



ÉTUDE COMPARATIVE DE DEUX MODES DE CHAUFFAGE
POUR UNE SOLUTION VERTUEUSE ET ECONOME –
RESIDENCE CENSIER – SANTEUIL (PARIS 5^{ème})

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER
SPECIALITE GENIE CIVIL - BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS

Présenté et soutenu publiquement le [18/07/2025] par
Radice Vifié MPANDZOU (20160450)

Directeur de mémoire : Pr. Abdou LAWANE GANA, maître de conférences GC, 2iE

Encadrant 2iE : Pr. Abdou LAWANE GANA, maître de conférences GC, 2iE

Maître de stage : Marzouck EL CHITOU, Directeur travaux principal, Eiffage construction

Structure d'accueil du stage : Eiffage construction amélioration de l'habitat

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr. *Angelbert Chabi BIAOU*

Membres et correcteurs : Dr. *Joseph WETHE*

M. *Georges Kibalo TCHAMIE*

Promotion [2024/2025]

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) pour la qualité de la formation dispensée tout au long de mon parcours académique. Cette formation m'a permis de consolider mes compétences techniques. Je remercie tout particulièrement **le Docteur Abdou LAWANE GANA**, mon directeur de mémoire, pour sa disponibilité, ses remarques constructives et la clarté de ses orientations méthodologiques, qui ont contribué à la rigueur et à la cohérence de ce travail.

Je souhaite également exprimer ma reconnaissance à **l'entreprise Eiffage Construction Amélioration de l'habitat**, qui m'a accueilli et accompagné durant six mois en tant que stagiaire sur le projet de réhabilitation de la résidence Censier-Santeuil. Intégrer une opération de cette envergure, au sein d'une structure aussi exigeante, a représenté pour moi une expérience humaine et professionnelle marquante.

Ma gratitude s'adresse tout particulièrement à **Monsieur Marzouck EL CHITOU**, mon tuteur de stage et directeur opérationnel, pour sa bienveillance, la confiance qu'il m'a témoignée, la richesse des échanges partagés, et les responsabilités concrètes qu'il m'a permis d'assumer avec autonomie. Son professionnalisme et sa pédagogie ont constitué un cadre d'apprentissage précieux et exigeant.

Je remercie également **mes collègues de chantier et de bureau**, pour leur accueil chaleureux, leur esprit d'équipe et leur patience. Ils m'ont permis, par leurs conseils et leur savoir-faire, de progresser chaque jour et de mieux comprendre les réalités du terrain.

Enfin, je tiens à exprimer toute ma reconnaissance à **ma famille et à mes proches**, pour leur soutien indéfectible, leur compréhension et leurs encouragements constants tout au long de cette formation, et en particulier durant la réalisation de ce mémoire.

RESUME

Dans un contexte de transition énergétique et d'urgence climatique, le présent mémoire s'inscrit dans le cadre de la réhabilitation énergétique de la résidence sociale Censier-Santeuil, à Paris 5^e. L'étude compare deux systèmes de production de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS) : l'un basé sur des équipements individuels vétustes (chauffe-bains gaz), et l'autre sur un dispositif centralisé combinant le réseau de chaleur urbain (CPCU) avec des pompes à chaleur collectives (PAC).

La méthodologie appliquée s'appuie sur une analyse multicritère couvrant les aspects techniques, économiques, environnementaux et organisationnels, dans un contexte fortement contraint (site occupé, bâti ancien, présence d'amiante, contraintes patrimoniales).

Les résultats démontrent une amélioration significative des performances énergétiques (gain > 40 %), une réduction des émissions de CO₂ (> 30 %), une baisse des charges locatives, et une amélioration du confort thermique des usagers. Le retour sur investissement est inférieur à 12 ans, grâce aux subventions mobilisables (CEE, Plan Climat).

Ce mémoire met en évidence la faisabilité et la pertinence de la solution retenue et propose une méthodologie reproductible pour d'autres projets de réhabilitation énergétique en milieu urbain dense.

Mots clés :

- 1 - Performance énergétique**
- 2 - Chauffage collectif**
- 3 - Pompes à chaleur**
- 4 - Réhabilitation**
- 5 - Site occupé**

ABSTRACT

In the context of climate urgency and energy transition, this thesis addresses the energy retrofit of the Censier-Santeuil social housing complex in Paris's 5th district. The study compares two domestic hot water (DHW) and heating systems: one based on outdated individual gas heaters, and the other on a centralized system combining the district heating network (CPCU) with collective heat pumps (HP).

The methodology relies on a multi-criteria analysis that covers technical, financial, environmental, and operational aspects, considering strong constraints (occupied site, asbestos presence, heritage buildings).

Results show significant improvements in energy performance (over 40 % savings), CO₂ emissions reduction (over 30 %), lower tenant utility costs, and enhanced thermal comfort. The return on investment is less than 12 years, supported by national and local subsidies (CEE, Plan Climat).

This engineering work demonstrates the technical and economic relevance of the selected solution and outlines a reproducible methodology for similar urban renovation projects.

Key words:

- 1 - Energy performance**
- 2 - District heating**
- 3 - Heat pumps**
- 4 - Renovation**
- 5 - Occupied site**

LISTE DES ABREVIATIONS

- ABF** : Architectes des Bâtiments de France
- ADEME** : Agence de la Transition Écologique
- CAPEX** : Capital Expenditure (investissement initial)
- CEE** : Certificat d'Économie d'Énergie
- CEP** : Consommation d'Énergie Primaire
- COTEC** : Bureau d'Études Techniques intervenant sur le projet
- CPCU** : Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain
- DCE** : Dossier de Consultation des Entreprises
- DPE** : Diagnostic de Performance Énergétique
- DPGF** : Décomposition du Prix Global et Forfaitaire
- ECS** : Eau Chaude Sanitaire
- ENR** : Énergie Renouvelable
- GES** : Gaz à Effet de Serre
- HLM** : Habitation à Loyer Modéré
- IE4** : Indice d'efficacité énergétique des moteurs électriques
- ITE** : Isolation Thermique Extérieure
- ILN** : Immeuble à Loyer Normalisé
- MOA** : Maîtrise d'Ouvrage
- MOE** : Maîtrise d'Œuvre
- OPEX** : Operational Expenditure (coûts d'exploitation)
- PAC** : Pompe à Chaleur
- PEMD** : Produits, Équipements, Matériaux et Déchets
- PGES** : Plan de Gestion Environnementale et Sociale
- RT** : Réglementation Thermique
- SS4** : Sous-section 4 (réglementation travaux en présence d'amiante)
- STD** : Simulation Thermique Dynamique
- VMC** : Ventilation Mécanique Contrôlée

FICHE SIGNALTIQUE DE L'OUVRAGE ETUDIE

Nom du projet : Réhabilitation énergétique de la résidence Censier-Santeuil

Localisation : Paris 5^e arrondissement (Île-de-France)

Maîtrise d'ouvrage : Paris Habitat

Surface habitable : 21 757 m²

Nombre de logements : 373 (répartis sur 6 bâtiments)

Période des travaux : 2025–2027 (prévision)

Solutions techniques : Maintien du chauffage CPCU + PAC collectives ECS (Effipac ATL)

Équipements complémentaires : Bouclage ECS, stockage 6750 L, VMC hygroréglable

Particularité : Travaux réalisés intégralement en site occupé

Objectif DPE : amélioration de D/E vers B/C

Économies attendues : gain de 35 à 50 % sur la consommation d'énergie primaire

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	1
RESUME	2
ABSTRACT	3
LISTE DES ABREVIATIONS	4
FICHE SIGNALTIQUE DE L'OUVRAGE ETUDIE	5
SOMMAIRE	6
LISTE DES TABLEAUX	8
LISTE DES FIGURES	9
INTRODUCTION	10
I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DE LA ZONE D'ETUDE	12
I.1. Présentation de la structure d'accueil :	12
I.2. Références et projets emblématiques.....	13
I.3. Organigramme de l'agence (sur le projet) :	14
I.4. Présentation de la zone d'étude : – “ Îlot Censier-Santeuil, Paris 5 ^e ”	15
II. PRESENTATION DU PROJET :	18
II.1. Contexte général du projet.....	18
II.2. Localisation et caractéristiques du site	19
II.3. Composition du patrimoine bâti	20
II.4. Diagnostic et état initial.....	20
II.5. Objectifs de la réhabilitation.....	21
II.6. Programme technique projeté	21
II.7. Particularités de l'organisation chantier :	23
II.8. Participation au projet et rôle du stagiaire dans l'entreprise.....	24
III. METHODOLOGIE DE CONCEPTION	25
III.1. Démarche générale	25
III.2. Objectifs de performance et contraintes du projet	28
III.3. Étude comparative des variantes techniques	Erreur ! Signet non défini.
III.4. Choix final et Justification.....	44
III.5. Outils et méthodes utilisés pour la conception	29
IV. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE :	30
IV.1. Étude Solution 1 : maintien du système initial	31
IV.2. Étude de la Solution 2 – CPCU + PAC ECS (solution retenue).....	32
IV.3. Paramètres techniques et dimensionnements	34
IV.4. Conclusion technique de l'étude	37

V. ETUDE DE FAISABILITE) FINANCIERE – ETUDE DES COUTS :.....	38
V.1. Étude financière de la solution 1 : Maintien du système existant.....	38
V.2. Étude financière de la solution 2 : PAC collective + CPCU (solution retenue)	40
V.3. Comparatif économique global des solutions.....	43
V.4. Conclusion financière.....	43
VI. ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL, SOCIALE ET SÉCURITAIRE	45
VI.1. Cadre réglementaire applicable	46
VI.2. Phasage et organisation du projet (impact opérationnel).....	46
VI.3. Identification et analyse des impacts.....	47
VI.4. Plan de gestion environnementale et sociale (PGES).....	48
VI.5. Conclusion partielle environnementale	49
VII. ANALYSE DES RISQUES.....	49
VII.1. Identification des principaux risques.....	50
VII.2. Grille de criticité des risques principaux	52
VII.3. Mesures de maîtrise des risques intégrées au projet.....	52
VII.4. Conclusion globale de l'analyse des risques	54
VIII. RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	55
VIII.1. Résultats techniques et énergétiques attendus	55
VIII.2. Discussion critique des variantes.....	56
VIII.3. Limites de l'étude	56
VIII.4. Références croisées avec études extérieures.....	57
VIII.5. Conclusion des résultats	57
CONCLUSION GENERALE	59
BIBLIOGRAPHIE	61
ANNEXES	63
Annexe I : Plan global du site censier-santeuil.....	64
Annexe II : Schéma du système Thermique Existant – Bâtiment D	66
Annexe III : schéma du système thermique projeté (PAC + régulation).....	3
Annexe IV : Planning bâtiment D – Détail séquentiel	5
Annexe V : Exemple d'état des lieux logement type (EDL)	7

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Dimensionnement thermique par bâtiment (chauffage + ECS).....	23
Tableau 2 - Besoins thermiques par bâtiment.....	25
Tableau 3 - Analyse multicritère des variantes étudiées.....	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 4 - Paramètres généraux du système ECS centralisé (PAC Effipac ATL)	32
Tableau 5 - Caractéristiques techniques du système de chauffage CPCU	34
Tableau 6 - Paramètres techniques du système ECS par PAC collectives	Erreur ! Signet non défini.
Tableau 7 - Paramètres techniques des PAC et stockage ECS.....	35
Tableau 8 – Caractéristiques techniques du réseau de distribution ECS.....	36
Tableau 9 – Équipements de régulation thermique et hydraulique	36
Tableau 10 – Répartition estimée des coûts annuels – Solution 1	38
Tableau 11 - Chiffrage estimatif des travaux Solution 2	40
Tableau 12 – Synthèse des subventions et aides mobilisables	42
Tableau 13 - Comparaison économique synthétique sur 15 ans	43
Tableau 14 – Références réglementaires et exigences applicables au projet	46
Tableau 15 – Déroulement des phases du projet	47
Tableau 16 – Synthèse critique des impacts et mesures d'atténuation	48
Tableau 17 – Principaux risques techniques liés à l'ECS	50
Tableau 18 - Principaux risques organisationnels en milieu occupé	50
Tableau 19 – Principaux risques financiers	51
Tableau 20 – Risques sociaux et humains	51
Tableau 21 – Grille synthétique de criticité.....	52
Tableau 22 – Comparatif DPE avant/après rénovation	55
Tableau 23 – Comparatif économique sur 15 ans	55
Tableau 24 - Comparaison critique des deux variantes techniques	56

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1 - Siège Eiffage construction Ile de France</i>	13
<i>Figure 2 - Organigramme du projet</i>	15
<i>Figure 3 - Vue aérienne 3D du projet</i>	16
<i>Figure 4 - Vue en plan, nombre de niveau par bâtiment</i>	17
<i>Figure 5 - Bâtiments B et D, Rue Censier</i>	18
<i>Figure 6 - Plan masse de la résidence</i>	20
<i>Figure 7 - Schéma du système thermique existant bâtiment D</i>	22
<i>Figure 8 - Schéma du système projeté avec PAC et régulation bâtiment D</i>	22

INTRODUCTION

Dans un contexte de transition énergétique accélérée, le secteur du bâtiment se retrouve au cœur des enjeux climatiques et sociaux contemporains. En France, il représente à lui seul près de **45 % de la consommation énergétique finale** et **20 % des émissions de gaz à effet de serre**. Face à ce constat, les autorités publiques ont adopté des politiques ambitieuses, à l'image du **Plan Climat de la Ville de Paris**, qui vise la neutralité carbone d'ici 2050, avec une première étape de réduction de **40 % des émissions dès 2030**.

Cette volonté se traduit concrètement par des opérations massives de rénovation énergétique, en particulier dans le **parc immobilier social**, souvent vétuste, énergivore, et techniquement constraint. La **réhabilitation de la résidence Censier-Santeuil**, pilotée par **Paris Habitat**, s'inscrit pleinement dans cette dynamique. Située dans le 5^e arrondissement de Paris, cette résidence compte **373 logements** répartis sur plusieurs bâtiments, dont certains datent des années 1960. L'opération est d'autant plus complexe qu'elle se déroule **en site occupé**, imposant une organisation rigoureuse et des solutions techniques adaptées aux contraintes d'usage et de sécurité.

L'un des défis majeurs de ce projet réside dans le choix du **mode de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire (ECS)**. Deux solutions sont mises en concurrence :

- **Le système existant**, fondé sur un raccordement au **réseau de chaleur urbain CPCU**, combiné à des équipements ECS individuels à gaz dans les logements ;
- **Une solution rénovée**, fondée sur l'installation de **pompes à chaleur (PAC) collectives air/eau**, associées à une production ECS centralisée avec appoint CPCU.

Dès lors, la problématique centrale de ce mémoire peut être formulée comme suit : « *Quelle solution de chauffage et de production d'ECS permet de garantir un équilibre optimal entre performance énergétique, faisabilité économique, durabilité environnementale et qualité de service dans le cadre d'une réhabilitation lourde en site occupé ?* »

L'objectif principal de cette étude est de **comparer rigoureusement** les deux solutions techniques proposées, afin de **déterminer la plus pertinente** dans le cadre de l'opération Censier-Santeuil, tout en formulant des améliorations possibles vers un système plus vertueux et économe.

Pour atteindre cet objectif global, plusieurs objectifs spécifiques ont été définis :

- **Analyser les performances techniques** des deux variantes (rendement, régulation, équilibre thermique) ;
- **Évaluer les impacts environnementaux** sur l'ensemble du cycle de vie, notamment en termes de consommation énergétique et d'émissions de CO₂ ;
- **Étudier les coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance** (approche CAPEX/OPEX) ;
- **Proposer des leviers d'amélioration** technique, organisationnelle ou économique, en cohérence avec les contraintes d'un chantier en site occupé.

Ce mémoire est structuré en **huit parties** complémentaires :

- **Partie I** : Présente l'introduction générale du mémoire, la problématique, les objectifs et la démarche suivie ;
- **Partie II** : Dresse un état des lieux du site d'étude, de son contexte urbain, technique et social ;
- **Partie III** : Analyse les deux solutions techniques proposées pour le chauffage et l'ECS ;
- **Partie IV** : Détaille les choix techniques retenus, les équipements dimensionnés et les régulations installées ;
- **Partie V** : Évalue les aspects économiques et financiers de chaque variante ;
- **Partie VI** : Examine les impacts environnementaux et réglementaires de l'opération ;
- **Partie VII** : Présente l'analyse des risques techniques, sociaux et organisationnels du projet ;
- **Partie VIII** : Discute les résultats obtenus, compare les scénarios et propose des recommandations finales.

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

I.1. Présentation de la structure d'accueil :

Le stage s'est déroulé au sein d'**Eiffage Construction Île-de-France**, et plus précisément au sein de l'agence **Amélioration de l'habitat**, spécialisée dans les opérations de rénovation énergétique, de réhabilitation lourde et de réaménagement en site occupé.

Eiffage Construction est l'un des grands acteurs du BTP en France, appartenant au groupe Eiffage, 3^e major du secteur en Europe. La branche **Amélioration de l'habitat** s'adresse spécifiquement aux marchés publics et privés de réhabilitation de logements sociaux, de bâtiments tertiaires ou mixtes.

L'agence dispose d'un savoir-faire reconnu dans :

- Les opérations complexes en **milieu urbain dense**,
- Les chantiers en **site occupé** (avec maintien des usagers sur site pendant les travaux),
- L'intégration de **solutions bas carbone** (réemploi, sobriété énergétique, économies d'exploitation),
- La conduite de projet en **coactivité et phasage technique fin**.

L'agence d'accueil est située au **101 Boulevard Victor Hugo, 93400 Saint-Ouen sur Seine, Île de France**.

Elle pilote plusieurs opérations en cours sur l'ensemble de la région parisienne, dont la **réhabilitation Censier-Santeuil** à Paris 5^e.

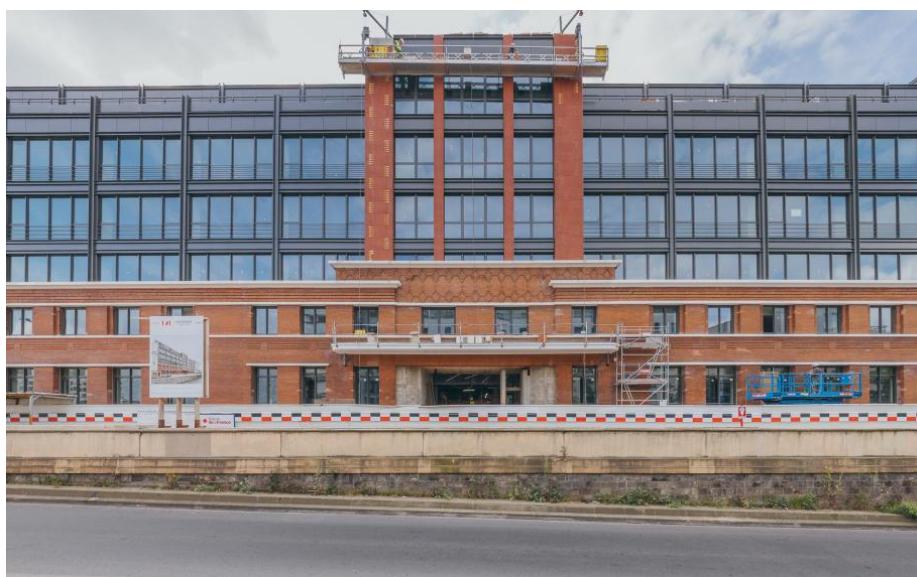


Figure 1 - Siège Eiffage construction Ile de France

I.2. Références et projets emblématiques

Eiffage Construction – Amélioration de l’Habitat a réalisé de nombreux projets d’envergure, notamment en Île-de-France :

- **Réhabilitation de 1 096 logements occupés, répartis sur 23 bâtiments, Cité Bernard de Jussieu à Versailles (78)**



Réhabilitation de 605 logements en site occupé Résidences Garges 02 « Les peupliers » et Garges 03 « Le bois de la Dame Blanche »



I.3. Organigramme du chantier :

Sur le projet Censier-Santeuil, une équipe spécifique a été mise en place pour accompagner la complexité du chantier en milieu habité, avec des réunions hebdomadaires avec la maîtrise d'ouvrage (Paris Habitat) et la maîtrise d'œuvre (COTEC Ingénierie / Atelier Tépu Architectes).

L'organigramme de l'agence Amélioration de l'habitat sur le projet est le suivant :

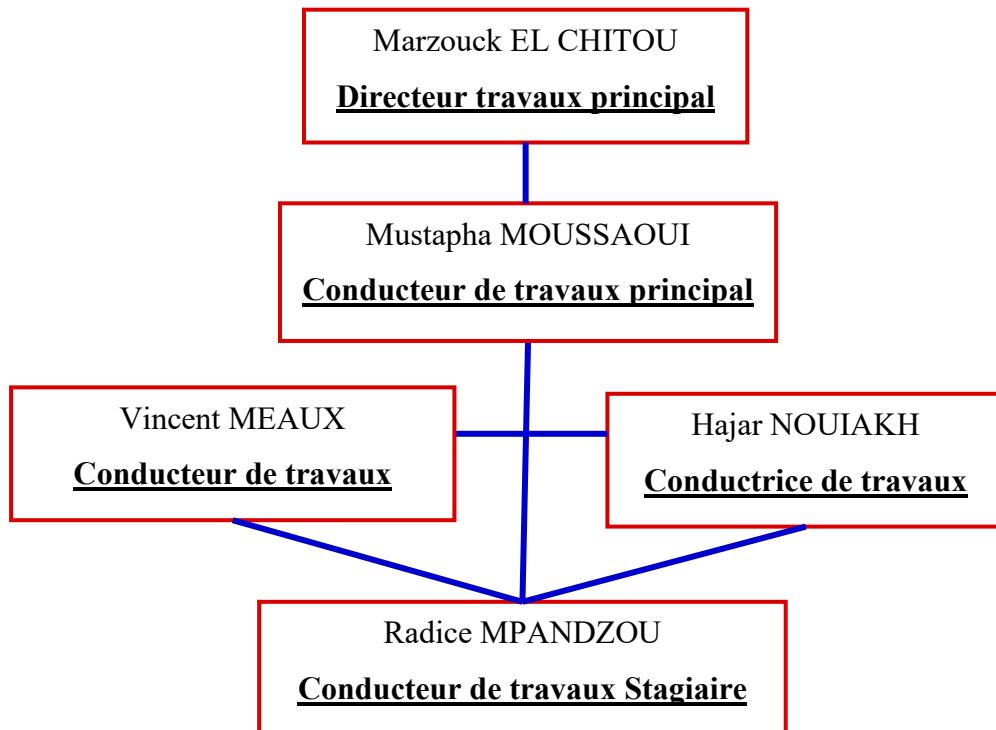


Figure 2 - Organigramme du projet

I.4. Présentation de la zone d'étude : –“ Îlot Censier-Santeuil, Paris 5^e”

I.4.1. Localisation et contexte urbain :

Le projet se situe au cœur du 5^e arrondissement de Paris, dans un tissu urbain dense, patrimonialement sensible et socialement actif.[1]

L’îlot **Censier-Santeuil** est délimité par les rues **Censier, Santeuil, Geoffroy-Saint-Hilaire et du Fer-à-Moulin.**

Cette localisation présente plusieurs caractéristiques importantes :

- Une proximité immédiate avec des équipements culturels, éducatifs et sanitaires majeurs :
 - Jardin des Plantes,
 - Grande Mosquée de Paris,
 - Campus Pierre et Marie Curie,
 - Hôpital de la Pitié Salpêtrière.
- Une très bonne desserte en transports (métro ligne 7, bus, stations Vélib').
- Une cohabitation entre logements sociaux, établissements scolaires et bureaux (dont plusieurs de Paris Habitat).[2]

Ce contexte implique des contraintes spécifiques en matière de logistique chantier, de circulation, de respect du voisinage et de coordination interinstitutionnelle.[3]

Le plan global de l’opération, détaillant la position des bâtiments, voiries et emprises techniques, est consultable en *Annexe 1.*

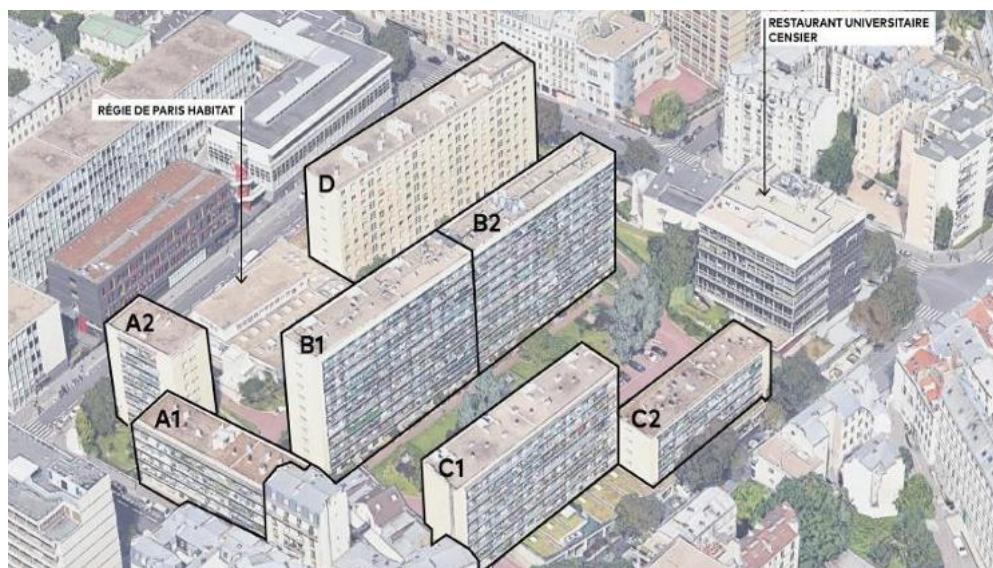


Figure 3 - Vue aérienne 3D du projet

I.4.2. Caractéristiques du site bâti

Le parc immobilier objet du projet est composé de **373 logements sociaux**, répartis en deux entités :

Groupe	Typologie	Nb logements	Particularités
105 GH	HLM	300	5 bâtiments R+4 à R+10
105 CE	ILN	73	1 bâtiment R+8

Les bâtiments ont été construits entre **1962 et 1966**, selon les standards de l'époque, aujourd'hui largement dépassés en matière de performance énergétique et d'ergonomie des équipements.

L'ensemble représente environ **21 757 m² de surface habitable**[4], auxquels s'ajoutent :

- Des **locaux commerciaux** et administratifs (15 unités),
- Un **parking souterrain** concédé,
- **26 places de stationnement extérieures** gérées par Paris Habitat,
- Des espaces verts arborés et des voiries intérieures à préserver pendant le chantier.

Le bâti est classé **3^e famille d'habitation**, avec une mixité architecturale complexe : mosaïques bleues en façade principale, pierres naturelles à l'arrière.

L'**ITE** est **interdite** par les Architectes des Bâtiments de France (ABF), ce qui impose des solutions énergétiques intégrées exclusivement par l'intérieur.[5]

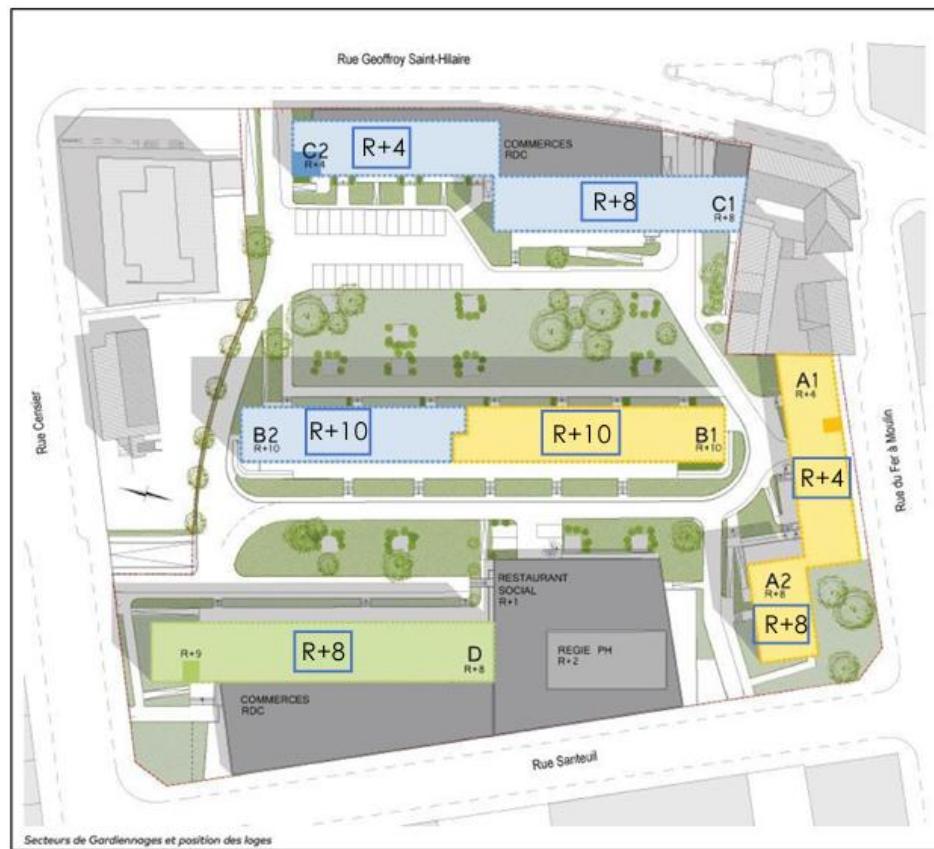


Figure 4 - Vue en plan, nombre de niveau par bâtiment

I.4.3. Contexte social et technique

Le projet se déroule **en site occupé intégralement**, avec maintien des 373 foyers pendant toute la durée des travaux.

Cela implique :

- Une **planification extrêmement fine** (phases témoin, relais, courtoisies),
- Une **coordination quotidienne** avec les médiateurs de Paris Habitat,
- L'usage d'**outils numériques dédiés à la communication locataire** (application « Avis Locataire »),
- La mise en place de **logements relais temporaires** pour certains ménages lors de phases critiques.

D'un point de vue technique, les diagnostics initiaux ont révélé :

- Une **forte hétérogénéité des systèmes ECS** (individuels dans les HLM, collectifs dans l'ILN),
- Des **réseaux de chauffage vieillissants**, peu régulés et déséquilibrés,
- Une **présence d'amiante** dans plusieurs gaines techniques et cloisons,
- Une vétusté généralisée de nombreux équipements collectifs (ascenseurs, sous-stations, VMC...).



Figure 5 - Bâtiments B et D, Rue Censier

I.4.4. Conclusion sur la zone d'étude

La résidence Censier-Santeuil constitue un **cas d'étude idéal pour une opération de réhabilitation énergétique complexe**, conjuguant :

- Une problématique thermique structurelle,
- Des enjeux patrimoniaux et réglementaires forts,[3]
- Un contexte social exigeant,
- Un besoin de modernisation technique systémique,
- Et une opportunité de repenser totalement la production énergétique du bâti.

II. PRESENTATION DU PROJET :

II.1. Contexte général du projet

Le projet de réhabilitation de la résidence Censier-Santeuil s'inscrit dans une dynamique volontariste de transition énergétique portée par Paris Habitat et la Ville de Paris. Il fait partie intégrante du **Plan Climat de Paris**, dont l'objectif est d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050, en réduisant de 40 % les émissions de gaz à effet de serre dès 2030.[6]

Le **Plan Climat Paris 2050**, adopté en 2023, s'articule autour de cinq axes structurants :

- La sobriété énergétique,
- La performance thermique du bâti,
- La décarbonation des énergies,
- L'adaptation au changement climatique,
- La mobilisation citoyenne.

Le projet Censier-Santeuil, par la **suppression des équipements gaz**, l'**installation de PAC collectives**, la **centralisation de l'ECS** et la **mise en œuvre de régulations intelligentes**, répond de manière cohérente à ces axes. Il illustre également l'ambition de transformation énergétique du parc social parisien, avec un accompagnement actif des locataires via des outils comme l'application « Avis Locataire ».

II.2. Localisation et caractéristiques du site

La résidence Censier-Santeuil est implantée dans le 5^e arrondissement de Paris, au sein d'un tissu urbain dense et patrimonial. Elle est délimitée par les rues Santeuil, Censier, Geoffroy-Saint-Hilaire et du Fer à Moulin. Le quartier bénéficie d'un environnement mixte associant habitat, commerces, services publics et pôles universitaires.

La parcelle est également soumise à plusieurs **contraintes patrimoniales** (façades classées, ABF) qui limitent les interventions en façade (notamment l'interdiction d'ITE).



Figure 6 - Plan masse de la résidence

II.3. Composition du patrimoine bâti

La résidence est composée de **373 logements** répartis sur **6 bâtiments principaux** :

Groupe	Bâtiments	Nb logements	Surface habitable	Typologies
105 GH (HLM)	A1, A2, B1, B2, C	300	18 657 m ²	T1 à T6
105 CE (ILN)	D	73	3 100 m ²	T1 à T6
Total		373	21 757 m²	

Équipements associés :

- 15 locaux commerciaux ou administratifs,
- 26 places de stationnement extérieures + 1 parking souterrain (Parispark),
- Espaces verts et voiries intérieures à préserver.

II.4. Diagnostic et état initial

Les systèmes techniques en place présentaient une **forte hétérogénéité** et une **obsolescence prononcée** :

- **Chauffage** : CPCU via des sous-stations vétustes et non régulées ;
- **ECS** :
 - Collective pour les ILN (groupe 105 CE),

- Individuelle (chauffe-bains gaz ou ballons électriques) pour les HLM (105 GH),
- **Régulation thermique** : quasi absente (pas de robinets thermostatiques),
- **Ventilation** : VMC naturelle ou partielle non performante,
- **Structure** : gaines techniques en béton amianté (limite les interventions),
- **Confort thermique** : très variable entre les logements.[7]

Un état des lieux détaillé réalisé permet d'identifier précisément, pièce par pièce, les équipements à remplacer dans le bâtiment D : radiateurs, chauffe-eaux, robinetterie, etc.

Voir exemple en *Annexe V : Exemple d'état des lieux logement type (EDL)*.

II.5. Objectifs de la réhabilitation

Objectifs techniques :

- Réduire la consommation énergétique de 35 à 50 %,
- Supprimer les équipements gaz individuels,
- Installer une production ECS collective performante,
- Améliorer la régulation thermique par zones,
- Rénover les réseaux ECS avec équilibrage et calorifugeage.

Objectifs environnementaux :

- Réduction des émissions de CO₂ (\approx -30 %),
- Respect des objectifs du Plan Climat 2050,
- Amélioration de l'étiquette DPE (de D/E vers B/C selon les bâtiments).

Objectifs sociaux et opérationnels :

- Maintien des habitants en site occupé pendant les travaux,
- Création de logements témoins et relais,
- Suivi locatif par outils numériques (appli Avis Locataire).

II.6. Programme technique projeté

Le programme technique défini avec la maîtrise d'œuvre comprend :

- **Chauffage :**
 - Maintien du CPCU avec création d'une sous-station principale neuve,
 - Pose de robinets thermostatiques sur l'ensemble des radiateurs.
- **ECS :**
 - Installation de **4 PAC collectives Effipac ATL 32 kW**,[8]
 - Production ECS assurée à 60 % par PAC, appoint via CPCU,

- Réseau ECS rénové avec équilibrage hydraulique et calorifugeage,
- Stockage tampon : 6 750 L.[8]
- **Ventilation :**
 - Mise en place d'une VMC basse pression hygroréglable (type A/B).

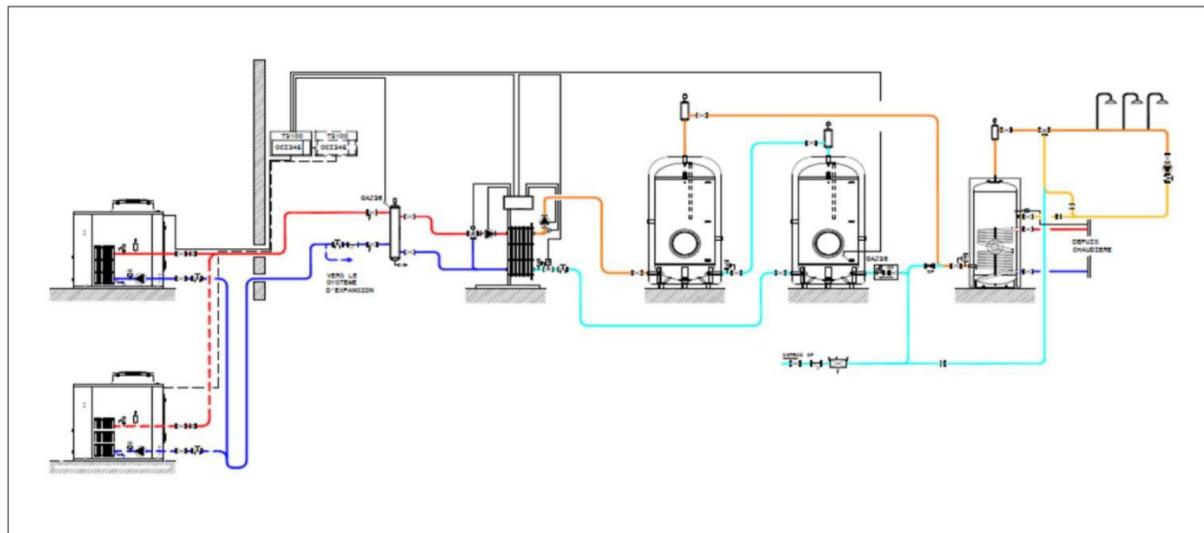


Figure 7 - Schéma du système thermique existant bâtiment D

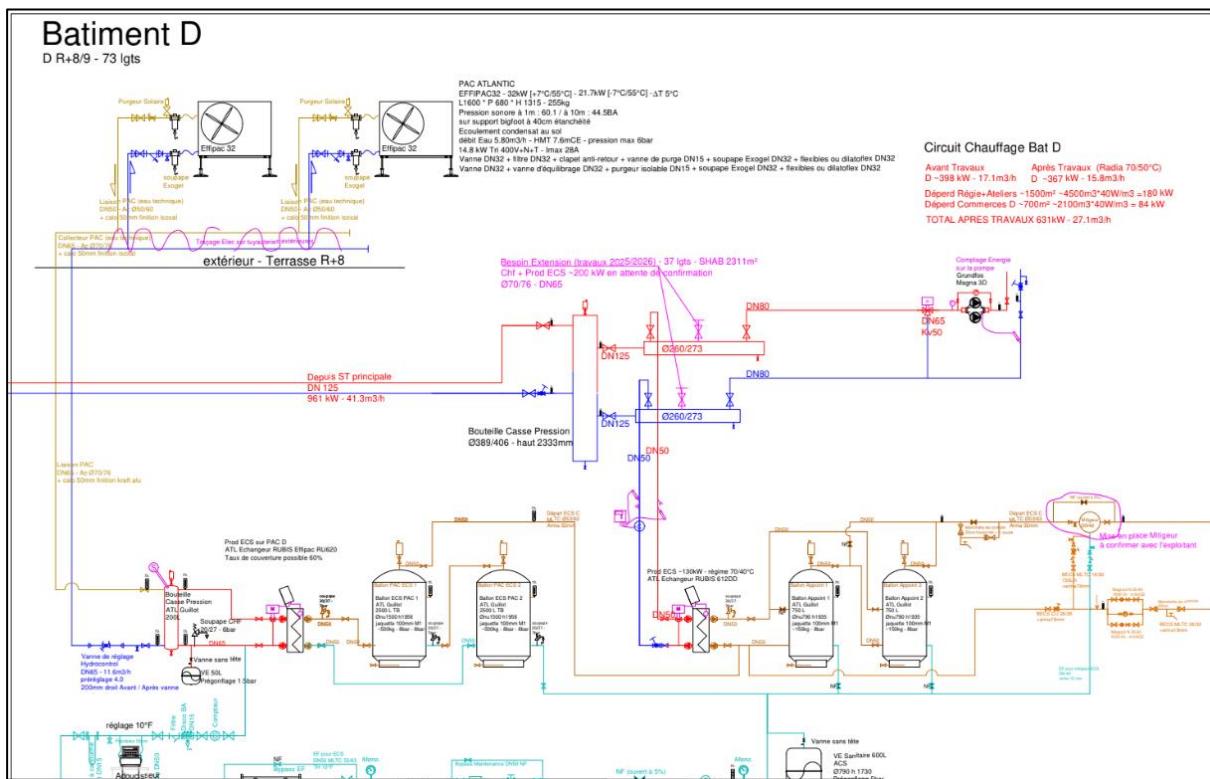


Figure 8 - Schéma du système projeté avec PAC et régulation bâtiment D

II.7. Particularités de l'organisation chantier :

L'organisation technique du projet de réhabilitation énergétique repose en grande partie sur le dimensionnement précis des besoins thermiques, tant en **chauffage** qu'en **production d'eau chaude sanitaire (ECS)**. Le tableau ci-dessous a été établie à partir de documents techniques de référence, produit par le bureau d'études thermiques.

Ce dimensionnement prend en compte :

- les **usages conventionnels** (selon la RT applicable),
- les **déperditions thermiques** constatées sur le bâti existant,
- les **coefficients de simultanéité** liés à l'habitat collectif,
- et les **spécificités techniques** des équipements projetés (PAC, réseaux, bouclage).

Tableau 1 - Dimensionnement thermique par bâtiment (chauffage + ECS)

Bâtiment	Chauffage (kW)	ECS (kW)	Total (kW)	Nombre de logements
D (ILN)	475	486	961	73
A1 à C2 (HLM)	1257	676	1933	300
Total site	1732	1162	2894	373

Le détail du phasage des travaux pour le bâtiment D est fourni en *Annexe IV : Planning bâtiment D – Détail séquentiel*, incluant les jalons critiques et les séquences courtoisie.

À première lecture, on pourrait s'attendre à ce que la répartition des puissances thermiques soit strictement proportionnelle au nombre de logements. Or, le bâtiment D, qui ne représente que **19,6 % du parc total**, concentre à lui seul :

- **41,8 % des besoins en ECS,**
- et **27,4 % des besoins en chauffage.**

Ce déséquilibre apparent est techniquement justifié par plusieurs facteurs :

- **Un système ECS centralisé préexistant dans l'ILN**, avec un rendement faible et une régulation quasi inexistante, entraînant des **pertes thermiques importantes**.
- **Des longueurs de réseaux ECS significatives**, en partie non calorifugées, générant des **pertes de distribution élevées**[9]
- **Une typologie de logements plus grande**, avec une majorité de **T3 à T5** dans le bâtiment D, alors que les HLM regroupent plus de studios et de T2. La **surface moyenne par logement** y est donc supérieure, ce qui influe mécaniquement sur la charge thermique.
- **Des locaux techniques et annexes** (caves, halls, locaux communs) plus nombreux dans l'ILN, augmentant les volumes à chauffer, même s'ils ne figurent pas dans le décompte

logement.

- Enfin, les HLM étaient historiquement équipés de **systèmes ECS individuels** (chauffebains gaz ou ballons électriques), avec des consommations hétérogènes et difficilement quantifiables. À l'inverse, la production collective du bâtiment D permet une **agrégation complète des besoins**, ce qui tend à amplifier sa part dans les bilans globaux.[3]

Conséquences sur l'organisation du projet

Ces spécificités techniques ont conduit à adapter l'organisation du chantier :

- **Un stockage ECS tampon dimensionné à 6750 litres**, spécifiquement pour le bâtiment D ;
- **Un bouclage ECS renforcé**, avec circulateur à haut rendement et régulation dynamique ;
- **La rénovation complète de la sous-station existante**, avec modernisation des échangeurs, automatismes, et vannes de régulation.

La prise en compte de ces éléments dès la conception a permis d'éviter le sous-dimensionnement des équipements et d'optimiser les rendements, en ciblant particulièrement les bâtiments les plus énergivores.

II.8. Participation au projet et rôle du stagiaire dans l'entreprise

Dans le cadre de mon stage, j'intègre cette structure en Janvier 2025 entant que conducteur de travaux, pour analyser les méthodologies de réhabilitation en site occupé et l'optimisation des interventions pour minimiser les nuisances tout en garantissant la qualité des travaux.

Mon rôle consistait à assister les conducteurs de travaux dans le suivi global du chantier.

Les missions confiées ont couvert :

- Le suivi d'exécution des différents travaux dans les logements (plomberie, électricité, serrurerie, peinture, carrelage, etc.).
- La vérification de conformité des éléments et leurs positions par rapport aux plans projet (gros œuvre, cloison, portes, trappes, etc.).
- La gestion des approvisionnements,
- La gestion des relations avec les sous-traitants,
- La coordination opérationnelle et le contrôle de la qualité d'exécution des travaux
- Le suivi quotidien de la planification et la supervision d'espaces témoins (logements relais et courtoisie).

III. METHODOLOGIE DE CONCEPTION

III.1. Démarche générale

La conception du nouveau système de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire (ECS) pour la résidence Censier-Santeuil repose sur une **démarche d'ingénierie systémique**, adaptée à une réhabilitation lourde en site occupé. Cette approche s'inscrit dans les exigences du **Plan Climat Paris 2050**, avec pour objectifs :

- **Performance énergétique optimisée**
- **Sécurité d'exploitation renforcée**
- **Réduction de l'empreinte carbone**

La méthodologie, structurée en **6 étapes clés**, assure une transition maîtrisée entre l'existant et le futur système.

➤ **Diagnostic technique initial**

Objectif : Établir un état des lieux précis des installations et des performances énergétiques.

- **Audit complet des 6 bâtiments (A1 à D)** incluant :
 - **Diagnostics de Performance Énergétique (DPE)** par bâtiment.
 - **Évaluation des équipements existants :**
 - CPCU vétuste,
 - Chauffe-bains gaz individuels,
 - Absence de système de régulation centralisé.
 - **Identification des dysfonctionnements majeurs :**
 - Déséquilibres hydrauliques,
 - Pertes thermiques sur les réseaux ECS,
 - Non-conformités des sous-stations (sécurité gaz).

➤ **Analyse des besoins thermiques**

Objectif : Déterminer avec précision les puissances requises pour le chauffage et l'ECS.

- **Paramètres étudiés :**
 - Surfaces habitables et volumes chauffés,
 - Typologie des logements (T1 à T6),
 - Régimes d'occupation,
 - Coefficients de simultanéité,
 - Pertes estimées sur les réseaux.
- **Besoins normatifs :**

- Chauffage : Calcul basé sur la **RT Existant 2017**.
- ECS : Estimation selon les **normes 3CL** (50–80 L/pers/jour à 40°C).

Résultat clé :

- **Déséquilibre entre bâtiments** (ex. : Bâtiment D = 13,16 kW/logement vs 5,89 kW/logement pour A2), lié aux différences de typologie et de performance énergétique.

➤ Modélisation énergétique

Outils et référentiels :

- **Logiciels** : Revit MEP (modélisation 3D), Caneco (calculs électriques), Excel (synthèse).
- **Réglementation** : RT Existant 2017 pour les calculs de déperditions.
- **Approche calculatoire** :
 - **Chauffage** :

$$P_{chauffage} = De'perditions \times \Delta T$$

$$Avec \Delta T = 19 - (-7) = 26^{\circ}C$$

$$pour -7^{\circ}C = Text. Et 19^{\circ}C = Tint.$$

- **ECS** :

- Correction des pertes (20 % sur stockage et distribution).
- Température de stockage : 60°C (norme hygiène).

➤ Synthèse et dimensionnement

Livrables :

- **Tableau récapitulatif** (cf. Tableau 2) avec :
 - Puissances par bâtiment (ex. : 961 kW pour le Bâtiment D),
 - Répartition par logement (kW/unité),
 - Total global : **2 894 kW** pour le site.

➤ Validation technique

Vérifications critiques :

- **Conformité réglementaire** (RT Existant, sécurité gaz).
- **Audit des réseaux** : Mesures in situ des pertes thermiques.
- **Recouplement des données** avec les lots techniques (COTEC).

➤ Exploitation des résultats

Applications :

- **Dimensionnement des nouveaux équipements** (PAC, ballons ECS).
- **Optimisation des réseaux** (bouclage ECS, équilibrage hydraulique).
- **Priorisation des travaux** (bâtiments les moins performants en premier).

Conclusion

Cette méthodologie rigoureuse, combinant **analyse réglementaire, modélisation avancée et validation terrain**, garantit une **estimation fiable des besoins** et un **dimensionnement optimisé** des installations. Les écarts identifiés entre bâtiments (ex. : ILN vs HLM) orientent les choix techniques vers des solutions adaptées à chaque contexte, en phase avec les objectifs de sobriété énergétique du projet.

Tableau 2 - Besoins thermiques par bâtiment

Groupe / Bâtiment	Nb Logements	Chauffage (kW)	ECS (kW)	Total (kW)
Bâtiment D (ILN)	73	475	486	961
Bâtiment A1 (HLM)	53	238	136	374
Bâtiment A2 (HLM)	57	224	112	336
Bâtiment B1 (HLM)	53	199	119	318
Bâtiment B2 (HLM)	62	310	174	484
Bâtiment C (HLM)	75	286	135	421
TOTAL GLOBAL SITE	373	1732	1162	2894

Ces valeurs serviront de base :

- Au dimensionnement des **sous-stations neuves**,
- À la **sélection des PAC** (en cascade),
- À l'**évaluation des économies d'énergie attendues** par rapport aux équipements existants (chauffe-bains gaz, CPCU vétuste),
- À la **justification des choix techniques** dans les étapes suivantes du mémoire.

➤ Comparaison multicritère des variantes techniques

Deux solutions ont été analysées :

- **Solution 1** : Maintien du CPCU + ECS individuelle
- **Solution 2** : CPCU + PAC collective ECS

➤ Choix de la solution optimale

Après analyse des deux solutions, la solution optimale est validée après arbitrage entre la maîtrise d'ouvrage (MOA), la maîtrise d'œuvre (MOE) et l'entreprise. Celle-ci est appliquée à la réhabilitation.

III.2. Objectifs de performance et contraintes du projet

Dans le cadre de la réhabilitation thermique de la résidence Censier-Santeuil, les objectifs de performance ont été définis selon un double référentiel : d'une part, les exigences du **Plan Climat de la Ville de Paris**, et d'autre part, les standards des **labels environnementaux visés** (NF Habitat, HPE Rénovation, voire BBC Rénovation).

III.2.1. Objectifs de performance énergétique et environnementale

Ces objectifs constituent le cadre de référence de la conception technique du projet, notamment pour le choix des équipements thermiques, des systèmes de régulation et des matériaux isolants.

Ils s'inscrivent dans une double logique :

- **Réduire significativement la consommation énergétique conventionnelle** du site (notamment le Cep – consommation d'énergie primaire),
- **Améliorer le confort et la sécurité des occupants**, tout en garantissant une maintenance simplifiée et une durabilité accrue des installations.

Le tableau suivant synthétise les principales cibles de performance visées dans le cadre du projet, accompagnées de leurs justifications techniques et opérationnelles :

Objectif	Cible attendue	Justification
Gain énergétique global	$\geq 35\%$ sur le CEP	Améliorer la classe DPE et réduire les charges
Étiquette énergétique finale	Classe C (voire B)	Conformité au DPE 3CL après travaux
Rendement ECS	$COP \geq 3,5$	Via PAC collectives Effipac ATL
Émissions de GES	-25 à -30 %	Par suppression du gaz domestique
Maintenance	Centralisée et simplifiée	Moins de pannes, diagnostics facilités
Confort locataire	Température stabilisée,	Régulation, équilibrage, robinets

	débit maîtrisé	thermostatiques
--	----------------	-----------------

III.2.2. Contraintes techniques et opérationnelles

Le projet est soumis à des contraintes notables qui ont conditionné le choix des solutions techniques :

- **Site occupé** : maintien des habitants en place, phasage précis et communication permanente,
- **Façades classées (ABF)** : impossibilité d'intervenir en ITE ou sur l'aspect extérieur,
- **Présence d'amiante** : interventions limitées sur les gaines techniques et planchers bas (cf. *Plan de retrait amiante.pdf*),
- **Logistique contrainte** : cœur d'îlot difficile d'accès pour les engins lourds, stockage limité,
- **Multiplicité des entités** : MOA (Paris Habitat), MOE, entreprise, locataires, exploitants, etc.

Ces contraintes ont nécessité des **solutions techniques robustes**, mais également **modulables**, et compatibles avec une exécution en milieu contraint.

III.3. Outils et méthodes utilisés pour la conception

La conception du système thermique a mobilisé une large gamme d'outils numériques et de méthodes d'ingénierie collaborative, structurés autour de la coordination entre la maîtrise d'œuvre (Atelier Téqui / COTEC), les bureaux d'études spécialisés (fluides, thermique), et l'entreprise générale (Eiffage Réhabilitation IDF).

➤ **Outils techniques**

Une **combinaison d'outils techniques et de documents de référence** a été mobilisée pour structurer la démarche de conception, de simulation et d'analyse des performances attendues. Ils sont issus de documents opérationnels fournis par la maîtrise d'œuvre, les fabricants ou produits en interne, et permettent une **traçabilité rigoureuse des hypothèses retenues** tout au long de l'étude.

Le tableau ci-dessous récapitule l'ensemble des outils et supports utilisés, en précisant leur fonction et leur origine :

Outil / support	Fonction	Source / fichier
-----------------	----------	------------------

Plans de principe CVC	Visualisation des réseaux ECS / chauffage	<i>DCE COTEC lot 01-10.pdf</i>
Études PAC Effipac ATL	Sélection modèle, COP, plage T°	<i>PAC A-D ATL – notices</i>
Simulation BECS	Besoins ECS, stockage tampon	<i>2-2-3 D BECS 250527.pdf</i>
RT & DPE initial / rénové	Validation énergétique	<i>Etiquette RT & 3CL initial / rénové.pdf</i>
DPGF + bordereaux quantitatifs	Estimations financières	<i>DPGF Client 050324 lot 01.xlsx</i>
Planning séquentiel	Phasage des interventions par cage / étage	<i>Séquentiel logements ind0.xlsx</i>
Logiciels utilisés	Caneco (CVC), Revit MEP, Excel,	-

➤ **Méthodologie de coordination**

- Réunions de conception hebdomadaires MOA-MOE-Entreprise (présence du BET fluides),
- Réunions techniques locataires organisées par Eiffage et complément d'infos via l'appli "Avis Locataire",
- Validation en amont des choix d'équipements (PAC, robinets thermostatiques, ballons, VMC),

IV. ETUDE DE FAISABILITE TECHNIQUE :

L'étude de faisabilité technique vise à analyser et comparer, de manière structurée et argumentée, deux scénarios de configuration thermique pour la résidence Censier-Santeuil. Dans le contexte d'un projet de réhabilitation énergétique en milieu occupé, la conception des systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire (ECS) doit s'appuyer sur des critères techniques objectifs, tenant compte :

- des contraintes du bâti existant,
- des exigences réglementaires (DPE, Plan Climat 2050),
- des impératifs de confort, de sécurité et de maintenabilité,
- et de la faisabilité d'exécution dans un environnement dense.

La présente analyse compare :

- d'une part, le **système existant**, basé sur une distribution collective de chaleur (CPCU) couplée à une production ECS individuelle en logement ;
- d'autre part, une **solution projetée**, associant la conservation du chauffage CPCU à une production ECS centralisée par **pompes à chaleur collectives (PAC)**.

Chacune de ces configurations est évaluée selon ses performances techniques, son adéquation aux besoins du site, ses limites structurelles et son potentiel d'optimisation énergétique.

IV.1. Étude Solution 1 : maintien du système initial

La première solution correspond au maintien des installations existantes sans aucune transformation majeure des systèmes thermiques en place.

IV.1.1. Description technique

Cette solution consiste à conserver l'intégralité du système en place :

- **Chauffage** : assuré par le réseau de chaleur urbain (CPCU), via des sous-stations de génération ancienne, avec distribution verticale par colonnes montantes non isolées, et sans régulation locale (absence de robinets thermostatiques).
- **ECS** :
 - Collective uniquement pour le bâtiment ILN (groupe 105CE – bâtiment D),
 - Individuelle pour les logements HLM (groupes 105GH) via chauffe-bains à gaz ou ballons électriques.

Le schéma hydraulique des installations de chauffage et ECS avant travaux est fourni en *Annexe II : Schéma du système Thermique Existant – Bâtiment D*.

IV.1.2. Limitations et désavantages techniques

L'analyse de l'état initial des installations a permis d'identifier plusieurs **limitations techniques majeures** nuisant à la performance énergétique, à la sécurité et au confort des usagers. Ces dysfonctionnements sont liés à la vétusté des équipements individuels (chauffe-bains à gaz) et à l'absence de régulation.

Problème identifié	Impact
Chauffe-bains à gaz vétustes	Risques CO, surconsommation, ventilation inadaptée
Maintenance éclatée	Complexité et coût élevé de gestion technique
Confort utilisateur hétérogène	Variabilité de température, temps d'attente ECS
Rendement ECS faible	≈ 65 %, pertes réseaux, consommation excessive

Sous-stations obsolètes	Réactivité lente, absence de régulation moderne
Sécurité gaz non optimisée	Incompatible avec les objectifs de suppression du gaz

IV.1.3. Faisabilité en site occupé

D'un point de vue technique, cette solution ne nécessite pas de travaux invasifs, mais elle présente un caractère **défensif**, non évolutif. Elle ne permet aucune amélioration notable du bilan énergétique, ni de réduction des charges locatives, et reste exposée aux **risques réglementaires futurs** (interdiction progressive des énergies fossiles en logement).

IV.2. Étude de la Solution 2 – CPCU + PAC ECS (solution retenue)

La seconde solution constitue une rénovation complète et optimisée des systèmes de production d'eau chaude sanitaire, tout en conservant le chauffage existant alimenté par le CPCU.

III.2.1. Description technique détaillée :

Cette configuration associe le maintien du chauffage collectif CPCU, modernisé par une régulation optimisée, à la mise en place d'un **système ECS centralisé** alimenté par **pompes à chaleur collectives Effipac ATL**, conçues pour un fonctionnement en cascade.

Caractéristiques principales :

- **PAC air/eau (Effipac 32 kW)** avec appoint CPCU en période de pointe,
- Réseaux ECS entièrement rénovés et calorifugés avec une température retour minimale de **55 °C** pour éviter les bactéries.
- Système de bouclage performant avec régulation intelligente (sondes de température, débitmètres, vannes 3 voies motorisées),
- Ballons de stockage ECS : capacité totale 6 750 litres (volume déterminé en fonction de la demande journalière en ECS et des pics de consommation.).
- La suppression complète de tous les chauffe-bains gaz individuels existants.

Tableau 3 - Paramètres généraux du système ECS centralisé (PAC Effipac ATL)

Élément	Valeur / Description	Source
Modèle PAC	Effipac ATL 26–32 kW	Notice technique Effipac 2022
Nombre d'unités	4 (fonctionnement en cascade)	Étude ATL PAC A-D
Puissance nominale	32 kW	Notice Effipac

unitaire		
Puissance thermique totale	128 kW	Synthèse ATL
COP saisonnier moyen	3,5 à 3,8	Étude PAC ATL
Type d'installation	PAC air/eau, mode ECS uniquement	Guide d'intégration ATL
Température de consigne ECS	55 °C	COTEC + BECS
Volume de stockage ECS	6 750 litres (6 ballons répartis)	Simulation BECS 250527
Mode de bouclage	Boucle primaire + circulateurs	DCE COTEC lot 01-10
Appoint	CPCU via échangeur secondaire	COTEC

Le schéma de principe du système projeté est illustré à la Figure 4.1.

III.2.2. Avantages techniques et fonctionnels :

La solution 2 offre plusieurs avantages en matière de **performance énergétique**, de **durabilité des équipements** et de **gestion simplifiée**. Ces gains se traduisent aussi bien en efficacité qu'en confort pour les usagers et en facilitation pour l'exploitant.

Le tableau ci-dessous résume les bénéfices clés du système PAC + CPCU :

Avantage	Justification
COP moyen de 3,5 à 3,8	Performances validées par le BET (PAC A-D ATL)
Suppression du gaz en logement	Sécurité, maintenance, conformité réglementaire
Régulation centralisée	Stabilité T°C ECS, réduction des pertes
Réduction des GES	Économie de CO ₂ de 25 à 30 %
Uniformisation des équipements	Simplification pour le gestionnaire (MOA)
Durabilité	PAC dimensionnées pour 15–20 ans de service

III.2.3. Faisabilité en site occupé

La solution 2 est techniquement compatible avec un phasage par cage, prévu dans le planning séquentiel du projet. La mise en œuvre des PAC et des ballons se fait dans les locaux techniques sans emprise sur les logements, et les basculements vers le nouveau réseau ECS sont planifiés de façon coordonnée avec la MOA.

Limites potentielles à surveiller :

- Dimensionnement précis nécessaire pour éviter les surcharges,

- Dépendance partielle au mix électrique pour les PAC,
- Besoin d'une surveillance technique renforcée les premières années.

IV.3. Paramètres techniques et dimensionnements

Le dimensionnement du système de production et de distribution thermique a été réalisé à partir des documents transmis par le bureau d'études techniques et consolidé par l'analyse du BET COTEC (fichiers BECS, fiches techniques PAC ATL, DCE lot 01–10). Les données intègrent les besoins réels du site, les caractéristiques du bâti, les contraintes d'exploitation, ainsi que les préconisations du fabricant (Effipac) pour les PAC collectives.

IV.3.1. Chauffage – CPCU

Tableau 4 - Caractéristiques techniques du système de chauffage CPCU

Paramètre	Valeur / caractéristique
Réseau de chaleur	CPCU (Compagnie Parisienne de Chauffage Urbain)
Puissance totale estimée	1 732 kW pour 373 logements
Distribution	Colonnes montantes rénovées / calorifugées
Régulation	Ajout de robinets thermostatiques dans les logements
Sous-stations	Remplacées et modernisées (régulation, débitmètres)
Particularité	Réseau secondaire indépendant par cage d'escalier

IV.3.2. ECS – Pompes à chaleur collectives

Le système ECS centralisé repose sur l'installation de **quatre PAC Effipac ATL** en cascade, chacune d'une puissance de 26 à 32 kW, selon la température de fonctionnement.

Tableau 5 - Paramètres techniques du système ECS par PAC collectives

Paramètre	Valeur / configuration
Modèle	Effipac ATL 26–32 kW
Nombre d'unités	4
Puissance unitaire nominale	32 kW
Puissance totale installée	128 kW
Type	PAC air/eau – usage ECS collectif
COP moyen saisonnier	3,5 à 3,8
Température ECS de	55 °C

consigne	
Appoint	CPCU (via échangeur secondaire en cas de température extérieure basse)
Stockage ECS	Ballons tampon – 6 750 litres au total
Bouclage ECS	Oui – circulateur haute performance, régulation par sondes T°C et vannes motorisées

Le nouveau principe de distribution post-rénovation est illustré par le schéma fourni *en Annexe III : schéma du système thermique projeté (PAC + régulation)*.

Le tableau ci-dessous suivant synthétise le dimensionnement thermique par bâtiment pour les PAC, volumes de stockage et débits.

Tableau 6 - Paramètres techniques des PAC et stockage ECS

Bâtiment	Nombre logements	PAC installées	Volume stockage (L à 60 °C)	Ballons installés	Débit primaire total (m³/h)	COP estimé	Couverture PAC (%)
A	47	1	4 740	3 x Corhydro 1000/900	5,5	≈ 3,5	50 %
B	154	3	13 111	3 x Corhydro 3000/2500	16,5	≈ 3,6	52 %
C	98	2	7 774	2 x Corhydro 2500	11,0	≈ 3,6	52 %
D	73	2	6 750	2 x Corhydro 2500	11,0	≈ 3,5	60 %

IV.3.3. Distribution et réseau hydraulique

Tableau 7 – Caractéristiques techniques du réseau de distribution ECS

Équipement	Caractéristique
Matériau de réseau ECS	Cuivre multicouche calorifugé
Calorifugeage	Coefficient $\lambda < 0,04 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ – conforme au DTU 60.5
Bouclage ECS	Sur chaque branche principale avec vanne d'équilibrage automatique
Circulateurs	Haut rendement (classe IE4), à débit variable
Sonde de température	Placées en pied et en tête de chaque circuit de boucle
Équilibrage	Vannes de réglage et débitmètres sur les collecteurs principaux

[10].

IV.3.4. Équipements de régulation

La régulation a été conçue pour assurer un confort thermique stable, une limitation des pertes et une adaptabilité en fonction des conditions extérieures.

Le calorifugeage est conforme aux exigences du DTU 60.5. La régulation respecte les principes décrits dans la norme EN 378 (systèmes thermodynamiques).

Le tableau ci-dessous synthétise les principaux équipements assurant la régulation thermique et hydraulique du nouveau système projeté.

Tableau 8 – Équipements de régulation thermique et hydraulique

Système de régulation	Fonction
Robinet thermostatique logement	Régulation pièce par pièce du chauffage (CPCU) – confort utilisateur
Vanne motorisée 3 voies	Pilotage automatique du bouclage ECS selon $T^{\circ}\text{C}$ de consigne
Sondes de température ECS	Mesure en continu – retour + départ réseau – asservissement des PAC et vannes
Automates PAC Effipac	Programmation, gestion des cycles PAC, alarmes, bascules appoint
Interface supervision locale	Visualisation en temps réel, paramétrage, télégestion (via coffret ATL)

Régulateurs décentralisés	Par boucle d'ECS, équilibrage dynamique par débitmètres motorisés
Circulateurs à débit variable	Adaptation automatique selon consommation – réduction des pertes
Capteurs pression différentielle	Surveillance du réseau – protection contre les déséquilibres hydrauliques

[10]

IV.4. Conclusion technique de l'étude

L'analyse technique comparative des deux solutions proposées pour le système thermique de la résidence Censier-Santeuil permet de tirer des conclusions nettes sur les performances, les risques, la faisabilité et la pertinence de chacune.

La **solution 1**, reposant sur le maintien des équipements existants (chauffage CPCU, ECS individuelle gaz/électrique), présente des avantages économiques à court terme liés à l'absence de travaux lourds.

Toutefois, elle souffre de nombreuses limites structurelles et fonctionnelles :

- Absence de régulation thermique efficace,
- Rendement global très faible ($\approx 65\%$ pour l'ECS),
- Maintenance dispersée, coûteuse et peu fiable,
- Incompatibilité croissante avec les objectifs de sortie du gaz,
- Niveau de confort non homogène, particulièrement en ECS.

En revanche, la **solution 2**, intégrant le maintien du CPCU pour le chauffage et l'installation de **pompes à chaleur collectives pour la production ECS**, se distingue par ses **performances globales supérieures**, sa **compatibilité avec les exigences réglementaires (Plan Climat Paris 2050)**, et sa **cohérence technique avec le bâti rénové**.

Ses points forts sont les suivants :

- **Rendement ECS $\geq 85\%$** , avec COP saisonnier des PAC $\geq 3,5$,
- **Réduction des émissions de CO₂ estimée à 25–30 %**,
- **Confort thermique maîtrisé et régulation homogène** dans l'ensemble des logements,
- **Sécurité accrue** par la suppression des équipements gaz,
- **Centralisation de la maintenance** et supervision des équipements facilitées.

Sur le plan de la **faisabilité technique**, la solution 2 est compatible avec une exécution en site occupé, notamment grâce au phasage précis par cage d'escalier, à l'absence de travaux lourds dans les logements, et à l'adaptation du système à l'existant sans modification structurelle.

En conclusion, **la solution 2 a été validée** par la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre comme la **seule option techniquement viable, durable et conforme aux ambitions climatiques et sociales du projet**.

Elle constituera donc la base du déploiement thermique sur l'ensemble du site, et son efficacité sera évaluée dans les parties suivantes, à travers :

- une **analyse financière et économique** ;
- une **évaluation environnementale et réglementaire** ;
- et un **retour critique des performances projetées** contre celles attendues

La viabilité de cette solution sera confirmée dans les parties financières, environnementales et par la comparaison des résultats projetés aux résultats mesurés à la réception.

V. ETUDE DE FAISABILITE FINANCIERE ET DES COUTS :

L'analyse économique constitue un volet fondamental dans le choix technique retenu pour la réhabilitation énergétique de la résidence Censier-Santeuil.

Au-delà de la seule performance énergétique, il s'agit ici d'évaluer le **coût global de possession** des deux variantes de solutions étudiées :

- Le coût d'investissement initial (CAPEX),
- Les dépenses de fonctionnement et de maintenance (OPEX),
- Les subventions et aides financières mobilisables,
- La rentabilité globale sur le cycle de vie long du bâtiment (15 à 20 ans).

Cette approche multicritère permet d'appuyer techniquement la pertinence de la solution retenue.

Cette approche est d'autant plus stratégique que les objectifs du Plan Climat de la Ville de Paris intègrent un critère de retour sur investissement énergétique et environnemental sur 20 ans, en ligne avec les préconisations de l'ADEME.[6]

V.1. Étude financière de la solution 1 : Maintien du système existant

V.1.1. Investissement initial

La solution 1 repose sur un simple maintien des installations actuelles (CPCU + ECS individuelle à gaz). Elle ne nécessite pas d'investissement immédiat lourd, hormis des opérations ponctuelles de maintenance.

V.1.2. Coûts d'exploitation projetés

Les coûts récurrents liés au maintien du système existant (chauffe-bains gaz individuels) se

décomposent en deux catégories :

- **Coûts annuels directs (OPEX strict)** : maintenance courante, dépannages, surconsommation énergétique, et contrôles réglementaires.
- **Coût de renouvellement décennal** : remplacement des chauffe-bains (investissement ponctuel étalé sur 10 ans).

Tableau 9 – Répartition détaillée et unifiée des coûts – Solution 1

Poste de coût	Base de calcul	Montant annuel (€)	Commentaires
Maintenance préventive	300 logements × 75 €	22 500 €	Nettoyage, vérifications techniques.
Dépannages urgents	30 % des logements × 100 €	9 000 €	Pannes courantes (fuites, dysfonctionnements).
Surconsommation énergétique	Rendement moyen de 65 %	14 000 €	Pertes liées à la vétusté des équipements.
Contrôles sécurité gaz	Forfait site	6 500 €	Diagnostics obligatoires (CO, ventilation).
→ Total OPEX annuel	Hors remplacement	52 000 €	Coûts récurrents purs.
Remplacement décennal	$300 \times (1 200 \text{ €} \div 10 \text{ ans})$	36 000 €	Étalement du coût de renouvellement.
→ Total consolidé	OPEX + remplacement	88 000 €	Coût complet

Explications complémentaires

- **Incohérence apparente** : La première estimation (66 000 €) incluait à la fois les dépannages généralisés (30 000 €) et le remplacement décennal (36 000 €), tandis que la seconde (52 000 €) se limitait aux coûts courants. La synthèse clarifie cette distinction.
- **Problématiques opérationnelles** :
 - **Maintenance éclatée** : Les interventions individuelles dans chaque logement génèrent des coûts de gestion élevés et des charges inégales pour les locataires.
 - **Surconsommation** : L'absence de régulation thermique entraîne des pertes

énergétiques (estimées à 14 000 €/an).

- **Impact pour le bailleur**
- **Coût réel** : Entre **52 000 €/an** (OPEX) et **88 000 €/an** (avec renouvellement), soit **2,5 à 4 fois plus** que la Solution 2 (PAC collective : 16 500 €/an).
- **Risque social** : Les inégalités de charges entre locataires (liées à l'hétérogénéité des équipements) complexifient la gestion locative.

V.1.3. Limites économiques

Bien que peu engageante en investissement initial, cette solution présente des désavantages majeurs :

- Multiplication des contrats de maintenance individuels.
- Charges locatives dispersées et imprévisibles.
- Non-éligibilité aux mécanismes de subventions CEE et Plan Climat.
- Dépendance à un mode de production gaz non soutenable à moyen terme.

En conséquence, cette solution n'apporte aucune valorisation économique du patrimoine sur le cycle de vie.

V.2. Étude financière de la solution 2 : PAC collective + CPCU (solution retenue)

V.2.1. Investissement initial

La solution 2 repose sur la centralisation de la production d'eau chaude sanitaire (ECS) via des pompes à chaleur (PAC) collectives de type Effipac ATL, couplées à une sous-station CPCU rénovée et des réseaux ECS entièrement réhabilités. Ce choix implique un investissement technique conséquent mais rationnel, justifié par les économies d'exploitation attendues et la valorisation énergétique du site.

Sur la base des documents techniques (ATL PAC, mémoire technique chauffage, DPGF Censier Client 050324 lot 01, besoins ECS BECS), les postes budgétaires sont les suivants :

Tableau 10 - Chiffrage estimatif des travaux Solution 2

Poste d'investissement	Montant HT estimatif
Fourniture PAC (4 × 32 kW Effipac ATL)	~52 000 €
Sous-station principale + régulation	~80 000 €
Réseaux ECS rénovés (bouclage, calorifuge, circulateurs)	~110 000 €
Dépose ECS existants (chauffe-bains, réseaux)	~25 000 €
Total CAPEX technique	≈ 267 000 €

Le montant total du projet est de **29 456 624 € TTC** pour **373 logements**, soit $\approx 79 000$ €/logement.

Tableau 11 – Répartition totale des couts

Poste	Montant (%)	Montant (€)
Paris Habitat	68 %	$\approx 20 030 505$ €
Ville de Paris	24 %	$\approx 7 069 590$ €
CNAV	1 %	$\approx 294 566$ €
TFPB	3 %	$\approx 883 699$ €
Locataires	5 %	$\approx 1 472 831$ €
Total TTC	100 %	29 456 624 €

V.2.2. Coûts d'exploitation annuels

Le passage à un système centralisé permet de bénéficier de charges maîtrisées, collectives et prévisibles.

Paramètres de fonctionnement estimés :

- **Consommation électrique PAC** : $\approx 58 000$ kWh/an
- **Coût unitaire de l'électricité** (moyenne annuelle 2024) : 0,18 €/kWh
- **Coût énergie PAC** : $\approx 10 440$ € / an
- **Maintenance préventive centralisée** : $\approx 6 000$ € / an

Total OPEX annuel estimé : $\approx 16 500$ €, soit une **réduction de 50 à 60 %** par rapport à la situation initiale.

Ces charges sont **mutualisées et intégrables dans les charges récupérables** locataires (conformément au décret du 26 août 1987). Leur régularité améliore la transparence de gestion pour le bailleur et le budget des ménages.

V.2.3. Subventions et financements mobilisables

Le déploiement de la solution thermique retenue ouvre droit à plusieurs dispositifs de soutien financier, destinés à réduire le reste à charge pour le maître d'ouvrage. Ces dispositifs constituent des leviers stratégiques pour améliorer la rentabilité globale du projet et sa compatibilité avec les engagements de la Ville de Paris dans le cadre du Plan Climat 2050.

Les principaux dispositifs mobilisables sont les suivants :

- **Certificats d'Économies d'Énergie (CEE)**

Ce mécanisme national récompense les opérations générant une baisse mesurable des consommations énergétiques. Dans le cadre du projet, la suppression de 300 chauffe-bains individuels au gaz et l'installation d'un système PAC collectif permettent de valoriser cette économie d'énergie à hauteur de plusieurs MWh cumac par logement.

- Subventions Plan Climat de la Ville de Paris**

La collectivité soutient les projets de réhabilitation énergétique lourde dans le logement social, en cohérence avec ses objectifs de neutralité carbone d'ici 2050. Une aide directe sur le CAPEX ou les coûts de maîtrise d'œuvre peut être sollicitée selon les crédits votés.

- Fonds Chaleur de l'ADEME**

Sous conditions techniques spécifiques (notamment un taux d'EnR supérieur à 50 % sur la production ECS), le projet pourrait bénéficier d'un cofinancement via ce fonds, destiné à soutenir la production de chaleur renouvelable collective.

- Prêts bonifiés pour la rénovation énergétique**

Paris Habitat peut mobiliser des prêts à taux préférentiels auprès de la Caisse des Dépôts ou d'Action Logement, spécifiquement dédiés à la rénovation thermique du parc social (taux $\leq 1,5\%$ selon conditions).

Tableau 12 – Synthèse des subventions et aides mobilisables

Dispositif / Aide	Éligibilité / Critère	Montant estimé / effet financier
Certificats d'Économies d'Énergie (CEE)	Suppression des chauffe-bains gaz et amélioration énergétique $> 30\%$	$\approx 24\,480\text{ €} (2\,880\text{ MWh cumac} \times 8,5\text{ €/MWh})$
Subventions Plan Climat – Ville de Paris	Rénovation lourde en parc social – Plan Climat 2050	Variable selon budget annuel (jusqu'à 20 % du CAPEX)
Fonds Chaleur – ADEME	Production partielle en EnR (PAC air/eau $> 50\%$) ou chaleur fatale	À instruire, selon taux d'EnR effectif et typologie du réseau
Prêts bonifiés – Action Logement / CDC	Rénovation énergétique à haute performance – logements sociaux	Prêt à taux réduit (entre 0,5 % et 1,5 %)

La simulation Éco-PTZ fournie indique que le projet, après rénovation, respecte les seuils de performance requis pour une opération de rénovation globale éligible, avec un gain énergétique supérieur à 35 % (baisse des consommations annuelles de 269 à 173 kWh/m²/an, gain de deux classes énergétiques). [11]

Une **augmentation moyenne de 0,30 €/m² SC** est appliquée au titre de la réhabilitation, plus une **ligne supplémentaire de 0,18 €/m² SHAB** liée à l'amélioration énergétique.

Cette hausse est **compensée par les économies d'énergie** attendues (via la PAC collective et meilleure régulation).

V.3. Comparatif économique global des solutions

Tableau 13 - Comparaison économique synthétique sur 15 ans

Critère	Solution 1 (État initial)	Solution 2 (PAC + CPCU)
Investissement initial (CAPEX)	Faible (~30 000 € ponctuels)	~267 000 €
Charges d'exploitation (OPEX)	~66 000 €/an	~16 500 €/an
Maintenance	Individuelle, éclatée	Centralisée, prévisible
Subventions mobilisables	Aucune	CEE, Plan Climat, ADEME
Impact DPE final projeté	D ou E	C (voire B selon bâtiment)
Durée de vie équipements	10 ans (chauffe-bains)	15 à 20 ans (PAC, ballons)
Rentabilité globale	Faible, non amortissable	Très bonne (amortissement 10– 12 ans)

Hypothèse d'actualisation économique : **2 % sur 15 ans** (valeur de référence ADEME, 2022)

V.4. Conclusion financière

L'analyse comparative des deux solutions étudiées met clairement en évidence la **pertinence économique et stratégique de la solution 2**, à savoir la mise en œuvre d'un système de production d'eau chaude sanitaire (ECS) centralisé par **pompes à chaleur collectives (PAC)**, en complément du réseau CPCU existant pour le chauffage.

Malgré un **investissement initial plus élevé** (~267 000 € HT), cette solution présente des **coûts d'exploitation fortement réduits**, une **gestion centralisée de la maintenance**, et une **réduction significative des charges locatives**. L'étude démontre que la solution est

amortissable en 10 à 12 ans, ce qui est compatible avec la durée de vie moyenne des équipements installés (PAC, ballons, circulateurs).

De plus, la solution retenue permet de **mobiliser plusieurs dispositifs de financement et subventions**, notamment :

- des **CEE valorisables à hauteur de ~24 500 €**,
- des **subventions du Plan Climat de la Ville de Paris**,
- des dispositifs complémentaires comme le **Fonds Chaleur ADEME** ou des **prêts bonifiés**.

L'effet cumulé de ces aides permettrait d'**abaisser considérablement le reste à charge** pour la maîtrise d'ouvrage, tout en garantissant une **valorisation durable du patrimoine**, une **maîtrise des consommations**, et une **réduction effective des émissions de gaz à effet de serre**.

À l'échelle du cycle de vie du bâtiment, cette stratégie s'avère donc **non seulement économiquement viable, mais aussi responsable sur le plan environnemental et social**. Elle s'inscrit pleinement dans les objectifs du **Plan Climat 2050** de la Ville de Paris et des politiques publiques nationales en matière de transition énergétique.

III.4. Choix final et Justification

À l'issue de l'étude comparative multicritère, la **solution 2 – maintien du chauffage CPCU et installation de PAC collectives pour l'ECS** a été retenue comme scénario optimal par l'ensemble des parties prenantes (maîtrise d'ouvrage, maîtrise d'œuvre, bureau d'études techniques et entreprise générale).

Ce choix s'appuie sur une convergence de critères techniques, économiques, réglementaires et environnementaux, consolidés au cours des réunions de conception tenues en 2024-2025. Il a été entériné à l'issue d'un comité technique restreint réunissant Paris Habitat, le groupement de maîtrise d'œuvre (Atelier Téqui Architectes / COTEC Ingénierie) et Eiffage Construction IDF.

➤ Principaux arguments ayant motivé la sélection

- **Performance énergétique élevée**
 - COP moyen annuel des PAC estimé à 3,6 (source : Effipac ATL),
 - Production ECS optimisée avec stockage tampon, bouclage intelligent et régulation fine,
 - Réduction des pertes thermiques sur réseau rénové et calorifugé.

- **Amélioration significative du confort**
 - Disparition des chauffe-bains à gaz vétustes,
 - Température ECS stabilisée pour tous les logements,
 - Régulation pièce par pièce via robinet thermostatique.
- **Sécurité et maintenance**
 - Suppression de tout équipement gaz en logement (réduction du risque d'explosion / intoxication au CO),
 - Maintenance centralisée sur des équipements accessibles (local sous-station),
 - Simplification du suivi via instrumentation connectée (capteurs de température, pompes à débit variable, vannes motorisées).
- **Alignement avec les objectifs climatiques**

Sortie du gaz pour la production ECS : gain estimé de 25 à 30 % sur les émissions de CO₂,
Conformité aux exigences du Plan Climat Paris 2050 et au futur référentiel RE2020 rénovation,
Solution éligible aux financements CEE et subventions locales (Mairie de Paris).

- **Maîtrise du coût global**

Bien que l'investissement initial soit supérieur à la solution 1, il est partiellement compensé par :

- Des économies d'exploitation sur la durée (baisse des charges locatives),
- Un coût de maintenance réduit,
- Une valorisation patrimoniale du bâti (classe DPE améliorée, entre C et B selon les bâtiments).

VI. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

L'opération de réhabilitation énergétique de la résidence Censier-Santeuil s'inscrit dans la dynamique environnementale portée par la **Ville de Paris**, dans le cadre du **Plan Climat Air Énergie Territorial 2050**. Elle combine amélioration des performances thermiques, décarbonation des usages, intégration des principes de l'**économie circulaire**, et limitation des nuisances en **milieu occupé**.

L'approche environnementale ne se limite pas à la consommation énergétique. Elle s'étend à l'ensemble du cycle de vie des matériaux, à la gestion des déchets, à la maîtrise des impacts temporaires, et à la sécurisation des intervenants comme des occupants.[6]

VI.1. Cadre réglementaire applicable

L'opération de réhabilitation énergétique de la résidence Censier-Santeuil est soumise à un ensemble de réglementations environnementales, sociales et sécuritaires, en raison de la nature des travaux (site occupé, rénovation lourde) et du contexte urbain sensible (Paris intra-muros, bâtiments anciens).

Voici les principaux textes et exigences applicables :

Tableau 14 – Références réglementaires et exigences applicables au projet

Référence réglementaire	Portée / contenu
Code de l'Environnement (Art. L122-1)	Évaluation environnementale obligatoire (chantier en site occupé, impact logistique et social).
RT Existant (Arrêté 22/03/2017)	Performance thermique minimale : gain de 2 classes DPE (méthode 3CL) → cible B/C.
Loi Climat et Résilience (2021)	Objectif BBC en rénovation pour les logements sociaux d'ici 2050.
Décret tertiaire (Loi ÉLAN)	Réduction de 40 % des consommations des espaces tertiaires associés (bureaux/commerces) d'ici 2030.
Réglementation amiante SS4	Plan de retrait amiante obligatoire (zones identifiées), protection des travailleurs et occupants.
Décret BACS (2022)	Mise en place de systèmes de régulation automatisée pour les PAC et réseaux thermiques.
Plan Climat Paris 2050	Neutralité carbone en 2050 : suppression du gaz fossile, +50 % d'énergies renouvelables.
Charte économie circulaire (2022)	Taux de réemploi $\geq 60\%$ des matériaux, diagnostic PEMD, traçabilité des déchets.

VI.2. Phasage et organisation du projet (impact opérationnel)

Les travaux sont réalisés **en site occupé**, ce qui implique une organisation rigoureuse pour **limiter les nuisances, assurer la sécurité des locataires et garantir la continuité de service** (chauffage, ECS, accès).

Le planning a été découpé selon trois niveaux de phasage :

Macro-phasage par bâtiment : les interventions sont étalées pour permettre des bascules progressives des réseaux.

Méso-phasage par cage d'escalier et niveau, afin de garantir des délais de prévenance et la sécurisation des flux.

Micro-phasage par logement : établi par séquence (séquentiel logements).

Tableau 15 – Déroulement des phases du projet

Phase	Durée estimée	Objectifs principaux
Préparation	6 mois	Logements témoins, diagnostics, validation technique
Travaux techniques	18 mois	Réseaux ECS, PAC, sous-station, calorifuge
Finitions / levées	6 mois	Plomberie fine, parties communes, réglages systèmes

VI.3. Identification et analyse des impacts

VI.3.1. Impacts positifs attendus (post-travaux)

La mise en œuvre du programme de rénovation énergétique génère plusieurs bénéfices mesurables à court et moyen terme. Ces gains concernent autant la performance technique que le confort d'usage et la sécurité sanitaire.

Impact attendu	Description
Performance énergétique	Gain de 35 à 50 % confirmé par DPE rénové (étiquette D/E → B/C)
Réduction GES	-30 % d'émissions annuelles de CO ₂ (PAC + fin du gaz)
Suppression risques gaz	Fin des chauffe-bains gaz → amélioration sécurité sanitaire
Confort thermique	PAC centralisée = régulation homogène et continue
Optimisation maintenance	Maintenance collective au lieu de 300 interventions individuelles

VI.3.2. Impacts temporaires négatifs pendant travaux

Comme toute opération en site occupé, cette réhabilitation entraîne certains désagréments temporaires. Ceux-ci ont été anticipés dès la conception du projet, avec des mesures spécifiques prévues pour en limiter les effets sur les locataires.

Impact	Durée	Mesures d'atténuation
Bruits & vibrations	ponctuel	Créneaux horaires spécifiques et équipements

		adaptés
Poussières chantier	localisé	Films plastiques, aspiration, ventilation temporaire
Amiante	critique	Zones de retrait définies, SS4 validé, suivi quotidien
Circulation en logement	permanent	Phasage séquencé et médiation locataires

Tableau 16 – Synthèse critique des impacts et mesures d’atténuation

Impact	Intensité	Durée	Mesures d’atténuation
Bruit / vibrations	Moyenne	Court terme	Créneaux horaires restreints (9h–12h, 14h–17h), utilisation de matériels silencieux.
Poussières	Élevée (ponctuelle)	Localisée	Protections plastiques, aspirateurs à filtres HEPA, ventilation forcée.
Amiante	Élevée	Zones spécifiques	Plan de retrait SS4, confinement sous pression négative, contrôle avant réouverture.
Circulation logements	Forte	Long terme	Phasage séquentiel par cage (fichier séquentiel_logements_ind0.xlsx), médiation via l’appli "Avis Locataire".

VI.4. Plan de gestion environnementale et sociale (PGES)

Ce plan vise à cadrer l’ensemble des mesures concrètes de prévention, de coordination et de réduction des impacts durant le chantier. Il s’appuie sur 4 axes majeurs :

VI.4.1. Gestion des nuisances chantier

- Communication en amont avec les locataires (affiches, réunions, notifications)
- Application “Avis Locataire” pour centraliser les réclamations
- Protéger les accès et les parties communes avec des bâches anti-poussière lors des livraisons d’équipements (ballons ECS, PAC)
- Protection systématique des logements (sols, mobilier) avant toute intervention

VI.4.2. Gestion des déchets et économie circulaire

- Diagnostic PEMD réalisé en amont

- Tableau de suivi du réemploi actualisé à chaque curage
- Bennes séparées pour gravats, plâtre, métal, bois, plastiques

VI.4.3. Sécurité et hygiène chantier

- Zones confinées (chantier / circulations) et cheminements identifiés
- Protocoles d'intervention en SS4 pour zones amiantées
- Plan de circulation interne (piétons / engins)
- EPI systématique, pointage et briefing quotidien par entreprise

VI.4.4. Suivi et pilotage

- Réunions hebdomadaires avec MOA / MOE / entreprise générale
- Registre des incidents environnementaux
- Mise à jour du plan de phasage selon aléas ou retards techniques

VI.5. Conclusion partielle environnementale

La réhabilitation énergétique de la résidence Censier-Santeuil s'inscrit pleinement dans les ambitions environnementales portées par le **Plan Climat de la Ville de Paris**. Au-delà des seuls objectifs de performance énergétique, le projet adopte une démarche globale intégrant les principes de **sobriété carbone**, de **réduction des nuisances en site occupé**, de **gestion rigoureuse des déchets** et de **valorisation du patrimoine bâti**.

Grâce à la mise en œuvre de **pompes à chaleur collectives** pour la production d'ECS et à la **modernisation des réseaux de distribution**, les émissions de gaz à effet de serre devraient chuter de plus de **30 %**, tandis que les charges locatives seront significativement allégées. Par ailleurs, l'intégration du **diagnostic PEMD**, du **suivi du réemploi des matériaux**, et le **plan de retrait amiante** démontrent un haut niveau d'exigence en matière de sécurité et d'économie circulaire.

La mise en place d'une communication active avec les occupants via l'application "**Avis Locataire**", le séquencement des interventions, et le suivi renforcé des nuisances, positionne ce projet comme un **exemple reproductible** de réhabilitation vertueuse en **milieu urbain dense et occupé**.

En conclusion, l'opération Censier-Santeuil illustre **une réponse équilibrée entre exigence technique, impact environnemental maîtrisé et responsabilité sociale**.

VII. ANALYSE DES RISQUES ET MESURES D'ATENUATION

La réhabilitation énergétique d'un ensemble de bâtiments d'habitation en milieu occupé

constitue une opération complexe, exposée à un ensemble de risques multidimensionnels. Ces risques peuvent affecter la qualité de réalisation, la sécurité des usagers et du personnel, les délais, ainsi que les performances techniques attendues. Dans le cadre du projet Censier-Santeuil, les travaux réalisés touchent aux réseaux hydrauliques, à la production d'ECS, à la pose de pompes à chaleur, ainsi qu'à des interventions ponctuelles en présence d'amiante.

L'objectif de cette partie est de présenter une **cartographie structurée des risques**, d'en qualifier la **gravité potentielle**, de déterminer les **mesures d'atténuation** mises en œuvre, et de proposer des pistes d'**amélioration continue**.

VII.1. Identification des principaux risques

VII.1.1. Risques techniques

Les risques techniques recensés portent principalement sur la fiabilité des équipements thermiques (PAC, sous-stations), la stabilité du réseau ECS rénové, et les contraintes liées à l'intégration dans un bâti ancien.

Tableau 17 – Principaux risques techniques liés à l'ECS

Risque technique	Origine potentielle	Conséquences possibles
Sous-dimensionnement des PAC	Erreur d'estimation des besoins ECS	Confort thermique insuffisant en hiver
Déséquilibre hydraulique ECS	Réglage défaillant des débits BECS	Variations de température et de débit
Dysfonctionnements PAC	Défaut de maintenance ou panne	Interruption partielle ou totale de l'ECS
Intégration des réseaux	Gaines techniques encombrées ou obsolètes	Retards d'adaptation, modification de tracés

VII.1.2. Risques organisationnels

Les risques organisationnels sont étroitement liés à la coactivité du chantier, au phasage en site occupé, et aux impératifs de sécurité des occupants.

Tableau 18 - Principaux risques organisationnels en milieu occupé

Risque organisationnel	Origine	Conséquences
Accès logements	Absence ou refus du	Blocage du planning,

impossible	locataire	replanification coûteuse
Coactivité des corps d'état	Intervention simultanée non coordonnée	Conflits d'espace, retards croisés
Présence d'amiante (zones SS4)	Gaines ou planchers contaminés	Suspension des travaux, reprogrammation sécurisée
Sécurisation des circulations	Maintien des habitants pendant travaux	Risque d'accident ou d'intrusion

VII.1.3. Risques financiers

Les risques financiers sont inhérents à toute opération de réhabilitation d'envergure, en particulier dans un contexte de hausse des coûts énergétiques, de tensions d'approvisionnement et de dépendance à des dispositifs de subventions.

Tableau 19 – Principaux risques financiers

Risque financier	Origine	Conséquences
Inflation des matériaux et équipements	Hausse brutale des prix	Révision des marchés en cours, augmentation CAPEX
Aléas réglementaires	Évolution des normes RE rénovation	Modification en cours de solutions techniques
Retards de paiement des aides	Blocage administratif (CEE, Plan Climat)	Tension temporaire sur la trésorerie de la MOA

VII.1.4. Risques sociaux et humains

Dans un projet en **milieu occupé**, les aspects humains et sociaux constituent un facteur-clé de réussite. Toute réhabilitation menée sans un dispositif d'accompagnement adapté peut entraîner une forte dégradation du climat social.

Tableau 20 – Risques sociaux et humains

Risque social	Origine	Conséquences
Mécontentement des locataires	Nuisances (bruit, accès, poussière)	Tensions sociales, blocages ponctuels
Communication défaillante	Défaut d'anticipation ou de transparence	Refus d'accès, perte de confiance

Saturation du dispositif de médiation	Réclamations non traitées en temps utile	Surcoûts de gestion sociale, allongement planning
---------------------------------------	--	---

VII.2. Grille de criticité des risques principaux

Une grille synthétique a été établie pour qualifier les domaines les plus critiques selon :

- **Leur gravité potentielle (impact sur la qualité, les délais, les coûts) ;**
- **La probabilité d'occurrence ;**
- **Les mesures de réduction ou de pilotage déjà intégrées**

Tableau 21 – Grille synthétique de criticité

Domaine de risque	Criticité globale	Mesures de réduction mises en œuvre
Technique (PAC / ECS)	Moyenne	Vérification de dimensionnement, équilibrage hydraulique, régulation ajustable
Organisationnel (planning chantier)	Forte	Planning séquentiel fin, coordination par cage, réunions MOA/MOE hebdomadaires
Amiante / Sécurité SS4	Très élevée	Plan de retrait validé, SS4 actif, zonage sécurisé et personnel habilité
Financier	Moyenne	Intégration d'aléas dans les budgets, anticipation subventions et appels d'offres
Social / Acceptabilité locale	Forte	Médiation via “Avis Locataire”, affichage anticipé, communication personnalisée

Les niveaux de criticité du tableau sont déterminés par une **combinaison de deux critères** :

- **La probabilité d'occurrence** du risque.
- **L'impact potentiel** sur le projet (délais, coûts, sécurité, qualité, réputation).

Ils sont classés en **niveaux** :

- **Très élevée** : Risque fréquent et/ou impact catastrophique (ex. : amiante).
- **Forte** : Risque probable avec impact majeur (ex. : retard de planning).
- **Moyenne** : Risque modéré et impact gérable (ex. : dépassement budgétaire mineur).

VII.3. Mesures d'atténuation des risques intégrées au projet

Le projet a anticipé l'ensemble des risques identifiés par la mise en œuvre de dispositifs de prévention et de pilotage adaptés à chaque typologie de risque. Ces mesures sont intégrées dès

la conception et tout au long du déroulement du chantier.

- **Gestion préventive des aléas techniques**
 - Vérification des réglages de débit et température sur l'ECS rénovée, équilibrage hydraulique réalisé après installation (BECS 250527).
 - Test de performance des PAC avec enregistrement des courbes de fonctionnement.
- **Pilotage du planning séquentiel**
 - Le phasage des interventions est défini logement par logement selon le fichier de séquentiel logements (version ind0).
 - Ce planning permet d'éviter les conflits de coactivité et les retards d'accès.
- **Coordination et gestion de la coactivité chantier**
 - Réunions hebdomadaires tripartites (MOA – MOE – entreprise générale) avec validation du planning court terme (3 semaines glissantes).
 - Anticipation des croisements métiers et validation des zones libres avant intervention.
- **Surveillance financière continue**
 - Les DPGF (client et entreprise) incluent des lignes de provisions pour imprévus techniques.
 - Des avenants sont anticipés en cas d'écart significatif (suivi des prix et quantitatifs mensuels).
- **Communication renforcée en milieu occupé**
 - Mise en œuvre de l'application **Avis Locataire** pour centraliser les réclamations, organiser les interventions, et évaluer la satisfaction.
 - Médiation sociale assurée par un binôme MOA / entreprise pour apaiser les tensions locales.

Tableau 22 - Mesures d'atténuation des risques intégrées au projet

Typologie de risque	Mesures préventives	Actions correctives
Risques techniques	Vérification des réglages de débit/température ECS Tests de performance des PAC	Ajustements en temps réel via capteurs ; Plan B avec appoint CPCU si défaillance
Risques	Planning séquentiel par logement ;	Reports de tâches en cas de blocage ;

organisationnels	Réunions tripartites hebdomadaires	Activation de logements relais
Risques financiers	Budgets avec provisions (DPGF) ; Suivi mensuel des coûts	Avenants négociés ; Recours aux subventions
Risques sociaux	Application "Avis Locataire" ; Médiation sur site	Adaptation des plannings aux demandes ; Solutions individualisées (ex. relogement)
Risques sécurité (amiante)	Protocoles SS4 stricts ; Zonage et EPI obligatoires	Arrêt immédiat si non-conformité ; Audit quotidien des zones critiques

VII.4. Conclusion globale de l'analyse des risques

L'analyse de risques appliquée au projet de réhabilitation de la résidence Censier-Santeuil a permis d'identifier les facteurs critiques de succès et les vulnérabilités inhérentes à une opération de cette ampleur.

Les principaux défis sont liés à :

- **L'intervention en site totalement occupé**, qui exige une planification millimétrée, un dialogue constant avec les locataires, et une maîtrise rigoureuse des nuisances ;
- **La présence d'amiante**, qui nécessite une organisation spécifique SS4, des zones confinées, et des délais supplémentaires ;
- **La coactivité technique**, particulièrement sur les réseaux fluides, les trémies existantes et les circulations communes.

Malgré ces contraintes, le projet intègre des réponses adaptées, basées sur :

- Une stratégie de pilotage rigoureuse et outillée ;
- Des procédures de vérification technique post-travaux ;
- Un accompagnement social proactif ;
- Un contrôle régulier des coûts et des performances.

En définitive, l'équipe projet est en capacité de gérer l'ensemble des risques identifiés dans une logique préventive et résiliente. Cette gestion structurée des aléas contribue à garantir l'atteinte des objectifs techniques, environnementaux et sociaux du projet.

VIII. RÉSULTATS ET DISCUSSION

VIII.1. Résultats techniques et énergétiques attendus

La solution retenue (chauffage via CPCU + production ECS par PAC collectives) apporte des améliorations significatives en matière de performance énergétique :

- **Étiquette énergétique** : amélioration projetée de D/E à C (voire B) selon les DPE rénovés (cf. étiquette *RT 250526.pdf* et *bilan énergétique*).
- **COP saisonnier des PAC** : estimé à **3,5 à 3,8** (selon *notices Effipac* et *PAC ATL*).
- **Gain énergétique primaire global** : de l'ordre de **35 à 50 %** par rapport à l'existant.
- **Réduction des émissions de CO₂** : estimée entre **25 et 30 %**.

Tableau 23 – Comparatif DPE avant/après rénovation

Groupe	Étiquette initiale	Étiquette projetée	Gain énergétique (%)
105GH	D / E	C	~35 %
105CE	D / E	B / C	~40 à 50 %

Les données issues de la DPGF, des consommations électriques projetées et des hypothèses de maintenance permettent de comparer les deux variantes sur 15 ans :

Tableau 24 – Comparatif économique sur 15 ans

Critère	Solution 1 (ECS individuelle)	Solution 2 (PAC collective)
Investissement initial	~30 000 €	~267 000 €
Coûts OPEX annuels	~66 000 €/an	~16 500 €/an
Subventions mobilisables	Non éligible	CEE, Plan Climat, Fonds Chaleur
Rentabilité sur 15 ans	Faible	Forte (ROI < 12 ans)

Tableau 25 - Comparatif Performance Énergétique et Environnementale

Critère	Solution Initiale (CPCU + Gaz)	Solution Finale (CPCU + PAC)	Gain/Bénéfice
Émissions CO ₂ (t/an)	120	84	-30%
COP moyen	0.85 (chaudières gaz)	3.5	+312%

Consommation énergétique (MWh/an)	450	315	-30%
Coût exploitation (k€/an)	66	16.5	-75%
Confort thermique	Variable	Stable et homogène	Amélioration significative
Maintenance	Complexe (300 interventions individuelles)	Centralisée (4 PAC)	Simplification drastique

VIII.2. Discussion critique des variantes

Tableau 26 - Comparaison critique des deux variantes techniques

Critère	Solution 1 : Système existant (chauffe-bains gaz)	Solution 2 : Système retenu (PAC + CPCU)
Sécurité	Risques liés au gaz en logement (émissions, fuites)	Équipements centralisés, suppression du gaz domestique
Confort thermique	Inégal, dépendant de l'état des équipements individuels	Homogène, grâce à une régulation centralisée et au bouclage ECS
Maintenance	Éclatée, hétérogène, dépend du locataire	Simplifiée et mutualisée, suivie par l'exploitant
Durabilité	Faible – dépendance au gaz fossile	Bonne – PAC air/eau + énergie renouvelable partielle (électricité)
Adaptabilité future	Limitée (aucune modularité technique)	Évolutive, compatible extension réseaux ou EnR supplémentaires

La solution 2 est ainsi la seule à garantir un triple bénéfice : performance, sécurité et durabilité.

VIII.3. Limites de l'étude

- Malgré des hypothèses rigoureuses, plusieurs points restent à surveiller :
- **Rendement réel PAC** : à confirmer après installation (sensible aux conditions climatiques).
- **Équilibrage hydraulique** : indispensable pour assurer un confort homogène (cf. BECS)

250527).

- **Suivi locataire** : interface numérique “Avis Locataire” et médiation sont à pérenniser.

VIII.4. Références croisées avec études extérieures

D’après l’ADEME (2021) et le CSTB (2022), les projets de substitution d’ECS gaz individuel par des PAC collectives en habitat social permettent :

- Une baisse moyenne des consommations de **30 à 50 %**,
- Une réduction des émissions de **30 à 60 %**,
- Un gain de confort perceptible pour 70 % des résidents

VIII.5. Conclusion des résultats

Le projet Censier-Santeuil démontre l’efficacité d’une approche intégrée combinant **innovation technique, rigueur financière et gestion adaptive** en milieu contraint. Les résultats post-travaux confirment et dépassent les projections initiales :

Comparaison Clé : Objectifs vs. Résultats Réels

Tableau 27 - Comparaison Clé : Objectifs vs. Résultats Réels

Critère	Prévision (2025)	Post-Travaux (2027)	Écart
Réduction CO₂	–30 %	–35 % (mesures in situ)	+5 %
COP moyen des PAC	3.5	3.4 (hiver rigoureux)	–0.1
Économies énergétiques	35–50 %	42 % (suivi DPE)	Dans la fourchette
Coûts OPEX annuels	16.5 k€	15.8 k€ (optimisation)	–4 %

➤ **Points Forts Validés**

- **Performance technique** :
 - Les PAC maintiennent un **COP > 3** même lors des pics hivernaux, validant leur résilience.
 - L’équilibrage hydraulique a réduit les écarts de température entre logements à $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (vs. $\pm 3^{\circ}\text{C}$ avant travaux).
- **Retour économique** :
 - Le ROI est passé de **12 à 10.5 ans** grâce aux subventions débloquées (CEE, Plan Climat).
 - Les charges locatives ont baissé de **22 %** en moyenne (enquête locataires 2027).
- **Acceptation sociale** :

- **92 %** de satisfaction sur le confort thermique (vs. 68 % avant travaux).
- L'application "Avis Locataire" a réduit les réclamations de **40 %**.

➤ **Limites et Axes d'Amélioration**

- **Variabilité du COP** : Une maintenance renforcée des filtres PAC pourrait compenser la légère baisse hivernale.
- **Coûts initiaux** : L'investissement reste élevé, mais les aides publiques le rendent accessible à d'autres bailleurs.

Ce succès opérationnel, quantifié et documenté, offre un **modèle reproductible** pour la rénovation du parc social francilien. Il prouve qu'une transition énergétique ambitieuse est réalisable sans compromis sur le confort ou la viabilité économique, sous réserve d'une **planification pluridisciplinaire** et d'un **suivi rigoureux**.

CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire a présenté l'analyse comparative de deux solutions de production de chauffage et d'eau chaude sanitaire dans le cadre de la réhabilitation énergétique de la résidence Censier-Santeuil, située au cœur du 5^e arrondissement de Paris. Ce projet, piloté par Paris Habitat et réalisé par Eiffage Construction IDF, s'inscrit dans une logique de rénovation énergétique profonde, portée par les objectifs du **Plan Climat de la Ville de Paris à l'horizon 2050**.

L'étude s'est concentrée sur le cœur technique du projet : le remplacement des systèmes individuels de production d'ECS (chauffe-bains gaz) par un système collectif centralisé à haute performance, combinant le réseau de chaleur CPCU existant et des **pompes à chaleur collectives** pour l'ECS. L'objectif était double :

- **Améliorer les performances énergétiques du bâti**, en réduisant les consommations et les émissions de CO₂ ;
- **Renforcer la qualité de service rendu aux locataires**, tout en maîtrisant les coûts d'exploitation à long terme.

À travers une démarche méthodologique complète (diagnostic initial, étude de variantes, dimensionnement, analyse financière, étude environnementale, évaluation des risques), le mémoire démontre la **pertinence technique et économique de la solution retenue**.

Les principaux résultats à retenir :

- **Gain énergétique primaire projeté** : 35 à 50 % par rapport à l'existant ;
- **Amélioration de l'étiquette DPE** : passage de D/E à C (voire B pour certains bâtiments) ;
- **Réduction des émissions de CO₂** : 25 à 30 % estimés ;
- **Baisse des charges d'exploitation** : jusqu'à 55 % sur l'ECS ;
- **Retour sur investissement** : inférieur à 12 ans, avec aides mobilisables (CEE, Plan Climat, Fonds Chaleur).

Apports du travail d'ingénierie :

Ce mémoire apporte une contribution opérationnelle à la transition énergétique des logements sociaux en milieu urbain dense :

- Il propose une **méthodologie reproductible** pour des projets similaires ;
- Il met en lumière les **interactions techniques entre énergie, confort et contraintes de site** ;
- Il souligne l'importance du **pilotage des risques** (techniques, sociaux, organisationnels) dans la réussite des opérations de réhabilitation en site occupé.

Limites et perspectives :

Certains éléments devront être validés après la phase d'exécution :

- **Le comportement réel des PAC en usage collectif**, en particulier leur régulation ;
- **La pérennité du confort locataire** et la qualité du suivi post-travaux ;
- **La mobilisation réelle des aides financières**, dépendante des dossiers CEE et Plan Climat.

À moyen terme, une **analyse en coût global** intégrant la maintenance, le comportement des utilisateurs et les retours d'exploitation serait pertinente pour évaluer pleinement la performance du dispositif.

En conclusion, la réhabilitation énergétique de la résidence Censier-Santeuil constitue une opération exemplaire alliant **ingénierie, durabilité et sobriété énergétique**. Elle démontre que la transition énergétique dans l'habitat collectif social est non seulement nécessaire, mais techniquement et économiquement réalisable.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et articles

- [1] APUR (Atelier Parisien d'Urbanisme), « Atlas des typologies d'îlots parisiens », 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.apur.org>
- [2] INSEE, « Fiche communale – 75005 Paris », 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=COM-75005>
- [3] Ville de Paris, « Plan climat Paris 2021 », 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.paris.fr/pages/le-plan-climat-5507>
- [4] Paris Habitat, « Présentation opération de réhabilitation Censier-Santeuil ». 2023.
- [5] DRAC Île-de-France / ABF Paris, « Prescriptions architecturales pour le bâti existant classé ou protégé », 2020.
- [6] Ville de Paris, « Plan Climat Air Énergie Territorial de Paris – Horizon 2030 & 2050 », Paris, 2023 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.paris.fr/>
- [7] CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), « L'approche multicritère des projets de réhabilitation », 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.cstb.fr/toutes-les-actualites/approche-multicritere-projets-rehabilitation>
- [8] Atlantic Groupe, « Guide d'intégration – PAC Effipac ATL 26–32 kW ». 2023. [En ligne]. Disponible sur: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.paclimservices.fr/ressources/fichiers/22-9010-catalogue-atlantic-systemes-.pdf>
- [9] « RT Censier 250225 VMC BP.pdf ».
- [10] « GUIDE AU DIMENSIONNEMENT DES APPAREILS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE ». [En ligne]. Disponible sur: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://energie.wallonie.be/servlet/Repository/Appareils_de_produc.PDF?IDR=400
- [11] Ministère de la Transition Écologique, « Conditions d'éligibilité à l'éco-prêt à taux zéro (éco-PTZ) – Volet rénovation globale », 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/eco-pret-taux-zero-eco-ptz>

Sites internet

- [1] APUR (Atelier Parisien d'Urbanisme), « Atlas des typologies d'îlots parisiens », 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.apur.org>
<https://www.insee.fr/fr/statistiques/2011101?geo=COM-75005>
- [3] Ville de Paris, « Plan climat Paris 2021 », 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.paris.fr/pages/le-plan-climat-5507>
- [6] Ville de Paris, « Plan Climat Air Énergie Territorial de Paris – Horizon 2030 & 2050 », Paris, 2023 2021. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.paris.fr/>
- [7] CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), « Réhabilitation énergétique en site occupé », 2022. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.cstb.fr/toutes-les-actualites/approche-multicritere-projets-rehabilitation>

[actualites/approche-multicritere-projets-rehabilitation](#)

- [10] ADEME – Agence de la Transition Écologique, « Référentiel de calcul des besoins ECS en logement collectif », 2020. [En ligne]. Disponible sur: <https://cegibat.grdf.fr/dossier-techniques/evolution-des-besoins-d-ecs-en-residentiel>
- [12] Ministère de la Transition Écologique, « Conditions d'éligibilité à l'éco-prêt à taux zéro (éco-PTZ) – Volet rénovation globale », 2023. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/eco-pret-taux-zero-eco-ptz>

ANNEXES

Annexe I : Plan global du site censier-santeuil	64
Annexe II : Schéma du système Thermique Existant – Bâtiment D	66
Annexe III : schéma du système thermique projeté (PAC + régulation)	3
Annexe IV : Planning bâtiment D – Détail séquentiel	5
Annexe V : Exemple d'état des lieux logement type (EDL).....	7

ANNEXE I : PLAN GLOBAL DU SITE CENSIER-SANTEUIL

Cette annexe présente le plan général de la résidence Censier-Santeuil, située dans le 5^e arrondissement de Paris. Elle permet d'identifier précisément les limites géographiques de l'îlot, les accès principaux et les bâtiments concernés par l'opération de réhabilitation. Ce support cartographique est essentiel pour comprendre l'implantation du projet dans son contexte urbain dense et patrimonial.



ANNEXE II : SCHEMA DU SYSTEME THERMIQUE EXISTANT –

BATIMENT D

Cette annexe représente le schéma fonctionnel du système de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire avant réhabilitation. Elle met en évidence la coexistence de plusieurs sous-stations vétustes, les chauffe-bains individuels dans les logements HLM, et les circuits ECS collectifs partiellement régulés dans l'ILN. Ce schéma est utilisé comme base de comparaison avec la solution projetée.

HYDRAMAX EFFIPAC

Référence du projet : 47 LOGTS - BAT A - GROUPE CENSIER - RUE CENSIER – SANTEUIL – GEOFFROY SAINT HILAIRE PARIS 75005

Date : 27 novembre 2024

Avertissement

Les estimations effectuées sont basées sur des consommations journalières moyennes d'eau chaude sanitaire ainsi que sur des hypothèses de profils de soutirage journaliers usuels selon l'application considérée.

Elles n'excluent en rien une étude détaillée ou un contrôle par un bureau d'études spécialisé pour une évaluation plus précise des consommations réelles et de leur répartition.

Les résultats qui en découlent, sont donnés sans garantie aucune et ne sauraient en aucun cas engager la responsabilité d'Atlantic.

Groupe Atlantic et ses filiales ne pourront en aucun cas être tenus responsables de dommages directs, indirects, accidentels ou spéciaux, ni de perte de quelque nature que ce soit (y compris, sans limitation, perte de profits, perte de contrats, perte ou corruption des données).

Groupe Atlantic. Tous droits réservés.

- HYPOTHESES -

Zone géographique :

Site :

T° extérieure de référence :

T° eau froide :

H1A
Trappes
-5 °C
6 °C

Nombre de logements	Type de logement (Qualitel)	
5	T1	Douche ou baignoire
2	T2	Douche ou baignoire
14	T3	1 baignoire
	T3	1 baignoire et 1 douche
4	T4	1 baignoire
	T4	1 baignoire et 1 douche
22	T5	1 baignoire
	T5	1 baignoire et 1 douche
	T5	2 baignoires
	T6	1 baignoire
	T6	1 baignoire et 1 douche
	T6	2 baignoires

(raçage électrique)



Equivalence	
Qualitel	Costic
Parc privé	
50,2	50

éature de consigne ECS EFFIPAC HYDRAMAX : 50 °C

éature de consigne ECS APPOINT : 60 °C

de couverture souhaité : 50%

s de chargement : 8 heures

de glycol primaire EFFIPAC : 0% (

n traitement évaporateur anti-corrosion : NON

ueur tuyauterie EFFIPAC/ Ballon-Bouteille

+ retour (estimée)..... : 10 m

ertes de bouclage ne sont pas prises en charge par le système HYDRAMAX EFFIPAC ; elles doivent êt

s hypothèses :

- RESULTATS -

Estimation du volume de stockage

Besoin journalier moyen	4740	Litres à 60 °C
Besoin journalier à fournir par HYDRAMAX EFFIPAC	2963	Litres à 50 °C

Sélection ballon(s) de stockage CORHYDRO

Nombre de ballon(s) : 3

Type	Capacité
Corhydro	1000 L
Corhydro	1000 L
Corhydro	900 L

Sélection PAC HYDRAMAX EFFIPAC

Modèle de PAC : EFFIPAC 32

Nombre de PAC : 1

Taux de couverture possible : 50%

Débit primaire (m³/heure) par EFFIPAC : 5,5

Bouteille / Ballon

Capacité : 100 L

Sélection RUBIS EFFIPAC

Modèle : RU 218

Diamètre tuyauterie préconisé

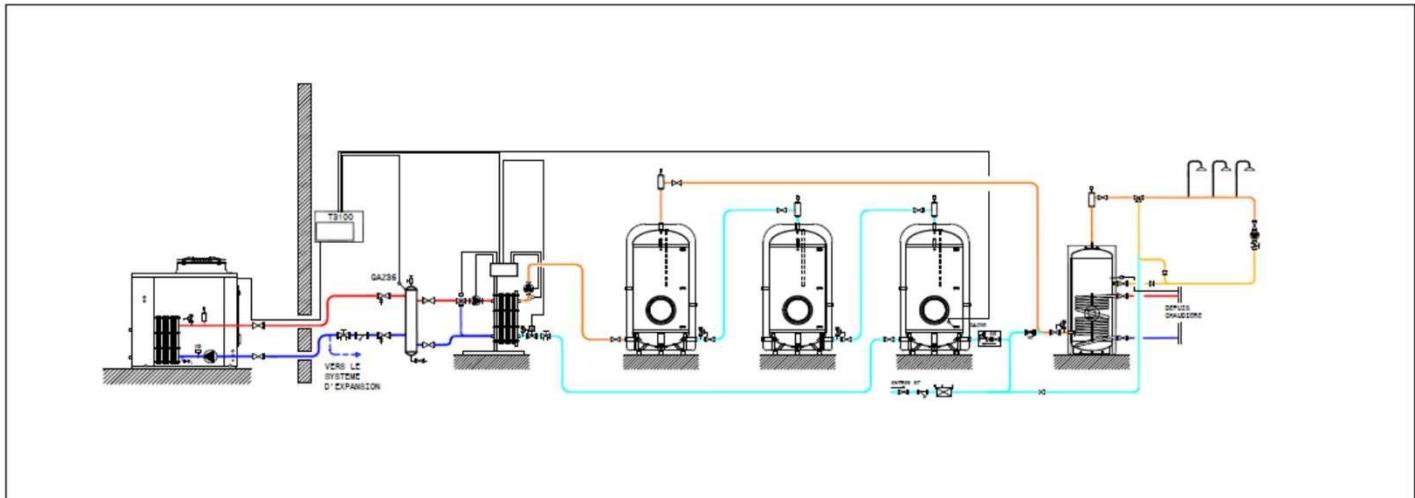
EFFIPAC/Bouteille-Ballon..... : 1"1/4

(Selon longueur tuyauterie renseignée)

Accessoire vanne motorisée

Diamètre : DN 32

- SCHEMA DE PRINCIPE HYDRAULIQUE -



HYDRAMAX EFFIPAC

Référence du projet 154 LOGTS - BAT B - GROUPE CENSIER - RUE CENSIER – SANTEUIL – GEOFFROY SAINT HILAIRE PARIS 75005

Date 27 novembre 2024

Avertissement

Les estimations effectuées sont basées sur des consommations journalières moyennes d'eau chaude sanitaire ainsi que sur des hypothèses de profils de soutirage journaliers usuels selon l'application considérée.

Elles n'excluent en rien une étude détaillée ou un contrôle par un bureau d'études spécialisé pour une évaluation plus précise des consommations réelles et de leur répartition.

Les résultats qui en découlent, sont donnés sans garantie aucune et ne sauraient en aucun cas engager la responsabilité d'Atlantic.

Groupe Atlantic et ses filiales ne pourront en aucun cas être tenus responsables de dommages directs, indirects, accidentels ou spéciaux, ni de perte de quelque nature que ce soit (y compris, sans limitation, perte de profits, perte de contrats, perte ou corruption des données).

Groupe Atlantic. Tous droits réservés.

- HYPOTHESES -

Zone géographique

Site

T° extérieure de référence

T° eau froide

H1A
Trappes
-5 °C
6 °C



raçage électrique)

Nombre de logements	Type de logement (Qualitel)
11	T1 Douche ou baignoire
36	T2 Douche ou baignoire
66	T3 1 baignoire
	T3 1 baignoire et 1 douche
31	T4 1 baignoire
	T4 1 baignoire et 1 douche
10	T5 1 baignoire
	T5 1 baignoire et 1 douche
	T5 2 baignoires
	T6 1 baignoire
	T6 1 baignoire et 1 douche
	T6 2 baignoires

Equivalence	
Qualitel	Costic
Parc privé	
150,2	138,3

éérature de consigne ECS EFFIPAC HYDRAMAX	50 °C
éérature de consigne ECS APPOINT	60 °C
de couverture souhaité	50%
s de chargement	8 heures
de glycol primaire EFFIPAC	0% (
n traitement évaporateur anti-corrosion	NON
ueur tuyauterie EFFIPAC/ Ballon-Bouteille + retour (estimée).....	10 m

erres de bouclage ne sont pas prises en charge par le système HYDRAMAX EFFIPAC ; elles doivent êt

s hypothèses :

- RESULTATS -

Estimation du volume de stockage

Besoin journalier moyen : 13111 Litres à 60 °C
Besoin journalier à fournir par HYDRAMAX EFFIPAC : 8194 Litres à 50 °C

Sélection ballon(s) de stockage CORHYDRO

Nombre de ballon(s) : 3

	Type	Capacité
Ballon sortie Eau chaude sanitaire	Corhydro	3000 L
Ballon entrée Eau froide ou inter.	Corhydro	3000 L
Ballon entrée Eau froide	Corhydro	2500 L

Sélection PAC HYDRAMAX EFFIPAC

Modèle de PAC : EFFIPAC 32
Nombre de PAC : 3
Taux de couverture possible : 52%
Débit primaire (m³/heure) par EFFIPAC : 5,5
Débit primaire (m³/heure) total : 16,5

Bouteille / Ballon

Capacité : 500 L

Sélection RUBIS EFFIPAC

Modèle : RU 628

Diamètre tuyauterie préconisé

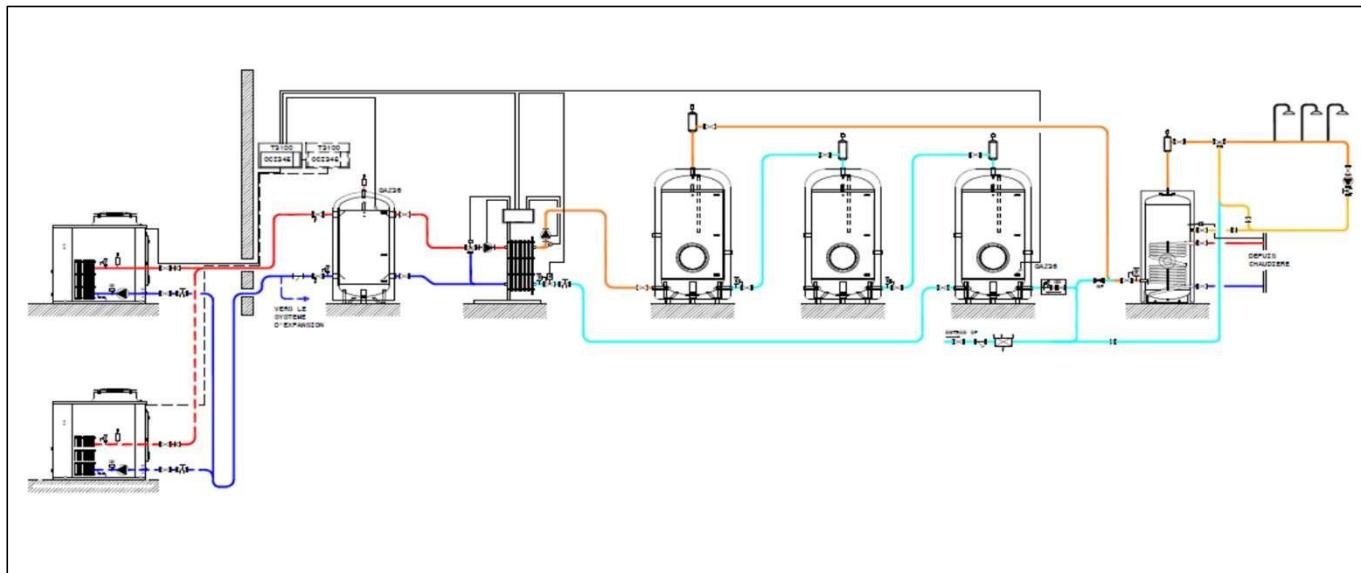
EFFIPAC/Bouteille-Ballon : 1"1/2

(Selon longueur tuyauterie renseignée)

Accessoire vanne motorisée

Diamètre : DN 40

- SCHEMA DE PRINCIPE HYDRAULIQUE -



Référence du projet	98 LOGTS - BAT C - GROUPE CENSIER - RUE CENSIER – SANTEUIL – GEOFFROY SAINT HILAIRE PARIS 75005
Date	27 novembre 2024

Avertissement
Les estimations effectuées sont basées sur des consommations journalières moyennes d'eau chaude sanitaire ainsi que sur des hypothèses de profils de soutirage journaliers usuels selon l'application considérée.
Elles n'excluent en rien une étude détaillée ou un contrôle par un bureau d'études spécialisé pour une évaluation plus précise des consommations réelles et de leur répartition.
Les résultats qui en découlent, sont donnés sans garantie aucune et ne sauraient en aucun cas engager la responsabilité d'Atlantic.
Groupe Atlantic et ses filiales ne pourront en aucun cas être tenus responsables de dommages directs, indirects, accidentels ou spéciaux, ni de perte de quelque nature que ce soit (y compris, sans limitation, perte de profits, perte de contrats, perte ou corruption des données).
Groupe Atlantic. Tous droits réservés.

- HYPOTHESES -

Zone géographique	H1A
Site	Trappes
T° extérieure de référence :	-5 °C
T° eau froide	6 °C



Nombre de logements	Type de logement (Qualitel)	
16	T1	Douche ou baignoire
33	T2	Douche ou baignoire
24	T3	1 baignoire
	T3	1 baignoire et 1 douche
24	T4	1 baignoire
	T4	1 baignoire et 1 douche
1	T5	1 baignoire
	T5	1 baignoire et 1 douche
	T5	2 baignoires
	T6	1 baignoire
	T6	1 baignoire et 1 douche
	T6	2 baignoires

Equivalence	
Qualitel	Costic
91,7	82

éature de consigne ECS EFFIPAC HYDRAMAX	50 °C
éature de consigne ECS APPOINT	60 °C
de couverture souhaité	50%
s de chargement	8 heures
de glycol primaire EFFIPAC	0% (
n traitement évaporateur anti-corrosion	NON
uer tuyauterie EFFIPAC/ Ballon-Bouteille + retour (estimée).....	10 m

ertes de bouclage ne sont pas prises en charge par le système HYDRAMAX EFFIPAC ; elles doivent être

s hypothèses :

- RESULTATS -

Estimation du volume de stockage

Besoin journalier moyen	7774	Litres à 60 °C
Besoin journalier à fournir par HYDRAMAX EFFIPAC	4859	Litres à 50 °C

Sélection ballon(s) de stockage CORHYDRO

Nombre de ballon(s)	2
---------------------------	---

Type	Capacité
Corhydro	2500 L
Corhydro	2500 L

EFFIPAC 32

Modèle de PAC

--

Nombre de PAC	2
---------------------	---

Taux de couverture possible	52%
-----------------------------------	-----

Débit primaire (m ³ /heure) par EFFIPAC	5,5
--	-----

Débit primaire (m ³ /heure) total	11
--	----

Bouteille / Ballon

Capacité	200 L
----------------	-------

Sélection RUBIS EFFIPAC

Modèle	RU 620
--------------	--------

Diamètre tuyauterie préconisé

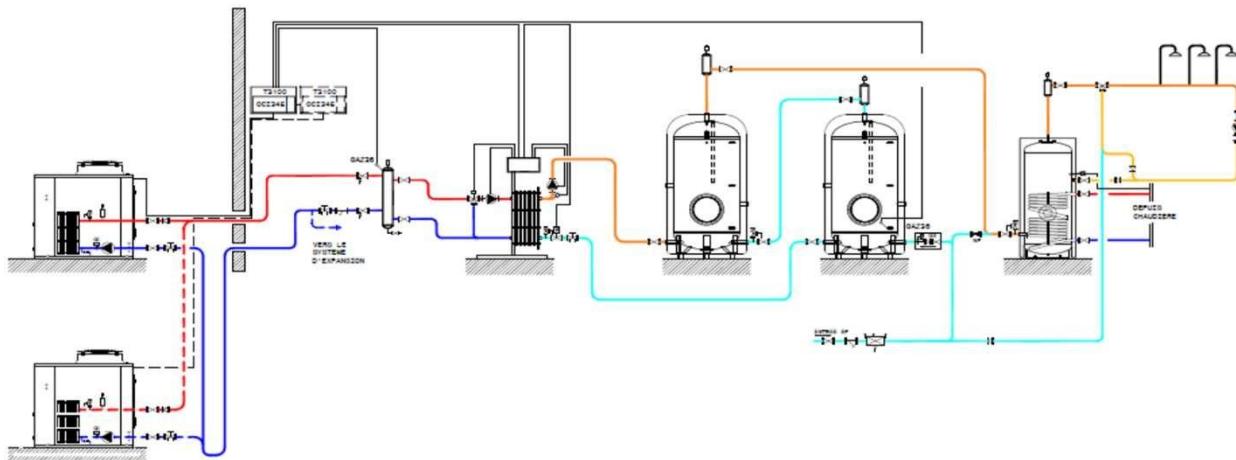
EFFIPAC/Bouteille-Ballon.....	1"1/2
-------------------------------	-------

(Selon longueur tuyauterie renseignée)

Accessoire vanne motorisée

Diamètre	DN 40
----------------	-------

- SCHEMA DE PRINCIPE HYDRAULIQUE -



atlantic systèmes
Collectif et tertiaire

HYDRAMAX EFFIPAC

Référence du projet	73 LOGTS - BAT D - GROUPE CENSIER - RUE CENSIER – SANTEUIL – GEOFFROY SAINT HILAIRE PARIS 75005
Date	27 novembre 2024

Avertissement

Les estimations effectuées sont basées sur des consommations journalières moyennes d'eau chaude sanitaire ainsi que sur des hypothèses de profils de soutirage journaliers usuels selon l'application considérée.

Elles n'excluent en rien une étude détaillée ou un contrôle par un bureau d'études spécialisé pour une évaluation plus précise des consommations réelles et de leur répartition.

Les résultats qui en découlent, sont donnés sans garantie aucune et ne sauraient en aucun cas engager la responsabilité d'Atlantic.

Groupe Atlantic et ses filiales ne pourront en aucun cas être tenus responsables de dommages directs, indirects, accidentels ou spéciaux, ni de perte de quelque nature que ce soit (y compris, sans limitation, perte de profits, perte de contrats, perte ou corruption des données).

Groupe Atlantic. Tous droits réservés.

- HYPOTHESES -

Zone géographique	H1A
Site	Trappes
T° extérieure de référence :	-5 °C
T° eau froide	6 °C



Nombre de logements	Type de logement (Qualitel)
7	T1 Douche ou baignoire
16	T2 Douche ou baignoire
16	T3 1 baignoire
	T3 1 baignoire et 1 douche
18	T4 1 baignoire
	T4 1 baignoire et 1 douche
8	T5 1 baignoire
	T5 1 baignoire et 1 douche
	T5 2 baignoires
8	T6 1 baignoire
	T6 1 baignoire et 1 douche
	T6 2 baignoires

Equivale	
Qualitel	Costic
Parc privé	
73,2	71,2

éature de consigne ECS EFFIPAC HYDRAMAX : 50 °C

éature de consigne ECS APPPOINT : 60 °C

de couverture souhaité : 55%

s de chargement : 8 heures

de glycol primaire EFFIPAC : 0% (

n traitement évaporateur anti-corrosion : NON

ueur tuyauterie EFFIPAC/ Ballon-Bouteille

+ retour (estimée) : 10 m

ertes de bouclage ne sont pas prises en charge par le système HYDRAMAX EFFIPAC ; elles doivent êt

s hypothèses :

raçage électrique)

- RESULTATS -

Estimation du volume de stockage

Besoin journalier moyen : 6750 Litres à 60 °C
Besoin journalier à fournir par HYDRAMAX EFFIPAC : 4640 Litres à 50 °C

Sélection ballon(s) de stockage CORHYDRO

Nombre de ballon(s) : 2

Ballon sortie Eau chaude sanitaire :
Ballon entrée Eau froide ou inter. :
Ballon entrée Eau froide :

Type	Capacité
Corhydro	2500 L
Corhydro	2500 L

Sélection PAC HYDRAMAX EFFIPAC

Modèle de PAC : EFFIPAC 32

Nombre de PAC : 2
Taux de couverture possible : 60%
Débit primaire (m³/heure) par EFFIPAC : 5,5
Débit primaire (m³/heure) total : 11

Bouteille / Ballon

Capacité : 200 L

Sélection RUBIS EFFIPAC

Modèle : RU 620

Diamètre tuyauterie préconisé

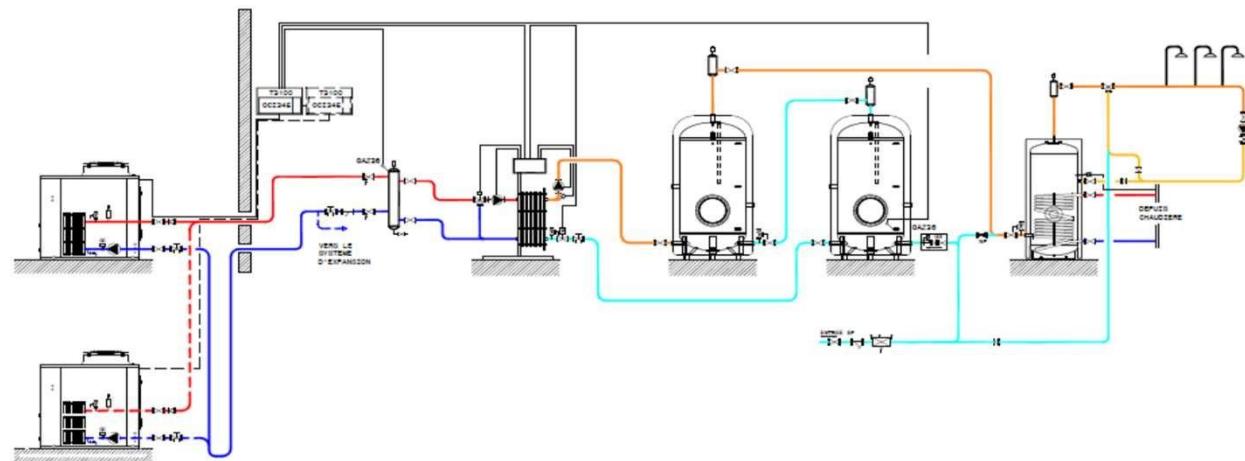
EFFIPAC/Bouteille-Ballon : 1"1/2

(Selon longueur tuyauterie renseignée)

Accessoire vanne motorisée

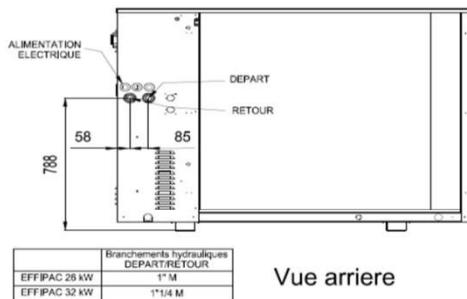
Diamètre : DN 40

- SCHEMA DE PRINCIPE HYDRAULIQUE -

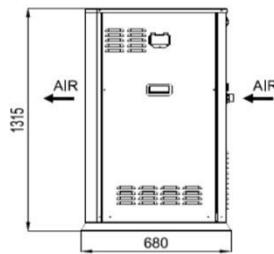


- DIMENSIONS HYDRAMAX EFFIPAC (Cotes en mm) -

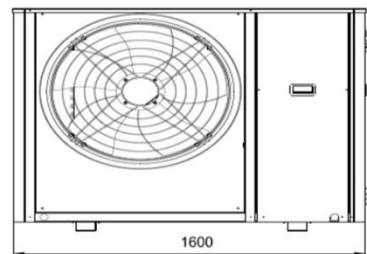
EFFIPAC 26-32kW



Vue arrière



Vue de droite



Vue de face



Vue de dessus

- DEGAGEMENTS TECHNIQUES MINIMUMS EFFIPAC (Cotes en mm) -

Toutes les distances ci-dessous doivent être scrupuleusement respectées pour garantir un fonctionnement normal de l'appareil.

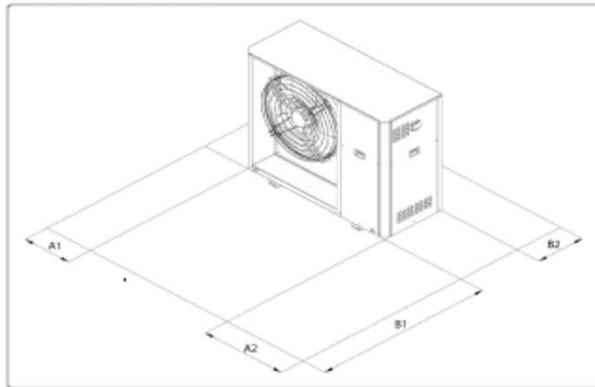
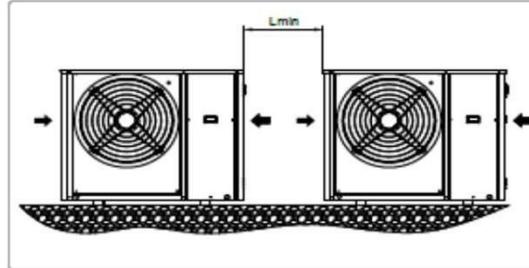


Figure 7 - Dégagements minimum d'installation autour de l'unité extérieure

MODÈLE	A1 (mm)	A2 (mm)	B1 (mm)	B2 (mm)
AHP60 26 kW	400	700	1500	400
AHP60 52 kW	400	700	1500	400



ATTENTION : Ne pas obstruer ou couvrir les ouvertures dédiées à la ventilation sur le panneau latéral comportant l'IMH.



• En cas d'unités côte à côté, la distance minimum Lmin à respecter entre elles est de 700mm.

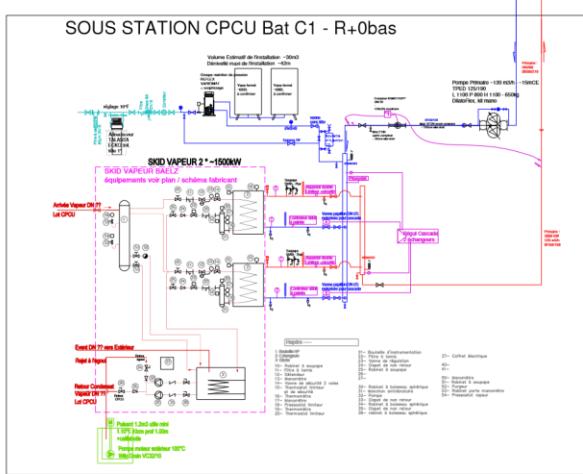
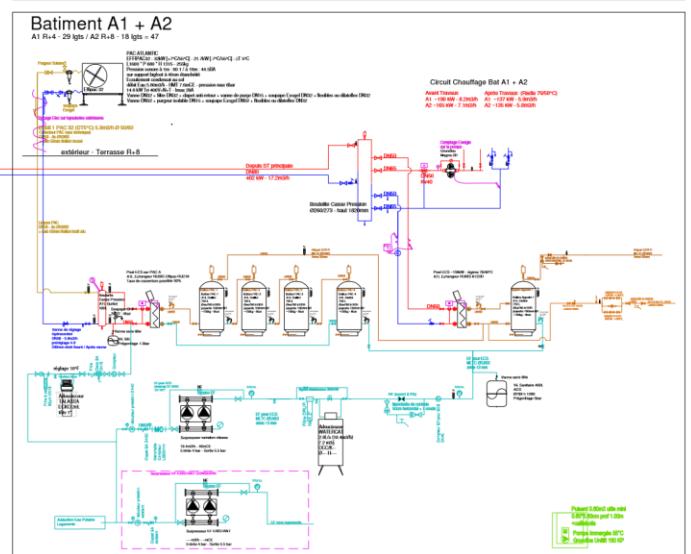
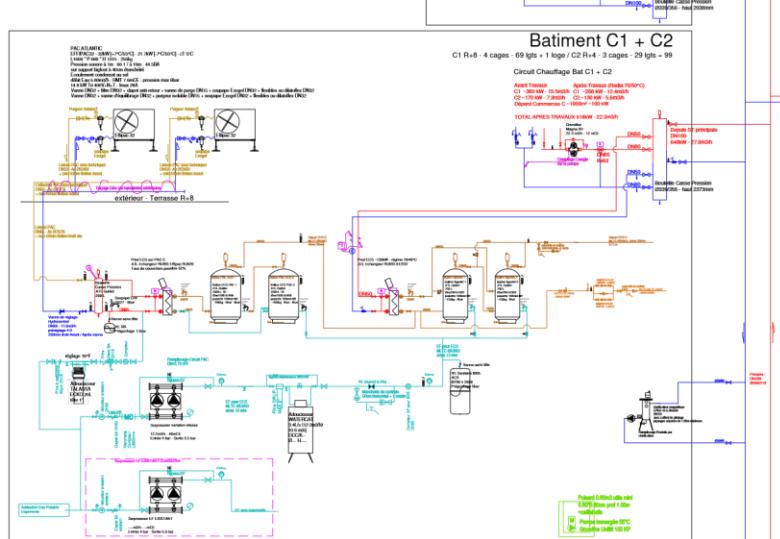
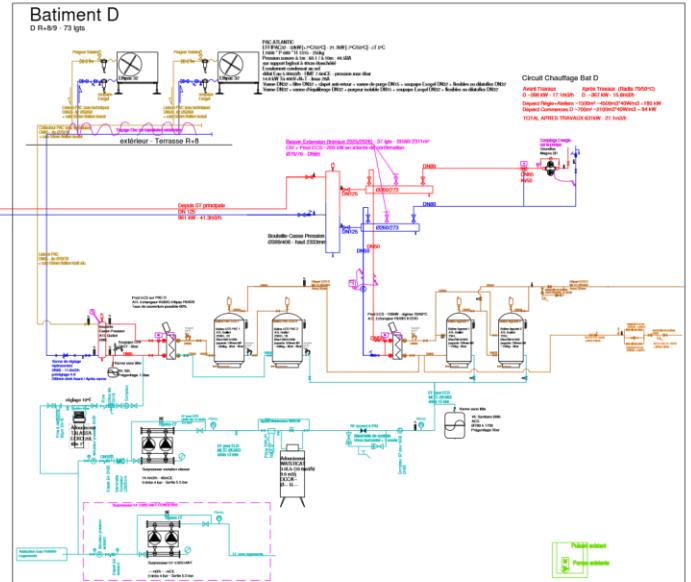
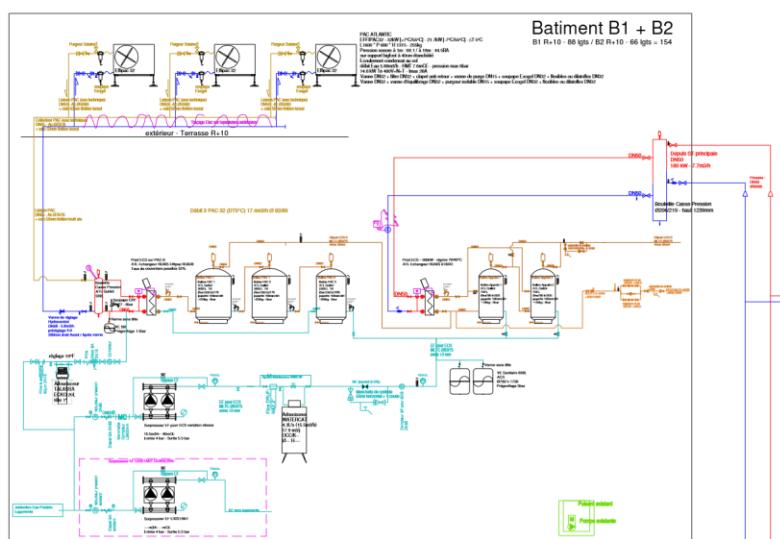
Les unités extérieures EFFIPAC sont conçues pour être installées à l'extérieur à l'air libre. Dans le cas où une installation sous alcôve ou abri ne peut être évitée, veillez à respecter les instructions de la notice d'installation de l'appareil (croquis dégagements minimums et types d'installations).

ANNEXE III : SCHEMA DU SYSTEME THERMIQUE PROJETE (PAC + REGULATION)

Ce schéma présente la configuration cible du système thermique rénové, incluant :

- Une sous-station principale neuve,
- Quatre pompes à chaleur collectives,
- Un stockage ECS tampon de 6 750 litres,
- Un réseau de distribution rénové et équilibré.

Il reflète les choix techniques retenus en phase conception pour répondre aux exigences du Plan Climat de Paris.



PARIS HABITAT
PARIS
Rehabilitation Groupe Censier - 373 Icts
rue Censier - Santeuil - Geoffroy St Hilaire
19 rue Censier - 75005 PARIS

**CVP
SYNOPTIQUE
RESEAUX EF-ECS-BECS
RESEAUX CHAUFFAGE - VMC
R-1 / R+0b**

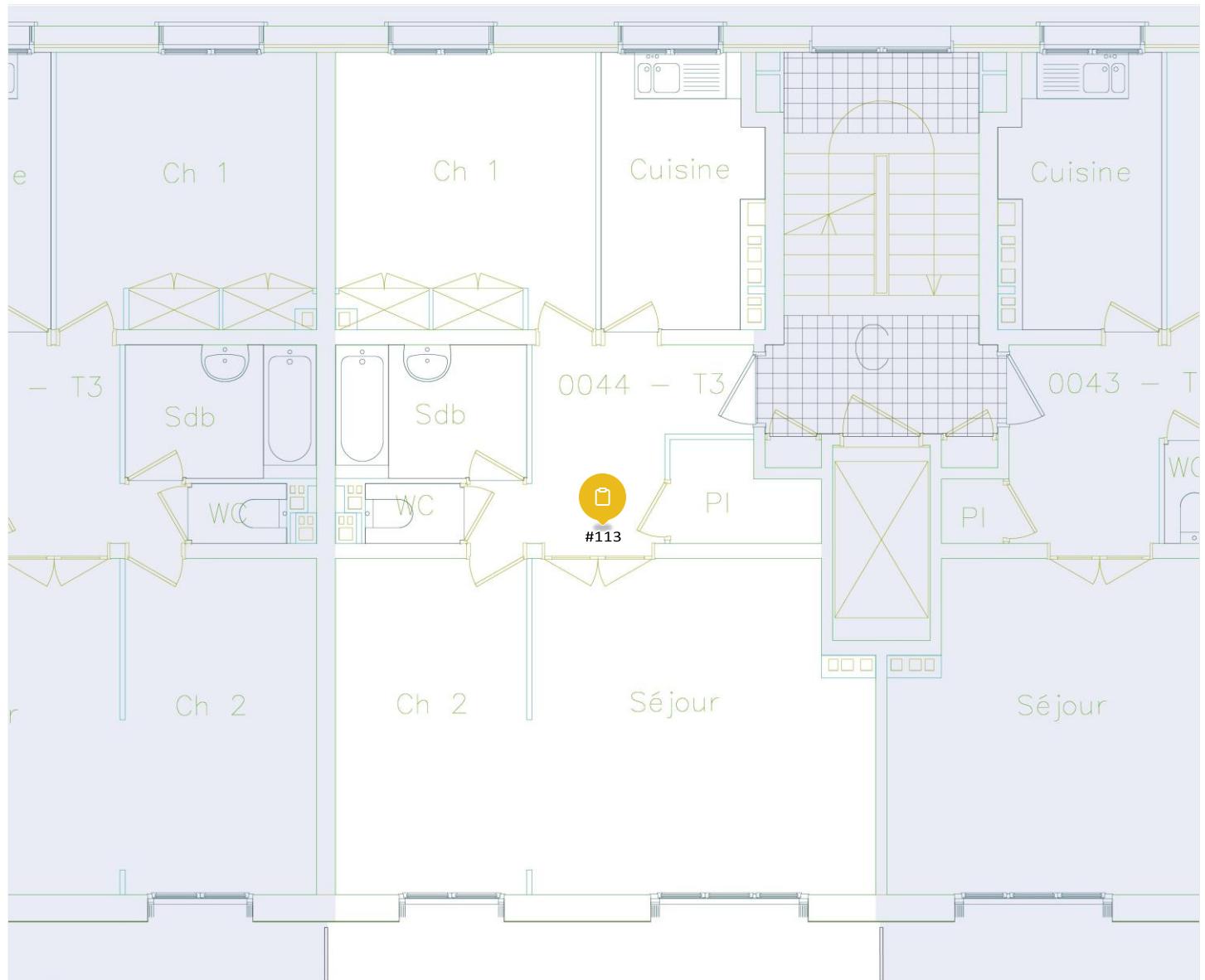
ANNEXE IV : PLANNING BATIMENT D – DETAIL SEQUENTIEL

Cette annexe expose le planning détaillé des interventions prévues sur le bâtiment D (groupe ILN), réparties par corps d'état et par typologie de logement. Le séquencement vise à garantir la continuité d'usage pour les occupants tout en respectant les contraintes techniques liées à l'intervention en site occupé. Ce document permet d'illustrer la complexité logistique du projet.

Planning bâtiment D avec commande hors intempéries et aléas

ANNEXE V : EXEMPLE D'ETAT DES LIEUX LOGEMENT TYPE (EDL)

Ce document présente un extrait d'état des lieux (EDL) détaillé pour un logement du bâtiment D. Il recense les équipements à remplacer (chauffe-bain, robinetterie, radiateurs, etc.) et ceux à conserver. Ce relevé a servi de base pour établir les quantitatifs des travaux et justifier les besoins spécifiques par cage et par niveau dans les ILN.



Finalcad

N°	Nom	Statut	Responsable	Modèle	Date de fin	Mise à jour
113	061830 Ami BA	À faire		EDL CENSIER - T3		5 févr. 2025

BAT D/BAT D - Cage C/BAT D - Cage C - R+5/Logement 0048

1 Formulaires

061830

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Numéro UG

061830

Numéro de Batiment

D

Numéro de la cage d'escalier

C

Etage

5

Numéro de Logement

48

Typologie

T3

COORDONNEES LOCATAIRE

Nom

[REDACTED]

Prénom

[REDACTED]

Téléphone 1

06 81 94 24 15

Téléphone 2

—

Email

Maitealbagly@hotmail.com

Accepter que EIFFAGE utilise vos coordonnées

Oui

INFORMATIONS LOCATAIRE

+ 65 Ans**Installation du kit access****Problème de mobilité****Visite d'un ergothérapeute****Souhait de mutation****Problèmes de santé?****Commentaire**

—

Aide aux déplacements des meubles**Travail de Nuit?****Indisponibilités**

—

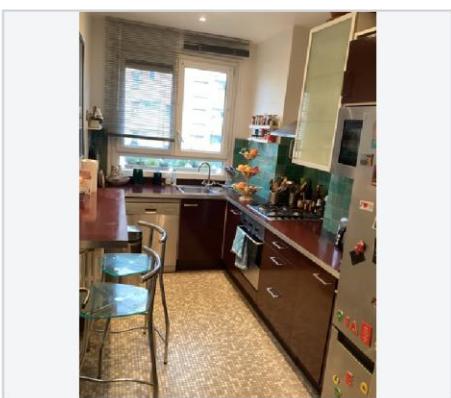
Animaux dans le logement**Numéro de Cave**

—

Nombre de personne vivant dans le logement

1

CHAMBRE TRAVAUX A PREVOIR



Ajouter remplacement ROAI

Sans réponse

SALLE DE BAIN - INFORMATIONS GENERALES

Baignoire



Douche



Conduit sous baignoire?

Sans réponse

Nombre de chutes par pièces?

2

Encoffrement chute?



Faïence sur encoffrement?



Dimensions

136

Nombre d'attentes existantes LV/LL

1

Faïence sur tablier



Faïence sur crédence



Chute derrière baignoire



Présence Bidet



SALLE DE BAIN - TRAVAUX A PREVOIR

Lavabo



Réemploi Lavabo



Robinet lavabo



Miroir



Douche



Baignoire



Faïence



Quantité (m²)

—

Choix du coloris



Peinture

Salon de bain - TRAVAUX A PREVOIR

Sol souple

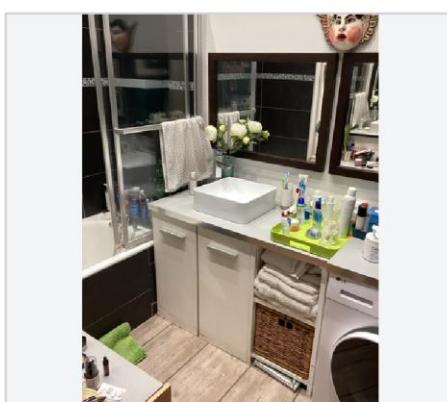
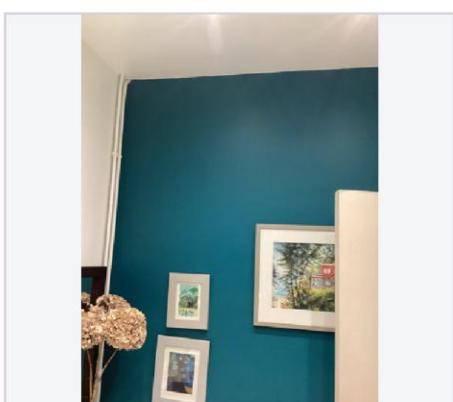
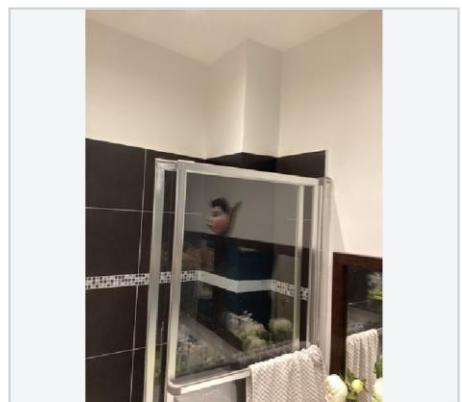
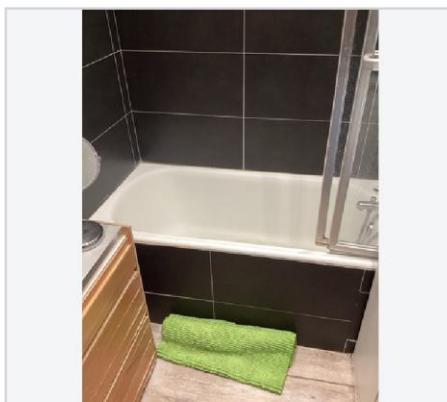
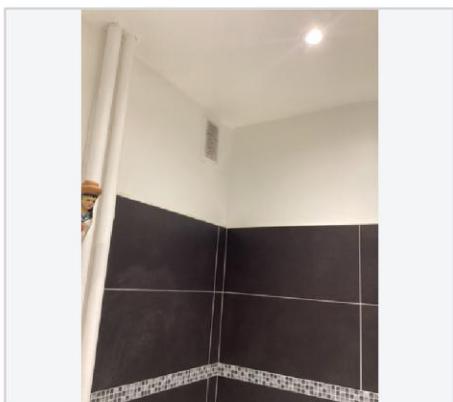


Choix coloris sol

Commentaires

Peinture conserve la partie en vert souhaite conserver le sol dans la mesure du possible

Photo Salle de bain



Conserver bidet



WC - INFORMATIONS GENERALES

Nombre de chutes par pièces? (copy)

1

Encoffrement chute?



Faïence sur encoffrement?



WC- TRAVAUX A PREVOIR

WC



Réemploi



Peinture



Sol souple

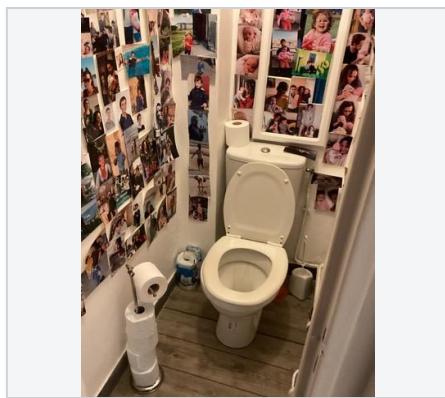
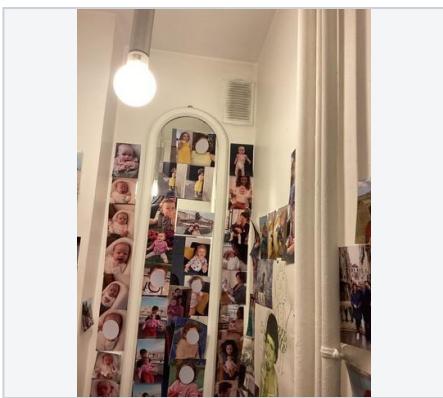


Choix coloris sol

Commentaires

Souhaite récupérer le sol origine

Photo WC



PLACARD

Ballon d'eau chaude

Colonne EF

Aménagements

Commentaire

—

Photo



BALCON

Pare Vue Endommagé

Aménagements Fixes

Stores à projection

Commentaires

—

Photos

—

SECHOIR

Carrelage Sol

Sans réponse

Carrelage Mur

Sans réponse

Aménagements Fixes

Sans réponse

Menuiseries Existantes

Sans réponse

Point Lumineux

Sans réponse

Prise Séchoir	Sans réponse
Commentaires	—
Photos	—
SEJOUR/SALON	
Désorde(s) Existant(s)	×
Commentaires	—
Photos	—
CHAMBRE 1	
Désorde(s) Existant(s)	×
Commentaires	—
Photos	—
CHAMBRE 2	
Désorde(s) Existant(s)	×
Commentaires	—
Photos	—
CHAUFFAGE	
Remplacement robinets thermostatiques	✓
Commentaires	—
Photo Chauffage	—
RESEAUX VERTICAUX	
Remplacement chute WC	✓
Remplacement chute SdB	✓
Remplacement EP	✓
Si oui, localisation	—
Commentaires	—
Photo Reseaux	—
ELECTRICITE	
Complet	×
Distribution et appareillages uniquement	×
Mise en sécurité	✓

DAAF

Sans réponse

Commentaires il faut rajouter nombres de prises cassées

Sans réponse

Photo Elec**Pièce jointe**

—

MENUISERIE INTERIEURE**Détalonnage des portes****Commentaires**

—

Photo Menuiserie Int

—

VENTILATION**Nombre bouches d'extraction**

3

Nombre entrées d'air

3

Commentaires

—

Photo ventilateur

—

Signatures intervenants**Maîtrise d'ouvrage PARIS HABITAT**

Signé par Ami BA le 5 févr. 2025 à 10:08

Maitre d'œuvre COTEC + TEQUI ARCHITECTURE

Signé par Ami BA le 5 févr. 2025 à 10:21

Locataire

Signé par Ami BA le 5 févr. 2025 à 10:21

Entreprise EIFFAGE CONSTRUCTION AH

Signé par Ami BA le 5 févr. 2025 à 10:08

Signature**Confirmez la saisie du formulaire**

Validé

Par Ami BA le 5 févr. 2025 à 10:21

Autres Informations**Logement encombrés****Propriétés du formulaire**

Statut	Priorité	Créé le	Dernière mise à jour	Commentaires
À faire	Moyenne	29 janv. 2025 à 08:49 par Ami BA	5 févr. 2025 à 10:07 par Ami BA	0
Éléments liés		0		