



VELUX®

Rénovation d'une maison à Morangis

ANNEXE – Rapport détaillé : simulation énergétique dynamique

VELUX – LIVING PLACES - RENOVATION

SOMMAIRE

CONTEXTE DE L'ETUDE.....	4
A. ETAT DES LIEUX DU BATIMENT	5
1. FICHE D'IDENTITE DU SITE	6
2. VISITE DU SITE ET ANALYSE DES PIECES TECHNIQUES.....	6
2.1. DESCRIPTION DU BATIMENT	6
2.1.1. Parois opaques.....	6
2.1.2. Parois vitrées	7
2.1.3. Production énergétique.....	8
2.1.3.1. Chauffage : Chaudière	8
2.1.4. Emission.....	8
2.1.4.1. Radiateurs à eau	8
2.2. VENTILATION.....	9
2.3. ECLAIRAGE	9
B. MODELISATION SED.....	10
1. METHODOLOGIE	11
2. LOGICIEL UTILISE	11
3. MODELISATION GEOMETRIQUE.....	12
4. MODELISATION ENERGETIQUE	13
4.1. CONDITIONS METEOROLOGIQUES DE REFERENCE.....	14
4.2. ANALYSE DES CONSOMMATIONS FACTUREES	15
4.2.1. Consommation annuelle de Gaz (Chauffage).....	15
4.2.2. Consommation annuelle d'électricité.....	15
4.3. CALIBRATION DU MODELE SED.....	16
5. ANALYSE DPE AVANT TRAVAUX	18
C. ACTIONS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE	19
1. DEFINITION DES APE	20

2.	MODÉLISATION DU PROJET APRÈS TRAVAUX	21
3.	GAINS ENERGETIQUES DES DIFFERENTES APE	21
4.	GAINS ENERGETIQUES DES SCENARIOS.....	22
4.1.	Scénario retenu	24
5.	ANALYSE DPE APRES TRAVAUX	24
D.	CONCLUSIONS ET SYNTHESE DE L'ETUDE	26

CONTEXTE DE L'ETUDE

ARTELIA intervient dans le cadre de la réhabilitation d'une maison appartenant au privé situé à 18 Rue Jules Hardouin Mansart 91420 MORANGIS.

Il s'agit de réaliser un état des lieux de l'existant, de déterminer les priorités et de proposer plusieurs solutions pour définir les orientations stratégiques sur les travaux à réaliser en identifiant leur coût d'investissement et de fonctionnement.

Une visite de site a été réalisée par ARTELIA le 28/01/2025 afin d'analyser les données du bâtiment et de dresser une proposition chiffrée de programmes d'économie d'énergie.

Cette présente étude de Simulation Energétique Dynamique (SED) s'inscrit dans la continuité de l'audit énergétique, avec les objectifs suivants :

- Analyse du rapport d'audit à la suite d'une visite du site
- Vérification de la pertinence des solutions évoquées à travers l'audit énergétique et fiabiliser les gains énergétiques via la simulation numérique,
- Proposition de solutions énergétiques complémentaires si justifiées,
- Convergence vers la proposition d'un scénario énergétique pertinent au regard de l'investissement déployé.



A. ETAT DES LIEUX DU BATIMENT



1. FICHE D'IDENTITE DU SITE

Tableau 1- Fiche identité

Fiche d'identité du site	
Nom de l'actif	Morangis
Adresse	18 Rue Jules Hardouin Mansart 91420 MORANGIS
Surface	78,81 m ²
Année de construction	1948 - 1974
Type d'établissement	Maison Individuelle
Niveaux en superstructure	R1 + Comble
Types d'énergies consommées sur site	Gaz / Electricité
Production énergétique (chauffage et ECS)	Chaudière murale gaz naturel basse température
Apport d'air neuf	Ventilation naturelle VMC SF Auto réglable dans le WC et SDB
Terminaux	Radiateurs acier
Eclairage	Ampoules LED (100%)

2. VISITE DU SITE ET ANALYSE DES PIECES TECHNIQUES

2.1. DESCRIPTION DU BATIMENT

2.1.1. Parois opaques

Tableau 2- Description des parois opaques

Surface concernée	Composition	Résistance Thermique (m ² .K/W)	Visuel	Performance
Mur extérieur	Bloc béton (parpaings) Sans isolation rapportée	0.43		●
Plancher bas	Structure béton ou terre-cuite sans isolation	2.33	/	●
Combles	Structure bois Isolation faible de 50 mm âgée de plus de 10 ans	2.72		●

Performance thermique	Toiture et combles	Murs	Plancher bas
Bonne	$R \geq 7$	$R \geq 4,5$	$R \geq 3$
Passable	$4,5 < R < 7$	$3,7 < R < 4,5$	$2,5 < R < 3$
Mauvais	$R \leq 4,5$	$R \leq 3,7$	$R \leq 2,5$

Valeurs de références :

Les niveaux d'infiltration retenus pour l'étude sont les suivants :

Tableau 3 : Niveaux d'infiltrations d'air retenus

Espace concerné	Infiltration d'air (vol/h)
Bâtiment	1,7

Cette valeur a été retenue compte tenu de l'état dégradé de l'enveloppe du bâtiment.

Préconisations ARTELIA :

La performance des éléments constructifs opaques de la maison est globalement mauvaise.
Une isolation des parois verticales et toiture sera priorisée.

2.1.2. Parois vitrées

Tableau 4- Description des parois vitrées

Surface concernée	Uw (W/m².k)	TLg	Fg	Protection solaire	Visuel	Performance
Menuiseries Extérieures (Double vitrage)	2,4	80	70	Store Ext		
Valeurs de références :						
Performance thermique					Uw Parois Vitrées	
Bonne					Uw<= 1	
Passable					1,2<Uw<1	
Mauvais					Uw>=1,2	

Préconisations ARTELIA :

Les menuiseries sont en double vitrage et sont assez déperditifs. Il pourrait être intéressant de les remplacer par des menuiseries plus performantes afin d'améliorer le confort thermique et acoustique des occupants.

2.1.3. Production énergétique

2.1.3.1. Chauffage : Chaudière

La production calorifique est réalisée par une chaudière qui se trouve dans la cuisine (elle assure le chauffage et ECS).



Figure 1 : Chaudière à Gaz

Préconisations ARTELIA :

La chaudière date de 2016, donc 9 ans, nous préconisons de mettre en place un nouveau système de production de chauffage plus efficace, exemple d’une PAC qui permet un meilleur rendement énergétique, une facture énergétique réduite, moins d’émissions de CO₂ et une durée de vie plus longue et entretien plus simple.

2.1.4. Emission

2.1.4.1. Radiateurs à eau

La maison est chauffée via des radiateurs à eau. Les radiateurs à eau installés ne sont pas optimisés en termes de régulation thermique, car ils ne sont pas équipés de robinets thermostatiques. En l'absence de ces dispositifs, il est impossible d'ajuster automatiquement le débit d'eau chaude en fonction de la température ambiante, ce qui entraîne une consommation énergétique plus élevée et un confort thermique moins précis.

Tableau 5 : Caractéristiques Radiateur

Type d'équipement	Radiateur à eau
Année d'installation	NC
Marques et modèles	NC
Type de régulation	Rien
Niveau de vétusté de l'installation	Vétuste
Performance énergétique du système	● Passable

Cuisine	Séjour	Entrée	Chambre

Figure 2 : Radiateurs à eau

Préconisations ARTELIA :

L'ajout de robinets thermostatiques permettrait d'améliorer la régulation pièce par pièce, de limiter les surchauffes et de réaliser des économies d'énergie significatives.

2.2. VENTILATION

La salle de bain et WC du R+1 bénéficie d'une Ventilation Mécanique Contrôlée (VMC) mais ne fonctionne pas correctement, ce qui impacte le renouvellement de l'air et l'évacuation de l'humidité. On constate que l'extraction de l'air vicié est insuffisante, ce qui entraîne une accumulation d'humidité, favorisant la condensation et le risque de moisissures sur les parois.

La grille d'aération dans la cuisine est supprimée.

La ventilation est naturelle dans le reste de la maison (entrée d'air à travers les menuiseries).

Cuisine	SDB	Moississures
		

Préconisations ARTELIA :

La mise en place d'une VMI (Ventilation Mécanique par Insufflation) peut s'avérer être une alternative intéressante à la VMC, surtout dans les logements anciens mal ventilés. Elle assure un air plus sain, une meilleure gestion de l'humidité et un confort thermique amélioré, notamment grâce à son système d'insufflation d'air préchauffé. Cependant, son efficacité dépend de l'étanchéité du bâtiment et de la circulation de l'air dans les pièces.

2.3. ECLAIRAGE

Tableau 6 : Caractéristiques des éclairages présents sur sites

Espace concerné	Type d'éclairage	Type de commande	Puissance lumineuse	Evaluation
Toutes les zones	LED	Interrupteur	2 W/m ²	● Bon

Détails :

- Nombre moyen de luminaires : 20.
- Puissance moyenne par luminaire : 7 W (LED).
- Utilisation quotidienne moyenne : 5 heures.

B. MODELISATION SED



1. METHODOLOGIE

Une SED se réalise en plusieurs étapes :

1. Modélisation du bâtiment à partir des plans et données constructives (isolation, vitrage...) et définition du zonage du bâtiment par typologie d'usage : chambres, circulations,
2. Chaque typologie d'usage sera définie par des horaires de fonctionnement, des taux d'occupation, des équipements techniques caractérisés par leurs puissances, leurs régulations....
3. Définition d'un fichier météo au pas de temps horaire sur une année comprenant des données telles que les températures, l'humidité de l'air, l'ensoleillement direct et diffus, la vitesse du vent ...
4. Lancement des premières simulations
5. Itérations afin d'affiner le modèle et/ou le calibrer avec les factures énergétiques

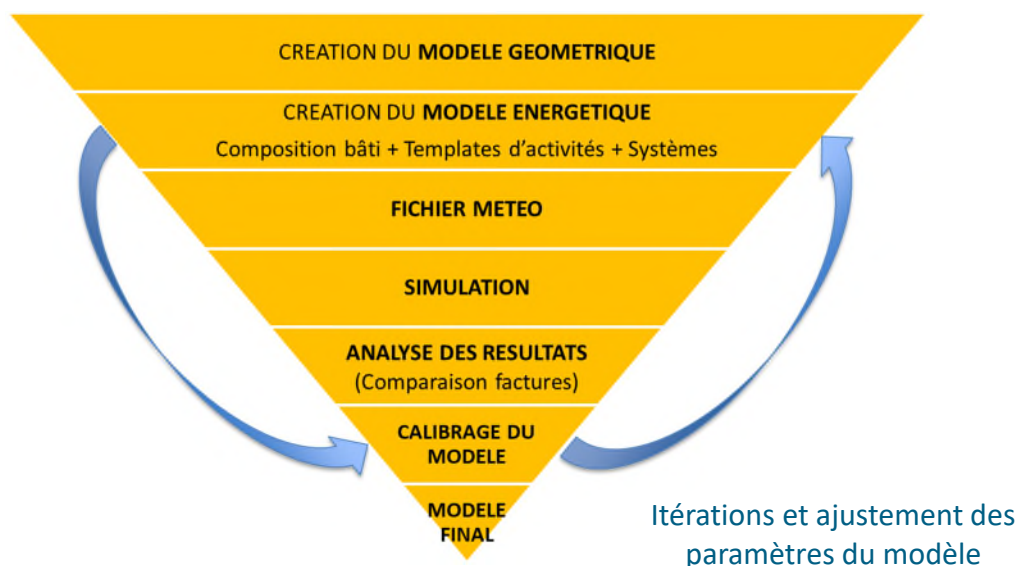


Figure 3 : Etapes de réalisation d'une SED

2. LOGICIEL UTILISE

Les études ont été menées avec le logiciel Design Builder (version 7.3.0), qui sollicite le puissant moteur de calcul Energy+ développé par le département Américain de l'énergie (version 8.9).



3. MODELISATION GEOMETRIQUE

La construction du modèle géométrique 3D du projet a été réalisée sur la base des plans 2D et de la visite effectuée.

Les zones sont définies en fonction de leur usage ainsi que de leur traitement thermique.

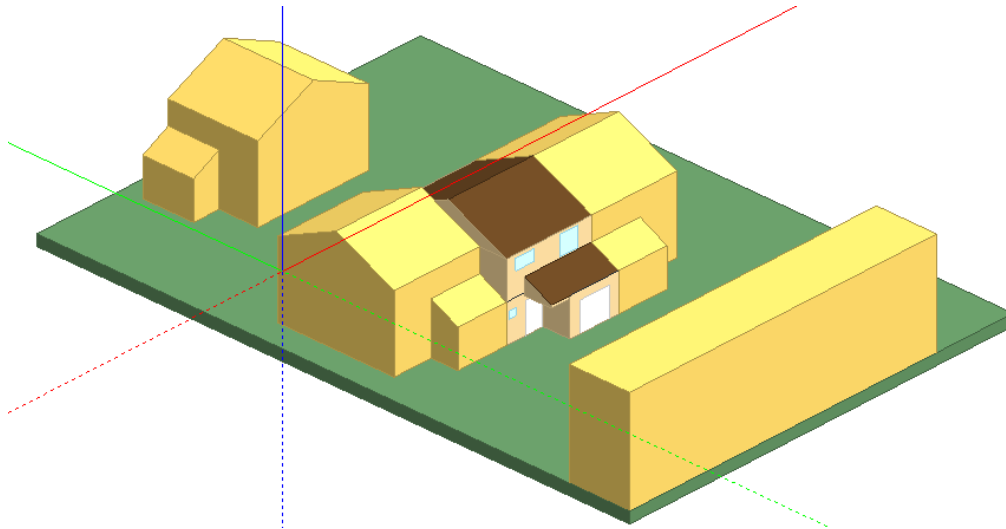


Figure 4 : Modélisation 3D du projet

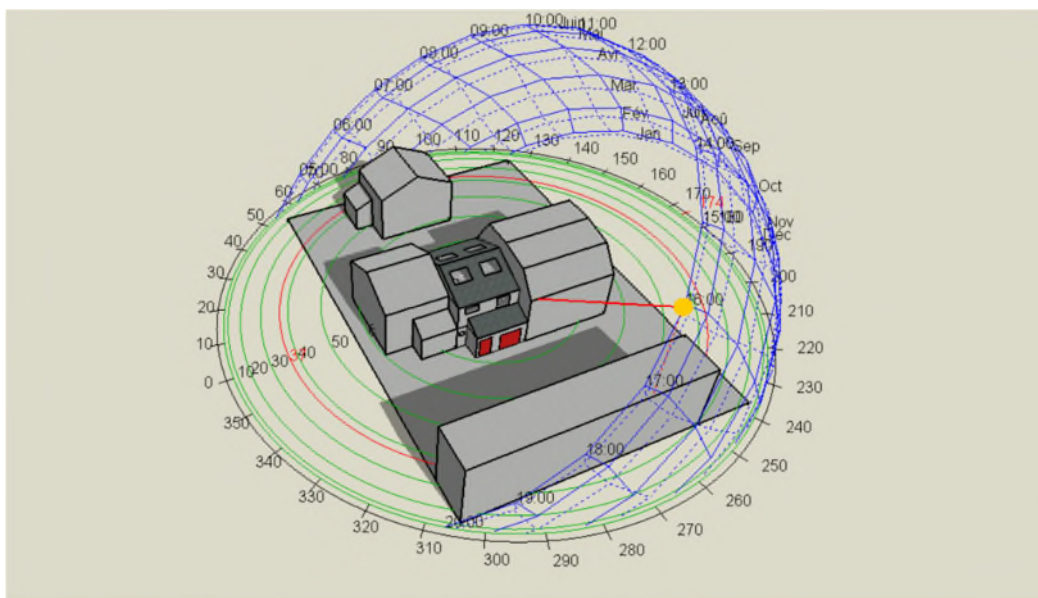


Figure 5 : Héliodon du projet : 20/06 –16h

4. MODELISATION ENERGETIQUE

Les systèmes CVC (Chauffage, Ventilation et Climatisation) ont été saisis de manière détaillée dans le logiciel à partir des données techniques collectées ainsi qu'avec les constatations in-situ.

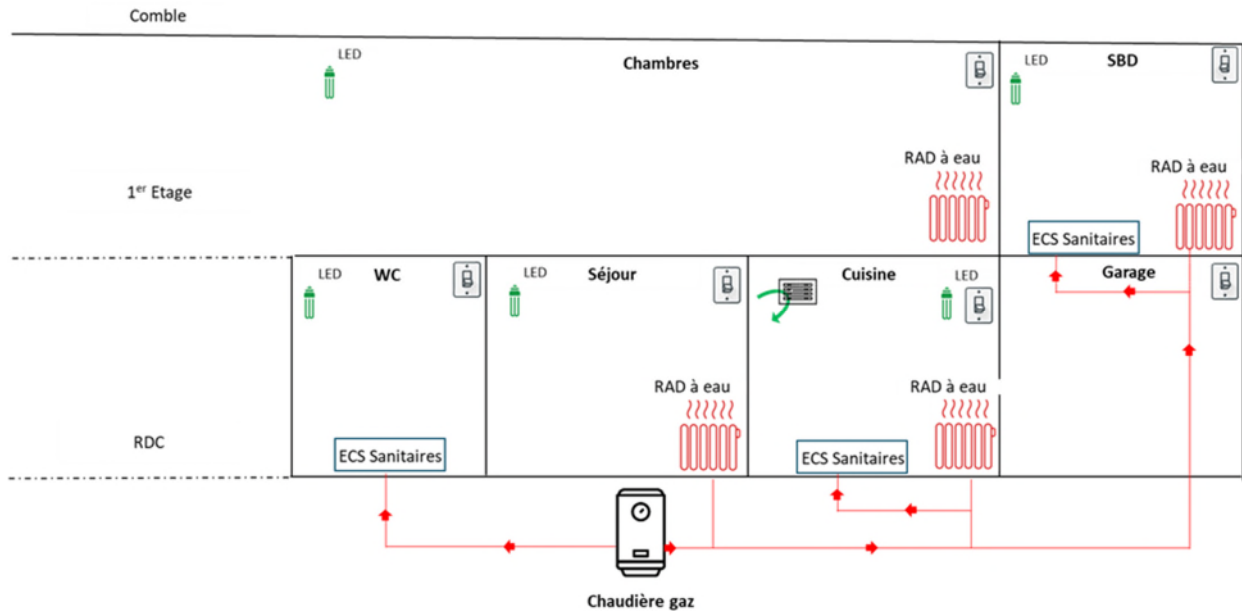


Figure 6 - Extrait du système CVC modélisé dans Design Builder

Chaque zone modélisée est associée à une prédéfinition (ou « Template ») représentatif de son usage.

Chaque Template créé regroupe l'ensemble des hypothèses suivantes et leur fonctionnement au cours de la journée :

- > Densité d'occupation



- > Températures de consigne / réduit pour le chauffage et la climatisation et description du terminal thermique



- > Débits d'air neuf et extraction



- > Puissance d'éclairage et gestion associée



- > Apports internes de chaleur liés aux équipements



Les usages modélisés, représentatifs du fonctionnement global du site sont les suivants :

Tableau 7- Liste des Templates

Usage	N° Template
CHAMBRE	1
SEJOUR	2
ENTREE	3
ESCALIER	4
SDB	5
SANITAIRE	6
GARAGE	7
DEGAGEMENT	8

4.1. CONDITIONS METEOROLOGIQUES DE REFERENCE

La SED a été réalisée avec le fichier météorologique d’Orly 2021.

La distribution horaire de ce fichier est la suivante :

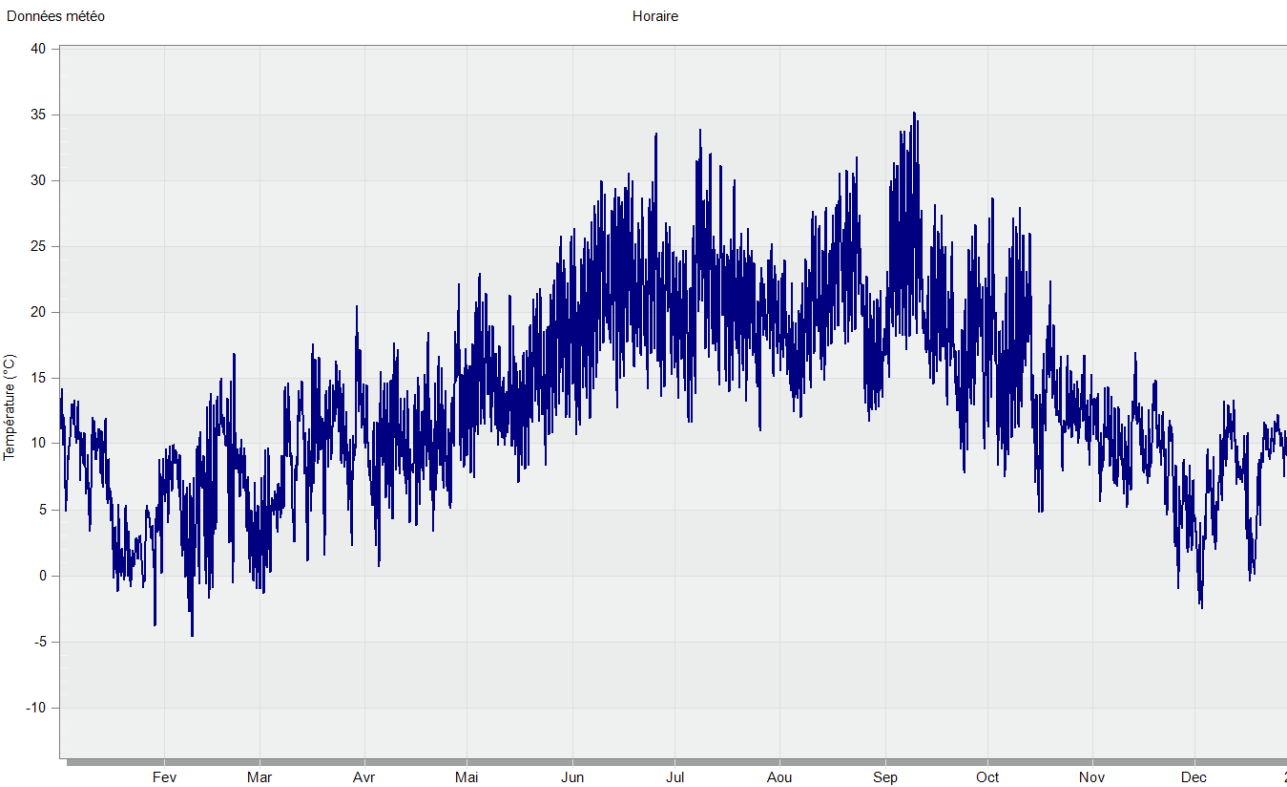


Figure 7-Température horaire fichier météorologique

4.2. ANALYSE DES CONSOMMATIONS FACTUREES

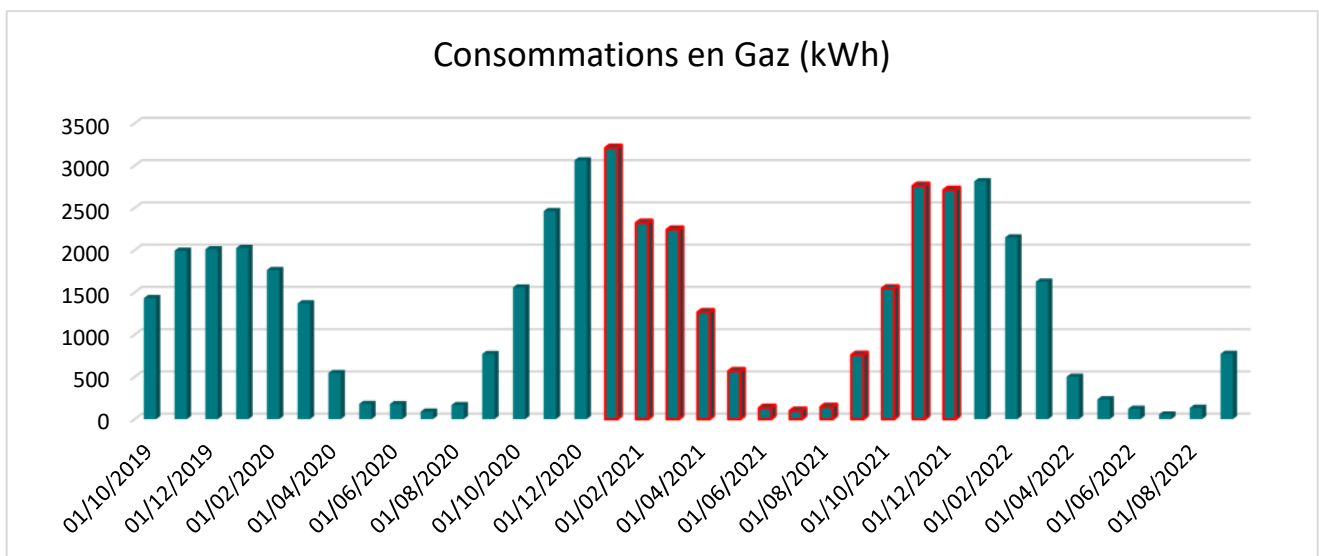
Sur la base des données fournies, ce chapitre analyse les données de consommations (électricité et gaz) du bâtiment dans sa globalité, il n'existe pas une répartition des consommations par usage (absence de sous-comptage).

Un historique des consommations en électricité est disponible sur l'année 2021 et 2022 mais incomplet.

Il existe néanmoins des relevés mensuels des consommations en gaz sur l'année 2021, 2022, 2023 et 2024.

4.2.1. Consommation annuelle de Gaz (Chauffage)

Le graphique ci-dessous présente les consommations mensuelles du Gaz de 2019 à 2022. Ces consommations représentent principalement le poste chauffage et eau chaude sanitaire.



4.3. CALIBRATION DU MODELE SED

Afin d'être au plus proche du comportement énergétique réel de la maison, un processus itératif de simulations a été mené. Cette étape appelée « calibrage » a permis au modèle d'être en adéquation avec les données de facturation transmises.

Les consommations du gaz et d'électricité ont été calibrées sur la base des relevés transmis, en revanche, la répartition des consommations des différents postes ont été calibrées sur la base des informations recoltées lors de la visite effectuée.

Les consommations en gaz (poste chauffage et ECS) et en électricité (éclairage et équipements) de l'année 2021 ont été retenues pour le calibrage.

Tableau 8- Consommations énergétiques retenues pour le bâtiment sur l'année 2021

Fluide	KWh	kWh/m ²
Gaz	17 768	228
Electricité	3 247	42
Total	21 015	270

Les consommations énergétiques obtenues par SED sont réparties de la manière suivante :

Tableau 9- Consommations Gaz et Electricité SED calibrée

Fluide	Détail SED (kWh)	Calibration 2021 (kWh)	Ecart (%)
GAZ	18 086	17 768	+1.7%
Electricité	3 336	3 247	+2.74%
Total	21 453	21 015	+2%

Tableau 10- Consommations par poste SED calibrée

Fluide	Poste consommation	Détail SED (KWh)	Détail SED (KWh/m ²)	Total (KWh/m ²)
GAZ	Chauffage	15 629,25	200,4	275
	ECS	2 457,00	31,5	
ELECTRICITE	Eclairage	263,25	3,4	
	Ventilation	360	4,5	
	Equipements Électriques	2 752,43	35,3	

Détails des équipements :

Equipement	Puissance	Fonctionnement
Réfrigérateur	150 W	24h/jour * 8 760 h * 40 % (cycle de fonctionnement)
Four électrique	2 000 W	1 h/jour * 250 jours/an
Plaques électriques (induction ou vitrocéramique)	2 500 W	1,5 h/jour * 240 jours/an
Lave-vaisselle	1 500 W	1 cycle de 1,5 h/jour * 172 jours/an
Micro-ondes	1 000 W	0,6 h/jour * 200 jours/an
Hotte aspirante	200 W	1,5 h/jour * 166 jours/an
Petits appareils (grille-pain, mixeur, cafetière, bouilloire, etc.)	1 200 W	0,5 h/jour * 342 jours/an
Autres équipements divers	Variable	Estimation globale

Détails ECS sanitaires :

Usage	Volume d'eau chaude	Fonctionnement
Douches courtes (4 pers.)	120 L/jour	325 jours
Vaisselle (lave-vaisselle)	15 L/jour	325 jours
Lavage des mains et divers	10 L/jour	325 jours
Total	145 L/jour	325 jours

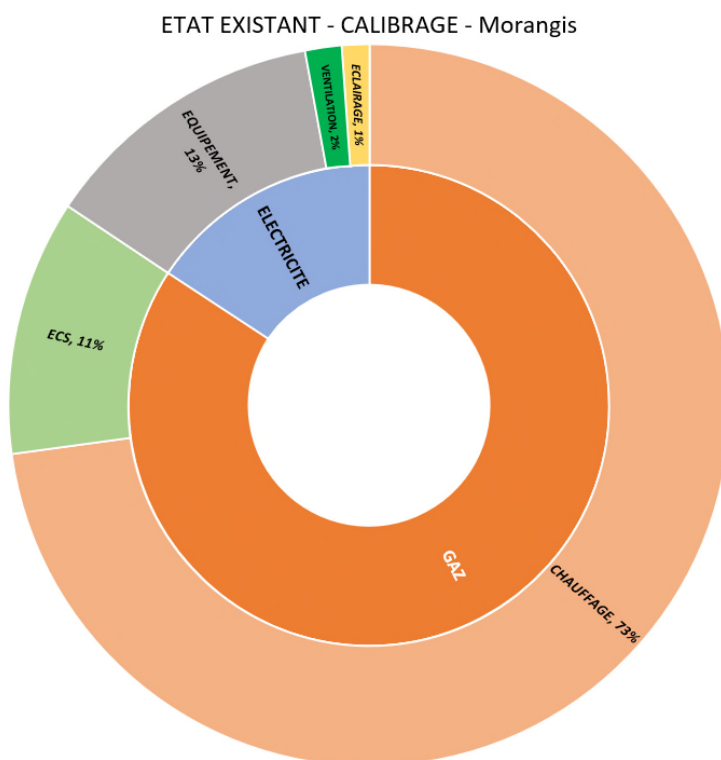


Figure 8 - Répartition des consommations par usage et par fluide

Le chauffage est le poste le plus énergivore et représente 73% des consommations totales de la maison.

5. ANALYSE DPE AVANT TRAVAUX

Le DPE (Diagnostic de Performance Énergétique) évalue la performance énergétique d'un bâtiment en mesurant ses consommations d'énergie primaire et son impact en termes d'émissions de gaz à effet de serre.

Les consommations prises en compte dans le calcul du DPE ne couvrent pas toutes les dépenses énergétiques de la maison, mais uniquement celles liées au confort thermique et à la production d'eau chaude sanitaire.

Les consommations en **Energie primaire** prises en comptes pour l'études sont : **le chauffage, ventilation, éclairage et Eau chaude sanitaire**.

Coefficient de conversion Energie finale à Energie primaire est de l'ordre de **2,3**. Cela signifie que pour 1 kWh d'énergie finale consommée, on considère 2,3 kWh d'énergie primaire (prenant en compte les pertes liées à la production et au transport d'électricité).

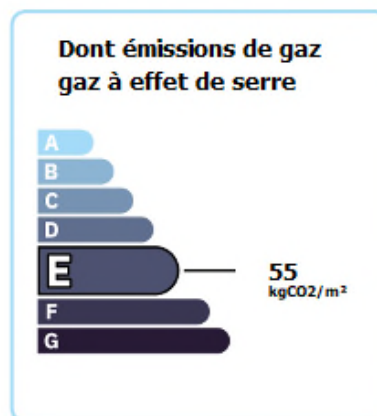
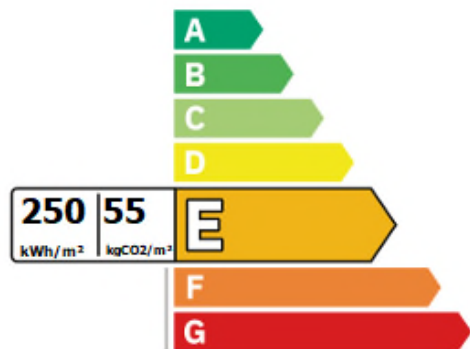
Fluide	Poste consommation DPE	SED (KWh Ef/m²)	SED (KWh Ep/m²)	Total (KWhEp/m²)
GAZ	Chauffage	200,4	200,4	250
	ECS	31,5	31,5	
ELECTRICITE	Eclairage	3,3	7,7	
	Ventilation	4,5	10,3	
	Equipements	Hors DPE	Hors DPE	

Le résultat du DPE est exprimé en deux indicateurs :

- **Consommation énergétique** : en kWh/m²/an (énergie primaire).
- **Émissions de gaz à effet de serre (GES)** : en kg CO₂/m²/an.

La classe énergétique va de A (très performant) à G (très énergivore).

La performance énergétique et climatique actuelle du logement :



Important : Ce calcul du DPE présenté est fourni à titre indicatif et ne constitue en aucun cas un diagnostic officiel. Pour un résultat certifié, une évaluation réalisée par un diagnostiqueur agréé est nécessaire.

C. ACTIONS DE PERFORMANCE ENERGETIQUE



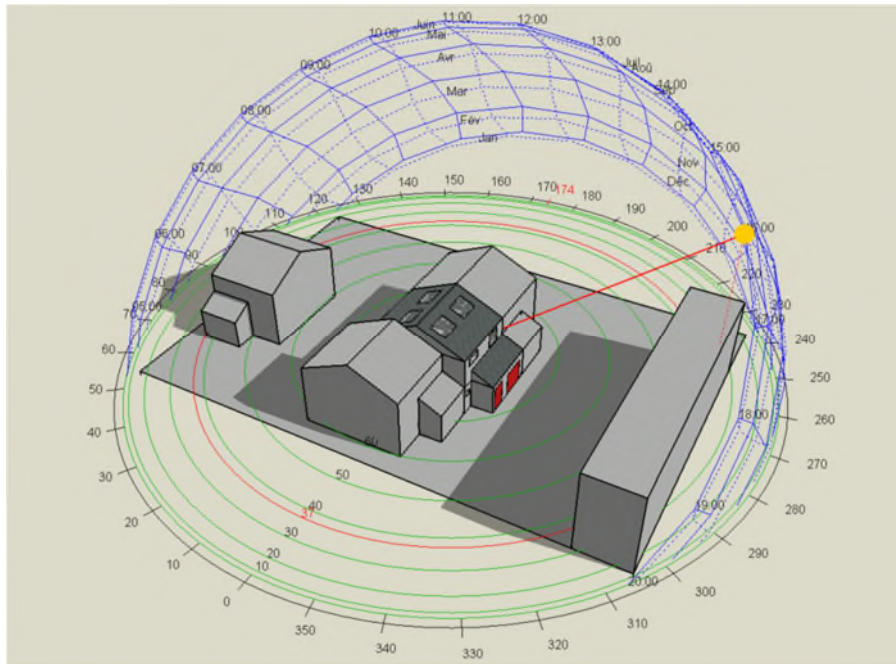
1. DEFINITION DES APE

Les actions suivantes nous semblent les plus pertinentes dans le but d'améliorer l'efficacité énergétique du bâtiment et sa pérennité, permettent ainsi l'amélioration du confort des occupants et leur offrir une meilleure qualité de vie. Chacune des APE (Actions de Performance Energétique) fait l'objet d'une simulation thermique dynamique afin de calculer l'impact énergétique associé.

Tableau 11- Description des Actions de Performance Energétique (APE) retenues

APE		
0	Travaux modificatifs : ➤ Extension du séjour ➤ Extension de l'entrée ➤ Mise en place des ouvertures zénithales ➤ Aménagement des combles	
1	Isolation des murs (ITE) ➤ Isolation par l'extérieur de l'ensemble des murs donnant sur l'extérieur du bâtiment (16 cm d'isolation en laine de verre Référencés ISOCOMPACT)	$R \geq 4,5 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$
2	Isolation plancher haut ➤ Isolation de la Surface du Plancher donnant sur comble perdu Référence : plaque Utherm Sarking K FRA, ep 16 cm, $R=7,4$	$R \geq 7,4 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$
3	Remplacement des menuiseries ➤ Remplacer l'ensemble des menuiseries par des nouvelles menuiseries plus performantes thermiquement	$U_w \leq 1,3 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$ Tlg = 70%, Fsg = 40%
4	Ventilation ➤ Mise en place de la VMI (Ventilation Mécanique par Insufflation)	$SFP = 0,3$
5	Chauffage ➤ Remplacer le système de chauffage par une pompe à chaleur air/eau double service (chauffage et ECS)	PAC: SCOP $\geq 4,69$ Ballon thermo 200L: COP $\geq 3,18$
6	Régulation ➤ Mettre à jour le système de régulation en installant des robinets thermostatiques sur les radiateurs	

2. MODELISATION DU PROJET APRES TRAVAUX



3. GAINS ENERGETIQUES DES DIFFERENTES APE

Les gains individuels sont calculés vis-à-vis du modèle calibré.

Tableau 12- Gains énergétiques par APE

APE		Gains individuels par rapport au calibrage			Investissement (hors travaux d'extension) (HT €)
		Energie (%)	Energie (kWh/m²)	Facture (€)	
1	Isolation des murs (ITI)	-38%	105,5	683 €	10 177 €
2	Isolation plancher haut (ITE)	-5%	15,1	177 €	4 500 €
3	Remplacement des menuiseries	-4%	10,7	152 €	8 670 €
4	Ventilation : Mise en place de la VMI	+1,2%	+3	+ 814 €	5 471 €
5	Chauffage : Mise en place d'une PAC	-67%	184,0	831 €	18 700 €
6	REGULATION - Optimisation de pilotage du chauffage-Installation de robinets thermostatiques	-6%	17,5	190 €	5 880 €

L'installation d'une **Ventilation Mécanique par Insufflation (VMI)** engendre une **augmentation** des consommations énergétiques, notamment en raison du fonctionnement **continu du ventilateur** et, dans certains cas, du **préchauffage de l'air insufflé**. Cependant, cette consommation supplémentaire est largement compensée par les bénéfices apportés en matière de **confort**.

En effet, la VMI assure un renouvellement d'air constant, améliorant ainsi la qualité de l'air intérieur tout en limitant l'humidité et les risques de moisissures. Elle contribue également à réduire les infiltrations d'air froid en hiver, ce qui améliore le ressenti thermique des occupants. En maintenant une légère surpression à l'intérieur du logement, elle limite l'entrée d'air extérieur non maîtrisé, réduisant ainsi les courants d'air désagréables.

Ainsi, bien que la VMI représente une dépense énergétique supplémentaire, son impact positif sur le confort et la qualité de l'air en fait une solution intéressante, notamment dans les logements où la ventilation naturelle est insuffisante.

4. GAINS ENERGETIQUES DES SCENARIOS

Le gain énergétique associé est présenté dans le tableau suivant. Il est calculé vis-à-vis de la valeur de consommation calibrée, donc, **275 kWh/m²**.

Les scénarios ont été sélectionnés en fonction des APE (Action de performance énergétique) les moins chers et faciles à mettre en place ainsi que les actions prioritaires à mettre en place à savoir l'isolation et le remplacement du vitrage.

Tableau 13 Consommations et gains énergétiques par scénario

SCENARIO		Investissement (HT)	Consommation (kWh/m²)	Gain % Calibration
1	Isolation des murs (ITE)	20 557 €	143	-47%
	Isolation plancher haut (ITE)			
	REGULATION - Optimisation de pilotage du chauffage-Installation de robinets thermostatiques			
2	Isolation des murs (ITE)	44 728 €	66	-76%
	Isolation plancher haut (ITE)			
	REGULATION - Optimisation de pilotage du chauffage-Installation de robinets thermostatiques			
	Ventilation : Mise en place de la VMI			
	Chauffage : Mise en place d'une PAC			
3	Isolation des murs (ITE)	53 398 €	65	-77%
	Isolation plancher haut (ITE)			
	REGULATION - Optimisation de pilotage du chauffage-Installation de robinets thermostatiques			
	Ventilation : Mise en place de la VMI			
	Chauffage : Mise en place d'une PAC			
	Remplacement des menuiseries			
Scénario retenu	Isolation des murs (ITE)	56 500 €	66	-76%
	Isolation plancher haut (ITE)			
	REGULATION - Optimisation de pilotage du chauffage-Installation de robinets thermostatiques			
	Ventilation : Mise en place de la VMI			
	Chauffage : Mise en place d'une PAC			
	Remplacement des menuiseries			
	Isolation toiture INT : Ajout 8 cm laine de bois			
	Radiateur combles : 2 radiateurs électriques (puissance et consigne identiques)			

La figure ci-dessous décrit l'évolution des consommations par poste :

Fluide	Poste consommation DPE	SED (KWh Ef/m²)	Total (KWhEf/m²)	SED (KWh Ep/m²)	Total (KWhEp/m²)
ELECTRICITE	Chauffage	14,6	66	33,6	70
	ECS	6,7		15,4	
	Eclairage	3,3		7,5	
	Ventilation	5,9		13,6	
	Equipements	35,3 : Hors DPE		Hors DPE	

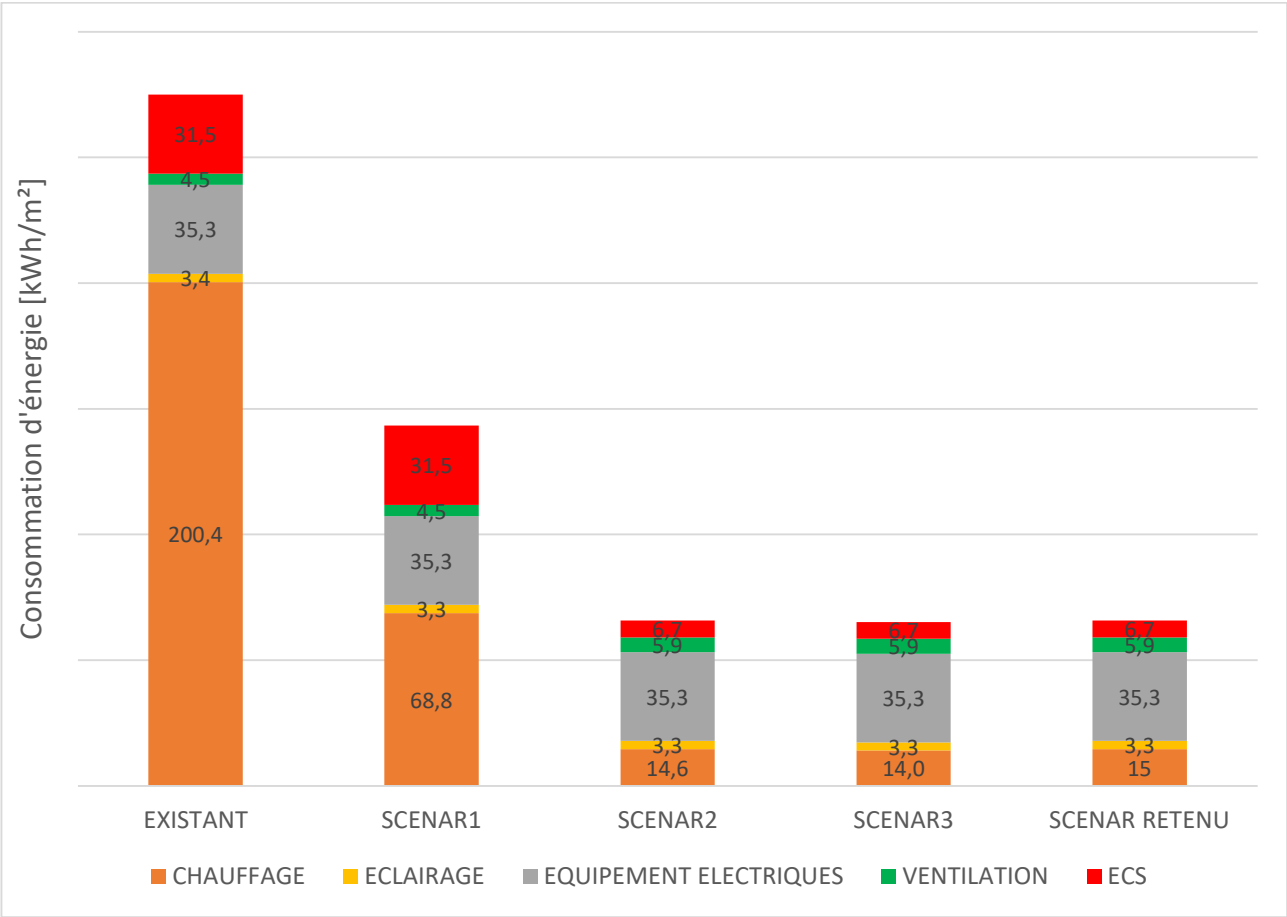


Figure 9 Consommation énergétique par poste et par scénario

4.1. SCENARIO RETENU

Le scénario retenu regroupe l'ensemble des leviers les plus efficaces avec quelques optimisations supplémentaires :

Travaux sur l'enveloppe

- Isolation des murs par l'extérieur (ITE)
- Isolation du plancher haut
- Isolation intérieure de la toiture (8 cm laine de bois)
- Remplacement des menuiseries

Ventilation

- Mise en place d'une VMI (Ventilation Mécanique par Insufflation)

Chauffage et régulation

- Mise en place d'une pompe à chaleur (PAC air/eau double service)
- Mise à jour de la régulation avec robinets thermostatiques
- Mise en place des convecteurs électriques dans les combles

Indicateur	Valeur
Consommation initiale	275 kWh/m ² /an
Consommation après travaux	66 kWh/m ² /an
Gain global	-76%

Le scénario permet de **diviser par plus de 4** les consommations

5. ANALYSE DPE APRES TRAVAUX

Le Coefficient de conversion Energie finale à Energie primaire est de l'ordre de **2,3**. Cela signifie que pour 1 kWh d'énergie finale consommée, on considère 2,3 kWh d'énergie primaire (prenant en compte les pertes liées à la production et au transport d'électricité).

Etat	Consommations SED (KWh Ep/m ²)	Consommations DPE (KWh Ep/m ²)	Etiquette énergétique
Scénario 1	143	159	Performance énergétique logement extrêmement performant A B C D E F G logement extrêmement peu performant 159 34 Performance climatique Dont émissions de gaz à effet de serre peu d'émissions de CO₂ A B C D E F G émissions de CO₂ très importantes 34 kg CO₂/m²/an

Scénario 2	66	70	Performance énergétique consommation d'énergie primaire 70 kWh/m²/an émission 2^{RE} kg CO₂eq/m²/an A logement extrêmement performant B C D E F G passeoire énergétique logement extrêmement peu performant Performance climatique * Dont émissions de gaz à effet de serre peu d'émissions de CO₂ A ————— 2 kg CO₂/m²/an B C D E F G émissions de CO₂ très importantes
Scénario 3	65	69	Performance énergétique consommation d'énergie primaire 69 kWh/m²/an émission 2^{RE} kg CO₂eq/m²/an A logement extrêmement performant B C D E F G passeoire énergétique logement extrêmement peu performant Performance climatique * Dont émissions de gaz à effet de serre peu d'émissions de CO₂ A ————— 2 kg CO₂/m²/an B C D E F G émissions de CO₂ très importantes
Scénario retenu	66	70	Performance énergétique consommation d'énergie primaire 70 kWh/m²/an émission 2^{RE} kg CO₂eq/m²/an A logement extrêmement performant B C D E F G passeoire énergétique logement extrêmement peu performant Performance climatique * Dont émissions de gaz à effet de serre peu d'émissions de CO₂ A ————— 2 kg CO₂/m²/an B C D E F G émissions de CO₂ très importantes

Important : Ce calcul du DPE présenté est fourni à titre indicatif et ne constitue en aucun cas un diagnostic officiel. Pour un résultat certifié, une évaluation réalisée par un diagnostiqueur agréé est nécessaire.

D. CONCLUSIONS ET SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE



Dans le cadre de la réhabilitation d'une maison située à Morangis, un certain nombre d'Actions de Performance Énergétique (APE) a été proposé et simulé individuellement, puis regroupé sous trois scénarios afin de maximiser l'efficacité énergétique et d'améliorer le confort des occupants.

Le **scénario 1**, combinant l'**APE1 (Isolation des murs – ITE)**, l'**APE2 (Isolation plancher haut – ITE)**, l'**APE3 (Isolation plancher bas)** et l'**APE7 (RÉGULATION – Optimisation du pilotage du chauffage / installation de robinets thermostatiques)**, permet d'envisager une consommation de **143 kWh/m².an**, soit une réduction énergétique de l'ordre de **47 %** par rapport à la consommation de référence.

Le **scénario 2**, intégrant les actions du scénario 1 avec en complément l'**APE5 (Mise en place de la VMI)** et l'**APE6 (Mise en place d'une PAC)**, permet d'atteindre une consommation de **66 kWh/m².an**, soit une réduction énergétique estimée à **76 %** pour un investissement d'environ **45 000 € HT**.

Le **scénario 3**, reprenant le scénario 2 avec l'ajout de l'**APE4 (Remplacement des menuiseries)**, permet une réduction énergétique légèrement supérieure, de l'ordre de **77 %**, avec une consommation ramenée à **65 kWh/m².an** pour un investissement global d'environ **53 000 € HT**.

Scénario retenu

Le scénario finalement retenu va au-delà des trois précédents, en intégrant **toutes les APE du scénario 3** ainsi que des mesures **complémentaires** :

- **Isolation de la toiture intérieure** par ajout de 8 cm de laine de bois
- Mise en place de deux radiateurs électriques dans les combles pour traitement homogène *[aura été modifié par la suite en radiateurs à eau]*

Ce scénario aboutit à une consommation finale estimée à **66 kWh/m².an**, contre une consommation initiale de **275 kWh/m².an**, soit un **gain énergétique global de 76 %**. Il présente un **compromis optimal entre performance énergétique, confort thermique avec un investissement d'environ 56K€ HT**.

Selon le **Active House radar**, le score est passé de 'Hors catégorie' à **2**.

Ce saut de performance permet également un passage de l'étiquette énergétique de E à A, marquant une transformation majeure du logement vers une habitation très performante, sobre et durable.

Les systèmes PAC et ballon thermodynamique utilisent majoritairement une énergie gratuite et renouvelable (air extérieur), et une part d'électricité pour fonctionner, Sur la base des SCOP / COP utilisés dans le projet :

PAC : $SCOP \geq 4,69 \rightarrow$ donc **~79 %** de l'énergie restituée provient de l'air ($1 - 1/4,69$)

Ballon thermodynamique : $COP \geq 3,18 \rightarrow$ **~69 %** de l'énergie est d'origine ENR ($1 - 1/3,18$)

Cela représente environ 37 kWhEP qui peuvent être considéré d'origine renouvelable soit un peu plus de la moitié de la consommation du bâtiment rénové, puisque la majorité des usages (chauffage, ECS) sont assurés par ces deux équipements.

Le score Active House atteint sur le thème de la performance en énergie primaire est donc de **2**.