



Audit énergétique dynamique

Rapport AED
n° 2022-037-204

MARSEILLE HABITAT

24 ESPLANADE DE LA TOURETTE
13002 MARSEILLE

Date de rédaction – 7 avril 2023

Chef de projet – Mickael TERROM

Ingénieur thermicien – Rayan BENYAHIA

Version - 1.1



Contact

ACCEO Marseille

ACTIPARC II - Bâtiment C Chemin de Saint Lambert
13821 LA PENNE SUR HUVEAUNE
04 42 84 77 27

Rejoignez-nous sur www.acceo.eu, et créez votre espace

SOMMAIRE

I. PREAMBULE	5
1. Présentation du projet	5
2. Présentation du contexte et objectifs	6
II. EXAMEN DE L'EXISTANT	7
1. Description générale.....	7
a. État des lieux	7
b. Environnement du site	9
c. Données climatiques du site.....	10
2. Description du bâtiment.....	11
a. Les parois opaques	11
b. Les menuiseries.....	13
c. Les protections solaires	13
3. Description des installations climatiques	14
a. Chauffage	14
b. Climatisation	14
c. L'eau chaude sanitaire (ECS).....	15
4. Description des équipements	17
a. Ventilation	17
b. Éclairage	20
5. Bilan de l'état fonctionnel et énergétique de la résidence	21
III. CONSOMMATIONS ENERGETIQUES ET D'EAU DE LA RESIDENCE	22
1. Consommations énergétiques.....	22
2. Consommations d'électricité des communs	22
3. Consommations d'eau	24
a. Consommations d'eau froide.....	24
b. Consommations d'eau chaude sanitaire (ECS)	25
c. Bilan de consommations énergétiques par usage	25
IV. SYNTHESE DES RETOURS D'ENQUETE AUPRES DES OCCUPANTS	26
V. MODELISATION ET SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE.....	27
1. Méthodologie	27
2. Modélisation 3D et zonage	28
3. Hypothèses de simulation	30
a. Consigne de chauffage.....	30
b. Consigne de climatisation.....	30
c. Renouvellement de l'air	31
d. Taux d'occupation.....	31
e. Puissances dissipées	33
f. Occultations	35
VI. RESULTATS DE SIMULATIONS.....	36
1. Besoins en puissance de chauffage.....	36
2. Besoins d'énergie thermique nets	37
3. Répartition des déperditions énergétiques.....	38
4. Apports thermiques, solaires et internes	39
5. Besoins d'énergie liés à la production d'eau chaude sanitaire	40
6. Répartition des consommations énergétiques du site.....	41
7. Bilan des flux énergétiques	42
VII. ANALYSE DE LA SITUATION	44
1. Bilan des consommations énergétiques règlementaires	44
VIII. PROPOSITIONS D'AMELIORATIONS	45
1. Précision sur les calculs des préconisations	45

2.	Préconisations d'améliorations sur le bâtiment	46
3.	Préconisations d'améliorations sur les installations climatiques	57
4.	Préconisations d'amélioration sur les équipements	61
IX.	SYNTHESE DES PROPOSITIONS D'AMELIORATION	64
1.	Récapitulatif des améliorations préconisées	64
X.	SCENARIOS D'AMELIORATIONS ET PLAN DE TRAVAUX PLURIANNUELS.....	65
2.	Scénario 1	67
a.	Détail des solutions retenues	67
b.	Investissements	67
c.	Gains énergétiques et financiers	67
d.	Calculs réglementaires	68
1.	Scénario 2.....	69
a.	Détail des solutions retenues	69
b.	Investissements	69
c.	Gains énergétiques et financiers	69
d.	Calculs réglementaires	70
2.	Scénario 3.....	71
a.	Détail des solutions retenues	71
b.	Investissements	71
c.	Gains énergétiques et financiers	71
d.	Calculs réglementaires	72
3.	Scénario 4.....	73
a.	Détail des solutions retenues	73
b.	Investissements	73
c.	Gains énergétiques et financiers	73
d.	Calculs réglementaires	74
4.	Scénario 5.....	75
a.	Détail des solutions retenues	75
b.	Gains énergétiques et financiers	75
c.	Calculs réglementaires	76
5.	Récapitulatif des différents scénarios	77
a.	Comparatif énergétique et GES des scénarios de travaux	78
b.	Comparatif économique des scénarios	79
XI.	ÉTUDE DU CONFORT D'ETE.....	80
1.	Principe et objectif de l'étude.....	80
2.	Résultats et analyses du nombre d'heures d'inconfort.....	81
3.	Bilan sur le confort thermique	82
XII.	CONCLUSION	83
XIII.	ABREVIATIONS ET DEFINITIONS.....	85

I. PREAMBULE

1. Présentation du projet

IDENTIFICATION DU SITE				
Nom du site	Tourette		Code postal	13002
Adresse	24 ESPLANADE DE LA TOURETTE		Ville	MARSEILLE
Nombre de locaux techniques	Chaudière	0	Nombre de bâtiments	1
	Sous-station	0		
Nombre de logements	21		Nombre de commerce(s)	0
Coordonnées GPS	Latitude	43,3	Hauteur au-dessus du niveau de la mer (m)	15
	Longitude	5,4		

IDENTIFICATION MAÎTRE D'OUVRAGE					
Nom	MARSEILLE HABITAT				
Activité, objet social	Location de logements				
Forme juridique	SA d'économie mixte à conseil d'administration			Code APE	6820A
Numéro SIRET	061800140 00040				
Adresse	10 RUE STE BARBE				
Code postal	13001			Ville	MARSEILLE
Contact	Nom	LEFEVRE		Prénom	Fabrice
	Téléphone	04.91.15.73.57		Fax	/
	Email	fabrice.lefevre@marseillehabitat.fr		Fonction	Inspecteur Technique

INFORMATIONS OBTENUES						
Plans	Plan de niveaux	●	Plan de coupe		Plan circuits hydrauliques	
Consommations énergétiques	Factures gaz		Factures fioul		Factures électriques	●
	Factures réseau de chaleur					
Consommations eau	Eau froide	●			Eau chaude	

2. Présentation du contexte et objectifs

MARSEILLE HABITAT, bailleur social du site « Tourette » souhaite réaliser une étude permettant de trouver des solutions pour améliorer les performances énergétiques de la résidence. Cette amélioration permettra de diminuer les consommations d'électricité ainsi que les charges des locataires.

L'audit énergétique, **conforme** au cahier des charges « Audit énergétique dans les bâtiments », version du 3 décembre 2012 élaboré par l'**ADEME**, permettra, à partir d'une analyse détaillée des données du site, de dresser une proposition chiffrée et argumentée de programmes d'économies d'énergie envisageables pour le site considéré, cohérents avec les objectifs du Grenelle de l'environnement et de définir l'opportunité de procéder à certains travaux.

L'objectif de l'audit énergétique est de réaliser un bilan précis des postes de consommation d'énergie du bâtiment étudié :

- Thermique de l'enveloppe du bâtiment,
- Chauffage et circuit de chauffage,
- Eau chaude sanitaire,
- Installations électriques,
- Éclairage...

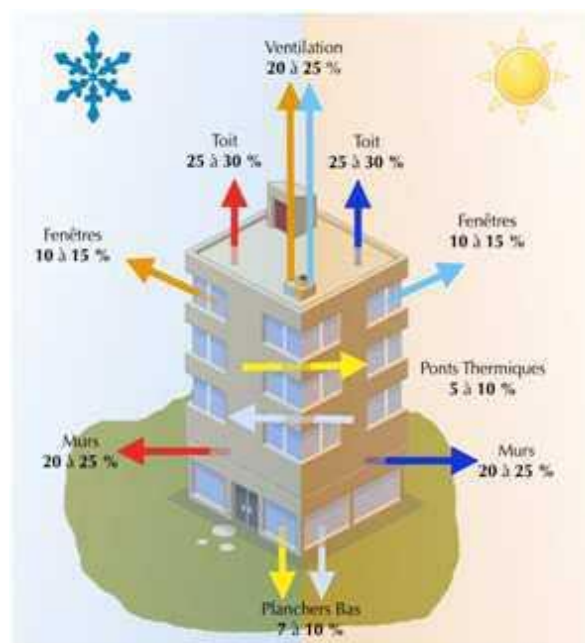
Et de proposer la mise en place d'une gestion de l'énergie via des propositions d'actions chiffrées et des économies potentielles attendues.

Cette étude permettra au maître d'ouvrage d'identifier les gisements d'économie d'énergie et de mettre en œuvre rapidement des actions de maîtrise des consommations d'énergie rentables économiquement.

Des recommandations chiffrées seront proposées pour la mise en œuvre d'un Plan de Travaux d'Économies d'Énergie.

Nos objectifs pour cette étude sont :

- Apporter au maître d'ouvrage un outil d'aide à la décision,
- Utiliser des outils de simulation performants permettant de prédire le comportement thermique du bâtiment,
- Proposer des solutions d'amélioration sur l'enveloppe et les équipements afin d'optimiser la dépense énergétique et financière du projet,
- Proposer un plan de travaux d'économies d'énergie pluriannuel cohérent avec les besoins et contraintes du site.



II. EXAMEN DE L'EXISTANT

1. Description générale

Pour chacune des descriptions réalisées, ACCEO Energie donne un avis sur l'état des postes audités via la grille de lecture suivante :

■	Mauvais : élément hors d'usage ou dégradé qui nécessite un remplacement
▲	Moyen : élément en état d'usage pouvant être amélioré
●	Bon : élément en état d'usage ne nécessitant aucune amélioration

a. État des lieux

Le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont produits par des générateurs individuels.



Bâtiment « Tourette »

BATIMENT « TOURETTE »			
Classification du bâtiment	Logements	Année de livraison	1956
Nombre de logements	21	Nombre de blocs	1
Nombre de résidents estimé	40	% résidence principale	100
Hauteur moyenne sous plafond (m)	2,5	Volume total (m ³)	3 200
Surface de plancher ¹ (m ²)	1 283	Volume chauffé estimé (m ³)	3 030

¹ La « surface de plancher » est la surface de référence utilisée dans le calcul thermique, conformément à l'ordonnance n°2011-1539 du 16 novembre 2011.

TPOLOGIE ET SURFACE DES LOGEMENTS DU BATIMENT « TOURETTE »

Type de lot chauffé	Nombre	Surface moyenne (m ²)
T2	1	48
T3	20	58,2
Total	21	1 212

b. Environnement du site

L'environnement du site est de type urbain diffus.

L'analyse des masques solaires du site a montré que les bâtiments voisins peuvent projeter leur ombre sur la résidence à certaines heures et périodes de l'année.



Vue satellite du site avec visualisation de la résidence et de ses masques solaires

c. Données climatiques du site

Les données météorologiques du site considéré sont celles de la station météorologique de Marseille.

Les données correspondant à une moyenne mensuelle réalisée sur plusieurs années de températures extérieures, de l'irradiation solaire du lieu sont présentées dans le tableau ci-dessous.

DONNEES METEOROLOGIQUES												
Station de Marseille	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Températures extérieures moyennes (°C)	6,6	7,6	11,2	14,4	19,1	23,1	25,1	24,7	20,2	16,8	11,3	7,3
Irradiation solaire sur le plan horizontal (kWh/m².jour)	1,7	2,4	3,9	5,1	6,2	7	7,1	6,1	6,6	3	1,9	1,5

Ces données météorologiques sont présentées à titre indicatif afin de sensibiliser le lecteur aux ordres de grandeur liés à ces données. En effet, ces résultats proviennent des données horaires utilisées par la suite pour la réalisation de calculs thermiques dynamiques, de calcul de productivité solaire (s'il y a lieu de le faire) ou d'apports solaires.



2. Description du bâtiment

Pour chacune des descriptions réalisées, ACCEO Energie donne un avis sur l'état des postes audités via la grille de lecture suivante :

■	Mauvais : élément hors d'usage ou dégradé qui nécessite un remplacement
▲	Moyen : élément en état d'usage pouvant être amélioré
●	Bon : élément en état d'usage ne nécessitant aucune amélioration

a. Les parois opaques

PAROIS OPAQUES DU BATIMENT « TOURETTE »						
Type de paroi	Orientation	Surface (m ²)	Résistance thermique R parois (m ² .K/W)	Nature de l'élément principal	Complexe isolant	Photo
Façade Nord-Ouest	296	300	0,47	Pierre de taille	Aucun	
Façade Nord-Est	26	/	/	/	Aucun	Façade mitoyenne
Façade Sud-Est	116	270	0,47	Pierre de taille	Aucun	
Façade Sud-Ouest	206	200	0,47	Pierre de taille	Aucun	

PAROIS OPAQUES DU BATIMENT « TOURETTE »						
Type de paroi	Orientation	Surface (m²)	Résistance thermique R parois (m².K/W)	Nature de l'élément principal	Complexe isolant	Photo
Combles perdus	/	240	0,4	Structure légère	Aucun	
Plancher bas sur garages	/	46	0,46	Dalle béton	Aucun	/
Plancher bas sur terre-plein	/	165	0,12	Dalle béton	Aucun	/
Plancher bas sur hall d'entrée	/	15	0,46	Dalle béton	Aucun	

La résidence a été construite durant les années 1950, donc avant la première réglementation thermique française. Le niveau d'isolation thermique global des bâtiments était donc faible. Le bâtiment, ainsi que d'autres bâtiments du secteur Tourette entre autres, ont été construits dans le cadre du projet de reconstruction des bâtiments du Vieux-Port de Marseille, après la Seconde Guerre mondiale.

Murs

Les murs des façades et pignons sont en pierre de taille. Ces murs ne possèdent aucune isolation thermique.

Planchers bas :

Les planchers bas du bâtiment sont les dalles de plancher qui séparent les locaux chauffés de locaux non chauffés ou de l'extérieur. Nous avons distingué différents types de planchers bas en fonction de la situation de ces parois :

- Les planchers bas entre des appartements au premier étage et des locaux non chauffés au rez-de-chaussée (garages privés et hall d'entrée);
- Les planchers bas sur terre-plein (appartement du rez-de-chaussée et les deux appartements du 1^{er} étage, côté arrière du bâtiment).

Le plancher donnant sur les garages n'a pu être observé (parties privées), nous avons fait l'hypothèse qu'il n'était pas isolé, tout comme les autres planchers bas.

Toitures :

La toiture du bâtiment est de type combles perdus sous tuiles, sans isolation thermique.

b. Les menuiseries

La proportion de menuiseries d'origine et de menuiseries remplacées a été déterminée par observation des façades et en fonction des relevés lors des visites d'appartements.

CARACTERISTIQUES MENUISERIES DU BATIMENT « TOURETTE »

Menuiseries	Vitrage	Épaisseurs (mm)	Menuiserie	Type de menuiserie	Surface (m²)	Coefficient Uw menuiseries (W/m².K)	État des huisseries et joints			
							Bon	Moyen	Dégradé	Inexistant
Menuiseries PF 2V PVC SV	Simple	4	PVC	Battants	148	3,9		▲		
Menuiseries F4V PVC SV	Simple	4	PVC	Battants	26,4	3,9		▲		
Menuiseries F SDB PVC SV	Simple	4	Bois	Battants	1,2	3,9		▲	■	
Menuiseries F SDB Bois SV	Simple	4	PVC	Battants	1	4,2			■	
Entrée bloc	Simple	4	Métal	Battants	6,3	0	●			

c. Les protections solaires

CARACTERISTIQUES DES PROTECTIONS SOLAIRES DU BATIMENT « TOURETTE »

Protection	Type de protection	Nature	Matériau	Surface (m²)	État		
					Bon	Moyen	Dégradé
Toute façade confondue	Volets	Battants	Bois	148		▲	
Toute façade confondue	Volets	Roulants	Bois	26		▲	

3. Description des installations climatiques

a. Chauffage

1. Émetteurs de chaleur

ÉMETTEURS DE CHALEUR DU BATIMENT « TOURETTE »	
Type	Photo
Radiateurs électriques – panneaux rayonnants, convecteurs électriques	

La majorité des appartements ont des émetteurs de chaleur électriques, de type panneaux rayonnants ou convecteurs. Nous avons également constaté chez certains locataires, des modes de chauffage d'appoint (à pétrole par exemple).

Le nombre de radiateurs par logement dépend du nombre de pièces.

Un radiateur transmet la chaleur à l'air ambiant d'une pièce. L'échange est d'autant plus important que l'air circule facilement autour du radiateur. Cela permet aussi de bien homogénéiser la température de l'air de la pièce. Un cache-radiateur et même une tablette au-dessus du radiateur freine l'air, et freine cet échange. Par ailleurs, le mur sur lequel est accroché ce radiateur chauffe plus et transmet la chaleur à l'extérieur.

b. Climatisation

Le bâtiment n'est pas climatisé dans son ensemble. Lors de la visite du site quelques climatiseurs individuels ont été identifiés, mais il s'agit de cas isolés.

c. L'eau chaude sanitaire (ECS)

1. Générateurs d'eau chaude sanitaire

PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE			
Production d'eau chaude collective	Non	Production d'eau chaude indépendante du chauffage	Oui

DESCRIPTION DES GENERATEURS D'EAU CHAUDE SANITAIRE INDIVIDUELLE						
Bâtiment	Type	Marque	Énergie	Puissance (kW)	Volume (L)	Nombre d'unités observées sur site
Tourette	Ballon électrique	ATLANTIC, THERMOR, DE DIETRICH	Électricité	1,2 à 2,25	65 à 100 L	6

DESCRIPTION DE LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE INDIVIDUELLE						
Type	Marque	Mise en service	État			Photo(s)
			Bon	Moyen	Vétuste	
Chauffe-eau électrique	THERMOR	/	●			
Ballon électrique	DE DIETRICH	/		▲		
Chauffe-eau électrique	THERMOR	/	●			
Ballon électrique	ATLANTIC	/	●			
Ballon électrique	ATLANTIC	/	●			

4. Description des équipements

a. Ventilation

Le débit (m^3/h) de chaque bouche d'extraction (WC, salle de bain et cuisine) des logements visités a été mesuré.



*Mesure du débit d'une bouche d'extraction
à l'aide d'un anémomètre à hélice avec cône*

INFORMATIONS SUR LE RENOUVELLEMENT D'AIR DU BATIMENT « TOURETTE »					
Système	Naturel	Type	Par conduit	Régulation	Aucun
Renouvellement d'air moyen (vol/h)			0,5	Débit d'extraction total estimé (m^3/h)	1 500

La ventilation est de type **naturel**, c'est-à-dire que l'air est mis en mouvement par phénomène de convection. Ce type de ventilation présente l'avantage de ne nécessiter aucun apport énergétique.

La ventilation est naturelle, et par pièces séparées, avec des ventilations basse et haute en cuisine, salle de bains (ou salle d'eau) et WC. Les grilles de ventilation donnent sur des conduits.

La ventilation dépend grandement des conditions extérieures, en particulier de la température et du vent.

BOUCHES D'ENTRÉE D'AIR ET D'EXTRACTION DU BATIMENT « TOURETTE »					
Emplacement	Type	Réglage	État		Photo
			Entretenu	Encrassée	
Salon	Entrée d'air	Fixe	●		
Cuisine	Extraction	Fixe		■	
WC	Extraction	Fixe		■	

Les débits extraits sont très insuffisants, la majorité des bouches d'extraction étant encrassées.

En cas de remplacement des menuiseries dans les pièces à vivre (séjour, chambres), il est conseillé de choisir des menuiseries avec réglette d'entrée d'air intégrée au cadre (solution généralement proposée en base par les entreprises).



Il est interdit de brancher une hotte de cuisine sur un conduit collectif de ventilation.

En effet, cela peut dérégler l'équilibre aérodynamique de l'installation. En pratique, les odeurs de cuisine peuvent refouler dans les appartements voisins. Les hottes de cuisine doivent donc être raccordées en mode « recyclage ».

**REGLEMENTATION****Réglementation des débits de ventilation en habitat collectif****Extraits des arrêtés du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1983**

« Art. 3 - Les dispositifs de ventilation, qu'ils soient mécaniques ou à fonctionnement naturel doivent être tels que les exigences de débit extrait, définies ci-dessous, soient satisfaites dans les conditions climatiques moyennes d'hiver. »

Débits nominaux : Les débits extraits dans chaque pièce de service doivent pouvoir atteindre simultanément ou non les valeurs données dans le tableau ci-après en fonction du nombre de pièces principales du logement. »

Débits nominaux :

DEBITS EXTRAITS EXPRIMES EN M ³ /H					
Nombre de pièces principales du logement	Cuisine	Salle de bains	Salle d'eau *	Cabinet	
				Débit par WC	
				Si unique	Si 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	130	30	15	30	15

* Salle d'eau : point d'eau, sans baignoire ni douche.

« Art. 4 - Des dispositifs individuels de réglage peuvent permettre de réduire les débits définis à l'article 3, sous les conditions suivantes. En règle générale, le débit total extrait et le débit réduit de cuisine sont au moins égaux aux valeurs données dans le tableau suivant : »

Débits minimaux :

DEBITS MINIMAUX EXPRIMES EN M ³ /H							
	Nombre de pièces principales						
	1	2	3	4	5	6	7
Débit total minimal en m ³ /h	35	60	75	90	105	120	135
Débit minimal en cuisine en m ³ /h	20	30	45	45	45	45	45

Débits minimaux hygro-réglables :

Lorsque l'aération est assurée par un dispositif mécanique qui module automatiquement le renouvellement d'air du logement, de telle façon que les taux de pollution de l'air intérieur ne constituent aucun danger pour la santé et que puissent être évitées les condensations, sauf de façon passagère, les débits définis par le tableau ci-dessus peuvent être réduits.

L'emploi d'un tel dispositif doit faire l'objet d'une autorisation du ministre chargé de la Construction et de l'Habitation et du ministre chargé de la Santé, qui fixe les débits minimaux à respecter.

En tout état de cause, le débit total de l'air extrait est au moins égal à la valeur donnée dans le tableau suivant :

DEBITS MINIMAUX HYGROREGLABLES EXPRIMES EN M ³ /H							
	Nombre de pièces principales						
	1	2	3	4	5	6	7
Débit total minimal en m ³ /h	10	10	15	20	25	30	35

b. Éclairage

L'ensemble des points d'éclairage a été recensé dans les parties communes du bâtiment. L'objectif est d'identifier les possibilités de remplacements « utiles », c'est-à-dire en gardant une bonne cohérence entre efficacité et fréquence d'utilisation.

La cage d'escalier dispose d'éclairage naturel et est également éclairée avec deux ampoules par niveau, du rez-de-chaussée au cinquième étage. L'éclairage est commandé par des minuterie : chacune actionne l'éclairage de toute la cage d'escalier, soit cinq niveaux. En général, les ampoules sont de type basse consommation.

L'Arrêté du 30 novembre 2007 modifiant l'arrêté du 1^{er} août 2006 fixant les dispositions prises pour l'application des articles R. 111-18 à R. 111-18-7 du code de la construction et de l'habitation précise les niveaux d'éclairage minimum au sol que doivent respecter les bâtiments de logements collectifs pour être accessible aux personnes handicapées.

Par ailleurs, le guide « Éclairage des parties communes d'immeubles d'habitations », publié par le syndicat de l'éclairage en France, précise les niveaux d'éclairage minimum pour un bon éclairage.

Le tableau ci-dessous synthétise ces niveaux d'éclairage minimums.

NIVEAUX D'ÉCLAIREMENT MINIMUM EN FONCTION DES LOCAUX (LUX)						
Entrée d'immeuble et ascenseur	Couloir et escalier	Palier entrée des logements	Sous-sol et caves	Chaudière	Circulations piétonnes des parcs de stationnement	Cheminement extérieur
100	150	200	100	300	50	20

5. Bilan de l'état fonctionnel et énergétique de la résidence

ÉTAT FONCTIONNEL (F) ET ÉNERGETIQUE (E) DU BATI DE LA RESIDENCE										
SITE	PAROIS OPAQUES		TOITURE		PLANCHER BAS		VITRAGES		HUISSERIES ET DORMANTS	
	F	E	F	E	F	E	F	E	F	E
Bâtiment « Tourette »	▲	■	▲	■	●	■	●	■	▲	■

ÉTAT FONCTIONNEL (F) ET ÉNERGETIQUE (E) DES INSTALLATIONS CLIMATIQUES DE LA RESIDENCE				
SITE	GÉNÉRATEUR(S)		PRODUCTION ECS	
	F	E	F	E
Bâtiment « Tourette »	●	▲	●	▲

ÉTAT FONCTIONNEL (F) ET ÉNERGETIQUE (E) DES EQUIPEMENTS DE LA RESIDENCE				
SITE	ÉCLAIRAGE PARTIES COMMUNES		BOUCHES DE VENTILATION	
	F	E	F	E
Bâtiment « Tourette »	●	●	●	■

LEGENDE

■	Sans objet	▲	Moyen
■	Mauvais	●	Bon

III. CONSOMMATIONS ÉNERGETIQUES ET D'EAU DE LA RÉSIDENCE

1. Consommations énergétiques

La résidence étant chauffée via des dispositifs individuels, il n'a pas été possible de récupérer les factures énergétiques de tous les logements sur les trois dernières années.

Cependant, les besoins énergétiques du site ont été précisément calculés à partir des simulations thermiques dynamiques basées sur des relevés exhaustifs :

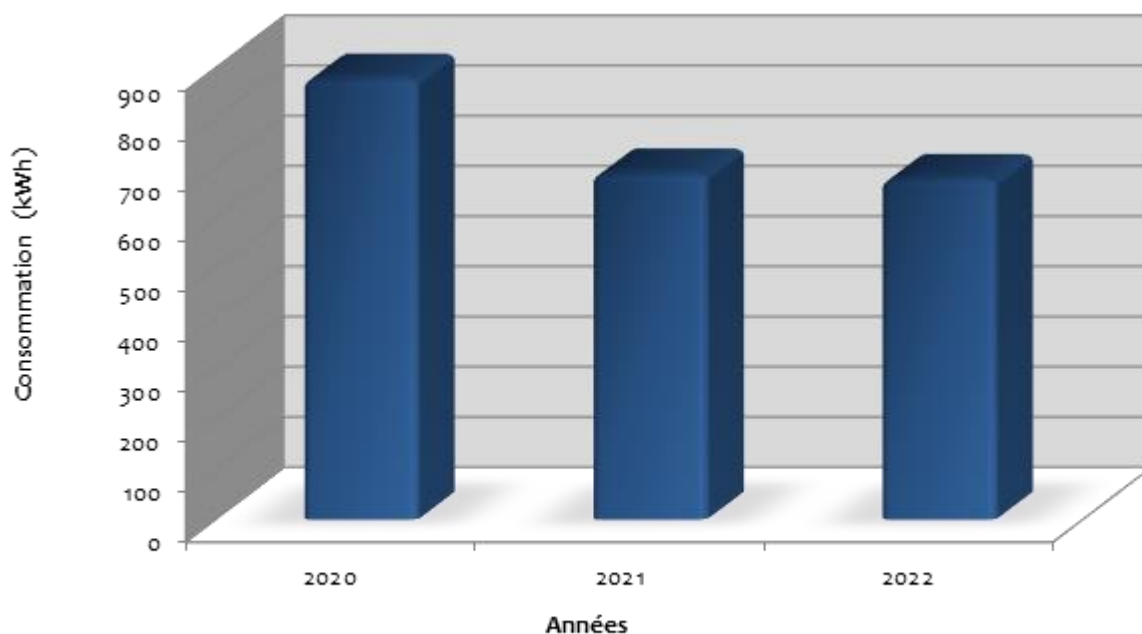
- Des matériaux constitutifs de la résidence,
- Des scénarios d'utilisation du site (températures intérieures, ventilation, occupation, puissance dissipée et occultation),
- Des fichiers météo de la ville de Marseille.

2. Consommations d'électricité des communs

APPAREILS ÉLECTRIQUES DES COMMUNS					
Éclairage	Ascenseur(s)	VMC	Circulateurs	Chauffage	Portails
X					

Les consommations annuelles d'électricité de la résidence ainsi que les coûts totaux ont pu être obtenus pour les trois dernières années.

CONSOMMATIONS D'ÉLECTRICITÉ DES COMMUNS DE LA RÉSIDENCE				
Années	2020	2021	2022	Moyenne
Consommation (kWh)	878	689	678	748
Évolution par rapport à l'année précédente (%)	/	-21,5 %	-1,6 %	/



Évolution de la consommation d'électricité des communs de la résidence

CONSUMMATION D'ÉLECTRICITÉ MOYENNE ANNUELLE EN FRANCE SELON LES DIFFÉRENTS LOTS ²			
Équipements		Consommation moyenne	Unités
Éclairage	Couloirs	20	kWh / hab. / an
	Escaliers	5	
	Halls d'entrée	9	
	Accès aux parkings	2,5	
	Locaux poubelles	2,4	
	Parkings	120	kWh / place parking / an
VMC		233	kWh / logement / an
Chaufferie		342	kWh / logement / an
Ascenseur		17,9	kWh/ étage.habitant / an
BAES		40	kWh / bloc / an

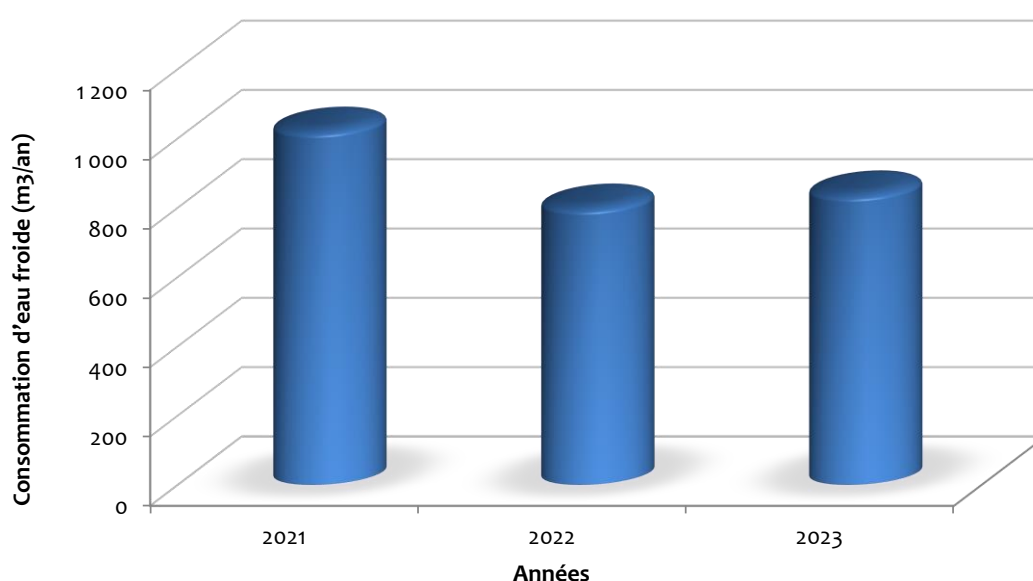
² Source : « Les éco-bilans en copropriété » - UNARC

3. Consommations d'eau

IDENTIFICATION DE LA SOCIÉTÉ RESPONSABLE DU RELEVÉ DES COMPTEURS D'EAU					
Société de relevé de compteurs d'eau	PROX-HYDRO	Téléphone			/
Adresse	12 rue André Isaïa	Code postal	13013	Ville	Marseille

a. Consommations d'eau froide

CONSOMMATIONS ANNUELLES D'EAU FROIDE DE LA RESIDENCE					
Années	2020	2021	2022	Moyenne	Moyenne / occupant
Consommation d'eau froide (m³/an)	1 024	802	840	889	22
Consommation d'eau froide (litres/jour)	2 805	2 197	2 301	2 435	62
Évolution par rapport à l'année précédente (%)	/	-21,7 %	+ 4,7 %	/	/



Évolution de la consommation annuelle d'eau froide

A noter que ces relevés de consommation sont incomplets. En effet, le relevé de consommation d'eau n'a pu être réalisé pour l'ensemble des occupants.

À titre de comparaison, la moyenne annuelle de consommation d'eau froide par personne en France³ est de 40 m³.

³ Source : Selon une étude de l'Institut français de l'environnement (IFEN)

b. Consommations d'eau chaude sanitaire (ECS)

L'eau chaude sanitaire est utilisée dans la cuisine et la salle de bain de chaque appartement. Il est considéré une moyenne de trois points de puisage par logement.

La production d'eau chaude sanitaire étant individuelle, nous n'avons pas pu récupérer les relevés d'eau chaude de la résidence pour les trois dernières années.

La moyenne annuelle de consommation d'eau chaude par logement en France⁴ est de 33m³.

c. Bilan de consommations énergétiques par usage

Le tableau ci-dessous présente les différentes consommations énergétiques par type d'énergie du bâtiment sur la base des simulations et des estimations :

CONSOMMATIONS ENERGETIQUES PAR USAGE									
Énergie	Unité	Consommation	Consommation corrigée du climat prise en compte dans les calculs	Chauffage	ECS	Éclairage	Climatisation	Autres	Dépenses (€ TTC/an)
Gaz naturel	MWh PCS	/	/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
Fioul	litres	/	/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
GPL	tonnes	/	/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
Charbon	tonnes	/	/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
Réseau urbain	MWh PCS	/	/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/
Électricité	MWh	137	136 000	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	23 000
Bois	Stère	/	/	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	/

Les consommations électriques des équipements correspondent aux factures d'électricité des communs.

Les dépenses ont été estimées, via un prix du kWh d'électricité fixé pour l'étude, de 0,172 €/kWh.

⁴ Source : Selon une étude de l'Institut français de l'environnement (IFEN)

IV. SYNTHÈSE DES RETOURS D'ENQUÊTE AUPRÈS DES OCCUPANTS

RETOURS D'ENQUÊTE DES LOCATAIRES DE LA RÉSIDENCE DURANT LES RELEVÉS SUR SITE	
Nombre de personnes ayant été questionnées lors de l'enquête ACCEO Energie	7
Personnes ayant froid chez elles en hiver	57,1 %
Personnes ayant trop chaud chez elles en hiver	0 %
Temps moyen d'ouverture des fenêtres pour aérer leurs appartements en hiver	56 min par jour
Personnes ayant trop chaud chez elles en été	85,7 %
Personnes ouvrant leurs fenêtres la nuit en été	100 %
Personnes fermant leurs volets en cas de soleil en hiver	0 %
Personnes fermant leurs volets en cas de soleil en été	85,7 %
Personnes occupant leur appartement en journée en semaine	85,7 %
Nombre moyen de personnes vivant par logement	1,9
Personnes considérant la part de chauffage dans leurs charges comme excessive	57,1 %
Température moyenne déclarée par les résidents (°C)	Non représentatif car peu de réponses
Température réduite moyenne déclarée par les résidents (°C)	Non représentatif car peu de réponses

Lors des visites, les résidents ont émis des remarques concernant le bâti, les ouvrants ou les équipements de leur résidence.

Certains résidents vivant au dernier étage, c'est-à-dire directement sous la toiture terrasse, ont noté des problèmes d'infiltrations d'eau au niveau de leur plafond ou en haut des murs. Il est possible que ces problèmes témoignent d'un manque d'étanchéité au niveau de la toiture. En effet, nous avons observé des défauts au niveau de la couverture (tuiles manquantes).

Les enquêtes réalisées sur site permettent d'identifier les attentes des occupants, en particulier en ce qui concerne le confort thermique d'hiver et d'été.

De plus, certaines données, comme la durée d'aération quotidienne en hiver ainsi que le taux de fermeture des volets, permettent d'affiner les scénarios de vie de la résidence pour la simulation thermique dynamique.

Concernant l'aération des appartements, l'ADEME préconise d'ouvrir les fenêtres entre 10 et 15 minutes par jour.

V. MODELISATION ET SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

1. Méthodologie

Contrairement aux méthodes traditionnelles de calculs thermiques statiques, la simulation thermique dynamique (STD) simule au pas de temps horaire la vie thermique du bâtiment sur toute une année en fonction de la météo du lieu, de son environnement (masques lointains et proches), de l'occupation des locaux, des habitudes des résidents...

Cela permet d'accéder aux températures, aux besoins de chauffage/climatisation, aux apports solaires ... heure par heure dans les différentes zones prédéfinies du bâtiment.

La STD permet de prendre en compte l'inertie thermique du bâtiment, les ponts thermiques, le comportement des usagers, respecte l'interaction des zones entre elles et la stratégie de production mise en place.

Elle permet donc d'identifier et de quantifier l'impact des différentes fuites énergétiques (ponts thermiques, infiltration, ventilation...) afin de valider les concepts et solutions techniques retenus.

L'outil de modélisation permet de faire varier un paramètre (enveloppe, ventilation, chauffage, vitrage, équipement...) et de visualiser son incidence sur le confort ou sur la performance énergétique. Cela permet d'établir une stratégie de rénovation dans le bâtiment et de tester différentes solutions techniques d'amélioration.

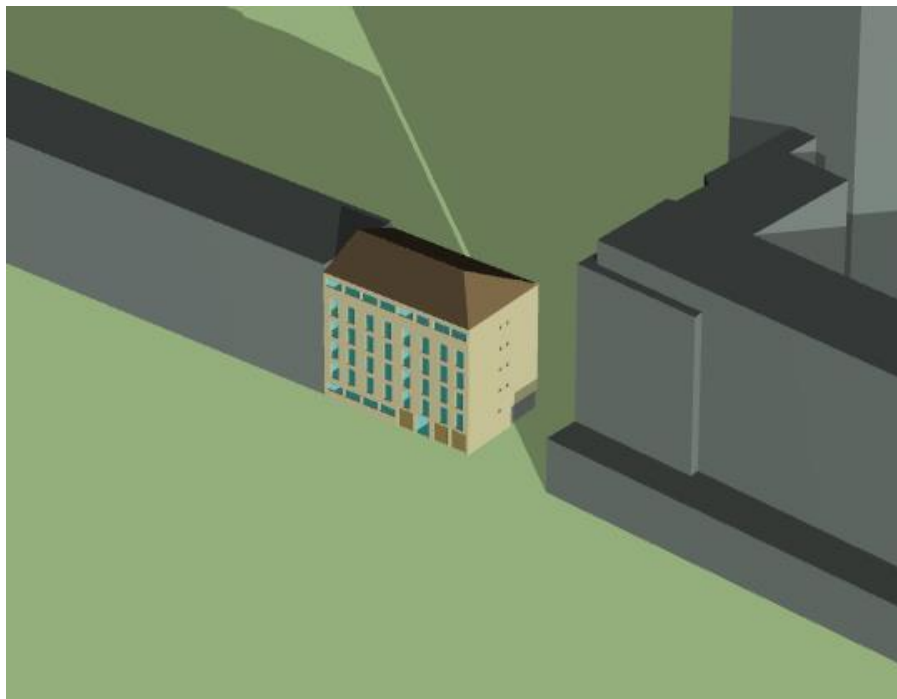
Une modélisation graphique 3D du bâtiment est donc réalisée à partir de plans de niveaux et des coupes du bâtiment sur le logiciel Alcyone, puis les STD sont réalisées à partir du logiciel Pleiades-Comfie dont le module de calcul a été développé par le Centre d'Énergétique de l'École des Mines de Paris.

2. Modélisation 3D et zonage

Le bâtiment a été modélisé en 3 dimensions puis divisé en différents volumes correspondant aux zones thermiques définies ci-après.

Tous les matériaux ou composants qui le constituent, ainsi que leurs caractéristiques thermiques, présentés dans la partie 2, ont été pris en compte.

Les masques solaires ont aussi été modélisés.



Modélisation 3D de la résidence à l'aide du logiciel Alcyone

Un certain nombre de logements ont été visités et les occupants questionnés. Le choix des lieux de visite a été défini de façon à correspondre aux différentes zones « climatiques » identifiées dans le bâtiment.

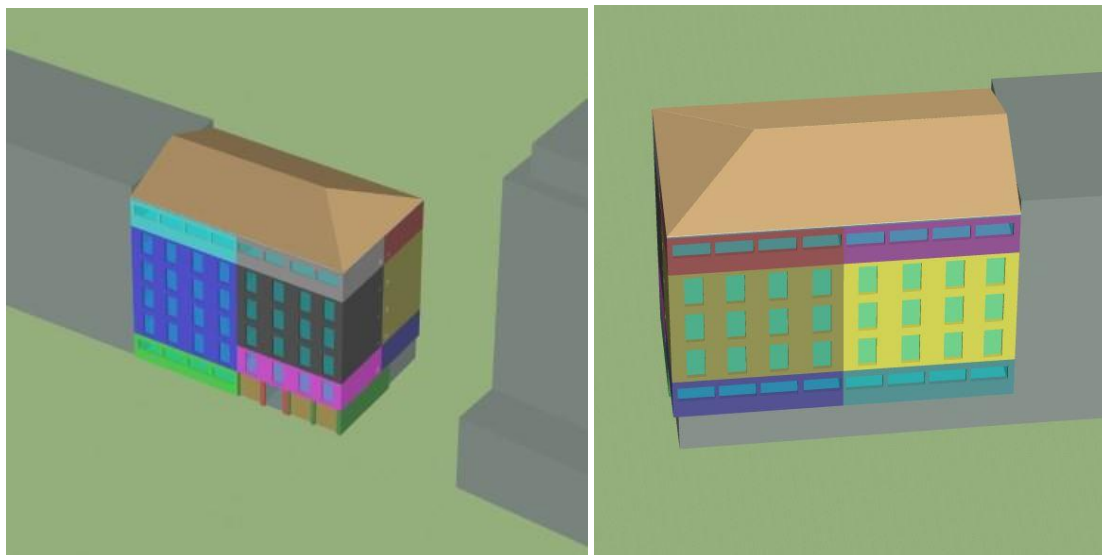
Le zonage thermique permet de différencier plusieurs volumes au sein d'une même simulation.

Cela signifie qu'une zone située au rez-de-chaussée côté Est n'aura pas les mêmes besoins que les logements situés au centre du bâtiment ou bien sous toiture.

Le zonage permet également d'affecter des scénarios de vie différents selon les volumes : Consignes de température fixes pour les zones chauffées correspondant à des logements et des consignes variables pour les locaux à usages de bureaux.

C'est donc dans le but de modéliser ces différentes zones au sein du bâtiment que le zonage suivant a été défini :

ZONAGE DE LA RESIDENCE		
Zones	Volume	Couleur
1	Garage_Tourette	
2	PC_Tourette	
3	RDC_Tourette_Nord	
4	EC_Tourette_Nord	
5	RDC_Tourette_Est	
6	EC_Tourette_Est	
7	Toit_Tourette_Est	
8	RDC_Tourette_Sud	
9	EC_Tourette_Sud	
10	Toit_Tourette_Sud	
11	RDC_Tourette_Ouest	
12	EC_Tourette_Ouest	
13	Toit_Tourette_Ouest	
14	Toit_Tourette_Nord	



Représentation des zones thermiques de la résidence étudiée

Les couleurs des zones thermiques ne correspondent pas à une échelle de déperditions, mais permettent de différencier les différentes zones. Les couleurs n'ont pas de connotations thermiques.

3. Hypothèses de simulation

Les scénarios permettent de définir les types d'utilisation de chaque zone thermique en termes de chauffage, climatisation, ventilation, puissance dissipée, occupation et occultation afin de s'approcher des conditions réelles de vie du bâtiment.

Les scénarios sont définis avec une précision horaire sur une année complète.

Les différents paramètres de simulation sont définis dans les paragraphes suivants.

a. Consigne de chauffage

Une enquête a été réalisée auprès des résidents pour évaluer leur qualité de vie dans le bâtiment étudié. 7 personnes ont répondu à nos questions.

ANALYSE DES REPONSES DES RESIDENTS		
Température moyenne déclarée par les résidents (°C)	Non représentatif car peu de réponses	
Consigne de chauffage retenue pour la réalisation des simulations thermiques dynamiques (°C)	Jour	21
	Nuit	19

La consigne de chauffage a été définie sur toute l'année qui correspond à la période de chauffe qui commence en général début octobre pour se terminer au mois de mai.

Si la température extérieure, basée sur les relevés de la station météo la plus proche, est supérieure à la température de consigne du bâtiment, aucune consommation d'énergie n'est comptabilisée.

b. Consigne de climatisation

Le bâtiment n'est pas climatisé dans son ensemble. Lors de la visite du site quelques climatiseurs individuels ont été identifiés, mais il s'agit de cas isolés.

.

c. Renouvellement de l'air

Les taux de renouvellement d'air ont été déduits des mesures de débit au niveau des bouches d'extraction des logements visités.

Nous avons également tenu compte des infiltrations d'air, qui correspondent à toutes les entrées d'air non contrôlées dans les logements (sous les portes palières, autour des cadres des menuiseries, par certaines prises électriques...). De plus, nous avons pris en compte les habitudes d'aération des résidents, en hiver comme en été.

RENOUVELLEMENT D'AIR DE LA RESIDENCE « TOURETTE » (VOL/HEURE)	
Tourette	0,5

d. Taux d'occupation

Pour déterminer le taux d'occupation des bâtiments, nous avons exploité les réponses aux questionnaires posés lors des visites des appartements que nous avons comparées aux valeurs moyennes de nombre de personnes par appartement en fonction du type d'appartement (T1, T2, etc.) tirées d'études de l'INSEE.

Le pourcentage d'occupation des logements en journée est une donnée relevée lors des enquêtes d'usages.

TAUX D'OCCUPATION DU BATIMENT « TOURETTE »			
Nombre de lots	21	Nombre de résidents	40
Moyenne de personnes par lot	1,9	Logements occupés en journée (%)	50

Ces informations nous ont permis de prendre en compte les apports humains dans le calcul des besoins de chauffage du bâtiment.

TAUX D'OCCUPATION HEBDOMADAIRE DE LA RESIDENCE							
	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
1h	100	100	100	100	100	100	100
2h							
3h							
4h							
5h							
6h							
7h							
8h	50	50	50	50	50	100	100
9h							
10h							
11h							
12h							
13h							
14h							
15h	50	50	50	50	50	50	50
16h							
17h							
18h							
19h							
20h							
21h							
22h	100	100	100	100	100	100	100
23h							
24h							

Taux d'occupation hebdomadaire de la résidence

e. Puissances dissipées

La puissance dissipée correspond à l'énergie dissipée par les appareils électroménagers et d'éclairage au cours d'une journée (éclairage, cuisson, lave-linge, réfrigérateur, téléviseur, ordinateur, etc.) et qui participe au chauffage.

Comme il ne nous a pas été possible de comptabiliser précisément l'ensemble des appareils de chaque logement, nous avons considéré que chacun comprend :

- Un téléviseur + lecteur DVD,
- Un lave-linge,
- Un lave-vaisselle,
- Un réfrigérateur / congélateur,
- Un ordinateur + imprimante,
- Une plaque de cuisson,
- Un four / micro-ondes,
- Des luminaires.

ELECTROMENAGER			
	Puissance (W)	Consommations	Utilisation
Lave-vaisselle		1,05 kWh / cycle	4 cycles / semaine
Lave-linge		0,85 kWh / cycle	4 cycles / semaine
Réfrigérateur seul		190 kWh / an	-
Congélateur seul		230 kWh / an	-
Télévision	130 W / 4W veille		4h / jour
Magnétoscope / DVD	130 W / 4W veille		4h / jour
Ordinateur + imprimante	250 W		1 h /jour
Plaques de cuisson	2500 W / Plaque		0,85 h /jour
Four électrique catalyse	2600 W		1 h / semaine
Four micro-ondes	750 W		0,25 h / jour

ECLAIRAGE				
	Lux	P (W/m ²)	Type	Nb h / jour
Entrée	200	6	50 % fluo + 50 % halogène	1
WC	200	6	50 % fluo + 50 % halogène	1
Séjour	500	15	50 % fluo + 50 % halogène	4
Cuisine	500	15	50 % fluo + 50 % halogène	2
Chambres	500	15	50 % fluo + 50 % halogène	1,5
Salle de bain	200	6	50 % fluo + 50 % halogène	2
Couloir	200	6	50 % fluo + 50 % halogène	1

A partir de ces consommations moyennes par équipement, il a été déterminé les puissances dissipées hebdomadaires du site.

PUISSANCE DISSIPÉE HEBDOMADAIRE (W/M ²)							
	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
1h	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
2h							
3h							
4h							
5h	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
6h							
7h							
8h							
9h	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
10h							
11h							
12h							
13h	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3	6,3
14h	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4	10,4
15h	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
16h							
17h							
18h							
19h	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9	8,9
20h	14	14	14	14	14	14	14
21h	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
22h	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
23h	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
24h							

Scénario de puissance dissipée hebdomadaire de la résidence

f. Occultations

Les pourcentages « occultations » correspondent aux taux de fermeture des volets au niveau des menuiseries de la résidence.

Les scénarios dépendent de la saison et de l'orientation des menuiseries

SCENARIOS D'OCCULTATIONS					
Saisons	Orientations	Occultation (%)			
		Nuit	7h – 10h	10h – 17h	17h – 20h
Été	E	100 %	75 %	25 %	25 %
Été	N	100 %	75 %	25 %	25 %
Été	S	100 %	25 %	75 %	25 %
Été	O	100 %	25 %	25 %	75 %
Hiver	/	100 %	20 %	10 %	30 %

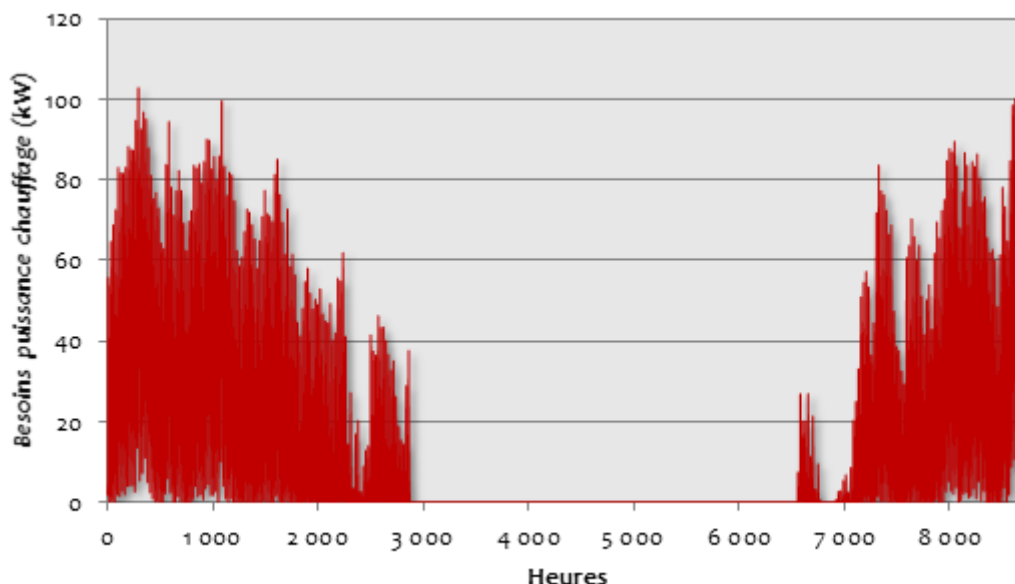
La composition des différents types d'occultations recensés a été prise en compte.

Ces scénarios permettent de calculer les apports solaires dans la résidence.

VI. RESULTATS DE SIMULATIONS

1. Besoins en puissance de chauffage

Les résultats de la simulation thermique dynamique permettent d'obtenir les besoins en puissance de chauffage du bâtiment, heure par heure, sur toute une année.



Besoins horaires en puissance de chauffe de la résidence

L'analyse des besoins de chauffage de la résidence sur la période de chauffe a permis de déterminer un besoin d'une puissance de chauffe maximum de 102 kW.

La courbe ci-dessus décrit les besoins de chauffage annuels pour atteindre la température de consigne dans les logements sur les 8 760 heures qui composent une année (du 1^{er} janvier au 31 décembre). La période estivale est donc au centre du graphique.

Ces besoins correspondent à l'énergie nécessaire pour chauffer la résidence sur toute une année.

2. Besoins d'énergie thermique nets

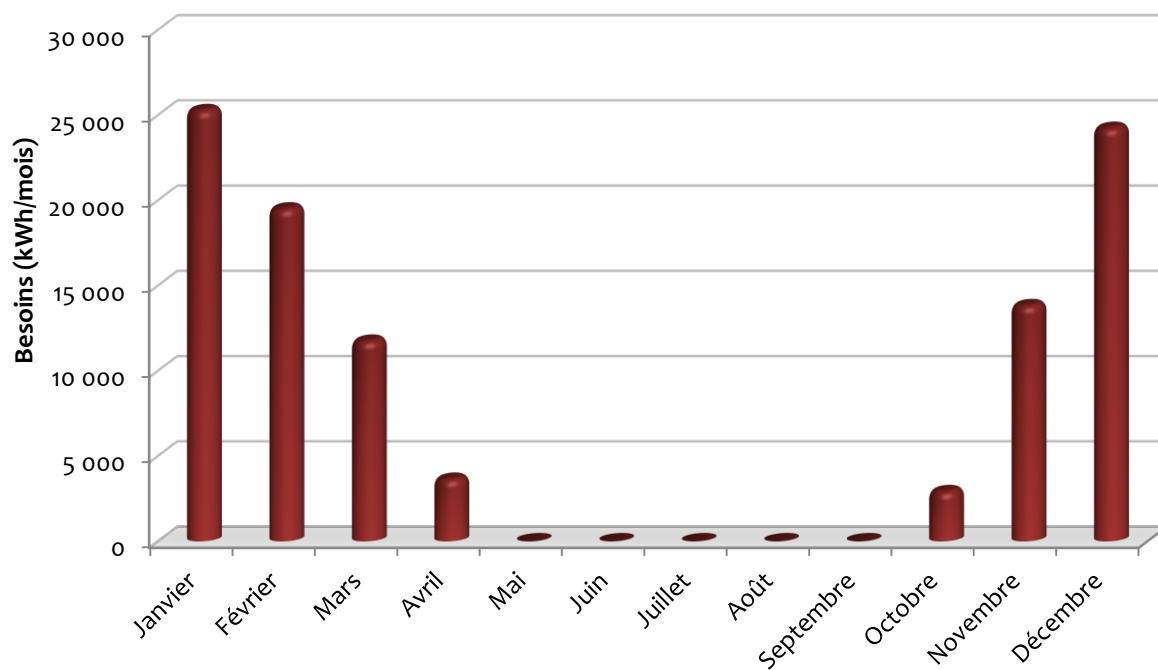
Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des besoins thermiques par zone thermique :

BESOINS ENERGETIQUES PAR ZONE			
Zones	kWh	kWh/m ²	Couleur
Garage_Tourette	0	0	
PC_Tourette	0	0	
RDC_Tourette_Nord	4 000	72	
EC_Tourette_Nord	14 000	63	
RDC_Tourette_Est	3 100	55	
EC_Tourette_Est	9 600	57	
Toit_Tourette_Est	6 400	114	
RDC_Tourette_Sud	5 000	89	
EC_Tourette_Sud	14 000	86	
Toit_Tourette_Sud	8 200	148	
RDC_Tourette_Ouest	7 000	128	
EC_Tourette_Ouest	15 000	88	
Toit_Tourette_Ouest	8 400	153	
Toit_Tourette_Nord	6 800	122	

Le tableau ci-dessous reprend les besoins annuels de la résidence avec une répartition mensuelle :

BESOINS ENERGETIQUES MENSUELS DE LA RESIDENCE EVALUES EN KWH											
Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Jui.	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
25 000	20 000	12 000	3 700	0	0	0	0	0	2 900	14 000	24 000

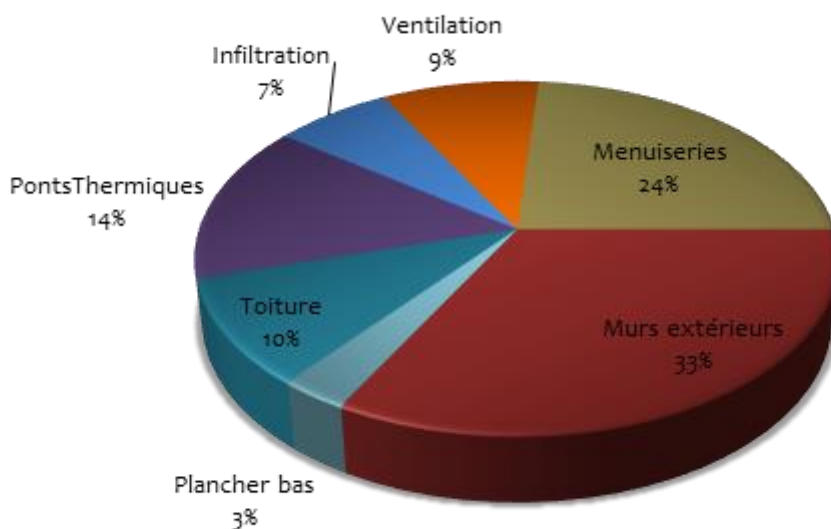
Les besoins énergétiques annuels s'élèvent à 101 000 kWh, correspondant à une référence de 1 491 DJU.



Représentation des besoins thermiques mensuels estimés de la résidence

3. Répartition des déperditions énergétiques

La modélisation thermique nous a permis d'identifier la part de chaque poste de déperdition de la résidence. Le camembert suivant permet d'analyser la répartition de ces pertes énergétiques sur l'ensemble du site.



Répartition des pertes énergétiques de la résidence

Sur le graphique ci-dessus, les murs extérieurs et les menuiseries apparaissent comme les principaux postes de déperditions thermiques. En effet, les murs ne sont pas isolés, et les menuiseries sont en simple vitrage, donc peu performants thermiquement.

Les déperditions par l'ensemble de l'enveloppe thermique représentent 84 % des déperditions totales. Les 13 % restants correspondent aux pertes de chaleur via la ventilation et les infiltrations d'air.

4. Apports thermiques, solaires et internes

Les apports internes correspondent à la somme de l'énergie thermique dissipée par les appareils ménagers et des apports métaboliques sur toute une année. Les apports métaboliques étant calculés à partir du taux d'occupation du bâtiment.

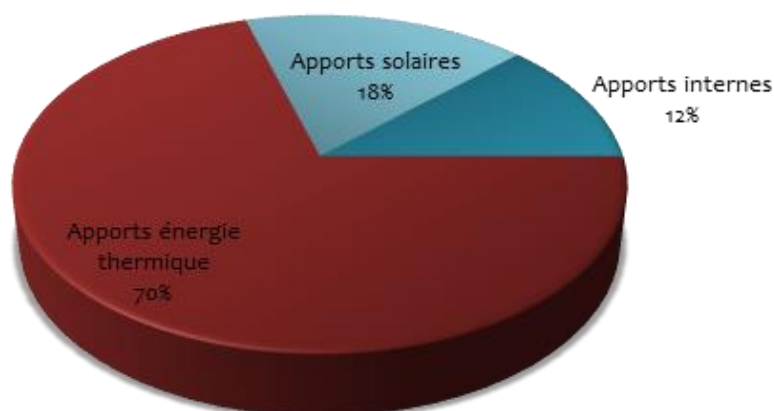
Les apports solaires par les parties vitrées dépendent de l'ensoleillement du site considéré, des surfaces réceptrices équivalentes, de l'orientation du bâtiment et du scénario d'occultation.

L'ensemble de ces apports gratuits n'est pas utile toute l'année. En effet, ces apports sont utiles uniquement durant la période de chauffe et seulement dans le cas où la température extérieure est inférieure à la température de consigne du bâtiment. La simulation thermique dynamique a permis d'évaluer la partie utile de ces apports.

APPORTS GRATUITS D'ÉNERGIE	
Apports internes et solaires utiles (kWh/an)	43 000

Les apports thermiques correspondent aux besoins de chauffage nécessaires à la résidence pour maintenir la température de consigne dans les logements.

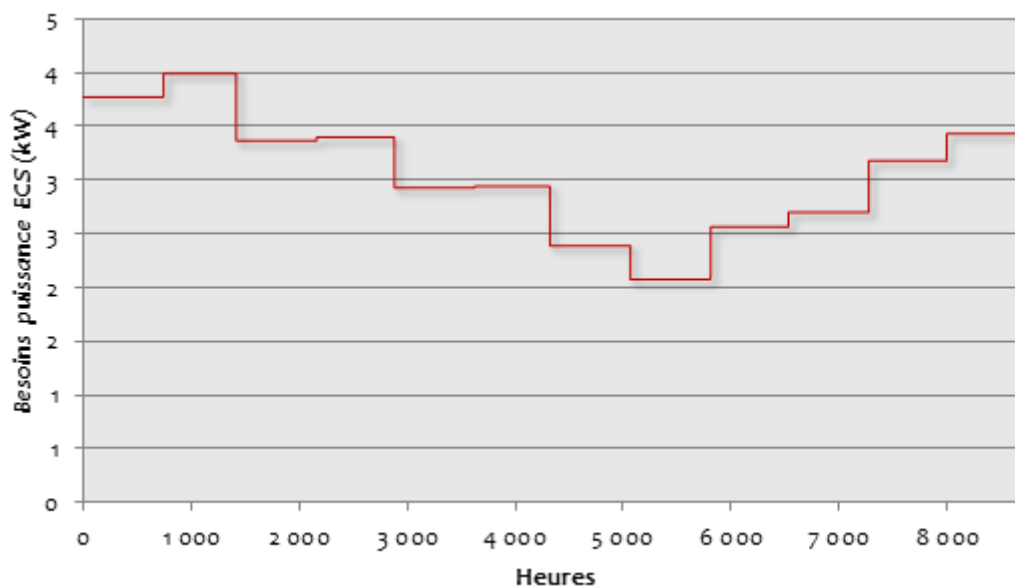
Le camembert ci-dessous présente la part de chacun de ces apports :



Répartition des apports énergétiques de la résidence

5. Besoins d'énergie liés à la production d'eau chaude sanitaire

L'eau chaude sanitaire de la résidence est produite individuellement. Les besoins annuels en puissance pour la production horaire d'eau chaude sanitaire sont présentés ci-dessous.

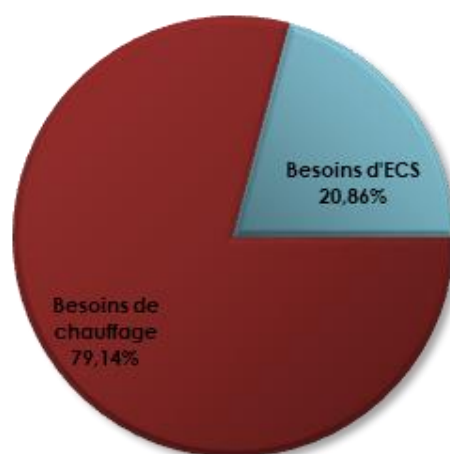


Besoins horaires en puissance pour la production d'eau chaude sanitaire

Les besoins d'énergie pour la production d'eau chaude sanitaire seule nécessitent une puissance maximum de 16,8 kW pour un besoin total annuel de 27 000 kWh d'énergie finale

6. Répartition des consommations énergétiques du site

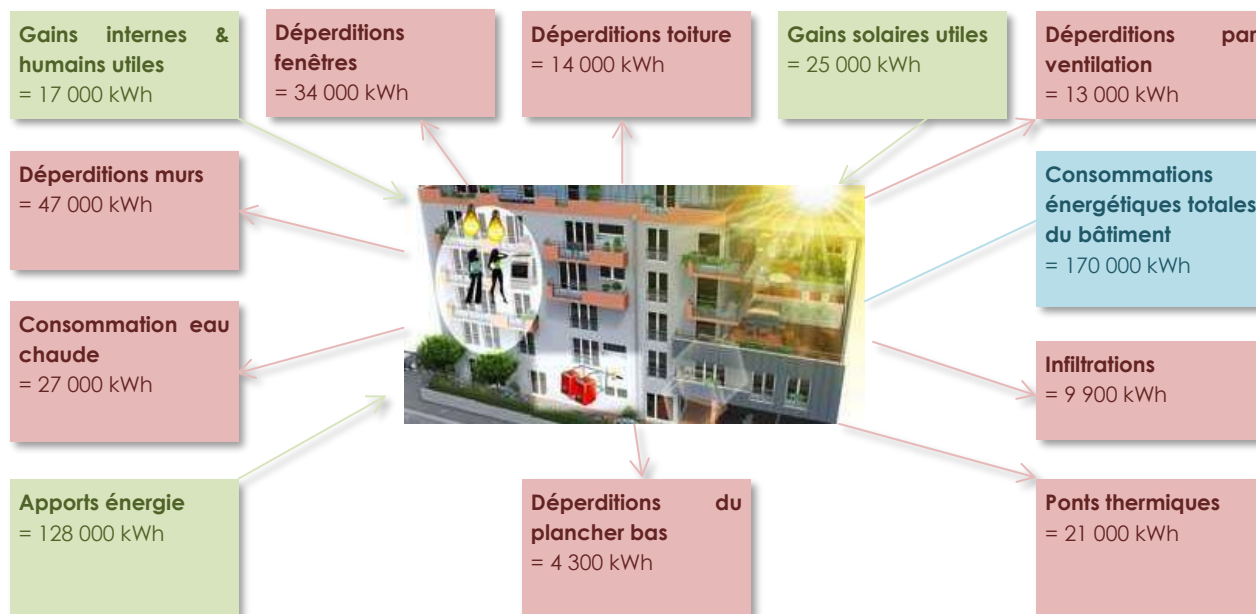
Le camembert ci-dessous permet de comparer la part de chauffage, d'ECS et de pertes de distribution dans le bilan global.



Répartition des consommations énergétiques de la résidence

7. Bilan des flux énergétiques

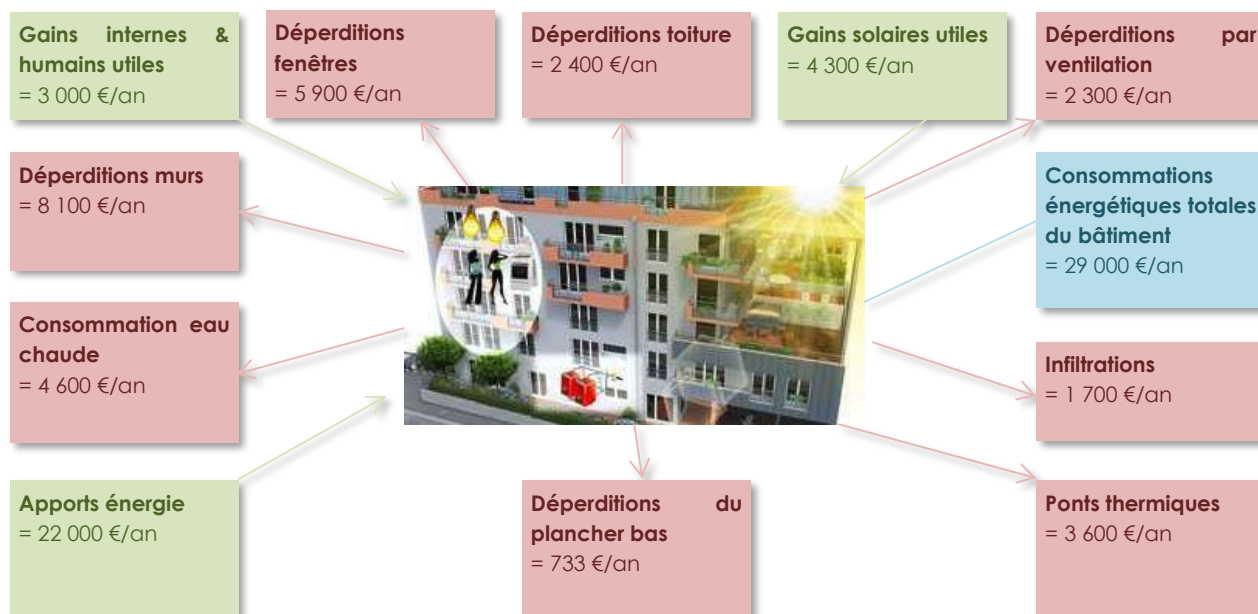
Le bilan des flux énergétiques est une représentation synthétique qui permet de visualiser et de quantifier les flux d'énergie qui interagissent dans le bâtiment sur toute la période de chauffe. Ces flux correspondent aux gains, déperditions thermiques et besoins.



Bilan des flux énergétiques entrants et sortants du site

Cette représentation correspond aux besoins énergétiques à fournir pour assurer le chauffage du site étudié en tenant compte de toutes les déperditions ainsi que de l'ensemble des apports gratuits : les occupants, l'ensoleillement et la chaleur dissipée par les appareils à l'intérieur de la zone étudiée.

Les déperditions sont compensées par les apports internes utiles et l'énergie apportée par le système de chauffage (apports énergie), ainsi les consommations énergétiques totales correspondent à la somme de toutes les déperditions. Il faut alors soustraire les apports gratuits pour retomber sur les « apports énergie » qui correspondent à la consommation finale de la résidence. Cette dernière est fonction du rendement global des équipements de chauffage (ou de climatisation) et donc des pertes thermiques (production, régulation + distribution + émission) de ces équipements.



Bilan des flux financiers entrants et sortants du site

La seconde représentation présente ce même bilan des flux, mais d'un point de vue financier. Les pertes énergétiques ont été converties en coût annuel en fonction du prix moyen de l'énergie. Les montants liés aux apports utiles gratuits (solaires, internes et humains) correspondent aux coûts de l'énergie qu'auraient payés les locataires s'il n'y avait pas eu ces apports gratuits. A titre d'exemple, si l'ensemble des volets est fermé en journée en période hivernale, alors la facture énergétique du site augmentera du montant correspondant aux apports solaires.

Les « apports énergie » correspondent donc au montant moyen des factures énergétiques annuelles calculés en simulation thermique dynamique.

VII. ANALYSE DE LA SITUATION

1. Bilan des consommations énergétiques réglementaires

Les calculs précédents nous ont permis de calculer les consommations théoriques du bâtiment par poste sur la base d'une simulation thermique dynamique au plus proche de la réalité.

Les valeurs de l'ECS sont basées sur les estimations de besoins d'ECS de l'ADEME avec le système de génération individuel.

Ces résultats sont comparés aux résultats du calcul réglementaire (RTE, règles TH-CEex). Le calcul réglementaire thermique a été fait avec le logiciel ClimaWin distribué par BBS-Slama sur la base du moteur de calcul Th-Cex.

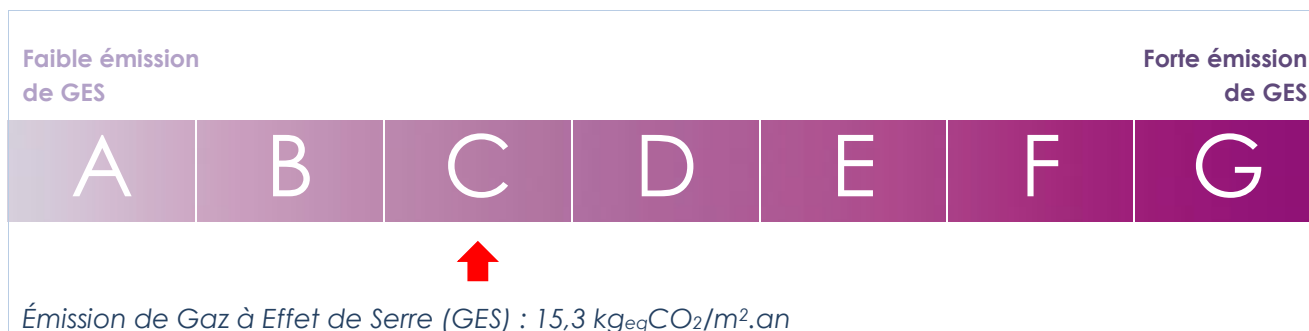
Les valeurs des auxiliaires, de l'éclairage et de la ventilation sont les valeurs du calcul réglementaire dans les deux cas.

Unité : kWh _{EP} /m ² SHON.an	Cep	Chauffage	ECS	Auxiliaires	Éclairage	Ventilation
Calcul réglementaire	284	199	78,6	0	6,5	0
Calcul thermique dynamique	280	219	53,7	0	6,5	0

Bilan énergétique actuel du site



Bilan empreinte climatique actuel du site



VIII. PROPOSITIONS D'AMÉLIORATIONS

1. Précision sur les calculs des préconisations

Il est nécessaire de préciser que l'estimation des économies d'énergie est calculée pour chaque solution prise de façon indépendante. Dans le cas de la mise en place de plusieurs solutions simultanément, les économies d'énergie réalisées ne pourraient être la somme des économies de chaque solution.

L'estimation des économies énergétiques et financières de chaque préconisation est réalisée à partir d'un fichier météo horaire qui a été corrigé du climat sur la base de la rigueur climatique moyenne trentenaire de la station météo de Marseille.

En effet, réaliser ces calculs à partir d'un fichier météo horaire d'une année particulière ne serait pas représentatif car les résultats obtenus dépendraient de la rigueur de l'hiver de l'année utilisée.

Le chiffrage des travaux dans le cadre de cette étude correspond à des ordres de grandeur relatifs aux travaux d'amélioration énergétique et ne peut être considéré comme étant aussi précis que celui obtenu en phase d'avant-projet d'une maîtrise d'œuvre de travaux.

Ils ne prennent pas en compte des éventuels surcoûts liés à des problèmes de mise en œuvre, de présence d'amiante ou encore de travaux induits ou complémentaires d'amélioration architecturale, technique ou esthétique.

En effet, même si les coûts des matériaux et équipements sont précisément estimés, le niveau de complexité de mise en œuvre des travaux par les entreprises ne peut être évalué à ce stade.

Certificats d'Économies d'Énergie

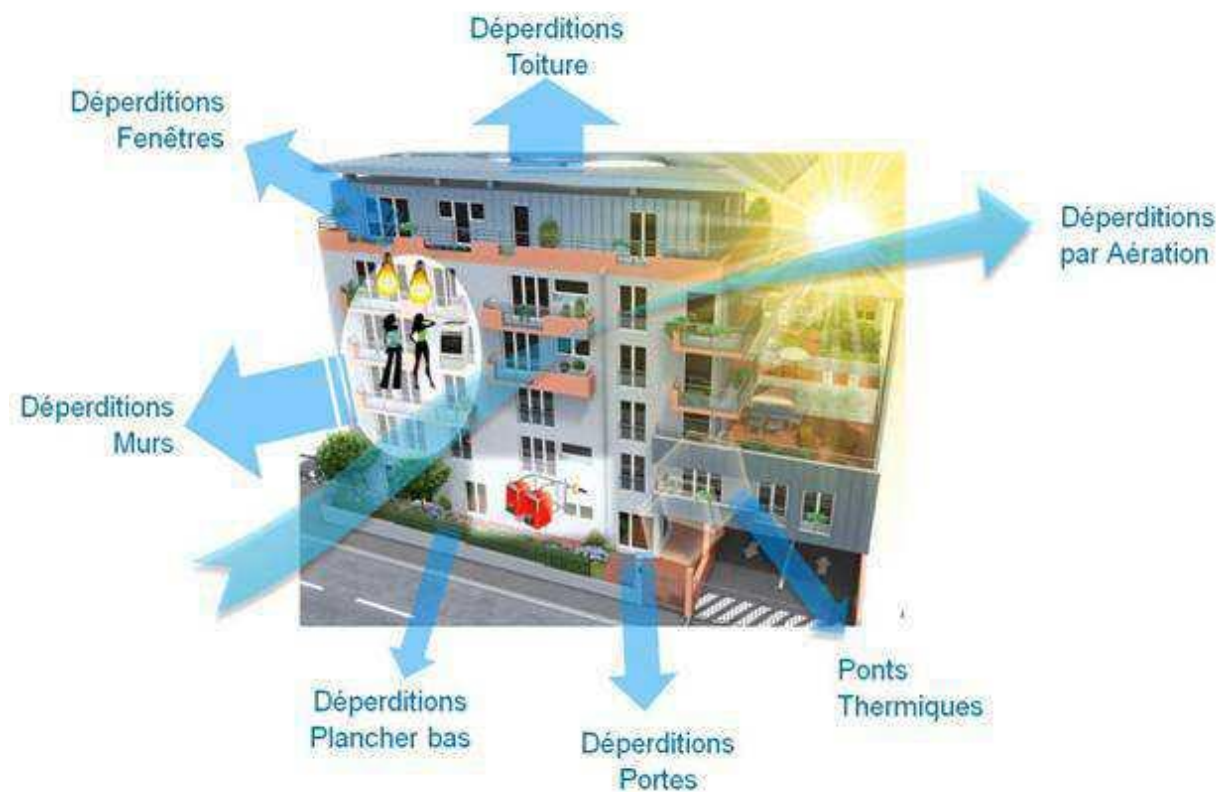
Lorsqu'une solution d'amélioration préconisée peut permettre la revente de Certificats d'Économie d'Énergie (CEE), l'estimation de la revente des CEE est basée sur le prix moyen actuel du marché défini par le cours EMMY. Celui-ci est fixé à 0,00628 € par kWh cumac.

Taux de TVA réduit à 5.5%

Dans le cadre de travaux de rénovation énergétique, le taux de TVA applicable passe à 5.5% sur lesdits travaux et les travaux induits.

2. Préconisations d'améliorations sur le bâtiment

La recherche de la performance énergétique de l'enveloppe du bâti n'est pas sans conséquence. La qualité de l'enveloppe du bâti et les consommations énergétiques dues au conditionnement d'ambiance (maintien de température, hygrométrie, renouvellement d'air, etc.) sont étroitement liées. Même en rénovation, des préconisations simples sur l'enveloppe peuvent contribuer à une amélioration de l'utilisation de l'énergie et faire réaliser des économies financières liées aux économies d'énergie.



Ensemble des déperditions thermiques du bâti

Le tableau ci-dessous permet de recenser toutes les solutions possibles d'amélioration sur la résidence étudiée :

Les préconisations suivantes permettent d'évaluer les gains énergétiques en fonction du type d'isolation appliqué. Les coûts d'investissement estimés ainsi que les temps de retour sur investissement sont présentés pour chaque type de parois.

FICHE TRAVAUX

Remplacement des menuiseries

Présentation de la solution



La totalité des vitrages de la résidence est en simple vitrage avec huisserie PVC.

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

Double vitrage vue en coupe

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
<ul style="list-style-type: none"> Amélioration du confort thermique et acoustique, Diminution de la consommation énergétique, Évite les risques de condensation sur le vitrage, Diminution des infiltrations d'air, Durée de vie très importante. 	<ul style="list-style-type: none"> Coût assez important

Données techniques, énergétiques et financières

Surface totale de menuiseries (m ²)	176	
Surface de menuiseries à remplacer (m ²)	176	
Coefficient thermique U _w des nouvelles menuiseries (W/m ² .K)	1,3	
Économies énergétiques (kWh _{ep} /m ² .an)	33,8	
Coût total de l'intervention (€HT)	123 000	
Revente des certificats d'économies d'énergie (CEE) (€)	1 500	
Investissement après revente des CEE (€ HT)	Total	Par logement
	121 000	5 775
Économies de charges annuelles (€/an)	2 900	137
Part d'économies sur la consommation actuelle	12 %	
Coût du kWh économisé (€/kWh)	2,9	

Rentabilité	+	Économies d'énergie	+	Amélioration du confort	+++
-------------	---	---------------------	---	-------------------------	-----

Mise en œuvre de la solution



AVIS DE L'EXPERT ET CONSEILS DE MISE EN ŒUVRE

- Le remplacement des ouvrants d'origine permet de réduire les déperditions par les vitrages et par les menuiseries, et également de diminuer les infiltrations d'air et d'eau au niveau des cadres. Cela permet donc de diminuer les consommations de chauffage, et d'améliorer le confort thermique des occupants, en particulier en hiver.
- Le remplacement des menuiseries peut être l'occasion de remplacer les volets d'origine par des volets roulants intégrés ou d'isoler les coffres des volets existants.
- 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 jointer 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.

Détails des aides et subventions

- ✓ Les menuiseries doivent avoir une certification CSTBat.



- ✓ L'entreprise qui fait les travaux doit être certifiée RGE.

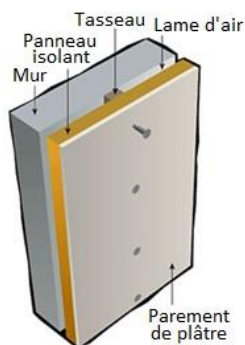


Certificats d'économie d'énergie (CEE)	
Condition d'éligibilité	$U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$ et $S_w \geq 0,3$ ou $U_w \leq 1,7 \text{ W/m}^2.\text{K}$ et $S_w \geq 0,36$
Quantification (MWh cumac)	238
Calcul du montant des CEE (€)	1 500

FICHE TRAVAUX

Isolation des murs extérieurs par l'intérieur

Présentation de la solution



Isolation intérieure

L'isolation des murs extérieurs par l'extérieur semble complexe à mettre en œuvre, au vu de sa situation (à proximité de sites classés), il est préconisé d'isoler les murs par l'intérieur. Cette technique d'isolation maintient une température homogène dans le bâtiment. Cette préconisation étudie le chiffrage d'un doublage en laine minérale doublée d'un parement de plâtre.

AVANTAGES

- Amélioration du confort thermique d'hiver,
- Diminution des bruits venant de l'extérieur,
- Diminution de la consommation énergétique,
- Évite les modifications extérieures de façades,
- Durée de vie importante.

INCONVÉNIENTS

- Réduction de l'espace habitable,
- Travaux en espaces inoccupés,
- Nécessité de reprendre les revêtements intérieurs,
- Nécessite le déplacement des prises et des interrupteurs.

Données techniques, énergétiques et financières

Surface des murs à isoler (m ²)	526	
Résistance thermique de l'isolant à installer (m ² .K/W)	3,7	
Épaisseur du complexe isolant (cm)	17,1	
Économies énergétiques (kWh _{ep} /m ² .an)	83,5	
Coût total de l'intervention (€HT)	67 000	
Revente des certificats d'économies d'énergie (CEE) (€)	2 900	
Investissement après revente des CEE (€ HT)	Total	Par logement
	65 000	3 073
Économies de charges annuelles (€/an)	7 100	340
Part d'économies sur la consommation actuelle	31 %	
Coût du kWh économisé (€/kWh)	0,64	

Rentabilité

++

Économies d'énergie

+++

Amélioration du confort

+++

Mise en œuvre de la solution



AVIS DE L'EXPERT ET CONSEILS SUR LA MISE EN OEUVRE

- La mise en œuvre d'une isolation thermique par l'intérieur consiste à utiliser un isolant dissimulé derrière des panneaux composites. Ces derniers sont constitués d'un panneau isolant (polystyrène, polyuréthane ou laine minérale) couvert de plâtre.
- La mise en œuvre d'un isolant intérieur impose le déplacement des équipements intérieurs.
- Le chiffrage des revêtements intérieurs n'est pas pris en compte.

Détails des aides et subventions

- ✓ Les isolants doivent avoir une certification ACERMI ou CSTBat.
- ✓ L'entreprise qui fait les travaux doit être certifiée RGE

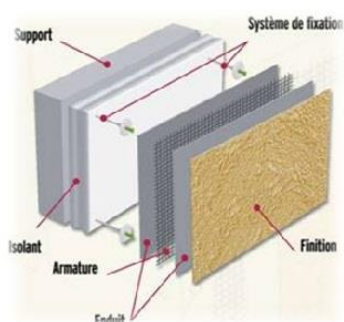


Certificats d'économie d'énergie (CEE)	
Condition d'éligibilité	$R \geq 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
Quantification (MWh cumac)	462,7
Calcul du montant des CEE (€)	2 900

FICHE TRAVAUX

Isolation des murs extérieurs

Présentation de la solution



Isolation thermique par l'extérieur

Il est recommandé de réaliser une isolation par l'extérieur plutôt qu'une isolation intérieure. En effet, l'isolation par l'extérieur donne de bien meilleurs résultats avec une réduction des ponts thermiques. Cette technique d'isolation maintient une température homogène dans le bâtiment et permet d'utiliser l'inertie thermique du bâtiment. Il est particulièrement intéressant de la réaliser en synergie avec un ravalement de façade. Cette préconisation prévoit un isolant en laine minérale. Cependant, étant donné la proximité du bâtiment avec des sites classés, il semble peu envisageable qu'une isolation par l'extérieur soit possible.

AVANTAGES

- Amélioration du confort en hiver,
- Diminution de la consommation énergétique,
- Conservation de l'inertie thermique des murs,
- Permet de rentabiliser un ravalement de façade,
- Supprime les ponts thermiques des planchers intermédiaires,
- Pas de réduction de la surface utile,
- Reprise du niveau d'étanchéité à l'air,
- Occupation possible pendant les travaux,
- Vaste choix de finitions

INCONVÉNIENTS

- Faire des retours d'isolant sur les tableaux des fenêtres risque d'avoir un impact sur les volets et protections solaires,
- Consulter les règles d'urbanisme et les architectes des bâtiments de France.

Données techniques, énergétiques et financières

Surface des murs à isoler (m²)	526	
Résistance thermique de l'isolant à installer (m².K/W)	3,7	
Épaisseur du complexe isolant (cm)	15	
Économies énergétiques (kWh _{ep} /m².an)	103	
Coût total de l'intervention (€HT)	269 000	
Revente des certificats d'économies d'énergie (CEE) (€)	2 900	
Investissement après revente des CEE (€ HT)	Total	Par logement
	266 000	12 683
Économies de charges annuelles (€/an)	8 800	418
Part d'économies sur la consommation actuelle	38 %	
Coût du kWh économisé (€/kWh)	2,1	
Temps de retour du surcoût de l'isolation avec prise en compte des aides (ans)	21	

Rentabilité

+

Économies d'énergie

+++

Amélioration du confort

+++

Mise en œuvre de la solution



AVIS DE L'EXPERT ET CONSEILS SUR LA MISE EN OEUVRE

- Attention, des précautions particulières doivent être prises en cas de présence d'isolation intérieure pour éviter les problèmes de condensation dans le mur.
- Il est possible de mettre en place un bardage pour un coût supérieur. Ces finitions assurent une large palette de revêtement et de formats qui continuent de s'étoffer en intégrant plus d'originalité, de décors et de couleurs. L'expression architecturale s'en trouve d'autant étendue qu'il est aujourd'hui possible de composer avec différents systèmes.
- Au même titre qu'un ravalement ou toute modification extérieure d'un bâtiment existant, une déclaration préalable de travaux (anciennement déclaration de travaux DT) est obligatoire pour la pose d'isolation par l'extérieur, d'après l'article R.421-17.a du Code de l'Urbanisme.
- Le fait d'isoler les murs par l'extérieur peut engendrer des coûts annexes pour parfaire le ravalement de façade qui ne concerne pas une amélioration énergétique (remplacement des gardes corps, des volets, remise en peintures de parois non déperditives ...)
- L'isolation thermique par l'extérieur peut amplifier les bruits venant de l'intérieur par une meilleure isolation acoustique vis-à-vis de l'extérieur.

Détails des aides et subventions

- ✓ Les isolants doivent avoir une certification ACERMI ou CSTBat.
- ✓ L'entreprise qui fait les travaux doit être certifiée RGE



Certificats d'économie d'énergie (CEE)

Condition d'éligibilité	$R \geq 3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
Quantification (MWh cumac)	462,7
Calcul du montant des CEE (€)	2 900

FICHE TRAVAUX

Isolation des combles perdus de la toiture

Présentation de la solution



Isolation par laine soufflée

La mise en place d'une isolation thermique au niveau du plancher des combles sous la toiture est relativement aisée à réaliser. De plus, elle permet des économies d'énergie significatives et une amélioration du confort en hiver comme en été avec une diminution des pics de température pour les locaux situés au dernier niveau.

AVANTAGES	INCONVÉNIENT
<ul style="list-style-type: none"> Amélioration du confort en hiver et en été pour le dernier niveau, Diminution de la consommation énergétique, Solution peu onéreuse et facile à mettre en œuvre. 	<ul style="list-style-type: none"> Eventuelle difficulté d'accessibilité des combles.

Données techniques, énergétiques et financières

Surface des murs à isoler (m²)	241	
Résistance thermique de l'isolant à installer (m².K/W)	7	
Économies énergétiques (kWh _{ep} /m².an)	29,7	
Coût total de l'intervention (€HT)	9 500	
Revente des certificats d'économies d'énergie (CEE) (€)	1 400	
Investissement après revente des CEE (€ HT)	Total	Par logement
	8 200	388
Économies de charges annuelles (€/an)	2 500	121
Part d'économies sur la consommation actuelle	11 %	
Coût du kWh économisé (€/kWh)	0,23	

Rentabilité	+++	Économies d'énergie	+	Amélioration du confort	+++
-------------	-----	---------------------	---	-------------------------	-----

Mise en œuvre de la solution



AVIS DE L'EXPERT ET CONSEILS SUR LA MISE EN OEUVRE

- La mise en œuvre est conseillée avec de la laine soufflée ou la pose de rouleaux de laine minérale.
- La préconisation comprend la dépose de l'isolant si présent et la mise en place d'un système qui maintient l'isolant en place à épaisseur égale.

Détails des aides et subventions

- ✓ Les isolants doivent avoir une certification ACERMI ou CSTBat.
- ✓ L'entreprise qui fait les travaux doit être certifiée RGE



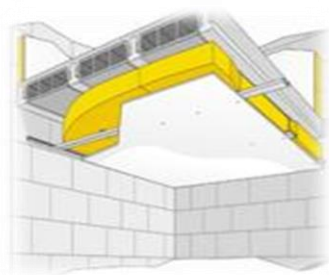
Certificats d'économie d'énergie (CEE)

Condition d'éligibilité	$R \geq 7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
Quantification (MWh cumac)	221,9
Calcul du montant des CEE (€)	1 400

FICHE TRAVAUX

Isolation du plancher bas

Présentation de la solution



Le plancher bas du bâtiment repose sur une zone non chauffée (garages et hall d'entrée). L'isolation des planchers bas en dessous de la dalle permet de ne pas modifier les sols en place et ne nécessite pas d'intervention en parties privatives. Ces travaux peuvent être réalisés par pose de panneaux (plus robuste, plus coûteux) ou par projection (si irrégularité / encombrement des surfaces à traiter).

Plancher isolé en sous-face de dalle

AVANTAGES	INCONVÉNIENTS
<ul style="list-style-type: none"> Amélioration du confort en hiver pour le 1^{er} niveau, Diminution de l'effet de plancher froid, Diminution de la consommation énergétique globale du bâtiment, Augmentation de l'inertie thermique. 	<ul style="list-style-type: none"> Diminution de la hauteur des caves et garages, S'assurer de l'accessibilité des composants techniques (réseaux électriques & hydrauliques,...) Déplacer les luminaires en sous-sol.

Données techniques, énergétiques et financières

Surface de plancher à isoler (m ²)	61,2	
Résistance thermique de l'isolant à installer (m ² .K/W)	3	
Épaisseur du complexe isolant (cm)	11	
Économies énergétiques (kWh _{ep} /m ² .an)	2,2	
Coût total de l'intervention (€HT)	3 700	
Revente des certificats d'économies d'énergie (CEE) (€)	227	
Investissement après revente des CEE (€ HT)	Total	Par logement
	3 500	165
Économies de charges annuelles (€/an)	191	9,1
Part d'économies sur la consommation actuelle	1 %	
Coût du kWh économisé (€/kWh)	1,3	

Rentabilité	+	Économies d'énergie	+	Amélioration du confort	++
-------------	---	---------------------	---	-------------------------	----

Mise en œuvre de la solution



AVIS DE L'EXPERT ET CONSEILS SUR LA MISE EN OEUVRE

- L'isolation au niveau des poutres devra être prévue pour éviter la création de ponts thermiques.
- Les composants techniques devront être accessibles (dépose et repose des réseaux d'électricité, accessibilité au niveau des vannes des réseaux de chauffage ou d'ECS, des ampoules).
- Cette préconisation prévoit la mise en place d'un flocage. Cette technique permet de projeter de l'isolant sur toute la surface malgré les irrégularités du plafond.
- L'entreprise devra effectuer la dépose de l'isolant actuel (si besoin) et sa mise en décharge.
- Cette préconisation ne prend pas en compte de finition.

Détails des aides et subventions

- ✓ Les isolants doivent avoir une certification ACERMI ou CSTBat.
- ✓ L'entreprise qui fait les travaux doit être certifiée RGE



Certificats d'économie d'énergie (CEE)

Condition d'éligibilité	$R \geq 3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
Quantification (MWh cumac)	36,1
Calcul du montant des CEE (€)	227

3. Préconisations d'améliorations sur les installations climatiques

FICHE TRAVAUX

Mise en place de ballons ECS thermodynamiques individuels en remplacement des ballons ECS électriques

Présentation de la solution



Mise en place de ballons ECS thermodynamiques

Le remplacement de la génération d'eau chaude sanitaire permet de bénéficier de technologies modernes ayant de très bons rendements. Le principe d'un système thermodynamique est de récupérer (calories) contenue dans l'air extérieur pour chauffer l'eau chaude sanitaire. Un tel système permet de passer d'un rendement avant travaux de 1 à un rendement compris entre 2,5 et 4,3.

Cependant, la mise en place d'un tel système demande d'effectuer des études plus poussées de faisabilité (dimensionnement, étude acoustique, etc.).

AVANTAGES

- Amélioration du rendement de production
- Diminution de la consommation énergétique globale

INCONVÉNIENTS

- Prévoir la dépose des générateurs actuels
- Nécessité d'effectuer des travaux annexes (électricité, mise aux normes, études complémentaires...)

Données techniques, énergétiques et financières

Économies énergétiques (kWh _{ep} /m ² .an)	31,5	
Coût total de l'intervention (€HT)	60 000	
Revente des certificats d'économies d'énergie (CEE) (€)	1 600	
Investissement après revente des CEE (€ HT)	Total	Par logement
	60 000	2 862
Économies de charges annuelles (€/an)	2 700	128
Part d'économies sur la consommation actuelle	12 %	
Coût du kWh économisé (€/kWh)	1,6	

Rentabilité

+

Économies d'énergie

+

Amélioration du confort

++

Détails des aides et subventions

- ✓ L'entreprise qui fait les travaux doit être certifiée RGE

RGE

Certificats d'économie d'énergie (CEE)	
Fiche CEE	BAR-TH-148
Quantification (MWh cumac)	250
Calcul du montant des CEE (€)	1 600

FICHE TRAVAUX

Mise en place de pompes à chaleur individuelles pour le chauffage

Présentation de la solution



Mise en place de pompes à chaleur individuelles pour le chauffage

Les logements sont équipés de radiateurs individuels électriques peu performants. Nous préconisons donc l'installation de pompes à chaleur air-air ayant de très bons rendements, afin de chauffer les logements.

AVANTAGES

- Amélioration du rendement de production
- Diminution de la consommation énergétique globale
- Amélioration du confort des occupants
- Facile d'utilisation et programmable

INCONVÉNIENTS

- Investissement important
- Travaux en parties privatives
- Nuisances sonores

Données techniques, énergétiques et financières

Économies énergétiques (kWh _{ep} /m ² .an)	157	
Coût total de l'intervention (€HT)	105 000	
Revente des certificats d'économies d'énergie (CEE) (€)	1 500	
Investissement après revente des CEE (€ HT)	Total	Par logement
	105 000	5 000
Économies de charges annuelles (€/an)	13 000	640
Part d'économies sur la consommation actuelle	58 %	
Coût du kWh économisé (€/kWh)	0,55	

Rentabilité

++

Économies d'énergie

+++

Amélioration du confort

++

Détails des aides et subventions

- ✓ L'entreprise qui fait les travaux doit être certifiée RGE

RGE

Certificats d'économie d'énergie (CEE)	
Fiche CEE	BAR-TH-129
Quantification (MWh cumac)	239,81
Calcul du montant des CEE (€)	1 500

4. Préconisations d'amélioration sur les équipements

FICHE TRAVAUX

Mise en place de ventilation mécanique hygro A

Présentation de la solution



Caisson d'extraction

La ventilation mécanique contrôlée permet d'assurer un renouvellement de l'air maîtrisé et constant.

Dans le cas d'une ventilation mécanique simple flux hygroréglable de type A, le débit d'air évacué par un caisson est régulé par les bouches d'extraction situées dans les pièces humides (WC, salle de bain, cuisine), en fonction de l'humidité.

La préconisation doit prendre en compte l'installation des caissons basse consommation et le remplacement des bouches d'extractions autoréglables par des bouches d'extraction hygroréglables en pièces humides, sur les conduits de ventilation existants.

Cette solution devra être précisée dans le cadre d'une phase d'avant-projet de maîtrise d'œuvre (y compris la comptabilité des entrées d'air présentes sur les menuiseries et la possibilité de réutiliser les conduits de ventilation existants).

Cette préconisation ne permet pas de réaliser des gains énergétiques, cependant elle participe grandement au confort des occupants.

AVANTAGES

- Amélioration de la qualité de l'air,
- Renouvellement de l'air contrôlé.
- Diminution des consommations électriques

INCONVÉNIENTS

- Entretien régulier,
- Coût d'installation relativement élevé.

Données techniques, énergétiques et financières

Économies énergétiques (kWh _{ep} /m ² .an)	-44	
Coût total de l'intervention (€HT)	42 000	
Revente des certificats d'économies d'énergie (CEE) (€)	1 500	
Investissement après revente des CEE (€ HT)	Total	Par logement
	41 000	1 935
Économies de charges annuelles (€/an)	-3 200	-150
Part d'économies sur la consommation actuelle	-16 %	

Délai de mise en œuvre de la solution	Synergies avec d'autres travaux
/	<ul style="list-style-type: none"> • Isolation des murs

Rentabilité

+++

Économies d'énergie

+

Amélioration du confort

++

Détails des aides et subventions

- ✓ L'entreprise qui fait les travaux doit être certifiée RGE

RGE

Certificats d'économie d'énergie (CEE)	
Condition d'éligibilité	BAR-TH-127
Quantification (MWh cumac)	239,8
Calcul du montant des CEE (€)	1 500

Économies d'eau

L'eau potable étant rare sur la planète, il convient de l'économiser.

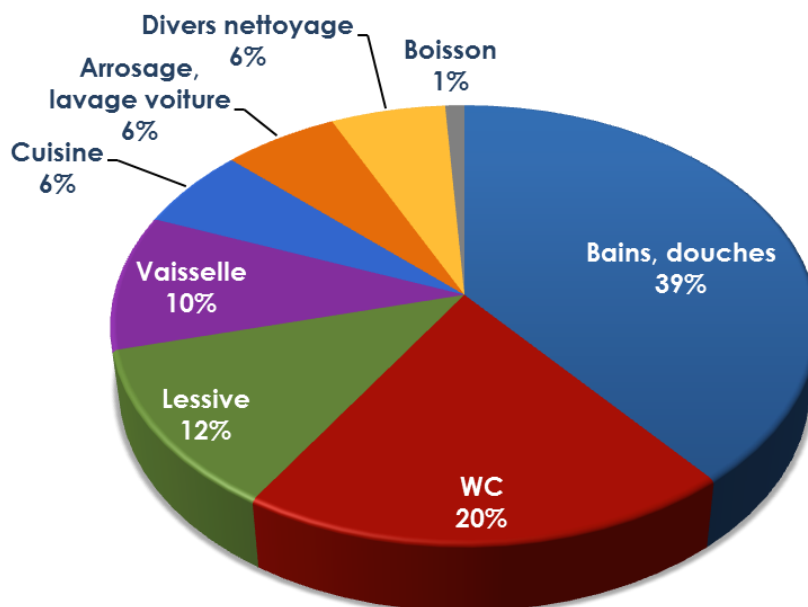
Il est préconisé d'équiper tous les robinets, douches et WC de matériels dits « économes » comme par exemple des mousseurs en sortie de robinetterie afin de réduire la consommation d'eau.

Une chasse d'eau à double débit consomme au choix 3 ou 6 litres d'eau (chasse d'eau classique : 9 litres). Elle permet une économie annuelle de 30 à 40 m³ pour une famille de 4 personnes.

D'un coût modique, moins de 60 € par logement, l'installation simple et rapide d'économiseurs pour robinets, douche et WC apporte une solution économique et écologique. Ces systèmes permettent 100 € d'économie de charges annuelles par personne soit 500 € pour une famille de 5 personnes.

En France, chaque habitant consomme en moyenn par jour 200 litres d'eau (chaude et froide).



- Douche : 30 à 80 litres,
- Bain : 150 à 200 litres,
- Lave-vaisselle : 4 à 25 litres,
- Lve-linge : 70 à 120 litres,
- Chasse d'eau : 10 litres,
- Lavage d'une voiture : 200 litres.



Consommation 'eau des ménages : part de chaque usage (Source : ADEME)

IX. SYNTHÈSE DES PROPOSITIONS D'AMÉLIORATION

1. Récapitulatif des améliorations préconisées

RECAPITULATIF DES AMELIORATIONS PRECONISEES					
POSTE	DESCRIPTION DE LA SOLUTION	PHOTOS	Coût de la solution (€ TTC)		T.R.I ⁵ Brut (années)
			Avant aides	Après aides ⁶	
Menuiseries	Remplacement des menuiseries par du double vitrage		123 000	121 000	36
Murs	Isolation thermique par l'intérieur (ITI)		67 000	65 000	10
Murs	Isolation thermique par l'extérieur (ITE)		269 000	266 000	27
Toiture	Mise en place d'une isolation thermique au niveau des combles en toiture		9 500	8 200	4
Plancher bas	Mise en place d'une isolation thermique du plancher bas		3 700	3 500	18
EQUIPEMENTS	Mise en place de ventilation mécanique hygro A		42 000	41 000	/
THERMIQUE	Mise en place de ballons ECS thermodynamiques		60 000	59 000	21
THERMIQUE	Mise en place de pompes à chaleur individuelles pour le chauffage		105 000	104 000	8

⁵ Temps de retour sur investissement brut déduit des aides

⁶ Les aides prennent en compte les crédits d'impôt et les CEE

X. SCENARIOS D'AMELIORATIONS ET PLAN DE TRAVAUX PLURIANNUELS

Les tableaux récapitulatifs suivants présentent les différents scénarios d'amélioration énergétique basés sur les préconisations d'amélioration proposées.

Les coûts présentés prennent en compte les montants des travaux énergétiques pour obtenir les gains annoncés. Ils ne prennent pas en compte les potentielles complications, points singuliers ou travaux complémentaires liés à des caractéristiques spécifiques du bâtiment dont nous n'avons pas pris connaissance au niveau de l'audit ou à des demandes complémentaires d'améliorations dans le cadre de ces travaux.

Nous rappelons que les économies d'énergie réalisées par la mise en place de plusieurs solutions simultanément ne pourraient être la somme des économies de chaque solution. En effet, changer au moins deux compositions d'un bâtiment (isolation des murs, de la toiture, des fenêtres) va en modifier l'inertie thermique globale et donc son équilibre thermique.

L'ensemble des valeurs dans les tableaux de chaque scénario correspond aux résultats de simulation thermique dynamique basée sur un fichier météo horaire qui a été corrigé du climat. Cela signifie que les gains énergétiques, les nouvelles consommations après travaux ainsi que les économies financières sont calculées sur la rigueur climatique moyenne trentenaire de la station météo de Marignane.

En effet, réaliser ces calculs à partir d'un fichier météo horaire d'une année particulière ne serait pas représentatif car les résultats obtenus dépendraient de la rigueur de l'hiver de l'année utilisée.



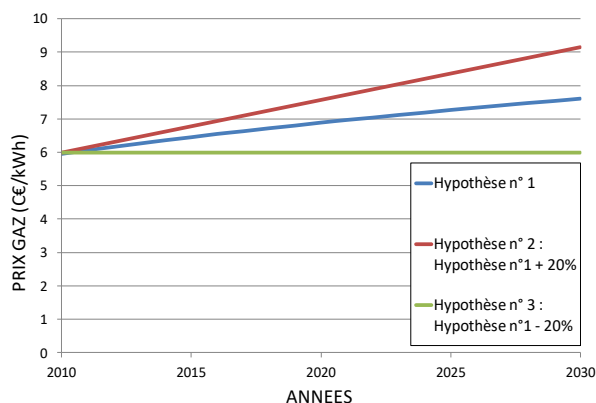
Combinaison de travaux – Mise en garde

- Lorsqu'un scénario prévoit l'isolation thermique par l'extérieur et le remplacement des menuiseries, il est conseillé de remplacer les menuiseries AVANT de réaliser l'isolation thermique. Le remplacement des volets est souvent lié à ces travaux.

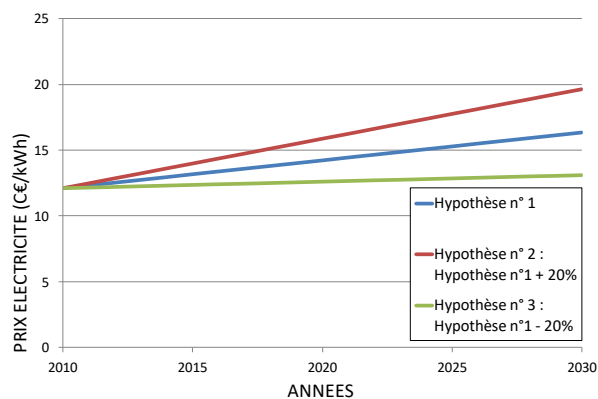
Les valeurs obtenues dans les bilans énergétiques et d'empreinte climatique correspondent aux résultats du calcul réglementaire (RTE, règles TH-CEx).

L'ADEME propose, dans le cahier des charges de l'audit énergétique des bâtiments, des hypothèses d'évolution du prix de l'énergie sur la période 2010 – 2030.

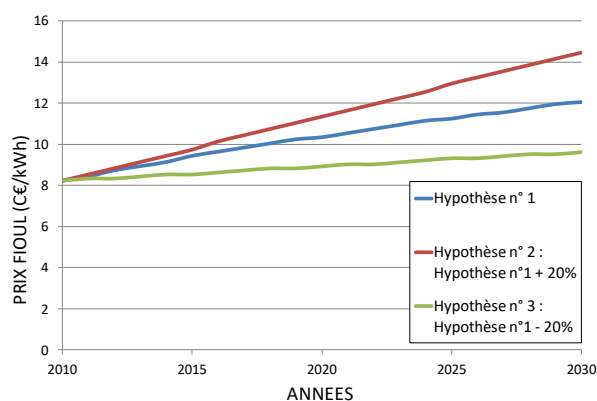
Ces hypothèses correspondent aux résultats d'une extrapolation des prévisions de prix du pétrole de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) concernant les prix des différentes énergies en France aux horizons 2020 et 2030.



Hypothèses d'évolution du prix du gaz en France (ADEME)



Hypothèses d'évolution du prix de l'électricité en France (ADEME)



Hypothèses d'évolution du prix du fioul en France (ADEME)

Les scénarios d'amélioration présentés intègrent chacun les trois hypothèses d'évolution des prix de l'énergie de façon à donner une visibilité au maître d'ouvrage sur les économies financières.

2. Scénario 1

a. Détail des solutions retenues

PLAN "INVESTISSEMENTS LIMITES"			
ANNÉES	POSTES D'INTERVENTION	AMÉLIORATIONS	INVESTISSEMENTS (€ HT)
2024	Bâtiment	Mise en place d'une isolation thermique au niveau des combles en toiture	9 500
2025	Bâtiment	Mise en place d'une isolation thermique du plancher bas	3 700
TOTAL			13 000

b. Investissements

PLAN "INVESTISSEMENTS LIMITES"					
Investissement total (€ HT)	Revente CEE (€)	Investissement déduit de la revente des CEE (€ HT)	Investissement moyen par logement (€ HT)	Coût du kWh économisé (€HT)	T.R.I brut (années)
13 000	1 000	12 000	553	0,27	5

L'investissement moyen par lot est donné à titre indicatif et correspond au coût total du scénario, divisé par le nombre total de lots chauffés de la résidence.

c. Gains énergétiques et financiers

PLAN "INVESTISSEMENTS LIMITES"							
Nouvelles consommations énergétiques (kWh _{EP} /an)	Économies d'énergies (kWh _{EP} /an)	Économies de CO ₂ (tCO ₂ /an)	Économies moyennes réalisées sur les 20 prochaines années (€ TTC/an)				Économies financières au prix actuel sur 20 ans
			Au prix actuel	Suivant hypothèse 1	Suivant hypothèse 2	Suivant hypothèse 3	
239 100	42 340	3	2 820	3 210	3 290	3 130	56 350

d. Calculs réglementaires

Les consommations théoriques du bâtiment par poste d'utilisation sont reprises dans le tableau ci-dessous et sont comparées aux résultats du calcul réglementaire (RTex, règles TH-CEex).

Les valeurs des auxiliaires, de l'éclairage et de la ventilation sont les valeurs du calcul réglementaire dans les deux cas.

Unité : kWh _{EP} /m ² _{SHON} .an	Cep	Chauffage	ECS	Auxiliaires	Éclairage	Ventilation
Calcul réglementaire	251	166	78,6	0	6,5	0
Calcul thermique dynamique	247	186	53,7	0	6,5	0

Les résultats ci-dessous sont ceux du calcul réglementaire :

Bilan énergétique du scénario « Plan "Investissements limités" »



Bilan empreinte climatique du scénario « Plan "Investissements limités" »



La flèche verte représente l'état du bâtiment après travaux. La flèche rouge reproduit l'état initial. Elle est absente car masquée par la verte.

1. Scénario 2

a. Détail des solutions retenues

PLAN "INTERMEDIAIRE OPTIMAL"			
ANNÉES	POSTES D'INTERVENTION	AMÉLIORATIONS	INVESTISSEMENTS (€ HT)
2024	Bâtiment	Mise en place d'une isolation thermique au niveau des combles en toiture	9 500
2025	Bâtiment	Mise en place d'une isolation thermique du plancher bas	3 700
2026	Bâtiment	Remplacement des menuiseries par du double vitrage	123 000
TOTAL			136 000

b. Investissements

PLAN "INTERMEDIAIRE OPTIMAL"					
Investissement total (€ HT)	Revente CEE (€)	Investissement déduit de la revente des CEE (€ HT)	Investissement moyen par logement (€ HT)	Coût du kWh économisé (€HT)	T.R.I brut (années)
136 000	3 000	133 000	6 328	1,5	20

L'investissement moyen par lot est donné à titre indicatif et correspond au coût total du scénario, divisé par le nombre total de lots chauffés de la résidence.

c. Gains énergétiques et financiers

PLAN "INTERMEDIAIRE OPTIMAL"							
Nouvelles consommations énergétiques (kWh _{EP} /an)	Économies d'énergies (kWh _{EP} /an)	Économies de CO ₂ (tCO ₂ /an)	Économies moyennes réalisées sur les 20 prochaines années (€ TTC/an)				Économies financières au prix actuel sur 20 ans
			Au prix actuel	Suivant hypothèse 1	Suivant hypothèse 2	Suivant hypothèse 3	
195 530	85 910	6	5 720	6 510	6 680	6 340	114 330

d. Calculs réglementaires

Les consommations théoriques du bâtiment par poste d'utilisation sont reprises dans le tableau ci-dessous et sont comparées aux résultats du calcul réglementaire (RTex, règles TH-CEex).

Les valeurs des auxiliaires, de l'éclairage et de la ventilation sont les valeurs du calcul réglementaire dans les deux cas.

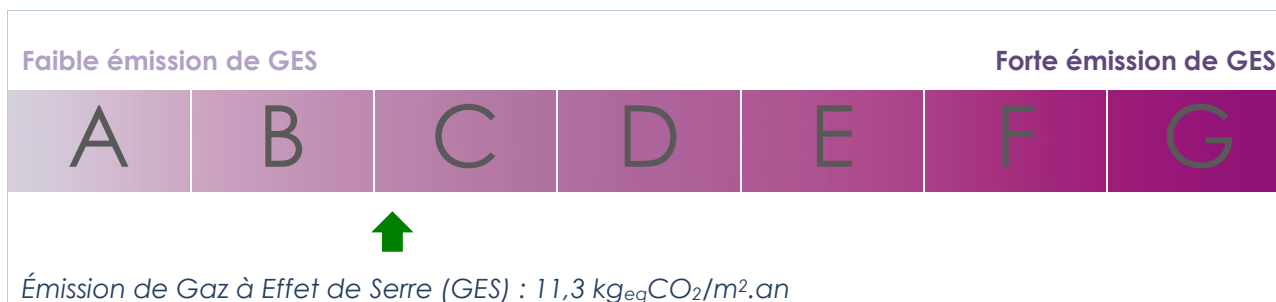
Unité : kWh _{EP} /m ² SHON.an	Cep	Chauffage	ECS	Auxiliaires	Éclairage	Ventilation
Calcul réglementaire	227	142	78,6	0	6,7	0
Calcul thermique dynamique	213	152	53,7	0	6,7	0

Les résultats ci-dessous sont ceux du calcul réglementaire :

Bilan énergétique du scénario « Plan "Intermédiaire optimal" »



Bilan empreinte climatique du scénario « Plan "Intermédiaire optimal" »



La flèche verte représente l'état du bâtiment après travaux. La flèche rouge reproduit l'état initial. Elle est absente car masquée par la verte.

2. Scénario 3

a. Détail des solutions retenues

PLAN "OPTIMAL ACCEO"			
ANNÉES	POSTES D'INTERVENTION	AMÉLIORATIONS	INVESTISSEMENTS (€ HT)
2024	Bâtiment	Mise en place d'une isolation thermique au niveau des combles en toiture	9 500
2024	Bâtiment	Mise en place d'une isolation thermique du plancher bas	3 700
2025	Bâtiment	Remplacement des menuiseries par du double vitrage	123 000
2025	Bâtiment	Isolation thermique par l'intérieur (ITI)	67 000
2025	Equipements	Mise en place de ventilation mécanique hygro A	42 000
TOTAL			245 000

b. Investissements

PLAN "OPTIMAL ACCEO"					
Investissement total (€ HT)	Revente CEE (€)	Investissement déduit de la revente des CEE (€ HT)	Investissement moyen par logement (€ HT)	Coût du kWh économisé (€HT)	T.R.I brut (années)
245 000	7 000	238 000	11 337	1,8	22

L'investissement moyen par lot est donné à titre indicatif et correspond au coût total du scénario, divisé par le nombre total de lots chauffés de la résidence.

c. Gains énergétiques et financiers

PLAN "OPTIMAL ACCEO"							
Nouvelles consommations énergétiques (kWh _{EP} /an)	Économies d'énergies (kWh _{EP} /an)	Économies de CO ₂ (tCO ₂ /an)	Économies moyennes réalisées sur les 20 prochaines années (€ TTC/an)				Économies financières au prix actuel sur 20 ans
			Au prix actuel	Suivant hypothèse 1	Suivant hypothèse 2	Suivant hypothèse 3	
146 770	134 670	9,8	9 560	10 890	11 180	10 610	191 230

d. Calculs réglementaires

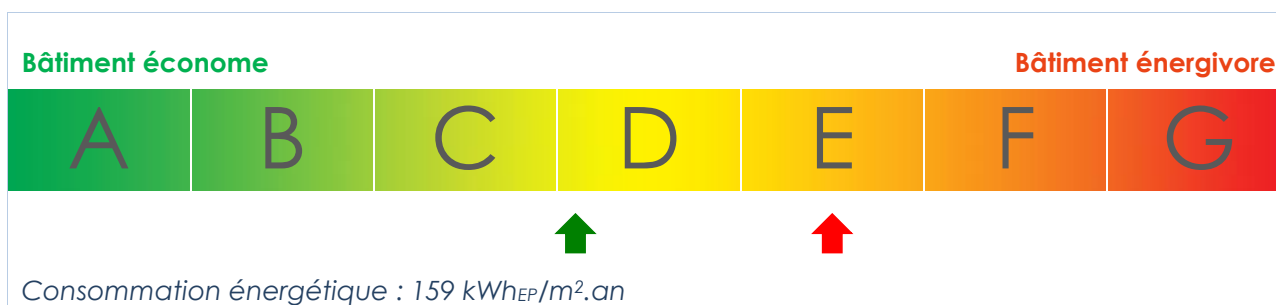
Les consommations théoriques du bâtiment par poste d'utilisation sont reprises dans le tableau ci-dessous et sont comparées aux résultats du calcul réglementaire (RTex, règles TH-CEex).

Les valeurs des auxiliaires, de l'éclairage et de la ventilation sont les valeurs du calcul réglementaire dans les deux cas.

Unité : kWh _{EP} /m ² SHON.an	Cep	Chauffage	ECS	Auxiliaires	Éclairage	Ventilation
Calcul réglementaire	159	67,1	78,6	0	6,7	7
Calcul thermique dynamique	175	107	53,7	0	6,7	7

Les résultats ci-dessous sont ceux du calcul réglementaire :

Bilan énergétique du scénario « Plan "Optimal ACCEO" »



Bilan empreinte climatique du scénario « Plan "Optimal ACCEO" »



La flèche verte représente l'état du bâtiment après travaux. La flèche rouge reproduit l'état initial.

3. Scénario 4

a. Détail des solutions retenues

PLAN "HAUTE PERFORMANCE"			
ANNÉES	POSTES D'INTERVENTION	AMÉLIORATIONS	INVESTISSEMENTS (€ HT)
2024	Bâtiment	Mise en place d'une isolation thermique au niveau des combles en toiture	9 500
2024	Bâtiment	Mise en place d'une isolation thermique du plancher bas	3 700
2025	Bâtiment	Remplacement des menuiseries par du double vitrage	123 000
2025	Bâtiment	Isolation thermique par l'intérieur (ITI)	67 000
2025	Equipements	Mise en place de ventilation mécanique hygro A	42 000
2026	Thermique	Remplacement des radiateurs électriques par des pompes à chaleur individuelles pour le chauffage	105 000
TOTAL			350 000

b. Investissements

PLAN "HAUTE PERFORMANCE"					
Investissement total (€ HT)	Revente CEE (€)	Investissement déduit de la revente des CEE (€ HT)	Investissement moyen par logement (€ HT)	Coût du kWh économisé (€HT)	T.R.I brut (années)
350 000	7 000	343 000	16 337	1,5	19

L'investissement moyen par lot est donné à titre indicatif et correspond au coût total du scénario, divisé par le nombre total de lots chauffés de la résidence.

c. Gains énergétiques et financiers

PLAN "HAUTE PERFORMANCE"							
Nouvelles consommations énergétiques (kWh _{EP} /an)	Économies d'énergies (kWh _{EP} /an)	Économies de CO ₂ (tCO ₂ /an)	Économies moyennes réalisées sur les 20 prochaines années (€ TTC/an)				Économies financières au prix actuel sur 20 ans
			Au prix actuel	Suivant hypothèse 1	Suivant hypothèse 2	Suivant hypothèse 3	
54 940	226 500	16,2	15 670	17 850	18 320	17 380	313 430

d. Calculs réglementaires

Les consommations théoriques du bâtiment par poste d'utilisation sont reprises dans le tableau ci-dessous et sont comparées aux résultats du calcul réglementaire (RTex, règles TH-CEex).

Les valeurs des auxiliaires, de l'éclairage et de la ventilation sont les valeurs du calcul réglementaire dans les deux cas.

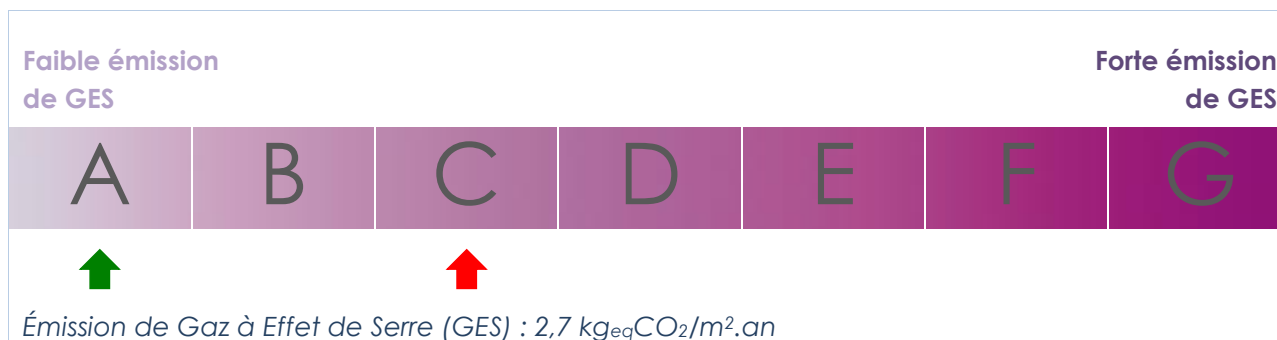
Unité : kWh _{EP} /m ² _{SHON} .an	Cep	Chauffage	ECS	Auxiliaires	Éclairage	Ventilation
Calcul réglementaire	110	13	78,6	1,1	6,7	10,9
Calcul thermique dynamique	108	35,8	53,7	1,1	6,7	10,9

Les résultats ci-dessous sont ceux du calcul réglementaire :

Bilan énergétique du scénario « Plan "Haute performance" »



Bilan empreinte climatique du scénario « Plan "Haute performance" »



La flèche verte représente l'état du bâtiment après travaux. La flèche rouge reproduit l'état initial.

4. Scénario 5

a. Détail des solutions retenues

PLAN "GAIN MAXIMUM"			
ANNÉES	POSTES D'INTERVENTION	AMÉLIORATIONS	INVESTISSEMENTS (€ HT)
2024	Bâtiment	Mise en place d'une isolation thermique au niveau des combles en toiture	9 500
2024	Bâtiment	Mise en place d'une isolation thermique du plancher bas	3 700
2025	Bâtiment	Remplacement des menuiseries par du double vitrage	123 000
2025	Bâtiment	Isolation thermique par l'intérieur (ITI)	67 000
2025	Equipements	Mise en place de ventilation mécanique hygro A	42 000
2026	Thermique	Remplacement des radiateurs électriques par des pompes à chaleur individuelles pour le chauffage	100 000
2026	Thermique	Remplacement des ballons électriques d'eau chaude par ballons thermodynamiques individuels	60 000
TOTAL			410 000

PLAN "GAIN MAXIMUM"					
Investissement total (€ HT)	Revente CEE (€)	Investissement déduit de la revente des CEE (€ HT)	Investissement moyen par logement (€ HT)	Coût du kWh économisé (€HT)	T.R.I brut (années)
410 000	7 000	403 000	19 199	1,5	20

L'investissement moyen par lot est donné à titre indicatif et correspond au coût total du scénario, divisé par le nombre total de lots chauffés de la résidence.

b. Gains énergétiques et financiers

PLAN "GAIN MAXIMUM"							
Nouvelles consommations énergétiques (kWh _{EP} /an)	Économies d'énergies (kWh _{EP} /an)	Économies de CO ₂ (tCO ₂ /an)	Économies moyennes réalisées sur les 20 prochaines années (€ TTC/an)				Économies financières au prix actuel sur 20 ans
			Au prix actuel	Suivant hypothèse 1	Suivant hypothèse 2	Suivant hypothèse 3	
54 940	264 070	16,2	18 170	20 690	21 250	20 160	363 430

c. Calculs réglementaires

Les consommations théoriques du bâtiment par poste d'utilisation sont reprises dans le tableau ci-dessous et sont comparées aux résultats du calcul réglementaire (RTex, règles TH-CEex).

Les valeurs des auxiliaires, de l'éclairage et de la ventilation sont les valeurs du calcul réglementaire dans les deux cas.

Unité : kWh _{EP} /m ² SHON.an	Cep	Chauffage	ECS	Auxiliaires	Éclairage	Ventilation
Calcul réglementaire	70,4	12,9	38,8	1,1	6,7	10,9
Calcul thermique dynamique	78,9	35,8	24,4	1,1	6,7	10,9

Les résultats ci-dessous sont ceux du calcul réglementaire :

Bilan énergétique du scénario « Plan "Gain maximum" »



Bilan empreinte climatique du scénario « Plan "Gain maximum" »

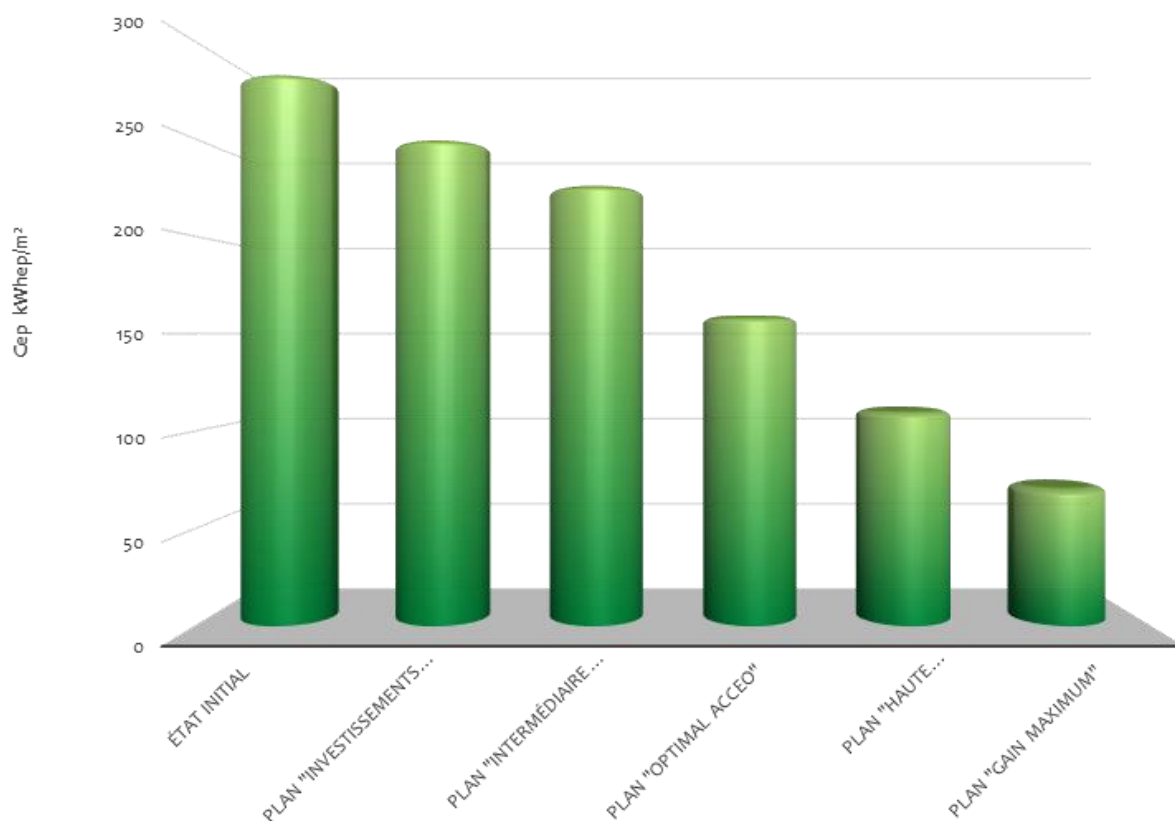


La flèche verte représente l'état du bâtiment après travaux. La flèche rouge reproduit l'état initial.

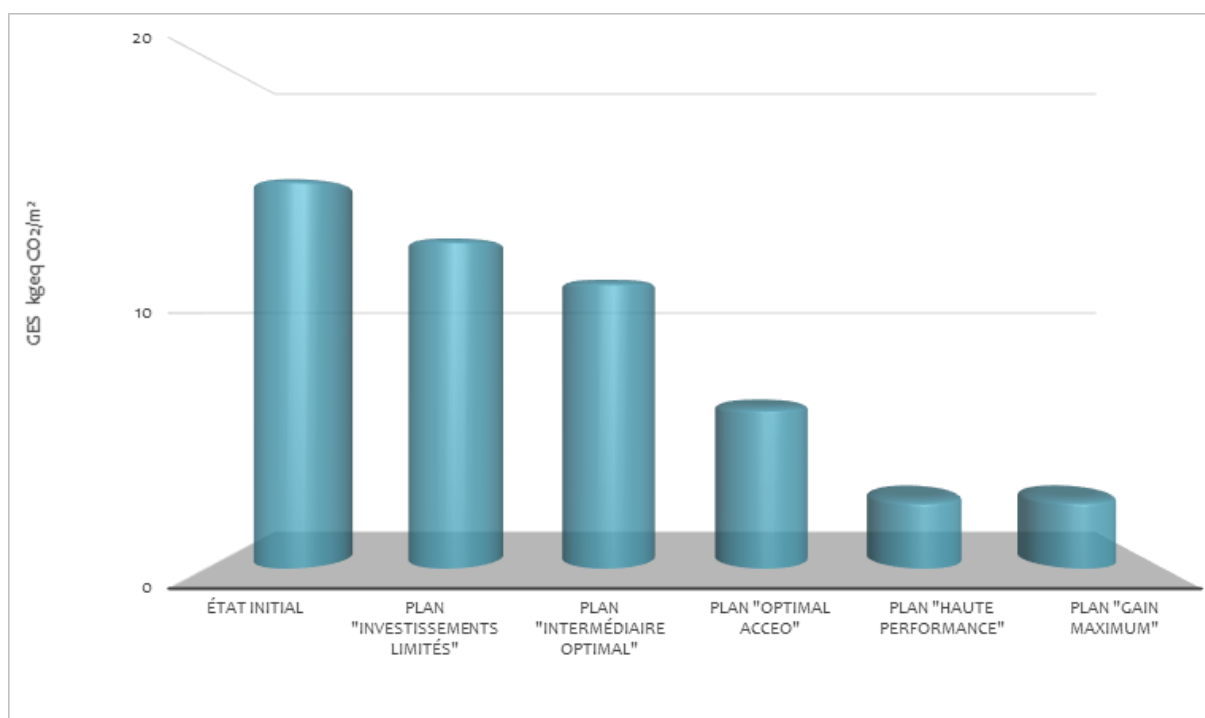
5. Récapitulatif des différents scénarios

	PLAN "INVESTISSEMENTS LIMITES"	PLAN "INTERMEDIAIRE OPTIMAL"	PLAN "OPTIMAL ACCEO"	PLAN "HAUTE PERFORMANCE"	PLAN "GAIN MAXIMUM"
Améliorations étudiées					
Mise en place d'une isolation thermique du plancher bas	✓	✓	✓	✓	✓
Mise en place d'une isolation thermique au niveau des combles en toiture	✓	✓	✓	✓	✓
Remplacement des menuiseries par du double vitrage		✓	✓	✓	✓
Isolation thermique par l'intérieur (ITI)			✓	✓	✓
Mise en place de ventilation mécanique hygro A			✓	✓	✓
Remplacement des radiateurs électriques par des pompes à chaleur individuelles pour le chauffage				✓	✓
Remplacement des ballons électriques d'eau chaude par ballons thermodynamiques individuels					✓
Bilan financier des plans de travaux					
Investissement travaux (€ HT)	13 000	136 000	245 000	350 000	410 000
Investissement déduit des aides (€ HT)	12 000	133 000	238 000	343 000	403 000
Coût moyen / logement (€ HT)	553	6 300	11 000	16 000	19 000
Gain énergétique (kWh _{EP} / an)	42 000	86 000	135 000	226 000	264 000
Gain énergétique (en %)	12,1	24,5	38,4	64,7	75,4
Gain énergétique avec le calcul réglementaire (en %)	11,9	20,1	43,9	61,2	75,2
Gain financier (€ TTC / an)	2 800	5 700	9 600	16 000	18 000
Temps de retour (années)	5	20	22	19	20

a. Comparatif énergétique et GES des scénarios de travaux

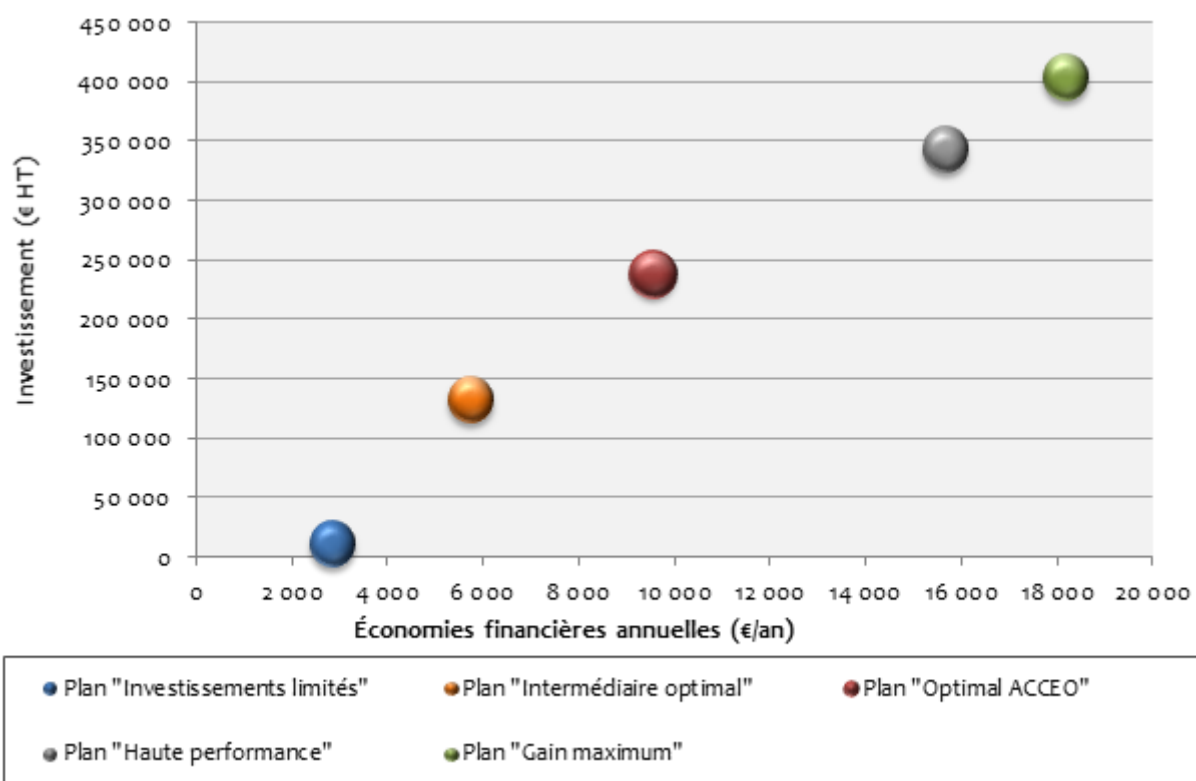


Bilan énergétique du site en fonction de chaque scénario



Bilan de l'empreinte climatique du site en fonction de chaque scénario

b. Comparatif économique des scénarios



Rentabilité économique de chaque scénario

Ce graphique permet de comparer l'économie financière annuelle de chaque scénario en fonction de l'investissement initial pour réaliser les travaux.

Le scénario le plus rentable correspond à celui étant à la fois le plus bas et le plus à droite possible dans le graphique.

XI. ÉTUDE DU CONFORT D'ÉTÉ

1. Principe et objectif de l'étude

Le confort thermique, d'été ou d'hiver, dépend à la fois de la température de l'air, et de la température des parois environnantes.

La combinaison de ces deux températures est appelée température résultante, et correspond à la température réellement ressentie par les occupants.

Par exemple, dans un logement où la température de l'air intérieur est de 19°C (température de confort des occupants en hiver) et où les parois sont à 16°C, la température résultante (ou ressentie) se situera aux alentours de 17°C, par conséquent les occupants ont froid.

Pour prendre en compte ces « effets de parois froides » en hiver, transposables en « effets de parois chaudes » en été, il faut alors observer la température résultante dans les logements.

Le logiciel de Simulation Thermique Dynamique Pléiade-Comfie, calcule toutes les températures en température résultante, permettant ainsi de quantifier précisément le confort thermique.

Concernant le confort thermique d'été, la température de confort, d'après la norme ISO 7730, se situe aux alentours de 26°C. La température de 28°C est considérée comme une température d'inconfort thermique.

Ainsi, le nombre d'heures de dépassement de 27°C, 28°C et 29°C sont observées de manière à quantifier, par paliers, l'inconfort thermique dans les logements :

- de 27°C à 28°C : inconfort léger
- de 28°C à 29°C : inconfort
- Supérieur à 29°C : fort inconfort

La différence de température entre l'intérieur et l'extérieur peut également être source d'inconfort, en effet, lorsqu'il fait 34°C à l'extérieur et 26°C à l'intérieur, le fait de rentrer dans une pièce à 26°C peut créer une source d'inconfort.

La zone thermique du site la plus défavorable a été déterminée via les résultats de la simulation thermique dynamique.

Les résultats issus des Simulations Thermiques Dynamiques, réalisées pour l'état initial et les 5 scénarios d'amélioration, seront analysés selon 4 critères :

- Le nombre d'heures de dépassement du seuil de confort pour des températures de 27°C, 28°C et 29°C,
- Les besoins énergétiques de rafraîchissement (climatisation) pour respecter le seuil de 26°C,

Le but de cette étude est d'anticiper le comportement thermique estival du site et d'évaluer l'impact des scénarios de rénovation énergétique sur le confort des occupants.

En rénovation, étant donné la configuration du site, la seule solution passive de rafraîchissement envisageable est la surventilation nocturne.

La surventilation nocturne consiste à introduire par ouverture des fenêtres d'importants débits d'air extérieur pendant la nuit, lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure. Cela permet l'évacuation de la chaleur accumulée dans les bâtiments pendant la journée, et donc la réduction de la température intérieure dans les logements grâce à l'inertie thermique des parois.

Le débit de renouvellement d'air, dû à la surventilation nocturne par ouverture des fenêtres, a été estimé à 2 vol/h.

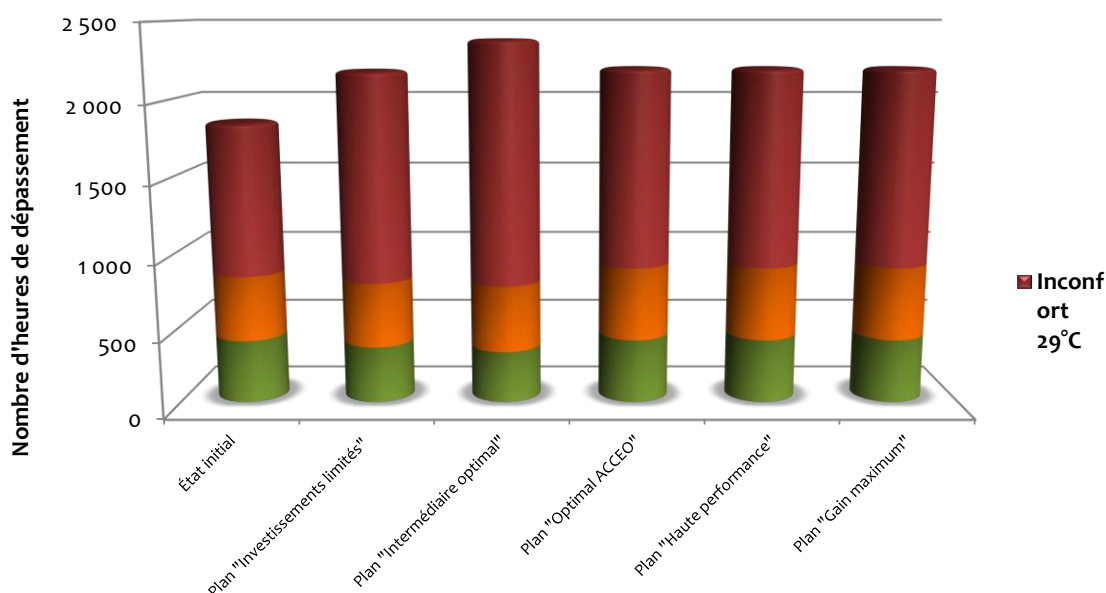
Ce débit a été pris en compte dans toutes les simulations sur la plage horaire de 21h à 7h.

2. Résultats et analyses du nombre d'heures d'inconfort

La simulation du confort d'été a été réalisée sur la résidence Tourette.

La zone thermique du site la plus défavorable, ayant la température intérieure la plus importante en période estivale, correspond à la zone Toit_Tourette_Ouest.

Les graphiques ci-dessous représentent le nombre d'heures d'inconfort annuel pour une température seuil de 27°C, 28°C et 29°C à l'état initial du site et pour chaque scénario de rénovation.



Étude du confort d'été avec prise en compte de la surventilation nocturne

VALEURS CARACTERISTIQUES DU CONFORT D'ETE POUR LA ZONE THERMIQUE ETUDIEE				
Situations	T max (°C)	Nombre d'heures où T ≥ 27°C	Nombre d'heures où T ≥ 28°C	Nombre d'heures où T ≥ 29°C
État initial	29	1 900	1 400	1 000
Scénario : Plan "Investissements limités"	29	2 200	1 800	1 400
Scénario : Plan "Intermédiaire optimal"	29	2 400	2 000	1 600
Scénario : Plan "Optimal ACCEO"	29	2 200	1 800	1 300
Scénario : Plan "Haute performance"	29	2 200	1 800	1 300
Scénario : Plan "Gain maximum"	29	2 200	1 800	1 300

3. Bilan sur le confort thermique

L'enquête réalisée sur site démontre que 100 % des personnes interrogées ouvrent les fenêtres de leur logement en été et adopte une occultation variable selon la présence de soleil ou non.

On constate sur les différents scénarios proposés que plus on améliore l'enveloppe, plus le nombre d'heures d'inconfort augmente. Cela s'explique par le fait que les travaux d'amélioration de l'enveloppe vont augmenter l'inertie du bâtiment et donc réduire la rapidité d'évacuation de la chaleur en fin de journée.

On remarque aussi que le scénario donnant le plus d'inconfort thermique en été n'est pas le scénario « Optimal ACCEO », mais le plan « Intermédiaire optimal ».

En effet, ce plan comporte une isolation assez importante de l'enveloppe (combles, plancher bas et menuiseries), sans dispositif de renouvellement d'air, qui permettrait d'évacuer l'air chaud et de ventiler le logement.

Pour ne pas nuire au confort des occupants, il sera nécessaire de fermer les volets en été pour limiter les apports directs et ouvrir les fenêtres en soirée pour aider à l'évacuation de la chaleur.

XII. CONCLUSION

L'audit énergétique réalisé sur la résidence Tourette a permis d'identifier les principaux postes de déperditions énergétiques du bâtiment et de proposer des travaux qui permettraient de réduire les consommations du site.

L'étude réalisée a permis d'identifier les principaux postes de déperditions du bâtiment et de concevoir des solutions d'améliorations énergétiques efficaces et adaptées à la résidence.

Bilan initial

Construction et travaux réalisés

Le bâtiment a été construit à Marseille dans les années 1950. Il a donc été conçu **avant la première réglementation thermique française**. Par conséquent, le niveau d'isolation thermique était très faible à l'origine.

Depuis sa construction, le bâtiment n'a subi que très peu d'améliorations énergétiques du bâti.

Type de chauffage

Le chauffage et l'eau chaude sanitaire des logements sont assurés par équipements individuels électriques (radiateurs et ballons d'eau chaude).

Travaux conseillés

Remplacement de menuiseries

Les menuiseries du bâtiment sont quasi exclusivement en PVC simple vitrage, peu performant énergétiquement.

Il est conseillé de remplacer ces fenêtres et portes fenêtres. Ces travaux permettent de réduire les pertes de chaleur par les vitres, mais également de limiter les infiltrations d'air au niveau des cadres. C'est un gain de confort très important pour les résidents, non seulement en hiver mais aussi en été. Les conditions de confort seront plus homogènes dans tous les appartements.

C'est également un moyen d'améliorer l'isolation acoustique des appartements vis-à-vis des bruits extérieurs.

Isolation des planchers

Enfin, nous conseillons d'améliorer l'isolation thermique au niveau des planchers bas de la résidence : le plafond du hall d'entrée ainsi que les plafonds des garages du rez-de-chaussée. Ces travaux permettent de réduire les pertes de chaleur au niveau de ces parois, et d'améliorer le confort thermique des appartements situés au-dessus de ces planchers.

Isolation des murs

Les murs extérieurs et les ponts thermiques représentent d'importantes pertes de chaleur.

L'isolation thermique par l'extérieur semble compromise, étant donné la proximité du bâtiment avec des sites classés, ainsi que la valeur architecturale du bâtiment en lui-même.

Ainsi, nous avons étudié une solution d'isolation par l'intérieur des murs, qui permettrait de diminuer les pertes thermiques par les murs, et d'améliorer le confort des occupants.

Isolation des combles

Une isolation des combles est très intéressante, étant donné que ces derniers ne sont pas isolés. Ce sont des travaux relativement peu coûteux à mettre en œuvre, et qui permettront d'améliorer le confort des occupants, principalement ceux situés au dernier niveau.

Mise en place de pompes à chaleur air-air

Les logements de l'immeuble sont chauffés par des radiateurs électriques, peu efficaces énergétiquement. Nous préconisons donc l'installation de pompes à chaleur air-air, reliées à des ventilo-convecteurs dans chaque pièce principale des logements.

Ces travaux seront possiblement soumis à une autorisation, car elles viendront modifier l'aspect extérieur des façades, et peuvent provoquer des nuisances sonores.

Rénovation de la production d'eau chaude sanitaire

La production d'eau chaude sanitaire est réalisée via des ballons électriques, elle est donc couteuse et fortement énergivore.

Nous préconisons ici le remplacement des ballons électriques actuels par des systèmes thermodynamiques, permettant de profiter de rendements de production bien plus élevés.

De tels travaux nécessitent en revanche des études supplémentaires de faisabilité.

Ventilation

La ventilation du bâtiment se fait naturellement : le renouvellement d'air des logements dépend donc des conditions atmosphériques et peut fortement varier. Il arrive donc que les débits extraits soient insuffisants, fortement inférieurs aux minimas réglementaires. Pour assurer des débits de renouvellement d'air suffisants et garantir la qualité de l'air intérieur, nous suggérons d'installer une ventilation mécanique contrôlée couplée à des bouches d'extraction hygroréglables. Cette solution n'engendrera pas d'économies d'énergie, cependant elle participera grandement au confort des occupants et nous semble ainsi primordiale.

Si une réhabilitation globale des façades est envisagée, il conviendra d'étudier attentivement la ventilation pour s'assurer que l'on assure un renouvellement d'air suffisant dans les logements après travaux. Le système de ventilation actuel du bâtiment ne permet pas de maîtriser les débits de renouvellement d'air.

Conclusion

Le scénario conseillé est donc le plan Optimal ACCEO, qui permet de réduire les consommations énergétiques globales, d'améliorer le confort des résidents et de valoriser la résidence Tourette.

XIII. ABREVIATIONS ET DEFINITIONS

λ

Conductivité thermique (W/m.K), caractérise l'aptitude d'un matériau à conduire la chaleur. Plus λ est élevé, plus le matériau conduit la chaleur. À l'inverse, plus le coefficient λ est petit, plus le matériau est isolant.

ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)

Établissement public à caractère industriel et commercial, sous tutelle du MEEDDM (voir définition du Ministère du Développement Durable). Il a pour but de soutenir (financièrement, techniquement, sous forme de conseils et d'expertise...) les opérations ayant trait à la protection de l'environnement (maîtrise de l'eau, des paysages et des risques exclus) et à la maîtrise de l'énergie. Notons la présence de délégations régionales.

Agenda 21

Plan d'action adopté par 173 chefs d'État lors du sommet de Rio, pour faire appliquer le développement durable au sein des collectivités. Il s'agit de recommandations où il est suggéré aux collectivités territoriales de s'engager dans le développement durable au travers d'un programme d'action à l'échelle locale : l'Agenda 21 local. Leur mise en place concrète est surveillée en France par le Comité 21.

BBC (Bâtiment de Basse Consommation énergétique)

Norme officielle française (créée en 2007) conçue pour l'attribution du label de Haute Performance Énergétique. Elle fixe les consommations énergétiques (concernant le chauffage de l'eau et de l'air, climatisation, ventilation et éclairage) par surface, en tenant compte de la situation géographique du bâtiment ainsi que de la nature des travaux réalisés

Le Label BBC-effinergie répond aux exigences réglementaires du label BBC qui est repris par le Grenelle comme étant l'objectif 2012 pour les bâtiments neufs de 50 kWh/m²/an (à moduler selon la zone climatique et l'altitude) ;

Il existe un label spécifique concernant la rénovation du bâtiment : BBC-rénovation dont le plafond des consommations est fixé à 80 kWh/m²/an.

Bilan carbone™

Un bilan carbone™ dresse une comptabilité des émissions de carbone par secteur d'activité, par entreprise, par habitant, par pays...

L'unité utilisée est la tonne de CO₂, car c'est principalement sous forme de CO₂ que les activités humaines émettent du carbone.

Calorifugeage

Isolation des tuyaux d'eau chaude ou de chauffage permettant d'éviter les pertes d'énergie entre la chaudière et les points de distribution de chaleur.

CEE (Certificat d'Economie d'Energie)

Un Certificat d'Économie d'Énergie (auss appelé certificat blanc) est une mesure politique nationale qui permet d'encourager les économies d'énergie. Le principe est d'obliger certains acteurs (les obligés) à réaliser des économies d'énergie, et encourager les autres acteurs (les non-obligés) par l'obtention d'un certificat. Les obligés peuvent soit réaliser eux-mêmes les mesures d'économie d'énergie, soit acheter des certificats aux non-obligés, soit payer une surtaxe à l'état.

Chaque kWh cumac d'énergie économisé donne droit à un certificat qui peut être revendu par les copropriétaires à des « obligés » (fournisseurs d'énergie). Le nombre de kWh cumac économisés est calculé à partir des fiches d'opérations standardisées fournies par le ministère de l'écologie, du développement durable, des transports et du logement.

Cep

Coefficient de consommation conventionnelle d'énergie primaire.

Il s'agit de la consommation calculée selon les règles de la méthode Th-C-E existant, sur la base de scénarios d'occupation et de température conventionnels. Elle est exprimée en kWh d'énergie primaire par m² de surface de référence et par an. Elle est calculée pour les cinq postes réglementaires : chauffage, eau chaude sanitaire, auxiliaires, ventilation et éclairage.

COP (Coefficient Of Performance)

Signe anglais désignant le rendement d'un système énergétique. Le COP est souvent utilisé en thermique du bâtiment pour les appareils de climatisation réversible dans leur usage « chauffage ». Puisque le COP est en général utilisé pour des pompes à chaleur, la valeur dépasse souvent 1 (le rendement dépasse 100%) et **correspond au rapport de l'énergie utile et de l'énergie consommée**.

DJ (Degrés Jour)

Pour un lieu donné, le Degré Jour est une valeur représentative de l'écart entre la température d'une journée donnée et un seuil de température préétabli (température de référence).

Le nombre de DJ est donc calculé en faisant la différence entre une température de référence (en général fixée à 18°C) et la moyenne des températures minimales et maximales du jour en question.

DJU (Degrés Jour Unifié)

Le DJU est la somme des DJ par jour, par mois et par année.

On utilise les degrés-jours-unifiés pour calculer les consommations de chauffage d'une année sur l'autre, ce qui permet de connaître le degré de sévérité d'un hiver dans un lieu donné.

Double-flux (ventilation)

Système de ventilation mécanique dans lequel la chaleur de l'air extrait du bâtiment est récupérée pour préchauffer l'air entrant. Les systèmes de ventilation double-flux offrent de nombreux avantages sur les systèmes classiques : économie d'énergie, confort acoustique, qualité de l'air, etc.

DPE (Diagnostic de Performance Energétique)

Étude de la consommation énergétique (chauffages et climatisation) d'un bâtiment (logement ou tertiaire), traduisant la qualité de son isolation. Ce type d'étude doit obligatoirement être présenté (depuis 2007) lors de toute transaction concernant un bien immobilier (vente et location).

ECS (Eau Chaude Sanitaire)

Eau potable utilisée au quotidien aussi bien pour la toilette que pour la cuisine ou les besoins ménagers. La production d'eau chaude sanitaire peut être indépendante ou liée au chauffage.

ENR (Energies Renouvelables)

Une énergie renouvelable est une énergie exploitée par l'Homme, de telle manière que ses réserves ne s'épuisent pas. En d'autres termes, sa vitesse de formation doit être plus grande que sa vitesse d'utilisation. Les principales énergies renouvelables : énergie solaire, énergie éolienne, énergie hydraulique, biomasse, énergie géothermique.

EP (Energie primaire)

Ensemble des produits énergétiques non transformés, exploités directement ou importés tels que le pétrole brut, gaz naturel, biomasse, énergie solaire et nucléaire...

Facteur 4

Objectif de diviser par 4 les émissions de Gaz à Effet de Serre en 2050 par rapport au niveau de 1990. Cet engagement écologique de la France a été entériné par le Grenelle de l'Environnement.

Fluocompacts

Les éclairages fluocompacts produisent de la lumière grâce à un gaz fluorescent contenu dans l'ampoule, selon le même principe que les "tubes néon". Ils ne contiennent pas de filament.

GES (Gaz à effet de serre)

Il s'agit des gaz présents dans l'atmosphère terrestre, qui absorbent le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre et contribuent ainsi à l'effet de serre. Les principaux gaz à effet de serre sont la vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, le méthane, le protoxyde d'azote et l'ozone.

Les combustions permettant de produire de la chaleur génèrent des émissions de gaz à effet de serre. Ces émissions sont généralement exprimées dans une unité de masse d'équivalent CO₂ (dioxyde de carbone).

Grenelle de l'Environnement

Rencontres politiques ayant eu lieu en France en 2007 dans le but d'élaborer une stratégie à long terme en matière de développement durable. Les engagements pris se sont traduits par leur formulation au sein de la loi d'orientation Grenelle 1, puis leur programmation par la loi Grenelle 2.

HQE (Haute Qualité Environnementale)

Ensemble d'objectifs de qualité sur la construction ou la rénovation de bâtiments, faisant l'objet d'un brevet de la part de l'Association HQE® et pouvant se traduire par une certification « NF Ouvrage Démarche HQE® ». Les 14 cibles de la démarche concernent le confort, la santé, la gestion des consommations (eau et énergie) et des déchets ou encore le choix des matériaux constituant le bâtiment.

kW

Unité de puissance. 1 kW est égal à 1000 Watts. Le Watt correspond à la quantité d'énergie consommée ou produite par unité de temps par un appareil.

kWc (kW crête)

Unité de mesure de la puissance crête délivrée par un module photovoltaïque sous un ensoleillement optimum de 1 000W/m² à 25°C (les performances étant fonction de la température).

kWh (kilowattheure)

Unité de mesure d'énergie. Un kWh correspond à l'énergie consommée par un appareil d'une puissance d'un kW (1000 Watts) qui a fonctionné pendant une heure.

kWh cumac

kilowattheure cumulé actualisé. Il s'agit de kWh économisés durant la durée de vie conventionnelle fixée d'un équipement. Cette grandeur est utilisée pour le calcul des CEE.

LM

Laine minérale (laine de roche ou laine de verre)

PAC

Une pompe à chaleur (PAC) est un dispositif thermodynamique permettant de transférer la chaleur du milieu le plus froid vers le milieu le plus chaud (et donc de le chauffer), alors que, naturellement, la chaleur se diffuse du plus chaud vers le plus froid jusqu'à l'égalité des températures. Le réfrigérateur est le système de PAC le plus connu. Le climatiseur est un autre système de PAC courant. Mais le terme de « pompe à chaleur » s'est surtout diffusé pour désigner la pompe à chaleur géothermique ou la pompe à chaleur air-eau.

PCI / PCS : Pouvoir Calorifique Inférieur et Pouvoir Calorifique Supérieur

Une combustion génère de l'eau à l'état de vapeur. Lorsqu'on exprime la quantité de chaleur dégagée par la combustion en kWh PCS, on considère que la vapeur d'eau générée a été condensée, en dégageant une quantité de chaleur supplémentaire (la chaleur latente de condensation). En exprimant la quantité de chaleur en kWh PCI, on ne prend pas en compte cette chaleur latente de condensation.

La quantité de chaleur exprimée en kWh PCS est donc toujours supérieure à celle exprimée en kWh PCI. Pour le gaz naturel, le coefficient permettant de passer de kWh PCI à kWh PCS est de 1,11.

PSE

Polystyrène Expandé. Isolant utilisé pour isoler les parois opaques (murs, toitures, plancher bas)

PUR

Polyuréthane. Isolant utilisé pour isoler les parois opaques (murs, toitures, plancher bas).

R

Résistance thermique (exprimée en $K.m^2/W$). Représente l'aptitude d'un élément à s'opposer au transfert thermique. Plus le R d'une paroi est élevé, plus cette paroi est isolante.

RGE

Reconnu Garant de l'Environnement (ou parfois Reconnu Grenelle de l'Environnement) : label attribué à une entreprise par un organisme de qualification. Ce label est un signe de qualité vis-à-vis de la réalisation de travaux d'économie d'énergie. L'entreprise doit répondre à diverses exigences administratives et techniques pour pouvoir obtenir ce label.

Ce dispositif est reconnu par l'État : le recours à une entreprise RGE est requis pour l'obtention de certaines aides publiques délivrées pour la réalisation de travaux d'économie d'énergie.

RT 2012 (Réglementation thermique)

Réglementation française qui fixe la limite maximale de consommation d'énergie primaire que doit respecter tout bâtiment neuf, au niveau du chauffage (air et eau), de la climatisation et de l'éclairage. La réglementation actuellement en vigueur est la RT 2005, qui fixe la limite maximale à une moyenne de 110kWh/m²/an (avant la correction par le coefficient de rigueur climatique). La RT 2012, qui doit participer à l'atteinte de l'objectif facteur 4, prévoit de réduire cette consommation à 50kWh/m²/an.

SHAB

Surface habitable (en m²)

T.E.P (Tonne Equivalent Pétrole)

Unité de mesure de l'énergie utilisée par les économistes de l'énergie pour comparer les énergies entre elles. C'est l'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole moyen, ce qui représente environ 11 600 kWh.

TH-C-E ex

Méthode de calcul thermique réglementaire pour les bâtiments existants (Réglementation Thermique Existant de la RT 2005).

U

Coefficient de transfert thermique (exprimé en $W/m^2.K$). C'est l'inverse de la résistance thermique R.
 $U = 1/R$.

VMC (Ventilation mécanique contrôlée)

Dispositif permettant la circulation d'air dans un logement par l'extraction de l'air vicié dans les pièces techniques (cuisines, sanitaires) et injection d'air neuf dans les pièces de séjour. Différents types de ventilation sont disponibles, soit à simple flux (extraction mécanique, entrée d'air par ouvertures), soit à double flux (extraction et injection d'air mécanique).