
Rapport de stage individuel

5^{ème} année

Ingénieur en maîtrise de l'énergie

BatiMgie

16 Rue François Cevert, 49000 Angers



Tuteur entreprise :

LEGUILLON Prune
Ingénieur d'études

Tuteur académique :

MINDJID Maizia

SAUTEJEAU Martin

IUT

2024-2025

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier l'université de Tours ainsi que Polytech Tours, et particulièrement Monsieur MAIZIA, pour la confiance qu'ils m'ont accordée. L'accompagnement dont j'ai bénéficié a grandement contribué au bon déroulement de ce stage.

Je pense également à Monsieur FORTANNIER et Monsieur REY, gérants associés de BatiMgie, qui ont cru en mon potentiel et m'ont accueilli au sein de leur bureau d'études.

Je souhaite remercier tout particulièrement Monsieur MARS, responsable adjoint de la cellule maîtrise de l'énergie, et Madame LEGUILLON, ingénieure d'études, qui m'ont accueilli, conseillé, et surtout transmis leur expertise. Je remercie également l'ensemble de l'équipe de la cellule maîtrise de l'énergie pour leur aide et leurs conseils tout au long de ce stage.

Cette expérience m'a conforté dans mon envie de travailler dans le domaine de la maîtrise de l'énergie et constitue l'aboutissement de mon cursus universitaire.

Je n'oublie pas non plus mes proches, qui ont relu ce rapport et ont contribué à sa rédaction grâce à leurs précieux conseils.

Tables des matières

1) Contexte	5
2) Présentation de la structure d'accueil	6
3) Mission Plan de mesurage	9
3.1) Présentation de la mission	9
3.2) Analyse de la mission	11
3.2.1) Compétences acquises	11
3.2.2) Les délais	13
3.2.3) Intérêt de la mission pour l'entreprise	14
3.2.4) Optimisation des méthodes	15
3.2.5) Vision en tant que futur ingénieur	16
4) Missions pour le pôle habitat	18
4.1) Diagnostic humidité	18
4.2) Etude VMC	19
4.3) Calcul de déperditions thermiques	20
4.4) Analyse de ces missions	21
5) Missions pour le pôle tertiaire	23
5.1) Etudes de faisabilité énergies renouvelables	23
5.2) Analyse la mission	26
Bibliographie	27

1) Contexte

Étudiant en 5ème année d'école d'ingénieur en aménagement et environnement à Polytech Tours, j'ai eu l'opportunité d'effectuer un stage de fin d'études d'une durée de 6 mois. Ma spécialisation en réseaux, ainsi que mon stage précédent, m'ont permis de découvrir le domaine de l'énergie. Fort d'une première expérience en syndicat d'énergie, j'ai souhaité orienter mon stage vers un bureau d'études énergétiques afin d'en découvrir la dimension plus technique. Au fil de mes recherches, j'ai découvert le bureau d'études BatiMgie, dont les compétences dans le domaine énergétique m'ont incité à leur envoyer ma candidature. BatiMgie a accepté ma demande et m'a proposé un stage au sein de la cellule maîtrise de l'énergie. Ce rapport constitue un résumé descriptif et **analytique** de certaines missions effectuées au sein de BatiMgie durant ces 24 semaines. Il présente les compétences et l'expérience acquises, tout en apportant un **regard critique sur l'ensemble des actions menées**.

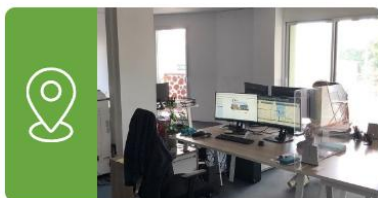
Dans un contexte d'urgence climatique, la réduction des consommations énergétiques est devenue une priorité nationale. Les collectivités, soumises à des réglementations comme le décret BACS ou le décret tertiaire, doivent désormais s'engager dans des démarches de transition énergétique structurées. Le rôle du bureau d'études est d'accompagner ces acteurs dans la réalisation d'études techniques variées, afin de leur permettre de mieux comprendre leurs consommations et de mettre en place des actions d'optimisation. Ces missions s'inscrivent pleinement dans la dynamique nationale visant à réduire l'empreinte énergétique du parc bâti, tout en répondant aux attentes spécifiques de chaque client.

2) Présentation de la structure d'accueil

BatiMgie est un bureau d'études thermiques et fluides intervenant dans le secteur du bâtiment public et privé. Créé en 2016 par deux gérants associés, le siège est basé à Angers et dispose de deux agences : La Roche-sur-Yon et Bordeaux.



Agence d'Angers (Siège Social)



Agence de La Roche sur Yon



Agence de Bordeaux

Consciente des enjeux liés au changement climatique, l'entreprise s'est construite autour d'une ambition commune : **contribuer activement à la maîtrise de l'énergie et au développement des énergies renouvelables**. Forte d'une équipe de 26 collaborateurs, elle met en œuvre son expertise pour accompagner ses clients dans la transition énergétique.



Réglementation
environnementale 2020



Maîtrise de l'énergie



Ingénierie Génie
Climatique

L'organisation de BatiMgie permet de proposer un accompagnement global dans l'optimisation énergétique des bâtiments, en intervenant à toutes les étapes d'un projet : depuis l'audit énergétique jusqu'aux études de faisabilité et à la maîtrise d'œuvre, incluant le suivi post-travaux. L'entreprise guide ses clients dans la prise de décision pour la mise en œuvre de solutions d'énergies renouvelables, qu'il s'agisse de géothermie, de bois-énergie (plaquette et granulé), de solaire thermique ou de photovoltaïque.

La vision de BatiMgie en matière de performance énergétique s'articule autour de trois axes majeurs :

- **Maîtrise de l'énergie** : réalisation d'études thermiques préalables et assistance à maîtrise d'ouvrage, incluant les audits énergétiques, l'analyse du confort estival par simulation thermique dynamique, l'assistance à maîtrise d'ouvrage pour les contrats d'exploitation de chauffage, les études de faisabilité énergétique et l'expertise technique des installations.
- **Ingénierie Génie Climatique tous fluides** : maîtrise d'œuvre de conception et d'exécution, avec une spécialisation dans les énergies renouvelables telles que le solaire thermique, la géothermie et le bois-énergie.

- **Réglementation thermique** : suivi de l'évolution des réglementations (RT2012, RE2020, label E+C-), réalisation des calculs réglementaires et accompagnement dans les démarches administratives, notamment pour le dépôt du permis de construire.

La double expertise en maîtrise de l'énergie et en maîtrise d'œuvre permet ainsi à BatiMgie d'assurer la cohérence technique et énergétique des projets, en tenant compte des enjeux environnementaux et réglementaires actuels.

Dans l'exercice de ses différentes missions, l'entreprise dispose de qualifications qui viennent certifier son travail et garantir la qualité de ses prestations.

Tout d'abord les qualifications OQPIBI / RGE :

- *Étude des ressources géothermiques* - 1007
- *Étude d'installations courantes de chauffage et de VMC* - 1312
- *Étude d'installations complexes de chauffage et de ventilation* - 1313
- *Maîtrise d'œuvre en génie climatique courant* - 1322
- *Étude de la performance énergétique dans le traitement climatique du bâtiment* - 1326
- *Maîtrise d'œuvre de la performance énergétique dans le traitement climatique du bâtiment* - 1327
- *Étude ACV bâtiments neufs* - 1333
- *Étude de systèmes courants de sécurité incendie* - 1413
- *Audit énergétique des bâtiments (tertiaires et/ou habitations collectives)* - 1905
- *Audit énergétique "maisons individuelles"* - 1911
- *Maîtrise d'œuvre des installations de production utilisant la biomasse en combustion* - 2008
- *Étude d'installations de production utilisant l'énergie solaire thermique* - 2010
- *Maîtrise d'œuvre des installations de production utilisant l'énergie géothermique* - 2013
- *Maîtrise d'œuvre des installations de production utilisant l'énergie solaire thermique* - 2014
- *AMO en exploitation et maintenance* - 0104
- *Coordination des Systèmes de Sécurité Incendie (CSSI) de catégorie A* - 0321
- *Coordination des Systèmes de Sécurité Incendie (CSSI) de catégories B, C, D et E* - 0322
- *Maîtrise d'œuvre de la performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment* - 1224
- *Étude thermique réglementaire "maison individuelle"* - 1331
- *Étude thermique réglementaire "bâtiment collectif d'habitation et/ou tertiaire"* - 1332
- *Étude d'éclairage intérieur* - 1407
- *Maîtrise d'œuvre en courants faibles courants* - 1421
- *Étude en vue de l'installation d'Infrastructure de Recharge pour Véhicules Électriques (IRVE)* - 1426
- *Maîtrise d'œuvre d'ouvrages de bâtiment en développement durable* - 1903
- *Accompagnement au commissionnement des installations techniques du bâtiment* - 1910
- *Étude d'installations de production utilisant l'énergie solaire photovoltaïque* - 2011
- *AMO pour la réalisation d'installations de production d'énergie utilisant la biomasse* - 2012
- *Maîtrise d'œuvre des installations solaires utilisant l'énergie solaire photovoltaïque* - 2015

L'entreprise propose également un accompagnement des maîtres d'ouvrage dans le but d'obtenir deux certifications en particulier : la certification HQE bâtiment durable et le label PassiveHouse®.

La première certification concerne plutôt la gestion de projet durable dans le bâtiment avec un aspect économique, sociétal et environnemental pour s'adapter aux grandes transitions. L'entreprise dispose d'un référent HQE Bâtiment Durable au sein de son équipe.

La seconde est un label définit par 4 critères :

- Un faible besoin de chauffage ($< 15 \text{ kWh}$)
- Une consommation d'énergie primaire limitée ($< 120 \text{ kWh/m}^2$)
- Une étanchéité à l'air renforcée ($n_{50} < 0.6 \text{ V/h}$)
- Une fréquence de surchauffe faible (moins de 10 % des heures de l'année ($> 25^\circ\text{C}$)).

Ce label permet de certifier un bâtiment comme étant très faible consommateur d'énergie tout en garantissant le confort des occupants. Cette labélisation est réalisée par une société extérieure et BATIMGIE accompagne les maîtres d'ouvrage de la conception à l'obtention de cette certification.



J'ai réalisé mon stage au sein de la cellule Maîtrise de l'énergie, composée de 11 collaborateurs, spécialisée dans la conduite d'études énergétiques. Cette cellule s'organise autour de deux pôles distincts : l'un orienté vers le secteur de l'habitat, l'autre dédié aux bâtiments tertiaires. Le pôle habitat intervient sur des missions variées, telles que la réalisation d'audits énergétiques, l'accompagnement à la rénovation énergétique dans le cadre du dispositif « Mon Accompagnateur Rénov' », ainsi que la réalisation de diagnostics d'humidité. Le pôle tertiaire, quant à lui, se concentre principalement sur les audits énergétiques et les études de faisabilité visant à intégrer des énergies renouvelables comme la géothermie, le solaire thermique ou la biomasse. Au cours de mon stage, j'ai eu l'opportunité de participer à des missions relevant de ces deux pôles.

3) Mission Plan de mesurage

3.1) Présentation de la mission

La mission principale de mon stage a été la réalisation d'un plan de mesurage pour quatre bâtiments d'une agglomération.

Un plan de mesurage est une étude du comptage de l'énergie et de l'eau visant à analyser et optimiser les consommations d'un bâtiment. Les objectifs sont multiples et varient selon les spécificités de chaque site : suivi des consommations, identification des postes de consommation, détection des dérives ou surconsommations, répartition des usages par zone ou par activité, etc.

Dans le cas présent, les objectifs du plan de comptage étaient nombreux. L'étude portait sur les quatre bâtiments les plus consommateurs de la collectivité (hors piscines), choisis en raison de leurs consommations élevées, mais aussi de leurs enjeux liés à la multiplicité des occupants et des usages.

Les bâtiments concernés sont un pôle culturel, une médiathèque, un pôle de formation, ainsi qu'une pépinière d'entreprises.

Le pôle culturel comprend un théâtre avec l'ensemble des usages scéniques liés à ses activités, une école de musique et des bureaux.

La médiathèque est équipée d'une zone de conservation des archives à température et hygrométrie contrôlées, ainsi que d'une salle de conférence mise en location.

Le pôle de formation dispose d'un atelier professionnel destiné aux Compagnons du Devoir, d'espaces de formation pour le cursus infirmier(ère), ainsi que de bureaux.

Enfin, la pépinière d'entreprises est un espace composé de bureaux et d'ateliers mis en location.

Les enjeux propres à chaque bâtiment étant très différents, le plan de mesurage doit être adapté à chacun d'eux afin de répondre à leurs spécificités.



Figure 1 : Photos des bâtiments concernés par le plan de mesurage

En plus des enjeux fonctionnels des sites, un des aspects important de cette étude est lié aux réglementations énergétiques en vigueur dont les principales sont : le Décret Eco-Energie Tertiaire (DEET) et le Décret « Building Automation and Control System » ou « Systèmes d'Automatisation et de Contrôle des Bâtiments » (BACS).

Le décret tertiaire, issu de la loi ÉLAN et entré en vigueur en 2019, impose une réduction progressive des consommations d'énergie finale dans les bâtiments à usage tertiaire de plus de 1 000 m². Il fixe des objectifs : -40 % d'ici 2030, -50 % en 2040 et -60 % en 2050, par rapport à une année de référence choisie entre 2010 et 2019. Ce décret oblige les propriétaires et exploitants concernés à transmettre chaque année leurs données de consommation sur la plateforme OPERAT gérée par l'ADEME. C'est ce report des consommations qui est le critère le plus important dans ce plan de mesurage, être capable de compter les consommations énergétiques par zone du décret tertiaire afin d'être en conformité.

Le décret BACS, publié en juillet 2020, impose l'installation de systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments tertiaires, neufs ou existants, selon le calendrier ci-dessous. L'objectif est de permettre un pilotage intelligent des équipements techniques (chauffage, ventilation, climatisation, éclairage, etc.) afin d'optimiser la performance énergétique du bâtiment. Ces systèmes doivent être capables de collecter, analyser et transmettre les données de consommation, tout en permettant un réglage automatique en fonction des besoins réels. Ce décret s'inscrit dans la continuité du décret tertiaire, en fournissant des moyens concrets pour atteindre les objectifs de réduction des consommations.

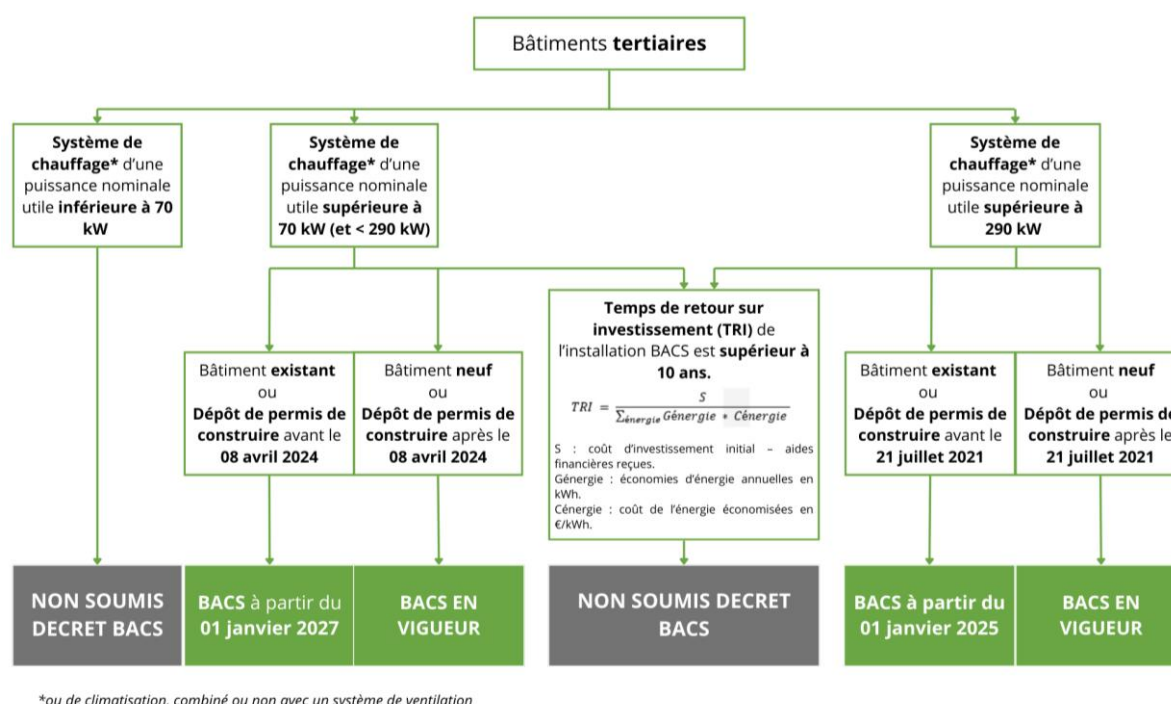


Figure 2 : Schéma de présentation du calendrier du décret BACS

Cette mission était une première pour l'entreprise, tous les outils étaient donc à créer ou à adapter pour cette étude : la méthodologie de relevés, la trame du rapport, les documentations techniques liées au comptage, les outils et données de chiffrage, etc.

La structure de l'étude est définie par le cahier des charges du marché lancé par l'agglomération. Ce document encadre la méthodologie à suivre et précise les éléments indispensables ainsi que les livrables à produire.

La mission était structurée en trois étapes, chaque étape devant être réalisée séparément pour chacun des bâtiments. La phase 1 consistait en un état des lieux, portant à la fois sur les aspects techniques et organisationnels. L'état des lieux techniques concernait les systèmes énergétiques des bâtiments ainsi que les dispositifs de comptage existants. L'état des lieux organisationnel visait à comprendre comment ces systèmes sont gérés : identifier les services ou personnes en charge de leur exploitation, les niveaux d'intervention (site, direction technique, agglomération) et les pratiques actuelles de suivi. L'objectif de cette phase était d'établir une « photo » complète de l'existant, qui servirait de base pour le reste de l'étude. Elle permettait également à l'agglomération d'acquérir une meilleure connaissance de ses bâtiments, tant sur le plan technique qu'organisationnel, et de cerner les enjeux spécifiques du projet. Enfin, cette phase posait les fondations nécessaires à la phase 2 : la définition des besoins. La définition des besoins repose sur les constats réalisés lors de la phase 1 et sur les spécificités propres à chaque bâtiment. En fonction des usages, de la taille, des systèmes en place, etc., les besoins du plan de mesurage sont établis puis validés avec le client. La définition des besoins repose sur les constats réalisés lors de la phase 1 et sur les spécificités propres à chaque bâtiment. En fonction des usages, de la taille, des systèmes en place, etc., les besoins du plan de mesurage sont établis et validés avec le client. Enfin, la phase 3 constitue le cœur de l'étude en présentant les propositions d'actions à mener. Trois scénarios sont élaborés pour chaque bâtiment. Le premier s'appuie sur les systèmes de comptage déjà en place et mise sur des leviers organisationnels et logiciels afin d'optimiser l'existant. Le deuxième scénario vise à répondre strictement aux exigences réglementaires, en se mettant en conformité avec les textes applicables cités précédemment. Le dernier scénario est le plus complet : il propose la mise en place d'un système de comptage détaillé jusqu'aux équipements les plus énergivores, permettant un suivi énergétique des consommations aussi précis que possible.

3.2) Analyse de la mission

Le but de cette analyse est de parcourir la réalisation de cette étude et les compétences acquises, en présentant les difficultés rencontrées, les solutions mises en place, ainsi que les optimisations possibles des méthodologies utilisées. Elle inclut également un retour personnel sur le métier d'ingénieur suite à ce projet. Enfin, une prise de recul sur la mission conduit à une réflexion sur l'intérêt du projet et les opportunités qu'il a créées pour BatiMgie.

3.2.1) Compétences acquises

Une des principales compétences pour mener à bien cette mission a été l'autonomie, une compétence développée tout au long de la mission.

L'entreprise n'ayant pas encore réalisé ce type d'étude, l'autonomie a été essentielle dès les premières étapes pour proposer une trame de rapport cohérente avec celles des autres études. Une fois la trame validée, j'ai travaillé en autonomie sur la première phase, à savoir la présentation de l'état initial. Cette première étape m'a permis de m'imprégner des méthodologies utilisées dans l'entreprise et de monter en compétences techniques sur les systèmes des bâtiments (chauffage, ventilation, comptage, etc.).

Pendant cette première phase, l'autonomie portait surtout sur la construction de la trame du rapport : prendre des décisions sur les parties pertinentes à conserver ou à écarter, traiter les informations récoltées lors des visites sur site, et me former sur les aspects techniques des systèmes des bâtiments afin de comprendre et justifier les choix effectués.

En vue du premier COTECH (phases 1 et 2), il a fallu organiser des points techniques avec l'agglomération pour présenter l'avancement du projet. J'ai été responsable de cette partie. Ces points m'ont permis de développer mes compétences en organisation et en gestion du temps. Il fallait estimer le temps de travail nécessaire pour finaliser les livrables avant chaque point technique, en tenant compte des délais courts. Une fois l'échéance fixée, les éléments devaient être prêts à temps, ce qui

rendait la gestion du planning essentielle. J'ai également renforcé mes compétences en communication. L'objectif des points techniques était de présenter les résultats et les choix effectués au client. Il était important de transmettre les informations de manière claire afin de permettre au client de formuler des retours précis et d'exprimer clairement ses attentes.

Durant la phase 3, la gestion du temps de travail et l'organisation des points techniques restaient essentielles pour tenir les délais. En ce qui concerne la communication, les objectifs de ces points étaient différents, car la phase 3 correspond à la présentation des résultats de l'étude. Il s'agissait donc d'expliquer ces résultats, souvent de manière plus technique que lors des phases précédentes. Pour élaborer les scénarios, j'ai contacté des fabricants de systèmes de comptage. Cela m'a permis d'approfondir mes connaissances techniques sur des équipements spécifiques et d'apprendre à identifier des fabricants et des contacts pertinents. Ces échanges m'ont ensuite permis de proposer des systèmes de comptage adaptés à chaque scénario et d'en estimer les coûts de mise en place.

En parallèle des points techniques, j'ai également réalisé les supports de présentation pour les COTECH et les COPIL. Cet exercice m'a permis d'apprendre à adapter ma communication en fonction du public : des interlocuteurs techniques lors des COTECH, et des élus ou décideurs, moins familiers avec les aspects techniques, lors des COPIL. Les intérêts et les points de vue étant différents, il était important de savoir adapter le niveau de détail et la manière de présenter les résultats.

Cette expérience de présentation devant des publics variés m'a permis de développer ma capacité d'adaptation et mon esprit de synthèse. Les attentes différaient selon le type de réunion : lors des COTECH, les échanges étaient centrés sur des éléments techniques précis, des méthodologies d'actions et des résultats chiffrés. En revanche, lors des COPIL, la présentation devait être plus stratégique, en mettant l'accent sur les bénéfices concrets pour la collectivité. J'ai ainsi appris à ajuster mon discours en fonction des interlocuteurs, en rendant les données techniques accessibles et pertinentes pour les élus, dans une logique d'aide à la décision. L'objectif était de présenter des résultats clairs et compréhensibles, capables de démontrer l'intérêt des travaux envisagés, tant sur le plan opérationnel que pour les enjeux de politique publique.

Enfin, la réalisation de ce plan de mesurage m'a permis de développer une rigueur et une discipline importantes dans l'organisation de mon travail. Les délais impartis pour cette étude étant très courts (cf. 3.2.2), il était indispensable de structurer efficacement mon temps et mes priorités afin de respecter les échéances des points techniques et des présentations.

J'ai mis en place une méthode de hiérarchisation des tâches, en identifiant d'abord les éléments essentiels qui constituent la base de l'étude. Ces points, qui attirent en premier l'attention du client, nécessitaient un soin particulier. Pour les définir, il a été nécessaire d'adopter le point de vue de l'agglomération et de déterminer quelles informations étaient stratégiques pour la prise de décision. Il s'agissait principalement des éléments visuels et synthétiques, qui devaient permettre une compréhension rapide des résultats.

Une fois ces fondations posées, le reste du rapport pouvait être construit de manière progressive. Cette approche m'a permis de gagner en efficacité, tout en garantissant la clarté et la cohérence de l'ensemble des livrables.

La particularité de cette étude résidait dans le fait de devoir travailler simultanément sur les quatre bâtiments. Cette organisation en parallèle augmentait significativement le risque de confusion entre les différents sites, que ce soit dans les données ou les analyses. De plus, le rapport final représentait près de 400 pages, ce qui amplifiait les risques d'erreurs d'inattention. Il était donc nécessaire de maintenir un niveau de vigilance élevé et d'instaurer une méthodologie rigoureuse, avec des relectures fréquentes et systématiques. Cette exigence de précision a été essentielle pour garantir la fiabilité et la qualité des livrables.

3.2.2) Les délais

La première difficulté de cette étude, connue dès le départ, concernait le délai imparti pour la mener à bien sur les quatre bâtiments. Le budget du plan de mesurage ayant été validé pour l'année 2025, les entreprises chargées de réaliser les travaux liés à ce plan de comptage devaient être notifiées avant la fin de l'année. Les étapes avant cette notification sont nombreuses :

- 1) Réalisation des études sur les 4 bâtiments
- 2) Rédaction des documents de consultation des entreprises
- 3) Analyse des réponses des entreprises
- 4) Notification des entreprises chargées de réaliser les travaux

Les études ayant débuté en avril, les délais pour les mener à bien étaient particulièrement courts. Il est à noter qu'entre chacune des étapes citées ci-dessus, des délais incompressibles s'imposent, ce qui réduit d'autant le temps consacré à la réalisation de l'étude.

La première étape pour respecter le délai imparti a été d'établir un rétroplanning précis dès le début. En accord avec la demande de l'agglomération, les études du plan de mesurage ont été séparées en trois phases, avec une présentation en Comité de Pilotage (COFIL) à la fin de la phase 2 et à la fin de la phase 3. Ces COFIL réunissent les élus de la collectivité afin de leur présenter l'avancement du projet pour les phases 1 et 2, puis le projet final lors de la phase 3.

Le calendrier des élus étant très chargé, l'agglomération a fixé à l'avance les dates des deux COFIL. Le rétroplanning s'est donc organisé autour de ces deux échéances. Le COFIL de la phase 3 représentait la date butoir du projet : à cette date, l'étude devait être finalisée afin que les élus puissent statuer sur les scénarios de travaux à engager.

Ce type de projet fait également l'objet de Comités Techniques (COTECH), réunissant les responsables et agents techniques des différents bâtiments. L'objectif est de présenter l'étude en amont du COFIL afin de l'ajuster selon les retours. Ces COTECH ont donc été fixés une semaine avant les COFIL, pour laisser le temps de finaliser les phases de l'étude et de réaliser les modifications nécessaires avant la présentation aux élus.

Ce rétroplanning a été essentiel pour mener à bien l'étude dans les délais imposés. Il nous a permis de connaître les échéances précises et d'adapter la charge de travail en conséquence. Toutes ces contraintes, ainsi que la réalisation du rétroplanning, ont été définies lors de la réunion de lancement du projet. Les deux parties étaient donc alignées dès le départ sur les délais et les obligations.

En plus du rétroplanning, pour mener à bien cette étude dans les délais, l'agglomération a désigné un chef de projet dédié au plan de mesurage. Cette organisation s'est révélée déterminante pour l'efficacité de la réalisation de l'étude.

Cet interlocuteur privilégié était disponible tout au long de l'étude, ce qui a permis la mise en place de points techniques réguliers. Ces réunions étaient fixées en fonction de notre avancement et permettaient de présenter l'état d'avancement à l'agglomération.

Comme mentionné dans la présentation de la mission, c'était la première fois que BatiMgie réalisait ce type d'étude. Ces points techniques ont donc été l'occasion de partager la trame et les résultats au fur et à mesure, afin de recueillir les retours du client. Cela a permis de co-construire une trame adaptée aux attentes spécifiques de l'agglomération.

Grâce à ces échanges, les attentes ont été mieux ciblées, ce qui a permis de gagner en efficacité. Positionnés en amont des COTECH, ces points techniques ont également limité les modifications après les retours en COTECH, les objectifs ayant été clarifiés en amont avec le chef de projet de l'agglomération. Son expérience de la maîtrise d'ouvrage et sa connaissance des attentes des élus ont permis d'éviter des ajustements lourds après les présentations finales.

Cette proximité avec le client dans la communication permettait également d'obtenir des réponses rapides en cas de questionnement de notre part, ou pour valider certaines hypothèses, par exemple.

Planning	
Réunion de lancement	Réalisation du rétroplanning Définitions des objectifs pour chacun des bâtiments
Relevés sur site	Visites des bâtiments Récupération de toutes les informations utiles pour la réalisation des études
Points techniques Phase 1 et 2	Présentation des résultats et de la trame au chef de projet de l'agglomération Un point technique par bâtiment
Comité Technique Etape 1 et 2	Présentation des Phases 1 et 2 aux responsables et agents techniques des sites
Comité de Pilotage Etape 1 et 2	Présentation des Phases 1 et 2 aux élus Validation des ces deux phases par les élus pour passer à la phase suivante
Validation Etape 1 et 2	+ 1 semaine après COPIL
Points techniques Phase 3	Présentation des résultats et de la trame au chef de projet de l'agglomération Un point technique par bâtiment
Comité Technique Etape 3	Présentation de la phase 3 aux responsables et agents techniques des sites
Comité de Pilotage Etape 3	Présentation des Phases 3 aux élus Choix des scénarios travaux

Figure 3 : Tableau simplifié du rétro planning "Plan de mesurage"

3.2.3) Intérêt de la mission pour l'entreprises

Cette étude de plan de mesurage représentait une opportunité importante pour l'entreprise. C'était la première fois qu'elle réalisait ce type d'étude, ce qui lui permettait de monter en compétences sur les systèmes de comptage. Ce sujet prend une importance croissante, d'une part en raison des réglementations imposant un suivi de plus en plus précis des consommations énergétiques, et d'autre part avec le développement des systèmes de Gestion Technique de Bâtiment (GTB), des automates capables de piloter l'ensemble des installations d'un bâtiment. Ce plan de mesurage permet donc d'acquérir un nouveau marché, celui des études « Plan de mesurage » mais également d'acquérir des compétences, des connaissances mais également des données sur les systèmes de comptage. Ces compétences peuvent être très utiles pour la partie maîtrise d'œuvre de l'entreprise, en terme de chiffrage ou d'attentes de la part des clients en ce qui concerne le comptage énergétique des bâtiments sur lesquels ils interviennent.

Par ailleurs, l'agglomération a pour objectif d'étendre ces plans de mesurage à l'ensemble de son patrimoine bâti. La réussite de cette première étude représente donc une opportunité stratégique pour l'entreprise, en lui permettant de se positionner sur la réalisation des études futures. Un déroulement

satisfaisant du projet contribue également à renforcer la relation de confiance avec l'agglomération, ce qui peut être déterminant dans le choix du bureau d'études pour d'autres missions sur leurs bâtiments.

Ce plan de mesurage représentait donc une opportunité stratégique pour l'entreprise, à double titre : d'une part, il lui permettait de renforcer ses compétences techniques sur les systèmes de comptage ; d'autre part, il constituait une première référence importante pour se positionner sur d'autres projets similaires.

3.2.4) Optimisation des méthodes

La réalisation de cette étude, qui constituait la première mission de ce type pour l'entreprise, ainsi que la perspective d'en mener d'autres à l'avenir, m'ont incité à adopter un regard réflexif sur les méthodologies utilisées et sur les pistes d'amélioration possibles.

La première piste d'amélioration est liée aux délais très courts imposés pour ce projet. Ces contraintes ont conduit à réaliser l'étude sur les quatre bâtiments simultanément afin de limiter le nombre de réunions COTECH et COPIL, en réunissant les élus et les responsables techniques une seule fois pour les quatre bâtiments. Cette organisation a représenté un gain de temps considérable pour l'agglomération. Cependant, sur le plan de la réalisation de l'étude, cela a rendu le travail plus complexe. En effet, comme mentionné précédemment, mener en parallèle l'étude des quatre bâtiments a augmenté les risques d'erreurs d'inattention ou de confusion entre les sites. Il a souvent été difficile de gérer simultanément ces quatre dossiers avec une efficacité optimale. J'ai trouvé cette simultanéité plus compliquée, car elle empêchait de me concentrer pleinement sur un seul bâtiment à la fois. Cette contrainte a entraîné quelques erreurs et pertes d'efficacité, ce qui n'est pas idéal avec des délais aussi courts.

Dans le cadre de la réalisation d'études similaires à l'avenir, il sera judicieux de limiter, dans la mesure du possible, le nombre de bâtiments étudiés simultanément afin de pouvoir se focaliser pleinement sur les besoins spécifiques de chaque bâtiment. Cette stratégie est d'ailleurs celle généralement adoptée pour les autres études, qui portent très souvent sur un seul bâtiment à la fois, afin d'optimiser l'efficacité et la qualité du travail. La réalisation de deux bâtiments en parallèle semble être un compromis optimal en termes d'efficacité et de gain de temps.

La deuxième piste d'amélioration concerne les outils choisis pour la réalisation des livrables et du rapport. La trame du rapport a été pensée pour intégrer de nombreux éléments visuels afin de faciliter la compréhension des résultats de l'étude. Cette approche est pertinente et doit être conservée. Cependant, elle nécessite de créer ces éléments visuels (diagrammes de Sankey, tableaux de bord, etc.) sur des logiciels ou des plateformes en ligne distinctes, avant de les intégrer manuellement au rapport. Le nombre d'éléments ainsi créés est important, ce qui engendre des pertes de temps considérables en cas de modifications ou de corrections. Tous les éléments étant réalisés séparément, il est nécessaire de répéter les changements sur chaque logiciel ou site utilisé. Ces modifications étant fréquentes, que ce soit suite aux points techniques avec le client ou à la correction d'erreurs, le fait de devoir mettre à jour chaque plateforme, puis de réintégrer les visuels au rapport, représentait une perte de temps non négligeable. Ce type d'étude étant réalisé pour la première fois, les outils ont été choisis sans réellement prendre en compte leur efficacité, mais plutôt pour leur pertinence par rapport à l'étude et à la trame définie. Une fois l'étude finalisée, il a été constaté que certaines méthodes, tout aussi pertinentes, pouvaient être plus efficaces et éviter ces pertes de temps inutiles. Le problème évoqué précédemment est un problème d'automatisation : tout doit être fait manuellement et répété autant de fois qu'il y a de visuels. L'objectif est donc de trouver un moyen d'automatiser ces modifications le plus possible.

Les plus grosses pertes de temps venaient des changements sur les diagrammes de Sankey, le site utilisé n'étant pas adapté à des modifications fréquentes. Il est donc proposé d'utiliser l'outil Microsoft « Power BI ». Cet outil permet de générer des diagrammes de Sankey automatiquement à partir de

tableaux Excel, ce qui permettrait d'automatiser les modifications : chaque changement dans les tableaux serait directement répercuté sur tous les diagrammes et scénarios. De plus, étant un outil Microsoft, il permettra de mettre à jour les visuels automatiquement dans le rapport. Cette proposition peut sembler mineure, mais elle permettrait de corriger des pertes de temps importantes, constatées tout au long de la réalisation de cette étude. Le temps ainsi gagné pourrait être réinvesti sur des aspects plus essentiels, afin d'en améliorer la qualité. L'un des grands avantages de cette solution est également sa simplicité de mise en œuvre : elle ne nécessite ni investissement particulier, ni temps de développement d'outils complexes. Cet aspect est d'autant plus important que, pour le moment, les plans de mesurage ne représentent pas un marché significatif pour l'entreprise, ce qui limite les ressources allouées à ces missions.

Cette démarche s'inscrit dans une logique déjà existante dans l'entreprise, où l'automatisation des tâches est systématiquement recherchée pour optimiser la réalisation des études. Ces outils d'automatisation doivent être développés progressivement, au fil des missions, et adaptés aux spécificités de chaque client, dont les attentes peuvent varier d'un projet à l'autre.

3.2.5) Vision en tant que futur ingénieur

Ce projet m'a beaucoup appris en ce qui concerne le métier d'ingénieur. La gestion d'un tel projet a demandé une autonomie très importante et m'a donc fait découvrir des aspects importants du métier d'ingénieur.

La réalisation de ce plan de mesurage m'a permis d'être en relation directe avec un client, en l'occurrence une collectivité publique. Cette expérience m'a fait prendre conscience que la communication est une compétence essentielle dans le métier d'ingénieur, qu'il s'agisse de communication interne au sein d'une équipe ou de communication externe avec un client. La particularité de la communication avec un client, surtout lorsqu'il s'agit d'élus ou de responsables non techniques, réside dans la capacité à rendre compréhensibles des sujets complexes. L'ingénieur doit être capable de vulgariser les aspects techniques pour les traduire en enjeux concrets et en bénéfices clairs pour la collectivité. Il n'est pas seulement technicien, il est également un facilitateur de décision, capable de faire le lien entre la technique et les besoins stratégiques de ses interlocuteurs.

La communication externe repose également sur la capacité d'écoute et de compréhension des attentes du client. Il est essentiel de se mettre à sa place pour cerner ses intérêts et les véritables enjeux du projet. Lorsqu'il s'agit d'une collectivité, un projet ne se limite pas à des considérations purement techniques ou logiques. De nombreux facteurs extérieurs, tels que des contraintes budgétaires ou des enjeux politiques, influencent les décisions et orientent la manière dont un projet doit être mené. C'est pourquoi l'écoute active et la compréhension fine des besoins du client constituent les fondations d'une étude pertinente et aboutie. Une étude n'est réussie que si elle répond pleinement aux attentes du client, même lorsque certains choix techniques, qui peuvent nous sembler évidents en tant qu'ingénieurs, doivent être adaptés à ces contraintes spécifiques.

Au-delà de la communication avec les clients, l'ingénieur doit maîtriser la communication interne et le travail en équipe. Même si le plan de mesurage n'a pas nécessité un travail d'équipe au sens strict, la communication avec le chef de projet de l'entreprise a été un facteur clé pour organiser et mener l'étude dans les délais impartis. Son expérience m'a permis de mieux comprendre les attentes du client et d'adapter la méthode de travail en conséquence. Les échanges réguliers sur l'avancement du projet, ou les difficultés rencontrées ont permis d'optimiser le temps de travail en me concentrant sur les points essentiels. De plus, le fait de croiser les points de vue à travers ces échanges a été un levier important pour identifier des erreurs, combler des oublis et enrichir le contenu de l'étude grâce à des discussions et des ajustements en continu.

Ce projet m'a également permis de faire le lien avec mon stage de 4A réalisé au Syndicat Intercommunal d'Énergie d'Indre-et-Loire (SIEIL), où j'étais économe de flux. Cette première expérience m'a permis de

découvrir le rôle de la maîtrise d'ouvrage (MOA), en accompagnant des collectivités sur leurs problématiques énergétiques. À l'inverse, ce stage en bureau d'études m'a permis d'aborder le côté plus technique, où l'objectif est d'apporter des solutions et des préconisations en réponse aux besoins exprimés. Avoir expérimenté ces deux facettes d'un projet me permet aujourd'hui de mieux comprendre les attentes et les contraintes propres à chaque partie prenante. Cette double vision est un atout pour faciliter la communication entre les acteurs et anticiper les enjeux qui peuvent émerger tout au long d'un projet.

Après avoir découvert ces deux approches d'un projet, j'ai pris conscience que c'est véritablement dans la partie technique, au sein d'un bureau d'études, que je souhaite continuer à évoluer. C'est dans cette approche d'analyse, de résolution de problématiques techniques et de recherche d'optimisation que je me projette le plus en tant que futur ingénieur.

4) Missions pour le pôle habitat

4.1) Diagnostic humidité

La première mission à laquelle j'ai participé a été la réalisation de diagnostics d'humidité dans des maisons individuelles.

Lors de ces missions, nous intervenons auprès de particuliers ayant constaté des dégâts ou des traces d'humidité dans leur logement. Notre rôle consiste à identifier les pathologies du bâtiment à l'origine de ces problèmes d'humidité et à proposer des solutions adaptées pour y remédier.

Ces missions se déroulent **en deux étapes**.

La première consiste en **la visite du logement**. Celle-ci permet de constater les problèmes d'humidité, de les localiser et de recueillir toutes les informations utiles concernant le bâtiment et son usage.

Lors de ces relevés sur site, nous disposons d'une fiche de renseignement qui nous permet de collecter tous les éléments nécessaires à l'analyse. Cette fiche est structurée en deux parties :

- La première concerne les caractéristiques du bâtiment lui-même : présence et nature de l'isolation, système de ventilation, système de chauffage, défauts de construction visibles, système d'évacuation des eaux pluviales, etc.
- La seconde partie porte sur l'usage du logement, notamment les pratiques susceptibles d'être liées à la présence d'humidité : séchage du linge en intérieur, nombre d'occupants, présence d'animaux, etc.

Un aspect essentiel de ces relevés concerne la prise de photos et l'utilisation d'une caméra thermique. Ces données visuelles sont indispensables non seulement pour la rédaction du rapport (voir ci-après), mais aussi pour la compréhension des causes du problème. La caméra thermique permet d'observer les points froids du bâtiment en période de chauffe. Ces zones correspondent souvent à des ponts thermiques, susceptibles de favoriser l'apparition de problèmes d'humidité. L'ensemble des informations collectées a pour objectif d'identifier l'origine de l'humidité et de proposer des solutions, qu'il s'agisse de travaux ou d'adaptations d'usage, pour y remédier.



Figure 4 : [Exemple de traces d'humidité](#)



Figure 5 : *Exemple trace d'humidité sur menuiserie*



Figure 6 : *Humidité dans le bâtiment, image en caméra thermique*

La deuxième étape est **la rédaction du rapport**. Une trame, correspondant à la mise en forme définie par l'entreprise, a été réalisée en amont ; elle sert de guide pour structurer le contenu et éviter tout oubli. Ce rapport met en évidence les problèmes constatés dans le logement, illustrés par des photographies ainsi que des images issues de la caméra thermique. Cet état des lieux visuel permet de récapituler l'ensemble des informations recueillies lors du relevé, et de poser les bases de l'analyse, afin de comprendre les conclusions qui en seront tirées.

Une fois cet état des lieux rédigé, il est parfois possible de poursuivre directement la rédaction du rapport lorsque le problème semble évident. Dans d'autres cas, lorsque la cause de l'humidité reste incertaine, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour en identifier l'origine. Pour cela, des ressources documentaires, telles que des ouvrages spécialisés ou des sites internet, sont disponibles et recensent des cas similaires à celui étudié. Parmi les références les plus utilisées figure l'Agence Qualité Construction (AQC), qui fournit des conseils et des outils d'accompagnement sur les pathologies du bâtiment. Ces ressources sont essentielles pour approfondir ses connaissances et renforcer son expertise, notamment sur les problématiques liées à l'humidité dans le bâti.

Une fois le problème clairement identifié et les solutions envisagées, la rédaction de la conclusion peut être entreprise. Celle-ci reprend les éléments relevés dans l'état des lieux et les met en lien avec la pathologie retenue pour justifier le diagnostic final. Enfin, une estimation financière des travaux à prévoir est proposée, présentée sous forme de paliers allant des interventions les plus simples aux rénovations les plus lourdes.

4.2) Etude VMC

Durant mon stage, j'ai également participé à la réalisation d'études de systèmes de ventilation mécanique contrôlée (VMC), obligatoires dans le cadre de projets soumis à la RE2020.

La RE2020 (Réglementation Environnementale 2020) est la norme en vigueur pour les constructions neuves en France. Elle remplace la RT2012 et vise à réduire l'impact carbone des bâtiments, améliorer leur performance énergétique et garantir un meilleur confort d'été. Elle impose notamment des exigences sur la consommation d'énergie, l'isolation thermique, la qualité de l'air intérieur et le recours aux énergies renouvelables.

Les études VMC ont pour objectif de vérifier que le système de ventilation double flux sera performant et conforme aux exigences réglementaires. La qualité de l'air intérieur étant devenue une priorité, le renouvellement efficace de l'air est au cœur des projets. Une VMC double flux extrait l'air vicié des pièces humides (cuisine, salle de bain, WC) et insufflé de l'air neuf dans les pièces sèches (salon, chambres), tout en récupérant la chaleur de l'air extrait.

Contrairement à une VMC simple flux, qui évacue simplement l'air chaud à l'extérieur en provoquant des déperditions thermiques et fait entrer de l'air froid par les menuiseries, la VMC double flux permet de transférer la chaleur de l'air extrait à l'air entrant grâce à un échangeur. Cela améliore le confort thermique tout en limitant les pertes de chaleur, ce qui contribue à la performance énergétique globale du bâtiment.

PRINCIPE DE LA VMC SIMPLE FLUX HYGRORÉGLABLE

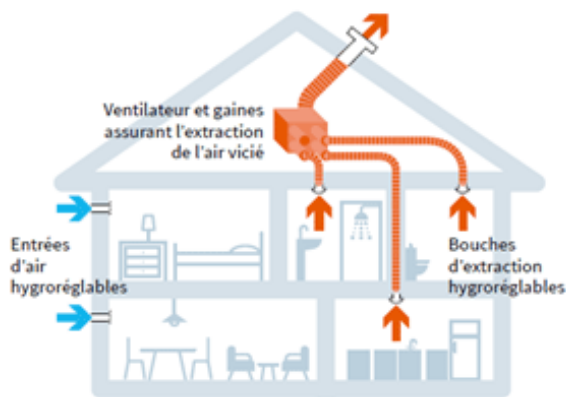


Figure 8 : Système de ventilation simple flux

PRINCIPE DE LA VMC DOUBLE FLUX

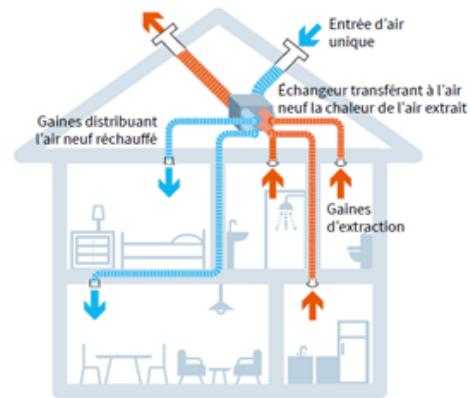


Figure 8 : Système de ventilation double flux

Ces études présentent le système de ventilation du projet en précisant tous les détails techniques. Elles commencent par une description du logement, notamment le nombre de pièces, qui constitue la base du dimensionnement de la ventilation. Vient ensuite la présentation du système de ventilation choisi, avec l'ensemble de ses spécificités techniques, afin de démontrer que ses performances sont conformes aux exigences réglementaires. Le dimensionnement du système inclut également un calcul des pertes de charge, ce qui permet de justifier le choix du matériel et de sa puissance : plus les pertes de charge du réseau sont importantes, plus la puissance de la ventilation doit l'être pour les compenser. Enfin, l'étude comporte un plan d'implantation du réseau de ventilation dans le logement, indiquant l'emplacement des bouches de soufflage et d'extraction, du caisson et des réseaux. Ce plan récapitule également l'ensemble des valeurs de pertes de charge ainsi que les débits de chaque bouche.

Ce rapport est ensuite contrôlé afin de s'assurer de sa conformité vis-à-vis de la RE2020, et donc de celle du projet lui-même.

4.3) Calcul de déperditions thermiques

Les calculs de déperditions thermiques sont la base de la plupart des études thermiques et énergétiques réalisées par les bureaux d'études. Ils permettent de déterminer la puissance maximale de chauffage à fournir pour garantir le confort thermique des usagers d'un bâtiment, en fonction de son mode de construction, de ses systèmes, des matériaux utilisés, etc. C'est grâce à ces calculs que l'on obtient la puissance de chauffage nécessaire à installer pour un bâtiment.

Avant de pouvoir réaliser ces calculs via un logiciel, j'ai dû me familiariser avec plusieurs notions théoriques fondamentales liées aux déperditions thermiques. Celles-ci désignent l'ensemble des flux de chaleur quittant un bâtiment : à travers les parois, les liaisons (ponts thermiques), les infiltrations d'air et le système de ventilation. À ces déperditions s'opposent les apports thermiques, qui regroupent toutes les sources de chaleur internes et externes, comme le soleil ou les appareils électriques. Le bilan thermique entre apports et déperditions permet de déterminer la puissance de chauffage nécessaire.

Un coefficient de surpuissance est ajouté pour anticiper des situations exceptionnelles (vagues de froid, incertitudes d'usage).

La puissance dépend aussi du type de système de chauffage (direct, avec stockage ou mixte). Les flux de parois varient selon les propriétés des matériaux utilisés, tandis que les ponts thermiques apparaissent aux jonctions du bâtiment. Les infiltrations d'air, souvent indésirables, génèrent aussi des pertes, tout comme la ventilation, qu'elle soit naturelle ou mécanique. Cet ensemble de connaissances m'a permis de comprendre l'origine des déperditions et leur méthode de calcul, ce qui m'a été utile avant d'utiliser les logiciels de dimensionnement.

Mes premières missions de ce type concernaient des maisons individuelles. Comme pour les diagnostics humidité, la première étape consiste à visiter le bâtiment afin d'y réaliser les relevés nécessaires au calcul. Durant ces relevés, il est indispensable de recueillir un maximum d'informations sur le bâtiment.

Premièrement, pour les parois, il faut déterminer la composition (matériaux et isolants) des murs, des planchers et des plafonds, les dimensions de chaque menuiserie ainsi que leurs performances (double ou simple vitrage, vitrage à isolation renforcée ou non, etc.), les débits de ventilation, et identifier les espaces chauffés et non chauffés. Ces relevés sont la base du calcul ; il est donc essentiel d'être très rigoureux dans cette prise d'informations afin d'améliorer la qualité du calcul et de faciliter la saisie dans le logiciel.

La deuxième étape consiste à saisir les détails du bâtiment ainsi que les mètres des pièces dans le logiciel, afin de lancer le calcul qui nous donnera la valeur des déperditions thermiques. Cette valeur est ensuite analysée pour en vérifier la cohérence, et donc s'assurer qu'il n'y a pas d'erreurs de saisie. Cette cohérence est généralement vérifiée à l'aide de ratios au m^2 , en fonction de la performance globale du bâtiment. On doit être en capacité d'anticiper une valeur approximative de déperditions par m^2 . En cas d'écart important avec cette estimation, et si aucune erreur de saisie n'est identifiée, il est nécessaire de savoir justifier cet écart (par exemple : débits de ventilation très importants, etc.).

Le logiciel utilisé pendant mon stage pour réaliser ces calculs de déperditions était U02Win, un logiciel PERRENOUD.

Pour plus de détails sur la méthode de calcul des déperditions thermiques d'un bâtiment, il est possible de se référer au guide complet publié par le gouvernement (Ministère de la Transition Écologique, 2021), dont la référence figure en bibliographie.

4.4) Analyse de ces missions

Ces missions réalisées au début de mon stage en lien avec le pôle habitat m'ont permis de découvrir toutes les bases du métier et m'ont également fait monter en compétences sur les aspects techniques du bâtiment.

Les diagnostics humidité m'ont permis de découvrir et de monter en compétences sur les questions liées au bâti, notamment l'identification de pathologies à travers l'observation de dégâts liés à l'humidité. Ces connaissances m'étaient jusqu'alors peu familières en raison de mon cursus, éloigné de ces thématiques. J'ai donc dû me former et apprendre sur ces sujets afin d'être en capacité de réaliser un travail de qualité.

Les compétences que j'ai acquises sont par ailleurs essentielles dans les métiers de la thermique du bâtiment : compréhension des modes de construction, des types de matériaux, ainsi que de leurs avantages et inconvénients. Ces diagnostics m'ont apporté de solides bases en technique du bâtiment, en particulier sur les éléments fondamentaux nécessaires dans un bureau d'études énergétiques.

Enfin, ces diagnostics ont été les premiers rapports que j'ai rédigés. Ils m'ont permis de découvrir les outils internes de l'entreprise pour la rédaction de rapports, notamment les trames et la mise en forme attendues. J'ai également appris la rigueur et la précision exigées dans des documents professionnels, rigueur que j'ai ensuite appliquée à l'ensemble des rapports que j'ai réalisés par la suite.

Les études VMC m'ont permis de monter en compétences sur les systèmes, davantage que sur le bâti. En effet, pour réaliser ces études, j'ai dû m'instruire sur tous les aspects liés à la ventilation des bâtiments, et en particulier la ventilation double flux, aussi bien sur le plan technique que réglementaire, afin de connaître les normes en vigueur (débits réglementaires dans l'habitat et dans le tertiaire, par exemple).

Les connaissances techniques en ventilation sont indispensables pour travailler en bureau d'études énergétiques, et elles m'ont été très utiles par la suite. Par ailleurs, cette mission m'a permis de me familiariser avec des logiciels métiers largement utilisés dans l'entreprise, notamment AutoCAD. Ce logiciel permet de réaliser les plans de principe des systèmes de ventilation à partir de gabarits préalablement conçus par l'équipe de maîtrise d'œuvre, afin de produire des plans justes et de qualité.

Pour finir, les calculs de déperditions étant la base de toutes les études thermiques, il était essentiel que je me forme sur ce sujet. J'ai donc découvert les logiciels utilisés par l'entreprise et appris à les maîtriser afin de réaliser ces calculs en autonomie. Les calculs de déperditions m'ont permis de monter en compétences sur de nombreux aspects techniques du bâtiment, de manière plus approfondie : connaissances des performances thermiques des matériaux et isolants, meilleure compréhension des modes de construction, des matériaux utilisés selon les époques, ainsi que des seuils de performance imposés par la réglementation. Ces missions m'ont également permis de découvrir les logiciels métiers utilisés dans l'entreprise. J'ai appris à effectuer la saisie des informations du bâtiment ainsi que la partie métrés.

En plus de ces connaissances techniques, ces missions m'ont apporté de l'expérience dans la réalisation de relevés sur site. Ces relevés étant la base du calcul, il est important d'acquérir des automatismes pour ne rien omettre lors des visites.

Ces calculs de déperditions constituaient également une base essentielle pour la réalisation d'autres études, telles que des études de faisabilité (cf. 5.1) ou des études spécifiques au secteur tertiaire.

Ces trois types de missions présentent un réel intérêt pour l'entreprise, car elles sont de courte durée, allant d'une journée à quelques jours maximum. Elles peuvent ainsi être facilement confiées à des stagiaires ou alternants afin de les former et de leur transmettre les bases essentielles du métier.

Réaliser ces missions en autonomie permet aux stagiaires et apprentis de développer rapidement des compétences et de prendre des responsabilités dès le début de leur expérience. C'est également très valorisant pour eux, car ils se voient confier des tâches concrètes, tout en étant encadrés par un salarié expérimenté.

Cette approche favorise l'apprentissage, que ce soit par la recherche personnelle ou par l'échange avec les collègues sur des points plus techniques. À mon sens, ce type de mission pourrait devenir un véritable socle de formation pour les stagiaires et apprentis. L'entreprise accueillant régulièrement des jeunes en formation, la mise en place d'un schéma pédagogique clair, structuré et reproductible représente un atout majeur.

Cela permettrait non seulement d'optimiser le temps consacré à leur formation, mais aussi de réduire les délais de réalisation des études. Cibler ces missions pour former les nouveaux arrivants tout en les plaçant en autonomie constitue donc une démarche à la fois efficace et valorisante.

Dans cette même optique, je retire de cette expérience que je pourrais potentiellement former de futurs stagiaires et apprentis sur ces missions.

5) Missions pour le pôle tertiaire

5.1) Etudes de faisabilité énergies renouvelables

Comme mentionné dans la présentation du bureau d'études, le pôle tertiaire réalise des études de faisabilité en énergies renouvelables, qu'elles soient de type géothermie, bois ou solaire thermique. Durant mon stage, j'ai eu l'opportunité de me former et de réaliser des études de faisabilité sur ces trois énergies.

Ces études sont très complètes et reprennent de nombreux éléments évoqués précédemment, ce qui illustre l'importance des missions antérieures dans la structure de formation des stagiaires et apprentis.

Une étude de faisabilité en énergies renouvelables constitue une aide à la décision lors d'un changement de système de chauffage d'un bâtiment vers un système dit « renouvelable ». Particularité pour le solaire thermique : il concerne la production d'eau chaude sanitaire et non le chauffage. Dans une démarche de transition écologique, des collectivités ou des acteurs privés nous sollicitent pour ce type d'étude, afin de déterminer quelle énergie serait la plus adaptée au site. De plus, ces études sont indispensables pour obtenir des subventions liées à ce changement de système.

Une étude de faisabilité commence par le calcul des besoins : besoins en chaleur du bâtiment pour les systèmes de chauffage, et besoins en eau chaude sanitaire pour le solaire thermique. Il est à noter qu'il est également possible d'intégrer les besoins en froid du bâtiment dans une étude de faisabilité ; ceux-ci seront couverts ou non par la production renouvelable, selon le choix de l'énergie et la puissance de froid à fournir.

Une étude de faisabilité peut porter sur un seul bâtiment, mais aussi sur un ensemble de bâtiments proches les uns des autres, ce qui conduit alors à envisager un réseau de chaleur. La réalisation de ces études suit globalement les mêmes démarches que pour un bâtiment unique, à quelques détails près.

Pour déterminer ces besoins en chaleur, qui correspondent aux appels de puissance de chauffage heure par heure du bâtiment, il faut commencer par réaliser un calcul de déperditions. Ce calcul a été développé dans une partie précédente (cf. 4.3). Pour résumer, il s'agit de la puissance correspondant aux besoins de chauffage maximaux en instantané (kW) dans l'année ; elle dépend notamment des matériaux utilisés pour la construction, du type de menuiseries, de l'isolation, etc.

Comme mentionné précédemment, la réalisation de ce calcul nécessite une visite du bâtiment. En plus des éléments à relever déjà cités, une étude de faisabilité impose de collecter d'autres données indispensables. Puisque l'étude porte sur le système de chauffage, il faut relever tout ce qui s'y rapporte : type d'émetteurs, régime de température, production de chauffage actuelle, ainsi que les espaces disponibles pour l'implantation d'un système de chauffage renouvelable.

Ces relevés permettent, dans un premier temps, de réaliser le calcul des déperditions thermiques du bâtiment. Une fois cette valeur obtenue, il faut en déduire les besoins. Les déperditions correspondent à une puissance instantanée et ne représentent donc pas directement les besoins recherchés.

Pour les estimer, nous utilisons des profils : il s'agit d'exemples d'appels de puissance heure par heure pour un bâtiment similaire, avec des usages également comparables. Ce profil est ensuite ajusté à partir de la valeur de déperditions calculée, afin d'obtenir les besoins de chauffage. La courbe regroupant ces appels de puissance est appelée la courbe monotone.

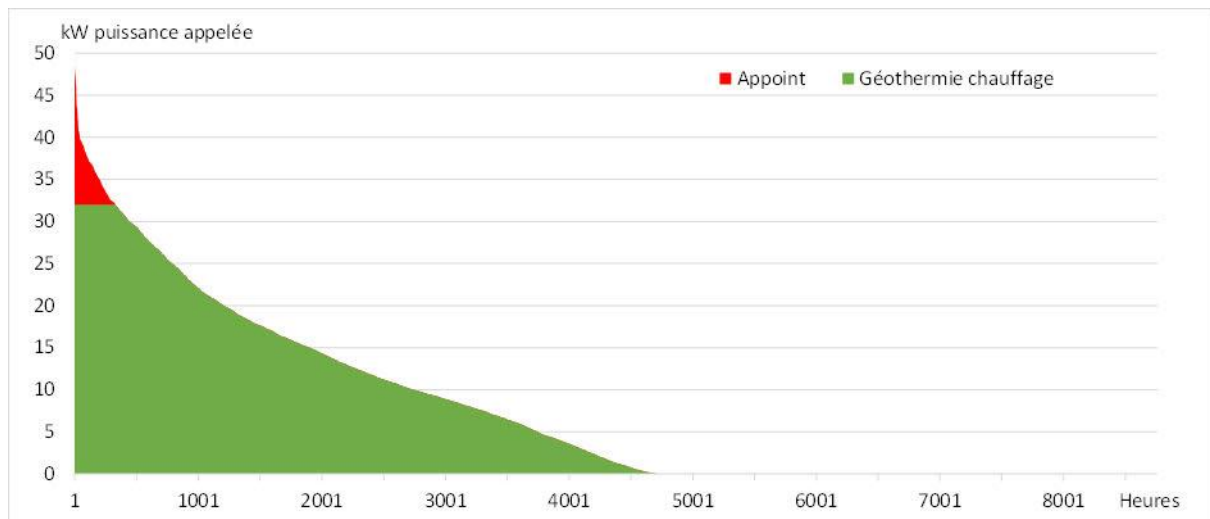


Figure 9 : Exemple de courbe monotone réalisée par BatiMgie

Cette courbe représente donc les appels de puissance pour le chauffage d'un bâtiment, triés dans l'ordre croissant.

Une fois cette courbe réalisée, vient l'étape cruciale du choix du taux de couverture par l'énergie renouvelable. En effet, selon le type de bâtiment et son usage, il est possible d'opter pour une production de chauffage 100 % en énergies renouvelables, ou bien pour un système en biénergie avec un appoint, qui intervient lors des appels de puissance maximaux, notamment en période de grand froid. Ce type de configuration peut, par exemple, permettre d'installer une puissance en énergie renouvelable moins importante.

D'autres contraintes ou paramètres entrent en compte dans le choix du système et de son taux de couverture. L'objectif ici est de présenter la démarche d'une étude de faisabilité, et non d'entrer dans les détails techniques.

Le choix du système constitue la base de l'étude de faisabilité. Il conditionne la cohérence de l'ensemble : il doit être parfaitement adapté aux besoins et aux usages du bâtiment, tout en prenant en compte les différentes contraintes éventuelles imposées par le client. Une fois ce choix finalisé et validé, il convient de formaliser les idées. Pour cela, on utilise une trame préconstruite par l'entreprise et régulièrement mise à jour. Elle permet de répondre aux attentes des clients en y intégrant tous les éléments qu'ils jugent nécessaires, tout en respectant les exigences de l'ADEME pour l'obtention de subventions.

Pour mener à bien cette étude, plusieurs livrables sont à réaliser.

Premièrement, le schéma de principe du système de chauffage défini plus tôt, réalisé sur AutoCAD à partir d'un gabarit préconstruit par la maîtrise d'œuvre de l'entreprise.

Dans la même optique, un schéma d'implantation du local de production de chauffage est réalisé. Il permet de situer les organes principaux de l'installation et de déterminer la surface nécessaire pour ce

local. Ce document aide le client à visualiser les dimensions réelles des équipements et constitue un support à la décision, notamment en cas d'espace très limité.

Ensuite, un plan d'implantation spécifique est établi pour chaque énergie : un plan des sondes pour la géothermie, un schéma du principe de livraison du combustible pour le bois, et un plan des capteurs solaires pour le solaire thermique.

Ces éléments mettent en évidence les contraintes spatiales de chaque énergie et révèlent aussi de réels avantages lorsque le terrain est particulièrement favorable à l'implantation d'une énergie en particulier. Enfin, dans le cas d'un réseau de chaleur, un livrable supplémentaire est produit : un plan des réseaux reliant l'ensemble des bâtiments concernés.

La dernière étape est la réalisation de l'étude économique, qui compare les solutions renouvelables entre elles et à une solution de référence sur une durée de 30 ans. Cette solution de référence correspond généralement à l'existant.

Si la partie technique de l'étude peut suffire au choix final de l'énergie, l'étude économique joue toujours un rôle majeur dans la décision. Elle est réalisée de la manière la plus réaliste possible, en prenant en compte toutes les dépenses liées au changement du système de production de chauffage. Elle comporte une partie consacrée à l'investissement, lié au matériel et aux travaux nécessaires (création d'un local, coût du matériel hydraulique, réalisation des documents obligatoires, coûts d'ingénierie, travaux de voirie, etc.). Cette partie, appelée « investissement », constitue la base de l'étude économique. À partir de ce montant, les subventions potentielles sont déduites.

Ensuite, une analyse des dépenses énergétiques annuelles est menée. Cet aspect est essentiel, car il met en valeur certaines solutions qui permettent des réductions de consommation, même si elles impliquent un investissement initial plus élevé.

L'étude prend également en compte les frais liés à la maintenance et au remplacement de pièces sur 30 ans.

L'ensemble de ces éléments permet d'évaluer les bénéfices et inconvénients financiers de chaque énergie sur le long terme, en mettant notamment en évidence les temps de retour sur investissement et les coûts d'exploitation année par année.

Les éléments techniques présentés tout au long du rapport, associés à l'étude économique, doivent permettre au client de prendre une décision éclairée quant au choix du système de production de chauffage.

L'ultime étape de ces études consiste en leur présentation au client. Celle-ci doit synthétiser les résultats et les exposer de manière à orienter le choix vers la solution la plus adaptée au bâtiment.

Les points clés, qu'ils soient avantageux ou contraignants pour une solution, doivent être clairement expliqués et justifiés afin que la décision soit prise en toute connaissance de cause, avec l'ensemble des informations nécessaires.

Lors de ces présentations, il est important de prendre en compte les volontés du client. Si l'une des énergies a été préalablement retenue, l'objectif n'est pas de dénigrer cette option si elle n'est pas la plus performante, mais plutôt de mettre en avant les atouts de l'autre solution et de présenter clairement les éventuelles faiblesses de celle initialement envisagée. Le client demeure le seul décisionnaire quant au choix final. Une solution peut sembler plus avantageuse, sans pour autant que l'autre soit mauvaise, notamment lorsque le client est une collectivité où des considérations politiques ou de communication peuvent influencer la décision.

5.2) Analyse la mission

Les études de faisabilité énergies renouvelables m'ont permis de développer mes compétences techniques sur les sujets abordés.

Ces missions nécessitent des connaissances solides et précises sur les systèmes de chauffage ainsi que sur les différents types d'énergies, des compétences que je n'avais pas eu l'occasion d'approfondir durant mon cursus ou mes stages précédents. Leur réalisation m'a donc permis de me former sur ces sujets techniques, avec le soutien de l'équipe de la cellule maîtrise de l'énergie, qui m'a apporté son expertise et ses connaissances pour m'accompagner dans cette montée en compétence.

Lors de mes débuts sur ces missions, une méthodologie de formation aux études de faisabilité venait d'être mise en place. Cela m'a permis de bénéficier d'un accompagnement essentiel, tout en conservant une autonomie importante pour découvrir les outils par moi-même. Cet équilibre entre autonomie et encadrement est primordial dans ce type d'études : l'autonomie favorise l'apprentissage par soi-même, notamment en tirant des enseignements des erreurs commises, tandis que l'encadrement permet de ne pas rester bloqué sur des sujets techniques complexes et de valider les différentes étapes pour garantir la fiabilité de l'étude.

L'encadrement nécessite également une bonne habileté en communication interne, afin de contextualiser l'étude pour la personne référente, de savoir à quel moment la solliciter et d'éviter de perdre du temps sur des blocages. Il est aussi important de valider les étapes clés au bon moment, afin de partir sur des bases solides et d'éviter de devoir apporter d'importantes corrections à la fin si l'étude s'avère incorrecte.

Ces missions m'ont aussi fait découvrir des outils internes de l'entreprise, outils qui permettent de gagner en efficacité en centralisant les différents calculs à réaliser. Ce sont ces outils qui m'ont donné des pistes d'améliorations mentionnées plus tôt dans ce rapport, l'idée est de développer ces outils assez tôt pour gagner en efficacité et donc en temps pour les prochaines. Il est important de cibler les études sur lesquelles il est judicieux de passer du temps à développer ces outils. Il est essentiel que la quantité d'études similaires à venir soit suffisante pour rentabiliser le temps passé à développer ces outils.

De plus, les études de faisabilité m'ont également permis de développer mes compétences en communication, notamment lors de points d'avancement avec le client pour présenter l'état d'avancement de l'étude et, surtout, s'accorder sur les hypothèses retenues ou sur certaines contraintes spécifiques. Ces échanges portaient sur des aspects techniques de l'étude et se déroulaient avec des clients disposant eux-mêmes de solides connaissances sur le sujet. Il était donc particulièrement enrichissant de confronter mes résultats avec ceux d'un interlocuteur techniquement compétent.

Ces échanges différaient fortement d'une présentation finale à un client, souvent non spécialiste, où l'objectif est plutôt de présenter les résultats en mettant en avant les avantages et les inconvénients plutôt que les détails techniques. Ici, les discussions portaient précisément sur ces détails afin que l'étude corresponde pleinement à leurs attentes. Dans ce type de situation, il est indispensable de posséder un bagage technique solide pour justifier les choix effectués et répondre à toutes les interrogations du client.

Pour résumer, les missions d'études de faisabilité énergies renouvelables m'ont surtout permis de développer des compétences techniques sur le dimensionnement de solutions telles que les systèmes de chauffage. J'ai eu l'opportunité d'être formé à la fois sur le fonctionnement de ces systèmes et sur la méthodologie à suivre pour la réalisation de ces études.

Bibliographie

Ministère de la Transition écologique. (n.d.). *Bâtim'GIE*. Consulté le 12 août 2025, sur <https://www.batimgie.fr/>

République Française. (2019). *Décret n°2019-771 du 23 juillet 2019 relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire*. *Journal officiel de la République française*. Consulté le 12 août 2025, sur <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000038812251>

Ministère de la Transition écologique. (n.d.). *Présentation et guide du décret BACS*. Consulté le 12 août 2025, sur <https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/presentation-et-guide-du-decret-bacs-a712.html>

Agence Qualité Construction. (n.d.). *Humidité dans la construction : 12 enseignements tirés du retour d'expérience*. Consulté le 12 août 2025, sur <https://qualiteconstruction.com/ressource/rex-batiments-performants/humidite-construction-12-enseignements/>

PRORÉNO. (n.d.). *VMC double flux en habitat individuel : conception, dimensionnement, installation, mise en service, entretien et maintenance*. Consulté le 12 août 2025, sur <https://www.proreno.fr/documents/vmc-double-flux-en-habitat-individuel-conception-et-dimensionnement-installation-et-mise-en-service-entretien-et-maintenance>

Xpair. (n.d.). *Plan de comptage de l'énergie : gestion énergétique des bâtiments tertiaires multisites*. Consulté le 12 août 2025, sur https://conseils.xpair.com/consulter_savoir_faire/gestion-energetique-batiments-tertiaires-multisites/plan-comptage-energie.htm

OPQIBI. (n.d.). *Fiche qualification 3700 – Audit énergétique de bâtiment (tertiaire, industrie et logement collectif)*. Consulté le 12 août 2025, sur <https://www.opqibi.com/fiche/3700>

Ministère de la Transition écologique. (2021). *Annexe – Méthode de calcul 3CL-DPE v1.3*. Consulté le 12 août 2025, sur https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/annexe_methode_de_calcul_3cl-dpe_v1.3.pdf



POLYTECH[®]
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Martin SAUTEJEAU

2024-2025

Ingénieur en maîtrise de l'énergie

Résumé : Ce rapport présente mon stage de fin d'études réalisé au sein du bureau d'études énergétiques BatiMgie, spécialisé dans la maîtrise de l'énergie et les énergies renouvelables. Pendant six mois, j'ai participé à des missions variées, allant de la réalisation d'un plan de mesurage pour quatre bâtiments publics, à des études de faisabilité en géothermie, bois-énergie et solaire thermique. J'ai également mené des diagnostics humidité, des études de ventilation et des calculs de déperditions thermiques. Ces projets m'ont permis de développer mon autonomie, mes compétences techniques et ma capacité à communiquer avec des interlocuteurs techniques et non techniques.

Summary : This report presents my final-year internship carried out at BatiMgie, an engineering consultancy specializing in energy management and renewable energies. Over six months, I contributed to a variety of projects, from developing a measurement plan for four public buildings to conducting feasibility studies in geothermal, biomass and solar thermal energy. I also worked on humidity diagnostics, ventilation system studies and thermal loss calculations. These projects enabled me to strengthen my autonomy, technical skills and ability to communicate with both technical and non-technical stakeholders. This internship provided me with a comprehensive understanding of energy challenges, from initial audits to proposing concrete solutions, and confirmed my ambition to pursue a career in energy engineering.

Mots Clés : Bureau d'études énergétiques / Energies renouvelables /
Maîtrise de l'énergie

BatiMgie : 16 Rue Cevert, 49000 Angers

Tuteur entreprise : Prune LEGUILLON, ingénieur d'études

Tuteur académique : Mindjid MAIZIA