les parois et G pour estimer les pertes d'énergie en fonction du volume habitable. Depuis lors, ces deux valeurs ont été systématiquement révisées afin d'imposer des exigences plus strictes.

La réglementation thermique suivante, en 1982, a été instaurée à la suite du deuxième choc pétrolier. Elle est plus exigeante en termes de performances énergétiques, en fixant une réduction de 20 % de la consommation énergétique par rapport aux limites définies en 1974.

La réglementation thermique de 1988 a encore renforcé les critères pour l'enveloppe des bâtiments et a introduit les notions de rendement des systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire. Afin d'atteindre les objectifs de consommation, il était alors possible

de choisir entre améliorer l'isolation ou installer un système de chauffage plus performant. De plus, cette réglementation a été la première à inclure les bâtiments non-résidentiels dans les objectifs de réduction de la consommation énergétique.

Trois réglementations thermiques ont suivi ensuite : la RT 2000, la RT 2005 et la RT 2012. Chacune de ces évolutions a introduit des normes de plus en plus strictes en matière d'efficacité énergétique, d'isolation du bâtiment et de considérations environnementales, en privilégiant l'utilisation de matériaux et de sources d'énergies renouvelables.

La réglementation thermique de 2012, également connue sous le nom de RT 2012, s'applique à tous les projets de construction en France. Plus exigeante que ses précédentes, elle se base sur les niveaux de performance établis par le label BBC (Bâtiment Basse Consommation) antérieur. Par conséquent, elle encourage l'adoption d'énergies renouvelables et de systèmes innovants tels que l'installation de panneaux solaires thermiques. De plus, elle met l'accent sur l'importance d'une isolation thermique intérieure et extérieure de qualité, ainsi que sur l'étanchéité à l'air des logements, tout en ayant un traitement efficace des ponts thermiques.

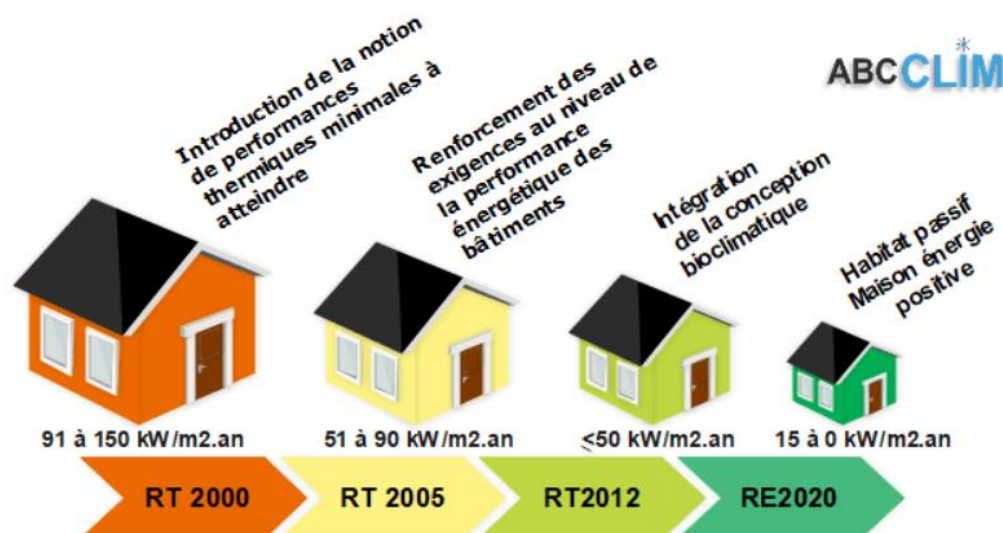


Figure 7. Les réglementations thermiques successives,
<https://www.abcclim.net/reglementation-thermique-2012.html>

Depuis peu, une nouvelle réglementation est en place, la RE2020 pour « Réglementation Environnementale 2020 », axée sur le zéro carbone. Cette nouvelle réglementation est entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2022 pour les maisons individuelles et les logements collectifs. Dans un second temps ont été ajoutés les bureaux et bâtiments d'enseignement primaire et secondaire. Les hôpitaux, commerces et bâtiments d'enseignement supérieur ne sont pas encore soumis à cette RE2020 mais une date devrait bientôt être communiquée.

La RE2020 a pour fondement l'objectif de parvenir à une utilisation énergétique sans gaspillage. De plus, elle intègre la notion de confort résidentiel d'été pour faire face aux périodes de canicule.

Le nouvel élément clé de la construction est l'Indice Carbone (IC), qui a pour but de privilégier l'utilisation de solutions à faibles émissions de CO₂ pour lutter contre le changement climatique. L'intégration de l'Analyse de Cycle de Vie (ACV) signifie que les bâtiments devront rendre compte de leur production de CO₂ à chaque étape de leur existence, marquant ainsi une évolution majeure dans ces réglementations thermiques et marquant la transition vers la Réglementation Environnementale 2020 (RE 2020).

Le label E+C- (Bâtiment à Énergie Positive et Réduction Carbone) a été créé pour soutenir le développement de logements à énergie positive et à faibles émissions de carbone. Il a servi de base pour définir les niveaux d'exigence de la future RE 2020. Ce label est constitué d'un niveau Énergie, évalué par l'indicateur "bilan BEPOS", et d'un niveau Carbone, évalué par l'indicateur "Carbone".

Pour les bâtiments existants, il y a aujourd'hui deux réglementations :

- La réglementation dite « globale »

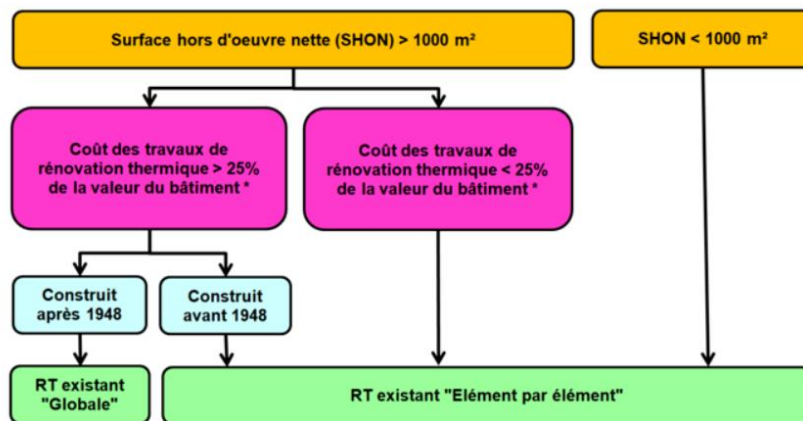
La rénovation dite « globale » définit un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové, à justifier par un calcul réglementaire. Elle s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires respectant simultanément les trois conditions suivantes :

- Leur Surface Hors Œuvre Nette (SHON) est supérieure à 1 000 m² ;
 - La date d'achèvement du bâtiment est postérieure au 1er janvier 1948 ;
 - Le coût des travaux de rénovation « thermique » décidés par le maître d'ouvrage est supérieur à 25% de la valeur hors foncier du bâtiment (y compris coûts de dépose, pose et fourniture et le coût des sujétions éventuelles liées aux travaux).
 - Les pièces techniques à disposer avant le dépôt du permis de construire/déclaration préalable : étude de faisabilité des approvisionnements en énergie préalablement au dépôt de la demande de permis de construire.
- La réglementation dite « élément par élément »

Pour tous les autres cas de rénovation se situant en dehors de la méthode dite globale, en cas d'installation ou de remplacement d'un élément du bâtiment (pose d'une isolation ou d'une fenêtre, changement de chaudière...), la réglementation définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé.

En complément des réglementations thermiques des bâtiments existants, la loi relative à la transition énergétique vers la croissance verte du 17 août 2015 a créé une obligation de réaliser des travaux d'isolation en cas de travaux importants de réfection de toitures, ravalement de façade ou aménagement d'une pièce en vue de la rendre habitable.

Schéma de la réglementation à suivre selon le type de bâtiment



* valeur conventionnelle du bâtiment actualisée chaque année (Sce : www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr)

Figure 8. Les réglementations thermiques à suivre <http://www.reglementation-thermique.green/rt-existant.html>

IV / La simulation Thermique Dynamique de l'Hôtel Dieu à Rennes

A. Le rôle d'une STD

La simulation thermique dynamique (STD) revêt une importance cruciale pour la réalisation de bâtiments à la fois économes en énergie et offrant un confort optimal, qu'il s'agisse de nouvelles constructions ou de projets de rénovation. Un bâtiment à faible consommation énergétique se comporte différemment d'une construction traditionnelle. Des éléments qui étaient négligeables dans les bâtiments à forte demande de chauffage deviennent désormais essentiels (comme les ponts thermiques, les apports solaires et internes, l'étanchéité du bâtiment, etc.). De plus, les risques de surchauffe estivale, résultant d'une isolation renforcée, doivent être pris en considération pour garantir le confort tout en maîtrisant les besoins en énergie. Une modélisation réduite du comportement du bâtiment est alors indispensable pour évaluer préalablement l'impact de la conception architecturale en termes de besoins de chauffage et de confort. C'est là que réside l'avantage de la simulation thermique dynamique, qui, contrairement à une simulation statique, tient compte de l'inertie des matériaux, des apports externes et internes, et d'autres facteurs. Cet outil permet d'explorer différentes solutions techniques afin de trouver le meilleur équilibre entre performances et investissements.

La réalisation d'une STD se révèle essentielle durant la phase de conception d'un projet de construction, visant à confirmer les objectifs de faible consommation énergétique. Cette démarche englobe des simulations pour évaluer diverses configurations (enveloppe, ventilation, chauffage, vitrage, équipement, etc.). De cette manière, il devient possible de sélectionner la configuration optimale, de valider les choix techniques en disposant d'une panoplie d'informations pertinentes. Il est important de distinguer entre une STD et un calcul réglementaire. Bien que ce dernier soit moins exhaustif, il reste nécessaire pour attester de la conformité avec les réglementations thermiques en vigueur. Par conséquent, il convient de le mener en parallèle avec une STD.

	STD	 RÉGLEMENTATION THERMIQUE 2012
Objectif	Conception	Vérification réglementaire
Méthode de calcul	Libre : plusieurs moteurs de calcul existent (Trnsys, Energy-Plus, Comfie...)	Unique : moteur de calcul fourni par la CSTB, méthode ThBCE
Scénarios (consignes, occupations, apports)	Libres : à faire approcher au maximum de la réalité	Fixes : conventionnels
Données météorologiques	Libres : Possibilité d'utiliser des données locales	Imposées : une station par zone climatique
Approche	le plus proche possible de la réalité	« banc d'essai »

Tableau 4. Différence entre STD et calcul réglementaire, <https://www.ille-et-vilaine.fr/>

La STD simule heure par heure le comportement du bâtiment. Pour cela, on prend en compte différents éléments :

- la localisation du bâtiment, la météo locale ;
- l'orientation du bâtiment, la répartition des pièces et des vitrages ;
- les matériaux constituant le bâtiment, son inertie thermique, les ponts thermiques, ses protections solaires, etc. ;
- les équipements de chauffage, climatisation, production ECS, ventilation, éclairage ;
- l'occupation des pièces et le comportement des usagers ;
- la régulation du chauffage et éventuellement des autres équipements. Elle permet de connaître :
 - les températures,
 - les besoins de chauffage et de climatisation,
 - les apports solaires,
 - la consommation finale

Finalement, la STD permet de définir le comportement du bâtiment en fonction de différentes simulations météo plus ou moins favorables et d'optimiser les choix de construction. Elle permet également d'éviter l'installation de climatisation et peut calculer des temps de retour sur investissement.

Il existe différents logiciels utilisés pour réaliser des STD :

Nom de l'outil	Moteur de calcul	Développement / diffusion	Origine
 Pleiades*	Comfie	Izuba énergies et Mines ParisTech	France
 TRNSYS Simulation Studio	TrnSys	Diffusé en France par le CSTB	Etats-Unis
 DesignBuilder	Energy Plus	DesignBuilder Software	Royaume-Uni
 Virtual Environment	VE	Integrated Environmental Solutions	Royaume-Uni

Tableau 5. Les logiciels de calcul STD, <https://www.ille-et-vilaine.fr/>

B. L'exemple de l'Hôtel Dieu

A l'occasion de ce stage, j'ai pu apprendre à utiliser le logiciel « Pléiades » et réaliser une STD sur un ensemble d'immeubles localisés à Rennes. Cet ensemble fait partie d'un gros projet de l'agglomération rennaise, qui est la reconversion de l'Hôtel Dieu. Situé en plein centre-ville,

ce projet est une réelle opportunité de développement et de valorisation de l'architecture et du patrimoine.

1. La saisie sur Pléiades

La première étape de la réalisation d'une STD consiste en la saisie du bâtiment qui va nous permettre d'obtenir un modèle. Cette étape est fastidieuse puisqu'il s'agit de tracer l'ensemble des parois, intérieures comme extérieures et de leur affecter la bonne composition.

Pour le tracé des parois, l'ingénieur s'appuie sur des fonds de plan AUTOCAD que l'on peut insérer comme un calque sur Pléiades :

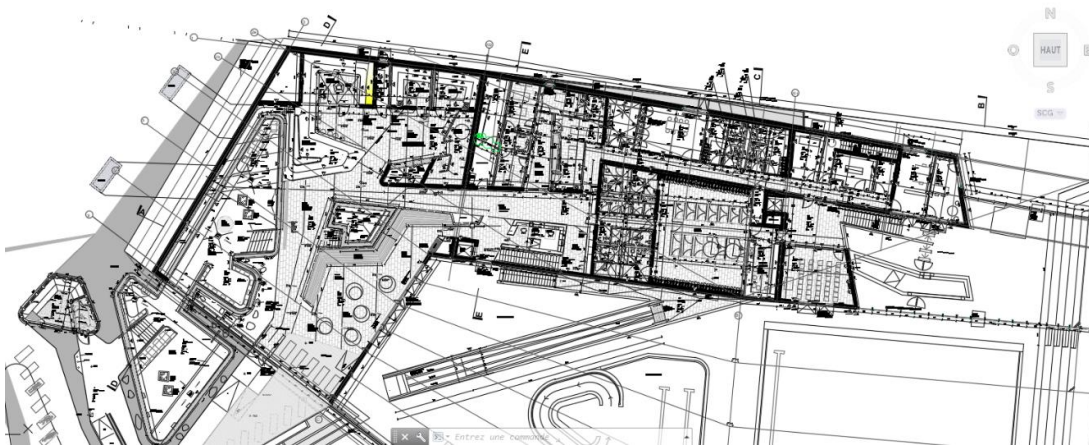
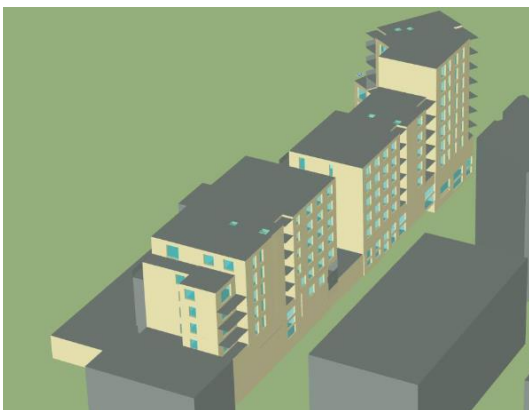


Figure 9. Plan Autocad de tracé Pléiades

Une fois ces parois tracées pour tous les niveaux, il est nécessaire de leur affecter la composition qui est prévue et que l'on peut retrouver dans la RT réalisée pour le bâtiment, ainsi que d'ajouter au bâtiment l'ensemble des menuiseries (portes et fenêtres).

On peut ensuite appliquer les masques proches qui correspondent aux bâtiments susceptibles d'apporter de l'ombre et donc d'impacter le confort d'été. Finalement, on obtient un modèle comme celui-ci pour les logements de l'Hôtel Dieu.



Figures 10 et 11. Rendus de saisie des bâtiments de l'Hôtel Dieu

2. La définition des zones STD

La définition des zones STD permet de diviser les zones des bâtiments en plusieurs groupes ayant les mêmes caractéristiques thermiques. Cela permet ensuite d'affecter des scénarios similaires à ces zones qui auront souvent le même usage.

RDC



R+1



R+2



R+3



Figure 12. Les zones thermiques STD

3. Définition des scénarios

a. Scénario météo

Afin d'obtenir les résultats les plus proches possibles de la réalité, Pléiades nous permet de choisir une station météo, la plus proche du site du projet. Ces stations nous donnent accès à

des scénarios météorologiques heure par heure et nous laissent le choix entre des conditions moyennes ou des scénarios de canicule. Pour ce projet, j'ai choisi un scénario de conditions moyennes pour la station météorologique de Rennes comme ci-dessous.

Nom	Rennes	Altitude	35 m
Longitude	1° 43' 12"O	Latitude	48° 4' 12"N
Températures	Minimale	Maximale	Moyenne
	- 4.90°C	33.20°C	12.08°C

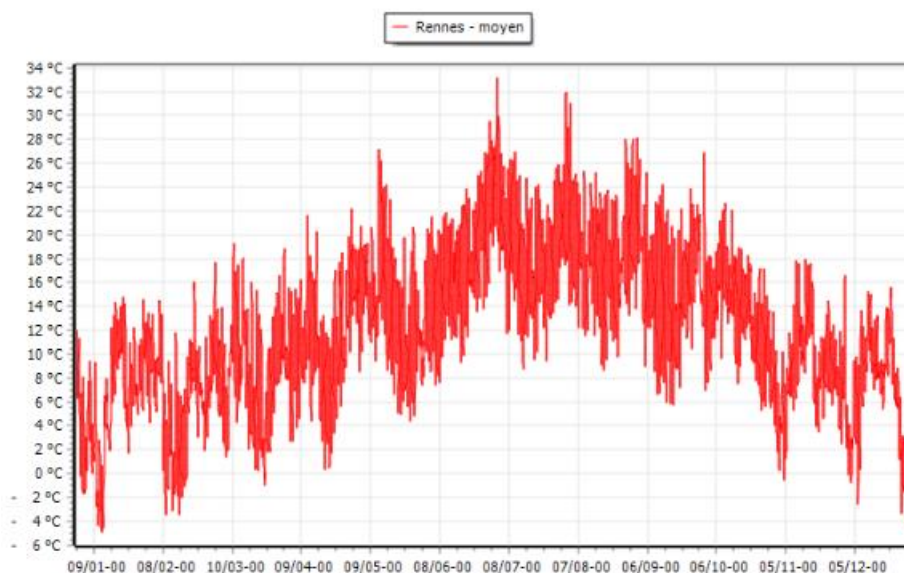


Figure 13. Courbe des températures extérieures à Rennes

b. Scénario d'occupation

Le scénario d'occupation se doit d'être le plus réaliste possible et précis. C'est pourquoi j'ai décidé de réaliser un tableau d'occupation en fonction de l'heure de la journée et de la taille de l'appartement pouvant accueillir plus ou moins de personnes (du T2 au T5)

Type de logement	Occupation maximale	
	Nombre	Pers/m²
T2	2	
T3	3	
T4	4	
T5	5	
Hall		0,02

Occupation probable tous les jours %					
Heure	T2	T3	T4	T5	Halls
0-7h	100	100	100	100	20
7-8h	100	100	100	100	100
8-9h	50	33	25	40	100
9-10h	50	33	25	20	100
10-11h	50	33	25	20	100
11-12h	50	33	25	20	100
12-13h	50	67	50	40	100
13-14h	50	67	50	40	100
14-15h	50	33	25	20	100
15-16h	50	33	25	20	100
16-17h	50	33	25	20	100
17-18h	50	33	25	20	100
18-19h	50	33	50	40	100
19-20h	100	100	100	100	100
20-21h	100	100	100	100	20
21-22h	100	100	100	100	20
22-23h	100	100	100	100	20
23-24h	100	100	100	100	20

Tableaux 6 et 7. Scénario d'occupation

c. Scénario de ventilation

Le scénario de ventilation influence grandement le confort d'été, en particulier lors de la nuit avec une ventilation qui permet de faire redescendre la chaleur accumulée pendant la journée.

La ventilation est rendue possible par deux moyens, la ventilation mécanique (simple ou double flux) et la ventilation par ouverture des fenêtres.

Les portes intérieures du bâtiment sont considérées comme fermées.

Une ventilation naturelle est rendue possible par ouverture des fenêtres dans les locaux.

C'est une solution économique et efficace pour diminuer l'inconfort pendant l'occupation en évacuant les apports internes.

L'ouverture est prise en compte uniquement en période d'occupation, elle est adaptée à la saison, à la température intérieure et extérieure. J'ai estimé l'ouverture des fenêtres à 10 % de la surface totale de la vitre. Cela peut sembler peu, mais une fenêtre ouverte oscillo-battante représente à peu près ce pourcentage. Les conditions d'ouverture des fenêtres sont les suivantes :

En été,

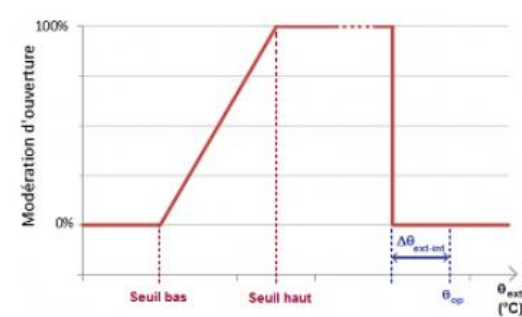
$T_{ext} < T_{local}$ et ouverture lorsque $T_{Local} > 25^{\circ}\text{C}$, fermeture lorsque T_{Local} est abaissée à 23°C

En mi- saison,

$T_{ext} < T_{local}$ et ouverture lorsque $T_{Local} > 27^{\circ}\text{C}$, fermeture lorsque T_{Local} est abaissée à 25°C

En hiver,

$T_{ext} < T_{local}$ et ouverture lorsque $T_{Local} > 29^{\circ}\text{C}$, fermeture lorsque T_{Local} est abaissée à 27°



	Saison de chauffage (hiv) ou Saison mixte	Mi-saison (mis)	Saison de refroidissement (été)
$\Delta\theta_{op_1_man}$	3°C	3°C	3°C
$\Delta\theta_{op_2_man}$	1°C	1°C	1°C
$\theta_{op_base_man}$	26°C	24°C	22°C
$d\theta_{ext_int_man}$	-6°C	-6°C	-6°C
$\theta_{ei_seuil_bas_man}$	12°C	10°C	8°C
$\theta_{ei_seuil_haut_man}$	18°C	18°C	16°C

Figure 14. Conditions d'ouverture des fenêtres

Enfin, j'ai décidé de prendre en considération un scénario de puissance dissipée des équipements présents dans les logements.

4. Les calculs et résultats :

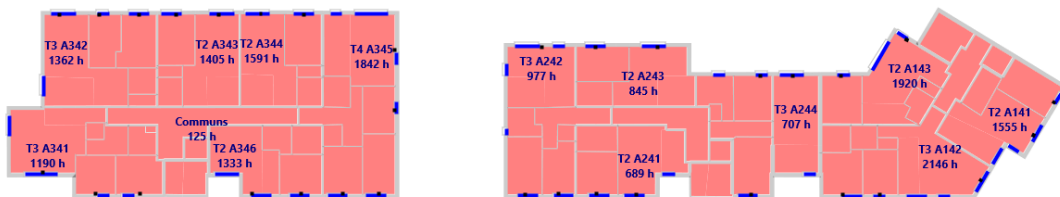
Les scénarios suivants sont comparés

- N°1 : Fenêtres restant fermées, pas d'utilisation des volets roulants

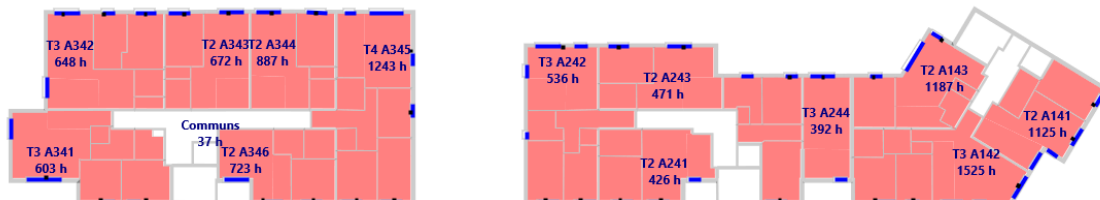
- N°2 : Fenêtres restant fermées, utilisation des volets roulants rabaissés de 50%
- N°3 : Ventilation naturelle par ouverture des fenêtres - les fenêtres sont ouvertes par les utilisateurs (surface de passage d'air=10 % de la surface vitrée par local), avec utilisation à 50% des volets roulants
- N°4 : Ventilation naturelle par ouverture des fenêtres - les fenêtres sont ouvertes par les utilisateurs (surface de passage d'air=30 % de la surface vitrée par local), sans utilisation des volets roulants
- N°5 : Ventilation naturelle par ouverture des fenêtres - les fenêtres sont ouvertes par les utilisateurs (surface de passage d'air=30 % de la surface vitrée par local), avec utilisation à 50% des volets roulants

Nombre d'heures d'inconfort de l'Étage 4 suivant les scénarios :

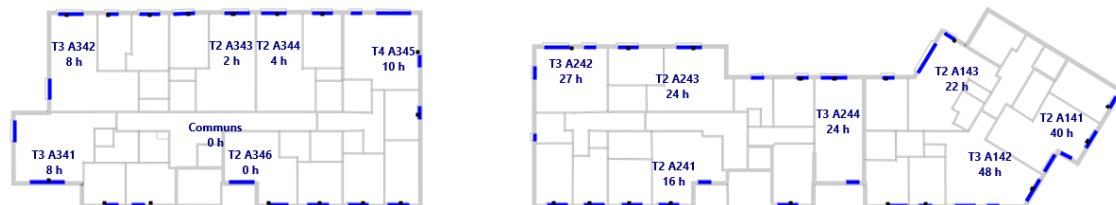
N°1



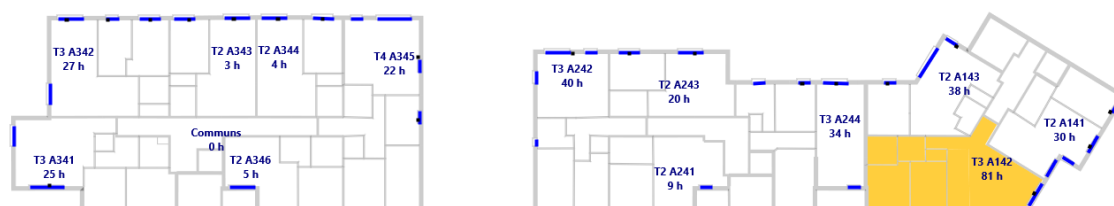
N°2



N°3



N°4



N°5

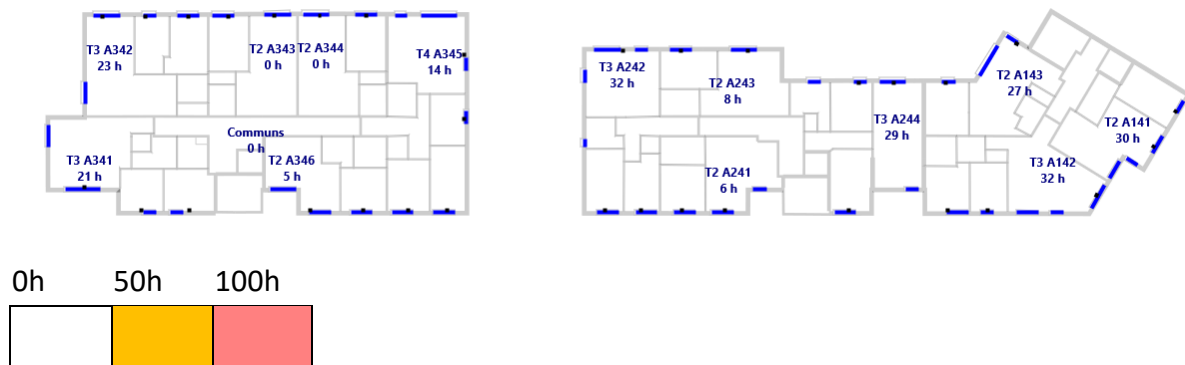


Figure 15. Résultats des heures d'inconfort de la STD

5. Conclusion

Finalement, la STD permet de faire ressortir le confort d'été et de mettre en place des dispositions pour permettre de ne pas dépasser le maximum de 50 heures d'inconfort ($T^\circ > 28^\circ\text{C}$).

La STD présente cependant deux limites. D'abord, elle s'appuie sur des scénarios d'utilisation. Si ceux-ci évoluent (plus ou moins grande occupation, comportement énergivore des utilisateurs...) les consommations réelles ne sont plus en phase avec les résultats de la STD. Ensuite, les calculs de temps de retour sur investissement se font par rapport au coût de l'énergie à un moment donné. Bien qu'il soit courant de prédire une évolution de 3 % par an du coût des énergies, nous ne savons pas quels seront les prix dans cinq, dix ou vingt ans.

V/ Étude de faisabilité d'une chaufferie bois pour l'EHPAD de Mansigné

Le projet de l'EHPAD de Mansigné consiste en la rénovation et l'extension des bâtiments existants. Au cours de cette rénovation, la chaufferie actuelle fonctionnant au fioul sera remplacée par une solution bois.

La réalisation de l'étude de faisabilité d'une chaufferie bois permet d'apporter des éléments de réflexion et d'aider à la décision pour le choix d'approvisionnement en énergie et des solutions pour assurer le chauffage et l'ECS du bâtiment. Plusieurs solutions sont proposées et comparées pour laisser au maître d'ouvrage le choix de la technologie qui sera finalement installée.

Les solutions suivantes ont donc été étudiées et comparées :

- Solution de référence
 - Production chauffage : Chaudières gaz,
 - Production ECS : préparateur ECS instantané depuis chaudières gaz
- Variante n°1
 - Production chauffage : Chaudières bois pellet,
 - Production ECS : préparateur ECS instantané depuis chaudière bois
- Variante n°2
 - Chauffage/ECS assuré par une chaudière bois plaquettes et une chaudière gaz propane. La chaudière bois est prévue pour assurer le chauffage et l'ECS pendant la saison de chauffe. La chaudière gaz assure l'appoint en période de chauffe, ainsi que la production ECS en période estivale. La chaudière gaz assure également le secours.

A. Le calcul des consommations

Le logiciel Pléiades est capable d'effectuer le calcul des consommations dans leur intégralité. Cependant, pour une meilleure compréhension, j'ai choisi de calculer les consommations annuelles pour l'eau chaude sanitaire (ECS) à l'aide de méthodes de calcul traditionnelles.

Pour cela il s'agit de calculer les besoins de chauffage de l'eau chaude sanitaire ainsi que le réchauffage du bouclage lors de la distribution.

1. Consommation annuelle pour produire l'ECS :

Les professionnels impliqués au sein de SOCOL se sont concertés afin de proposer ici des ratios correspondant à des besoins réalistes en eau chaude sanitaire en fonction du type d'application concerné. Ces ratios sont élaborés sur la base de nombreux audits, mesures et études réalisées dans toute la France sur des installations de chaleur solaire collective.

L'objectif principal du document est de mettre à disposition de la filière des ratios permettant de dimensionner au plus juste une installation solaire thermique performante, en écartant au maximum les risques de surdimensionnement.

Ratio de dimensionnement conseillé



Maison de retraite

15 litres par lit et par jour à 60°C



Restauration

3 litres par couvert et par jour à 60°C

Pour ce qui est du linge, les ratios communément admis sont de 6 litres par kg de linge.

Sur la base des relevés réalisés dans l'EHPAD dans les zones résidentes (salle de bains et cuisine) et buanderie, en considérant que la buanderie neuve consommera deux fois plus que celle existante, on a des besoins de 22 litres d'ECS à 60°C / jour par résident.

Calcul de la consommation d'eau annuelle :

22L d'eau par jour x nombre de résidents moyen x nombre de jours :

$22 \times 110 \times 365.25 = 884 \text{ m}^3 \text{ d'eau à } 60^\circ\text{C}.$

Calcul de la consommation annuelle pour produire l'ECS

$$\text{Cecs [MWh]} = [\text{Vecs} \times \text{Cp eau} \times (\text{Tecs} - \text{Tefs}) \times 2.7778 \cdot 10^{-7} / \eta]$$

- Cecs : Consommation eau chaude sanitaire
- Vecs : Volume d'ECS annuel consommé à 60°C en litre
- Cp eau : chaleur spécifique de l'eau [kJ/(kg*K)]
- Tecs : Température d'ECS (60°C)
- Tefs : Température d'EFS (10°C)
- $2.7778 \cdot 10^{-7}$: coefficient de conversion kJ en MWh
- η : rendement de l'installation estimé à 0.9

$$\text{Cecs} = [883905 \times 4.186 \times (60 - 10) \times 2.7778 \cdot 10^{-7}] / 0.9 = 57.1 \text{ MWh}$$

2. Estimation de la consommation annuelle pour réchauffer le bouclage

L'hypothèse repose sur le principe d'un bouclage du collecteur principal en sous plafond du rez-de-chaussée et des colonnes dans les étages supérieurs.

$$Q = \frac{2 * \pi * \lambda * (T_{\text{maintien}} - T_{\text{a mini}})}{\ln(D_e / D_i)} * 1.2$$

- Q : Coefficient de déperdition par mètre de conduite (W/m)
- Lambda : conductivité thermique du calorifuge des conduites (0.042 W/m.K)
- T maintien : Température ECS (60°C)
- T a mini : Température ambiante (20°C)
- De : diamètre extérieur conduite (42mm dont 20mm de calorifuge)
- Di : diamètre intérieur conduite (20 mm)

Cbouclage total : 77.1 MWh/an

La consommation d'énergie liée au bouclage est égale à 135% de la consommation liée à la production d'ECS. Nous avons cherché à optimiser la consommation d'énergie liée au bouclage en prenant en compte une épaisseur de calorifuge des réseaux ECS/REC correspondant à la classe 4, mais la surface du bâtiment étant importante, cela induit de fait une longueur de réseaux importante.

Valeurs prises en compte pour les consommations d'eau chaude sanitaire et résultats :

Bâtiment	
Nombre de lits	114
Conso d'eau annuelle à 60°C (m3)	884
Consommation annuelle pour produire l'ECS (MWh / an)	57.1
Consommation annuelle pour réchauffer le bouclage (MWh / an)	77.1
Résultat (MWh / an)	134.2

Tableau 8. Résultat du calcul des consommations d'ECS

Enfin, il faut ajouter aux calculs de consommations les rendements des chaudières qui sont différentes entre le gaz (97,9%), le bois pellet (94,7%) et le bois plaquettes (94,1%).

3. Les consommations selon la technologie retenue

Les résultats ci-dessous sont ceux obtenus avec Pléiades, plutôt similaires à ceux calculés.

Solution de référence : chauffage/ECS assurés par des chaudières gaz à condensation

Solution de réf	Gaz(PCS) Chauffage	Gaz(PCS) ECS	Elec	Total
Consommation (kWh/an)	756 593	154 732	/	911 326
Ratio de conso (kWh/m ² .an)	100,14	20,48	/	120,63

Variante 1 : chauffage/ECS assurés par des chaudières bois pellet

Nota : Les chaudières bois compatibles avec la taille de l'installation, ne permettent pas de faire de la récupération de chaleur sur la condensation des fumées.

Var. n°1	Bois pellet (PCI) Chauffage	Bois Pellet (PCI) ECS	Elec	Total
Consommation (kWh/an)	764 236	165 837	18 000	948 073
Ratio de conso (kWh/m ² .an)	101,16	21,95	2,38	125,49

Variante 2 : chauffage/ECS assuré par des chaudière bois plaquettes et une chaudière gaz propane

Var. n°2	Gaz(PCS) Chauffage	Bois plaquettes(PCI) Chauffage	Gaz(PCS) ECS	Bois plaquettes(PCI) ECS	Elec	Total
Consommation (kWh/an)	72 149	699 899	50 433	101 805	30 000	954 287
Ratio de conso (kWh/m ² .an)	9,55	92,64	6,68	13,48	3,97	126,31

Tableaux 9, 10 et 11. Résultats des consommations de l'EHPAD selon la technologie utilisée

B. La puissance à installer

1. La monotone de chaleur

Le logiciel Pléiades permet de fournir une monotone de chaleur, qui représente pour chaque heure de l'année la puissance appelée.

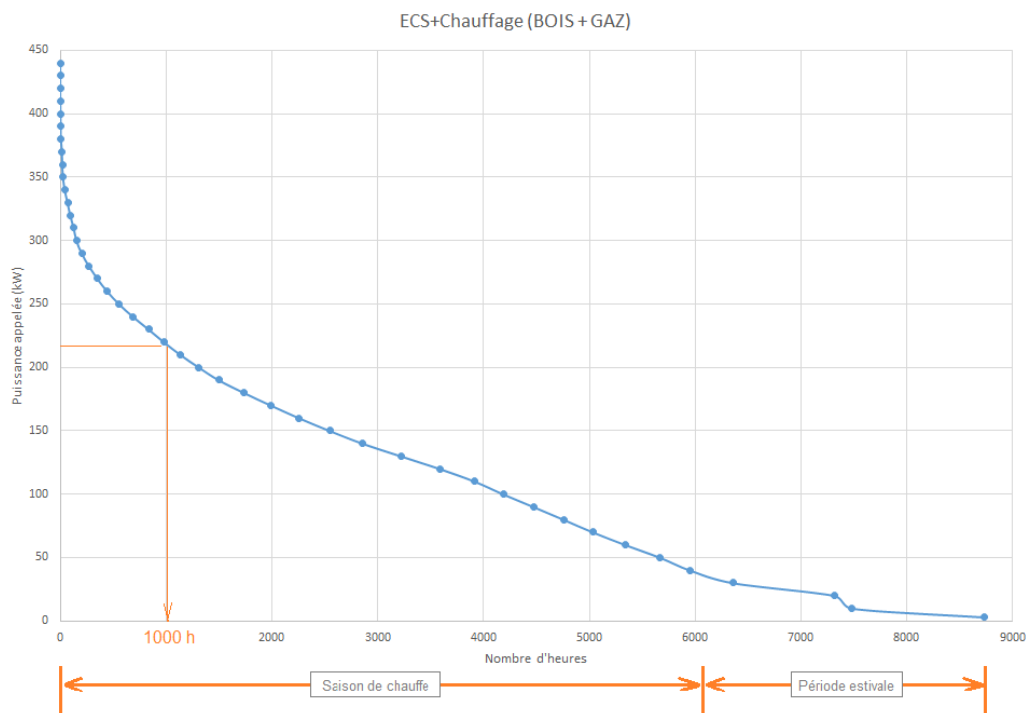


Figure 16. Monotone de chaleur

La monotone de chaleur montre le nombre d'heures au cours desquelles la puissance appelée est supérieure à une valeur donnée. Sur le site de l'EHPAD, on constate que la puissance maximum appelée est d'environ 440 kW.

Durant la période estivale, la consommation de chaleur correspond aux besoins de production d'ECS et réchauffage du bouclage.

Cette courbe est utile pour dimensionner les installations de chauffage, elle permet de sélectionner le meilleur compromis entre une puissance thermique plus ou moins importante et le nombre d'heures de fonctionnement auquel cette puissance pourra fonctionner.

2. Les puissances retenues

En tenant compte du bilan de puissance et de la monotone, la puissance des chaudières, est donnée ci-dessous :

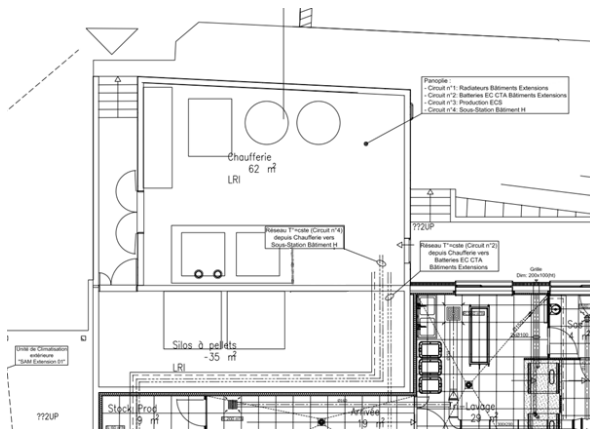
- Solution de référence : 2 chaudières gaz de puissance unitaire 220 kW
- Variante n°1 : 2 chaudières bois pellet de puissance unitaire 220 kW.
- Variante n°2 : 1 chaudière bois plaquettes 220 kW+ 1 chaudière propane 225 kW

Pour la solution mixte chaudière bois plaquettes / gaz, on voit qu'avec une chaudière bois de 220 kW, le recours à la chaudière gaz en appoint sur la saison de chauffe intervient sur une durée d'environ 1000 heures, au cours desquelles la puissance appelée est supérieure à la puissance de la chaudière bois. La chaudière gaz assure également le chauffage et le bouclage de l'eau chaude sanitaire sur la période estivale. Sur cette même période, la chaudière bois plaquettes est à l'arrêt.

C. Le choix des solutions

La prochaine étape consiste à introduire des technologies de chaudières aptes à satisfaire les exigences tout en évitant toute surdimensionnement de l'installation. En concertation avec l'assistant maître d'ouvrage, il a été convenu d'opter pour la marque HARGASSNER en ce qui concerne les solutions à base de bois.

1. Solution bois pellet



Chaudière EcoPK220

Figures 17 et 18. Plan de chaufferie et chaudière bois pellet

Il est souvent demandé par les organismes comme l'ADEME de fournir des schémas de principe afin de mieux comprendre le fonctionnement des installations, comme celui réalisé ci-dessous.

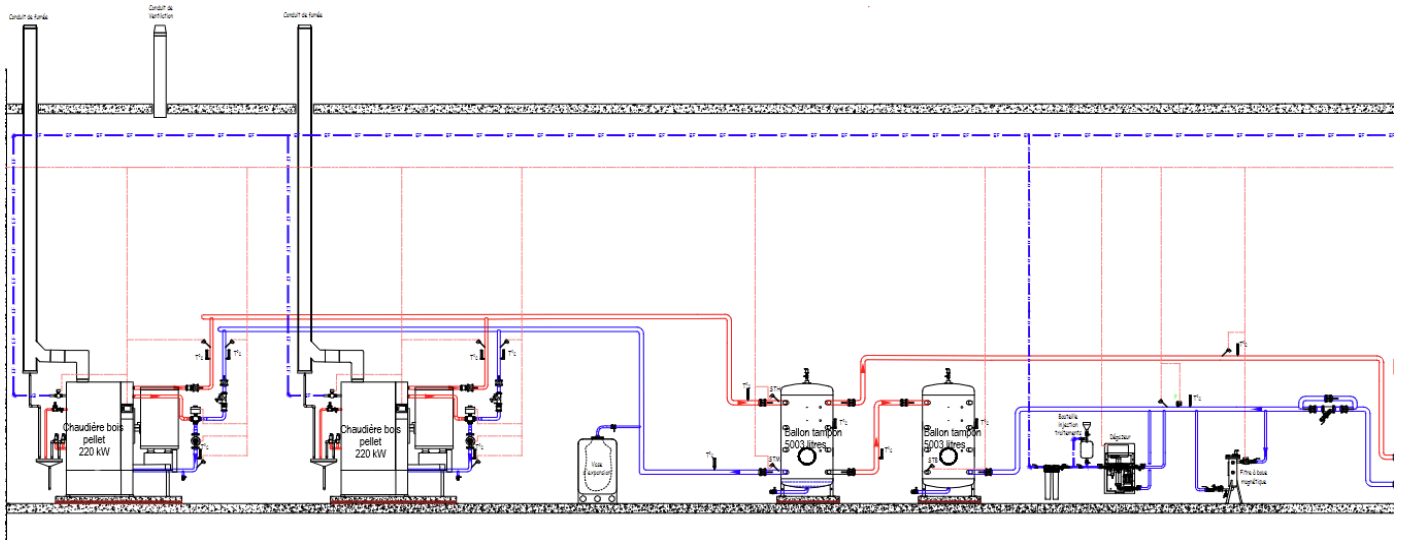
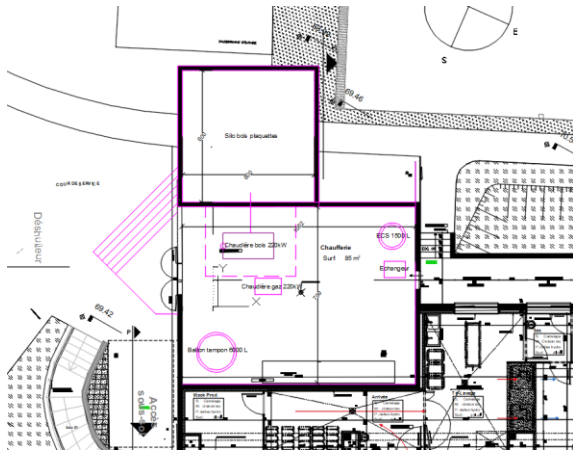


Figure 19. Schéma de principe chaufferie bois pellet

2. Solution bois plaquettes



Chaudière ECOHK220

Figures 20 et 21. Plan de chaufferie et chaudière bois plaquettes

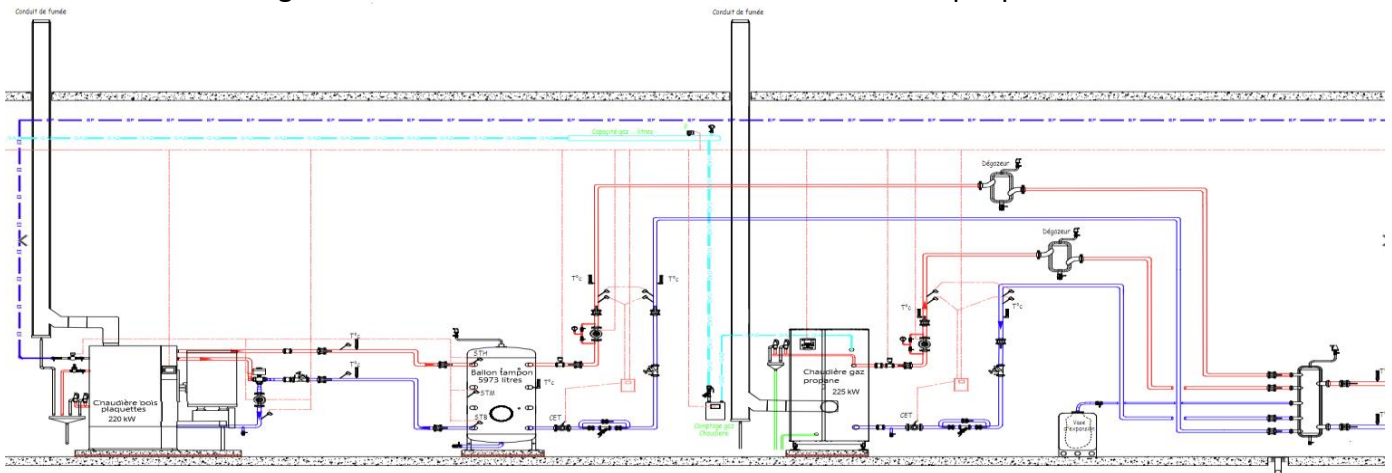


Figure 22. Schéma de principe chaufferie bois plaquettes

D. Présentation au maître d'ouvrage

À la fin de ce stage, j'ai eu le privilège de présenter intégralement l'étude de faisabilité que j'ai menée en collaboration avec ma tutrice de stage lors de la session de restitution. Cette réunion a rassemblé l'ensemble des acteurs clés impliqués dans ce projet :

- le maître d'ouvrage (directeurs et gestionnaires),
- l'assistant maître d'ouvrage,
- l'ADEME du département de la Sarthe (financeur d'une grande partie du projet),
- les techniciens de l'EHPAD,
- les ingénieurs OTEIS en charge du projet.

Ainsi, j'ai eu l'opportunité d'examiner les aspects techniques et d'établir des comparaisons entre les solutions à base de bois, avant d'aborder l'aspect économique. Ce dernier volet a été étudié dans le rapport en étroite concertation avec les équipes commerciales et les fournisseurs d'énergie.

En définitive, l'EHPAD de Mansigné a choisi de construire une chaufferie fonctionnant au bois pellet.

VI / Conclusion

Pour clore ce rapport, il convient de livrer mes impressions quant à cette période d'immersion au sein du monde professionnel. En premier lieu, il me tient à cœur d'exprimer que cette expérience s'est avérée profondément formatrice. Elle a mis en lumière, à mes yeux, la prépondérance de l'organisation et de la rigueur au sein du contexte professionnel. À cet égard, j'ai fait montre d'une démarche méthodique tout au long de ce stage, dans le dessein d'éviter que toute erreur ne soit commise.

Au cours de cette période, j'ai dû surmonter certaines difficultés, notamment lorsqu'il a été question de mener à bien certaines missions en toute autonomie. De plus, l'utilisation de logiciels tels que Pléiades ou Revit, avec lesquels je n'avais aucune expérience préalable, a engendré des obstacles quant à leur utilisation. Néanmoins, mes études et expériences antérieures m'ont enseigné que la perspicacité émerge de l'effort personnel et d'un investissement soutenu, simplifiant ainsi les apprentissages futurs.

En outre, j'ai pu prendre conscience que la réalité du monde professionnel n'est pas toujours idyllique, mais elle continue d'offrir des opportunités de rétablissement. En parallèle, collaborer au sein de l'équipe variée d'OTEIS a constitué une expérience à la fois marquante et enrichissante, tant sur le plan professionnel que personnel. Cette expérience m'a permis d'acquérir une aptitude à m'adapter en toutes circonstances.

À l'occasion de ce stage de plus de trois mois, j'ai eu l'opportunité de mettre en pratique les connaissances théoriques acquises tout au long de ma formation, et de les confronter aux défis de la vie professionnelle, qui sont sans aucun doute distincts.

L'ensemble de l'équipe d'OTEIS a su m'intégrer dès les premiers instants et a partagé son savoir avec moi. J'ai pu être témoin de nombreuses missions auxquelles un ingénieur en calcul thermique fait face au quotidien, sous la direction éclairée de Madame GOUPIL. En fin de compte, j'ai saisi l'importance cruciale de la communication interdisciplinaire.

Je suis d'avis que cette expérience enrichissante en milieu professionnel m'a préparé de manière substantielle pour mon entrée future dans la sphère du travail. Cette immersion dans le monde professionnel a solidifié mon aspiration à exercer mon futur métier dans le domaine des énergies du bâtiment.

VII / Bibliographie

OTEIS. (2022, 14 novembre). *OTEIS | Conseil & Ingénierie Bâtiment - Eau - Environnement - Infrastructures* - OTEIS. OTEIS. <https://www.OTEIS.fr/>

Laurène, L. F. (2020). Exigences réglementaires thermiques pour les bâtiments existants. *Ministères Écologie Énergie Territoires*. <https://www.ecologie.gouv.fr/exigences-reglementaires-thermiques-batiments-existants>

e-RE2020.fr. (2023, 10 mai). *Calendrier de la RE2020 (dates d'application suivant le type de projet)*. [https://www.e-re2020.fr/explications/calendrier-application-re-2020/#:~:text=1er%20juillet%202023%20\(%C3%A0,%2C%20hospitalier%2C%20etc.\)](https://www.e-re2020.fr/explications/calendrier-application-re-2020/#:~:text=1er%20juillet%202023%20(%C3%A0,%2C%20hospitalier%2C%20etc.))

MaxiAssur, & Guerineau, B. (2023). Construction : Quel est le rôle de l'architecte ? *MaxiAssur Courtier en Assurance*. <https://maxiassur.fr/intervenants/architecte/>

Base Pleiades - l'écoconception du bâtiment, de l'Esquisse à l'ACV. (s. d.). IZUBA ÉNERGIES. <https://www.izuba.fr/logiciels/outils-logiciels/>

Hargassner France. (2020, 28 novembre). *Chaudières bois : pellets, bûches et mixtes* Hargassner France. <https://www.hargassner-france.com/>

Département Ille et Vilaine. (s. d.). <https://www.ille-et-vilaine.fr/>

Table des figures et tableaux

Figure 1. Tracé de l'historique de l'entreprise, https://www.OTEIS.fr/	p6
Figure 2. Localisation des agences du groupe, https://www.OTEIS.fr/	p7
Figure 3. Quelques réalisations du groupe OTEIS, https://www.OTEIS.fr/	p9
Figure 4. Localisation OTEIS Rennes.....	p10
Figure 5. Répartition des domaines d'intervention OTEIS Rennes.....	p11
Figure 6. Les acteurs d'un projet.....	p13
Figure 7. Les réglementations thermiques successives, https://www.abcclim.net/reglementation-thermique-2012.html	p16
Figure 8. Les réglementations thermiques à suivre http://www.reglementation-thermique.green/rt-existant.html	p18
Figure 9. Plan Autocad de tracé Pléiades.....	p21
Figures 10 et 11. Rendus de saisie des bâtiments de l'Hôtel Dieu.....	p21
Figure 12. Les zones thermiques STD.....	p22
Figure 13. Courbe des températures extérieures à Rennes.....	p23
Figure 14. Conditions d'ouverture des fenêtres.....	p24
Figure 15. Résultats des heures d'inconfort de la STD.....	p25
Figure 16. Monotone de chaleur.....	p31
Figures 17 et 18. Plan de chaufferie et chaudière bois pellet.....	p32
Figure 19. Schéma de principe chaufferie bois pellet.....	p32
Figures 20 et 21. Plan de chaufferie et chaudière bois plaquettes.....	p33
Figure 22. Schéma de principe chaufferie bois plaquettes.....	p33
Tableau 1. Fiche de l'entreprise.....	p6
Tableau 2. Evolution du chiffre d'affaire du groupe OTEIS.....	p8
Tableau 3. Les différentes phases d'un projet.....	p14
Tableau 4. Différence entre STD et calcul réglementaire, https://www.illeg-et-vilaine.fr/	p19
Tableau 5. Les logiciels de calculs STD, https://www.illeg-et-vilaine.fr/	p20
Tableaux 6 et 7. Scénario d'occupation.....	p23
Tableau 8. Résultat du calcul des consommations d'ECS.....	p29
Tableaux 9, 10, 11. Résultats des consommations selon la technologie utilisée.....	p30



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Pierre Aumont
Étudiant UIT
2022-2023

Le groupe OTEIS évolue dans le domaine de l'ingénierie pour le bâtiment. C'est une société française dont le siège social se situe à Paris (75017). Aujourd'hui l'entreprise compte environ 650 employés répartis dans les différentes agences de France dont 60 employés pour celle de Rennes.

Au cours de mon stage, j'ai eu l'opportunité d'intégrer le département thermique sous la tutelle de Madame GOUPIL. Les principales tâches qui m'ont été confiées ont porté sur la réalisation d'études de faisabilité relatives à divers projets, englobant le calcul de dimensionnement ainsi que les analyses de déperditions thermiques. L'accomplissement de ces tâches a requis la mise en œuvre de mes compétences en matière de calculs thermiques appliqués au domaine du bâtiment. De plus, j'ai fréquemment eu recours à l'utilisation du logiciel Pléiades, dont j'ai approfondi la maîtrise tout au long de cette période de stage. Par ailleurs, j'ai eu l'opportunité d'acquérir des bases solides en ce qui concerne Revit, tout en étoffant mes connaissances en manipulation d'Autocad. Cette expérience professionnelle m'a non seulement permis de développer mes compétences techniques, mais elle m'a également inculqué la valeur de la collaboration au sein d'une équipe travaillant conjointement sur des projets variés. Il est certain que cette aptitude à travailler en groupe constituera un atout déterminant dans la poursuite de ma carrière.

OTEIS is a company which advances in the thermal engineering sector. This is a French company and his headquarter is in Paris (75017). However, OTEIS is a group of 650 employees shared in the different agencies including 60 for the Rennes agency.

During my internship, I have had many assignments for the thermal service with Ms GOUPIL. The main missions that I have done during that period were feasibility studies on various projects, including dimensioning calculations and heat loss calculations. To do this, I had to use my knowledge of building thermal calculations in general. I also made a lot of use of the Pléiades software that I learnt to use during this internship. I also learnt the basics of Revit and extended my knowledge of Autocad. Finally, this internship taught me how to work in a team on different projects, which will certainly be very important for my future career.

OTEIS Rennes
10 Parc de Brocéliande, 35760 Saint-Grégoire

Tuteur entreprise :
Cécile GOUPIL
Ingénieure Thermicienne

Tuteur académique :
Mindjid Maizia
Ingénieure Thermicienne