

AUDIT ENERGETIQUE

COPROPRIETE « LES CEDRES » A CASTRES



Ereah

8 rue de Soyouz – 31240 L'Union
Tél : 09 72 11 05 93 / bertrand.labedan@ereah.fr
www.ereah.fr

Géosf'Air

5 Rue Saint Blaise – 81150 Labastide de Lévis
Tél : 05 63 49 00 36 / contact@geosfair.fr
www.geosfair.fr

INFORMATIONS ADMINISTRATIVES

MAITRE D'OUVRAGE/SYNDIC	Raison sociale	Carnot Immobilier – ORPI – 7 Place Carnot – 81100 CASTRES			
	Responsable du bâtiment audité	Isabelle GAU			
AUDITEUR	Raison sociale	Ereah – Ingénierie thermique et énergétique – 8 rue de Soyouz – 31240 L'Union Tél : 09 72 11 05 93 Geosf'Air – Ingénierie thermique et énergétique – 5 Rue Saint Blaise – 81150 Labastide de Lévis – Tel : 05 63 49 00 36			
	Agrément audit énergétique	Qualification OPQIBI 1905 « Audit énergétique des bâtiments » n°15 06 2982			
	Intervenants	Bertrand Labedan et Virginie Lehugeur			
DOCUMENT TRANSMIS	Plans	Base de plan complété par des relevés sur site			
	Factures énergétiques	Relevés des consommations de gaz de janvier 2016 à décembre 2018			
	Autres documents	Données issues du questionnaire déposé aux occupants 4 semaines en mai et juin 2019			
HISTORIQUE DU DOCUMENT	Version / Date / Auteur	1	28/11/2019	Bertrand Labedan/Virginie LEHUGEUR	Document intermédiaire

TABLE DES MATIERES

INFORMATIONS ADMINISTRATIVES.....	2
1 CONTEXTE D'ETUDE.....	4
1.1 OBJECTIF DU PROJET	4
1.2 NORME D'AUDIT ET METHODOLOGIE DE CALCULS.....	5
1.3 REGLEMENTATION THERMIQUE DES BATIMENTS EXISTANTS.....	6
2 PRESENTATION DU SITE	7
2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE	7
2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU SITE	8
2.3 TYPOLOGIES	9
3 ETAT DES LIEUX DE LA SITUATION ACTUELLE.....	10
3.1 COMPTE RENDU DU QUESTIONNAIRE ET DES ECHANGES AVEC LES OCCUPANTS	10
3.1.1 <i>Confort thermique</i>	10
3.1.2 <i>Qualité de l'air</i>	11
3.1.3 <i>Eau chaude sanitaire</i>	11
3.2 ENVELOPPE DU BATIMENT	12
3.2.1 <i>Murs</i>	12
3.2.2 <i>Toiture</i>	13
3.2.3 <i>Plancher bas</i>	14
3.2.4 <i>Menuiseries</i>	15
3.2.5 <i>Perméabilité à l'air de l'enveloppe</i>	16
3.2.6 <i>Résumé des performances thermiques de l'enveloppe</i>	17
3.3 EQUIPEMENTS ENERGETIQUES.....	18
3.3.1 <i>Chauffage</i>	18
3.3.2 <i>Eau chaude sanitaire</i>	23
3.3.3 <i>Ventilation</i>	24
4 ANALYSE CRITIQUE DE LA SITUATION ACTUELLE	25

4.1 ENVELOPPE DU BATIMENT	25
4.2 EQUIPEMENTS ENERGETIQUES.....	25
5 CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DE CHAUFFAGE.....	26
5.1 CONSOMMATIONS REELLES DE GAZ	26
5.2 CONSOMMATIONS THEORIQUES DE GAZ	30
5.3 CONSOMMATIONS REGLEMENTAIRES CONVENTIONNELLES (METHODE THC-Ex)	32
6 PROPOSITIONS D'AMELIORATIONS ENERGETIQUES	33
6.1 PROPOSITION DE SOLUTIONS PERTINENTES	33
6.2 BILAN ENERGETIQUE DES SOLUTIONS INDIVIDUELLES	40
6.3 PROPOSITION DE PROGRAMMES DE TRAVAUX COMBINANT PLUSIEURS SOLUTIONS	41
6.4 BILANS ENERGETIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET FINANCIERS DES PROGRAMMES	42
7 ANNEXES	43
7.1 HYPOTHESES PRISES EN COMPTE POUR LES ANALYSES.....	43
7.2 CERTIFICATS D'ECONOMIES D'ENERGIE POUR CHAQUE PROGRAMME	45
7.3 INFORMATIONS SUR LES AIDES EXISTANTES POUR LA RENOVATION ENERGETIQUE	48

1 CONTEXTE D'ETUDE

1.1 OBJECTIF DU PROJET

Ce document est un rapport d'audit énergétique pour la copropriété « Les Cèdres » située Rue de Metz à Castres. L'objectif d'un audit énergétique est de permettre, à partir d'une analyse détaillée des données techniques des différents bâtiments, de dresser une proposition chiffrée et argumentée de programmes d'économie d'énergie cohérents avec les objectifs du Grenelle de l'Environnement et amener le maître d'ouvrage à décider des investissements appropriés compte tenu du projet de modernisation de son parc de bâtiment.

Un décret du 27 janvier 2012 a rendu obligatoire aux copropriétés d'au moins 50 lots qui sont équipées d'un dispositif collectif de chauffage de faire réaliser un audit énergétique du bien immobilier, avant le 1^{er} janvier 2017. Pour qu'une copropriété soit soumise à ces audits obligatoires, il faut qu'elle respecte simultanément, les trois caractéristiques suivantes :

- Elle doit posséder au moins 50 lots en comptant les principaux et les annexes ;
- La copropriété doit être principalement à usage d'habitation. C'est le cas lorsque la surfaces des lots destinés à l'habitation représente plus de la moitié de celle de l'ensemble de la copropriété ;
- Elle doit être dotée d'un dispositif collectif de chauffage. L'installation de chauffage est réputée collective, lorsqu'elle alimente au moins 90% des lots concernés.

Cette mission a été confiée aux bureaux d'étude **EREAH** et **Géosf'Air** :

- EREAH est un bureau d'études spécialisé en efficacité énergétique dans les bâtiments. Son axe principal de travail concerne l'amélioration de la maîtrise énergétique et de la performance thermique d'un bâtiment, en ayant recours à la modélisation et à la simulation énergétique des bâtiments et de leurs systèmes. Ereah intervient sur l'ensemble des études d'ingénierie thermique et énergétique d'un bâtiment et particulièrement sur les audits énergétiques de bâtiments et le suivi des consommations énergétiques des bâtiments.
- Géosf'Air est un bureau d'études techniques spécialisé dans les bâtiments existants. Ses domaines d'interventions sont liés à l'efficacité énergétique (audit énergétique et contrôle qualité de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe des bâtiments).

Afin de réunir l'ensemble des compétences d'ingénierie lié à un projet de rénovation d'un bâtiment, les sociétés **Geosf'Air** et **EREAH** ont mis en place un partenariat privilégié qui se traduit notamment par la mutualisation de moyens.

1.2 NORME D'AUDIT ET METHODOLOGIE DE CALCULS

Les audits énergétiques sont réalisés conformément au cahier des charges de l'ADEME ainsi qu'aux normes suivantes :

- Norme NF EN 16247-1 - Septembre 2012 - Audits énergétiques - Partie 1 : exigences générales
- Norme NF EN 16247-2 - Juillet 2014 - Audits énergétiques - Partie 2 : bâtiments

Ces deux normes européennes sont applicables aux exigences spécifiques relatives aux audits énergétiques dans les bâtiments. Elles précisent les exigences, la méthodologie et les livrables d'un audit énergétique dans un bâtiment ou groupe de bâtiments, à l'exclusion des habitations privées individuelles.

Concernant la méthodologie de calculs, plusieurs types d'analyses sont réalisés :

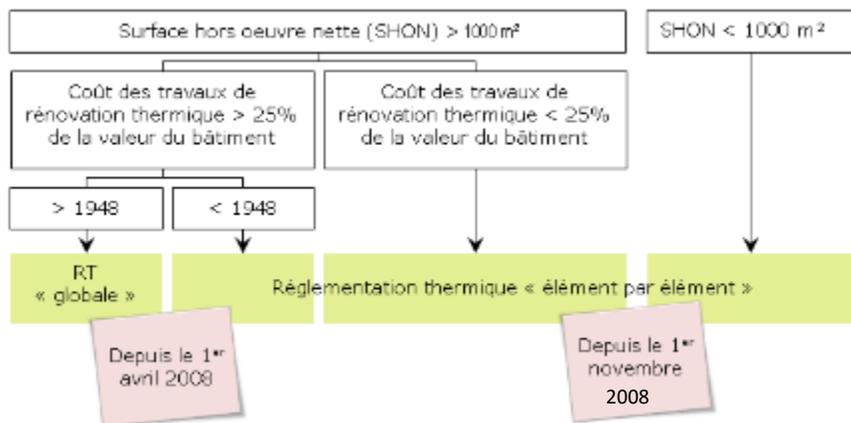
- Calculs théoriques : sur la base de l'inventaire des postes de consommations énergétiques réalisé au moment de la visite, un calcul théorique est réalisé sur les l'ensemble des postes. Ce calcul permet notamment d'estimer les besoins énergétiques du bâtiment, en considérant les usages respectifs, l'enveloppe thermique, le climat local, le comportement des occupants et les apports internes. Cela permet d'obtenir un bilan énergétique complet du bâtiment étudié ;
- Calibration à partir des consommations réelles : les calculs théoriques sont confrontés avec les données de consommations réelles issues des factures. Cela permet d'ajuster les paramètres et hypothèses des calculs théoriques afin de caler les consommations théoriques sur base des consommations réelles. On obtient alors un modèle théorique calculé sur lequel on peut s'appuyer pour réaliser tous les bilans et quantifier par la suite les solutions d'amélioration. Les consommations réelles donnent une valeur annuelle et des évolutions mensuelles et les calculs théoriques permettent ensuite de décomposer ces consommations en éditant par exemple la répartition par poste ;

1.3 REGLEMENTATION THERMIQUE DES BATIMENTS EXISTANTS

La réglementation thermique des bâtiments existants s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires existants, à l'occasion de travaux de rénovation prévus par le maître d'ouvrage. Elle repose sur les articles L. 111-10 et R.131-25 à R.131-28 du Code de la construction et de l'habitation ainsi que sur leurs arrêtés d'application.

Les mesures réglementaires sont différentes selon l'importance des travaux entrepris par le maître d'ouvrage :

- **Règlementation thermique globale** : elle s'applique aux bâtiments résidentiels et tertiaires selon les conditions schématisées ci-dessous.



- **Règlementation thermique par élément** : pour tous les autres cas de rénovation, la réglementation définit une performance minimale pour l'élément remplacé ou installé.

Le bâtiment étudié dans ce projet devra respecter la réglementation thermique globale si le montant des travaux de rénovation thermique est supérieur à 25 % de la valeur du bâtiment (ce qui correspond à 322 € HT/m² de travaux pour des bâtiments à usages d'habitation). Ce coût est révisé chaque année à compter de la publication de l'arrêté du 20 décembre 2007, le 1^{er} janvier en fonction de la variation annuelle de l'indice du coût de la construction appréciée entre la valeur du deuxième trimestre de l'année N2 et la valeur du deuxième trimestre de l'année N1.

Dans le cas contraire, c'est la réglementation thermique éléments par élément qui s'appliquera qui n'impose pas de calculs réglementaires particuliers, mais seulement le respect de performances minimales pour tous les éléments rénovés et remplacés.

2 PRESENTATION DU SITE

2.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE

Le site est localisé aux N°44 à N°50 de la rue de Metz à Castres. La copropriété est composée d'un seul bâtiment (99 appartements au total) pour une surface totale habitable estimée à 2 130 m² (calcul à partir des plans fournis)



2.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DU SITE

Adresse	N°44 au N°50 Rue de Metz – 81100 CASTRES
Activités	Bâtiment de logements collectifs
Nombre de bâtiment	1 bâtiment de logements collectifs, 1 entrée
Nombre de logements	99
Surfaces chauffées	2 130 m ²
Année de construction	1974
Type de construction	<ul style="list-style-type: none"> • Murs extérieurs en brique avec isolation thermique intérieure de 5 cm • Plafond sur combles perdus, isolé avec 30 cm de laine de roche soufflée • Plafond en toiture terrasse, isolé avec environ 5 cm de polyuréthane • Plancher bas sur garage, cave ou extérieur en plancher hourdis sans isolation thermique • Divers types de menuiseries selon les travaux réalisés par les occupants : simple vitrage ancien ou double vitrage PVC récent
Société de maintenance	Société CARCELLES
Chauffage	<ul style="list-style-type: none"> • Chauffage collectif au gaz • Réseau de distribution en caves et distribution en colonnes montantes
Climatisation	Aucun système de climatisation
Eau chaude sanitaire	<ul style="list-style-type: none"> • Eau chaude sanitaire collective au gaz • Réseau de distribution en caves et distribution en colonnes montantes
Ventilation	Ventilation naturelle de type « shunt »
Consommation annuelle de gaz de la chaufferie	285 000 kWh/an en moyenne sur les deux dernières années (2017-2018), soit 134 kWh/m ² .an (selon les consommations réelles)
Etiquette énergétique	Classe C

2.3 TYPOLOGIES

Les typologies ont été obtenues par le biais d'informations recueillies auprès du Syndic et lors des visites sur site. Les surfaces habitables ont été calculées à partir des surfaces moyennes de chaque catégorie d'appartement.

Niveau	Logements	Répartition des logements par niveau			
		Studio	T1	T2	T3
Entre-sol	3	2	1		
Rez-de-Chaussée	21	18	1	1	1
R+1	27	24	1	1	1
R+2	24	22	1	1	
R+3	24	22	1	1	
TOTAL	99	88	5	4	2

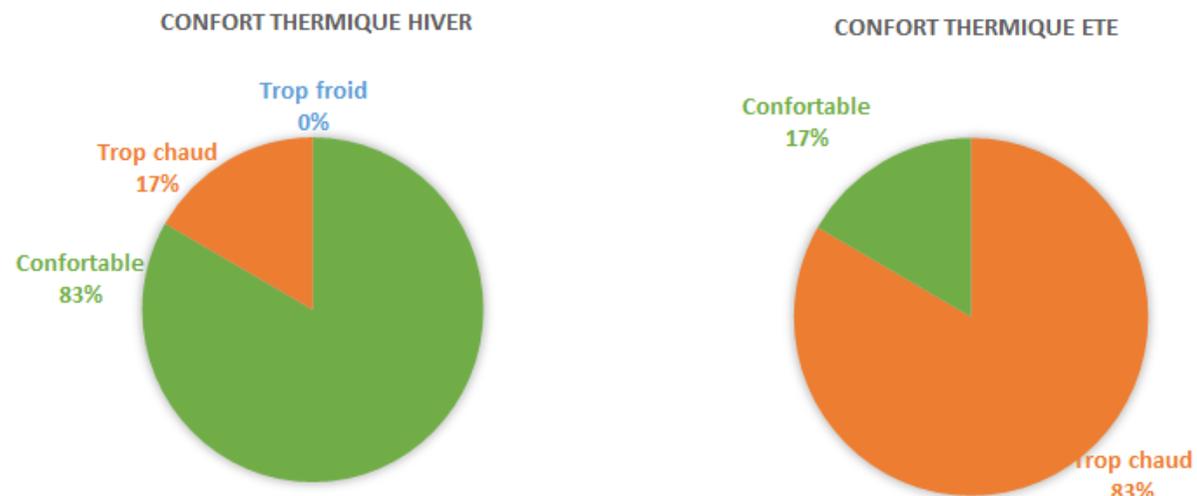
La copropriété est composée à 90% de studio, 4% de T1, 4% de T2 et 2% de T3.

3 ETAT DES LIEUX DE LA SITUATION ACTUELLE

3.1 COMPTE RENDU DU QUESTIONNAIRE ET DES ECHANGES AVEC LES OCCUPANTS

Un questionnaire a été diffusé auprès de l'ensemble des résidents de la copropriété, avec des questions portant sur le confort thermique, les équipements énergétiques (chauffage, eau chaude sanitaire et ventilation), la qualité de l'air, les menuiseries, les consommations énergétiques et les travaux déjà réalisés ou envisagés. Le taux de réponse a été de 6% pour la globalité de la copropriété. Les principaux résultats sont donnés ci-après.

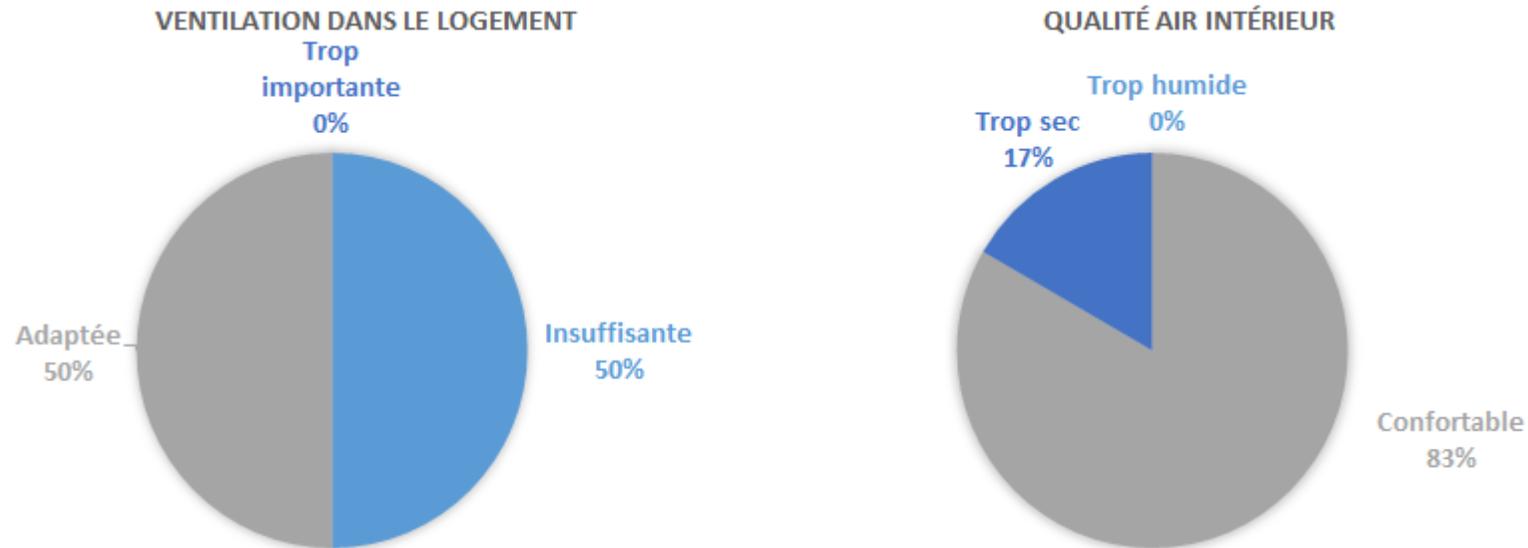
3.1.1 CONFORT THERMIQUE



Les questionnaires révèlent dans l'ensemble un confort thermique dans les logements plutôt satisfaisant en hiver : 83% des réponses jugent la température en hiver confortable et 17% jugent la température trop chaude. A noter qu'en moyenne la température de consigne indiquée dans les questionnaires est de 19°C-20°C en journée. L'installation de chauffage collective ne permet pas aux utilisateurs d'agir sur la température de consigne dans le logement (sauf au travers des robinets thermostatiques).

En été 83% des réponses estiment qu'il fait trop chaud dans le logement. Cela est variable d'un appartement à l'autre et peut difficilement être corrélé à son orientation et sa localisation (dernier étage ou rez-de-chaussée).

3.1.2 QUALITE DE L'AIR



La ventilation dans les logements est jugée satisfaisante dans 50% des logements, avec un air confortable dans 83% des logements. 50% des répondants estiment que la ventilation est insuffisante, ce qui semble important, mais cette valeur est à prendre avec précaution au vu du faible taux de réponse.

3.1.3 EAU CHAUDE SANITAIRE

L'eau chaude sanitaire est produite par la chaufferie collective. Bien que les points de puisage puissent être éloignés de la production, le temps d'attente semble satisfaisant : les réponses au questionnaire donnent un temps d'attente acceptable à 100% et une température d'eau chaude confortable à 100%.

3.2 ENVELOPPE DU BATIMENT

3.2.1 MURS

Le bâtiment est composé de murs en briques d'épaisseur totale de 35 cm avec isolation thermique intérieure de 5 cm. La performance thermique de ces murs est peu élevée.

Le coefficient U est estimé à $U = 0,60 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.



3.2.2 TOITURE

La majeure partie du plafond donne sur un comble perdu. Il est constitué d'un plancher en hourdis sur lequel a été récemment soufflé 30 cm de laine de roche (soit une résistance thermique de $7 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$). Le coefficient U de cette paroi est estimé à $0,14 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$.

Une surface plus restreinte du plafond donne sur un toit-terrasse, sur lequel un isolant type polyuréthane est présent en faible épaisseur (environ 4 cm). Le coefficient U de cette paroi est estimé à $0,77 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$.



La toiture terrasse devant être reprise pour des travaux d'étanchéité à l'eau, il sera judicieux d'envisager une meilleure performance d'isolation, ce qui pourra améliorer le bilan thermique de la copropriété.

3.2.3 PLANCHER BAS

Les planchers bas des logements sur parking sont constitués d'un plancher hourdis sans isolation thermique. Le coefficient U équivalent de cette paroi est estimé à $3,72 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.

Deux appartements ont un plancher bas donnant directement terre-plein. Le coefficient U équivalent de cette paroi est estimé à $2,63 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$.



Ces parois non isolées entraînent des déperditions thermiques pour les logements du rez-de-chaussée. Cela peut avoir pour conséquence un inconfort thermique plus important pour ces logements avec une température de chauffage plus basse que sur des logements intermédiaires.

3.2.4 MENUISERIES

Plusieurs types de menuiserie sont présentes sur le bâtiment : des menuiseries d'origine en simple vitrage à châssis bois, des menuiseries PVC ou Alu en double vitrage ancien (double vitrage standard) et des menuiseries PVC récentes avec double vitrage performant (argon et basse émissivité). Ces différents types de menuiseries sont illustrés ci-dessous.

MENUISERIES D'ORIGINE EN BOIS, SIMPLE VITRAGE

- Volets pliants bois
- Estimation environ 35 % des menuiseries de la copropriété
- $U_w = 5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$



MENUISERIES PVC EN DOUBLE VITRAGE

- Volets pliants bois
- Estimation 65% des menuiseries de la copropriété
- Menuiseries anciennes $U_w = 2,80 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- Menuiseries récentes $U_w = 1,60 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$



3.2.5 PERMEABILITE A L'AIR DE L'ENVELOPPE

L'étanchéité à l'air des parois d'un bâtiment joue un rôle important sur sa performance thermique : une mauvaise étanchéité augmente les infiltrations incontrôlées d'air parasite. Toutes les parois laissent passer de l'air et la maîtrise de cette perméabilité exige un soin particulier, à défaut de quoi la performance du bâtiment peut être dégradée de façon significative.

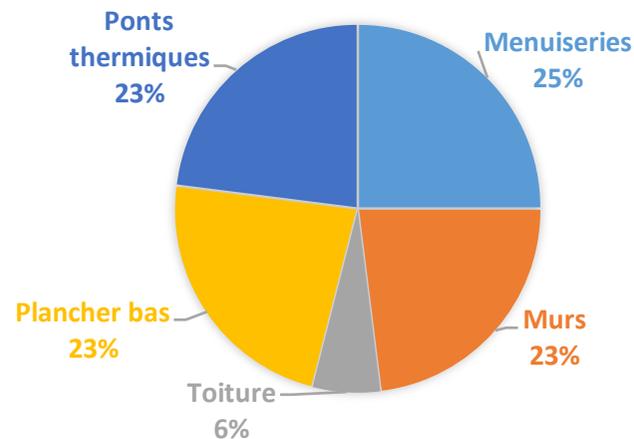
Ces infiltrations d'air résultent de différences de pression engendrées soit par le vent, soit par l'écart entre les températures intérieure et extérieure. Elles ont lieu du fait des défauts d'étanchéité de l'enveloppe, et sont réparties de manière diffuse, notamment au niveau des liaisons entre façades et planchers, des menuiseries extérieures, des équipements électriques sur paroi extérieure, de trappes d'accès.

3.2.6 RESUME DES PERFORMANCES THERMIQUES DE L'ENVELOPPE

Un résumé des caractéristiques thermiques des parois du bâtiment est donné dans le tableau et le graphique suivant. Le graphique représente les déperditions thermiques des parois de l'ensemble des bâtiments du site.

PAROIS	COMPOSITION PRINCIPALE	COEFFICIENT U [W/M ² .K]
Toiture	Plafond sur combles perdus constitué d'un plancher hourdis isolé avec environ 30 cm de laine de roche	0,14
	Plafond sur toiture terrasse isolé avec environ 4 cm de polyuréthane	0,77
Murs	Murs en béton de 30 cm avec moins de 5 cm d'isolant	0,60
Plancher bas	Plancher hourdis béton non isolé, sur garage, cave et locaux non-chauffés	3,72
Menuiseries	Divers types de menuiseries selon les travaux réalisés par les occupants : simple vitrage ancien ou double vitrage PVC récent	1,60 / 2,80 5

Déperditions thermiques des parois du bâtiment



Les menuiseries représentent 25% des déperditions thermiques du bâtiment. Cette valeur est élevée car la surface des menuiseries est très importante et certains logements sont encore équipés de menuiseries en simple vitrage. Le plancher bas et les ponts thermiques représentent 23% chacun des déperditions thermiques du bâtiment. Cela s'explique par le fait que le plancher n'est pas isolé et que les murs ont une isolation intérieure avec des ponts thermiques importants au niveau des dalles de planchers intermédiaires.

3.3 EQUIPEMENTS ENERGETIQUES

3.3.1 CHAUFFAGE

3.3.1.1 Local technique – chaufferie

Les informations sur le contrat d'exploitation du chauffage et sur le local technique sont résumées dans les tableaux suivants.

INFORMATIONS SUR LE CONTRAT D'EXPLOITATION

Société de maintenance	Société Carcelles
Nature du contrat	Pas d'information
Date de début du contrat	Pas d'information
Forme du contrat	Pas d'information

INFORMATIONS SUR LE LOCAL TECHNIQUE CHAUFFERIE

Emplacement	Au niveau de l'entre-sol près du porche d'entrée
Energie	Gaz naturel
Nombre de chaudières	2 chaudières
Alimente des sous-stations	Non
Type de fonctionnement	Non communiqué
Loi de chauffe (loi d'eau)	Non communiqué



3.3.1.2 Générateurs de chaleur

La production de chaleur est assurée par deux chaudières gaz. Les caractéristiques principales de ces chaudières sont regroupées dans le tableau suivant.

	CHAUDIERE 1	CHAUDIERE 2
Marque	Guillot	Guillot
Modèle	Modulo Control M180	Modulo Control M180
Energie	Gaz naturel	Gaz naturel
Puissance [kW]	180	180
Année	2012	2012
Etat de vétusté	Neuve	Neuve

Globalement les installations de chauffage sont récentes et en bon état de fonctionnement :

- Les chaudières sont récentes (2012) et en bon état de fonctionnement. L'ensemble des équipements est correctement entretenu. L'entretien est réalisé deux fois par an.
- Les pompes de circulation sont récentes et les équipements de régulation visualisés sont dans un état correct. La robinetterie est en bon état et le réseau en départ de chaudière correctement calorifugé.
- La dernière mesure du rendement de combustion des deux chaudières montre que les chaudières fonctionnent correctement (rendement de combustion supérieur à 96%).



Chaudière 1 et 2

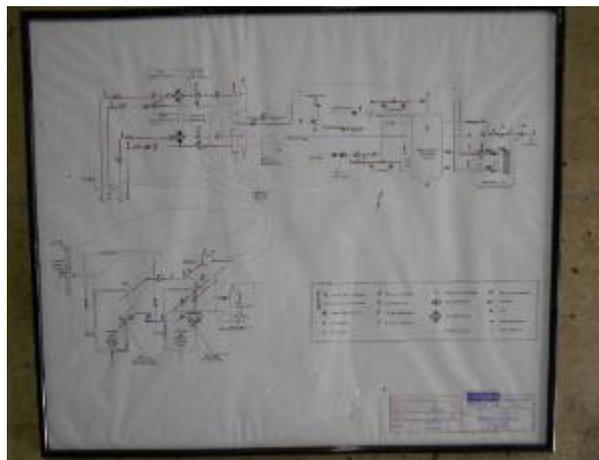


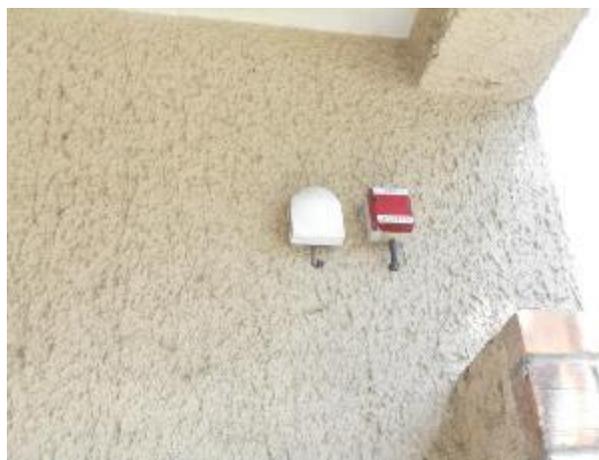
Schéma de principe de l'installation



Départ général chauffage



Circulateur à vitesse variable



Sonde extérieure

3.3.1.3 Distribution de chaleur

Ces chaudières alimentent en eau chaude l'ensemble des radiateurs des logements par des conduites en aérien circulant dans les caves puis par colonne montante.

La distribution « primaire » circule d'abord en plafond du sous-sol, puis dans les caves. Le calorifugeage de la distribution « primaire » est satisfaisante.



Calorifugeage en chaufferie



Calorifugeage dans les locaux non-chauffés

3.3.1.4 Emetteurs de chaleur

Les émetteurs de chaleur des logements sont en majorité des radiateurs bitubes en acier équipés de robinets thermostatiques et de répartiteurs de frais de chauffage. Le nombre de radiateurs par logement dépend du nombre de pièces. Ils sont généralement en moyenne au nombre de 2 dans un studio, 3 dans un T1, 4 dans un T2, 5 dans un T3.



Radiateur fonte



Répartiteur de frais de chauffage



Robinet thermostatique

3.3.2 EAU CHAUDE SANITAIRE

L'eau chaude sanitaire est produite par la chaufferie collective. Elle passe au travers d'un préparateur ECS à plaque (marque GUILLOT Rubis 610 SI) puis est stockée dans un ballon de 750 litres (marque GUILLOT Corhydro).

Un bouclage permet d'éviter que l'attente au point de puisage soit trop longue. Chaque appartement est équipé d'un compteur d'eau chaude et froide (marque ANYQUEST Cyble, installé en 2017).



Echangeur à plaque



Ballon de stockage ECS 750 litres



Compteur d'eau chaude individuel

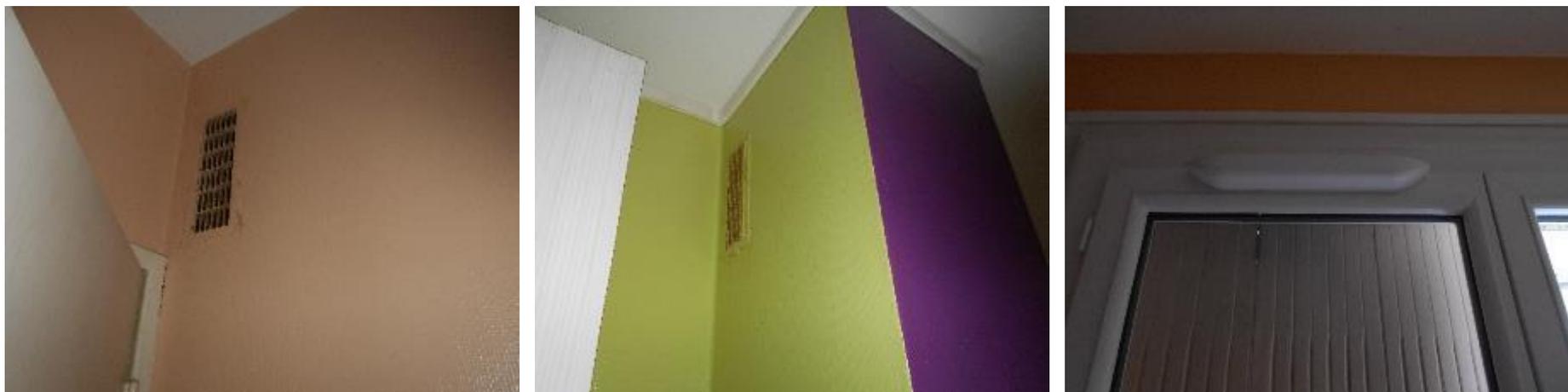
3.3.3 VENTILATION

La ventilation des bâtiments est réalisée par un système de conduits d'extraction (type shunt) présent dans les pièces humides (salle d'eau, cuisine).

Certains logements, pour lesquels les menuiseries ont été changées, sont équipées d'entrée d'air (placées sur le dormant des menuiseries).

Le système de ventilation existant est un système dit de « ventilation naturelle », c'est-à-dire que la ventilation est liée au vent et au tirage thermique (mouvement d'air causé par la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur du logement). L'air est ainsi extrait au niveau des pièces humides (douche, sanitaires, cuisine) par des conduits. Ces conduits sont appelés « shunt », c'est-à-dire que les salles de bains ou les cuisines, situées les unes au-dessus des autres, sont raccordées à un conduit vertical. Le conduit vertical et les branchements individuels de chaque logement constituent le conduit « shunt ».

Les photos ci-dessous illustrent quelques grilles d'extraction et d'amenées d'air, en cuisine ou salle de bain.



Les réponses au questionnaire ont donné que la ventilation est jugée adaptée dans la majorité des logements (100%) et la qualité de l'air est jugée confortable également dans la majorité des cas (100%).

4 ANALYSE CRITIQUE DE LA SITUATION ACTUELLE

4.1 ENVELOPPE DU BATIMENT

La performance thermique de l'enveloppe du bâtiment est moyenne : même si les murs sont isolés, l'épaisseur d'isolant est très faible ; il en est de même pour la toiture terrasse. L'isolation en plancher bas est inexistante. Par contre l'isolation des combles est satisfaisante.

Les murs sont responsables de 20% des déperditions thermiques du bâtiment. Le plancher donne sur des locaux non-chauffés, et comme cette paroi n'est pas isolée, les logements situés au 1^{er} niveau sont soumis à des déperditions plus importantes par cette paroi.

Des menuiseries ont été remplacées mais il existe encore dans de nombreux logements, des menuiseries d'origine en simple vitrage avec châssis bois qui, en plus d'avoir de mauvaises performances thermiques, provoquent des sensations d'inconfort.

La performance thermique de ces parois pourrait être améliorée en isolant par l'extérieur l'ensemble des murs, en améliorant l'isolation du plafond de la toiture terrasse et en isolant, en sous-face, les planchers donnant sur les caves, les locaux non chauffés et l'extérieur. Le changement des menuiseries est aussi une priorité, au vu de l'importante surface vitrée de la résidence.

4.2 EQUIPEMENTS ENERGETIQUES

Chauffage : la production de chaleur est en bon état, correctement entretenue. La chaufferie a moins de 10 ans. Les pompes de circulation sont récentes, les équipements de régulation visualisés sont dans un état correct. L'entretien est réalisé deux fois par an. La robinetterie est en bon état et le réseau en départ de chaudière correctement calorifugé. La distribution « primaire » circule dans les caves. Les sous stations semblent dans un état correct. Le calorifugeage de la distribution « primaire » est correct.

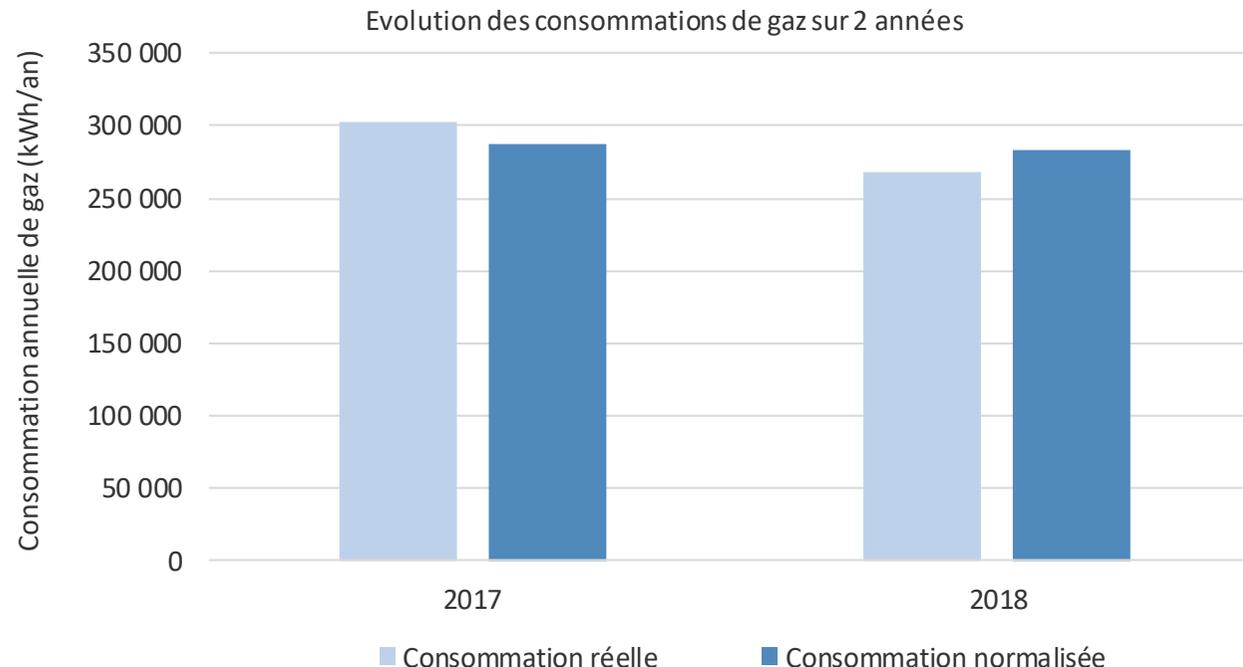
Eau chaude sanitaire : la production d'eau chaude sanitaire a été bien conçue, avec la présence d'un échangeur à plaque et d'un circuit de bouclage, ce qui permet à chaque locataire d'avoir rapidement de l'eau chaude sur les points de puisage. L'installation de compteur d'eau individuel peut aussi inciter les occupants à avoir des comportements responsables vis-à-vis de la gestion de l'eau chaude sanitaire.

Ventilation : la ventilation du bâtiment est réalisée par un système de conduits d'extraction (type shunt) présent dans les pièces humides. Le problème principal de la ventilation naturelle est qu'on ne maîtrise pas les débits : ceux-ci sont trop importants l'hiver (d'où surconsommation de chauffage), trop faibles en automne et au printemps, et parfois mal orientés selon l'action du vent. Un autre problème très important est l'inconfort des grilles d'aération qui font entrer des courants d'air froid. Ces grilles sont donc fréquemment obstruées, ce qui réduit le renouvellement d'air du logement.

5 CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DE CHAUFFAGE

5.1 CONSOMMATIONS REELLES DE GAZ

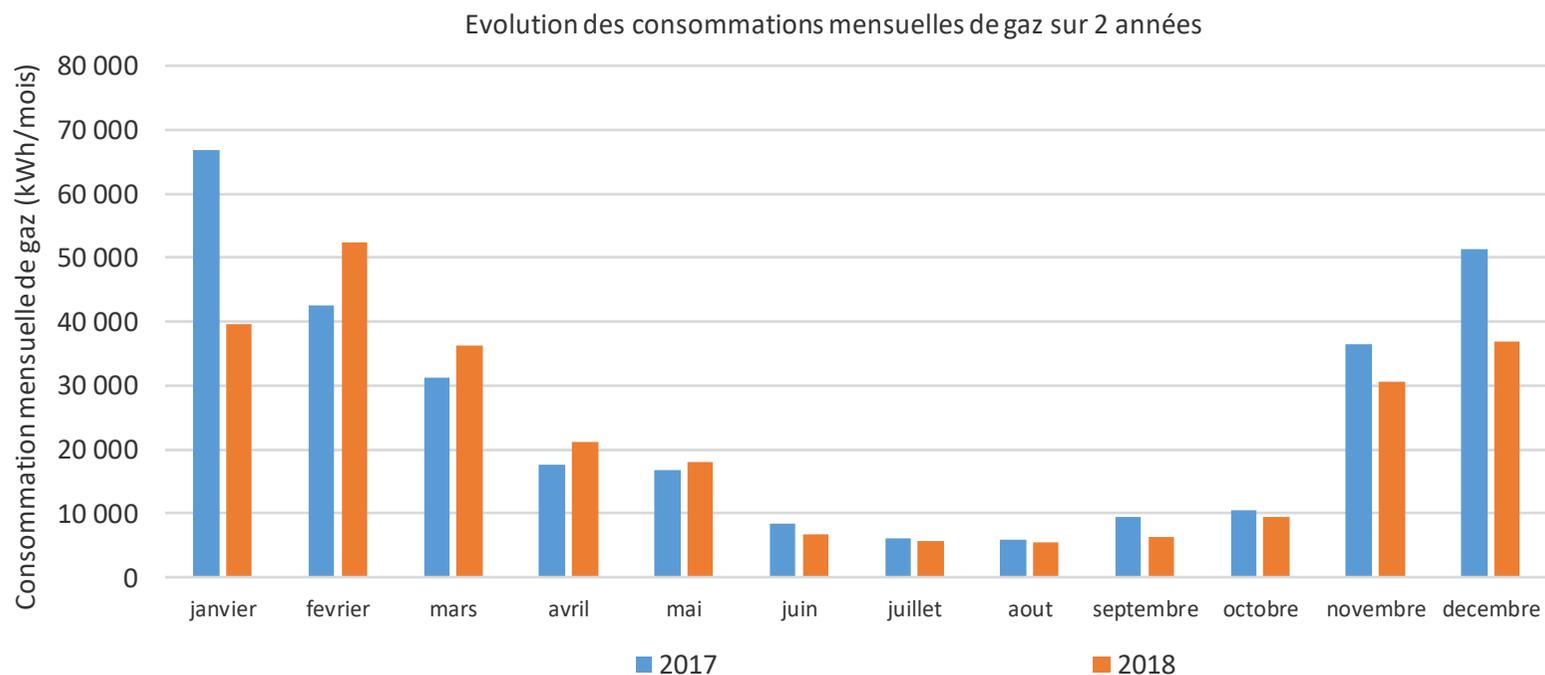
L'analyse des consommations de gaz a été réalisée à partir des relevés de consommations de janvier 2017 à décembre 2018 (l'année 2016 est inexploitable). Les consommations de gaz liées au chauffage varient d'une année à l'autre en fonction des conditions climatiques. Pour identifier d'éventuelles dérives, une correction climatique (DJU) est faite. Ainsi, sur le graphique suivant nous faisons apparaître les consommations réelles mais également les consommations normalisées, c'est-à-dire les consommations de gaz ajustées en fonction des degrés-jours de l'année correspondante.



L'évolution des consommations de gaz réelles facturées sur les 2 dernières années montre des consommations qui varient entre 300 000 kWh/an et 260 000 kWh/an. En regardant les consommations normalisées il apparaît que l'année 2017 a sûrement eu une consommation plus importante à cause du climat plus froid cette année-là. Et ainsi à « climat égal », on observe une consommation en 2017 légèrement plus importante que celle de 2018 (+8%).

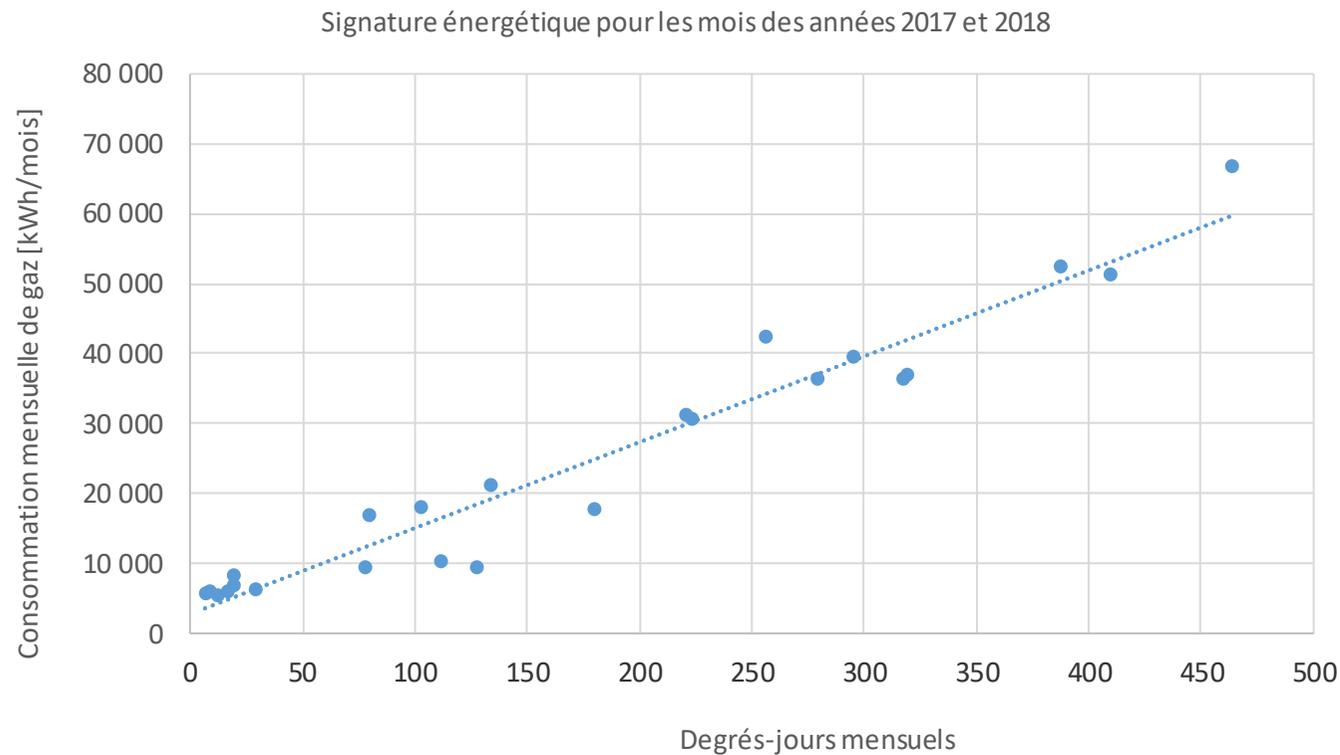
Pour la suite de l'étude, nous prenons comme consommation de référence la moyenne des consommations des années 2017 et 2018. Cette valeur de référence est de 285 000 kWh/an. En considérant une surface totale chauffée de 2 130 m², cela donne un ratio de consommation de 134 kWh/m².an. A noter toutefois que cette consommation ne prend pas en compte l'isolation actuelle du plafond, qui a été refaite en 2019. La simulation calibrée est donc réalisée sur une configuration avec le plafond peu isolé.

Nous disposons également des données de consommations mensuelles de gaz. Les données issues de ces factures sont visualisées sur le graphique suivant.



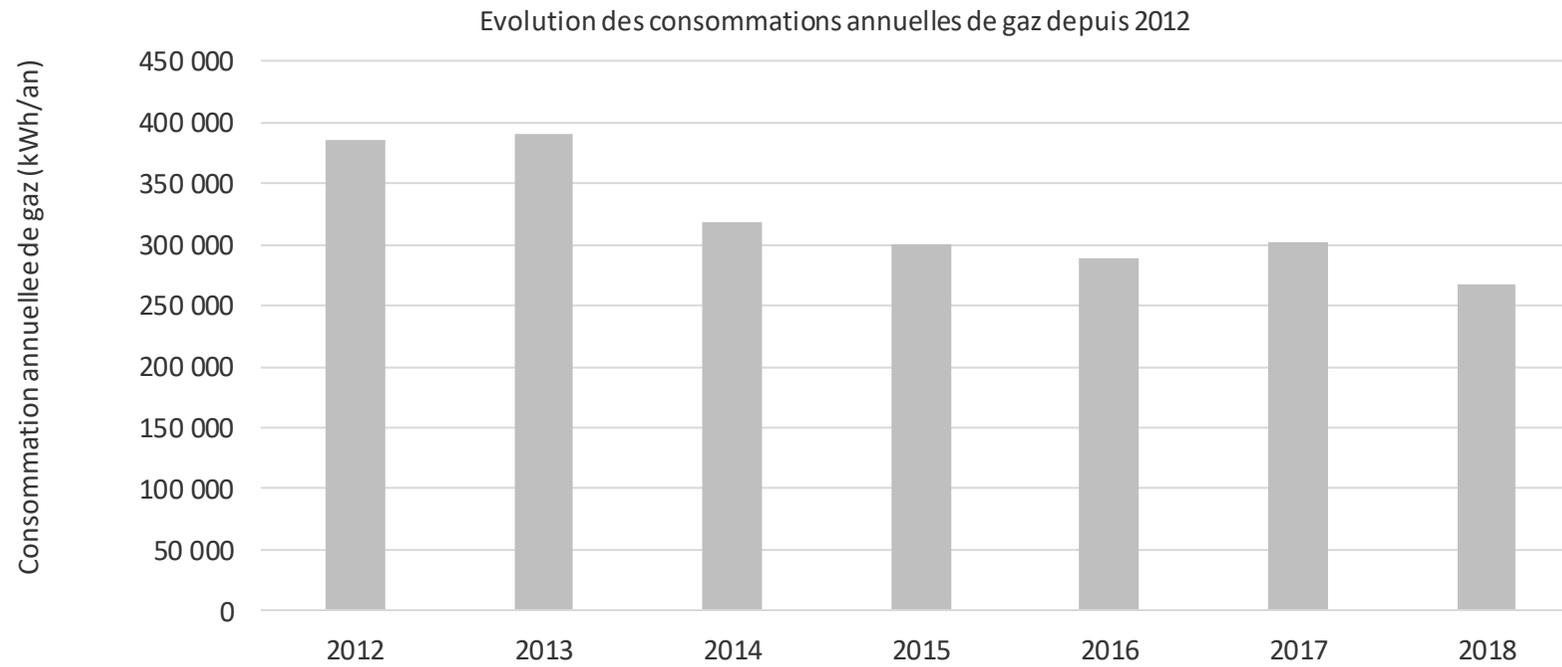
L'évolution des consommations mensuelles permet de mettre en évidence le lien entre la consommation et les conditions climatiques. On observe en janvier 2017, décembre 2017 et février 2018 des pics de consommation, correspondant à des années où l'hiver a été rigoureux (températures minimales relevées respectivement à -7°C, -2°C, -8°C, alors que les valeurs minimales sur les autres années oscillent autour de 0°C).

Cette dépendance des consommations de gaz par rapport aux conditions climatiques est illustrée de façon claire sur le graphique suivant. Ce graphique représente la signature énergétique du bâtiment en traçant le lien entre la consommation de gaz (en ordonnée) et les degrés-jours (en abscisse).



Le graphique ci-dessus illustre bien le fait que plus il fait froid et plus la consommation de gaz du bâtiment augmente. Si les Degrés-Jours doublent, la consommation double également puisque l'ensemble des points passent par une droite de régression linéaire. Plus la pente de la droite de régression est élevée, plus le bâtiment est sensible aux rigueurs climatiques, soit par défaut d'isolation, soit par défaut d'étanchéité à l'air. Ici on se trouve avec une pente relativement élevée ce qui traduit une performance globale du bâtiment assez mauvaise.

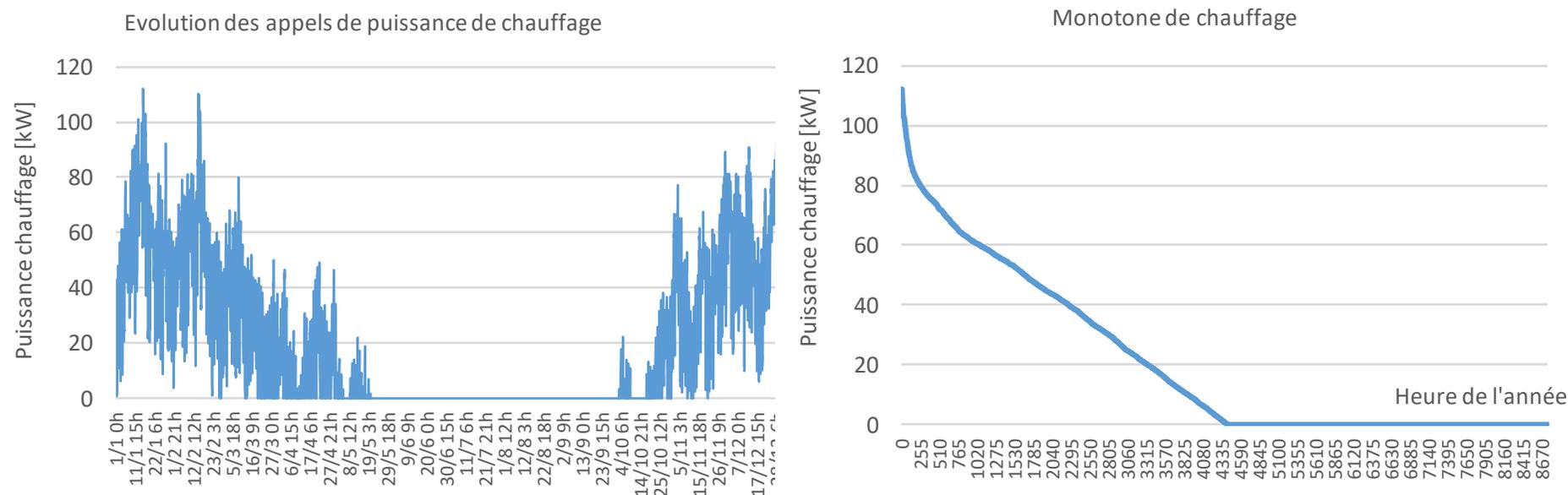
Sur une période d'analyse plus longue (2012 à 2018 – cf graphe ci-dessous), nous observons depuis 2013 une baisse systématique des consommations de chauffage. Il semblerait que les répartiteurs de frais de chauffage et les robinets thermostatique installés en 2017 aient permis de sensibiliser les occupants sur leur consommation individuelle de chauffage, créant ainsi un comportement responsable vis-à-vis de la température de chauffage favorisant la sobriété énergétique (de l'ordre de 11% de gain énergétique entre 2017 et 2018).



5.2 CONSOMMATIONS THEORIQUES DE GAZ

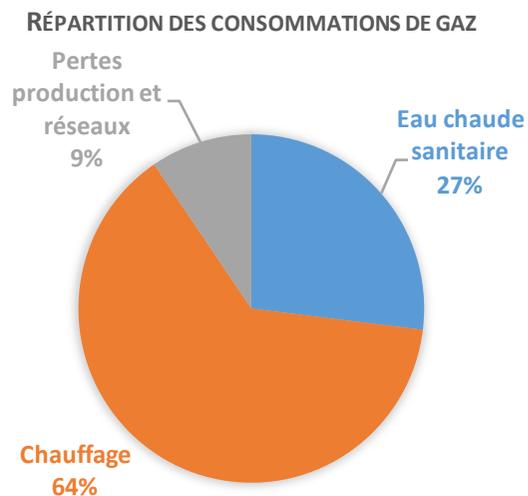
Les consommations de chauffage sont obtenues à partir d'une simulation thermique dynamique. Sur base des plans, un modèle 3D du bâtiment a été réalisé et a été exporté vers le logiciel de simulation thermique qui permet, à partir de toutes les caractéristiques physiques des parois et des scénarios de fonctionnement et d'occupation des logements, de simuler le comportement thermique du bâtiment heure par heure sur une année climatique normée.

Les calculs théoriques donnent des besoins de chauffage pour l'ensemble du bâtiment à 182 000 kWh/an, soit 85 kWh/m².an. Ces besoins représentent la quantité d'énergie à fournir dans chaque zone thermique pour maintenir les consignes de température de chauffage fixées dans le logiciel. Ces évolutions théoriques de besoins de chauffage issus de la simulation thermique dynamique sont données sur les graphiques ci-dessous.



Ces graphiques montrent que la puissance théorique de chauffage est de l'ordre de 112 kW. En considérant les pertes de distribution et la surpuissance liée à la relance du chauffage on arrive à une puissance maximale de l'ordre de 180 kW à 200 kW. Cela signifie donc que les chaudières actuelles (2 * 180 kW) ne doivent que très rarement fonctionner en même temps. La puissance actuellement installée est donc presque le double de puissance théorique maximale nécessaire.

A partir de ces calculs théoriques de besoins de chauffage et des calculs de rendement de production en chaufferie et des pertes énergétiques dues au réseau de distribution, il est possible d'éditer la répartition des consommations totales de gaz. Cette répartition est représentée ci-dessous.



D'après nos calculs, ce sont les besoins de chauffage qui représentent la part de consommation la plus élevée, avec 64% des consommations totales.

Les bilans des consommations énergétiques pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont synthétisés dans le tableau suivant. Les hypothèses pour la conversion en énergie primaire, le calcul de la facture énergétique et les émissions de gaz à effet de serre sont données en annexes.

Consommation de chaleur (chauffage + ECS)		Bâtiment	Moyenne par logement	Moyenne par m ²
Consommation de chaleur en énergie finale (gaz)	[kWh _{EF} /an]	285 000	2 850	134
Facture énergétique annuelle	[€ HT/an]	14 357	144	7
Emissions de gaz à effet de serre	[kgCO ₂ /an]	66 690	667	31

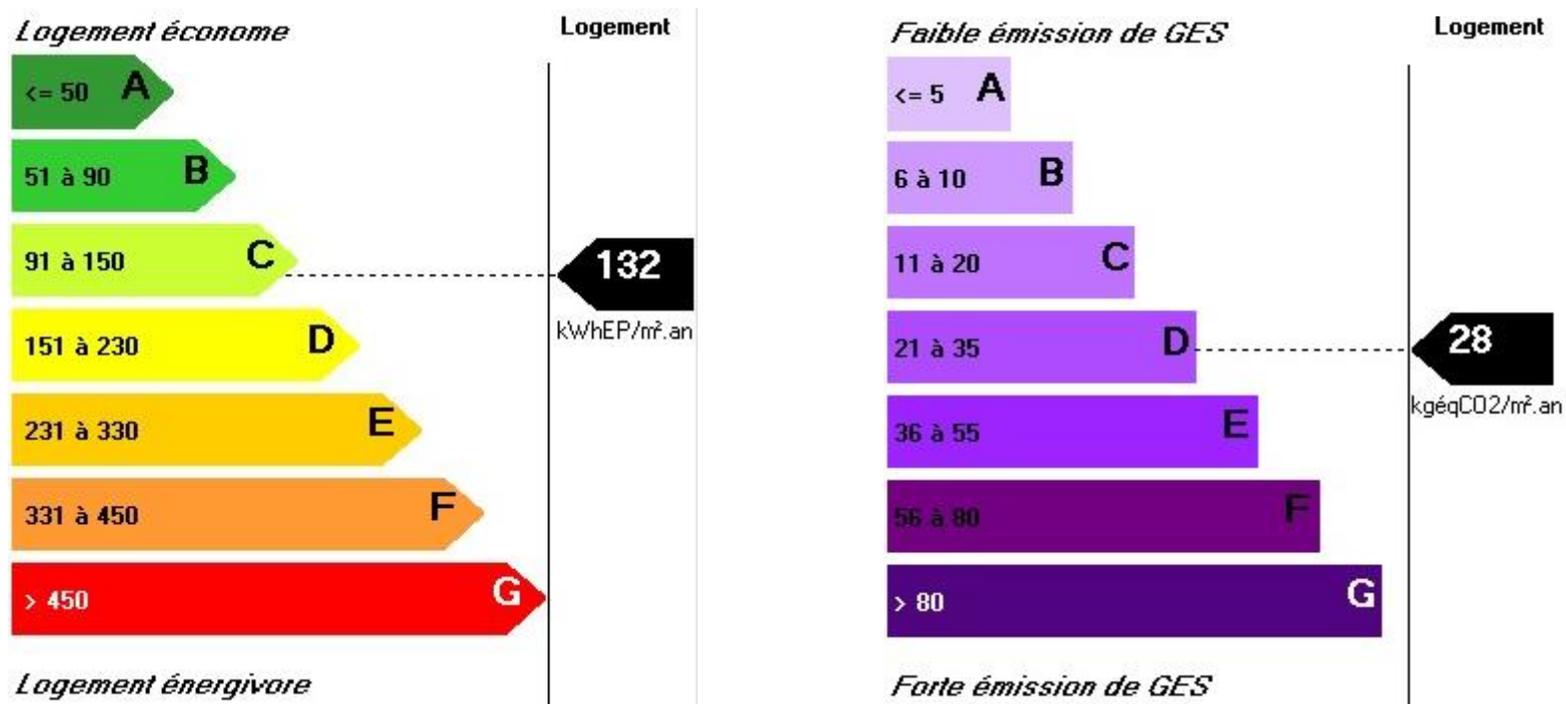
5.3 CONSOMMATIONS REGLEMENTAIRES CONVENTIONNELLES (METHODE THC-Ex)

Depuis novembre 2007, des exigences de performances énergétiques sont imposées lors de la rénovation des bâtiments existants. Pour vérifier la conformité à la réglementation thermique des bâtiments existants, le calcul de consommation d'énergie doit se faire avec la méthode Th-C-E-ex.

Cette méthode de calcul est appliquée pour s'assurer de la conformité des programmes de travaux préconisés aux exigences réglementaires et de la conformité du projet de rénovation vis-à-vis de l'atteinte de performances énergétiques donnant droit à des aides financières.

La méthode Th-C-E-ex est un calcul conventionnel qui ne peut en aucun cas se substituer aux calculs réels et théoriques des consommations réalisés dans le paragraphe précédent. Par exemple, la température de chauffage est, par convention, fixée à 19°C. La méthode de calcul Th C-E ex permet d'accéder à certaines demandes de subvention.

Les échelles des consommations d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre obtenues par calcul en méthode Th-C-E-ex sont les suivantes :



6 PROPOSITIONS D'AMELIORATIONS ENERGETIQUES

6.1 PROPOSITION DE SOLUTIONS PERTINENTES

FICHE AMELIORATION N° 1

ISOLATION THERMIQUE PAR L'EXTERIEUR DE L'ENSEMBLE DES MURS

Motivation du choix

Les murs du bâtiment sont actuellement isolés par l'intérieur. Une isolation par l'extérieur permettrait d'améliorer les performances thermiques. De plus cela serait l'occasion de faire un ravalement de façade complet du bâtiment.

Les deux principales techniques pour isoler les murs d'un bâtiment sont l'isolation par l'intérieur (ITI) et l'isolation par l'extérieur (ITE). A ce jour, l'isolation par l'extérieur est plus performante pour réduire les déperditions thermiques d'un bâtiment.

L'opération chiffrée dans cette solution consiste réaliser une isolation extérieure sur l'ensemble des murs périphériques du bâtiment (ITE). En effet, cette solution présente de nombreux avantages, par rapport à la solution en isolation par l'intérieur :

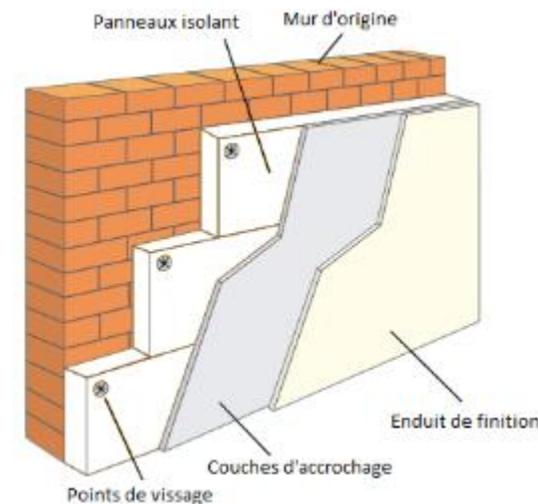
- Elle est plus efficace car la couche d'isolant est homogène et continue ;
- Elle permet de réduire considérablement les ponts thermiques, en particulier au niveau des planchers et des murs de refend ;
- Elle est réalisable facilement en site occupé ;
- Elle protège les murs des variations climatiques ;
- Elle améliore le confort d'été ;
- Elle permet de faire deux opérations en même temps : le ravalement et l'isolation.

Descriptif sommaire des travaux

Cependant lors de la pose d'une ITE, il faut être vigilant à certains points spécifiques, en particulier le traitement des ouvertures, des balcons et des loggias. Idéalement l'isolation par l'extérieur devra être associée à une isolation performante des baies vitrées.

L'épaisseur pour un isolant traditionnel de type polystyrène extrudé ou laine de verre rigide sera de 140 mm.

La technique retenue pour ce projet est une isolation en polystyrène de 140 mm (conductivité thermique $\lambda=0,032$ W/m.k) avec enduit.

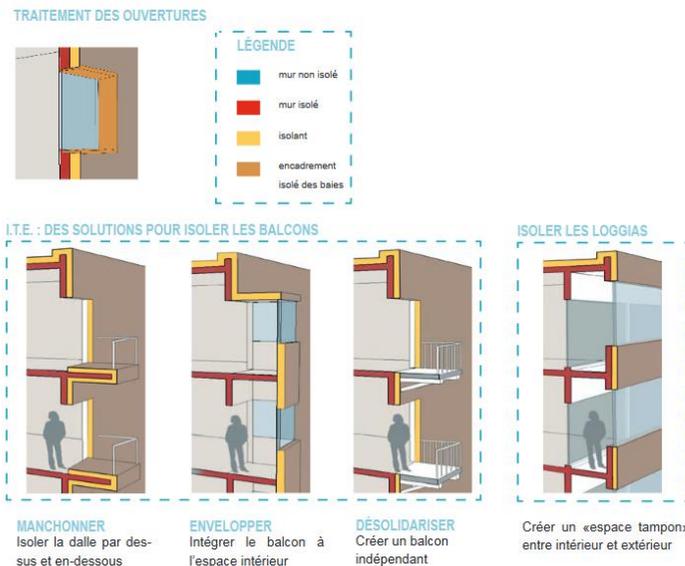


La résistance thermique minimale sera alors de $R=4,30 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$.

L'isolant doit avoir une certification ACERMI et l'entreprise qui fait les travaux doit être certifiée RGE.

L'isolation par l'extérieur nécessite aussi de porter une attention particulière à certains éléments décrits ci-dessous, car ils sont susceptibles de créer de nouveaux ponts thermiques :

- Les contours des ouvertures, en particulier les tableaux des fenêtres
- Les éléments de relation entre l'intérieur et l'extérieur tels que les balcons, les loggias, les terrasses et les coursives.



Points d'attention

Pour cette solution, nous considérons une isolation par l'extérieur de tous les murs.

Pour l'investissement, il est considéré une hypothèse de 130 € HT/m² de surfaces de façades à isoler. Ce prix comprend la fourniture, la pose de l'isolation et du revêtement extérieur.

FICHE AMELIORATION N° 2

REPLACEMENT DES MENUISERIES PAR DES MENUISERIES AVEC VITRAGE A HAUTE EMISSIVITE

Motivation du choix

Sur certains logements, les menuiseries ont été remplacées par du double vitrage. Mais une grande partie des appartements reste avec des menuiseries bois en simple vitrage, qui induisent de fortes déperditions thermiques et des sensations d'inconfort.

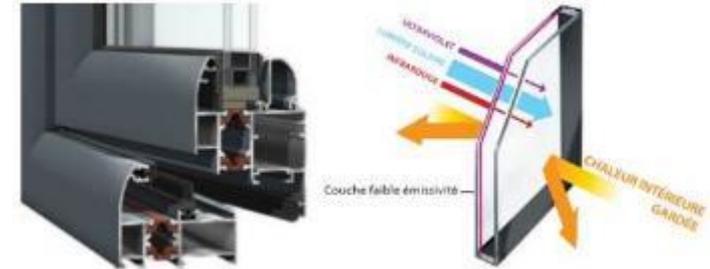
Descriptif sommaire des travaux

Il est préconisé de changer les menuiseries par du double vitrage (4/16/4) isolant à faible émissivité avec menuiserie en PVC.

Le rôle des fenêtres est primordial dans un bâtiment car elles assurent l'accès à l'éclairage naturel et la récupération des apports solaires en hiver, mais elles engendrent aussi des déperditions thermiques et un effet de paroi froide important si elles sont uniquement munies de vitrages peu performants. La mise en place de double vitrage performant permet de limiter cet effet de paroi froide, qui incite bien souvent à augmenter la température de consigne du chauffage.

L'opération consiste à remplacer les menuiseries existantes par des menuiseries à double vitrage (4/16/4 à faible émissivité – $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2.\text{K}$), de coefficient $U_w \leq 1,6 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

Les menuiseries doivent avoir une certification CSTBat et l'entreprise qui fait les travaux doit être certifiée RGE.



Quelques points d'attention :

Points d'attention

- Le remplacement des menuiseries peut être l'occasion de remplacer les volets d'origine par des volets roulants isolants intégrés ;
- En cas de rénovation des menuiseries couplée à une ITE, les menuiseries devront être remplacées avant la mise en place de l'isolation. Ainsi, les retours d'isolant en tableau pourront joindre les menuiseries et assurer la bonne étanchéité ;
- Il faut s'assurer de l'étanchéité à l'air de la jonction menuiserie / gros œuvre (membrane, joints, mousses de complément...) et de l'ajustement géométrique de l'ouvrant ;

Pour l'investissement, il est considéré une hypothèse de coût de 600 € HT de menuiseries à remplacer, pose et fourniture comprise.

FICHE AMELIORATION N° 3

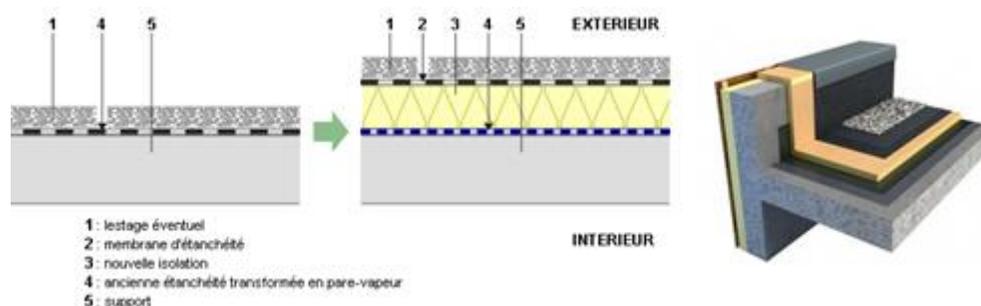
ISOLATION THERMIQUE DES TOITURES TERRASSES

Motivation du choix

Les informations recueillies concernant la composition des toitures terrasses indique une isolation thermique très faible sur ces parties.

Descriptif sommaire des travaux

Il existe deux procédés d'isolation des terrasses suivant l'état de l'étanchéité existante. Si l'étanchéité est à reprendre, l'isolation est mise en place avant de réaliser la nouvelle étanchéité. Si l'étanchéité à l'eau ne présente pas de défauts, l'isolant est posé sur la terrasse, après en avoir retiré les gravillons ou la protection lourde. Cette protection est ensuite remise en place par-dessus l'isolant. Cette technique est appelée « toiture inversée ».



Pour une efficacité optimale, l'épaisseur à poser doit être de 140 mm minimum un panneau isolant en mousse rigide de polyuréthane de conductivité thermique 0,022 W/m.K (atteindre une résistance thermique de $R = 6,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$). L'isolation peut également être en polystyrène extrudé (XPS).

Points d'attention

Quelques précautions importantes pour la mise en œuvre :

- Pour la solution toiture inversée, choisir un isolant résistant à l'eau et à la compression ;
- Bien vérifier l'état de détérioration de l'étanchéité existante pour évaluer s'il faut la retirer ou non ;
- Mise en œuvre selon les DTU correspondants ;
- Traiter le pont thermique au niveau de l'acrotère ;
- Être vigilant aux sorties des conduits de ventilation ;
- Quel que soit le système d'isolation retenu, utiliser des procédés faisant l'objet d'avis techniques.

Pour l'investissement, il est considéré une hypothèse de 90 € HT/m² de surfaces à isoler.

FICHE AMELIORATION N° 4

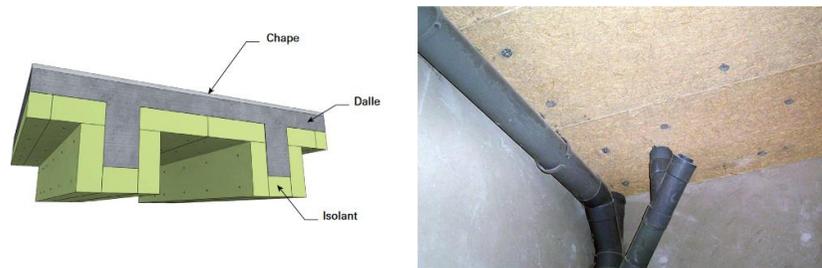
ISOLATION THERMIQUE EN DALLE DE PLANCHER BAS SUR LES LOCAUX NON CHAUFFES

Motivation du choix

Les planchers des locaux sur parking ne sont pas isolés thermiquement.

La technique d'isolation proposée est une isolation en sous-face du plancher. Cette situation est la plus courante mais il faut pour cela être dans la capacité de perdre de la hauteur sous plafond dans le local non chauffé se situant sous le plancher à isoler. Ces panneaux rapportés sont des éléments isolants rigides fixés mécaniquement en sous face de dalle. Ils sont composés de laine minérale, de mousse plastique alvéolaire (PSE, XPS) associées ou non à des plaques de laine de bois.

Le dévoiement de certains réseaux peut être nécessaire (eaux usées, électricité...)

Descriptif sommaire des travaux

La technique retenue pour ce projet est une isolation en panneau composite de 150 mm de laine de bois constitué d'une âme en PSE. La résistance thermique minimale sera alors de $R=4,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$.

L'isolant doit avoir une certification ACERMI et l'entreprise qui fait les travaux doit être certifiée RGE.

Quelques précautions importantes pour ces travaux :

Points d'attention

- Veiller à ce que le support soit parfaitement sain et régulier ;
- Bien évaluer et prendre en compte les travaux annexes tels que les déplacements de canalisations, de points lumineux...
- L'isolant en sous-face, doit être protégé des incendies et des chocs mécaniques ;
- Les panneaux isolants doivent être posés de manière parfaitement jointive et appliqués contre le plancher afin d'éviter les interruptions dans la couche isolante. Les chevilles en matière plastique sont à privilégier pour éviter les ponts thermiques.

Pour l'investissement, il est considéré une hypothèse de 45 € HT/m² de surfaces à isoler.

FICHE AMELIORATION N° 5

MISE EN PLACE D'UNE VENTILATION MECANIQUE HYGRO AFIN DE MAITRISER LES DEBITS DE VENTILATION

Motivation du choix

La ventilation du bâtiment est « naturelle » et ne permet pas de maîtriser les débits d'aération : ceux-ci sont trop importants l'hiver (d'où surconsommation de chauffage) et trop faibles en automne et au printemps.

Descriptif sommaire des travaux

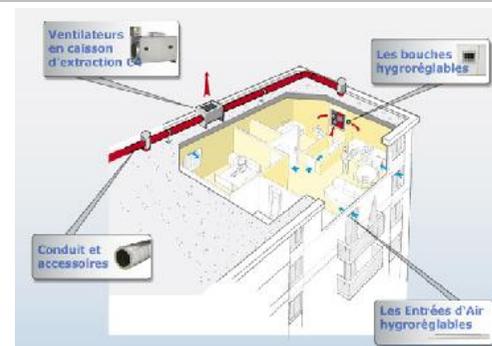
Il s'agit, dans cette amélioration, de redéfinir le système de ventilation pour limiter les déperditions par renouvellement d'air, et assurer le débit règlementaire.

On propose de supprimer totalement le système d'aération naturelle et de le remplacer par un système de ventilation mécanique contrôlé (VMC).

Les entrées d'air présentes en façade (qui sont plus ou moins obturées volontairement à ce jour) ou en pied de mur des locaux humides (WC et salle de bain) seraient définitivement colmatées. De nouvelles entrées d'air, positionnées sur la partie haute des menuiseries des pièces sèches (chambres, séjour) permettront à l'air sain extérieur d'aérer convenablement chaque logement. Des bouches d'extraction seraient mise en place dans les pièces humides (salle de bain, WC et cuisine) et connectées, par l'intermédiaire du conduit shunt existant, à un caisson moteur placé en toiture, dont le débit d'extraction est connu.

La mise en place des entrées d'air pourrait se faire lors du changement des menuiseries.

L'objectif est de disposer d'une VMC hygroréglable afin de bien contrôler les débits de renouvellement.



Cette opération comprend :

- Mise en place des caissons de ventilation dans les combles
- Mise en place du réseau, du caisson, jusqu'aux différents logements.
- Création des bouches d'entrées d'air hygroréglables dans les menuiseries
- Mise en place des bouches d'extraction hygroréglables

Points d'attention

Le coût d'investissement se base sur des hypothèses de 3 000 € HT par caisson de ventilation et de 150 € par bouches d'extraction. Les conduites de VMC sont également prises en compte dans l'estimation budgétaire et les entrées d'air sont incluses dans le poste remplacement des menuiseries. Ces prix sont considérés fournis posés.

FICHE AMELIORATION N° 6

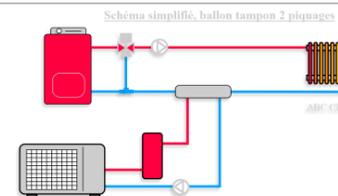
REPLACEMENT DE LA PRODUCTION DE CHALEUR PAR UNE POMPE A CHALEUR EN CHAUFFAGE DE BASE + RELEVÉ PAR LA CHAUDIERE GAZ ET SOLAIRE THERMIQUE POUR L'ECS

Motivation du choix

Les chaudières en place ont été installées en 2012. Elles ne sont pas vétustes, mais utilisent une énergie fossile, pour laquelle les coûts du kWh fluctuent et seront soumis à une forte augmentation dans les années à venir. Mettre en place une Pompe à chaleur Air/Eau en chauffage de base, avec une relève par la chaudière gaz, permet de basculer sur une énergie renouvelable, moins coûteuse à l'usage.

Avant de remplacer un quelconque générateur de chauffage, il est indispensable de travailler sur la réduction du besoin de chauffage (travaux préconisés ci-dessus).

La mise en œuvre d'une PAC en chauffage de fond, permet de couvrir plus de 70% des besoins de chauffage par une énergie renouvelable : l'air. Cette configuration permet d'avoir un équipement de puissance réduite, qui fonctionne dans la période où son COP est le plus performant (coût d'achat moins élevé qu'une PAC qui serait dimensionnée pour assurer 100% des besoins).



Descriptif sommaire des travaux

Le travail en amont, sur l'isolation, permet de conserver tous les radiateurs existants et ainsi d'installer une PAC qui fonctionne à basse/moyenne température (COP amélioré).

Dans les périodes où il fait plus froid, c'est la chaudière gaz qui prend le relais en complétant la fourniture de chaleur, pour que la température de départ continue à assurer les besoins de chauffage des logements, plus fort dans ces périodes. Dans ce cas de figure, la chaudière gaz fonctionne aussi dans son meilleur rendement, car la température de retour, plus basse, lui permet de récupérer la chaleur latente des fumées, et donc de « condenser ».

L'opération consiste à conserver une seule chaudière gaz, et à remplacer la seconde par une Pompe à Chaleur Air/Eau basse température), d'un COP nominal minimal de 3,5 certifié. L'entreprise qui fait les travaux doit être certifiée RGE.

Points d'attention

Bien faire dimensionner le générateur par un calcul thermique. L'étude à ce stade considère une surface de capteurs de 100 m².

Le réglage des deux générateurs est primordial dans cette configuration. Il faut correctement définir et programmer le point de bivalence. Un contrôle des résultats pendant les premières années d'utilisation est conseillé pour s'assurer d'un bon fonctionnement de l'installation.

Le coût d'investissement de cette installation en fourniture et pose est estimé à 97 500 € HT.

6.2 BILAN ENERGETIQUE DES SOLUTIONS INDIVIDUELLES

Pour rappel, voici la liste des différentes solutions d'amélioration étudiées :

- [AM 1] – Amélioration n°1 : isolation thermique par l'extérieur de l'ensemble des murs
- [AM 2] – Amélioration n°2 : remplacement des menuiseries par des menuiseries avec vitrage à haute émissivité
- [AM 3] – Amélioration n°3 : isolation thermique des toitures terrasses
- [AM 4] – Amélioration n°4 : isolation thermique en dalle de plancher bas sur les locaux non chauffés
- [AM 5] – Amélioration n°5 : mise en place d'une ventilation mécanique hygro afin de maîtriser les débits de ventilation
- [AM 6] – Amélioration n°6 : remplacement de la production de chaleur par une pompe à chaleur en chauffage de base + relève par la chaudière gaz et solaire thermique pour l'ECS

Les bilans et résultats pour chaque solution d'amélioration sont regroupés dans le tableau suivant.

		INITIAL	AM 1	AM 2	AM 3	AM 4	AM 5	AM 6
Consommation de gaz (chauffage + ECS)	[kWh _{EF} /an]	285 000	261 384	260 248	280 331	261 024	291 268	35 217
Gain sur la consommation de gaz	[kWh _{EF} /an]	-	23 616	24 752	4 669	23 976	-6 268	249 783
Gain sur la consommation de gaz	[%]	-	8%	9%	2%	8%	-2%	88%
Consommation électrique (PAC)	[kWh _{EF} /an]	-	-	-	-	-	-	70 955
Coût d'investissement (sans aides)	[€ HT]	-	183 170	81 000	8 550	26 370	39 000	97 500
Facture énergétique (1 ^{ère} année)	[€ HT/an]	17 670	16 206	16 135	17 381	16 184	18 059	11 408
Gain sur la facture énergétique	[€ HT/an]	-	1 464	1 535	289	1 486	-389	6 262
Gain sur la facture énergétique	[%]	-	8%	9%	2%	8%	-2%	35%
Emission gaz à effet de serre	[kgCO ₂ /an]	66 690	61 164	60 898	65 598	61 080	68 157	8 241
Gain d'émission gaz à effet de serre	[kgCO ₂ /an]	-	5 526	5 792	1 092	5 610	-1 467	58 449

Les améliorations proposées permettent d'atteindre des gains sur la consommation de gaz collective de 2% à 88%.

6.3 PROPOSITION DE PROGRAMMES DE TRAVAUX COMBINANT PLUSIEURS SOLUTIONS

L'objectif de cette phase est d'élaborer des « bouquets de travaux » ou « programmes » à partir des mesures d'amélioration proposées précédemment. Les programmes de travaux sont des propositions de groupement de travaux cohérents et adaptés aux caractéristiques propres des bâtiments étudiés. Ces programmes doivent permettre au maître d'ouvrage d'orienter son choix de travaux.

Trois programmes de travaux ont été étudiés et sont précisés ci-dessous.

AMELIORATION PROPOSEE	PROGRAMME 1	PROGRAMME 2	PROGRAMME 3
Isolation thermique par l'extérieur de l'ensemble des murs		X	X
Remplacement des menuiseries par des menuiseries avec vitrage à haute émissivité		X	X
Isolation thermique des toitures terrasses	X	X	X
Isolation thermique en dalle de plancher bas sur les locaux non chauffés	X	X	X
Mise en place d'une ventilation mécanique hygro afin de maîtriser les débits de ventilation		X	X
Remplacement de la production de chaleur par une pompe à chaleur en chauffage de base + relève par la chaudière gaz et solaire thermique pour l'ECS			X

6.4 BILANS ENERGETIQUES, ENVIRONNEMENTAUX ET FINANCIERS DES PROGRAMMES

Les principaux résultats des différents programmes sont donnés ci-dessous.

		BASE	PROGRAMME 1	PROGRAMME 2	PROGRAMME 3
Consommation de gaz (chauffage + ECS)	[kWh _{EF} /an]	285 000	257 943	221 676	25 973
Gain sur la consommation de gaz	[kWh _{EF} /an]	-	27 057	63 324	259 027
Gain sur la consommation de gaz	[%]	-	9%	22%	91%
Consommation électrique (PAC)	[kWh _{EF} /an]	-	-	-	52 331
Coût d'investissement (sans aides)	[€ HT]	-	35 000	338 000	436 000
Moyen par logement	[€ HT]	-	350	3 380	4 360
Facture énergétique (1 ^{ère} année)	[€ HT/an]	17 670	15 992	13 744	8 413
Gain sur la facture énergétique	[€ HT/an]	-	1 678	3 926	9 257
Gain sur la facture énergétique	[%]	-	9%	22%	52%
Temps de retour statique	[Années]	-	21	> 25 ans	> 25 ans
Temps de retour dynamique	[Années]	-	17	> 25 ans	> 25 ans
Coût global sur 25 ans	[€ HT]	632 120	607 108	829 670	736 976
Emission de gaz à effet de serre	[kgCO ₂ /an]	66 690	60 359	51 872	6 078
Gain d'émission de gaz à effet de serre	[kgCO ₂ /an]	-	6 331	14 818	60 612
Cep réglementaire	[kWh _{EP} /m ² .an]	132	101	82	72
Etiquette énergétique		C	C	B	B

Les 3 programmes permettent d'atteindre des gains totaux sur la facture énergétique de 9% à 52% par rapport à la situation initiale.

Les investissements sont de 35 000 € HT pour le programme 1, 338 000 € HT pour le programme 2 et 436 000 € HT pour le programme 3.

7 ANNEXES

7.1 HYPOTHESES PRISES EN COMPTE POUR LES ANALYSES

Facteurs de conversion d'émission de gaz à effet de serre (GES)

Les facteurs de conversion d'émission de gaz à effet de serre considérés sont donnés ci-dessous. Ils sont exprimés en kgCO₂ par kWh PCI d'énergie finale.

	TOUS USAGES
Bois, biomasse	0,013
Gaz naturel	0,234
Fioul domestique	0,300
Charbon	0,384
Gaz propane ou butane	0,274
Autres combustibles fossiles	0,320
Electricité (hors électricité d'origine renouvelable utilisée dans le bâtiment)	0,084
Réseau de chaleur de Blagnac ZAC Ritouret	0,087

Facteurs de conversion de l'énergie finale en énergie primaire

On utilise le terme d'énergie finale pour parler de l'ensemble des énergies se situant en fin de chaîne de transformation de l'énergie. Il s'agit de l'énergie utilisée concrètement par l'utilisateur final, telle que mesurée par les compteurs du fournisseur d'énergie. Le terme énergie primaire est utilisé pour parler de l'ensemble des énergies disponible dans la nature avant toute transformation

	ELECTRICITE	GAZ NATUREL / FIOUL
Facteur de conversion en kWh _{EP}	2,58	1

Coût de l'énergie

Les couts de l'énergie ont été calculés à partir des coûts moyens des fournisseurs d'énergie et des coûts issus des données de factures transmises.

	ELECTRICITE	GAZ NATUREL
Coût du kWh [Euros HT/kWh]	0,13	0,062

Hypothèses d'analyse économique

Pour ces calculs d'investissement, les prix donnés correspondent à une tâche réalisée selon les règles de l'art et sont basés sur des devis et des bases de données internes et de la bibliothèque de l'Office des Prix du Bâtiment du site batitel. Ces montants ne peuvent être considérés comme étant aussi précis que ceux obtenus en phase d'avant-projet d'une maîtrise d'œuvre de travaux.

Pour l'analyse économique, deux temps de retour sur investissement sont calculés :

- Temps de retour statique sans tenir compte d'évolution du prix des énergies. Il s'agit donc simplement du coût d'investissement divisé par le gain financier annuel ;
- Temps de retour dynamique tenant compte d'une augmentation des prix de l'énergie de 4,3% par an basée sur les hypothèses du rapport publié en septembre 2004 par la Commission européenne, Direction générale de l'énergie et des transports, à propos des scénarii relatifs aux prix de l'énergie jusqu'en 2030.

Hypothèses générale et points de vigilance

A noter que toutes les solutions d'amélioration sont décrites sommairement. Leur mise en place nécessitera des études plus approfondies pour bien définir les détails techniques de mise en œuvre. L'audit énergétique a pour objectif de proposer les solutions et de quantifier les gains mais ne peut pas être assimilé à une mission de maitrise d'œuvre.

7.2 CERTIFICATS D'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE POUR CHAQUE PROGRAMME

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.

Pour bénéficier de CEE, il faut avoir une estimation du potentiel d'économies d'énergie en kWh cumac à partir des fiches d'opération officielle du ministère. Les estimations faites, dans le cadre d'une demande de CEE par la co-propriété seraient les suivantes :

PROGRAMME 1 :

Opérations saisies					Variable de coût unitaire		MWh cumac	Valorisation des CEE (€ HT)	Prix de vente CEE (€ MWh cumac)
Projet	Secteur	Catégorie	Fiche	Nom	Paramètre	Valeur			
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Enveloppe	BAR-EN-105	Isolation des toitures terrasses	Surface d'isolant (m2)	95,00	114,000	342	3,0
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Enveloppe	BAR-EN-103	Isolation d'un plancher	Surface d'isolant (m2)	586,00	527,400	1 582	3,0
						TOTAL		1 924	

PROGRAMME 2 :

Opérations saisies					Variable de coût unitaire		MWh cumac	Valorisation des CEE (€ HT)	Prix de vente CEE (€ MWh cumac)
Projet	Secteur	Catégorie	Fiche	Nom	Paramètre	Valeur			
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Enveloppe	BAR-EN-102	Isolation des murs (France métropolitaine)	Surface d'isolant (m2)	1 409,00	2 958,900	8 877	3,0
					Type d'isolant	Polystyrène expansé			
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Enveloppe	BAR-EN-104	Fenêtre ou porte-fenêtre complète avec vitrage isolant	Nombre de fenêtres posées	135,00	607,500	1 823	3,0
					Type de fenêtre	PVC			
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Enveloppe	BAR-EN-105	Isolation des toitures terrasses	Surface d'isolant (m2)	95,00	114,000	342	3,0
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Enveloppe	BAR-EN-103	Isolation d'un plancher	Surface d'isolant (m2)	586,00	527,400	1 582	3,0
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Thermique	BAR-TH-127	Ventilation Mécanique Contrôlée simple flux hygroréglable (France métropolitaine)	Nombre de VMC	3,00	1 485,000	4 455	3,0
					Type de VMC	Type B			
						TOTAL		17 079	

PROGRAMME 3 :

Opérations saisies					Variable de coût unitaire		MWh cumac	Valorisation des CEE (€ HT)	Prix de vente CEE (€ MWh cumac)
Projet	Secteur	Catégorie	Fiche	Nom	Paramètre	Valeur			
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Enveloppe	BAR-EN-102	Isolation des murs (France métropolitaine)	Surface d'isolant (m2)	1 409,00	2 958,900	8 877	3,0
					Type d'isolant	Polystyrène expansé			
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Enveloppe	BAR-EN-104	Fenêtre ou porte-fenêtre complète avec vitrage isolant	Nombre de fenêtres posées	135,00	607,500	1 823	3,0
					Type de fenêtre	PVC			
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Enveloppe	BAR-EN-105	Isolation des toitures terrasses	Surface d'isolant (m2)	95,00	114,000	342	3,0
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Enveloppe	BAR-EN-103	Isolation d'un plancher	Surface d'isolant (m2)	586,00	527,400	1 582	3,0
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Thermique	BAR-TH-127	Ventilation Mécanique Contrôlée simple flux hygroréglable (France métropolitaine)	Nombre de VMC	3,00	1 485,000	4 455	3,0
					Type de VMC	Type B			
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Thermique	BAR-TH-104	Pompe à chaleur de type air/eau ou eau/eau	Nombre de PAC	1,00	44,000	132	3,0
					Type de PAC	air/eau			
Copro Les Cedres	Bâtiment résidentiel	Thermique	BAR-TH-102	Chauffe-eau solaire collectif (France métropolitaine)	Surface de capteurs (m2)	100,00	490,000	1 470	3,0
						TOTAL		18 681	

7.3 INFORMATIONS SUR LES AIDES EXISTANTES POUR LA RENOVATION ENERGETIQUE

Il existe de nombreuses aides pour aider les propriétaires de bâtiments existants à financer les travaux de rénovation énergétique et ainsi réduire les temps de retour sur investissement. L'attribution de ces aides financières sont soumises à plusieurs critères d'éligibilités, entre-autre :

- L'obligation de faire réaliser les travaux par des artisans RGE dans le domaine d'intervention,
- L'obligation de respecter certains critères techniques des matériaux spécifiques (valeur de résistance des isolants par exemple), ou d'atteindre une performance minimale après travaux
- Le respect d'un plafond de ressources pour les propriétaires occupants ou d'un plafond de loyer pour les propriétaires bailleurs

Nous vous indiquons ci-dessous, à titre informatif (les aides évoluent régulièrement), les différentes aides existantes. Certaines aides sont cumulables entre-elles, d'autres pas. Afin d'avoir une étude financière précise, vous pouvez vous rapprocher de l'espace info-énergie de votre département.

CUMUL DES AIDES	TVA 5.5%	TVA 10%	CITE	ECO PTZ	C.E.E	ECO CHEQUE	ANAH	AIDES DES COLLECTIVITES
TVA 5,5% sur les travaux de rénovation énergétique		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
TVA 10% sur les autres travaux de rénovation	Oui		Oui	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
CITE Crédit d'impôt Transition Energétique	Oui	Oui		Oui	Oui en déduction	Oui en déduction	Oui en déduction	Oui en déduction
ECO PTZ individuel Prêt à Taux Zéro jusqu'à 30 000€	Oui	Oui	Oui		Oui	Oui	Oui	Oui
Certificat d'Economie d'Energie Aides des fournisseurs d'énergie	Oui	Oui	Oui en déduction	Oui		Oui	Non	Oui
ECO-CHEQUE Aide de 1500€	Oui	Oui	Oui en déduction	Oui	Oui		Oui	Oui
Aides de l'Anah + d'infos : ADIL 05 63 48 73 80	Oui	Oui	Oui en déduction	Oui	Non	Oui		Oui
Aides des collectivités locales + d'infos : ADIL 05 63 48 73 80	Oui	Oui	Oui en déduction	Oui	Oui	Oui	Oui	

Sur le tableau ci-dessous, nous avons réalisé une projection des aides possibles, pour un logement, en fonction de la situation fiscale d'un propriétaire occupant. Ce calcul reste, bien sûr, à affiner en fonction des situations de chaque co-propriétaire, et des simulations d'économies d'énergie par LOGEMENT.

TABLEAU POUR PROPRIETAIRE OCCUPANT (PO)

MONTANT ESTIME DES AIDES	RENOVATION N°1			RENOVATION N°2			RENOVATION N°3		
	Très modeste*	Modeste*	Sup.	Très modeste*	Modeste*	Sup.	Très modeste*	Modeste*	Sup.
<i>montant estimé des travaux par logement (HT)</i>	350€			3 380€			4 360€		
CITE	max 30% sur le reste à charge								
C.E.E	-	-	-	Non cumulable avec ANAH		Possible	Non cumulable avec ANAH		Possible
ECO-CHEQUE	-	-	-	1500€	1500€	-	1500€	1500€	-
Aides de l'Anah	-	-	-	50%	35%	-	50%	35%	-
Aides des collectivités locales	-	-	-	Jusqu'à 1500€	Jusqu'à 1500€		Jusqu'à 1500€	Jusqu'à 1500€	
ECO PTZ	-	-	-	Jusqu'à 30 000€					

Plafonds de ressources « Propriétaire Occupant » permettant d'attribuer les aides ANAH :

PLAFONDS DE RESSOURCES APPLICABLES DANS LE TARN POUR 2019*

Nombre de personnes composant le ménage	Plafonds de ressources « très modestes »	Plafonds de ressources « modestes »
	<i>Energie + Travaux LHI *+ autonomie</i>	
1	14 790 €	18 960 €
2	21 630 €	27 729 €
3	26 013 €	33 346 €
4	30 389 €	38 958 €
5	34 784 €	44 592 €
Par personne supplémentaire	+ 4 385 €	+ 5 617 €