

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 1
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

Maitre d'ouvrage :

FONCIA
16 rue de Paris – 78100 SAINT GERMAIN EN LAYE

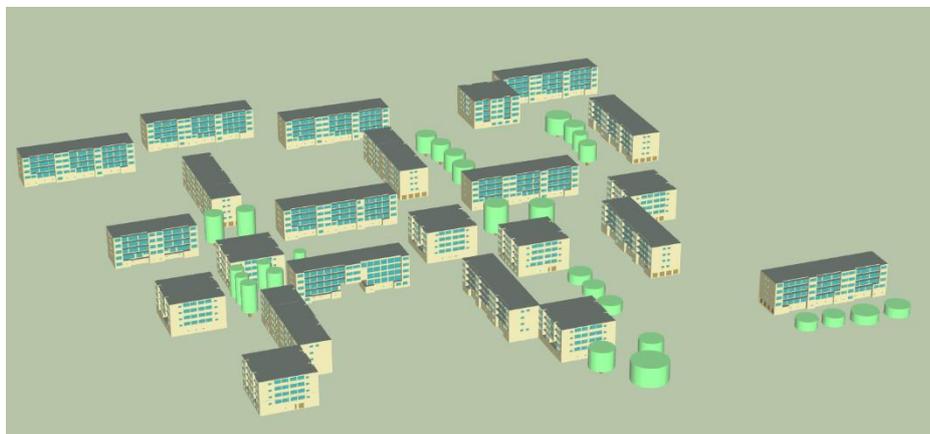
Bureau d'études :



**TRANSITION
INGENIERIE**
6 Impasse Alphonse Brémond – 31500 TOULOUSE

RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE DE LA RESIDENCE OREE DE MARLY

DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE



Phase	Indice	Date	Objet	Rédacteur	Relecture
DIAG	A	23 décembre 2022	Émission Originale	LBO	MLA
	B	26 janvier 2023	Mise à jour	LBO	MLA
	C	07 mars 2023	Mise à jour	LBO	MLA

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 2
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

SOMMAIRE

CHAPITRE 1	GENERALITES – PRESENTATION DU SITE	4
1.1	Objet de l'étude	4
1.2	Déroulement de l'étude	4
1.3	Perimètre de l'étude	5
1.4	Document transmis.....	5
1.5	Données manquantes ou à valider	5
CHAPITRE 2	DIAGNOSTIC TECHNIQUE ET PRECONISATIONS.....	6
2.1	enveloppe thermique.....	7
2.1.1	Mur extérieur.....	7
2.1.2	Planchers hauts.....	8
2.1.3	Plancher bas.....	10
2.1.1	Analyse critique.....	10
2.2	Equipements techniques.....	11
2.2.1	Chauffage et ECS.....	11
SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE.....		13
2.3	Site pris en compte et fichier météo utilisé	13
2.4	Zoning thermique	14
2.4.1	Période de chauffe	15
2.4.2	Consignes de chauffage	15
2.4.3	Occupation	15
2.4.4	Ventilation.....	16
2.4.5	Étanchéité	16
2.4.6	Apports internes	16
2.5	Resultats des performances énergétiques issus de la simulation des bâtiments existants	18
2.5.1	Consommations énergétiques réelles issues factures	18
2.5.2	Bilan électrique	19
2.5.3	Ecart entre consommations calculées et consommations réelles	19
CHAPITRE 3	PRECONISATIONS ENERGETIQUES	22
3.1	Optimisations liées au bâti.....	23
3.1.1	Isolation des murs extérieurs en ITE	23
3.1.2	Remplacement des menuiseries simple vitrage en double vitrage	27
3.1.3	Remplacement des portes fenêtres des halls vitrées	28
3.1.4	Mise en place d'une ventilation mécanique simple flux hygro B.....	29
3.1.5	Diminution de la température de consigne de 2°C.....	30
3.1.6	Mise en place de robinets thermostatiques couplée avec des pompes à débit variables	31

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 3
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

3.2 Bouquet de travaux	33
3.2.1 Scénario 1 – Performance – Cas 1 isolation avec une résistance thermique de 3,70m ² K/W	33
3.2.1 Scénario 1 – Performance – Cas 2 isolation avec une résistance thermique de 1,70m ² K/W	34
3.2.2 Scénario 2 - Multicritère	35
3.2.3 Scénario 3 – Economique	36
 CHAPITRE 4 CONCLUSION	 37
 CHAPITRE 5 ANNEXES	 40
5.1 Contexte climatique	40
5.1.1 Localisation de la résidence	40
5.1.2 Sollicitations climatiques	41
 5.2 Synthèse et enseignements	 43
 5.3 Hypothèses de calculs	 44
 5.4 GLOSSAIRE	 45

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 4
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

CHAPITRE 1 GENERALITES – PRESENTATION DU SITE

1.1 OBJET DE L'ETUDE

Le présent rapport est une mise à jour de l'audit énergétique de la Résidence de l'Orée de Marly effectué en 2015.

Ce diagnostic a pour objectif de répondre à un souhait d'optimisation énergétique de la Résidence, afin de réduire les coûts de consommation d'une part, et améliorer le confort des occupants d'autre part. Par ailleurs, cette étude a pour but d'étudier si les préconisations énergétiques prévues permettent de répondre aux exigences Ma PrimeRenov', à savoir de diminuer les consommations de 35% (exprimées en énergie primaire).

La Résidence est constituée de :

- 23 bâtiments, 1 loge gardien (chauffage indépendant au gaz) et 1 chaufferie
- 51 cages d'escalier
- 583 logements (~1100 habitants)

1.2 DEROULEMENT DE L'ETUDE

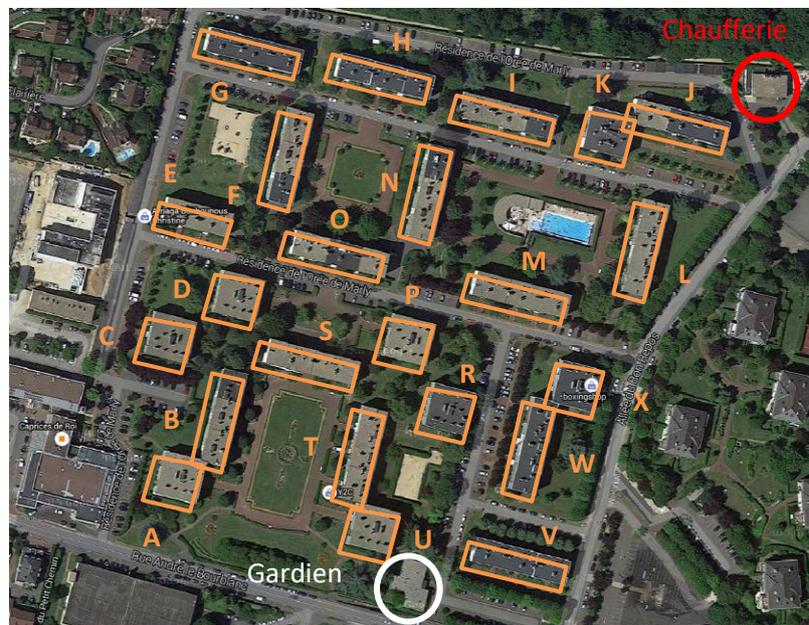
La mission se déroulera sur la base des phases suivantes :

1. Un état des lieux des installations thermiques et du bâti, issu des relevés effectués sur site et des documents transmis ;
2. Une simulation thermique dynamique (STD) du bâtiment, comprenant la modélisation numérique et la simulation du comportement thermique et énergétique du bâtiment existant.
3. Le calage du comportement thermique du bâtiment existant sur la base des consommations réelles du bâtiment ;
4. Des simulations thermiques dynamiques proposant chacune une amélioration du confort thermique et de diminution des consommations, en tenant compte des spécificités intrinsèques du bâtiment ;
5. L'analyse économique des solutions ;
6. La confection de bouquets de travaux de rénovation énergétique ;
7. La restitution de l'étude.

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 5
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

1.3 PERIMETRE DE L'ÉTUDE

La résidence Orée de Marly se situe sur la commune de Noisy le Roi (78).



1.4 DOCUMENT TRANSMIS

Les documents transmis par le MOA sont les suivants :

- Audit 2015
- Devis toiture de 2012 (bâtiment 1/2/3/7/18/19/20/11/12/15)
- Devis toiture de 2014 (bâtiment 14 et 41)
- Plans
- Factures gaz
- Repérage surface double/simple vitrage depuis 2015
- Rapport de synthèse 2020 et 2021 (énergie service)

1.5 DONNÉES MANQUANTES OU À VALIDER

Les compositions exactes des parois ne sont pas connues. L'étude prend en compte des performances issues des observations faites sur site. La performance thermique initiale du bâti sera à valider par le maître d'ouvrage.

CHAPITRE 2 DIAGNOSTIC TECHNIQUE ET PRÉCONISATIONS

Afin de pouvoir apprécier de la performance des parois de l'état existant, nous choisissons de comparer les valeurs de résistance thermique avec les valeurs indiquées dans la réglementation thermique des bâtiments existants (mis à jour au 01 janvier 2023).

PAROIS	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H1A, H1B, H1C	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H2A, H2B, H2C, H2D et zone H3, à une altitude supérieure à 800 mètres	RÉSISTANCE thermique R minimale en zone H3, à une altitude inférieure à 800 mètres	CAS D'ADAPTATION POSSIBLES
Murs en contact avec l'extérieur et rampants de toitures de pente supérieure à 60°	3.2	3.2	2.2	En zone H1, la résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 3,2 m ² . K/ W dans les cas suivants : -dans les locaux à usage d'habitation, les travaux d'isolation sont réalisés par l'intérieur ; -ou le système constructif est une double peau métallique.
Murs en contact avec un volume non chauffé		2.5		
Toitures terrasses	4.5	4.3	4	La résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 3 m ² . K/ W dans les cas suivants : -l'épaisseur d'isolation implique un changement des huisseries, ou un relèvement des garde-corps ou des équipements techniques ; -ou l'épaisseur d'isolation ne permet plus le respect des hauteurs minimales d'évacuation des eaux pluviales et des relevés ; -ou l'épaisseur d'isolation et le type d'isolant utilisé implique un dépassement des limites de charges admissibles de la structure.
Planchers de combles perdus		5.2		
Rampants de toiture de pente inférieure 60°	5.2	4.5	4	En zone H1, la résistance thermique minimale peut être réduite jusqu'à 4 m ² . K/ W lorsque, dans les locaux à usage d'habitation, les travaux d'isolation entraînent une diminution de la surface habitable des locaux concernés supérieure à 5 % en raison de l'épaisseur de l'isolant.
Planchers bas donnant sur local non chauffé ou extérieur	3	3	2.1	La résistance thermique minimale peut être diminuée à 2.1 m ² . K/ W pour adapter l'épaisseur d'isolant nécessaire à la hauteur libre disponible si celle-ci est limitée par une autre exigence réglementaire.

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 7
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

2.1 ENVELOPPE THERMIQUE

2.1.1 Mur extérieur

Composition	Epaisseur	Conductivité thermique	Resistance thermique
	[m]	[W/m.K]	m ² .K/w
Pierre de taille en about de pignon	0,28	1,75	0,16
Resistance thermique total [m².K/W]			0,16
Performance			Très faible

Comparaison avec la réglementation thermique existant :

Resistance thermique RT existant élément par élément [W/m².K]	3,20
Ecart relatif à la performance	Très élevé

Composition	Epaisseur	Conductivité thermique	Resistance thermique
	[m]	[W/m.K]	m ² .K/w
Pierre de taille en partie courante	0,10	1,75	0,057
Resistance thermique total [m².K/W]			0,057
Performance			Très faible

Resistance thermique RT existant élément par élément [W/m².K]	3,20
Ecart relatif à la performance	Très élevé

Composition	Epaisseur	Conductivité thermique	Resistance thermique
	[m]	[W/m.K]	m ² .K/w
Béton (allège de fenêtre)	0,18	2,3	0,078
Resistance thermique total [m².K/W]			0,078
Performance			Très faible

Resistance thermique RT existant élément par élément [W/m².K]	3,20
Ecart relatif à la performance	Très élevé

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 8
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG



Photo – Façade principale et pignon d'un bâtiment de « type allongé »

2.1.2 Planchers hauts

- Toitures bâtiments rénovées en 2015 (source : devis EPEL)

Bâtiments :

- 1,2,3
- 7
- 18,19,20
- 11,12
- 15

Composition	Epaisseur	Conductivité thermique	Resistance thermique
	[m]	[W/m.K]	m ² .K/w
Polyuréthane	0,08	0,021	3,81
Béton armé	0,20	1,75	0,11
Total	0,28	-	3,92
Performance			Moyenne

Resistance thermique RT existant élément par élément [W/m².K]	4,50
Ecart relatif à la performance	-13%



D'après la vue de dessus de la résidence, nous émettons l'hypothèse que les toitures des bâtiments 4,5,6,21,22,23,26,42,47,51 ont également fait l'objet d'une réfection de leur toiture terrasse.

- Toitures bâtiments supposées refaites dans les années 1987-1989 (devis EPEL)

Composition	Epaisseur	Conductivité thermique	Resistance thermique
	[m]	[W/m.K]	m ² .K/w
Polyuréthane	0,06	0,022	2,72
Béton armé	0,20	1,75	0,11
Total	0,26	-	2,83
Performance			Moyenne

Resistance thermique RT existant élément par élément [W/m².K]	4,50
Ecart relatif à la performance	-37%

Commentaire : d'après l'année indiquée de l'étanchéité des toitures supposée refaite, nous émettons l'hypothèse qu'il existe une épaisseur d'isolation sous étanchéité de 6cm.

2.1.3 Plancher bas

- Plancher bas sur terre-plein

Composition	Epaisseur	Conductivité thermique	Resistance thermique
	[m]	[W/m.K]	m ² .K/w
Béton armé	0,23	1,75	0,13
Performance			Très faible

Resistance thermique RT existant élément par élément [W/m².K]	3,00
Ecart relatif à la performance	Très élevé

Le plancher bas donnant sur les locaux non chauffés n'est pas isolé (d'après la visite effectuée sur site).

2.1.1 Analyse critique

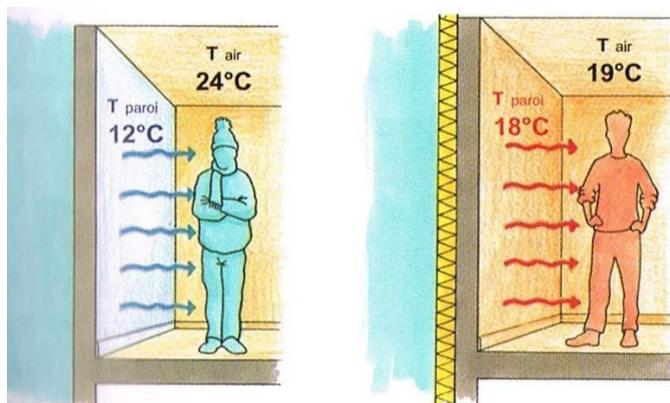
L'enveloppe thermique des bâtiments est peu performante.

Les façades étant faiblement isolées uniquement en toiture et les menuiseries étant dans l'ensemble de mauvaise qualité thermique, les déperditions thermiques sont importantes. Nous estimons environ 59% de simple vitrage et 41% de double vitrage à l'échelle de la résidence. Ces parois constituent **le point faible des bâtiments**.

Il en résulte un **effet de paroi froide**, source d'inconfort pour les occupants.

L'inconfort est dû à l'écart de température pouvant être important (selon température extérieure) entre la température de contact intérieur de la paroi et la température ambiante. En effet, les occupants ressentent 2 flux de température très différents.

Les schémas ci-dessous vulgarisent ce principe entre un cas de façade non isolée et un cas de façade isolée.



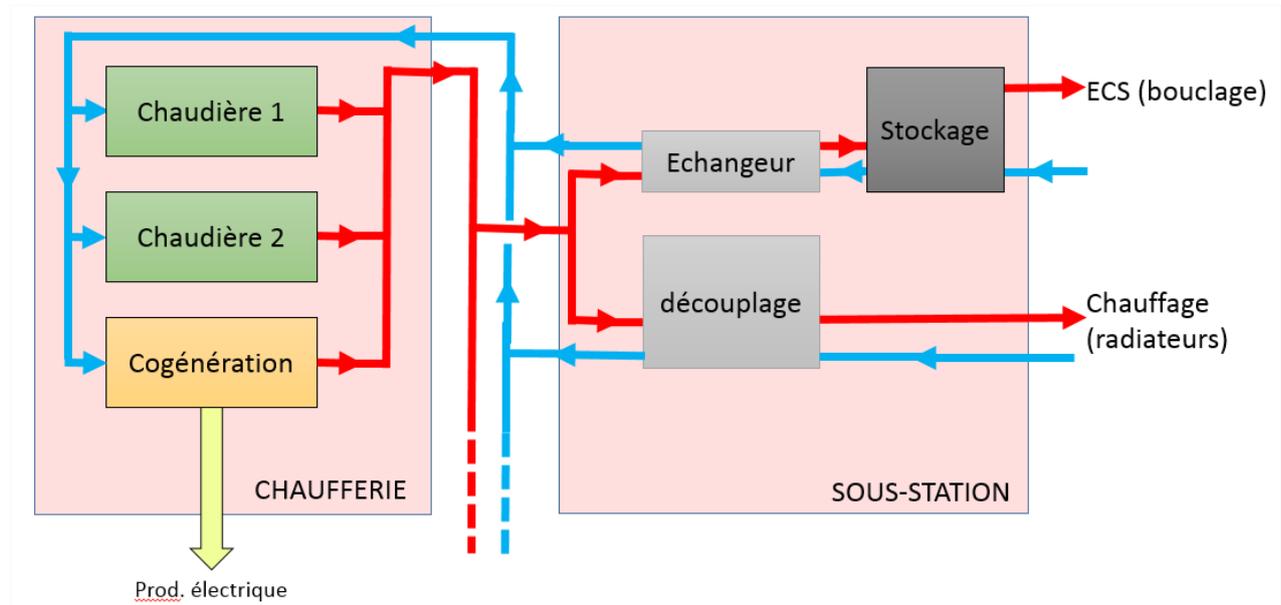
Principe schématisé de l'effet de paroi froide (à gauche)

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 11
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

2.2 EQUIPEMENTS TECHNIQUES

2.2.1 Chauffage et ECS

La production et distribution de chauffage et d'ECS s'effectue selon le schéma de principe suivant :



Concernant les équipements, les principales caractéristiques relevées ou estimées figurent en annexe. La conception globale du système est la suivante :

- Les 2 chaudières gaz servent d'appoint lorsque la cogénération n'est pas suffisante ou lorsqu'elle est arrêtée (production d'ECS l'été par exemple). Les anciennes chaudières ont été remplacées en 2016 par deux chaudières GUILLOT LRR 50 à haut rendement énergétique de puissance unitaire de 1 990 kW. Au vu de leur date d'installation, il n'y a pas nécessité de les remplacer à court/moyen terme.



- Le réseau primaire alimente 4 sous-stations :
 - Sous-station 7 alimentant les bâtiments L, M, V, W, X
 - Sous-station 14 alimentant les bâtiments I, J, K, N, O
 - Sous-station 28 alimentant les bâtiments C, D, E, F, G, H,
 - Sous-station 42 alimentant les bâtiments A, B, P, R, S, T, U

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 12
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

- Le réseau secondaire chauffage comprend :
 - Une bouteille de mélange primaire/secondaire,
 - Une pompe à débit fixe,
 - Une régulation par V3V commandée par une régulation RVL482 sur température extérieure et température de départ,
 - Un filtre clarificateur,
- Le réseau secondaire ECS comprend :
 - une alimentation eau froide,
 - un échangeur
 - un ballon de stockage
- Régulation :
 - Régulation de la température départ des chaudières en fonction de la température extérieure (loi d'eau),
 - Les radiateurs des logements sont équipés de simples robinets de réglage manuel.
- L'exploitant (COFELY) doit contractuellement une température de 19°C dans les logements pour la saison de chauffe 2022-2023. Pour la saison de chauffe 2021-2022 la température de consigne était de 21°C, avec un réduit de 2°C la nuit.
- La loge du gardien est équipée d'une chaudière gaz depuis 2021 (anciennement chaudière au fuel).

Les pompes du réseau primaire sont équipées de variateurs permettant de moduler leur débit en fonction des besoins thermiques.



Les pompes des réseaux secondaires sous-stations fonctionnent à débit fixe.

SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

2.3 SITE PRIS EN COMPTE ET FICHER MÉTÉO UTILISÉ

Les données météorologiques de la ville de Trappes ont été utilisées dans l'étude.

Les données générales du site pris en compte sont les suivantes :

Nom	Trappes	Altitude ajustée avec les DJU	251 m
Longitude	2°0'0"E	Latitude	48°46'12"N

Profondeur de sol : 10 m

Température de sol : 14 °C

L'altitude renseignée n'est pas l'altitude réelle du site. En effet, nous l'avons ajustée pour que les DJU simulés dans le modèle numérique correspondent à la rigueur climatique de l'année 2021 (DJU de l'année de référence).

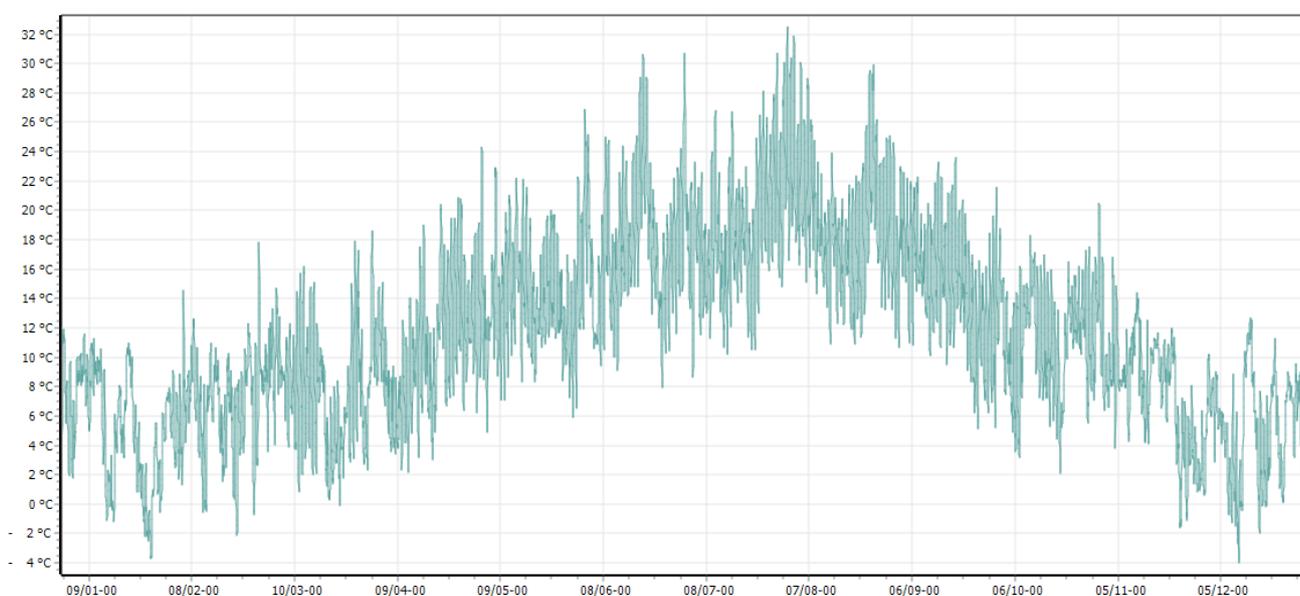
***Station météorologique utilisée**

Nom	Trappes – Moyen.try	Altitude	168 m
-----	---------------------	----------	-------

Le fichier climat pris en compte est le fichier Trappes - Moyen défini sur le module Météonorm sur la base des données Météo France.

***Températures**

La courbe ci-dessous présente les températures pour le fichier météo utilisé :



Graphique de températures sur l'année de la station météo de référence (Trappes - Moyen)

2.4 ZONING THERMIQUE

Une zone thermique est un regroupement de pièces ayant un fonctionnement « identique » à savoir :

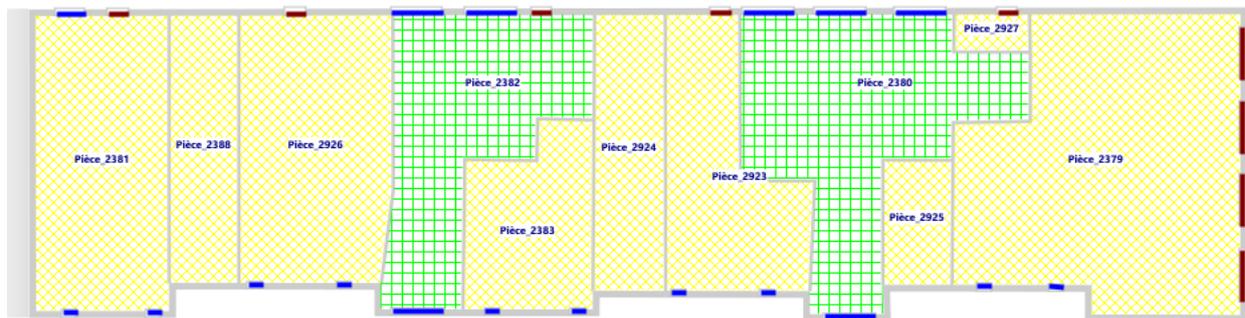
- un comportement proche au niveau thermique.
- des scénarios de fonctionnement identiques.

Le moteur de calcul considère la zone comme une entité unique. Les résultats de la simulation sont relatifs à la zone et non à chaque pièce de la zone.

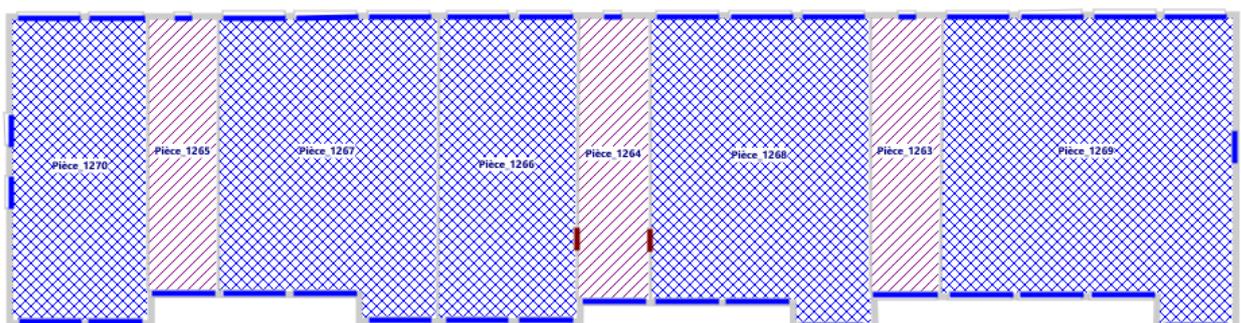
Chaque zone est associée aux scénarii décrits dans les chapitres à suivre, à savoir :

- Scénarii d'occupation ;
- Scénarii de température ;
- Scénarii de puissances dissipées ;
- Scénarii d'éclairage ;
- Scénarii de besoins d'ECS.

Le zonage effectué est présenté ci-après :

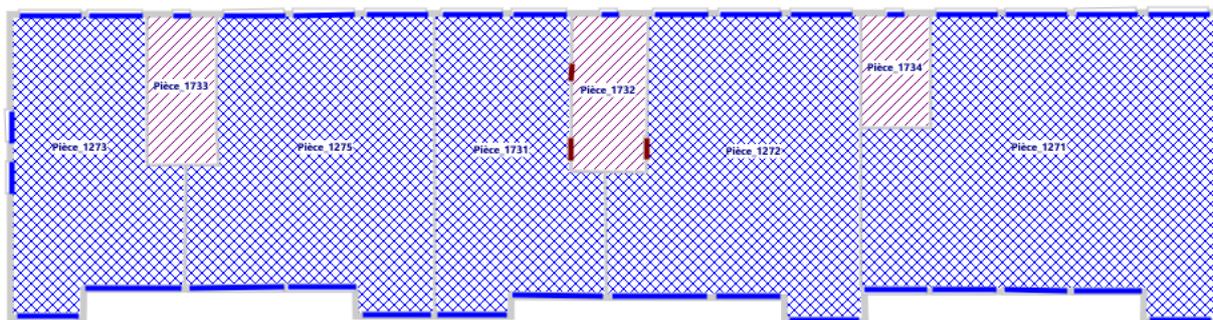


Plan de zonage thermique du sous sol

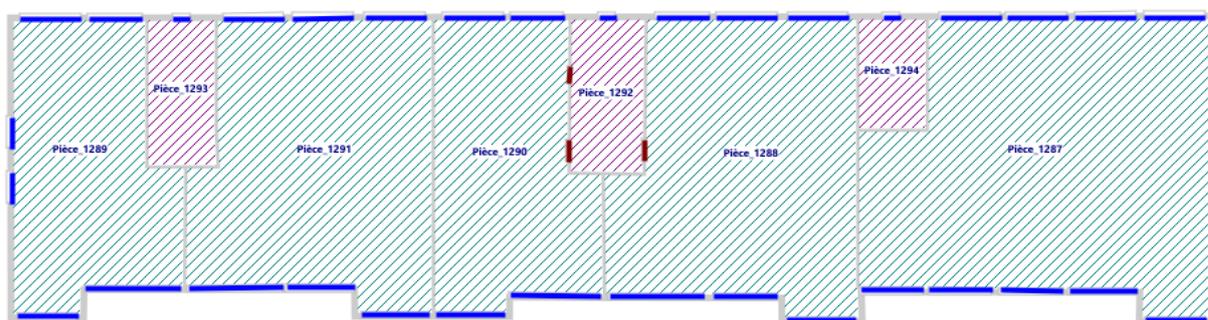


Plan de zonage thermique du RDC

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 15
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG



Plan de zonage thermique du R+1-R+2



Plan de zonage thermique du R+3

Légende :

	BAT H - LNC		BAT H RDC R+1 R+2
	BAT H - Communs		BAT H R+3

2.4.1 Période de chauffe

La période de chauffe est définie de début-octobre jusqu'à début juin.

2.4.2 Consignes de chauffage

La consigne de température retenue pour réaliser l'étude est la suivante : température de consigne de 21°C avec un réduct de température la nuit.

2.4.3 Occupation

Le scénario d'occupation décrit le nombre de personnes présentes sur une plage de temps de 24h. Plus le nombre de personnes est élevé dans une pièce et plus les apports internes liés à l'occupation seront élevés également.

○ Logement :

Valeur/Jour/Semaine		Année																									
Valeurs																											
<input checked="" type="checkbox"/>	S	Nom	Unité																								
<input type="checkbox"/>		Valeur 1	0.016 Occup./m²																								
<input type="checkbox"/>		Valeur 2	0.022 Occup./m²																								
Jours																											
<input checked="" type="checkbox"/>	S	Nom	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
<input type="checkbox"/>		L Ma J V	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02									0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
<input type="checkbox"/>		Me	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02				0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
<input type="checkbox"/>		Week end	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	
Semaines																											
<input checked="" type="checkbox"/>	S	Nom	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche																		
<input type="checkbox"/>		Semaine	L Ma J V	L Ma J V	Me	L Ma J V	L Ma J V	Week end	Week end																		

2.4.4 Ventilation

La ventilation existante est de type ventilation naturelle : des entrées d'air sont installées en partie basse des pièces de vie (chambres et salon) et des sorties d'air sont installées en partie haute des locaux à pollution spécifique (sanitaires/salles de bain, cuisines) reliées à une gaine permettant d'évacuer tous les rejets en toiture. La ventilation repose alors sur le phénomène de tirage thermique. Elle est donc très importante en hiver, quand la différence de température entre l'extérieur et l'intérieur est plus élevée. En revanche elle est plus faible (et souvent trop faible) en été, il faut alors ouvrir les fenêtres pour assurer un renouvellement d'air efficace.

- **Analyse critique :**

Cette installation pourrait évoluer vers une ventilation mécanique, permettant d'assurer une ventilation constante au cours du temps et des saisons. Cependant, les travaux à engager seraient coûteux et lourds de conséquence car réalisées en site occupé.

De plus une ventilation mécanique permettrait un brassage d'air plus important mais causerait un surcoût de consommation de chauffage et d'électricité avec l'ajout d'un moteur d'extraction électrique.

Aucun problème d'air vicié n'ayant été relevé, le maintien de la ventilation existante est préconisé.

2.4.5 Étanchéité

Au regard de la date de construction de la résidence, une valeur d'étanchéité à l'air légèrement dégradée par rapport à la valeur par défaut est prise en compte, à savoir 2 m³/h.m² sous 4 Pa.

2.4.6 Apports internes

La puissance dissipée est exprimée en W/m².

Chaque appareil consommant de l'électricité pour fonctionner dégage automatiquement de la chaleur par effet joule. Elle doit donc être prise en compte dans la simulation énergétique dynamique.

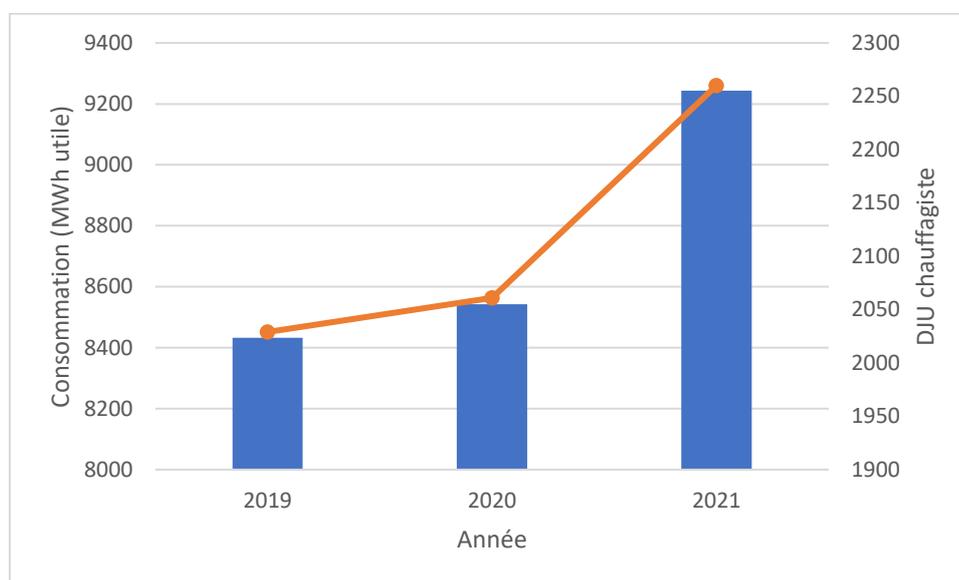
2.5 RESULTATS DES PERFORMANCES ÉNERGETIQUES ISSUS DE LA SIMULATION DES BÂTIMENTS EXISTANTS

2.5.1 Consommations énergétiques réelles issues factures

Les rapports COFELY transmis sont les bilans d'exploitation des années 2020 et 2021. L'analyse est donc effectuée sur 3 années consécutives pour l'ensemble des bâtiments de la Résidence.

Les DJU sont comparés aux consommations de chauffage afin de vérifier si l'augmentation des consommations est liée à une rigueur climatique plus importante qu'une autre année.

Le chauffage de l'eau pour la production d'ECS, lié aux consommations de chauffage, est également étudié.



Graphique – bilan de consommations et DJU (source : rapport de synthèse Energie service)

La représentation graphique des consommations de chauffage et celle des DJU a été tracée sur le graphique précédent pour faciliter l'analyse des consommations constatées.

L'analyse effectuée est la suivante : les consommations de chauffage et d'ECS sont relativement stables au cours des 3 années hormis durant l'année 2021 où l'on observe une hausse de consommation. Cela est cohérent au regard des valeurs de DJU rencontrées, plus élevées en 2021 qu'en 2019 et 2020.

En comparaison de l'audit effectué en 2015, la consommation d'ECS a fortement diminué. Cela s'explique par les travaux effectués depuis cette date. Les deux chaudières gaz ont été remplacées par deux chaudières gaz GUILLOT LRR – 1 990 kW, présentant des caractéristiques plus performantes que les anciennes.

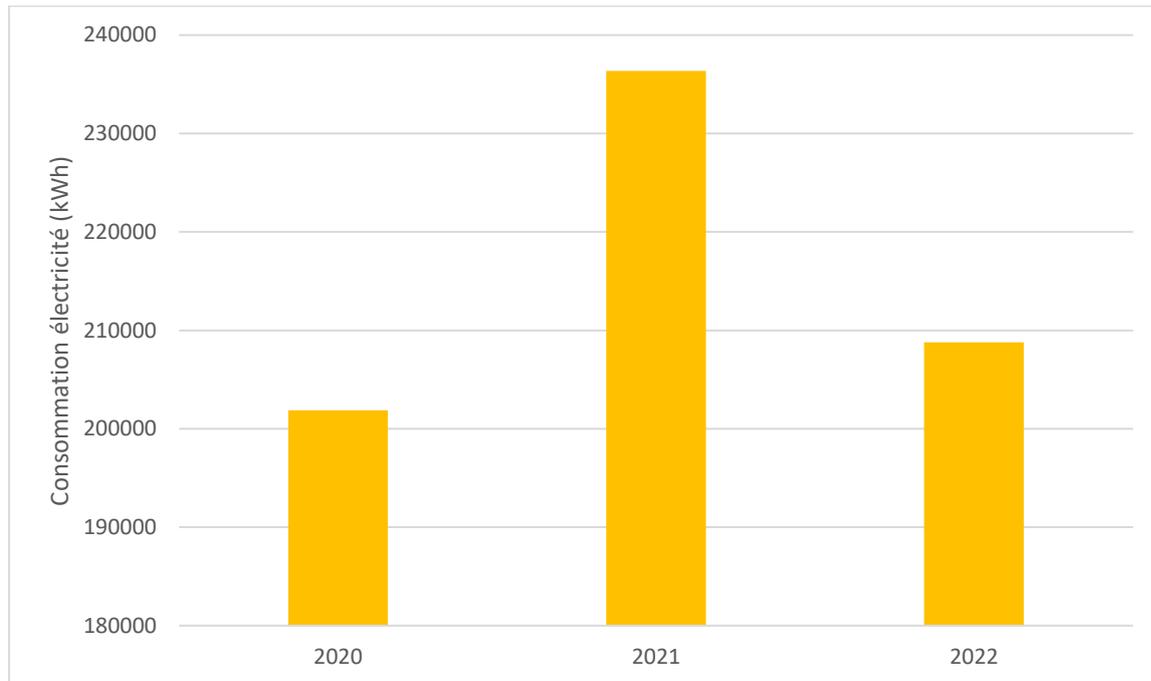
Consommation ECS	
Consommation ECS 2014	1 945 MWh
Consommation ECS 2021	1 111 MWh

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 19
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

2.5.2 Bilan électrique

Le graphique ci-dessous comprend le bilan de la consommation électrique facturée à l'échelle de l'ensemble de la Résidence.

Ces factures correspondent à l'électricité consommée dans les parties communes (chaufferie, sous-station, éclairage, prises pour travaux, ménage) :



Graphique – bilan de consommations électrique 2020,2021,2022

- les consommations électriques oscillent de 17% environ entre 2020 et 2021. Cela peut s'expliquer par la rigueur climatique plus froide rencontrée en 2021, demandant aux pompes de distribution de fonctionner de manière plus intensive que durant les autres années (2020 et 2022).

2.5.3 Ecart entre consommations calculées et consommations réelles

Afin de valider la cohérence du modèle numérique, nous considérons que l'écart de consommations acceptable entre les consommations calculées et les consommations réelles est de 5%.

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 20
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

Méthode de calcul

Principe

L'impact des solutions évoquées ci-dessus est étudié par Simulation Thermique Dynamique (STD). Une STD présente l'avantage d'être entièrement paramétrable ; c'est-à-dire que toutes les hypothèses d'entrées (occupation, apports internes, ventilation, étanchéité à l'air, occultations) sont à définir.

L'étude paramétrique est donc plus fine et proche de la réalité que par l'intermédiaire d'un calcul statique réglementaire (scenarii figés, non paramétrables).

Validation du modèle

La confrontation des bilans de consommation des 3 dernières années avec les résultats de STD a permis d'ajuster le modèle thermique en fonction des consommations réelles.

Afin d'y parvenir, les 2 paramètres ajustés (les plus hypothétiques) ont été :

- le **rendement d'exploitation** (équipements, distribution). La STD fournit des résultats sous forme de besoins (kWh d'énergie utile), auxquels il faut appliquer le rendement d'exploitation pour le convertir en kWh d'énergie finale (facturés). Il est considéré à 80% dans notre étude.

$$\text{Rendement d'exploitation} = \eta_{\text{production}} \times \eta_{\text{distribution}} \times \eta_{\text{émission}} \times \eta_{\text{régulation}}$$

Avec :

- $\eta_{\text{production}} = 98\%$
- $\eta_{\text{distribution}} = 90\%$
- $\eta_{\text{émission}} = 95\%$
- $\eta_{\text{régulation}} = 95\%$

Soit un rendement d'exploitation global de 80%.

- le **taux de renouvellement d'air** (infiltrations et ventilation naturelle).

Ces 2 paramètres ont été modulés dans des proportions réalistes par rapport à des valeurs couramment rencontrées. L'objectif étant, dans ces limites, de stabiliser le modèle thermique avant simulation des pistes d'amélioration unitaire.

Le tableau ci-dessous récapitule les résultats obtenus et valide le modèle thermique en comparaison **avec l'année de référence 2021**.

Paramètre	2021
Besoins chauffage STD	6755 MWh
Consommation chauffage STD	8444 MWh
Consommation chauffage Energie service	8133 MWh
Ecart	3,82%
Modèle validé < 5% erreur relative	Modèle validé
DJU STD	2260
DJU 2021	2260

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 21
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

Les consommations d'électricité en 2021 s'élèvent à 236 375 kWh, soit environ 5 kWh/m², ce qui est cohérent au regard de l'usage du bâtiment (peu de consommation d'électricité dans les communs).

Résultats de simulation

Les caractéristiques techniques choisies pour chacun des paramètres d'enveloppe testés figurent dans le tableau de synthèse ci-dessous.

Les choix ont été guidés soit par une réalité thermique, soit dans l'optique d'être éligibles au Certificats d'Economie d'Energie (CEE).

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 22
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

CHAPITRE 3 PRÉCONISATIONS ENERGETIQUES

Les préconisations proposées dans ce paragraphe visent à améliorer 2 points :

- **Réduction des charges de chauffage** grâce à l'amélioration de l'enveloppe thermique,
- **Amélioration du confort** par annulation du phénomène de paroi froide.

Les solutions unitaires suivantes ont donc été étudiées :

1. Mise en place d'une isolation thermique par l'extérieur,
2. Remplacement de l'ensemble des menuiseries simple vitrage en double vitrage,
3. Remplacement des portes vitrées simple vitrage halls d'entrées par du double vitrage,
4. Mise en place d'une ventilation mécanique (VMC) de type hygro B,
5. Réduction de la consigne de température de 2°C, soit 19°C effectifs,
6. Mise en place de robinets thermostatiques couplée à la mise en œuvre d'une panoplie de pompes à débit variable sur chaque sous station.

Les caractéristiques techniques des solutions étudiées sont les suivantes :

Variante	Intitulé	Caractéristiques techniques	Commentaires
1	Isolation extérieure	Cas 1 : 20mm mousse résolique+20mm isolant sous vide en jouée 20mm mousse résolique+20mm isolant sous vide en allège R _{tot} =3,70 m ² .K/W Cas 2 : Mousse résolique 40 mm R=1,70 m ² K/W	Éligibilité CEE cas 1 (Seuil : R=3,70 m ² .K/W) Non éligibilité CEE cas 2
2	Double vitrage Cadre bois	U _w =1,60 W/m ² .K S _w =50%	Éligibilité CEE (Seuils : U _w ≤ 1,70 W/m ² .K et S _w ≥ 36%)
3	Isolation des halls d'entrées	U _w =1,60 W/m ² .K S _w =50%	Éligibilité CEE (Seuils : U _w ≤ 1,70 W/m ² .K et S _w ≥ 36%)
4	VMC simple flux hygro B	Entrées d'air en menuiseries et bouches d'extraction en salles de bain/WC/cuisines	
5	Réduction de la consigne à 19°C		Passage de la température de consigne à 19°C avec réduit la nuit de 2°C
6	Robinetts thermostatiques Mise en place de pompe à débit variable	Variation temporelle robinet : 0,2 °K Pompe à débit variable permettant d'adapter le débit aux besoins thermiques réels	Solutions qui nécessitent d'être couplées Éligibilité aux CEE

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 23
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

3.1 OPTIMISATIONS LIÉES AU BÂTI

Estimations

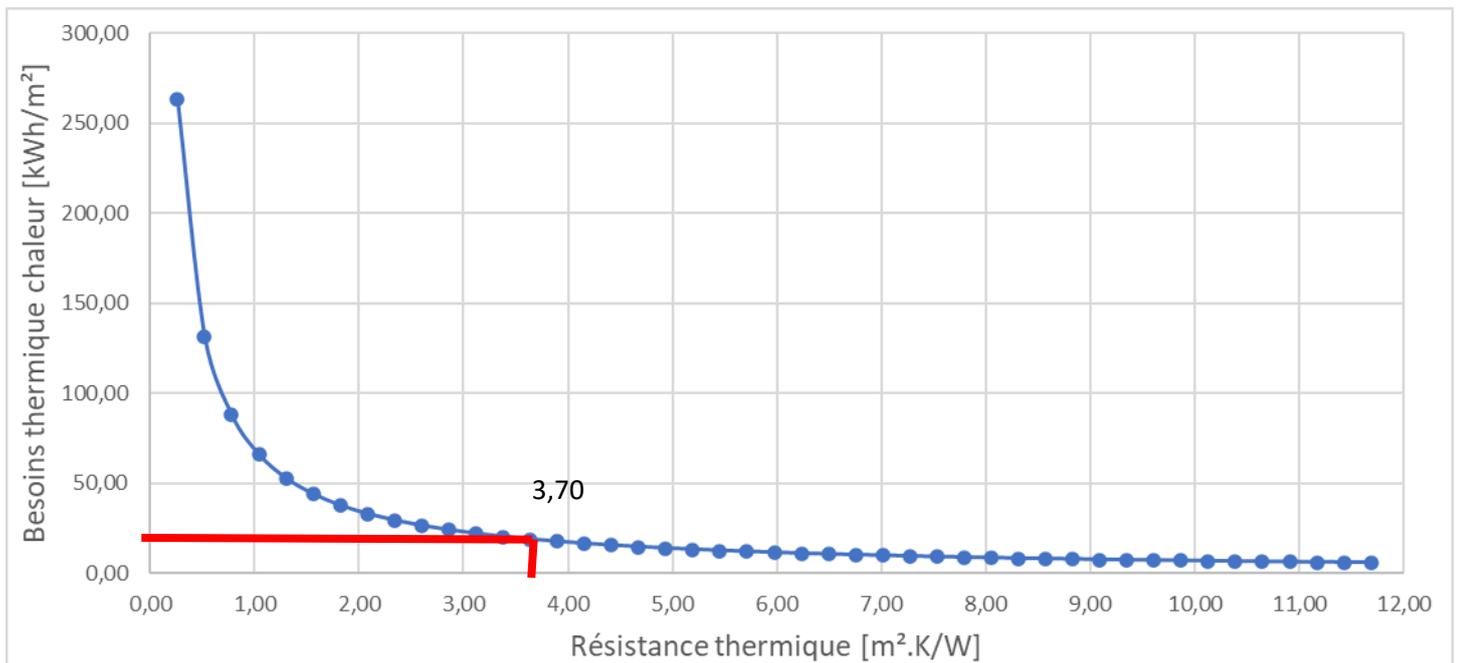
Les coûts de travaux des différentes améliorations unitaires proposées sont répertoriés ci-après. Il convient de souligner que ces prix sont des estimations soumises aux aléas liés aux incertitudes à ce stade du projet (diagnostic).

3.1.1 Isolation des murs extérieurs en ITE

La présente préconisation considère la mise en place d'une isolation :

- Des murs donnant sur l'extérieur avec une isolation par l'extérieur ;
- La fourniture et la pose d'un isolant de 20mm type Kingspan OPTIM-R R=2,85m²K/W avec 20mm de KINGSPAN Kooltherm K5 R= 0,85 m².K/W ($\lambda = 0.022 \text{ W/m}^2.\text{K}$). Résistance thermique totale = 3,70 m²K/W ;
- Surface estimée : 9 486 m².

L'isolation des parois non isolées donnant sur l'extérieur est indispensable pour réduire les déperditions thermiques. Voici une courbe qui présente les besoins de chauffage en fonction de la résistance thermique d'un isolant moyen. La courbe suit une asymptote verticale : les besoins thermiques sont fortement diminués après ajout d'isolant thermique.



La résistance thermique est le rapport de l'épaisseur avec la conductivité thermique de l'isolant.

La simulation a permis de montrer que la mise en place d'une ITE en allège de fenêtre et en jouée de mur permet de diminuer les consommations globales de **20%**.

De plus, la résistance thermique indiquée permet d'être **éligible** au certificat d'économie d'énergie (R=3,70m²K/W).

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 24
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

Fiche N°1		Isolation des murs extérieurs ITE selon programme		ENVELOPPE
Défaut technique et/ou d'inconfort				
Description du défaut				
Les murs extérieurs de la résidence ne sont pas isolés				
Impact sur la consommation		Impact sur le confort		
Hausse des déperditions		Inconfort thermique		
Hausse des consommations				
Préconisation				
Proposition d'amélioration				
Isolation de 20mm en polyuréthane type KINGSPAN OPTIM-R ou équivalent . R=2,85 m².K/W λ=0,022 W/m.K avec 20mm de KINGSPAN Kooltherm K5 R=0,85m²K/W en allège de fenêtre et jouée de balcon Rtotale = 3,70 m²K/W				
Objectifs				
Réduire les déperditions et par conséquent les besoins de chauffage Améliorer le confort thermique des occupants en hiver				
Investissement				
Travaux d'économie d'énergie				
Fourniture et pose de l'isolant		6 640 343	€	H.T.
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO....		10%	0	€ H.T.
Aléas		5%	0	€ H.T.
		TOTAL	6 640 343	€ HT
		TOTAL	7 005 561	€ TTC
Impact potentiel				
Consommations	Gaz	avant travaux	9 555 000	kWh/an
Consommations	Gaz	après travaux	7 561 763	kWh/an
Consommations	Electricité	avant travaux	236 375	kWh/an
Consommations	Electricité	après travaux	236 375	kWh/an
Gain énergétique	Gaz		1 993 238	kWh/an
Gain énergétique	Electricité		0	kWh/an
Gain global en EF			20,36	%
Gain CO2			452 465	kgCO2 eq
Gain financier			179 391	€/an
Gain sur 30 ans			5 381 741	€
Éligibilité CEE			233 223	€
Retour sur investissement				
Brut			37	années
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3 %)			25	années
Avantages		Inconvénients		
Diminution des consommations		Coût élevé		
Réduction des ponts thermiques de plancher intermédiaire				
Bonne inertie thermique				
Meilleur confort d'été comparativement à une solution de type ITI				
Permet d'être éligible aux CEE (R>3,70m²K/W)				

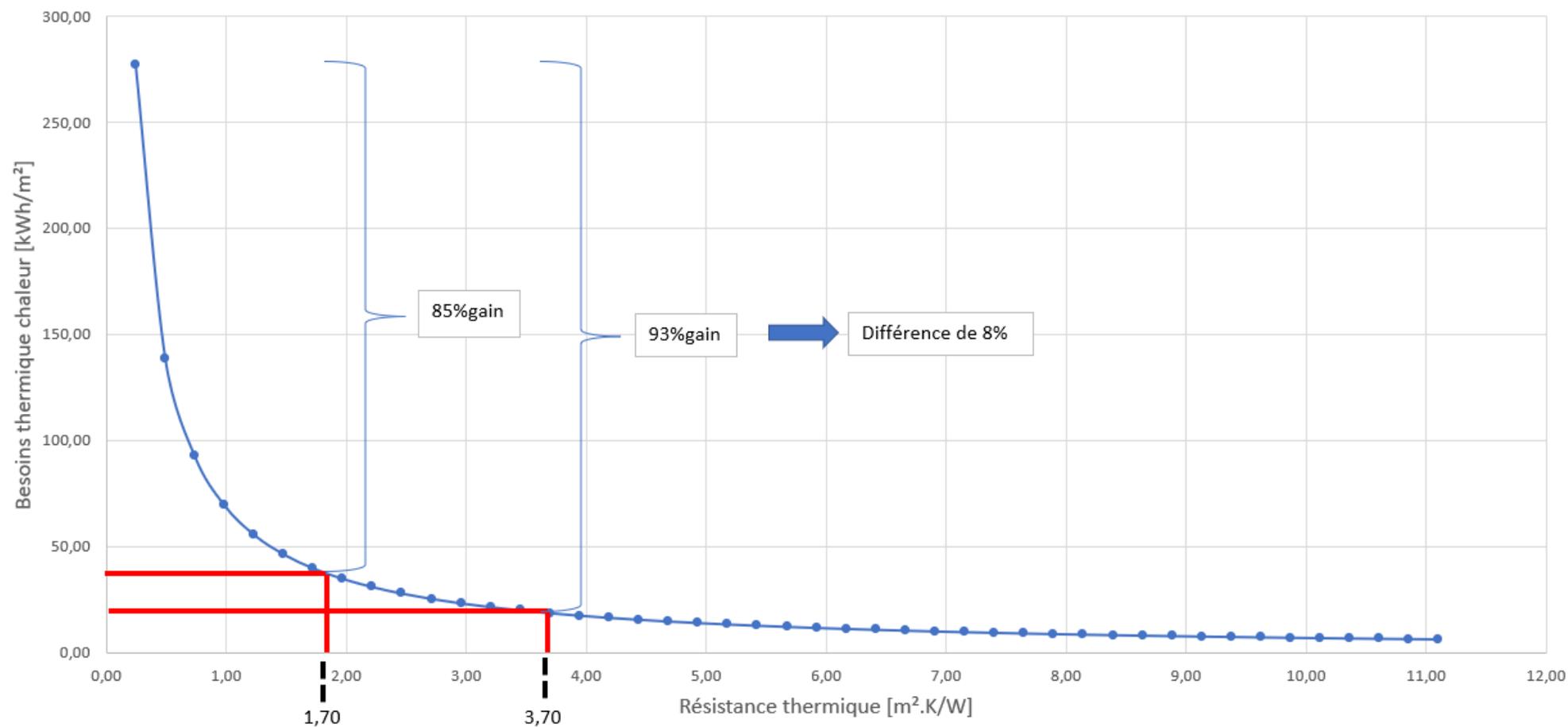
N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 25
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

Variante économique avec la mise en place d'une isolation par l'extérieure :

- Des murs donnant sur l'extérieur avec une isolation par l'extérieur (en mousse résolique);
- La fourniture et la pose d'un isolant avec 40mm de type KINGSPAN Kooltherm K5 R= 1,70 m².K/W ($\lambda = 0.022 \text{ W/m}^2.\text{K}$).
- Surface estimée : 9 486 m².

Fiche N°1		Isolation des murs extérieurs ITE selon programme		ENVELOPPE
Défaut technique et/ou d'inconfort				
Description du défaut				
Les murs extérieurs de la résidence ne sont pas isolés				
Impact sur la consommation		Impact sur le confort		
Hausse des déperditions Hausse des consommations		Inconfort thermique		
Préconisation				
Proposition d'amélioration				
Isolation de 40mm en mousse résolique type KINGSPAN K5 ou équivalent . R=1,70 m ² .K/W $\lambda=0,022 \text{ W/m.K}$ en allège de fenêtre et jouée de balcon				
Objectifs				
Réduire les déperditions et par conséquent les besoins de chauffage Améliorer le confort thermique des occupants en hiver				
Investissement				
Travaux d'économie d'énergie				
Fourniture et pose de l'isolant		5 099 651	€	H.T.
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO....		10%	0	€ H.T.
Aléas		5%	0	€ H.T.
		TOTAL	5 099 651	€ HT
		TOTAL	5 380 132	€ TTC
Impact potentiel				
Consommations	Gaz	avant travaux	9 555 000	kWh/an
Consommations	Gaz	après travaux	7 709 750	kWh/an
Consommations	Electricité	avant travaux	236 375	kWh/an
Consommations	Electricité	après travaux	236 375	kWh/an
Gain énergétique	Gaz		1 845 250	kWh/an
Gain énergétique	Electricité		0	kWh/an
Gain global en EF			18,85	%
Gain CO2			418 872	kgCO2 eq
Gain financier			166 073	€/an
Gain sur 30 ans			4 982 175	€
Éligibilité CEE			233 223	€
Retour sur investissement				
Brut			31	années
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3 %)			22	années
Avantages			Inconvénients	
Diminution des consommations Réduction des ponts thermiques de plancher intermédiaire Bonne inertie thermique Meilleur confort d'été comparativement à une solution de type ITI			Coût élevé Ne permet pas d'être éligible aux CEE (R=3,70m ² K/W)	

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 26
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG



La différence de gain entre les deux variantes est estimée à 8% entre les deux solutions. D'un point de vue technico-économique il est préférable d'opter pour la solution 2 (variante). En revanche, au regard des performances thermiques, cette solution ne permet pas d'être éligible aux certificats d'économies d'énergies.

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 27
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

3.1.2 Remplacement des menuiseries simple vitrage en double vitrage

La présente préconisation considère le remplacement des menuiseries simple vitrage par des menuiseries en double vitrage :

- $U_w=1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Surface estimée : 4 439 m²
- Hypothèse coût : 500€/m²

Fiche N°2		Remplacement des menuiseries simple vitrage		ENVELOPPE
Défaut technique et/ou d'inconfort				
Description du défaut				
Une partie des menuiseries est en simple vitrage ce qui est peu performant thermiquement				
Impact sur la consommation		Impact sur le confort		
Hausse des consommations		Sensation de paroi froide		
Préconisation				
Proposition d'amélioration				
Remplacement des menuiseries simple vitrage par des menuiseries en double vitrage $U_w = 1,6\text{W/m}^2\text{K}$				
Objectifs				
Réduire les consommations Améliorer le confort thermique				
Investissement				
Travaux d'économie d'énergie				
Fourniture et pose des menuiseries		2 219 500	€ H.T.	
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO....		10%	221 950	€ H.T.
Aléas		5%	122 073	€ H.T.
		TOTAL	2 563 523	€ HT
		TOTAL	2 704 516	€ TTC
Impact potentiel				
Consommations	Gaz	avant travaux	9 555 000 kWh/an	
Consommations	Gaz	après travaux	7 829 164 kWh/an	
Consommations	Electricité	avant travaux	236 375 kWh/an	
Consommations	Electricité	après travaux	236 375 kWh/an	
Gain énergétique	Gaz		1 725 836 kWh/an	
Gain énergétique	Electricité		0 kWh/an	
Gain global en EF			17,63 %	
Gain CO2			469 427 kgCO2 eq	
Gain financier			155 325 €/an	
Gain sur 30 ans			4 659 758 €	
Retour sur investissement				
Brut			17 années	
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3 %)			13 années	
Avantages		Inconvénients		
Diminution des consommations Amélioration du confort thermique		Solution rentable à moyen terme		

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 28
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

3.1.3 Remplacement des portes fenêtres des halls vitrés

La présente préconisation considère le remplacement des portes fenêtres simple vitrage par des portes en double vitrage. Les halls d'entrées étant des espaces chauffés, il est inutile de les isoler des logements mitoyens. En revanche, remplacer les portes d'entrées vitrées permettraient de diminuer les déperditions par les parois.

- $U_w=1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Surface estimée : 260 m²
- Hypothèse coût : 500€/m²

Fiche N°3		Isolation des halls d'entrées		ENVELOPPE	
Défaut technique et/ou d'inconfort					
Description du défaut					
Les portes vitrées des halls d'entrées sont en simple vitrage					
Impact sur la consommation			Impact sur le confort		
Hausse des déperditions			Inconfort thermique		
Hausse des consommations					
Préconisation					
Proposition d'amélioration					
Remplacement des portes vitrées en simple vitrage par des portes en double vitrage $U_w = 1,6 \text{ W/m}^2\text{K}$					
Objectifs					
Réduire les déperditions et par conséquent les besoins de chauffage					
Améliorer le confort thermique des occupants en hiver					
Investissement					
Travaux d'économie d'énergie					
Fourniture et pose des portes vitrées				130 000	€ H.T.
Travaux d'accompagnement					
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO....		10%	13 000	€ H.T.	
Aléas		5%	7 150	€ H.T.	
			TOTAL	150 150	€ HT
			TOTAL	158 408	€ TTC
Impact potentiel					
Consommations	Gaz	avant travaux	9 555 000 kWh/an		
Consommations	Gaz	après travaux	9 480 763 kWh/an		
Consommations	Electricité	avant travaux	236 375 kWh/an		
Consommations	Electricité	après travaux	236 375 kWh/an		
Gain énergétique	Gaz		74 237 kWh/an		
Gain énergétique	Electricité		0 kWh/an		
Gain global en EF			0,76 %		
Gain CO2			20 192 kgCO2 eq		
Gain financier			6 681 €/an		
Gain sur 30 ans			200 440 €		
Éligibilité CEE					
Retour sur investissement					
Brut			22 années		
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3 %)			17 années		
Avantages			Inconvénients		
Diminution des consommations			Coût élevé		

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 29
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

3.1.4 Mise en place d'une ventilation mécanique simple flux hygro B

La présente préconisation considère la mise en place d'une ventilation mécanique hygroréglable de type B permettant d'assurer une ventilation continue durant la journée. Ce type de ventilation ne permet pas de réaliser des économies d'énergies, en revanche cela améliore la qualité de l'air intérieur, véritable enjeu de santé public aujourd'hui. Actuellement, les résidences disposent de conduit « shunt » assurant une ventilation naturelle par effet de tirage thermique. Le débit de renouvellement d'air est donc non constant et varie en fonction des conditions extérieures.

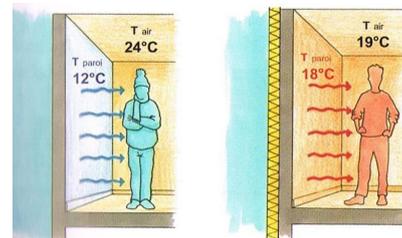
La **VMC Hygro B** n'est pas jugée prioritaire au regard des enjeux énergétiques du projet.

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 30
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

3.1.5 Diminution de la température de consigne de 2°C

Cette préconisation considère le passage de la température de consigne initialement fixé à 21°C à une température de 19°C intégrant un réduit de température à 17°C la nuit.

En cas de travaux d'isolation extérieur, la perte de confort thermique liée à la diminution de la température de consigne de 2°C sera compensée par une température de paroi plus élevée qui minimise le gradient de température entre l'air ambiant et la température de surface du mur coté intérieur comme le montre ce schéma :



Fiche N°5		Diminution de la temperature de consigne de 2°C		SYSTÈME
Défaut technique et/ou d'inconfort				
Description du défaut				
Température de consigne à 21°C				
Impact sur la consommation		Impact sur le confort		
Hausse des consommations		-		
Préconisation				
Proposition d'amélioration				
Passage à une température de consigne de 19°C avec réduit à 17°C la nuit				
Objectifs				
Réduire les consommations				
Investissement				
Travaux d'économie d'énergie				
Investissement				0 € H.T.
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO....		10%		0 € H.T.
Aléas		5%		0 € H.T.
		TOTAL		0 € HT
		TOTAL		0 € TTC
Impact potentiel				
Consommations	Gaz	avant travaux	9 555 000 kWh/an	
Consommations	Gaz	après travaux	7 811 474 kWh/an	
Consommations	Electricité	avant travaux	236 375 kWh/an	
Consommations	Electricité	après travaux	236 375 kWh/an	
Gain énergétique	Gaz		1 743 526 kWh/an	
Gain énergétique	Electricité		0 kWh/an	
Gain global en EF			17,81 %	
Gain CO2			474 239 kgCO2 eq	
Gain financier			156 917 €/an	
Gain sur 30 ans			4 707 521 €	
Retour sur investissement				
Brut			0 années	
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3 %)			0 années	
Avantages			Inconvénients	
Diminution des consommations				

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 31
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

3.1.6 Mise en place de robinets thermostatiques couplée avec des pompes à débit variables

Cette préconisation implique le remplacement des robinets manuels par des robinets thermostatiques. Ce type d'organe de réglage permet de réguler en fonction des besoins réels les débits d'eau entrant dans les radiateurs.



Exemple de robinet thermostatique

Remarque : ce type de préconisation nécessite d'être couplé avec une autre préconisation pour qu'elle puisse être pertinente. En effet, l'avantage du robinet thermostatique est de moduler le débit entrant en fonction des besoins thermiques réels de la zone. Concrètement, une sonde capte la température de la pièce, entraînant une contraction ou une dilatation du système mécanique intrinsèque au robinet. Plus la demande en énergie est élevée et plus les robinets s'ouvrent pour laisser passer un débit suffisant d'eau chaude, de manière à répondre aux besoins et inversement. C'est pour cela que ce type de système nécessite d'être couplé avec des auxiliaires de distribution ayant la capacité de faire varier automatiquement leur vitesse en fonction des variations de pression générées par la mécanique d'ouverture et de fermeture des robinets thermostatiques (**les pompes du réseau secondaire fonctionnent actuellement à débit constant**).

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 32
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

Fiche N°6		+ Mise en place de pompes à débit variable - réseau secondaire sous station		SYSTEME
Mise en place de robinets thermostatiques				
Défaut technique et/ou d'inconfort				
Description du défaut				
Présence de nombreux robinets manuels au niveau des radiateurs terminaux				
Impact sur la consommation		Impact sur le confort		
Mauvaise régulation Hausse des consommations d'énergie		Aucun		
Préconisation				
Proposition d'amélioration				
Remplacement par des robinets thermostatiques Variation temporelle = 0,2K				
Objectifs				
Réduire les consommations				
Investissement				
Travaux d'économie d'énergie				
Fourniture et pose des robinets thermostatiques		277 000		€ H.T.
Fourniture et pose pompes à débit variable				
Travaux d'accompagnement				
Maîtrise d'œuvre, OCT, DO...		10%		27 700 € H.T.
Aléas		5%		15 235 € H.T.
		TOTAL		319 935 € HT
		TOTAL		337 531 € TTC
Impact potentiel				
Consommations	Gaz	avant travaux	9 555 000 kWh/an	
Consommations	Gaz	après travaux	9 250 000 kWh/an	
Consommations	Electricité	avant travaux	236 375 kWh/an	
Consommations	Electricité	après travaux	213 177 kWh/an	
Gain énergétique	Gaz		305 000 kWh/an	
Gain énergétique	Electricité		23 198 kWh/an	
Gain global en EF			3,35 %	
Gain CO2			84 445 kgCO2 eq	
Gain financier			31 162 €/an	
Gain sur 30 ans			934 850 €	
Eligibilité CEE			27 014 €	
Retour sur investissement				
Brut				10 années
Avec prise en compte de l'inflation de l'énergie (3 %)				9 années
Avantages		Inconvénients		
Temps de retour sur investissement court Permet une régulation plus fine de la température		Nécessite d'intervenir à l'intérieur des logements Nécessite d'être couplé avec des pompes à vitesse variable pour ne pas dégrader les performances du circulateur		

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 33
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

3.2 BOUQUET DE TRAVAUX

Comme prévu au lancement de l'étude, les travaux préconisés sont regroupés selon trois scenarios distincts :

- Scénario performance MaPrimRenov' : réalisation des travaux permettant d'atteindre le seuil des 35% exprimé en énergie primaire,
- Scénario multicritère : réalisation de travaux permettant d'atteindre un objectif de 50% de réduction des consommations quel que soit le temps de retour sur investissement,
- Scénario économique : réalisation de travaux à moindre coût avec un temps de retour sur investissement moyen.

3.2.1 Scénario 1 – Performance – Cas 1 isolation avec une résistance thermique de 3,70m²K/W

Ce bouquet intègre les solutions les plus performantes d'un point de vue énergétique.

Les solutions retenues sont les suivantes :

Optimisation
Isolation des murs extérieurs ITE selon programme
Remplacement des menuiseries simple vitrage
Mise en place de robinets thermostatiques + Mise en place de pompes à débit variable - réseau secondaire sous station

Le bilan énergétique et financier du bouquet de travaux est le suivant :

		BOUQUET Performance
Bilan énergétique	Consommation gaz avant travaux	9 555 000 kWh
	Consommation gaz après travaux	5 681 220 kWh
	Gain énergétique gaz STD	3 873 780 kWh
	Consommation électrique avant travaux	236 375 kWh
	Consommation électrique après travaux	213 177 kWh
	Gain énergétique électrique STD	23 198 kWh
	Gain CO2	881 181 kgCO2eq
	Gain global en EF	40%
	Gain global en EP	39%

Bilan économique	Investissement	9 136 842,65 €
	Economie réalisée par an	352 352 €
	Economie réalisée sur 30 ans	10 570 555 €
	Temps de retour sur investissement	30 ans
	Temps de retour sur investissement (avec inflation 3%)	21 ans

Les gains générés grâce à la mise en œuvre d'une ITE, de menuiseries double vitrage généralisées ainsi que la mise en place de robinets thermostatiques couplée à des pompes de distribution à débit variable

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 34
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

permettent de respecter de peu le critère d'obtention des subventions dans le cadre du dispositif MaPrimeRenov', à savoir obtenir un gain global de 35% exprimé en énergie primaire.

Le gain global est estimé à 39% en énergie primaire.

Le temps de retour sur investissement est estimé à 21ans avec prise en compte de 3% d'inflation.

Le confort thermique d'hiver est également amélioré avec la mise en place de doubles vitrages généralisés diminuant fortement le risque de phénomène de paroi froide.

3.2.1 Scénario 1 – Performance – Cas 2 isolation avec une résistance thermique de 1,70m²K/W

Ce bouquet intègre les solutions les plus performantes d'un point de vue énergétique.

Les solutions retenues sont les suivantes :

Optimisation
Isolation des murs extérieurs ITE selon programme
Remplacement des menuiseries simple vitrage
Mise en place de robinets thermostatiques + Mise en place de pompes à débit variable - réseau secondaire sous station

Le bilan énergétique et financier du bouquet de travaux est le suivant :

		BOUQUET Performance
Bilan énergétique	Consommation gaz avant travaux	9 555 000 kWh
	Consommation gaz après travaux	5 824 371 kWh
	Gain énergétique gaz STD	3 730 629 kWh
	Consommation électrique avant travaux	236 375 kWh
	Consommation électrique après travaux	213 177 kWh
	Gain énergétique électrique STD	23 198 kWh
	Gain CO2	848 685 kgCO2eq
	Gain global en EF	38%
	Gain global en EP	37%
Bilan économique	Investissement	8 773 554,23 €
	Economie réalisée par an	339 468 €
	Economie réalisée sur 30 ans	10 184 048 €
	Temps de retour sur investissement	26 ans
	Temps de retour sur investissement (avec inflation 3%)	19 ans

Les gains générés grâce à la mise en œuvre d'une ITE, de menuiseries double vitrage généralisées ainsi que la mise en place de robinets thermostatiques couplée à des pompes de distribution à débit variable permettent de respecter de peu le critère d'obtention des subventions dans le cadre du dispositif MaPrimeRenov', à savoir obtenir un gain global de 35% exprimé en énergie primaire.

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 35
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

Le gain global est estimé à 37% en énergie primaire.

Le temps de retour sur investissement est estimé à 19 ans avec prise en compte de 3% d'inflation.

3.2.2 Scénario 2 - Multicritère

Ce bouquet intègre les solutions les plus performantes d'un point de vue multicritère.

Les solutions retenues sont les suivantes :

Optimisation
Isolation des murs extérieurs ITE selon programme
Remplacement des menuiseries simple vitrage
Mise en place de robinets thermostatiques + Mise en place de pompes à débit variable - réseau secondaire sous station
Diminution de la température de consigne de 2°C

Le bilan énergétique et financier du bouquet de travaux est le suivant :

		BOUQUET Multicritère
Bilan énergétique	Consommation gaz avant travaux	9 555 000 kWh
	Consommation gaz après travaux	4 657 363 kWh
	Gain énergétique gaz STD	4 897 637 kWh
	Consommation électrique avant travaux	236 375 kWh
	Consommation électrique après travaux	213 177 kWh
	Gain énergétique électrique STD	23 198 kWh
	Gain CO2	1 113 596 kgCO2eq
	Gain global de l'état existant en EF	50%
	Gain global de l'état existant en EF	49%

Bilan économique	Investissement	9 136 842,65 €
	Economie réalisée par an	444 499 €
	Economie réalisée sur 30 ans	13 334 971 €
	Temps de retour sur investissement	24 ans
	Temps de retour sur investissement (avec inflation 3%)	18 ans

Le bouquet multicritère permet de générer des économies d'énergie à hauteur de 50%, ce qui est considérable.

Il n'est en revanche pas possible de prendre en compte la valorisation des gains générés par la préconisation « diminution de la température de consigne de 2°C » dans le cadre du dispositif MaPrimRenov' car les gains se calculent sur la base d'une méthode de calcul réglementaire, à partir de scénarii conventionnels bien définis (température de consigne fixe).

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 36
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

3.2.3 Scénario 3 – Economique

Ce bouquet intègre les solutions les plus performantes d'un point de vue énergétique et économique.

Les solutions retenues sont les suivantes :

Optimisation
Isolation des halls d'entrées
Diminution de la température de consigne de 2°C
Mise en place de robinets thermostatiques + Mise en place de pompes à débit variable - réseau secondaire sous station

Le bilan énergétique et financier du bouquet de travaux est le suivant :

		BOUQUET Economique
Bilan énergétique	Consommation gaz avant travaux	9 555 000 kWh
	Consommation gaz après travaux	9 178 242 kWh
	Gain énergétique gaz STD	376 758 kWh
	Consommation électrique avant travaux	236 375 kWh
	Consommation électrique après travaux	213 177 kWh
	Gain énergétique électrique STD	23 198 kWh
	Gain CO2	87 357 kgCO2eq
	Gain global en EF	4%
	Gain global en EP	4%

Bilan économique	Investissement	470 085,00 €
	Economie réalisée par an	37 620 €
	Economie réalisée sur 30 ans	1 128 597 €
	Temps de retour sur investissement	12 ans
	Temps de retour sur investissement (avec inflation 3%)	11 ans

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 37
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

CHAPITRE 4 CONCLUSION

- **Simulation thermique dynamique :**

L'objectif de cette étude était la mise à jour de l'audit énergétique réalisé en 2015 et de vérifier si les travaux de rénovation prévus permettaient de respecter les exigences inscrites dans le cadre du dispositif MaPrimRénov', à savoir l'atteinte d'un gain global de 35% d'économie d'énergie exprimé en énergie primaire.

Nous avons montré, par le biais de cette étude, qu'il est envisageable d'atteindre un gain de 35% pour le bouquet de préconisation « performance » incluant :

- Mise en œuvre d'une isolation par l'extérieure avec un complexe isolant ayant pour caractéristique thermique une résistance de **3,70 m²K/W (cas 1)**.
- Remplacement des menuiseries simple vitrage par des menuiseries double vitrage
- Remplacement des robinets manuels des émetteurs par des robinets thermostatiques couplés avec une panoplie de pompes à débit variable

Le gain obtenu est estimé à environ 40% de gain global en énergie finale et 39% en énergie primaire

Il est également envisageable d'atteindre un gain de 35% pour le bouquet de préconisation « performance » incluant :

- Mise en œuvre d'une isolation par l'extérieure avec un complexe isolant ayant pour caractéristique thermique une résistance de **1,70 m²K/W (cas 2)**.
- Remplacement des menuiseries simple vitrage par des menuiseries double vitrage
- Remplacement des robinets manuels des émetteurs par des robinets thermostatiques couplés avec une panoplie de pompes à débit variable

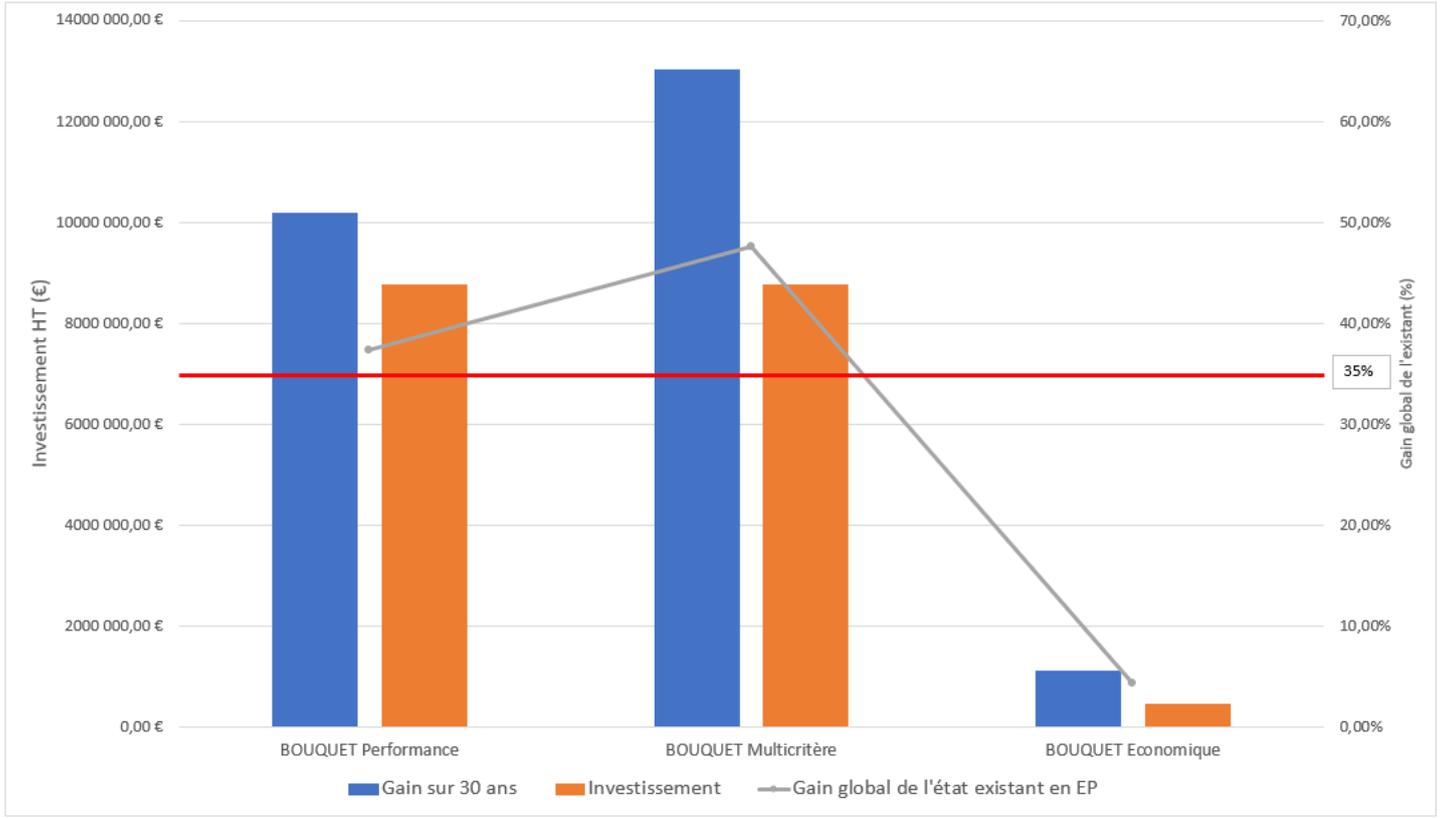
Le gain obtenu est estimé à environ 38% de gain global en énergie finale et 37% en énergie primaire

Au regard du coût économique très élevé de la solution incluant le **cas 1**, il est préférable d'opter pour la solution incluant le cas 2 (Résistance thermique = 1,70 m²K/W) car étant plus intéressant d'un point de vue technico-économique. En revanche, cette solution présente l'inconvénient de ne pas être éligible aux subventions - certificats d'économies d'énergies (demande un R > 3,70 m²K/W) et de ne pas être conforme à la réglementation thermique des bâtiments existant élément par élément.

Nota : Les travaux de rénovation énergétique sont encadrés par la Réglementation Thermique des bâtiments existants. Cette réglementation se divise en deux volets : La réglementation thermique élément par élément et la réglementation globale.

Ces réglementations thermiques imposent soit des performances minimales des produits mis en œuvre pour le volet élément par élément, soit une performance globale du bâtiment pour le volet global avec une diminution des consommations d'au moins 30% par rapport l'état initial.

Le volet de cette réglementation thermique à respecter est fonction de la date de construction du bâtiment, du coût des travaux de rénovation énergétique entrepris et de la valeur forfaitaire et réglementaire du bâtiment (ici, la RT par élément s'applique).



- **Simulation RT existant - bâtiment le plus défavorable :**

Le bâtiment S a été utilisé pour réaliser le calcul RT existant car il est considéré comme étant le plus défavorable pour atteindre le seuil des 35%. (Bâtiment ayant le plus de double vitrage, à savoir 68%). Ce dernier a été réalisé car les subventions MaPrimeRénov' s'obtiennent sur la base du moteur de calcul réglementaire THU.

Les simulations réalisées sont les suivantes :

1) Programme de base :

- Mise en place d'une ITE
- Remplacement des menuiseries simple vitrage

Résultat :

Paramètre	Batiment S	
Cep Initial	233,1	kwhep/m ²
Cep projet	192,3	kwhep/m ²
Gain	17,50%	

2) Variante programme de base :

- Mise en place d'une ITE
- Remplacement des menuiseries simple vitrage
- **Avec robinet thermostatique + pompe à débit variable**

Résultat :

Paramètre	Batiment S	
Cep Initial	233,1	kWhep/m ²
Cep projet	161,2	kWhep/m ²
Gain	30,85%	

Il est difficilement envisageable d'obtenir un gain de 35% EP via la méthode réglementaire avec le programme de base concernant le bâtiment S. La solution variantée avec l'ajout des robinets thermostatiques et des pompes à débit variables ne permet pas non plus d'atteindre le seuil des 35% exprimé en énergie primaire (via la méthode réglementaire).

Remarque : Par ailleurs la méthode RT élément par élément s'appliquant dans le cadre de cette étude (subvention MaPrimeRénov'), la résistance thermique à respecter de l'isolant est de 3,20 m²K/W (depuis le 01 janvier 2023), or ici la résistance thermique de l'isolant étudiée est de 1,7 m²K/W, non conforme à la réglementation thermique des bâtiments existants.

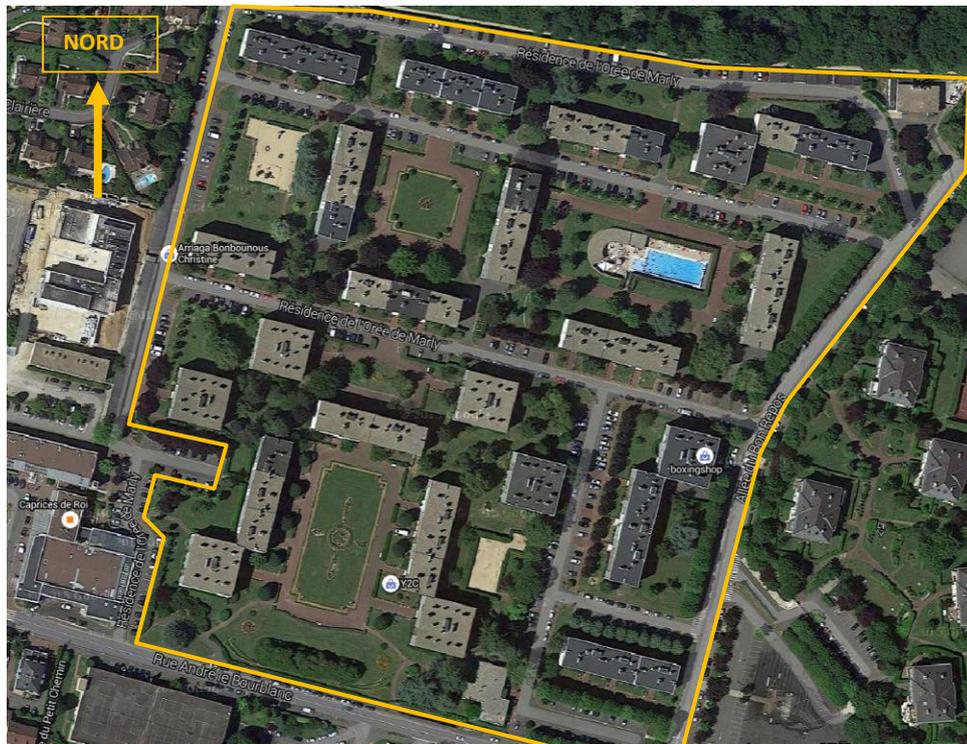
N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 40
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

CHAPITRE 5 ANNEXES

5.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

5.1.1 Localisation de la résidence

Les limites de la résidence et les différents bâtiments la composant sont repérés sur la vue ci-dessous.



Ce plan d'orientation permet l'analyse suivante :

- les orientations des façades principales des bâtiments sont multiples :
 - nord/sud : 17 bâtiments,
 - est/ouest : 6 bâtiments et loge gardien.
- les sollicitations climatiques, et donc les niveaux de confort (notamment été), de chaque bâtiment sont par conséquent très variables.

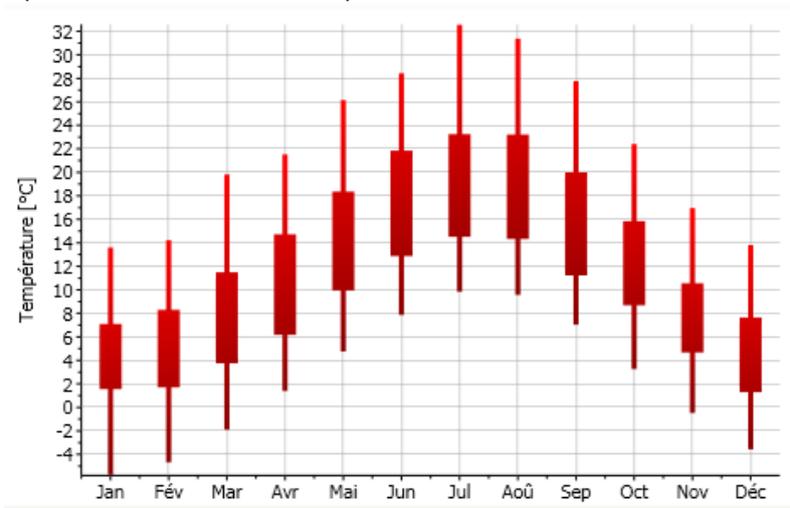
5.1.2 Sollicitations climatiques

Le climat de la région parisienne est de type tempéré océanique dégradé.

Les stations météorologiques de référence sont celles de Trappes pour les données de température et rayonnement et de Montigny-le-Bretonneux pour les données de vent, toutes deux à environ 10 km du site (*Données du logiciel Météonorm 7 et windfinder.com*).

Températures et rayonnement

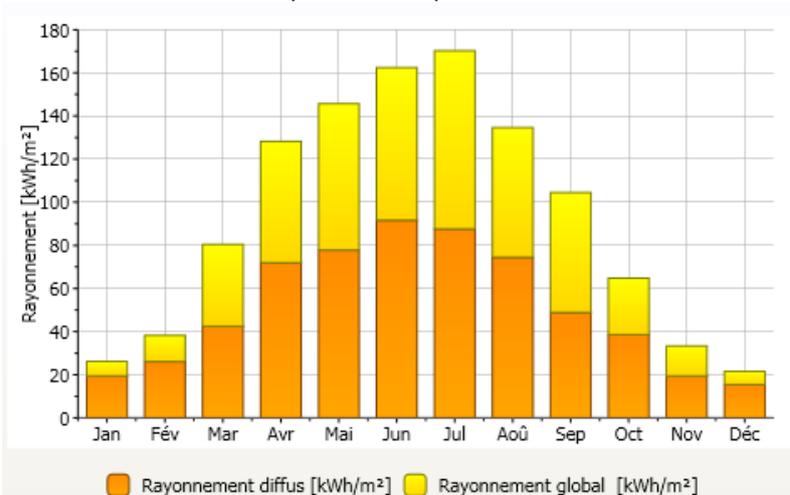
Les données de températures sont celles de la période 2000-2009.



Les températures maximales en été dépassent 28°C (température de confort couramment prise comme référence) en juillet/août.

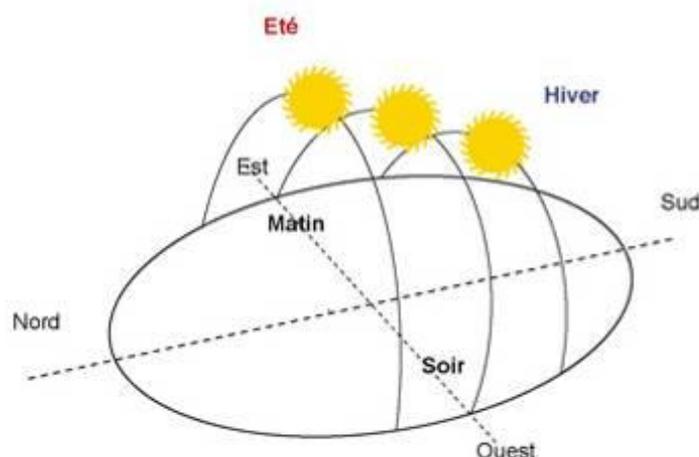
En hiver, les températures minimales atteignent -4°C.

Les données de rayonnement sont une moyenne de la période 1986-2005.



Ce graphique montre que le rayonnement est très variable mensuellement et qu'il est très faible de novembre à février (moins de 40 kWh/m²). Ces données sont indicatives pour illustrer le climat dans son ensemble.

Le schéma suivant, simple, est un rappel de la course du soleil en fonction des saisons, permettant de comprendre comment sont exposées chacune des façades.



Vents dominants

Les données de vents sont une moyenne de la période de septembre 2010 à juin 2015, mesures réalisées tous les jours de 7h à 19h.

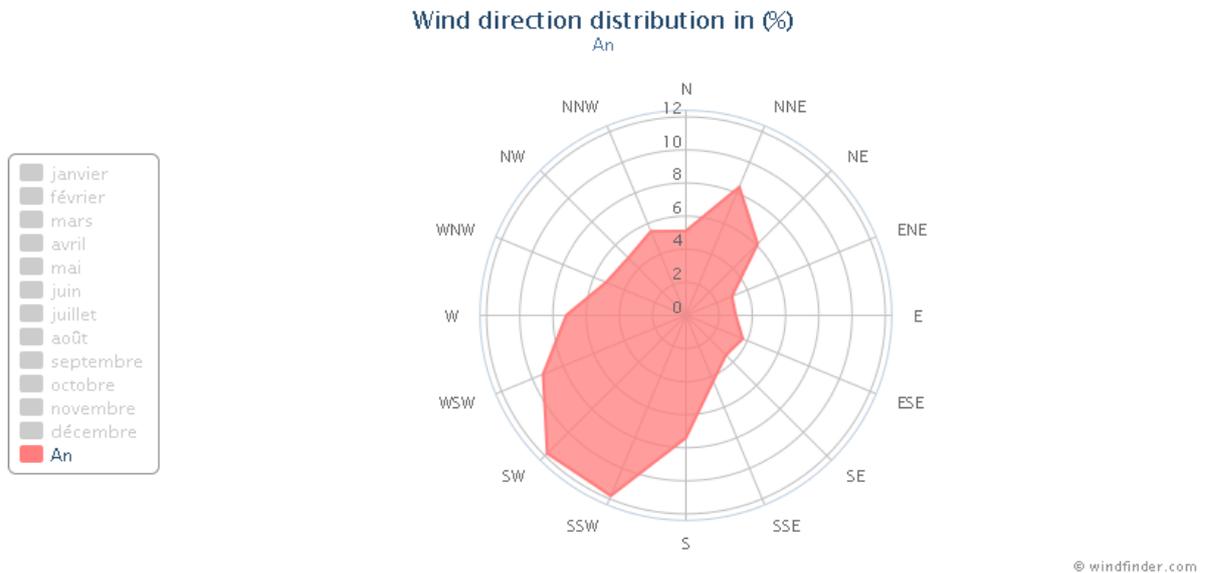
Les données sont affichées mensuellement (partie haute) et en moyenne annuelle (radard en partie basse).

Les enseignements sont les suivants :

- ➔ vents majoritairement du sud en hiver
- ➔ vents de directions variables le reste de l'année (nord et ouest/sud-ouest)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aoû	Sep	Oct	Nov	Dec	An
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	1-12
Direction du Vent dominant	↖	↖	↘	↘	↖	↘	↗	↖	↖	↖	↖	↖	↖
Probabilité du vent ≥= 4 Beaufort (%)	11	9	4	8	5	8	4	4	4	4	6	13	6
Vitesse du Vitesse du vent (kts)	6	6	6	7	6	7	6	6	5	6	6	7	6
Température de l'air moyenne (°C)	5	5	9	12	15	18	21	20	17	13	8	5	12

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 43
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG



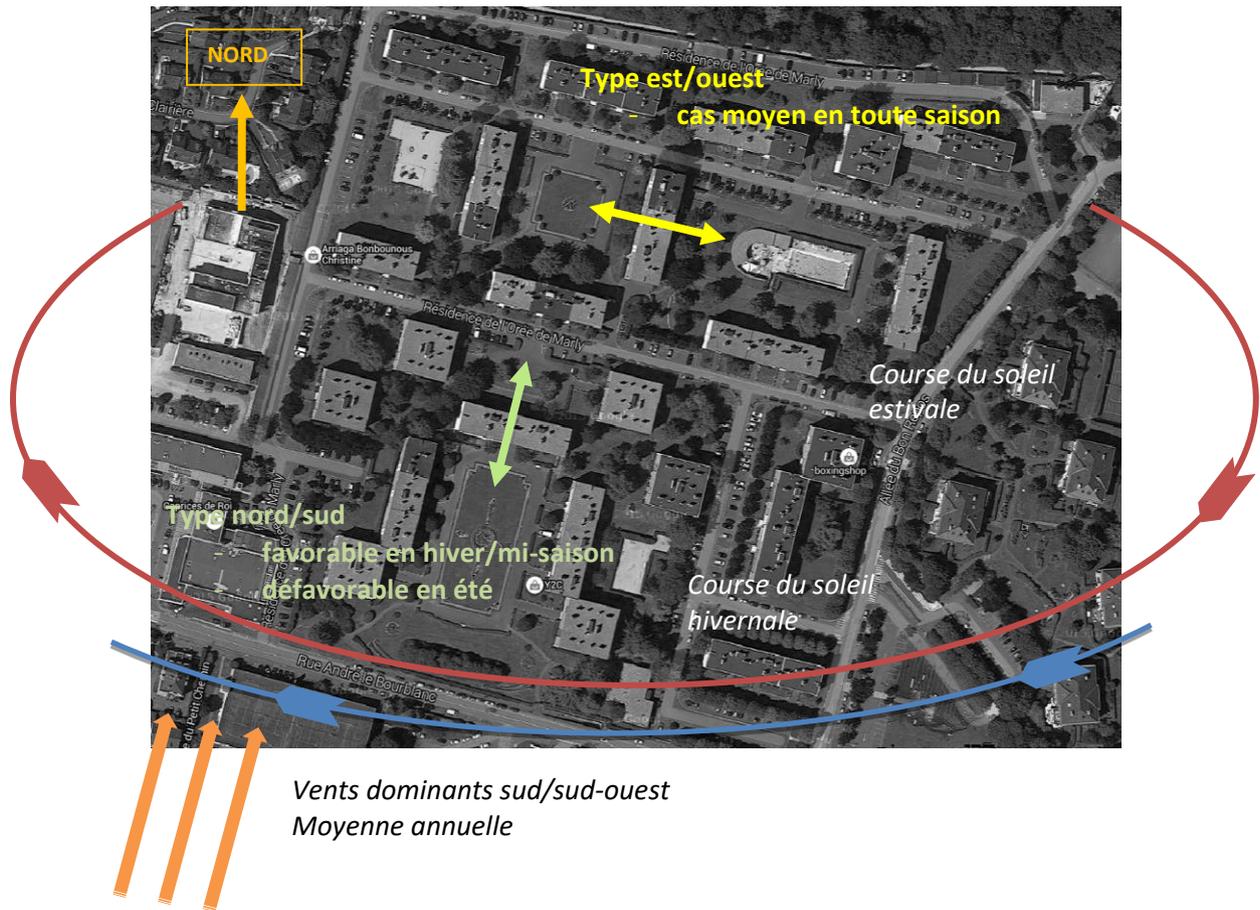
5.2 SYNTHÈSE ET ENSEIGNEMENTS

Les sollicitations sur ce site sont synthétisées sur la vue aérienne ci-après.

Les principaux enseignements de cette étude climatique du site sont les suivants :

- ➔ En saison de chauffe (15/10 au 15/05 environ) :
 - températures fraîches pouvant atteindre -4°C
 - rayonnement faible donc apports solaires limités
 - peu de masque aux apports solaires
 - vents dominants et apports solaires en façade sud.

- ➔ Hors saison de chauffe (16/05 au 14/10 environ) :
 - températures atteignant régulièrement 28°C en juillet/août
 - sollicitations importantes en façade sud : apports solaires
 - vents de directions variables, de sud-ouest à nord-ouest.



5.3 HYPOTHÈSES DE CALCULS

Données Site	Valeur	Unité
Superficie chauffée	49 951	m ²
Nb habitants	1 100	Hab.
Nb logement	583	Lgt.

N° Affaire 22.0970	MAJ - DIAGNOSTIC THERMIQUE ET ÉNERGÉTIQUE	Page 45
NOTICE	RESIDENCE OREE DE MARLY	DIAG

5.4 GLOSSAIRE

Uw : coefficient de transmission thermique de la menuiserie (w pour « window »)

Ud : coefficient de transmission thermique de la porte (d pour « door »)

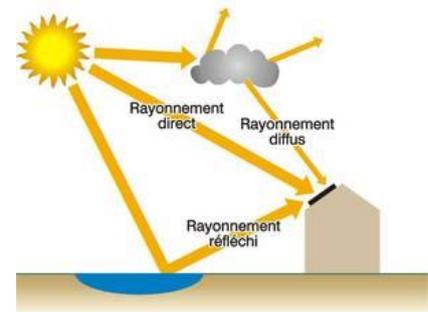
Rp : résistance thermique de la paroi (p pour paroi)

Sw : facteur solaire de la menuiserie

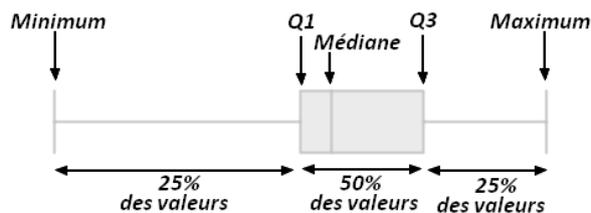
Tlw : transmission lumineuse de la menuiserie

Rayonnement global : somme du rayonnement direct, diffus et réfléchi

Rayonnement diffus : cf. principe du schéma ci-contre



Lecture d'un graphique statistique de type « boîte à moustaches » :



CEE : Certificat d'Economie d'Énergie.

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

DJU : les Degrés Jours Unifiés permettent de traduire par une méthode conventionnelle la rigueur du climat en période de chauffe.

Le DJU de chauffe (base 18°C) se calcule de la façon suivante :

$$DJU = 18 - (T_{min} + T_{max}) / 2$$

Où :

- 18°C est la température intérieure de référence
- T_{min} est la température extérieure minimale journalière
- T_{max} est la température extérieure maximale journalière
- (T_{min} + T_{max})/2 est donc la moyenne journalière de la température minimale et maximale
- Les DJU sont additionnés sur une période de chauffage de 232 jours (01/10 au 20/05).