
Rapport de stage individuel

5^{ème} année

Stage ingénieure thermicienne

ACCEO

18 Chemin des Cuers, Dardilly 69570



Tuteur entreprise :

Louis Charbonneaux
Ingénieur thermicien

Tuteur académique :

Sébastien Larribe

Anaëlle Pottier

Étudiante

IUT

2024-2025

Table des matières

Table des matières.....	2
Table des figures	3
Remerciements.....	4
Introduction	5
I- Présentation du groupe ACCEO	6
I.I Identification de la structure	6
I.II Organisation interne	7
I.III Valeurs et culture d’entreprise	8
I.IV Métiers.....	8
II - Missions du stage.....	9
III- Présentation de déroulé des missions	10
III. I Missions et leurs phases	10
III. I. 1 Projet de Plan Pluriannuel de Travaux (PPPT)	10
A - Périmètre d’application du PPPT	10
B - Critères d’échantillonnage	11
C - Déroulé des relevés	11
E - Retour sur expérience.....	22
III. I.2 Etude de Faisabilité Photovoltaïque (EFP)	23
A - Fonctionnement d’une centrale photovoltaïque	23
B - Relevés sur site	24
C - Détermination du meilleur scénario : autoconsommation ou revente	24
D - Outil Excel interne	25
E - Logiciel PVsyst (modélisation bâtiment et ombrages proches et nappes PV)	26
F - Retour sur expérience.....	28
III. I.3 Schéma Directeur Décret Tertiaire (SDDT).....	29
A - Réglementation	29
B- Outils et missions.....	30
V - Retour réflexif sur l’expérience	31
V.I Démarche et méthodes mises en oeuvre	31
V.II Analyse critique des résultats produits.....	31
V.III Propositions de pistes de changement.....	32
Conclusion.....	33
Annexes	35

Table des figures

Figure 1 : Organigramme ACCEO Lyon.....	7
Figure 2 : Périmètre d'application du PPPT	10
Figure 3 : Plan de rénovation national énergétique des bâtiments.....	11
Figure 4 : Méthode d'échantillonnage pour les relevés sur site	11
Figure 6 : Méthode de calcul des surfaces Aue et Aiu	12
Figure 7 : Détermination des masques proches balcons, auvent, loggias (à gauche) ou paroi latérale faisant obstacle au sud (à droite)	13
Figure 8 : Détermination des masques lointains homogène (à gauche) et non homogène (à droite)	14
Figure 9 : Exemple de ponts thermiques en copropriété	15
Figure 10 : Distribution bitube chandelle (à gauche) et parapluie (à droite).....	16
Figure 11 : Distribution monotube	16
Figure 12 : Distribution individuelle centralisée	17
Figure 13 : Vue générale d'une chaufferie avec ses différents composants.....	19
Figure 14 : Différents pathologies relevées : obligatoire : absence de cache de tableau électrique (à gauche), préventif : infiltrations d'eau en toiture (au centre), amélioration : présence de graffiti en façade (à droite)	21
Figure 15 : Principe général d'une centrale photovoltaïque	23
Figure 17 : Comparaison des différents scénarios de consommations	25
Figure 18 : Diagramme d'iso-ombrage de l'installation photovoltaïque	26
Figure 19 : Récapitulatif des résultats de l'étude de production d'électricité solaire	27
Figure 20 : Explication des Cabs ou Crelat en Décret Tertiaire	29
Figure 21 : 17 Objectifs de Développement Durable à l'échelle mondiale.....	33

Remerciements

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

Je remercie M. Romain PETIT pour la confiance accordée et l'opportunité de faire partie de son équipe de travail au sein de l'agence de Lyon durant ces 6 derniers mois.

Je remercie M Eliott VERDON et M Louis CHARBONNEAUX pour la bienveillance et pour l'encadrement durant ces 6 derniers mois.

Je remercie également l'ensemble des salariés, et notamment des ingénieurs thermiciens pour leur partage de connaissances, leur bienveillance et leur humour qui ont su rendre l'atmosphère de travail très agréable et me mettre en confiance.

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

Mes derniers remerciements vont à Sandrine et Julie pour leur accueil plus que chaleureux et leur bonne humeur.

Introduction

La rénovation énergétique s'impose aujourd'hui comme un levier essentiel dans la lutte mondiale contre le changement climatique. Face aux engagements internationaux, tels que l'Accord de Paris et les conférences annuelles des Parties (COP), les États se voient fixer des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre. Dans ce contexte, le secteur du bâtiment, qui représente une part significative de la consommation énergétique et des émissions à l'échelle nationale, est au cœur d'une transition énergétique rapide et profonde.

En France, cette dynamique s'inscrit dans un cadre réglementaire renforcé. La Programmation Pluriannuelle de l'Énergie (PPE) fixe les priorités nationales, tandis que la loi « Climat et Résilience », promulguée en 2021, structure les actions autour de cinq grands axes : consommation et alimentation, modes de production et de travail, déplacements, logement et artificialisation des sols, ainsi que la lutte contre l'écocide. Ce cadre législatif met particulièrement l'accent sur la rénovation des bâtiments afin d'éliminer les passoires énergétiques, en ciblant notamment la monopropriété. Par exemple, depuis 2025, les logements classés en énergie G sont interdits à la location, avec une extension progressive de cette interdiction aux classes F d'ici 2028 et E d'ici 2034.

Au-delà de ces mesures individuelles, la loi impose également la réalisation de Plans Pluriannuels de Travaux (PPPT) pour les copropriétés. Ce dispositif vise à garantir la cohérence des interventions avec les objectifs environnementaux fixés, tout en facilitant l'accès aux aides financières dédiées. Ces aides encouragent des rénovations globales plutôt que des actions ponctuelles, maximisant donc l'efficacité des travaux engagés. Parallèlement, le Décret Tertiaire impose des obligations similaires dans le secteur tertiaire, en instaurant des objectifs progressifs de réduction des consommations énergétiques pour les bâtiments de plus de 1000m².

Cependant, la réussite de ces projets ne se limite pas à leur dimension technique et réglementaire. Les contraintes locales d'urbanisme, définies notamment par les Plans Locaux d'Urbanisme (PLU) et la protection des zones patrimoniales, jouent un rôle déterminant. Elles peuvent restreindre certaines interventions ou imposer des exigences architecturales spécifiques. La réussite des rénovations dépend donc d'une coordination entre enjeux énergétiques, patrimoniaux et urbains, qui garantissent à la fois la faisabilité et la cohérence des projets dans leur environnement.

Cette dimension territoriale s'accompagne d'un enjeu social tout aussi important. Une part importante des logements collectifs est occupée par des populations aux moyens plus limités, et donc plus vulnérables face à la précarité énergétique. Pour ces occupants, la rénovation ne se résume pas à une amélioration technique, elle représente une opportunité d'amélioration des conditions de vie, de réduction des factures énergétiques, et de lutte contre les inégalités de confort et de santé.

C'est dans ce cadre pluridisciplinaire que s'inscrit ce rapport, qui tourne autour de l'étude de solutions de rénovation énergétique dans les secteurs résidentiels collectifs et tertiaires. À travers la présentation des missions réalisées, il s'agira de montrer comment les compétences techniques et réglementaires se conjuguent avec une approche territoriale et sociale, fidèle à la formation d'ingénieur environnement et urbaniste.

I- Présentation du groupe ACCEO

I.1 Identification de la structure

Le groupe ACCEO est créé le 2 juillet 2003 à Aubagne (13) par Stéphane DORE, avec une première division ascenseur nommée A2C (aujourd'hui ACCEO Ascenseur) traitant des problématiques du transport vertical (expertise, inspection, assistance à maîtrise d'ouvrage sur ascenseurs et sur toutes les installations du transport vertical).

En 2007, une séparation des activités d'inspection et de conception est nécessaire en vue du marché naissant du contrôle technique d'ascenseur, s'en suit alors la création de A9C (ACCEO Elévation) en mai 2007, suivi de A2CH en septembre de la même année pour l'accessibilité des personnes à mobilité réduite aux bâtiments existants (ACCEO Accessibilité).

En 2010, une nouvelle division énergie E2C (ACCEO Energie) voit le jour lors des discussions sur le Grenelle II et de la loi imposant un audit énergétique dans les bâtiments de logements collectifs, les établissements recevant du public (ERP) et les bâtiments tertiaires.

En 2017, le bureau d'études Expertises Solutions Amiante (ESA) rejoint ACCEO afin de créer la nouvelle division ACCEO Amiante.

En 2021, Jérôme SPENCER succède à Stéphane DORE au poste de Président Directeur Général d'ACCEO. La direction est ensuite divisée en une direction générale (financière, commerciale, ressources humaines) et une direction métier (ascenseur, énergie, amiante, élévation et accessibilité).

Le réseau ACCEO compte aujourd'hui 19 agences réparties sur le territoire métropolitain, avec un siège social à La Ciotat, et plus de 500 salariés.

Le bureau d'études est labellisé RGE (Reconnu Garant de l'Environnement), qui permet de valoriser le savoir-faire des professionnels du bâtiment (travaux de rénovation énergétique ou installation d'équipement EnR). Le label RGE dépend de l'activité de l'entreprise, avec différents labels selon les domaines de travaux ou d'études et est valable 4 ans.

Afin d'obtenir un ou plusieurs labels, l'entreprise doit disposer de référents techniques ayant suivi une formation spécifique et la qualification est valable pour un domaine d'études ou de travaux précis. De plus, le label RGE est indispensable pour que les clients puissent bénéficier des principales aides financières d'État, telles que Ma Prime Rénov', Éco Prêt à Taux Zéro. À cela s'ajoute la nécessité de posséder une régularité de situation administrative et sociale (SIRET, Attestation d'assurances en responsabilité civile, Attestation de l'URSSAF...), une régularité technique et humaine (preuves de maîtrise de connaissances, compétences en études, coordination de chantier, informations financières sur les derniers exercices comptables, respects des exigences de moyens matériels...), une régularité en qualité de travaux avec au minimum de 2 références de chantiers au cours des 4 dernières années dans l'activité désignée RGE, un relevé portants sur la sinistralité de l'entreprise au cours des 4 dernières années et enfin un critère de neutralité qui assure de l'indépendance de l'entreprise au regard des fournisseurs d'énergie et/ou de matériel.

Afin de s'assurer du respect des réglementations, des audits de chantier sont réalisés par des organismes de certification afin de sanctionner les manquements. Ces audits ont été renforcés par un arrêté, qui à partir du 1er septembre 2020 autorise les organismes de qualification d'effectuer des contrôles supplémentaires dès qu'une non-conformité majeure aura été relevée lors d'un contrôle ou si un signalement par un tiers a été réalisé. L'organisme de qualification pourra également choisir de façon aléatoire le ou les chantiers à auditer.

I.II Organisation interne

L'agence ACCEO Lyon est localisée à Dardilly et comporte :

- 1 Directeur d'Agence
- 11 Ingénieurs Thermiciens, 1 Chargé d'Etudes Bâtiment et Energie
- 3 Ingénieurs Conseil, et 1 alternante Ingénieur Conseil
- 3 Assistantes techniques (énergie, amiante et ascenseur, commerce)
- 1 secrétaire d'agence
- 1 Chargés d'Affaires Ascenseur, 1 Technicien de contrôle
- 1 Chef de Projet Amiante, 1 Technicien de contrôle

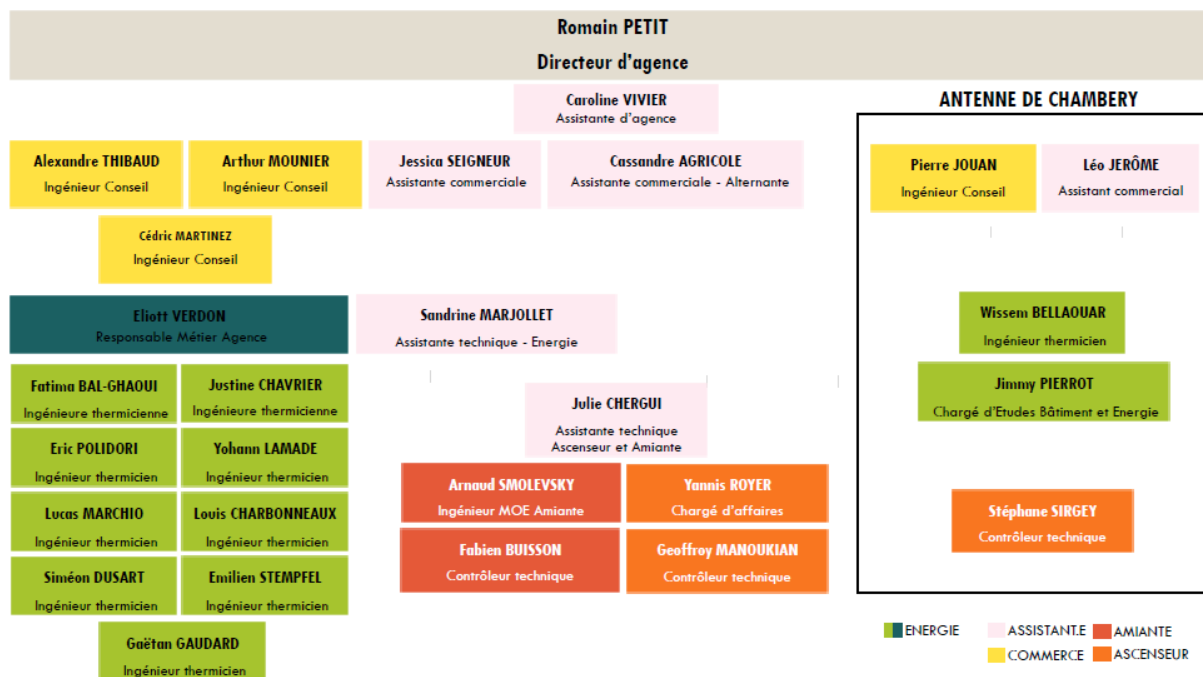


Figure 1 : Organigramme ACCEO Lyon, Source : Réalisation personnelle

I.III Valeurs et culture d'entreprise

ACCEO met en place une politique RSE axée sur l'égalité, l'inclusion et le bien-être de ses collaborateurs, en soutenant la diversité et l'égalité femmes-hommes. Elle valorise l'investissement personnel, l'innovation, la collaboration et propose des dispositifs de reconnaissance internes, comme l'actionnariat salarié et des congés supplémentaires. L'entreprise soutient également des causes sociales et humanitaires, ce qui lui a permis d'obtenir la certification Great Place to Work.

L'environnement est également au cœur de l'engagement d'ACCEO, avec une politique de préservation mise en place dès 2007 et validée par la certification ISO 14001. Des initiatives internes comme les "10 commandements verts" et le mouvement #BeeCause encouragent des pratiques écologiques, tandis qu'ACCEO applique des critères environnementaux dans ses missions, notamment dans les secteurs de l'accessibilité, de l'énergie et du transport vertical.

En matière d'éthique et de loyauté, ACCEO met un point d'honneur à respecter des principes d'indépendance et de déontologie. Tous les collaborateurs signent une charte garantissant l'intégrité et la confidentialité des missions. L'indépendance d'ACCEO est assurée par une structure capitalistique détenue en grande partie par ses salariés, et le respect de ces valeurs est crucial au sein de l'entreprise. La satisfaction client est primordiale pour ACCEO, qui mène des enquêtes régulières pour évaluer et améliorer la qualité de ses prestations.

I.IV Métiers

ACCEO est une entreprise spécialisée dans plusieurs domaines de l'ingénierie et du conseil technique, offrant des services variés en matière d'ascenseurs, d'accessibilité et de gestion énergétique.

Le pôle Ascenseurs intervient dans l'étude, l'installation et la maintenance des ascenseurs, des portes automatiques et des escaliers mécaniques. Les services incluent des diagnostics techniques, des analyses de performance, des études de faisabilité, et une assistance à maîtrise d'œuvre pour garantir la sécurité, l'optimisation des coûts et la conformité des installations.

Le pôle Accessibilité se concentre sur l'adaptation des bâtiments et de la voirie pour les personnes en situation de handicap, avec des services allant de la création de plans d'accessibilité à l'accompagnement dans les démarches administratives, en passant par des formations et la mise en conformité des établissements recevant du public (ERP).

Le pôle Amiante se spécialise dans la gestion des risques liés à l'amiante, offrant des services de due diligence, des expertises stratégiques et une assistance à maîtrise d'ouvrage pour sécuriser les projets de construction ou de rénovation en garantissant le respect des normes sanitaires et environnementales.

Enfin, le pôle énergétique, qui est au cœur de mon stage et la plus grosse unité, se divise en deux branches :

L'efficacité énergétique, qui propose des audits et des études de faisabilité sur la performance énergétique des bâtiments, notamment avec des services comme les audits énergétiques, les diagnostics techniques globaux, et le suivi de la réglementation (Décret Tertiaire, DPE, etc.) = ingénieur thermicien. Le génie climatique, qui couvre la gestion des systèmes de chauffage, le suivi des installations et la renégociation des contrats d'exploitation d'énergie, avec des expertises techniques sur des installations spécifiques comme les chaudières et les répartiteurs de chauffage = ingénieur CVC.

II - Missions du stage

Les missions sont les suivantes :

- Etudes énergétiques du patrimoine bâti au sein des secteurs résidentiels collectif (copropriétés, résidences sociales) et tertiaire (centre hospitaliers, complexes hôteliers, bâtiments de bureaux).
- Audits énergétiques (état des lieux, bilan énergétique, préconisations, chiffrage)
- Audit global et Architectural et Diagnostic Technique Global (DTG)
- Schémas Directeur Décret Tertiaire
- Projet de Plan Pluriannuel de Travaux
- Etudes de faisabilité de solutions "énergies renouvelables" (solaire thermique et photovoltaïque)
- Réalisation de simulations numériques : STD, STSh
- Etudes réglementaires : DPE Collectif et RT2005 THCEex

III- Présentation de déroulé des missions

Les missions confiées durant le stage s'orientent autour de 3 axes principaux. Le premier étant la réalisation de Projet de Plan Pluriannuel de Travaux (PPPT), le second portant sur une étude de faisabilité photovoltaïque (EFP), et le dernier lié au Schéma Directeur Décret Tertiaire (SDDT).

III. I Missions et leurs phases

III. I. 1 Projet de Plan Pluriannuel de Travaux (PPPT)

Le **Projet de Plan Pluriannuel de Travaux (PPPT)** se décompose en deux parties : un **Diagnostic de Performance Énergétique (DPE)** collectif et un **Diagnostic Technique Global (DTG)**. Le but de cette intervention est de présenter l'ensemble des travaux nécessaires pour préserver le bâtiment ainsi que la santé et la sécurité des occupants, tout en veillant à réduire les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre (GES).

Les travaux préconisés génèrent des économies d'énergie qui sont calculées puis classées selon leur pertinence et leur coût d'intervention estimé dans les rapports envoyés aux commanditaires.

A - Périmètre d'application du PPPT

L'assujettissement des copropriétés (partiellement ou totalement constituées de logements) au PPPT est obligatoire dès lors que le permis de construire a été délivré il y a plus de 15 ans. Elles sont, depuis le 1er janvier 2025, toutes assujetties au PPPT peu importe leur nombre de lots. La réalisation du PPPT est imposée par la loi "Climat et Résilience" mais n'oblige en aucun cas les copropriétaires à réaliser les travaux préconisés.



Figure 2 : Périmètre d'application du PPPT, Source : Support formation interne

Le PPPT s'inscrit dans la stratégie nationale de **rénovation énergétique des bâtiments**, qui vise la neutralité carbone à l'horizon 2050. Alors que le plan national cherche à massifier les rénovations et à éradiquer les passoires thermiques, le PPPT constitue l'outil opérationnel permettant de traduire ces objectifs à l'échelle locale, copropriété par copropriété. La stratégie nationale fixe ainsi le cadre politique et réglementaire (obligations, dispositifs d'aide), tandis que le PPPT apporte la déclinaison technique et financière nécessaire pour engager des travaux conformes aux trajectoires nationales.

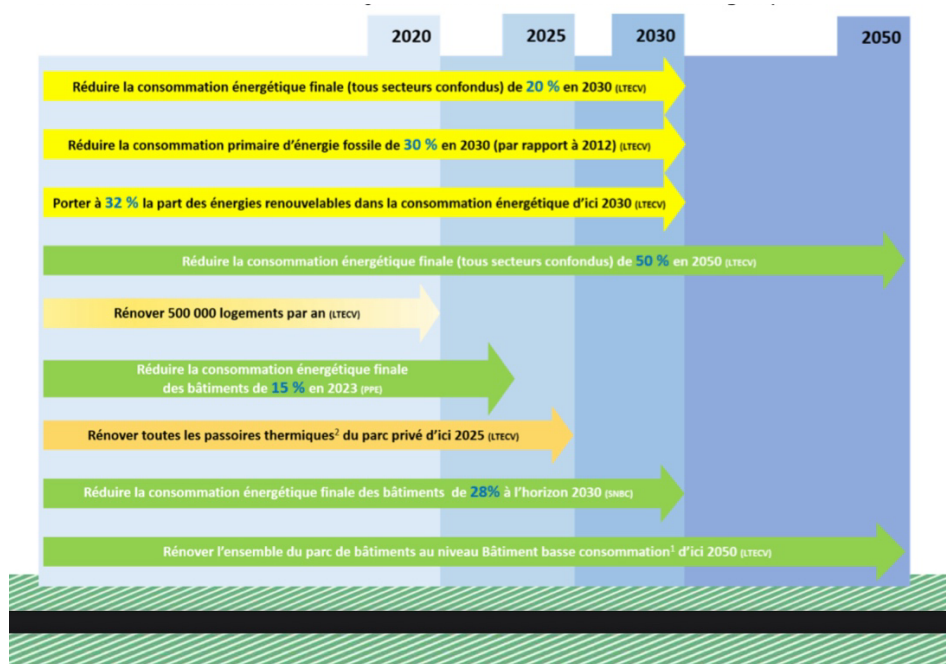


Figure 3 : Plan de rénovation nationale énergétique des bâtiments , Source : Ecologie.gouv

B - Critères d'échantillonnage

Afin de récolter les données nécessaires pour la réalisation du DPE collectif réalisé lors du PPPT, les relevés sur site sont basés sur la méthode **d'échantillonnage** suivante.

Nombre de logements à visiter obligatoirement en fonction du nombre de logements dans chaque bâtiment	
Règles communes à tous les bâtiments	• 1 logement de chaque typologie (T1, T2, T3, ...) • 1 logement sur chaque type de plancher bas (sous-sol, vide sanitaire, terre-plein, ...) • 1 logement en étage intermédiaire • 1 logement sous chaque type de plancher haut (combles perdus, toiture terrasse, combles aménagés, ...).
De 31 à 100 logements	• $\geq 10\%$ du nombre total d'appartements de l'immeuble ;
Plus de 100 logements	• au minimum 10 logements et $\geq 5\%$ du nombre total d'appartements de l'immeuble.

Figure 4 : Méthode d'échantillonnage pour les relevés sur site, Source : Support formation interne

C - Déroulé des relevés

Le DPE collectif est réalisé selon les relevés sur site des ingénieurs thermiciens. Dans chacun des logements visités sont relevées les caractéristiques des **menuiseries**, des **parois**, de la **ventilation**, de la **production d'eau chaude sanitaire (ECS)**, de **chauffage** et de **refroidissement** ainsi que le type de **distribution** (monotube, bitube, individuelle centralisée).

La préparation de ces visites commence en amont par une phase d'identification des lots et des surfaces, généralement à partir du règlement de copropriété. Lorsque ces informations ne sont pas disponibles, elles sont demandées directement au locataire ou au propriétaire, avec exigence d'une preuve écrite pour confirmer leur exactitude. Dans le même temps, l'année de construction du bâtiment est déterminée, toujours en consultant le règlement de copropriété, ce qui permet d'estimer le niveau d'isolation global selon la réglementation thermique en vigueur à l'époque. Si la date de construction n'est pas précisée, il est possible de recourir à d'autres méthodes, comme la consultation du site de l'Observatoire National des Bâtiments (ONB) ou la demande d'informations directement au propriétaire, en particulier lorsqu'il occupe le logement depuis l'origine.

La visite sur site permet ensuite de compléter et d'affiner les informations recueillies. Elle commence par les caractéristiques des parois (murs, planchers bas, toitures) : composition, isolant, doublage, surface et type d'espace adjacent (garage, local chauffé, extérieur...). Ces données permettent de calculer divers coefficients, dont le **coefficient b**, qui qualifie l'exposition d'une paroi à un espace tampon (variant de 0 pour un local chauffé à 1 pour un contact direct avec l'extérieur).

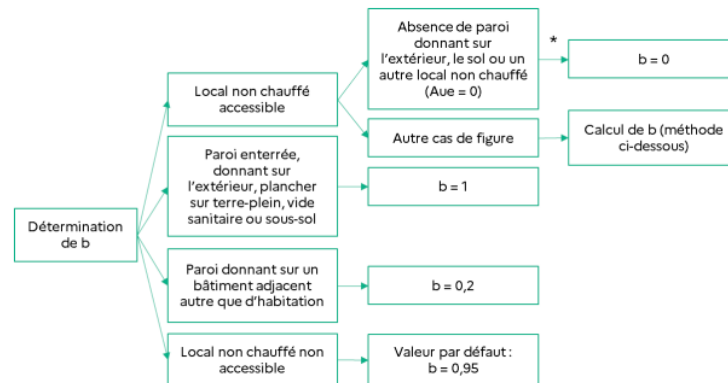


Figure 5 : Méthode de calcul du coefficient b, Source : Guide du diagnostiqueur DPE

Le calcul des surfaces des parois non chauffées (ex : cage d'escaliers) est régi par deux éléments : **Aiu** (m²) et **Aue** (m²).

La variable Aiu est la **surface des parois séparant l'espace non chauffé des espaces chauffés**.

La variable Aue est la **surface des parois séparant l'espace non chauffé de l'extérieur ou du sol** (paroi enterrée, terre-plein).



Figure 6 : Méthode de calcul des surfaces Aue et Aiu, Source : Guide du diagnostiqueur DPE

Concernant les fenêtres, portes-fenêtres et portes donnant sur l'extérieur ou sur des locaux non chauffés, les menuiseries sont classées par « **motifs** », c'est-à-dire par groupes d'éléments présentant les mêmes dimensions. Ces motifs sont définis pour l'ensemble du bâtiment. Lors des visites d'appartements, chaque menuiserie est mesurée et rattachée au motif correspondant. Les informations relevées pour chaque menuiserie comprennent :

- Ses **dimensions** (hauteur et largeur)
- **Épaisseur** du **vitrage** et de la **lame d'air**, mesurées à l'aide d'un vitromètre
- **Matériau** constituant (bois, PVC, aluminium)
- Présence de soubassement
- **Protections solaires** associées (volets, jalousies, absence de protection solaire)

L'ensemble de ces données permet de calculer le **coefficient de transmission thermique de la fenêtre**, noté **U_w** (en $W/(m^2.K)$). Celui-ci correspond à la valeur moyenne des coefficients de transmission thermique des différentes parties de la menuiserie, pondérée en fonction de leurs surfaces respectives, à laquelle s'ajoutent les déperditions linéiques au niveau des rives des vitrages et des panneaux. Le coefficient de transmission thermique de la fenêtre s'exprime de la façon suivante :

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + A_p U_p + A_r U_r + l_g \psi_g + l_p \psi_p}{A_g + A_f + A_p + A_r}$$

où :

- U_g = coefficient de transmission thermique du vitrage (en $W/(m^2.K)$)
- A_g = surface du vitrage (en m^2)
- U_f = coefficient de transmission thermique de l'encadrement (en $W/(m^2.K)$)
- A_f = surface de l'encadrement (en m^2)
- U_p = coefficient de transmission thermique du panneau (en $W/(m^2.K)$)
- A_p = surface du panneau en m^2)
- U_r = coefficient de transmission thermique de la grille de ventilation (en $W/(m^2.K)$)
- A_r = surface de la grille de ventilation (en m^2)
- ψ_g = coefficient de transmission thermique linéique de l'intercalaire autour du vitrage (en $W/(m^2.K)$)
- l_g = périmètre visible du vitrage (en m)
- ψ_p = coefficient de transmission thermique linéique autour du panneau (en $W/(m^2.K)$)
- l_p = périmètre visible du panneau (en m)

Ce coefficient est calculé automatiquement par le logiciel LICIEL dans lequel les données sont rentrées. Le calcul DPE 3CL prend en compte plusieurs paramètres liés à l'exposition et aux obstacles solaires avec notamment l'orientation de la paroi des menuiseries rentrées, les masques proches et lointains.

Les **masques proches** peuvent être des balcons, auvent ou loggias, et il s'agit dans ce cas de mesurer l'avancée de l'élément par rapport à la menuiserie (dès lors que l'on dépasse 1m). Il peut également s'agir d'une paroi latérale, qui constitue un obstacle au sud (ou non), en calculant l'angle formé entre la baie et la paroi latérale concernée.

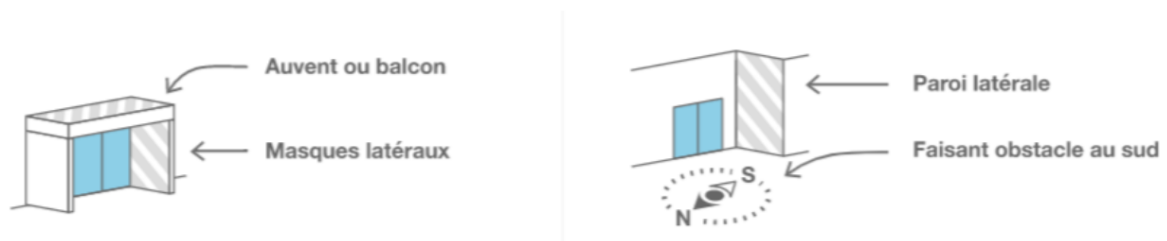


Figure 7 : Détermination des masques proches balcons, auvent, loggias (à gauche) ou paroi latérale faisant obstacle au sud (à droite), Source : CapRenov

Les **masques lointains** s'appliquent à une façade entière et peuvent être de deux catégories :

- **Homogène** : obstacle à hauteur constante, l'angle est alors calculé entre la menuiserie centrale de la paroi et la hauteur du masque solaire
- **Non homogène** : les obstacles de différentes hauteurs sont divisés en quatre parties, pour chacune d'entre elles on détermine la hauteur moyenne des obstacles avant d'évaluer l'angle de celle-ci avec le centre de la menuiserie concernée.

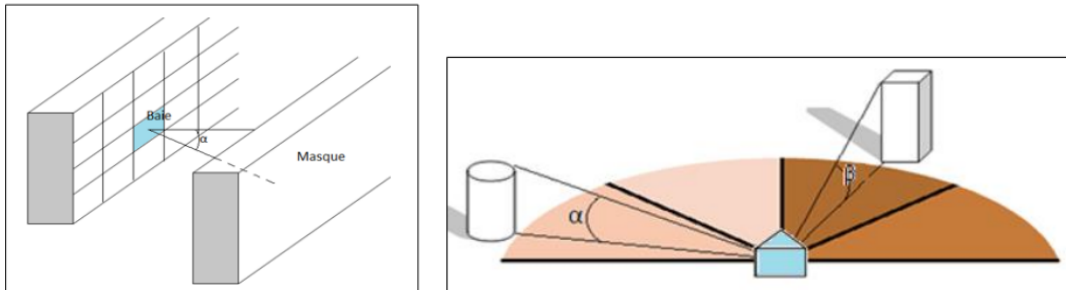


Figure 8 : Détermination des masques lointains homogène (à gauche) et non homogène (à droite), Source : Guide du diagnostiqueur DPE

L'ensemble de cette méthodologie appliquée à l'enveloppe du bâtiment a pour objectif de calculer le **GV, indicateur de performance thermique de l'enveloppe**. Ce paramètre représente les déperditions thermiques globales du bâtiment, exprimées en W/K, c'est-à-dire la quantité de chaleur perdue pour un écart de température d'un degré entre l'intérieur et l'extérieur.

Le GV (en W/K) correspond à la somme des déperditions par les parois (murs, plafonds, planchers, menuiseries) ainsi qu'aux pertes dues aux ponts thermiques (PT en W/K) et au renouvellement d'air (DR en W/K) :

$$GV = DP_{murs} + DP_{plafonds} + DP_{planchers} + DP_{menuiseries} + PT + DR$$

Chaque terme DP (déperditions par un type de paroi) se calcule selon la formule suivante (en W/K) :

$$DP = b_1 \times S_1 \times U_1 + \dots + b_x \times S_x \times U_x$$

où :

b : coefficient de réduction des déperditions pour la paroi considérée

S : surface de la paroi déperditive (en m²)

U : coefficient de transmission thermique surfacique (en W/m²·K).

De même que pour le coefficient U_w , les déperditions sont calculées automatiquement par LICIEL à la suite des données entrées.

Les **ponts thermiques** sont les dernières données à rentrer sur l'enveloppe du bâtiment. Ils correspondent à des ruptures ponctuelles ou linéaires sur l'enveloppe du bâtiment influant sur la résistance thermique globale de celle-ci. Il convient d'être vigilant sur les différents types de ponts thermiques observables : liaison plancher bas/ mur, liaison plancher intermédiaire/mur, liaison plancher haut/mur, refend/mur, menuiseries/murs.

Ponts thermiques

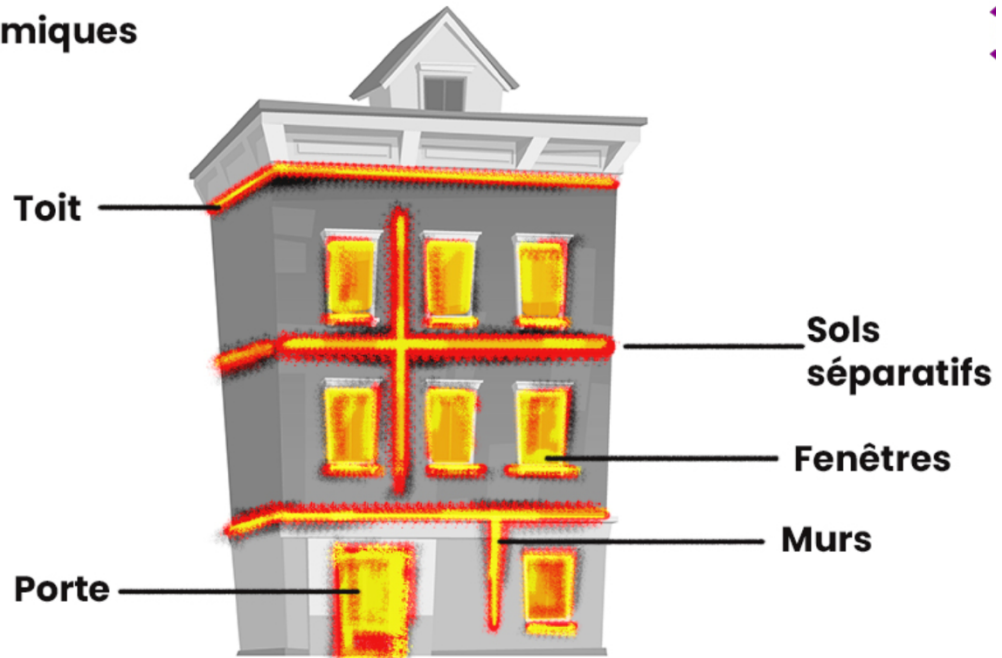


Figure 9 : Exemple de ponts thermiques en copropriété, Source : clotures-grillages.com

Le mode de **renouvellement d'air** est ensuite observé afin d'identifier s'il s'agit :

- D'une **ventilation naturelle** (par entrées d'air hautes et basses), exploitant la différence de pression et de température entre l'intérieur du logement et l'extérieur.
- Par **conduits collectifs**, système utilisant des conduits verticaux communs à plusieurs logements afin d'extraire l'air vicié par effet de tirage naturel.
- D'une ventilation mécanique contrôlée (**VMC**)
 - **Autoréglable**, avec des débits d'air constants et réglés par des bouches d'extraction, indépendamment du taux d'humidité ou des conditions climatiques
 - **Hygroréglable**, avec des débits d'air variant en fonction du taux d'humidité mesuré dans les pièces grâce à des bouches d'extraction/entrées d'air équipées de capteur hygro sensibles.

À la suite de celà, les émetteurs présents sont recensés : convecteurs, radiateurs à inertie, panneaux rayonnants, émetteurs à eau chaude, ou systèmes split. L'inventaire porte également sur les systèmes de production d'énergie : pour l'ECS, la production peut être individuelle (cumulus électrique ou chaudière) ou collective ; pour la climatisation, individuelle (électricité ou gaz) ou collective et pour le chauffage, individuelle (chaudière ou électricité) ou collective avec le type de distribution associée :

- Distribution **bitube** : composée de deux circuits, un premier amenant l'eau de chauffe depuis la chaudière jusqu'aux radiateurs, et le second récupérant l'eau en sortie de radiateurs pour l'acheminer de nouveau jusqu'à la chaudière afin que celle-ci soit chauffée à nouveau puis retourne dans le circuit de distribution.
 - **Chandelle** : Le départ est en sous-sol avec un réseau est constitué de plusieurs colonnes montantes par appartement selon les pièces chauffées.
 - **Parapluie** : Fonctionne selon le même principe que le réseau avec un départ en combles, donc une distribution en "descente".

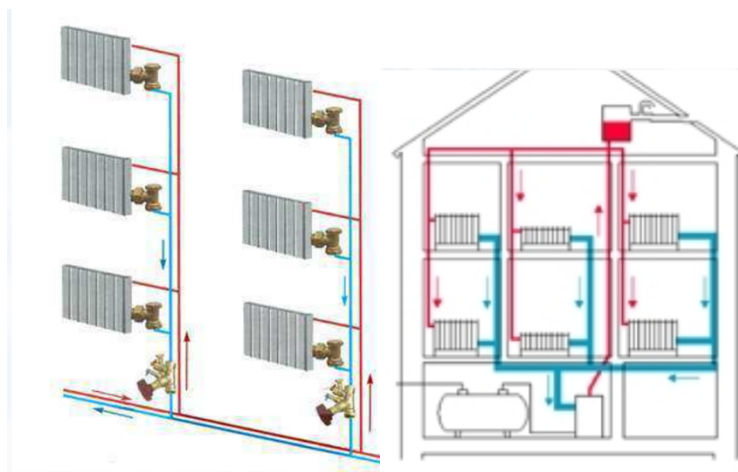


Figure 10 : Distribution bitube chandelle (à gauche) et parapluie (à droite), Source : Support formation interne

- Distribution **monotube** : composée d'un seul circuit avec des radiateurs branchés en série ce qui crée des différences de température entre les radiateurs selon les étages. Cette distribution est visible par colonne montante mais avec un seul branchement par appartement et une liaison unique entre les radiateurs. Ainsi, si un radiateur est coupé, tous les suivants ne seront plus alimentés.

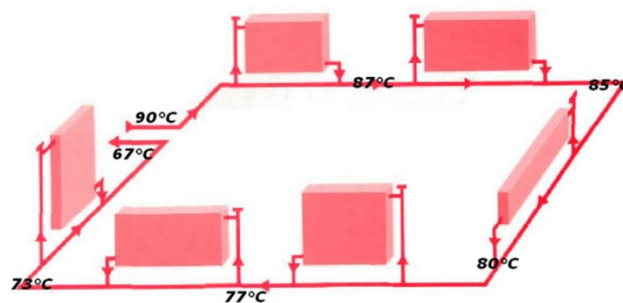


Figure 11 : Distribution monotube, Source : Support formation interne

- Distribution **individuelle centralisée** : Constitué d'une ou plusieurs colonnes montantes avec un seul point de départ par appartement. Chaque radiateur d'appartement est relié au même endroit.

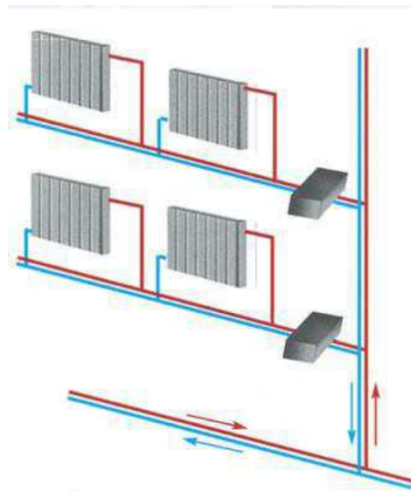
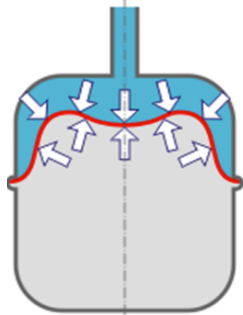
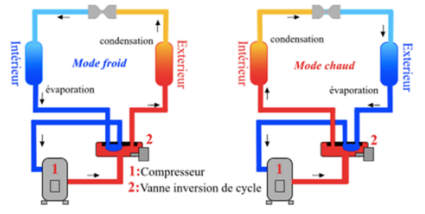
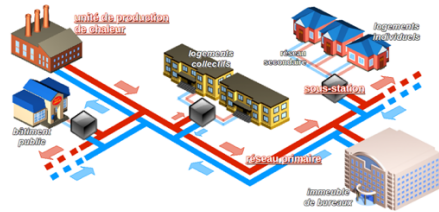


Figure 12 : Distribution individuelle centralisée, Source : Support formation interne

En cas de chauffage et/ou production d'ECS collective et/ou système de ventilation collectif, l'accès en chaufferie, locaux techniques ou combles perdus est obligatoire afin de permettre de relever les caractéristiques des équipements collectifs. Lors d'une visite de chaufferie, les principaux éléments à identifier sont les suivants :¹

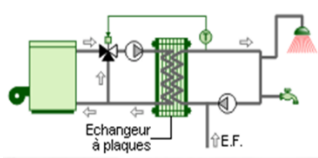
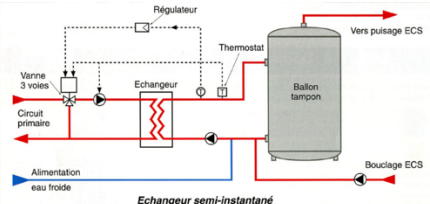
Circulateurs	Faire circuler l'eau chauffée dans les tuyauteries depuis la chaufferie jusqu'aux étages.	
Vase d'expansion	Maintenir un équilibre de pression dans le réseau de chauffage en gérant la dilatation de l'eau	
Brûleur	Dispositif transportant le combustible dans la chambre de combustion, en le mélangeant pendant son transport à un comburant.	

¹ Les illustrations sont tirées de supports de formation interne

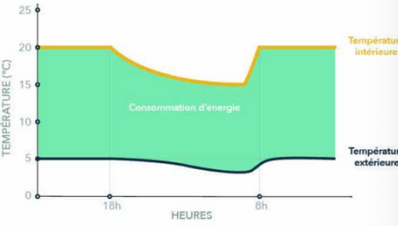
Générateur collectif	Corps de chauffe dans lequel le combustible est amené grâce au brûleur puis dans lequel le combustible est brûlé pour chauffer l'eau.	
Systèmes thermodynamiques	Puisent l'énergie dans un milieu ambiant (eau, air, sol) afin de la restituer sous forme de chaleur dans le système de chauffage auquel ils sont reliés.	
Sous station* de réseau de chaleur	Échangeur qui récupère les calories du réseau de distribution primaire afin de les distribuer dans le réseau de distribution secondaire de la copropriété	

*Une sous station est un local comprenant les appareils assurant, soit par mélange, soit par échange, le transfert de chaleur d'un réseau primaire (distribution) à un réseau secondaire (utilisation). Les sous-stations ne sont pas spécifiques au réseau de chaleur et peuvent aussi se trouver dans des cas où une chaufferie dessert plusieurs bâtiments.

Production Eau Chaude Sanitaire

Instantanée	Fonctionnement avec un échangeur qui récupère les calories de la chaudière, vient chauffer l'eau et l'envoie directement aux logements.	
Accumulation	Fonctionnement avec échangeur + ballon de stockage ou préparateur seul (avec échangeur intégré). Permet de récupérer les calories afin de les stocker dans un ballon.	

Régulation

Loi d'eau	Détermine la température d'eau dans les émetteurs en fonction de la température extérieure	
Intermittence ²	Programme un système de chauffage en assignant des changements de consignes de chauffage à des périodes données avec ou sans minimum de température	 BATIMENT AVEC INTERMITTENCE DU CHAUFFAGE

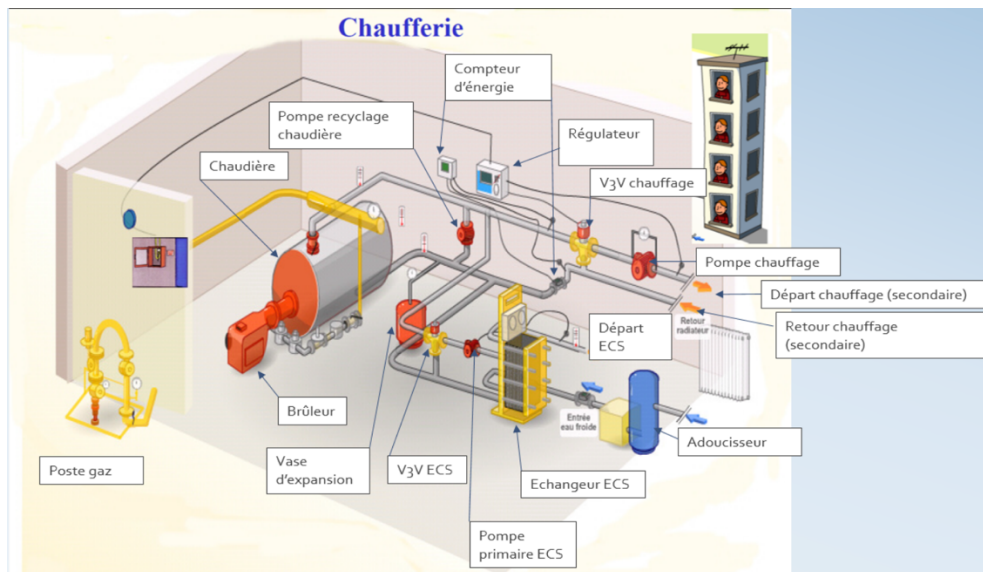


Figure 13 : Vue générale d'une chaufferie avec ses différents composants, Source : Support formation interne

² Source de l'illustration : Deepki.com

À la suite de ces relevés, les données sont transférées au logiciel de calcul LICIEL, suivant la méthode DPE 3CL, afin d'attribuer une étiquette énergétique au bâtiment. Le logiciel permet le calcul de la consommation d'énergie primaire en kWh/m².an et les émissions de gaz à effet de serre en kgCO₂eq/m².an. L'étiquette énergétique (A à G) du bâtiment est déterminée selon la plus mauvaise performance entre sa consommation d'énergie et ses émissions de gaz à effet de serre.

La méthode de calcul DPE 3CL (Calcul des Consommations Conventionnelles des Logements) est basée sur un scénario d'utilisation conventionnelle, différent du scénario d'utilisation réelle (météo, horaires d'occupation, température de consigne, température homogène dans toutes les zones du bien, apports internes...). Ce scénario d'utilisation conventionnelle est calculé pour **5 usages : chauffage, eau chaude sanitaire, refroidissement, éclairage et auxiliaires de distribution** et se base sur les hypothèses suivantes :

- Chauffage : toute la surface de référence (surface habitable) de l'immeuble est considérée comme chauffée pendant la période de chauffe. Le chauffage est considéré en marche dès lors que la température extérieure est inférieure à 19°C, sauf en journée de semaine, où le logement est considéré comme inoccupé avec un réduit à 16°C. De plus, le logement est considéré vacant pendant 1 semaine au mois de décembre.
- ECS : le puisage ECS est directement lié à la surface du logement puisqu'elle permet de déterminer un nombre d'occupant moyen. La méthode considère en moyenne 56L/occupant, à 40°C ou 79L/occupant pour un comportement dépensier. Une semaine d'absence est aussi supposée en décembre.
- Refroidissement : le calcul est réalisé seulement si le logement est équipé d'un équipement fixe permettant de refroidir lorsque la température intérieure excède 28°C.
- Auxiliaires de génération, de distribution et de ventilation : calcul à partir du temps de fonctionnement et de la description des équipements.
- Eclairage : valeur conventionnelle qui correspond à une installation assez performante (une installation tout LED consomme un peu moins, une installation toute incandescence consomme beaucoup plus).

Cette méthode possède cependant ses limites puisqu'elle repose sur des hypothèses standardisées concernant les caractéristiques du bâtiment et les usages énergétiques, ne reflétant pas toujours la réalité du logement ni les comportements des occupants (température de chauffage choisie, les heures d'occupation ou les pratiques d'aération...). Cette approche peut donc engendrer un écart significatif entre la consommation estimée et la consommation réelle. De plus, les données relatives aux caractéristiques du bâtiment, comme les matériaux utilisés, l'épaisseur des isolants, peuvent être imprécises ou incomplètes, notamment pour les bâtiments anciens, ce qui affecte la fiabilité des résultats. Enfin, la méthode ne considère pas la consommation des appareils électroménagers, un poste qui peut pourtant représenter une part de la consommation énergétique globale. Ces limites doivent donc être prises en compte lors de l'interprétation des résultats d'un DPE.

Une fois l'état initial du bâtiment établi, deux plans de travaux énergétiques sont proposés.

Le **premier plan de rénovation énergétique est d'ordre collectif** et doit permettre de pouvoir prétendre aux aides Ma Prime Renov Copro (ou MPR Copro) et ainsi contribuer à l'atteinte des paliers de 35% ou 50% d'économies d'énergie (en consommation d'énergie primaire) par rapport à l'état initial. Dans le cas où il n'est pas possible d'atteindre un de ces paliers, un plan d'aide nommé Optimal ACCEO recense les travaux énergétiques primordiaux à réaliser, sans que celui-ci ne soit éligible à l'aide MPR Copro.

Le **second plan de travaux énergétique proposé permet, le plus souvent, de préconiser des travaux d'ordre individuels** (changement des chaudières individuelles, émetteurs individuels...). Le but est de faire atteindre une étiquette basse consommation à la résidence, donc d'atteindre les étiquettes énergétiques A ou B. Ce plan est obligatoire à proposer, cependant, il existe des dérogations dans les cas où certaines installations ne sont pas techniquement possibles et donc ne permettent pas de passer en étiquette A ou B. La proposition de ces deux plans de rénovations énergétiques marque la fin de la partie DPE collectif.

Le **DTG** est une étude technique des parties communes du bâtiment, permettant l'analyse de l'état apparent des parties communes et des équipements communs de l'immeuble ainsi qu'un budget prévisionnel des travaux nécessaires à la bonne conservation de l'immeuble dans les dix prochaines années. Ce diagnostic est réalisé en même temps que les relevés DPE collectif et centré autour de l'état des façades (revêtement extérieur, menuiseries, balcons), parties communes (hall, ascenseurs, chaufferies, caves, locaux vélos...), équipements communs (chaudières, ventilation), toiture, espaces extérieurs (cours, terrasses, jardins, limites de copropriété).

Les pathologies relevées sont classées par ordre de priorité :

- **Obligatoire** : à traiter dans les plus brefs délais car concerne la sécurité des occupants de l'immeuble.
- **Préventif** : à traiter dans les 1 à 5 ans pour les pathologies qui peuvent évoluer et provoquer des dégâts plus importants.
- **Amélioration** : à traiter dans les 5 à 10 ans pour les pathologies visuelles qui ne présentent pas de risque à l'avenir.



Figure 14 : Différents pathologies relevées : obligatoire : absence de cache de tableau électrique (à gauche), préventif : infiltrations d'eau en toiture (au centre), amélioration : présence de graffiti en façade (à droite), Source : Relevés PPPT

Une fois le DPE collectif et le DTG réalisés, les résultats sont condensés dans un rapport regroupant les différents plans de travaux proposés (mentionnés précédemment). Les rapports de PPPT d'ACCEO comprennent trois différents plans pluriannuels :

- **Pérennité patrimoniale** : travaux assurant la pérennité du bâtiment en dehors de tous travaux énergétiques. Recense et chiffre tous les éléments du DTG à améliorer.
- **Plan de travaux énergétiques pertinents** : plan de travaux énergétiques collectifs réunissant les travaux les plus pertinents, rentables et adaptés aux copropriétés. Ce plan peut être éligible aux aides Ma Prime Rénov' Copro et aux primes de sorties de passoire énergétique. Prend en compte les travaux du DTG du plan précédent.
- **Plan de travaux énergétiques ambitieux** : plan de travaux énergétiques permettant d'atteindre la lettre énergétique A ou B. Prend également en compte les travaux du DTG préconisé en "Pérennité patrimoniale".

Les coûts des travaux de rénovation énergétique, et donc des plans, varient amplement d'un projet à l'autre puisque cela dépend de l'état général du bâtiment et du type de travaux énergétiques faisables et/ou voulus par les copropriétaires.

Ce rapport est ensuite transmis au gestionnaire de copropriété, qui est chargé de le transmettre aux différents copropriétaires et d'organiser une restitution (si désirée par les copropriétaires ou conseil syndical) lors d'une assemblée générale ou d'une réunion de conseil syndical afin de discuter de la possible réalisation des travaux énergétiques préconisés.

Au-delà des aspects purement techniques du diagnostic et du chiffrage des travaux, le PPPT met en lumière l'enjeu social qu'est la précarité énergétique. Chaque choix technique ayant une implication directe sur le budget des ménages et le confort de vie des résidents, la réussite du projet dépend donc autant de la pertinence du calcul thermique que de la capacité à proposer un plan de travaux acceptable et finançable et viable pour la copropriété.

E - Retour sur expérience

La réalisation de Plan de Projet Pluriannuel de Travaux permet un apprentissage sur les plans du génie thermique et climatique.

Comme expliqué précédemment, le génie climatique couvre globalement la gestion des systèmes de chauffage, avec expertise technique sur les différents composants. Dans le cadre de visite de chaufferie pour des bâtiments à chauffage collectif, il est nécessaire de savoir identifier les différents composants et leur rôle pour ensuite être en mesure de formuler des préconisations adaptées et efficaces. Cela dit, certaines difficultés persistent, notamment en ce qui concerne la compréhension globale du fonctionnement des réseaux de chauffage. Il reste nécessaire de mieux appréhender comment la chaleur est distribuée et acheminée jusqu'aux appartements, ainsi que les solutions techniques possibles pour optimiser cette distribution, en particulier au niveau des systèmes de régulation. Ces aspects sont complexes et demandent encore un travail approfondi pour gagner en maîtrise et en confiance.

Par ailleurs, la réalisation d'un exercice de dimensionnement de générateur de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire (ECS) a permis de mettre en pratique des notions théoriques. Cet exercice a renforcé la compréhension des besoins énergétiques des bâtiments ainsi que des critères à prendre en compte pour choisir des équipements adaptés.

Puisque la réalisation d'un PPPT est assez répétitive, il a été plus facile de prendre en main les outils et de développer des habitudes pour les projets suivants. Cela a également permis de gagner en aisance sociale, facilitant les échanges et les discussions avec les personnes rencontrées sur place (copropriétaires, locataires, gestionnaires...)

III. 1.2 Etude de Faisabilité Photovoltaïque (EFP)

Une étude de faisabilité photovoltaïque a pour but de proposer différentes solutions chiffrées relatives à l'utilisation d'une toiture pour la production d'énergie renouvelable. Le site d'étude détaillé par la suite se trouve dans une résidence à Villeurbanne, dans le département du Rhône. La réalisation de l'étude se fait par le biais du logiciel PVSyst.

A - Fonctionnement d'une centrale photovoltaïque

Une centrale photovoltaïque se compose de différents éléments :

- **Panneau photovoltaïque** : créer de l'électricité à partir de l'effet photo-électrique
- **MPPT** : Maximum Power Point Tracking qui ajuste la tension et le courant d'une installation photovoltaïque afin d'en maximiser sa production.
- **Onduleur** : permet le passage du courant continu envers un courant alternatif (réseau)
- Tableau électrique
- Compteurs de production et de consommation
- Récepteurs

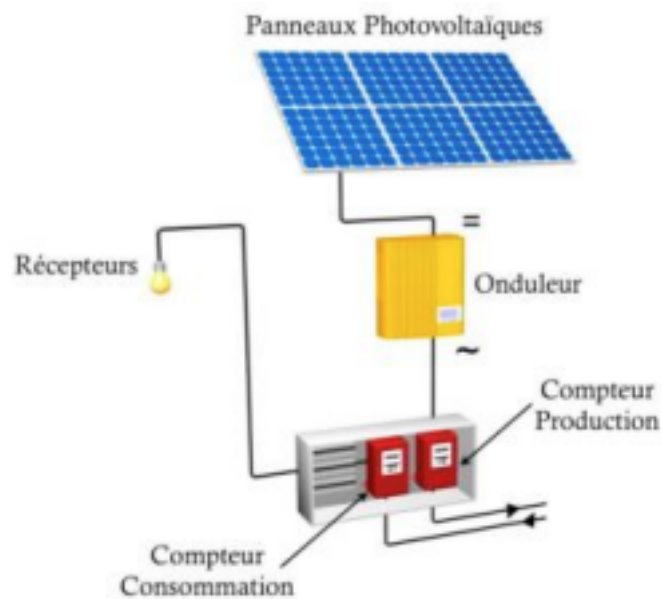


Figure 15 : Principe général d'une centrale photovoltaïque, Source : Support formation interne

B - Relevés sur site

La première étape d'une EFP est le relevé sur site qui permet d'identifier les ombrages proches et/ou lointains au bâtiment, les zones susceptibles d'accueillir des panneaux photovoltaïques, les différentes caractéristiques de la toiture ainsi que le local **TGBT** (Tableau Général Basse Tension).

Les **masques lointains** correspondent généralement au relief environnant au bâtiment et qui projette une ombre sur l'ensemble de la toiture. Ils doivent être relevés à l'aide d'une boussole inclinomètre.

Pour ce qui est des **masques proches**, ils ne projettent qu'une partie d'ombre en toiture et correspondent aux arbres et bâtiments alentour, ainsi que des éléments pouvant être présents en toiture (cheminée, antennes, skydômes...) Ils doivent être relevés et mesurés sur place avant d'être modélisés sur le logiciel PVSyst.

Dans le cas où les plans des toitures ne sont pas fournis, il est nécessaire d'effectuer toutes les mesures sur place (dimensions, inclinaison, éléments présents).

Enfin, la dernière étape consiste à regarder au sein du local TGBT et/ou placards électriques et de déterminer s'il est possible de mettre en place des disjoncteurs, compteurs d'énergie et câbles électriques pour les raccorder à la toiture.

C - Détermination du meilleur scénario : autoconsommation ou revente

Au regard de la PPE-3 encore en discussion, les enjeux du photovoltaïque concernent l'atteinte d'objectifs ambitieux mais revus à la baisse, avec une capacité installée à l'horizon 2035 fixée entre 65 et 90 GW contre une fourchette précédente entre 75 et 100GW. Il s'agit notamment de trouver un équilibre avec les autres filières du mix énergétique français.

L'augmentation significative du nombre d'installations au niveau national a entraîné une baisse du prix d'achat du kWh photovoltaïque. Cette tendance rend aujourd'hui l'autoconsommation généralement plus avantageuse économiquement que la revente d'électricité au réseau.

Cependant, l'autoconsommation ne constitue pas une solution optimale à elle seule. En effet, même avec davantage d'utilisateurs qui consomment leur propre production, la surcharge de production à l'échelle nationale persiste.

D - Outil Excel interne

Une fois les relevés réalisés, la partie calculatoire se déroule sur un outil Excel interne à ACCEO. Pour ce faire, il est nécessaire d'avoir à disposition les points 10 minutes afin de pouvoir établir la courbe de charge journalière du bâtiment.

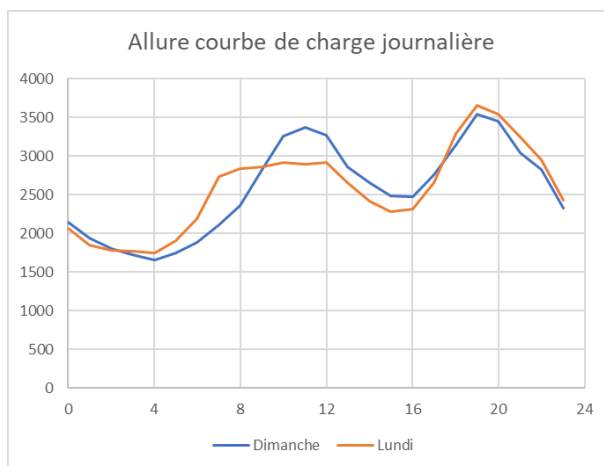


Figure 16 : Courbe de charge journalière du bâtiment, Source : Rapport EFP

Ensuite, les consommations d'électricité du bâtiment sont ensuite déterminées avec **un scénario de consommation haute et basse** afin de prendre en compte des augmentations ou diminutions de consommations au cours des prochaines années.

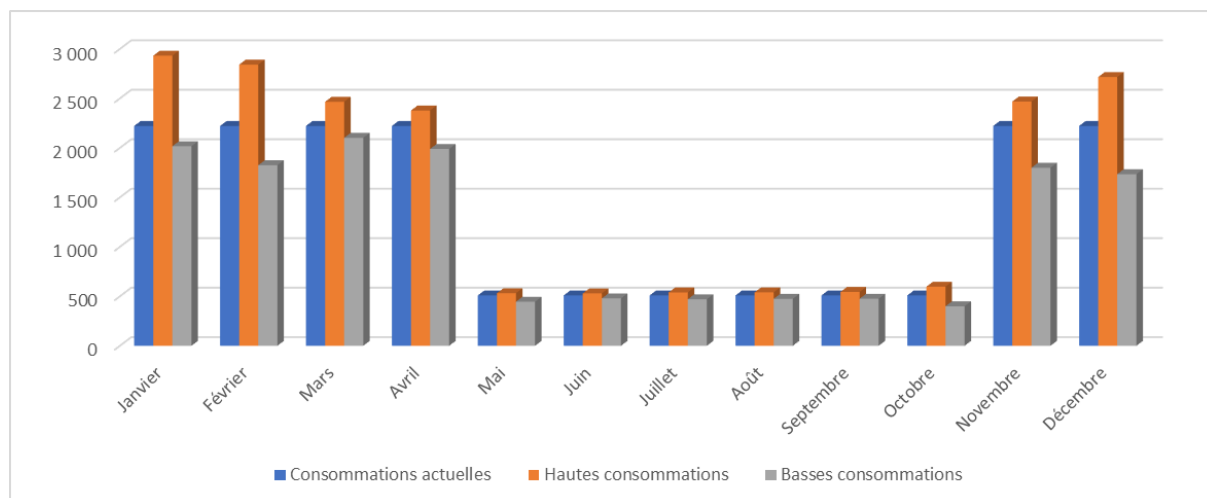


Figure 17 : Comparaison des différents scénarios de consommations, Source : Rapport EFP

E - Logiciel PVsyst (modélisation bâtiment et ombrages proches et nappes PV)

La **modélisation** du bâtiment et de ses ombrages proches se fait par le biais du logiciel PVsyst. Le but est d'avoir une représentation 3D précise des bâtiments, de leur orientation, des masques proches ou lointains pour ensuite calculer au mieux possible les différents scénarios.

Lors de ce projet, **plusieurs scénarios**, variant en quantité de panneaux photovoltaïques et en puissance totale kWc, ont été testés.

Le premier, avec une capacité de production maximale. Autrement dit, une occupation de toute la surface possible de la toiture terrasse par des panneaux photovoltaïques. Le matériel retenu pour le dimensionnement de l'installation de la centrale photovoltaïque est le suivant :

- 26 panneaux photovoltaïques monocristallin de puissance nominale 430Wc, de dimension 1722x1134x30 mm pour une surface totale d'environ 50m², avec une inclinaison à 10° et orientation Sud.
- 1 onduleur de 10kW.
- Masques proches : éléments en toitures, bâtiments proches

Le second, avec une capacité de production optimisée et plus adaptée aux besoins réels du bâtiment. Le matériel retenu pour le dimensionnement de l'installation de la centrale photovoltaïque est le suivant :

- 21 panneaux photovoltaïques monocristallin de puissance nominale 430Wc, de dimension 1722x1134x30 mm pour une surface totale d'environ 40m², avec une inclinaison à 10° et orientation Sud.
- 1 onduleur de 8kW.
- Masques proches : éléments en toiture, bâtiments proches.

Les calculs sous PVsyst sont réalisés avec les caractéristiques techniques présentées précédemment et les résultats obtenus sont synthétisés dans des diagrammes **d'iso-ombrage** représentant les courbes d'ombrages correspondant aux pertes de production de l'installation sur l'ensemble des positions du soleil, en altitude et en azimut, sur toute l'année en fonction des heures du jour.

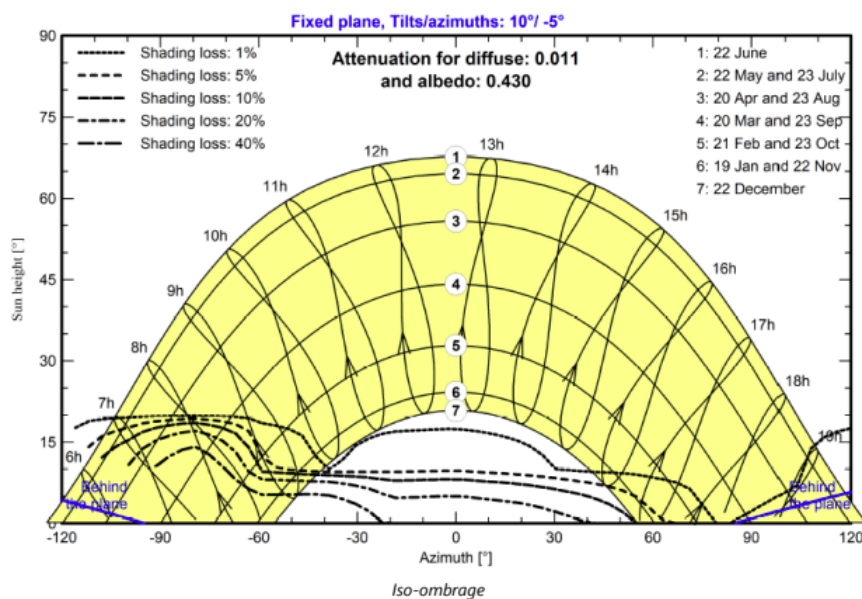


Figure 18 : Diagramme d'iso-ombrage de l'installation photovoltaïque, Source : Rapport EFP

Pour chaque scénario, un **bilan financier** est estimé, comprenant les coûts d'installation, les coûts d'exploitation, le prix du kWh en revente du surplus, l'évolution du prix de l'électricité, les primes reçues sur une durée de 25 ans. Les gains nets sont ainsi calculés et permettent d'évaluer la rentabilité financière d'un projet d'installation photovoltaïque. Une valeur importante à prendre est **le temps de retour sur investissement (TRI)** pour le client. Un temps de retour trop élevé signifie que l'installation proposée n'est pas assez rentable, autrement dit, pas assez intéressante financièrement au vu de l'investissement nécessaire pour la mise en place du système photovoltaïque.

Besoins	Besoins électriques du bâtiment (kWh/an)	16 387		
Projet Solaire	Surface champs Capteurs Photovoltaïques (m²)	41		
	Puissance de l'installation (Wc)	9 030		
	Production Solaire (kWh/an)	11 162		
	Rendement de la Production Solaire (kWh/m²/an)	272,2		
Rentabilité Energétique Du Projet	Part de la production solaire sur la consommation (Taux de couverture) (en %)	68%		
	Autoconsommation (en %)	52%		
	Autoproduction (en %)	36%		
	Economie annuelle de CO ₂ équivalent (t CO ₂ eq./an)	0,7		
Coûts	Montant de l'opération sans prime (€ TTC)	23 500		
	Prime à l'investissement (€ TTC)	1 716		
	Investissement déduit des aides (€ TTC)	21 784		
	Ratio du coût de l'opération par Wc (€ TTC/Wc)	2,412		
	Coût Maintenance annuelle (€/an)	410		
Rentabilité Economique Du Projet	Hypothèse prix de l'électricité	Nominale	Modérée	Soutenue
	Prix du kWh en revente du surplus (cts/kWh)	7,61	7,61	7,61
	Revente surplus de production annuelle (€ TTC/an)	405	405	405
	Prix moyen sur 30 ans de l'achat d'un kWh (scénario nominal) (cts/kWh)	43	38	46
	Economie annuelle facture électrique (€ TTC/an)	2 506	2 236	2 659
	Temps de retour brut sur investissement (ans)	8,7	9,8	8,2
	Prix de revient du kWh autoconsommé sur 25 ans (c€ TTC)	21,9		
	Coût du kWh solaire économisé sur 25 ans (c€ TTC)	11,48		

Figure 19 : Récapitulatif des résultats de l'étude de production d'électricité solaire, Source : Rapport EFP

Le **taux d'autoconsommation** correspond à la part de production autoconsommée sur place. Il compare la production consommée sur place et la production totale réalisée sur place. Il se calcule de la manière suivante :

$$\text{taux autconsommation} = \frac{\text{Production solaire consommée}}{\text{Production solaire totale} \times 100}$$

Le **taux d'autoproduction** détermine la part d'énergie consommée sur place qui est autoproduite et donc la part d'électricité qui n'est pas soustraite au réseau (économies directes sur la facture d'électricité). Il se calcule de la manière suivante :

$$\text{taux autoproduction} = \frac{\text{Production solaire consommée}}{\text{Consommation totale} \times 100}$$

Le principal défi d'une étude de faisabilité photovoltaïque n'est pas de convaincre, mais de concrétiser une volonté déjà existante au sein de la copropriété. Rapidement, l'enjeu s'est déplacé de la simple ingénierie vers une dimension économique : quel scénario de centrale photovoltaïque proposer afin d'avoir un modèle financier viable ? Dans ce contexte, le rôle de l'ingénieur évolue pour devenir celui d'un facilitateur, dont l'analyse technique sert avant tout de socle pour trancher entre différents arbitrages : celui de la revente ou de l'autoconsommation, d'une taille de centrale photovoltaïque maximale ou plus adaptée aux besoins de la copropriété ?

F - Retour sur expérience

Ce projet constituait la première expérience de travail sur une étude de faisabilité photovoltaïque. Il a permis de découvrir et de comprendre les principaux composants d'un système photovoltaïque ainsi que leur rôle dans la production d'électricité. Néanmoins, c'est la mission sur laquelle le moins d'aisance a été ressentie durant le stage. Une nette impression de manque de précision et de connaissances techniques sur le sujet s'est sentie. L'interface du logiciel PVSyst s'est révélée un peu complexe à prendre en main au début, nécessitant un temps d'adaptation. En revanche, la partie modélisation a été très intéressante, notamment la création des bâtiments, la prise en compte des masques solaires proches et lointains, ainsi que la modélisation des nappes photovoltaïques. L'ensemble de ces éléments a généré une certaine insatisfaction vis-à-vis de la qualité du travail accompli et de la compréhension globale du projet.

III. 1.3 Schéma Directeur Décret Tertiaire (SDDT)

A - Réglementation

Le Décret Tertiaire (loi n° 2018-1021 du 23 novembre 2018 (ELAN) mis en application avec le décret n°2019-771 du 23 juillet 2019) est un texte de loi rendant obligatoire la réalisation d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments tertiaires. Il est entré en vigueur en 2019.

Il impose aux bâtiments tertiaires de plus de 1000m² de **réduire leurs consommations d'énergie de 40% d'ici 2030, de 50% d'ici 2040 et de 60% d'ici 2050 par rapport à une consommation de référence prise sur une année au choix entre 2010 et 2020 (Crelat)**, ou bien **d'atteindre une valeur de consommation seuil dépendant du type d'activité au sein du bâtiment (Cabs)**. Ce seuil permet aux bâtiments récents, plus performants énergétiquement, de ne pas être pénalisés.

Il est également possible de moduler l'objectif en fonction de l'évolution de l'intensité d'usage du bâtiment depuis l'année de référence, des contraintes architecturales et si les travaux nécessaires sont disproportionnés par rapport au gain énergétique occasionné.

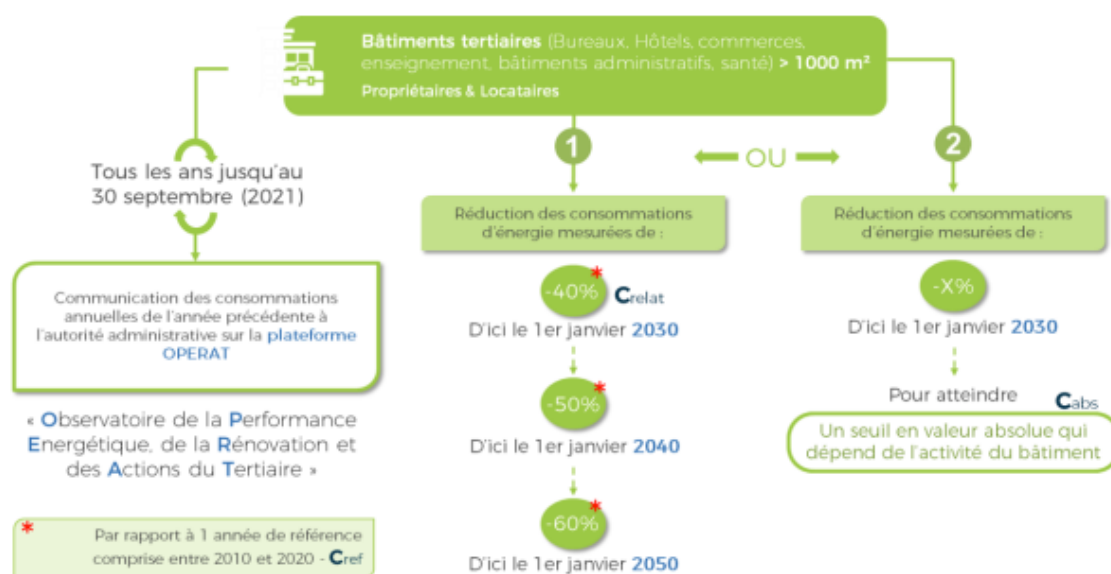


Figure 20 : Explication des Cabs ou Crelat en Décret Tertiaire, Source : Support formation interne

Au sein d'un même bâtiment, toutes les entités fonctionnelles (établissement possédant un numéro SIRET) sont assujetties au Décret Tertiaire. Chaque entité fonctionnelle se doit de respecter ses objectifs de gains énergétiques à l'échelle de sa surface.

B- Outils et missions

Au moment de la remise de ce rapport, la mission n'a pas encore été réalisée. La visite du bâtiment tertiaire est prévue pour la fin du mois d'août. Par ailleurs, la date de la formation relative au secteur tertiaire n'a pas encore été fixée.

Cette mission suivra globalement les mêmes étapes que celles réalisées lors de mon stage de fin d'études de l'année dernière : **visite sur site, modélisation, création des scénarios d'occupation et de consommation, calage avec les factures, élaboration du plan de travaux, puis rédaction du rapport.** Le travail sera effectué en partie avec le logiciel Pléiades, déjà utilisé lors de la précédente mission, ainsi qu'avec un outil interne à ACCEO.

Si l'essentiel d'une mission SDDT repose sur une analyse rigoureuse des consommations, l'application du Décret Tertiaire révèle une forte dimension liée à l'usage des bâtiments. Pour être efficaces, les solutions doivent s'adapter aux rythmes de travail et au besoin de confort des usagers. L'enjeu n'est donc pas seulement de réduire une consommation, mais bien d'optimiser un service dans un contexte organisationnel précis.

V - Retour réflexif sur l'expérience

Le principal enseignement tiré de ces missions, c'est que la vraie difficulté ne réside pas que dans la maîtrise individuelle de chaque contrainte, mais dans leur articulation. Que ce soit pour aborder la précarité énergétique en copropriété via le PPPT, améliorer le confort des usagers dans le tertiaire avec le SDDT, ou structurer financièrement un projet photovoltaïque dans le cadre de l'EFP, la meilleure solution technique doit constamment être adaptée, voire repensée, en fonction des réalités des bâtiments audités.

Le rôle de l'ingénieur dépasse alors la simple expertise technique. Il s'apparente davantage à un facilitateur faisant le lien entre les différents enjeux et les acteurs concernés.

Finalement, cette expérience confirme que la rénovation énergétique est avant tout un projet humain. Elle donne tout son sens à la formation d'ingénieur environnement et urbaniste, où l'objectif n'est pas d'appliquer des recettes toutes faites, mais bien de construire des solutions sur mesure, en équilibre entre normes, technique et usagers concernés.

V.I Démarche et méthodes mises en oeuvre

Le stage a été marqué par un bon accompagnement, renforcé par un changement de tuteur permettant un suivi plus personnalisé. Disposer d'un encadrant dédié, plutôt que d'un seul pour deux stagiaires, a favorisé la disponibilité et la réactivité dans les échanges. Des points réguliers sur l'avancement de la production ont été organisés, en particulier en début de stage, afin d'assurer un suivi précis. Ces points sont devenus moins fréquents en fin de période, à mesure que l'autonomie s'est développée.

La première semaine a été consacrée à des formations destinées à faciliter la prise en main des outils de travail. Celles-ci ont porté sur les logiciels de calcul DPE (notamment Liciel), ainsi que sur les outils internes et les supports disponibles, accompagnés de tutoriels explicatifs favorisant l'apprentissage en autonomie. Cette préparation, réalisée avant le démarrage de projets concrets, a permis d'aborder la deuxième semaine avec une bonne compréhension du fonctionnement de l'entreprise et une maîtrise plus rapide des outils. Une formation sur la réglementation relative au PPPT (Plan Pluriannuel de Travaux) a également été suivie au cours de la première semaine, complétant ainsi la préparation.

V.II Analyse critique des résultats produits

Les résultats produits témoignent d'une progression constante tout au long du stage. La comparaison entre les premiers rapports et ceux réalisés plus récemment met en évidence des améliorations en termes de précision, de clarté et de présentation. Malgré cette évolution, certaines imperfections de mise en page peuvent encore apparaître, même si elles restent minimes, leur correction demeure importante afin de préserver la qualité globale des documents.

Une autonomie croissante s'est installée au fil du temps. Les questions posées sont devenues plus ciblées et techniques, portant davantage sur des points précis ou sur la mise en place de systèmes spécifiques. La compréhension du fonctionnement des outils et méthodes s'est également faite avec plus de fluidité et moins d'appréhension qu'en début de stage.

Ce processus a permis de prendre conscience qu'une maîtrise totale n'est jamais acquise et que l'apprentissage est continu. La phase de découverte initiale a représenté un volume d'acquisition de connaissances particulièrement important, une fois ces bases assimilées, l'exécution des tâches devient plus agréable et motivante.

V.III Propositions de pistes de changement

Un approfondissement des formations, notamment sur les systèmes CVC (Chauffage, Ventilation, Climatisation), constituerait un atout. Cette compétence est essentielle pour garantir la cohérence et la compatibilité des préconisations avec les caractéristiques des bâtiments audités. Une meilleure maîtrise de ces aspects techniques permettrait de renforcer la logique des préconisations et d'en assurer la faisabilité.

Sur une note plus personnelle, j'ai constaté une progression significative dans mon intégration au sein de l'équipe. Par rapport au début du stage, je prends plus souvent la parole, participe davantage aux échanges et m'entends bien avec l'ensemble des collègues. Les retours de mon tuteur ont été bienveillants et constructifs, aussi bien sur ma manière de travailler que sur mon intégration.

Cependant, j'ai parfois eu l'impression que certains retours portaient davantage sur ma personnalité que sur les compétences d'intégration sociale attendues d'une stagiaire au sein d'une équipe professionnelle. La comparaison avec des profils plus extravertis de l'entreprise ne me semble pas toujours refléter la diversité des modes de fonctionnement possibles. Je pense avoir fait les efforts nécessaires dans ce domaine, et j'ai le sentiment que mon évaluation a pu, sur certains aspects, être influencée par une appréciation plus subjective que par une grille de compétences. Ce point ne constitue en aucun cas une critique personnelle envers mon tuteur, mais il me semblait important de le mentionner afin de refléter fidèlement mon ressenti dans ce rapport.

Conclusion

Les **Objectifs de Développement Durable (ODD)** sont des objectifs à échelle mondiale couvrant l'intégralité des enjeux de développement dans tous les pays. Ils sont au nombre de 17 et couvrent 5 enjeux majeurs : population, prospérité, paix, partenariat et environnement. Ils ont été fixés en 2015 par les 193 États Membres de l'ONU avec pour objectif de les atteindre en 2030.



Figure 21 : 17 Objectifs de Développement Durable à l'échelle mondiale, Source : Nations Unies

Au vu de ma formation d'ingénierie environnementale et urbaniste, il convient de m'interroger sur l'implication de l'entreprise ACCEO concernant ces objectifs. Il convient de dire que les missions qui m'ont été proposées sont parfois pertinentes et ce sur différents objectifs.

L'objectif n°9 est de promouvoir une **infrastructure résiliente, une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation**. Autrement dit être moteur dans l'amélioration de la qualité de vie dans le monde, tout en ayant un impact mineur sur l'environnement. Le cœur du métier d'ACCEO réside dans le travail sur bâti existant. En réalisant des diagnostics techniques, des suivis de maintenance, des plans de travaux pluriannuels, **le bureau d'études contribue à rendre les infrastructures auditées plus sûres, durables et résilientes**. Moderniser un parc d'ascenseur ou rénover un système de chauffage est un renforcement de l'infrastructure pour l'avenir. L'impact sur l'environnement reste cependant à nuancer : oui, il peut être mineur, mais les travaux engendrent toujours un certain impact, notamment lié à la provenance des matériaux utilisés et à d'autres facteurs, ce qui peut néanmoins être précisé et encadré lors de la mission de maîtrise d'œuvre.

L'objectif n°12 est un appel aux producteurs, consommateurs, communautés et gouvernements à **réfléchir sur leurs habitudes et usages en termes de consommations, de production de déchets, à l'impact environnemental et social de nos produits**. En diagnostiquant, modernisant et en entretenant les bâtiments et leurs équipements, l'entreprise évite de tomber dans le **cycle de démolition-reconstruction**, extrêmement coûteux en ressources et en énergie. Cela permet de préserver la valeur et les matériaux déjà existants en optant pour des rénovations ciblées.

L'objectif n°13 est de **prendre des mesures d'urgence pour lutter contre les changements climatiques et leurs répercussions**. Le secteur du bâtiment représente près de 40% de la consommation et près de 20% des émissions de gaz à effet de serre en France. Les activités des pôles Énergie et Thermique sont des actions climatiques débouchant sur des réductions directes d'émissions de gaz à effet de serre du bâtiment audité. En tant que bureau d'études et assistant à maîtrise d'ouvrage (AMO), ils **transforment les objectifs politiques en plans de travaux concrets et financés pour les copropriétés et les entreprises**. Leur expertise (certifications RGE) est indispensable pour garantir que les projets de rénovation atteignent les performances requises et participent réellement à la neutralité carbone fixée au niveau national.

Au terme de ce stage, mon bilan de compétences est diversifié.

Techniquement, j'ai apprécié pouvoir pousser l'expérience plus loin que lors de mon précédent stage. Si celui-ci m'a donné un aperçu des enjeux du secteur tertiaire, je n'avais pas encore eu l'occasion de réaliser des **Diagnostic de Performance Énergétique** et des **Études de Faisabilité Photovoltaïque**, avec leurs réglementations spécifiques. J'ai cependant pu (re)mettre en pratique des notions vues en cours de RESEAU ou lors d'expériences précédentes, tout en construisant un socle de compétences totalement nouveau. J'ai par exemple eu l'occasion de retravailler sur **l'écriture de rapports** à destination des clients, comme lors de mon précédent stage, où les livrables de l'entreprise reposent sur des modèles internes automatisés (rapports comme diaporamas de restitution), qui ne sont pas générés par intelligence artificielle. Ces documents sont remplis, adaptés et personnalisés par les ingénieurs thermiciens responsables des études garantissant une précision. Cette expérience a confirmé mon intérêt pour l'aspect technique du métier, un domaine dans lequel je sais que je vais continuer à évoluer.

Humainement, **le contact direct avec les usagers et les professionnels sur le terrain** m'a permis de développer une posture plus assurée et une communication plus efficace, ce que je n'avais pas eu l'occasion de mobiliser l'an dernier.

Enfin ce stage m'a permis un vrai apprentissage en **organisation**, avec une structuration précise de mes journées. J'ai également compris que pour la suite de mon parcours au sein de l'entreprise, il sera essentiel d'anticiper davantage de livrables et d'intégrer pleinement le suivi et pointage des heures par projet. Cette rigueur est une compétence que je suis prête à développer pour m'intégrer efficacement et contribuer durablement au travail d'équipe.

Annexes

Un rapport type PPPT et le rapport d'étude de faisabilité photovoltaïque sont disponibles au lien ci-dessous :

<https://drive.google.com/drive/folders/1WJsse9eqMUYuiAXmmb8Dcp0U8nZwV-Aj?usp=sharing>

BIBLIOGRAPHIE

ADENR. (s. d.). *Comment fonctionne une pompe à chaleur ?* Disponible sur : <https://adenr.com/nos-produits/guide-pompe-a-chaleur/pompe-a-chaleur-fonctionnement/principe-pompe-a-chaleur/>

CAP RENOV. (s. d.). *Masques solaires proches*. Disponible sur : <https://aide.cap-renov.fr/fr/article/masques-solaires-proches-k7pjua/>

Chauffage central à eau chaude—Réseau de distribution. (s. d.). Disponible sur : https://www.instal2020.be/wp-content/uploads/2016/09/Instal-2020_Fiche_Reseau-distribution_DRAFT_v02.pdf

CNR. (s. d.). *Le solaire photovoltaïque en France : Réalité, potentiel et défis*. Disponible sur : <https://energiesrenouvelables.cnr.tm.fr/wp-content/uploads/2023/02/220307-SolairePVEnFrance-CNRS-FedPV.pdf>

Energie+ *Coefficient de transmission thermique d'une fenêtre (Uw) ou d'une porte*. (s. d.). Disponible sur : <https://energieplus-lesite.be/theories/enveloppe9/coefficient-de-transmission-thermique/coefficient-de-transmission-thermique-d-une-fenetre-uw-ou-d-une-porte/>

ECOSTAR. (s. d.). *Quel est le principe de fonctionnement d'un brûleur ?* Disponible sur : https://www-ecostar-com-tr.translate.goog/en/corporate/media/ecoblog/what-is-the-working-principle-of-a-burner?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=fr&_x_tr_hl=fr&_x_tr_pto=rq

Gouvernement français. (s. d.). *Méthode 3CL-DPE*. Disponible sur : https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/annexe_methode_de_calcul_3cl-dpe_v1.3.pdf

hellowatt. (s. d.). *Comment fonctionne une pompe à chaleur air-eau ?* Disponible sur : https://www.hellowatt.fr/pompe-a-chaleur/pompe-chaleur-air-eau/pompe-a-chaleur-air-eau-fonctionnement?srsId=AfmBOopCveZRVdogA1s-Ewx6TK6_kP4ktgTWNUalxoALgeIAgfTNwAqh

Cyber confort *Installation de chauffage monotube*. (s. d.). Disponible sur : <https://www.cyber-confort.fr/chauffage-monotube>

Deepki *Intermittence du chauffage*. (s. d.). Disponible sur : <https://www.deepki.com/fr/blog/intermittence-du-chauffage/>

CHOISIR.COM. *Le système de chauffage bitube*. (s. d.). Disponible sur : <https://www.choisir.com/energie/articles/143733/le-systeme-de-chauffage-bitube>

United Nations *Objectifs de développement durable*. (s. d.). Disponible sur : <https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/objectifs-de-developpement-durable/>

Entreprendre.Service-Public. *Obtenir le labl Reconnu Garant de l'Environnement (RGE)*. (s. d.). Disponible sur : <https://entreprendre.service-public.fr/vosdroits/F32251>

RT-RE-bâtiment *Diagnostic de Performance Énergétique (DPE)* (s. d.). Disponible sur : https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/v3_guidedpe.pdf



POLYTECH
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Anaëlle Pottier
Étudiant
2024-2025

Stage ingénieure thermicienne

Résumé : Les missions ont porté sur l'élaboration de PPPT intégrant DPE collectif et DTG, avec préconisations de travaux patrimoniaux et énergétiques pour améliorer la performance des bâtiments. Elles ont également inclus la réalisation d'études de faisabilité photovoltaïque, comprenant visites sur site et simulations de centrales en production maximale ou adaptée aux besoins des copropriétés, ainsi que la conduite de SDDT associant modélisation 3D, zonage, scénarios d'occupation, calage sur factures, préconisations et chiffrage. L'ensemble de ces travaux a donné lieu à la production de rapports détaillés, de diaporamas de restitution et à des présentations orales auprès des clients.

Abstract : The assignments focused on the development of PPPTs integrating collective Energy Performance Certificates and Global Technical Diagnosis, with recommendations for both heritage and energy-related works aimed at improving building performance. They also included the execution of photovoltaic feasibility studies, involving on-site visits and simulations of solar plants either at maximum production or adapted to the needs of the condominiums, as well as the delivery of SDDTs combining 3D modeling, zoning, occupancy scenarios, calibration with utility bills, recommendations, and cost estimation. All of these tasks resulted in the production of detailed reports, presentation slide decks, and oral presentations delivered to clients.

Mots Clés : DPE collectif – Diagnostic Technique Global – Étude de Faisabilité Photovoltaïque – Schéma Directeur Décret Tertiaire

ACCEO

18 Chemin des Cuers, Dardilly 69570

Tuteur entreprise :

Louis Charbonneaux
Ingénieur Thermicien

Tuteur académique :

Sébastien Larribe