Audit Énergétique
Résidence Constellation

57-67 Boulevard Exelmans
Paris 75016

N° d'affaire	Création/ Maj.	Version	Rédaction	Vérification
CR/18800055	Mars 2018	V1	YSC	-

SOMMAIRE

1. MÉTHODOLOGIE 4
2. PÉRIMÈTRE DE L'ÉTUDE 5
3. BILAN ÉNERGÉTIQUE ANNUEL 7
   3.1. CONSOMMATION RÉELLE GLOBALE DES BÂTIMENTS 7
   3.2. ANALYSE DE LA RIGUEUR CLIMATIQUE ET DES CONSOMMATIONS 8
4. RÉGLEMENTATION 10
   4.1. CONTEXTE RÈGLEMENTAIRE 10
5. RÉSULTATS DU CALCUL RÉGLEMENTAIRE 11
6. AUDIT DU BÂTI, DES SYSTÈMES MÉCANIQUES ET ÉLECTRIQUES 12
   6.1. PRÉAMBULE 12
   6.2. ENVELOPPE DU BÂTIMENT 13
      6.2.1. État des lieux 13
   6.3. SYSTÈMES DE CHAUFFAGE ET D'EAU CHAUDE SANITAIRE 16
      6.3.1. Principe de fonctionnement chauffage 16
      6.3.2. Principe de fonctionnement ECS 16
      6.3.3. Émission 20
   6.4. SYSTÈMES DE VENTILATION ET DE CONDITIONNEMENT D'AIR 22
   6.5. SYSTÈMES D'ÉCLAIRAGE 25
7. THERMOGRAPHIE 27
8. DÉPERDITIONS DE L'ENVELOPPE 33
9. RETOUR DES OCCUPANTS ET MESURES DE TEMPÉRATURES 35
10. MODÉLISATION PLÉIADES + COMFIE 38
   10.1. MODÉLISATION 3D 38
   10.2. LE ZONAGE 39
   10.1. COMPARAISON CONSOMMATION RÉELLE ET THÉORIQUE 40
11. SIMULATIONS D'AMÉLIORATION 41
   11.1. MÉTHODOLOGIE 41
   11.2. APPROCHE TARIFAIRE 41
      11.2.1. Tarifs des prestations 41
      11.2.2. Calcul du retour sur investissement des recommandations 41
      11.2.3. Aides financières 42
12. SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE 46
   12.1. PRÉCONISATIONS UNITAIRES 46
   12.2. PRÉCONISATIONS GROUPÉES 47
13. FICHES DE PRÉCONISATIONS 51
14. CONCLUSION 58
15. GLOSSAIRE 59

Préambule

Le secteur du bâtiment consomme aujourd'hui plus de 40 % de l'énergie utilisée en France et est responsable de 20 % des émissions de gaz à effet de serre.
La problématique de la réduction des consommations d'énergie et les impacts environnementaux qui y sont liés sont au cœur des préoccupations actuelles dans ce domaine. La lutte contre le réchauffement climatique et la promotion de modes de consommations responsables sont autant d'enjeux qui sont devenus prioritaires pour les acteurs de la construction et de la gestion des bâtiments.

En marge de cette prise de conscience, la hausse des prix des énergies fossiles et l'épuisement annoncé des réserves naturelles ont amené l'État, l'ADEME, et les Régions à mettre en place un Plan Climat dont l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments et de leurs équipements techniques est un des axes majeurs.

LOISELET & DAIGREMONT a fait appel à la société Citae en vue de réaliser un audit énergétique de la résidence Constellation. Celui-ci se réalisera selon le CCTP de l'ADEME « AUDIT ARCHITECTURAL ET ÉNERGÉTIQUE DE COPROPRIÉTÉ - Chauffage collectif et individuel version de juin 2014 ».

Le respect de ce cahier des charges amène la considération d'un plus grand nombre de paramètres. De plus ce type d'audit va incorporer une analyse du bâtiment par thermographie infrarouge. La mesure et l'enregistrement sur une semaine des températures et de l'humidité sur des appartements types. Enfin une Simulation Thermique Dynamique (STD) sera réalisée permettant de calculer des consommations qui s'approcheront au plus près des consommations réelles de la copropriété et ainsi calculer les gains obtenus par action.

1. Méthodologie

Notre démarche se décompose en trois phases :

- **Phase 1 : Relevés et mesures sur site, description et examen des bâtiments**

C'est la partie fondamentale de l'étude. La qualité des relevés, l'analyse rigoureuse des informations saisies, et la pertinence des observations déterminent la justesse des calculs et des simulations ultérieures. L'intérêt des améliorations proposées dépendra du bon déroulement de cette phase.

- **Phase 2 : Exploitation et traitement des données recueillies**

C'est la phase des calculs et des interprétations de résultats. Elle permettra de mettre en évidence les améliorations à envisager.

- **Phase 3 : Proposition de programmes de travaux cohérents**

Après avoir identifié les potentiels d'économie s d'énergies, on propose des interventions techniques à mener, en indiquant les coûts, les économies à en attendre, et le temps de retour des investissements. Ces propositions seront incluses dans le rapport de synthèse directement utilisable par le Maître d'Ouvrage, pour lui permettre d'orienter son choix de travaux.

Le but premier est d'assister le conseil syndical pour réaliser une proposition chiffrée et argumentée de programmes d'économies d'énergies. L'étude permet de décider dans une perspective globale et en connaissant le montant des investissements nécessaires à prévoir. Les résultats de l'audit énergétique serviront d'outil d'aide à la décision notamment pour l'isolation des façades par l'extérieur.

- **Logiciels utilisés**

Afin de simuler le bâtiment et de le comparer aux consommations réelles, nous avons utilisé le logiciel Pléiades+Comfie pour permettre de faire ressortir les consommations de chauffage. Il s'agit d'un logiciel de simulation thermique dynamique ayant la spécificité de pouvoir prendre en compte l'utilisation réelle du bâtiment. En parallèle nous réaliserons un calcul réglementaire permettant de mettre en évidence et de répartir les consommations réglementaires du bâtiment (Cep) concernant le chauffage, la climatisation, l'ECS, la ventilation, l'éclairage et les auxiliaires. Afin de pouvoir positionner le bâtiment selon la réglementation thermique.

Une fois notre modèle de bâtiment défini, nous proposerons des solutions d'améliorations qui seront détaillées dans les pages suivantes. Les tarifs des solutions présentées sont issus de notre bibliothèque de tarifs que nous mettons à jour régulièrement à partir de travaux réellement réalisés chez nos clients. Il est possible que nos estimations soient différentes de travaux ou devis déjà réalisés pour les bâtiments étudiés. Bien que réalistes, les coûts estimés ne peuvent en aucun cas être considérés ou faire office de devis et ne sont présentés que pour donner une estimation du coût des interventions que nous recommandons ainsi que leur retour sur investissement.

2. Périmètre de l'étude

La résidence Constellation est un ensemble de 104 logements répartis sur 1 bâtiment. La résidence a été créée aux environs de 1967.

La surface totale du périmètre audité est de **11 618 m²** (SHON : Surface Hors Œuvre Nette). La surface habitable est évaluée à **10 756 m².**

La production de chaleur se fait par effet Joule via un plancher chauffant électrique. L'ECS est collective en accumulation totale via des ballons électriques. La ventilation est mécanique simple flux.

Figure 1 Vue aérienne de la copropriété

Figure 2 Vue côté cour de la résidence Constellation

3. Bilan énergétique annuel

3.1. Consommation réelle globale des bâtiments

La source d'énergie principale utilisée pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire est l'électricité. La production est collective.

Le détail de la consommation énergétique annuelle est fourni dans les tableaux suivants :

Année	DJU	**Consommation total**	Chauffage*	ECS*	Coût	Prix Énergie	Consommation/ DJU
		(kWhEF)			[€ HT]	[c€ HT/kWhEF]	(kWhEF.Jour/°C)
2017	1983	896 412	600 822	295 590	84 665	9.4	452.0
Moyenne	**1983**	**896 412**	**600 822**	**295 590**	**84 665**	**9.4**	**452.0**

Tableau 1 Résumé de la consommation énergétique pour le chauffage et l'ECS de la résidence

(*) La répartition de la consommation totale sur les postes de chauffage et d'ECS est théorique et calculée sur les consommations totales hors période de chauffe.

3.2. Analyse de la rigueur climatique et des consommations

Les Degrés Jours Unifiés ou DJU est l'unité permettant de déterminer la rigueur de l'hiver, calculée à l'aide de la différence entre la température intérieure de référence (18°C) – hors apports naturels et domestiques – et la température extérieure médiane de la journée. Ils sont une image du besoin de chauffage.

Les DJU pris en compte sont issus de la station climatique de Paris Montsouris.

Les consommations globales en chauffage de la résidence ont été mises en parallèles aux DJU mensuels pour la période de chauffe considérée de début Octobre à Mai. Nous pouvons observer ci-dessous un suivi des consommations en électrique en fonction du besoin climatique de l'année 2017.

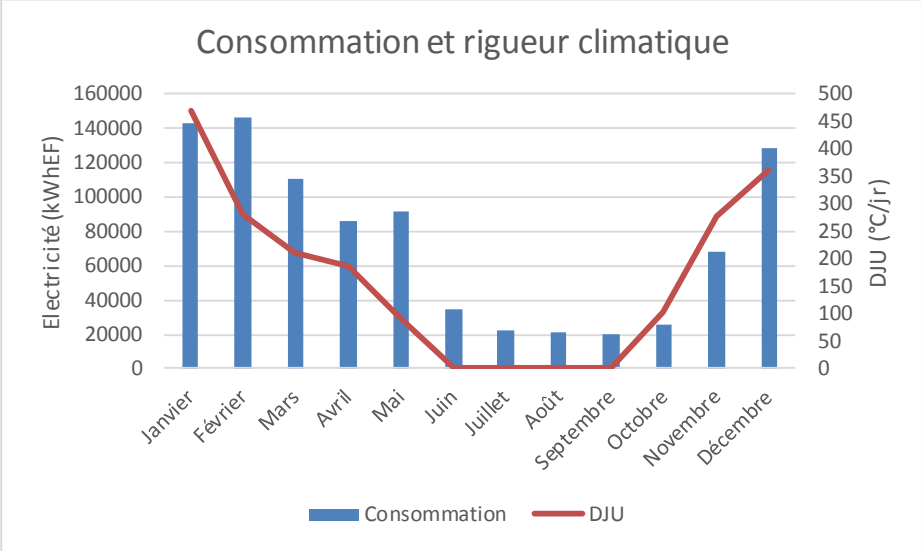
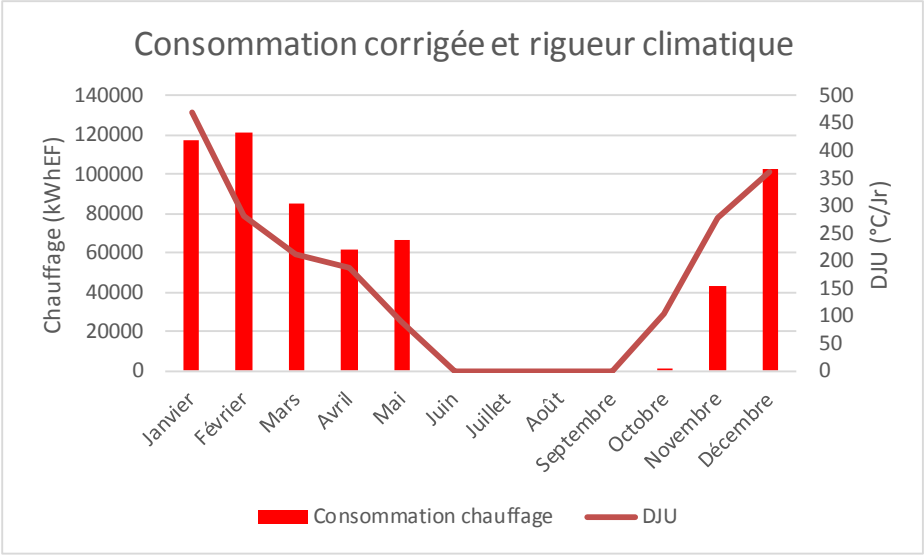


Figure 3 Consommation électrique et rigueur climatique

Cependant la consommation générale comprend également la consommation liée à l'ECS qui n'est pas sensible aux variations climatiques. C'est pourquoi il a été estimé d'après les consommations hors période de chauffe la part liée à l'usage ECS. Part que nous retranchons à la consommation totale afin de n'obtenir que la consommation liée au chauffage.



On observe que les consommations de chauffage ne semblent pas suivre la courbe de la rigueur climatique témoignant d'une régulation en difficulté.

Afin de pouvoir analyser de manière plus précise la régulation en place, nous prenons en compte la signature énergétique du premier degré du bâtiment. Nous traçons la consommation du chauffage fonction des DJU.

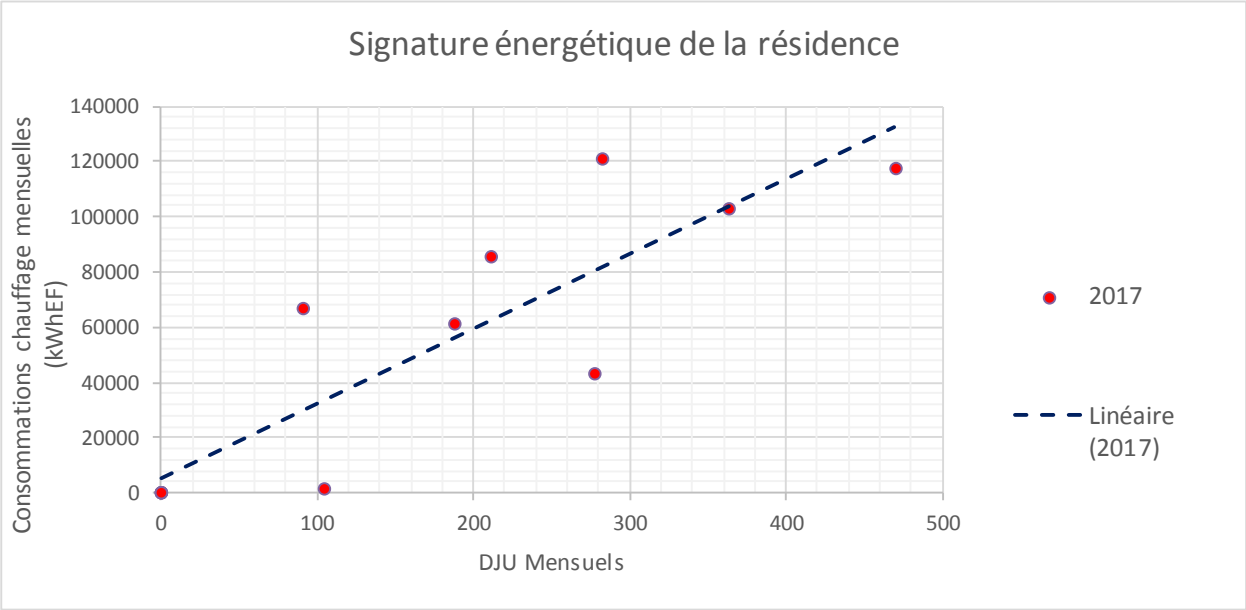


Figure 4 Signature énergétique de la résidence

Nous observons une forte dispersion du nuage de points pour l'année 2017 qui traduit une mauvaise performance de la régulation. Cela est induit par le type d'émission et l'impossibilité d'effectuer un découplage précis. **Voir paragraphe 6.3.3 « Émissions »**

4. Réglementation

4.1. Contexte règlementaire

Individualisation/Répartition des frais de chauffage

Textes de référence :
- *Arrêté du 27 août 2012 relatif à la répartition des frais de chauffage dans les immeubles collectifs à usage principal d'habitation*
- *Arrêté du 30 mai 2016 relatif à la répartition des frais de chauffage dans les immeubles collectifs*

Tout immeuble équipé d'un chauffage collectif doit comporter une installation d'individualisation des frais de chauffage:

- lorsque cela est **techniquement possible** de mesurer la chaleur consommée par chaque logement pris séparément et de poser un appareil permettant aux occupants de chaque logement de moduler la chaleur fournie par le chauffage collectif,
- et si cela n'entraîne pas un **coût excessif** impliquant de modifier l'ensemble de l'installation de chauffage.

Cette installation est alors composée d'appareils qui permettent de mesurer la quantité de chaleur consommée par chaque local occupé à titre privatif. Ces appareils prennent la forme, selon les configurations, de compteurs individuels placés à l'entrée de chaque logement ou de répartiteurs de frais de chauffage (RFC) installées sur les émetteurs de chaleur.

Contraintes techniques ne permettant pas la mise en œuvre de compteurs/répartiteurs de frais de chauffage	Votre résidence est-elle concernée ?
L'émission de chaleur se fait par dalle chauffante sans mesure possible par logement	**OUI**
L'installation de chauffage est équipée d'émetteurs de chaleur montés en série (monotubes en série)	**NON**
L'installation de chauffage est constituée de systèmes de chauffage à air chaud	**NON**
L'installation de chauffage est équipée d'émetteurs fonctionnant à la vapeur	**NON**
L'installation de chauffage est équipée de batteries ou de tubes à ailettes, de convecteurs à eau chaude, ou de ventilo-convecteurs dès lors que chaque local ne dispose pas de boucle individuelle de chauffage	**NON**

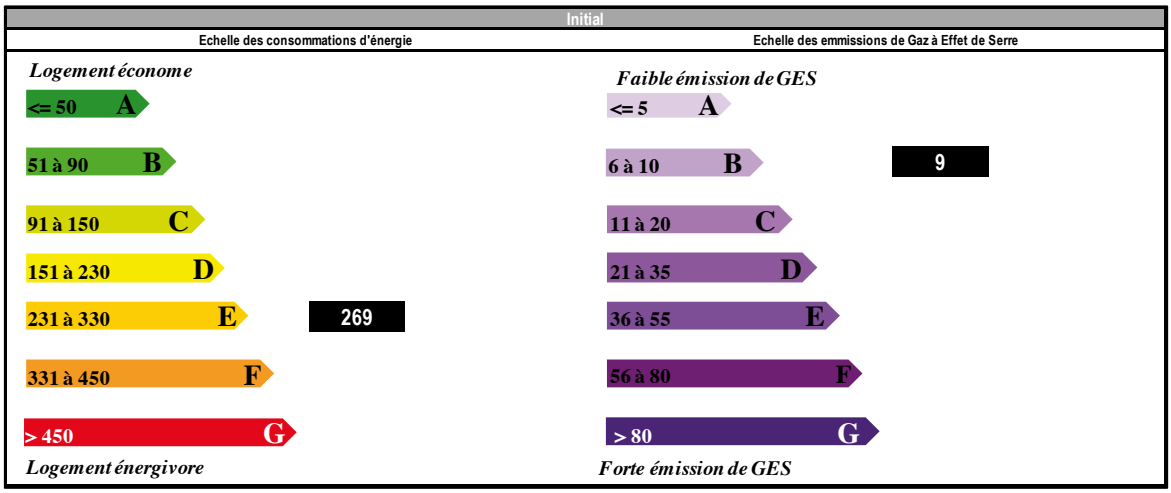
Votre résidence n'est par conséquent non concernée par cet arrêté.

5. Résultats du calcul réglementaire

Arrêté du 08 août 2008 portant approbation de la méthode de calcul Th-C-E ex prévue par l'arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1000 mètres carrés, lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants.

La méthode de calcul TH-C-E ex 2008 a pour objet le calcul réglementaire de la consommation conventionnelle d'énergie d'un bâtiment existant pour le chauffage, la ventilation, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire et l'éclairage. Ce calcul permet de respecter les normes gouvernementales.

Résidence Constellation	
Ubât du bâtiment	1.31
Coefficient Cep (kWh énergie primaire / m²)	268.7
Chauffage (kwhEP/m²)	178.8
Eau chaude sanitaire (kwhEP/m²)	71.1
Éclairage (kwhEP/m²)	6.8
Auxiliaires/Ventilation (kwhEP/m²)	12.0



Afin de réaliser les calculs réglementaires nous nous basons sur le moteur ThCEx conçu par le CSTB.

La résidence dans son état actuel possède une **étiquette énergétique E** - **étiquette GES B**.

6. Audit du bâti, des systèmes mécaniques et électriques

6.1. Préambule

Dans les tableaux qui suivent, P.E désigne la performance énergétique de l'élément.

Chaque élément fait l'objet d'une évaluation par une note allant de 1 à 4 (du moins performant au plus performant) dans les catégories « Performance énergétique » et « État de conservation ».

Évaluation de l'état de conservation des ouvrages et équipements				
État	Mauvais état	État médiocre	État moyen	Bon état
Description	Dégradation générale et fonction mal remplie	Dégradation partielle et fonction mal remplie	Quelques défauts, fonction correctement remplie	Fonction parfaitement remplie

Évaluation de la performance énergétique des ouvrages et équipements				
État	Mauvais	médiocre	moyen	Bon
Description	Équipements /ouvrages pas du tout performants	Équipements/ouvrages peu performants	Équipements/ouvrages performants	Équipements/ouvrages très performants
Exemples Bâti	Non isolé	Isolation ≤ 5 cm	5 cm < Isolation < 10 cm	Isolation ≥ 10 cm
Exemples Chauffage	Rendement < 80%	80 % ≤ Rendement < 90%	90% ≤ Rendement ≤ 100%	Rendement > 100%
Exemple Circuit de Distribution	Pompes de distribution 1 vitesse	Pompes de distribution 3 vitesses		Pompes de distribution avec variateur de vitesse embarqué

6.2. Enveloppe du bâtiment

6.2.1. État des lieux

Murs en contact avec l'extérieur							
Désignation		Composition - Type	Type d'isolation	R [m².K/W]	P.E	État	Photo
Murs extérieurs	**Mur façade côté jardin**	- Structure Béton banché 20cm Avec contre-Cloison *Ravalement effectué côté jardin sans isolation*	Intérieure	1	2	4	
	Mur façade côté rue	- Structure Béton banché 20cm Avec contre-Cloison - Parement Pierre	Intérieure	1	2	3	
	Mur pignons	- Structure Béton banché 20cm	-	-	1	3	

Désignation	Composition - Type	Type d'isolation	R [m².K/W]	P.E	État
Plancher bas Halls sur Parking	- Béton plein 20cm	-	-	1	3
Plancher intermédiaire sur LNC	- Béton plein 20cm	-	-	1	3
Plancher intermédiaire sur tertiaire	- Béton plein 20cm	-	-	1	3
Plancher porche sur extérieur	- Béton plein 20cm	-	-	1	3

Plancher Haut						
Désignation	Composition - Type	Type d'isolation	R [m².K/W]	P.E	État	Photo
Toiture Terrasse	Béton + 8 cm de Polyuréthane	Extérieure	3.2	3	3	

Fenêtres et porte-fenêtre						
Désignation	Composition - Type	Répartition	U [W/m².K]	PE	État	Photo
Menuiseries châssis Alu	Double Vitrage 4/8/4	44%	3.1	2	3	
	Double Vitrage 4/12/4	55%	2.3	3	4	
	Triple Vitrage 4/12/4/12/4	1%	1.1	4	4	-

6.3. Systèmes de chauffage et d'eau chaude sanitaire

6.3.1. Principe de fonctionnement chauffage

Le chauffage de la résidence est assuré par des trames électriques coulées dans la dalle béton.

- **Régulation Chauffage**

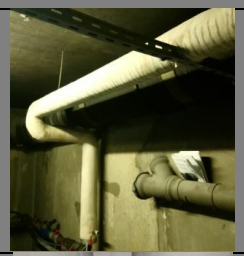
Un disjoncteur est présent par bâtiment.
Une régulation de la température de chauffe est faite selon l'orientation et les étages :

- Côté Rue « Exelmans »
- Côté Cour « École »
- Rez-de-chaussée
- Dernier étage (Terrasse)

6.3.2. Principe de fonctionnement ECS

L'ECS est produite collectivement par une accumulation totale via des ballons électriques horizontaux.

- **Production ECS**

Équipement	Caractéristique	Emplacement	Usages	P.E	État	Photo
Ballon ECS	Ballon de stockage horizontal Volume : 5000 L Calorifuge : Oui Nombre : 4	Au sous-sol	ECS	1	3	
Épingle électrique	Puissance unitaire : 24kW Nombre : 4			1	3	
Réseau primaire	Calorifugé : Oui 30 mm PSE			3	3	
Réseau secondaire	Calorifugé : Oui 30 mm PSE			3	3	

Réchauffeur de boucle	Puissance : 15kW Nombre : 2			2	3	
Pompes de bouclage et homogénéisation	<u>1 pompe d'homogénéisation :</u> Marque : Salmson Type : NEC 55-F/C Puissance : 180W <u>2 pompes de recyclage :</u> Marque : Salmson Type : LRL 403-16/0.25 Puissance : 250W			2	3	

La température de stockage des 4 ballons est très élevée entre 72 et 76°C (voir photo). La température de départ a été relevée à environ 72°C par conséquent aucun risque de légionnelle n'est présent mais **une telle température de stockage et de distribution dans les réseaux induisent de pertes énergétiques très conséquentes.**

6.3.3. Émission

Équipement	Régulation	P.E	État	Photo
Trames de chauffage électriques	Par zonage et selon la température extérieure	2	2	

Convecteurs électriques d'appoint		1	3		

Les trames de chauffage électrique sont coulées dans la dalle béton.

Il est impossible de faire un autre découplage car il n'y a qu'un contacteur par circuit en pied de colonne

Pour faire un découplage par logement il faudrait un contacteur par logements sur chaque paliers et une commande séparée.

6.4. Systèmes de ventilation et de conditionnement d'air

Le conditionnement d'air dans les logements est effectué par une ventilation mécanique simple flux via des conduits shunts unitaires. Le renouvellement d'air est donc effectué par tirage thermique et mécanique via les bouches d'extraction.

Équipement	Caractéristique	Emplacement	P.E	État	Photo
Bouche d'extraction	Simples	Pièces humides (cuisines, salle de bain, WC)	2	3	
Entrée d'air	Par ouverture de fenêtre et entrée d'air simples	Pièces de vie et entrée d'air basse dans les pièces humides	2	3	
Caisson de ventilation	VMC Simple Flux en extraction Nombre : 3 Puissance : Lecture plaque technique inatteignable	En toiture		3	

Nous avons réalisé des sondages sur les bouches d'extractions dans deux logements :

Typologie	Étage appartement	Débit d'extraction mesuré (m3/h)			
		Cuisine	Salle de Bain		WC
T5	**R+10**	36	33		34
T4	**R+5**	65	35	< 7	-

On constate que les débits de ventilation sont faibles pour les deux cuisines testées
De manière globale, le renouvellement d'air mécanique est insuffisant.

Focus mesures de ventilation :

Les mesures ont fait ressortir des débits inférieurs aux débits théoriques :

Selon l'arrêté du 24 mars 1982, des dispositifs de ventilation, qu'ils soient mécaniques ou à fonctionnement naturel, doivent être tels que les débits extraits soient de :

Nombre de pièces principales du logement	Débits extraits exprimés en m3/h				
	Cuisine	Salle de bains ou de douches commune ou non avec un cabinet d'aisances	Autre salle d'eau	Cabinet d'aisances	
				Unique	Multiple
1	75	15	15	15	15
2	90	15	15	15	15
3	105	30	15	15	15
4	120	30	15	30	15
5 et plus	135	30	15	30	15

Il pourrait être intéressant de réaliser une campagne de mesures en condition climatique moyenne d'hiver pour vérifier les débits d'extraction des logements.

Nous rappelons qu'il est impératif que les bouches d'extraction ne soient pas obstruées et soient nettoyées tous les ans et que les conduits de ventilation soient nettoyés au minimum une fois par an [selon l'arrêté du 22 novembre 2004]

6.5. Systèmes d'éclairage

Local	Type	Régulation	P.E	État	Photo
Hall 1	Halogènes et LED	Allumé en permanence	2	4	
Paliers	Halogènes et LED	Détecteur	4	4	

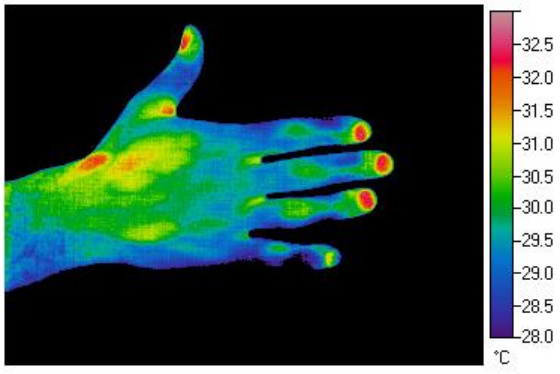
Hall 2	Halogènes et LED	Allumé en permanence	2	4	

7. Thermographie

Une thermographie a été réalisée sur site le 30 Janvier 2018 Février entre 6h30 et 7h15, elle permet de situer et visualiser les différentes déperditions liées à l'enveloppe thermique du bâtiment.

Le principe de la thermographie est simple, la caméra infrarouge capte les rayonnements infrarouges, enregistre les informations physiques puis les transforme en images visibles.

Ainsi les zones à températures élevés apparaitront en clair et en comparaison les zones plus froides en sombres.



Les mesures se réalisent à distance, sans contact et donc sans perturber le fonctionnement des installations. En règle générale, un défaut sur un équipement entraîne une différence de température (élévation ou diminution).

Les images infrarouges relevées montrant les principales caractéristiques de la résidence sont détaillées ci-dessous.

Ponts thermiques :

La figure 5 ci-contre met en évidence la présence de ponts thermiques.
En effet à la liaison plancher intermédiaire/mur et la liaison mur/mur, on observe des températures froides synonyme de déperditions localisées à ces endroits.

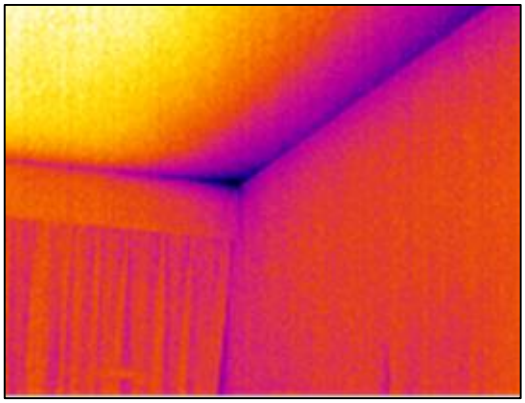


Figure 5 Ponts thermiques vue intérieure

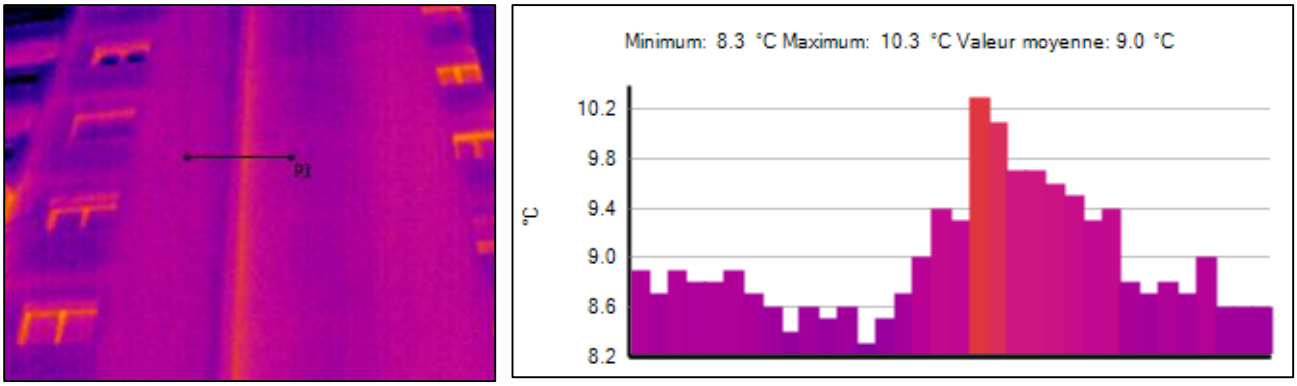


Figure 6 Pont thermique d'angle rentrant

On peut également mettre en évidence un pont thermique d'angle entre parois verticale vue de l'extérieure (Figure 5 ci-dessus). En effet si l'on regarde les températures au niveau de la ligne P1 tracée, un point chaud se situe au niveau de la liaison des parois verticales (10.3°C sur le graphique) au lieu de 9° de moyenne. Soit une différence de température de 1.3°C. Cela engendre, en plus des fortes déperditions, des points froids à l'intérieur sur lesquels l'air froid vient se condenser. Des moisissures liées à l'humidité apparaissant sur ses points peuvent apparaître.

Figure 7 Cadre des menuiseries

De la même manière en image infrarouge intérieure (Figure 7 ci-contre) on observe des températures froides des cadres de menuiseries. En effet les menuiseries de la résidence possèdent un cadre métallique relativement peu isolant sans rupteur de pont thermique. Par conséquent et en dépit de l'utilisation d'occultations extérieures réduisant les déperditions, on constate de nombreuses déperditions aux niveaux des linteaux, tableaux et appuis. On peut également observer un point froid au-dessus de la menuiserie, ce dernier est provoqué par l'arrivée d'air extérieur (froid) au niveau de la bouche d'entrée d'air. Bien qu'il soit indispensable d'assurer un renouvellement d'air hygiénique, les déperditions liées à ce dernier peuvent être réduites par l'utilisation de bouches hygroréglables

Menuiseries :

Les menuiseries de la résidence sont une forte source de déperdition, comme en témoigne les températures chaudes observées sur l'image ci-contre prise de l'extérieure.

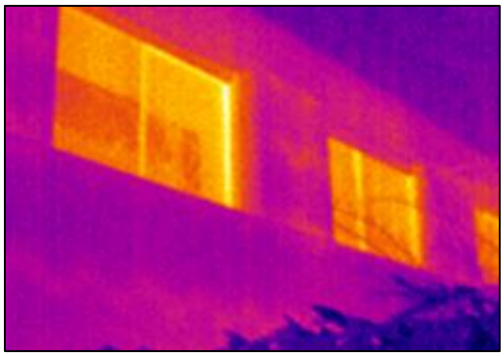
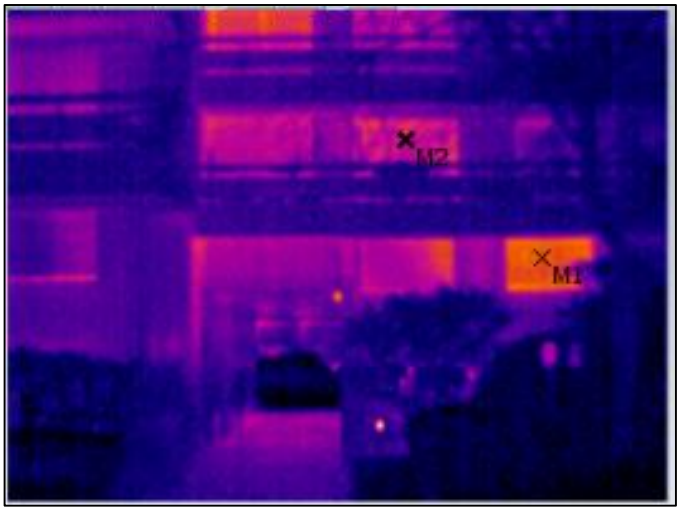


Figure 8 Menuiseries extérieures

L'utilisation de protection interne (rideau) ou externe (volets roulants) a un impact sur les déperditions.
En effet la protection ajoute une résistance thermique supplémentaire qui n'est pas à négliger.
Les deux points de mesures de températures M1 et M2 en témoignent.

M1 = 12.9°C (sans occultation)
M2= 11.5°C (avec occultation)

La différence de température de contact entre ces deux menuiseries, soit 1.4°C, est autant de chaleur économisée ou perdue selon l'utilisation d'une occultation quand il est possible.



Le type de menuiseries a également un impact important sur la quantité de déperditions. En effet les menuiseries d'origines sont plus déperditives que les menuiseries plus récentes ayant une performance thermique plus élevée. Le profil des températures sur la droite verticale P1 tracée ci-dessous le montre. Plus la température est élevée, plus les déperditions sont importantes. Le graphique ci-dessous se lit pour la droite du haut vers le bas, de gauche à droite pour le graphique:

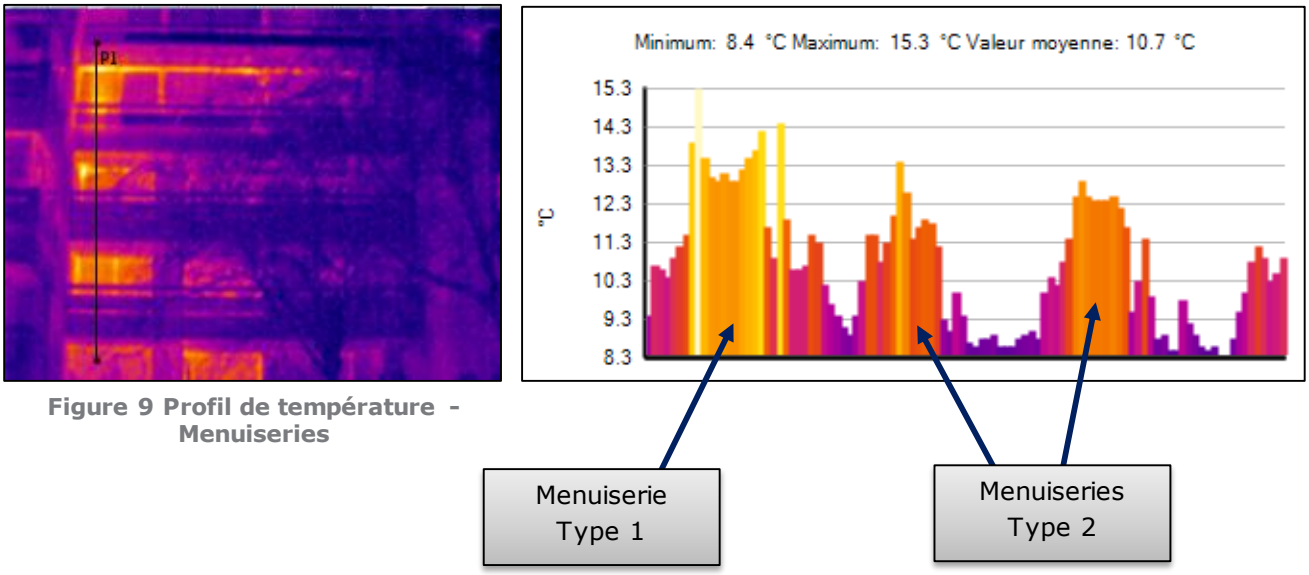


Figure 9 Profil de température - Menuiseries

Les menuiseries Type 2 sont plus performantes et donc moins déperditives que les menuiseries Type 1.

Installation d'eau chaude sanitaire :

Le système de production d'ECS et de distribution est une forte source de consommation dans la résidence.

Au niveau du stockage de l'ECS on remarque sur l'image ci-contre que l'isolation des ballons permet de réduire les déperditions. Cependant les ballons ne peuvent être isoler entiérement et des parties très déperditives subsistes. Le point chaud PC1 (en rouge sur l'image ci-contre) est mesurée à **70.0°C au niveau du de la bouche de registre.**

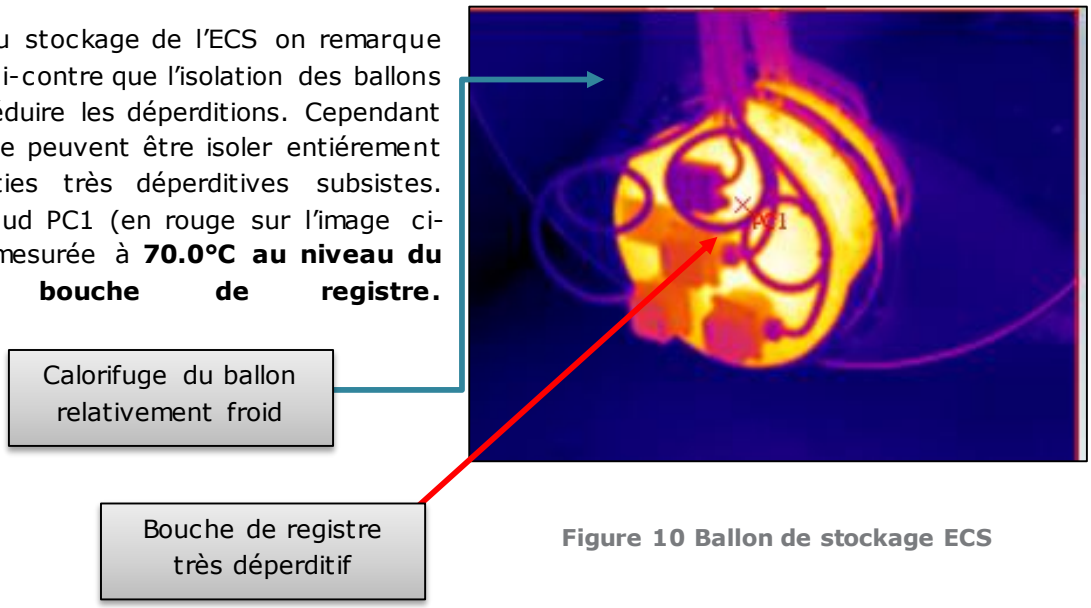


Figure 10 Ballon de stockage ECS

La température de stockage très élevées (72 à 76°C) accentue fortement ces déperditions thermiques.

Des températures élevées sont également observées au niveau de la distribution :

- Au niveau du réseau primaire on observe (dans l'ordre de gauche à droite) : 74.1°C et 34.7°C selon les points localisée du réseau.

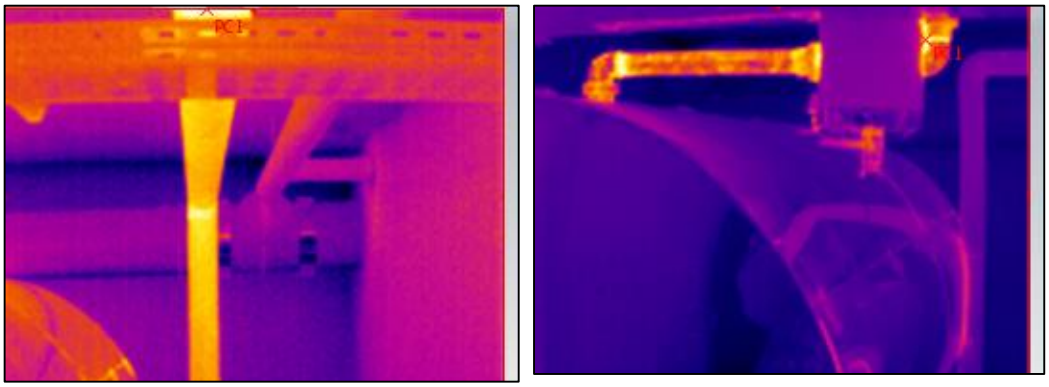


Figure 11 Températures du réseau primaire

8. Déperditions de l'enveloppe

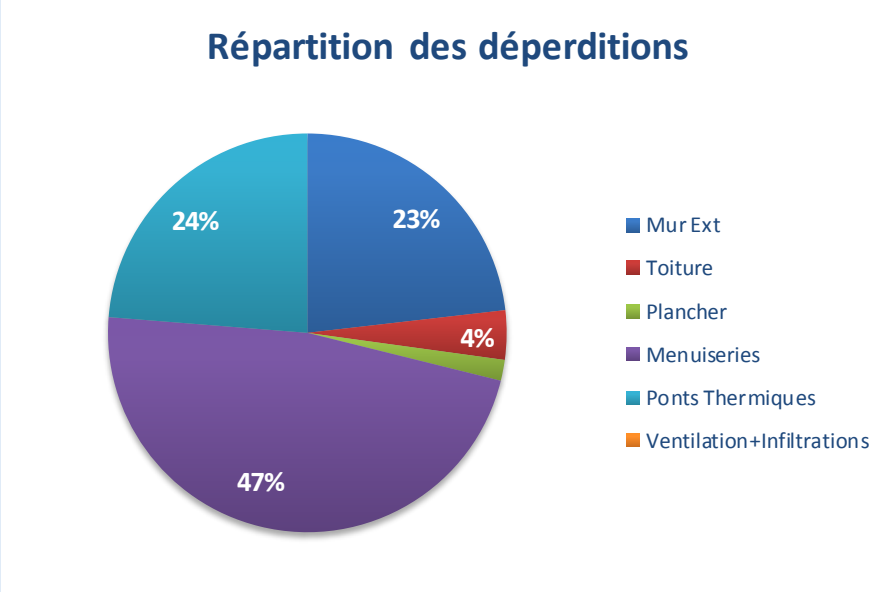
La chaleur produite dans un bâtiment a vocation à se dissiper vers l'extérieur par toutes les voies possibles en fonction du niveau d'isolation du bâtiment. C'est ce que l'on appelle le phénomène de **déperditions de l'enveloppe**.

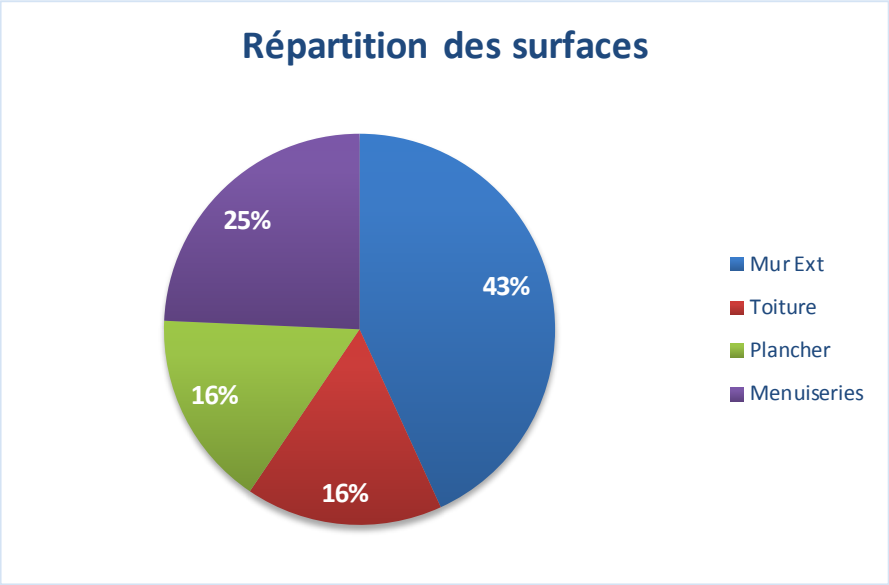
Le calcul de déperditions permet d'évaluer les différentes sources de déperdition et d'identifier celle sur lesquelles il serait le plus pertinent d'agir.

Le tableau suivant indique la part de chaque constituant du bâti dans les déperditions du bâtiment :

Répartition des pertes	W/K	% pertes
Murs Extérieurs	2287.9	23.18%
Toiture	394.4	4.00%
Plancher bas	166.7	1.69%
Menuiseries	4677.8	47.39%
Ponts Thermiques	2343.3	23.74%
Total déperditions	**9870.1**	**100%**

Répartition de l'enveloppe	Surface (m²)	% surface
Murs Extérieurs	3584	43.2%
Toiture	1353	16.3%
Plancher bas	1347	16.2%
Menuiseries	2017	24.3%
Total	**8 299**	**100%**





On remarque que ce sont les menuiseries extérieures qui sont à l'origine de la majorité des déperditions (47%), cela est dû de par leur relative faible performance thermique notamment au niveau du cadre métallique mais surtout par leur surface déperditive très importante (environ 25% de la surface totale).
Vient en second les déperditions par les ponts thermiques, en effet au vu de la présence des très nombreux balcons, de décalages et d'angles de murs la présence des ponts thermiques est très élevée et ces derniers sont assez conséquent.
Vient en troisième les déperditions par les murs extérieur, on observe l'avantage de la contre-cloison par rapport à un mur simple non isolé même si l'isolation des murs est très faible. La présence de mitoyennetés aux pignons réduit aussi de manière conséquente ses déperditions.

Pour ce qui est des déperditions par plancher haut et plancher bas, elles sont peu importantes en comparaison aux autres déperditions, en effet la présence d'une isolation en toiture même faible et sa surface déperditive moins significative n'en fait pas un élément très déperditif. De même la particularité de la résidence Constellation à être en partie sur socle actif, et halls ainsi que d'autres locaux non chauffé, réduit considérablement les déperditions par les planchers bas.

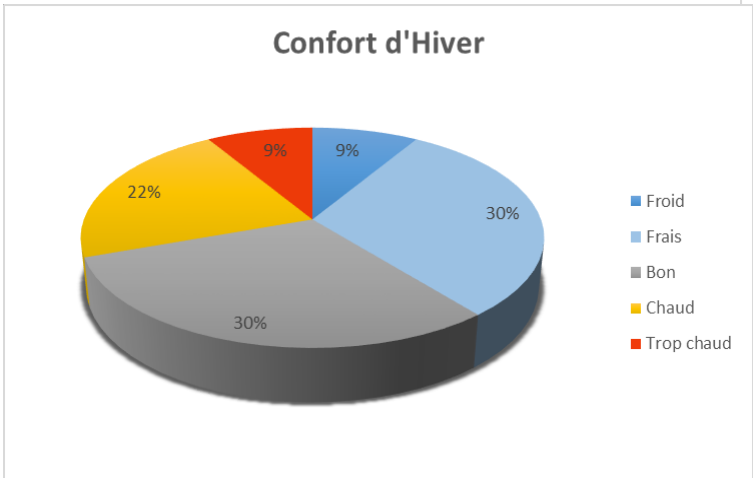
Au regard de ces éléments, les points à traiter en priorité sont :

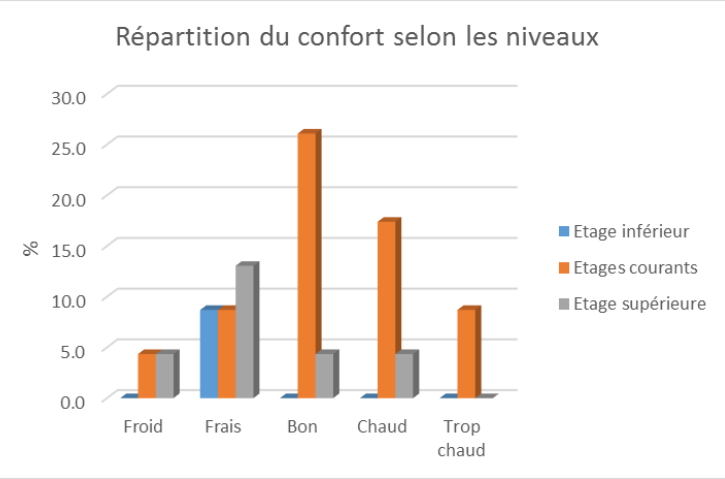
- **Remplacement des menuiseries d'origines**
- **Isolation des murs extérieurs**

9. Retour des occupants et mesures de températures

Des questionnaires vous ont été distribués afin d'avoir un retour direct des occupants sur la problématique de confort dans la résidence.

On observe tout d'abord une sensation de confort très hétérogène en hiver :





Avec 18% d'occupants ressentant un inconfort très élevé (Trop chaud ou trop froid), et seulement 30% des occupants jugeant la température convenable.

La répartition selon les niveaux démontre que la température des appartements est jugée froide ou fraiche aux niveaux extrêmes. C'est-à-dire au niveau du RdC/R+1 et au niveau du R+9/R+10.
Cela peut s'expliquer par une présence plus importante des surfaces déperditives (planchers et toitures) que pour les niveaux courants.

Sondes de température :

Nous avons effectué des mesures de températures dans 2 appartements distincts pendant une semaine de janvier :

- Un appartement au R+5 :

- Température moyenne relevée 22.1°C
- Hygrométrie relative moyenne : 42.4%

- Un appartement au R+10 :

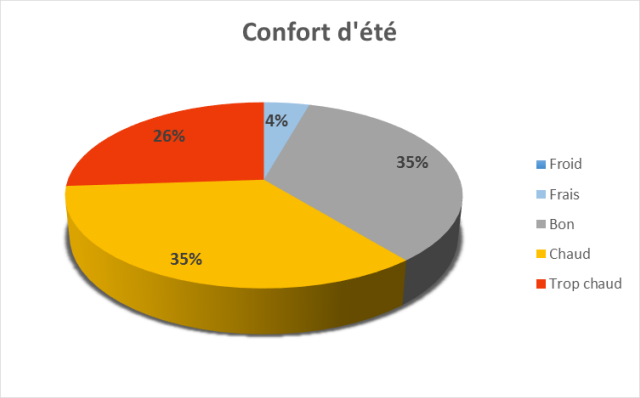
- Température moyenne relevée 19.1°C
- Hygrométrie relative moyenne : 51.3%

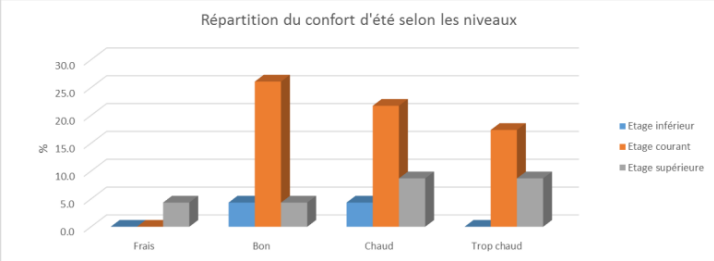
Bien que les températures de 19° et 22°C ainsi que les niveaux d'hygrométries restent dans la zone de confort thermique d'hiver. **L'écart de température observée entre ces deux logements est trop important pour du chauffage collectif.**

- ➔ Un ajustement au niveau de la régulation peut être envisagé. Cependant au vu des retours des questionnaires, les températures peuvent varier de 19°C à 24°C selon les appartements. Il apparaît donc difficile de pouvoir effectuer une régulation efficace avec l'installation de chauffage présente dans la résidence. En effet la régulation n'est possible que selon 4 zones, et ne peut être individualisé par appartement afin de satisfaire le confort de chacun.
  À ce titre nous proposerons la mise en place de radiateurs électrique individuels.

- ➔ Le renforcement de l'isolation des parois déperditive pourrait être une solution afin de diminuer les déperditions des logements défavorables. Toutefois au vu de l'hétérogénéité des températures dans la résidence, le renforcement de l'enveloppe thermique pourrait également avoir comme conséquence une surchauffe des appartements des niveaux intermédiaires si la régulation ne peut apporter la précision nécessaire.

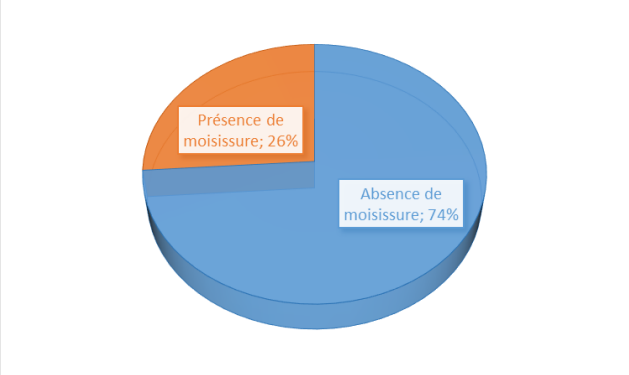
Au niveau du confort d'été il est constaté un inconfort également élevé puisque presque 2/3 des occupants (61%) jugent que les températures sont chaudes voire trop chaudes.



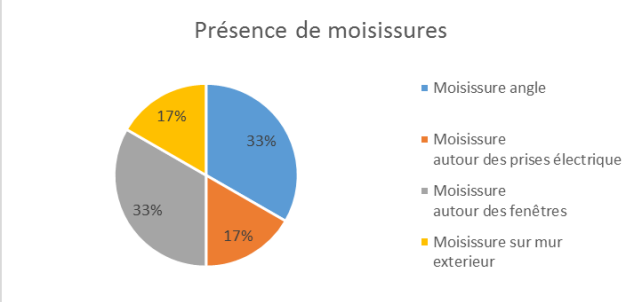


Les étages supérieurs semblent le plus souffrir de cette chaleur. Cela peut-être explique du fait naturel de l'exposition aux apports solaires important en toitures et par les menuiseries ainsi que par la stratification montante de la chaleur. Hormis l'utilisation de protection solaire, et d'un refroidissement actif (climatisation), seul l'augmentation du débit de ventilation l'été pourrait permettre de rafraîchir les appartements par renouvellement d'air augmenté.

Pour ce qui est des moisissures, il est relevé qu'un quart des logements présentent des moisissures. Ces derniers sont dus en majorité aux angles des murs, aux murs extérieurs, ainsi qu'autour des fenêtres. Cela est conforté par les images infrarouges avec les présences de points froids au niveau des ponts thermiques ainsi qu'aux cadres des menuiseries. Ces points froids sont sources de condensation de l'air, et par conséquent d'humidité.



Cela est aggravé lorsque la ventilation n'est pas suffisante et ne peut évacuer convenablement cette humidité.



10.Modélisation Pléiades + Comfie

10.1. Modélisation 3D

Une fois l'état des lieux terminé, nous réalisons une simulation thermique dynamique sur le logiciel Pléiades+Comfie.

Ce logiciel consiste à modéliser l'ensemble des bâtiments en 3D et à lui affecter les différents éléments vus dans l'état des lieux : caractéristiques des parois, des générateurs…

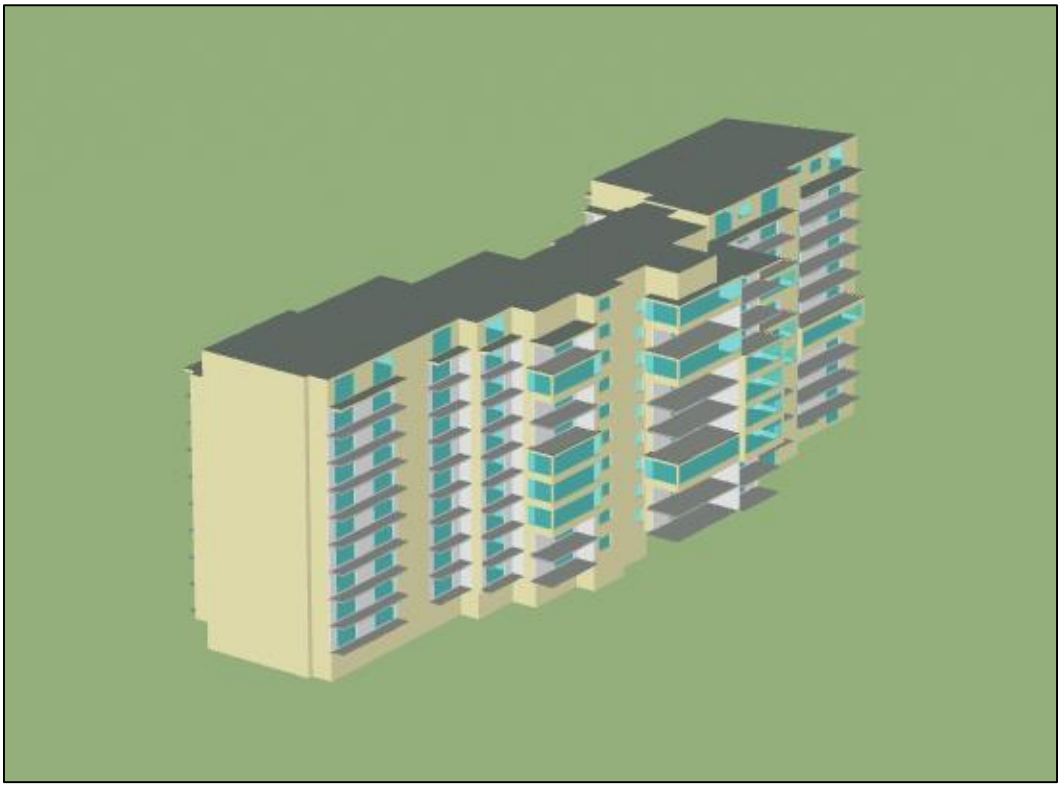


Figure 12 Modélisation de la résidence vue côté cour

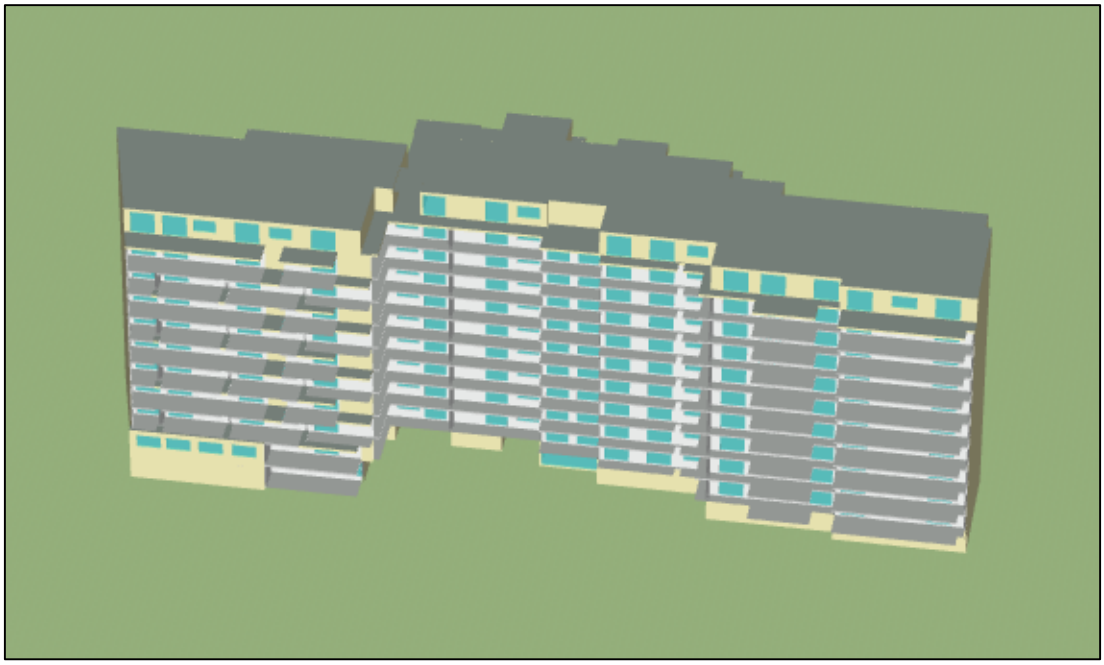


Figure 13 Modélisation de la résidence vue côté mur rue

10.2. Le zonage

Le zonage est l'opération qui consiste à regrouper l'ensemble les locaux thermiquement équivalents, c'est-à-dire dont les scénarios d'utilisation (ventilation, occupation, température de consigne et puissance dissipée) sont similaires.

On peut affiner ce zonage en créant une zone spécifique pour chaque local que l'on souhaite étudier. Une zone est à minima constituée d'un local.

Dans cette modélisation il a été différencié les parties communes (halls et palier), de la zone logements (appartements) ainsi que des locaux tertiaires situés au rez-de-chaussée (HSBC…)

10.1. Comparaison consommation réelle et théorique

Les simulations sur Pléiades Comfie nous ont permis de déterminer les consommations de gaz. Le but étant de se rapprocher au maximum des consommations réelles pour ainsi pouvoir réaliser des solutions d'améliorations les plus réalistes possible.

Dans ce cas les consommations sont celles dues au plancher chauffant et à l'ECS.

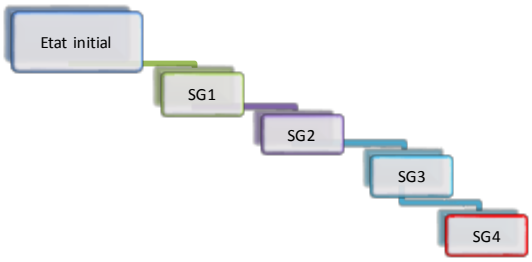
	Réelle (Moyenne)	Simulation	Écart
Chauffage (kWhEF/m².an)	600 822	585 594	-2.5%
ECS (kWhEF/m².an)	295 590	316 029	+6.9%
Total	**896 412**	**901 623**	**0.58%**

En comparant les valeurs réelles des valeurs obtenues par simulation thermique dynamique, on voit bien que l'écart est faible. Par convention, nous considérons qu'un modèle est juste lorsque l'écart est égal à $\pm 10\%$.

11. Simulations d'amélioration

11.1. Méthodologie

Nous avons tout d'abord réalisé des solutions d'améliorations unitaires par rapport à l'état initial, puis des solutions sous forme de groupements cohérents :
Méthode : l'approche en cascade : Proposition d'un programme d'amélioration, ou plan travaux où chaque groupement vient s'ajouter au précédent et en est dépendant.



1- Amélioration de la performance de **20%**

2- Amélioration de la performance de **38%**

3- Performance BBC Rénovation – **Cep(Projet) ≤ Cep (Max) = 104 kWhep/m².an**

11.2. Approche tarifaire

11.2.1. Tarifs des prestations

Les tarifs des solutions présentées dans ce chapitre sont issus de la base de données de tarifs «L'annuel des prix 2015» pratiqués en France par les professionnels. Ils sont également issus de notre bibliothèque de tarifs que nous mettons à jour régulièrement à partir de travaux réellement réalisés chez nos clients. Il est possible que nos estimations soient différentes de travaux ou devis déjà réalisés pour les bâtiments étudiés.

Bien que réalistes, les coûts estimés ne peuvent en aucun cas être considérés ou faire office de devis et ne sont présentés que pour donner une estimation du coût des interventions que nous recommandons ainsi que leur retour sur investissement.

11.2.2. Calcul du retour sur investissement des recommandations

Le retour sur investissement de chaque action est calculé en fonction du prix actuel de l'énergie et en fonction de 2 scénarios d'augmentation cohérents qui seront appliqués dans les prochaines années, voire pour certains dans les prochains mois.

- **Scénario 1** : Augmentation de 5 % / an
- **Scénario 2 :** Augmentation de 7,5 % / an

11.2.3. Aides financières

Depuis le 1er janvier 2015, pour bénéficier de ces aides, vous devrez faire appel à des professionnels qualifiés RGE (Reconnu Garant de l'Environnement). Pour trouver des professionnels RGE près de chez vous, nous vous invitons à consulter l'annuaire des professionnels RGE.

http://renovation-info-service.gouv.fr/trouvez-un-professionnel

Afin d'avoir d'obtenir des informations plus détaillées je vous invite à consulter les guides des aides financières proposées par l'ADEME :

http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-aides-financieres-renovation-habitat-2015.pdf

De plus, pour calculer avec précision les aides dont vous pouvez bénéficier en fonction de vos revenus respectifs, **Calculeo** propose un moteur de calcul très complet.

https://www.calculeo.fr/Mes-Aides#/Travaux

Les critères techniques d'éligibilité :

Afin de pouvoir bénéficier des aides financières (crédit d'impôt pour la transition énergétique, éco-prêt à taux zéro, TVA à 5,5% et l'exonération de la taxe foncière), les travaux que vous entreprenez doivent respecter des caractéristiques techniques et des critères de performances minimales. *Les performances thermiques que nous préconisons correspondent à ces critères.*

1. **L'éco-prêt à taux zéro :**

Accessible à tous les propriétaires, qu'ils occupent leur logement ou qu'ils le mettent en location, l'éco-prêt à taux zéro permet de bénéficier d'un prêt d'un montant maximal de 30 000 € pour réaliser des travaux d'éco-rénovation.
Une éco-prêt copropriété réservé aux syndicats de copropriétaires est aussi disponible. Son montant maximum est de 10 000 € par logement (jusqu'à 30 000 € si le syndicat de copropriétaires décide de réaliser 3 actions de travaux).

Les travaux qui ouvrent droit à l'éco-prêt à taux zéro doivent :

- soit constituer un « bouquet de travaux » : la combinaison d'au moins deux catégories de travaux éligibles parmi les catégories listées ci-dessous ;
- soit permettre d'atteindre une « performance énergétique globale » minimale du logement, calculée par un bureau d'études thermiques ;

Les catégories de travaux concernées par l'éco-prêt à taux zéro et intégrées à l'audit :

- isolation de la toiture ;
- isolation des murs extérieurs ;
- remplacement des portes, fenêtres et porte-fenêtre extérieures
- installation ou remplacement de systèmes de chauffage (associés le cas échéant à des systèmes de ventilation performants) ou de production d'eau chaude sanitaire performants ;

Il existe également des travaux complémentaires qui peuvent être pris en compte pour calculer le montant du prêt. Attention ces travaux complémentaires ne peuvent pas constituer une action du bouquet de travaux.

2. Le crédit d'impôt pour la transition énergétique (CITE) :

Accessible aux propriétaires occupants et locataires, le crédit d'impôt pour la transition énergétique vous permet de déduire de vos impôts 30 %* des dépenses d'équipements et/ou de main d'œuvre pour certains travaux de rénovation énergétique* (montant de dépenses éligibles, plafonné à 8 000 euros par personne et majoré de 400 euros supplémentaires par personne à charge).
Le crédit d'impôt pour la transition énergétique concerne les dépenses d'acquisition de certains équipements fournis par les entreprises ayant réalisé les travaux et/ou de main d'œuvre pour certains travaux d'isolation des parois opaques. Pour rappel, ces équipements et matériaux doivent satisfaire à des critères de performance. Les dépenses d'équipements et matériaux concernées et intégré à l'audit :

- isolation des parois opaques (murs, toitures) ;
- isolation des parois vitrées ;
- chaudières à condensation ou à micro-cogénération ;
- régulation et programmation du chauffage ;

3. La TVA à taux réduit :

Le taux de TVA sur l'achat de matériel et les frais de main d'œuvre relatifs aux travaux d'amélioration, de transformation, d'aménagement et d'entretien, réalisés dans des logements achevés depuis plus de deux ans, est porté de 7% à 10% depuis le 1er janvier 2014. Toutefois, la TVA s'applique au taux réduit de 5,5% pour les travaux d'amélioration de la performance énergétique ainsi que pour les travaux induits et indissociablement liés.

Le taux réduit de TVA à 5,5% s'applique aux travaux visant l'installation (incluant la pose, la dépose et la mise en décharge des ouvrages, produits ou équipements existants) des matériaux et équipements éligibles au crédit d'impôt pour la transition énergétique sous réserve du respect des caractéristiques techniques et des critères de performances minimales qui déterminent son éligibilité. Le taux réduit s'applique aussi aux travaux induits indissociablement liés à la réalisation de ces travaux.

4. L'exonération de la taxe foncière :

Les collectivités locales peuvent, sur délibération, proposer une exonération partielle ou totale de la taxe foncière sur les propriétés bâties (TFPB) pour les logements qui font l'objet, par le propriétaire, de dépenses d'équipement. Les équipements éligibles sont ceux du crédit d'impôt pour la transition énergétique. Pour bénéficier de cette exonération de 50 ou 100%, d'une durée de 5 ans (elle ne peut pas être renouvelée au cours des dix années à l'issue de cette période), le montant total des dépenses payées par logement doit être supérieur à :

- soit 10000€ l'année précédant l'année d'application de l'exonération ;
- soit 15 000 € au cours des trois années précédant l'année d'application de l'exonération.

5. L'Anah – « habiter mieux » :

L'Agence nationale de l'habitat a mis en place une aide pour permettre de réaliser des travaux de rénovation thermique. L'aide se nomme « Habiter mieux ».

- **Pour les revenus "très modestes"***

- 50 % du montant total des travaux ; L'aide de l'Anah est de 10 000 € maximum ;
- une prime forfaitaire de 2000 € ;
- une aide complémentaire qui peut éventuellement vous être accordée par votre conseil régional, conseil général, votre communauté de communes ou votre mairie.

- **Pour les revenus "modestes"***

- 35% du montant total des travaux ; L'aide de l'Anah est de 7 000 € maximum ;
- une prime forfaitaire de 1600 € ;
- une aide complémentaire qui peut éventuellement vous être accordée par votre conseil régional, conseil général, votre communauté de communes ou votre mairie.

* Plafond de ressource île de France

Pour être éligible, il faut que :

- **Les revenus ne dépassent pas les niveaux de ressources suivants :**

Nombre de personnes composant le ménage	Ménages aux ressources très modestes (€)*	Ménages aux ressources modestes (€)*
1	19 803	24 107
2	29 066	35 382
3	34 906	42 495
4	40 758	49 620
5	46 630	56 765
Par personne supplémentaire	+ 5 860	+ 7 136

Les logements :

- aient plus de 15 ans à la date où votre dossier est déposé ;
- n'aient pas bénéficié d'autres financements de l'État, comme un prêt à taux zéro, depuis 5 ans ;

Les travaux :

- garantissent une amélioration de la performance énergétique de votre logement d'au moins 25% ;
- n'aient pas commencé avant le dépôt de votre dossier ;
- soient intégralement réalisés par des professionnels du bâtiment.

6. Certificats d'économies d'énergie

Le dispositif des certificats d'économies d'énergie (CEE), créé en 2005 par la loi de programme fixant les orientations de la politique énergétique, constitue l'un des principaux instruments de la politique de maîtrise de la demande énergétique.

Il repose sur une obligation de réalisation d'économies d'énergie imposée par les pouvoirs publics aux vendeurs d'énergie appelés les « obligés » (électricité, gaz, GPL, chaleur et froid, fioul domestique et carburants pour automobiles). Ceux-ci sont ainsi incités à promouvoir activement l'efficacité énergétique auprès des consommateurs d'énergie : ménages, collectivités territoriales ou professionnels.

Les certificats sont obtenus à la suite d'actions entreprises en propre par les opérateurs, par l'achat de CEE auprès d'autres acteurs ayant mené des opérations d'économies d'énergie, ou à travers des contributions financières à des programmes d'accompagnement. En cas de non-respect de leurs obligations, les obligés sont tenus de verser une pénalité libératoire de deux centimes d'euro par kilowattheure manquant.

En application de la loi du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), une nouvelle obligation dédiée au bénéfice des ménages en situation de précarité énergétique a été mise en place depuis le 1er janvier 2016. Avec un objectif de 150 TWh cumac d'ici fin 2017.

12.Synthèse de l'étude

12.1. Préconisations unitaires

Action Unitaire		Conso réelle avant travaux (kWhep/m²)	Conso réelle après travaux (kWhep/m²)	Gain % (par rapport état initial)	Gain HT (€)	Cout total HT (€)	TRI (années)	Tract 7.5%[1] (années)
Bâti	Réfection et Isolation des toiture-terrasses (R=7.2 m².K/W)	199.1	196.3	1.38%	1 169	148 720	127.2	32.6
	Ajout d'une isolation intérieure (R=4.0 m².K/W)		179.3	9.92%	8 401	161 235	19.2	12.3
	Remplacement des menuiseries d'origine (44% des menuiseries totales) (Uw 1.3W/m².K)		176.0	11.58%	9 808	358 348	36.5	18.2
Ventilation	Ventilation Mécanique Contrôlée simple flux hygroréglable type B		180.3	9.45%	7 998	48 960	6.1	5.2
ECS	Mise en place d'une production d'ECS par récupération sur eaux grises (Système ERS) (Pabs =13.3kW – COP=4.5)[2]		151.5	23.88%	20 219	167 000	8.3	6.7
Chauffage	Mise en place de radiateurs électriques à accumulation et pilotage intelligent		174.4	12.40%	10 495	299 136	28.5	15.8
Régulation	Diminution de la température de stockage (à 55°C) et de distribution d'ECS (à 60°)		195.4	1.83%	1 550	-	-	-
EnR	Mise en place de capteurs solaires hybrides (production d'ECS et d'électricité en autoconsommation) P_{PV}(36kWc)		165.4	16.91%	14 317	139 680	9.8	7.6
	Mise en place de capteurs photovoltaïque (Ptot = 36kWc)		190.9	4.1%	3 477	89 280	25.7	14.8

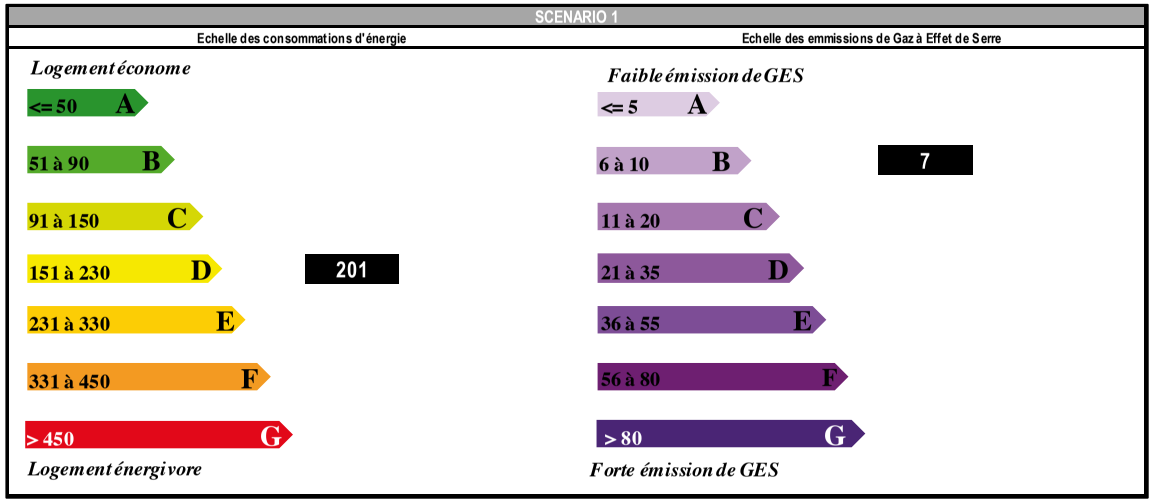
[1] Tract 7.5: Temps de retour sur investissement actualisé à 7.5% (prenant donc en compte les fortes augmentations des énergies depuis 2010).

[2] **Le système de valorisation des eaux grises est sous réserve de faisabilité d'un expert** (il est nécessaire d'avoir une différenciation des réseaux d'eaux grises et noires)

12.2. Préconisations groupées

Scénario 1 : Gain énergétique de 20%										
Action Unitaire		Conso REGLEMENTAIRE avant travaux (kWhep/m².an)	Conso REELLE après travaux (kWhep/m².an)	Conso REGLEMENTAIRE après travaux (kWhep/m².an)	Gain RTex (%) (Gain Réel)	Gain HT (€)	Coût total HT (€)	TRI (années)	Tract 7,5%[3] (années)	Objectif étude
Bâti	Remplacement des menuiseries d'origine (44% des menuiseries totales)	268.7	**157.5**	**200.8**	**25.3 %** (20.9%)	17 659	407 308	23.1	**13.9**	**Objectif atteint**
Ventilation	Ventilation hybride hygroréglable de type B									

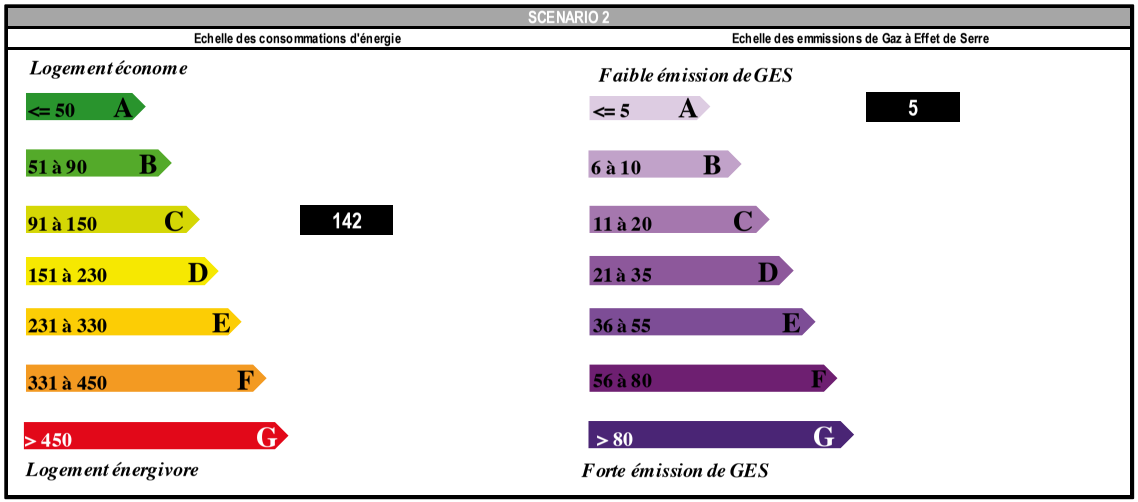
Étiquette réglementaire :



[3] Tract 7.5 : Temps de retour sur investissement actualisé à 7.5% (prenant donc en compte les fortes augmentations des énergies depuis 2010).

Scénario 2 : Gain énergétique de 38%										
Action Unitaire		Conso REGLEMENTAIRE avant travaux (kWhep/m².an)	Conso REELLE après travaux (kWhep/m².an)	Conso REGLEMENTAIRE après travaux (kWhep/m².an)	Gain RTex (%) (Gain Réel)	Gain HT (€)	Coût total HT (€)	TRI (années)	Tract 7,5%[4] (années)	Objectif étude
Bâti	Remplacement des menuiseries d'origine (44% des menuiseries totales)	268.7	**114.0**	**142.0**	**47.2 %** (44.5%)	37 646	574 308	15.3	**10.5**	**Objectif atteint**
Ventilation	Ventilation hybride hygroréglable de type B									
ECS	Mise en place d'une production d'ECS par récupération sur eaux grises (Système ERS) (Pabs =13.3kW – COP=4.5)									

Étiquette réglementaire :

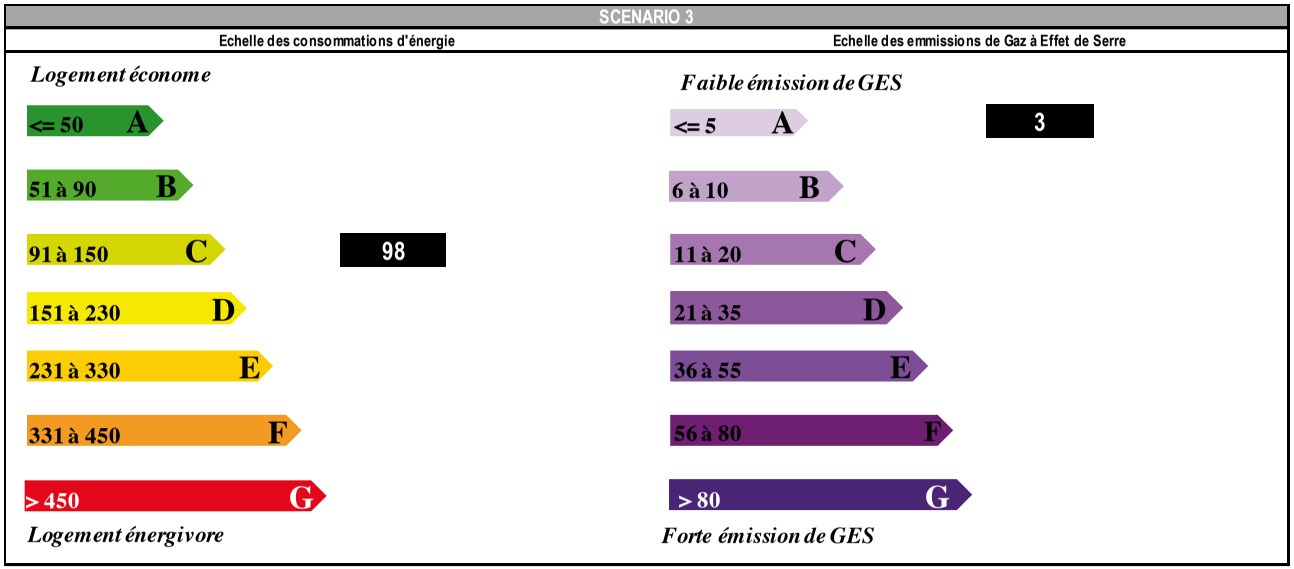


[4] Tract 7.5 : Temps de retour sur investissement actualisé à 7.5% (prenant donc en compte les fortes augmentations des énergies depuis 2010).

Scénario 3 : BBC Rénovation – Cep< 104 kWhep/m².an%										
Action Unitaire		Conso REGLEMENTAIRE avant travaux (kWhep/m².an)	Conso REELLE après travaux (kWhep/m².an)	Conso REGLEMENTAIRE après travaux (kWhep/m².an)	Gain RTex (%) (Gain Réel)	Gain HT (€)	Coût total HT (€)	TRI (années)	Tract 7,5%[5] (années)	Objectif étude
Bâti	Réfection et Isolation des toiture-terrasses (R=7.2 m².K/W)	268.7	**74.4**	**97.8**	**63.6 %** (63.7%)	53 970	1 183 399	21.9	**13.4**	**Objectif atteint**
	Ajout d'une isolation intérieure (R=4.0 m².K/W)									
	Remplacement des menuiseries d'origine (44% des menuiseries totales) (Uw 1.3W/m².K)									
Ventilation	Ventilation Mécanique Contrôlée simple flux hygroréglable type B									
ECS	Mise en place d'une production d'ECS par récupération sur eaux grises (Système ERS) (Pabs =13.3kW – COP=4.5)									
Chauffage	Mise en place de radiateurs électriques à accumulation et pilotage intelligent									

[5] Tract 7.5 : Temps de retour sur investissement actualisé à 7.5% (prenant donc en compte les fortes augmentations des énergies depuis 2010).

Étiquette réglementaire :



Note : Bien que l'isolation par l'intérieure ainsi que la mise en place d'émetteurs de chauffage individuels permet de réaliser un gain énergétique conséquent et une augmentation non négligeable du confort des occupants, ces derniers ne sont proposés qu'au scénario 3 en raison de l'impact important de leur mise en œuvre

13. Fiches de préconisations

DESCRIPTIF DE L'ACTION

Ajout d'une isolation intérieure

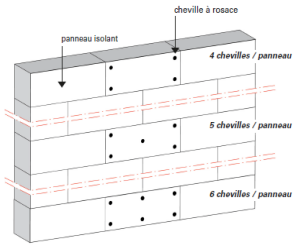
Objectifs de l'action - Performance équivalente à atteindre :

Description	Conductivité thermique λ [W/m.K]	Epaisseur (cm)	Resistance thermique [m²K/W]
Etat Initial :	0.5	5	1
Etat Projet :	0.025	10	4

Illustration et mise en œuvre:

Mise en place des panneaux isolants : Les panneaux sont posés bord à bord à joints serrés suivant plusieurs méthodes de fixations :

- Fixation mécanique avec cheville (entre 4 à 6 chevilles par panneaux)
- Fixation mécanique directe



GAIN ENERGETIQUE ET ECONOMIQUE DE L'ACTION

Investissement et économies annuelles	
Investissement	161 235 €
Economies fiancières	8 401 €
Temps de retour sur investissement	19.2
Calcul en coût global	
Durée de vie conventionnelle	30
TRI à 5%	13.8
TRI à 7,5%	12.3
Montant des certificats d'économies d'énergies	
Fiche standardisée	BAR-EN-102
Montant actualisé (kWh cumac)	8 599 200
Coût total actualisé	25 798 €

Gain Energétique Simulation

	Etat initial	Etat Projet	Economies annuelles
Energie kWhep/m²/an	199.1	179.3	19.8
Climat kgCO2/m²/an	6.5	5.8	0.6

DESCRIPTIF DE L'ACTION

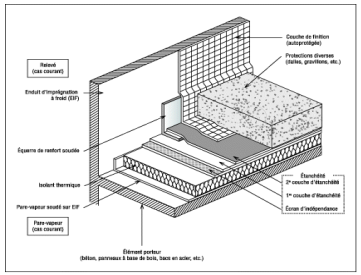
Isolation des toitures-terrasses

Objectifs de l'action - Performance équivalente à atteindre :

Description	Conductivité thermique λ [W/m.K]	Epaisseur (cm)	Resistance thermique [m²K/W]
Etat Initial :	0.025	8	3.2
Etat Projet :	0.025	18	7.2

Illustration et mise en œuvre:

Mise en place des panneaux : La mise en place des panneaux d'isolants sera réalisée avec plusieurs couches d'étanchéité et un pare vapeur.



GAIN ENERGETIQUE ET ECONOMIQUE DE L'ACTION

Investissement et économies annuelles	
Investissement	148 720 €
Economies fiancières	1 169 €
Durée de vie	30
Calcul en coût global	
TRI à 5%	40.9
TRI à 7,5%	32.6
Montant des certificats d'économies d'énergies	
Fiche standardisée	BAR-EN-105
Montant actualisé (kWh cumac)	1400
Coût total actualisé	5678

Gain Energétique Simulation

	Etat initial	Etat Projet	Economies annuelles
Energie kWhep/m²/an	199.1	196.3	2.7
Climat kgCO2/m²/an	6.5	6.4	0.1

DESCRIPTIF DE L'ACTION

Remplacement des menuiseries d'origine (44% des menuiseries totales)

Objectifs de l'action - Performance équivalente à atteindre :

Description	Nature du châssis	Epaisseur lame d'air (mm)	Coef de performance (W/m²K)
Etat Initial :	Métallique	8	2.7
Etat Projet :	PVC	20	1.3

Illustration et mise en œuvre:

Choix des menuiseries : Deux valeurs primordiales sont à regarder lorsque l'on change les menuiseries : le Uw et le facteur solaire (Sw).
Le **Uw** représente la capacité de la menuiserie à **conserver la température** intérieure et le **facteur solaire** la capacité à récupérer les **apports solaires** (plus la valeur du Uw est faible, plus la menuiserie sera performante. En ce qui concerne le facteur solaire, c'est l'inverse)

Vous pouvez donc choisir parmi ces produits des valeurs présentant :
Uw ≤ 1,3
Sw ≥ 0,63

Etanchéité à l'air : Lors du remplacement des menuiseries, une attention particulière sera à apporter à l'étanchéité à l'air (les menuiseries représentent plus de 41% des fuites dans un logement). La pose d'un compribande entre le châssis et le bâti ainsi que des joints intérieurs et extérieurs permettront de minimiser les fuites

GAIN ENERGETIQUE ET ECONOMIQUE DE L'ACTION

Investissement et économies annuelles	
Investissement	358 348 €
Economies fiancières	9 808 €
Temps de retour sur investissement	36.5
Calcul en coût global	
Durée de vie conventionnelle	24
TRI à 5%	21.3
TRI à 7,5%	18.2
Montant des certificats d'économies d'énergies	
Fiche standardisée	BAR-EN-104
Montant actualisé (kWh cumac)	4 612 400
Coût total actualisé	13 837 €

Gain Energétique Simulation

	Etat initial	Etat Projet	Economies annuelles
Energie kWhep/m²/an	199.1	176.0	23.1
Climat kgCO2/m²/an	6.5	5.7	0.8

DESCRIPTIF DE L'ACTION

Ventilation Mécanique Contrôlée simple flux hygroréglable (France métropolitaine)

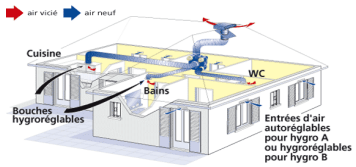
Objectifs de l'action - Performance équivalente à atteindre :

Description	Nature de la ventilation
Etat Initial :	Autoréglable
Etat Projet :	Hygroréglable type B : (entrées d'air et bouches d'extractions hygroréglables

Illustration et mise en œuvre :

Une ventilation mécanique contrôlée (VMC) permet d'assurer un renouvellement d'air continu et maîtriser dans l'habitation.
Dans le cas d'une VMC autoréglable, le flux d'air est **fixe** alors qu'en présence d'une hygroréglable, celui-ci **varie en fonction de l'humidité**.

Elle se compose des éléments principaux suivants :
- Caisson d'extraction ;
- Entrées d'air dans les pièces de vie ;
- Bouches d'extraction dans les pièces humides.



GAIN ENERGETIQUE ET ECONOMIQUE DE L'ACTION

Investissement et économies annuelles	
Investissement	48 960 €
Economies fiancières	7 998 €
Temps de retour sur investissement	6.1
Calcul en coût global	
Durée de vie conventionnelle	17
TRI à 5%	5.5
TRI à 7,5%	5.2
Montant des certificats d'économies d'énergies	
Fiche standardisée	BAR-TH-127
Montant actualisé (kWh cumac)	1 872 000
Coût total actualisé	5 616 €

Gain Energétique Simulation

	Etat initial	Etat Projet	Economies annuelles
Energie kWhep/m²/an	199.1	180.3	18.8
Climat kgCO2/m²/an	6.5	5.9	0.6

DESCRIPTIF DE L'ACTION

Mise en place d'une récupération sur eaux grises

Objectifs de l'action - Performance équivalente à atteindre :

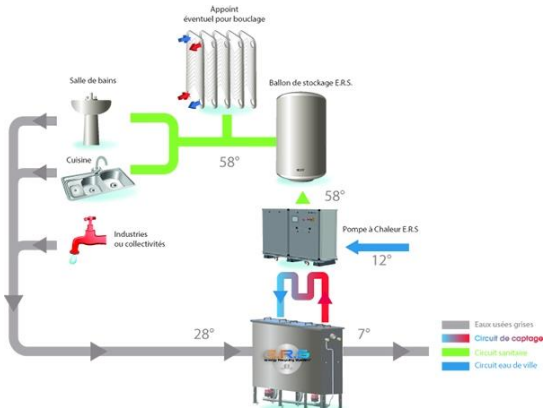
Les éléments principaux de l'installation

o Une cuve d'échange thermique :

La cuve d'échange thermique récupère et transfère l'énergie des eaux grises (dont la température moyenne est comprise entre 28 et 32°C) vers la pompe à chaleur via un échangeur.

o Une pompe à chaleur eau/eau :

Les calories captées sont dirigées vers la pompe à chaleur qui produit de l'eau chaude sanitaire à 58°C. Cette eau chaude sanitaire sera ensuite acheminée vers le ballon de stockage.



Données de dimensionnement :

- COP Pivot (45°C/7°C) = 4.5
- Puissance absorbée (45°C/7°C) = 13.3kW
- Ballon lié PAC = 2500 L
- Ballon d'appoint avec épingle électrique = 2500 L – P=12kW
- Volume décanteur 354 L
- Volume échangeur 14 440 L

GAIN ENERGETIQUE ET ECONOMIQUE DE L'ACTION

Investissement et économies annuelles	
Investissement	167 000 €
Economies fiancières	20 219 €
Temps de retour sur investissement	8.3
Calcul en coût global	
Durée de vie conventionnelle	-
TRI à 5%	7.1
TRI à 7,5%	6.7
Montant des certificats d'économies d'énergies	
Fiche standardisée	-
Montant actualisé (kWh cumac)	-
Coût total actualisé	-

Gain Energétique Simulation

	Etat initial	Etat Projet	Economies annuelles
Energie kWhep/m²/an	199.1	151.5	47.5
Climat kgCO2/m²/an	6.5	4.9	1.5

DESCRIPTIF DE L'ACTION

Mise en place de capteurs solaires hybrides

Objectifs de l'action - Performance équivalente à atteindre :

Description	
Etat Initial :	Aucune ENR en place
Etat Projet :	Capteurs Hybrides (Production d'ECS Solaire et d'électricité)

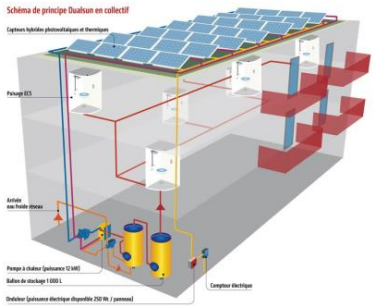
Illustration et mise en œuvre :

Les panneaux hybrides permettent la production simultanée d'eau chaude sanitaire et d'électricité.

Données de dimensionnement :

Orientation : SUD
Inclinaison : 30°
Puissance totale installation : 35.75 kWc
Nombres de panneaux : 143

Données panneaux unitaires :
S=1.64m²
Type : Monocristallin
η_PV=15.4%
η_Optique=55%



GAIN ENERGETIQUE ET ECONOMIQUE DE L'ACTION

Investissement et économies annuelles	
Investissement	139 680 €
Economies fiancières	14 317 €
Temps de retour sur investissement	9.8
Calcul en coût global	
Durée de vie conventionnelle	22
TRI à 5%	8.1
TRI à 7,5%	7.6
Montant des certificats d'économies d'énergies	
Fiche standardisée	-
Montant actualisé (kWh cumac)	-
Coût total actualisé	-

Gain Energétique Simulation

	Etat initial	Etat Projet	Economies annuelles
Energie kWhep/m²/an	199.1	165.4	33.7
Climat kgCO2/m²/an	6.5	5.4	1.1

DESCRIPTIF DE L'ACTION

Mise en place de radiateurs électriques à accumulation et pilotage intelligent

Objectifs de l'action - Performance équivalente à atteindre :

Description	Type	Classe	Régulation
Etat Initial :	ncher Electri	A	Collective
Etat Projet :	accumulatic	B	Précision : 0.25°C

Description & Illustration :

Le bâtiment est actuellement chauffé par un plancher/plafond chauffant électrique qui ne peut être régulé de manière précise. Nous proposons d'abandonner ce système au bénéfice d'une émission via des radiateurs à accumulation électrique avec un pilotage intelligent permettant une régulation et une gestion plus précise de la part des occupants.

GAIN ENERGETIQUE ET ECONOMIQUE DE L'ACTION

Investissement et économies annuelles	
Investissement	299 136 €
Economies fiancières	10 495 €
Temps de retour sur investissement	28.5
Calcul en coût global	
Durée de vie conventionnelle	17
TRI à 5%	18.2
TRI à 7,5%	15.8
Montant des certificats d'économies d'énergies	
Fiche standardisée	BAR-TH-158
Montant actualisé (kWh cumac)	915 200
Coût total actualisé	2 746 €

Gain Energétique Simulation

	Etat initial	Etat Projet	Economies annuelles
Energie kWhep/m²/an	199.1	174.4	24.7
Climat kgCO2/m²/an	6.5	5.7	0.8

14. Conclusion

La résidence Constellation de par sa consommation tout électrique présente une faible émission de gaz à effet de serre.
Cependant cela induit de (par le facteur de conversion énergie finale/primaire), une étiquette énergétique élevée : étiquette E.

Les points à noter :

- Une température de stockage et de distribution d'ECS élevée engendrant des pertes thermiques importante
  - ➔ Il a été préconisé de diminuer ces températures
  - ➔ Au vu de la production en accumulation totale et des volumes de stockages, une récupération d'énergie des eaux grises via un système thermodynamique eau/eau a été proposée. Système très avantageux énergétiquement et financièrement pour la résidence

- Une hétérogénéité très importante des températures de chauffe dans les appartements a été constatée via les sondes de températures et des plaintes sont émises par les occupants au travers du questionnaire. Des différences de parfois 5°C entre 2 appartements sont présente. L'inconfort thermique est par conséquent problématique.
  - ➔ Au vu de l'impossibilité d'amélioration de la régulation du système de chauffage en place et des très faibles possibilités de mise en place d'un autre système de chauffage, la solution la plus pertinente techniquement et énergétiquement à envisager est la mise en place de radiateur électrique à accumulation à pilotage intelligent, permettant aux occupants d'avoir une régulation précise et optimisée pour chaque appartement.

- L'enveloppe thermique de la résidence peut être améliorée de par une isolation par l'intérieure des murs uniquement en raison de la présence de nombreux débords et balcons en extérieur. Le remplacement des menuiseries d'origine (Double Vitrage 4/8/4) par des menuiseries performantes est également à envisager en raison des déperditions engendrées par ces dernières.

- Au niveau de la ventilation, quelques déficit de débits ont été constaté, il peut être également avantageux de renouveler le système de ventilation en mettant en place des moteurs variable à faible consommation, et une ventilation de type hygroréglable B (Bouches d'extractions ainsi qu'entrées d'air hygroréglable).

Concernant les scénarii recherchés, l'ensemble des scénarios d'amélioration énergétique ont été atteints.

15. Glossaire

- **Auxiliaire :** C'est un des postes de consommation pris en compte par la règlementation thermique. On compte dans ce poste les auxiliaires de chauffage et de ventilation (circulateur, ventilateur…). Cette consommation est de l'énergie électrique.

- **Coefficient de transmission thermique [U]:** caractérise la quantité de chaleur traversant une paroi en régime permanent, en fonction du temps et de la différence de température des ambiances de part et d'autre de la paroi. Plus sa valeur est faible et plus la construction sera performante. Unité : [W/m²K].

- **Comble :** Partie la plus haute d'un bâtiment, située juste en-dessous de la toiture.

- **Conductivité thermique [λ] :** grandeur physique caractérisant le comportement des matériaux lors du transfert de chaleur par conduction. Unité : [W/m.K].

- **Consommation conventionnelle** [Cep]: consommation déterminée avec le logiciel règlementaire. Unité : [kWh/m².an].

- **Déperdition :** C'est une quantité d'énergie par unité de temps, évacuée par les parois du bâtiment et par leurs jonctions. Elle est représentée par un coefficient Ubât pour la règlementation thermique 2005. Unité : [W/m².K].

- **Énergie finale (ef) :** C'est l'énergie que l'on consomme et qui est comptabilisée par les compteurs. Celle que l'on paye aux fournisseurs d'énergies. Elle est exprimée en kWhef.

- **Énergie primaire (ep) : C'est** l'énergie disponible dans la nature avant toute transformation. Pour l'électricité, elle prend en compte les rendements de transformation et les pertes en ligne. Ainsi 1 kWh en énergie finale (ef) = 2,58 kWh en énergie primaire (ep). Elle est l'unité de mesure des consommations réglementaires comme dans le cas d'un DPE (Diagnostic de Performance Énergétique obligatoire pour toute transaction immobilière) et dans le cas d'une étude réglementaire (cas d'une construction neuve par exemple).

- **GES :** Gaz à Effet de Serre. Ces gaz sont considérés comme responsables du dérèglement climatique. Unité : [**keqCO_2/m².an].**

- **Hygrométrie** : quantité d'eau sous forme gazeuse présente

- **kWhef :** Unité exprimant la consommation en énergie finale.

- **kWhep/m².an :** Unité exprimant la consommation définie pour les calculs règlementaires. kWhep quantifie l'énergie primaire, et les m² sont des m² SHON**.**

- **kWh PCI :** Unité exprimant l'énergie fournie par un combustible par rapport à son pouvoir calorifique inférieur, c'est-à-dire que l'on ne considère pas l'énergie contenue dans la vapeur d'eau produite par la combustion.

- **kWh PCS :** Unité exprimant l'énergie fournie par un combustible par rapport à son pouvoir calorifique supérieur, c'est-à-dire que l'on considère l'énergie contenue dans la vapeur d'eau produite par la combustion.

- **Les ponts thermiques :** Zones ponctuelles ou linéaires qui, dans l'enveloppe d'un bâtiment, présentent une résistance thermique plus faible. Ce sont des points faibles où la chaleur s'échappe.

- **Murs de refend** : Un mur de refend n'est rien d'autre qu'un mur porteur ne faisant pas partie des murs de façade

- **PAC :** Pompe à chaleur.

- **Rampant :** Se dit d'un élément qui est incliné. Les plafonds de combles sont souvent rampants du fait de l'inclinaison de la toiture.

- **RDC :** Rez-de-chaussée.

- **Résistance thermique [R] :** Capacité d'un matériau à s'opposer au passage de la chaleur.
  Unité : [m².K/W].

- **Surface SHON :** Surface Hors Œuvre Nette.

- **TH-CE-ex ou RT Rénovation :** méthode de calcul règlementaire, correspondant à la règlementation thermique 2005 en rénovation.

- **ECS :** Eau Chaude Sanitaire.

- **Ubât** : Coefficient moyen de déperditions par les parois et liaisons du bâtiment exprimé.
  Unité : [W/m².K].

- **Uf :** Coefficient de transmission thermique du cadre de la fenêtre. Unité : [W/m²K]

- **Ug :** Coefficient de transmission thermique du vitrage. Unité : [W/m²K].

- **Uw** : Coefficient de transmission thermique de la fenêtre. Unité : [W/m²K]

- **Ventilation naturelle :** sans l'assistance de ventilateur. Le vent ou l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur entraînent le passage d'air grâce à la présence de grilles de ventilation.

- **Vitrage 4.16.4 :** 4 est l'épaisseur du verre, 16 est l'épaisseur de la lame d'air entre les verres.

- **VMC Hygro B :** Ventilation mécanique contrôlée hygroréglable de type B. Les bouches d'entrée sont équipées de capteurs d'humidité.