

Étude d'optimisation énergétique par simulation thermique dynamique

Projet d'extension-rénovation

I. SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

I.1. LES OBJECTIFS D'UNE SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE

De très nombreux paramètres influencent les consommations énergétiques et le niveau de confort d'un bâtiment :

L'architecture:

- ✓ son orientation,
- ✓ son principe constructif (inertie, isolation, ponts thermiques, vitrages, etc.),
- ✓ les ombres portées, liées par exemple à d'autres bâtiments ou à des masques proches et lointains.

La thermique:

- ✓ la gestion de la ventilation, du chauffage et du rafraîchissement éventuel,
- ✓ les données météorologiques.

Son utilisation (scénarios) :

- ✓ les occupants et activités particulières,
- ✓ la gestion de la lumière, du matériel informatique, des équipements, etc.

Parmi tous ces paramètres, un grand nombre d'entre eux varient en fonction du temps et rentrent alors en interaction. Très souvent, les améliorations apportées pour réduire les consommations énergétiques d'hiver (isolation renforcée) dégradent le confort d'été, et inversement. Sans étude fine, il devient très difficile, voire impossible, d'obtenir des résultats exploitables qui reflètent un comportement proche du comportement réel du bâtiment et de trouver le juste équilibre.

Les études de simulation thermique dynamique répondent à cette problématique.

Ainsi, chaque paramètre cité précédemment sera modélisé et simulé selon un pas de temps horaire et ce, sur une année entière représentative. Les résultats obtenus par ces simulations apporteront des réponses claires aux questions du maître d'ouvrage :

- ✓ consommations énergétiques prévisionnelles,
- ✓ niveau de confort thermique,
- ✓ gains réels en termes de consommation et de confort des propositions d'optimisation.

Les résultats de ce type d'études sont exhaustifs, il est donc important de les synthétiser et de présenter les indicateurs les plus représentatifs sous forme graphique afin de simplifier la lecture et favoriser une diffusion large des résultats.

Le maître d'ouvrage disposera ainsi de tous les éléments pertinents lui permettant de définir ses actions en fonction des résultats chiffrés de cette étude.

I.2. METHODOLOGIE UTILISEE

I.2.1. GENERALITES

Les simulations seront réalisées à l'aide du logiciel Pleiades+Comfie. Ce logiciel est validé par L'ADEME pour réaliser ce type d'études. Appliqué au bâtiment, il devient un puissant outil de simulation thermique dynamique reconnu pour ses performances et ses capacités de modélisation.

Très complet et polyvalent, il est possible d'intégrer la totalité des paramètres (les principes constructifs, les masques et les matériaux mais également les systèmes techniques – chauffage, climatisation, ventilation, éclairage, process, etc.). Sa structure spécifique permet d'envisager tout type de système (puits canadien, ventilation double flux, gestion des occultations, etc.).

I.2.2. PRINCIPE DE REALISATION DE L'ETUDE

Les étapes suivantes constituent la trame de l'étude thermique dynamique :

1-Modélisation du bâtiment:

État initial :

- ✓ saisie du bâtiment et de ses caractéristiques (parois, vitrages) à partir d'un plan informatique,
- ✓ intégration du bâtiment dans son environnement (orientation, masques solaires proches et lointains, etc.),
- ✓ découpage du bâtiment en zones thermiques homogènes.

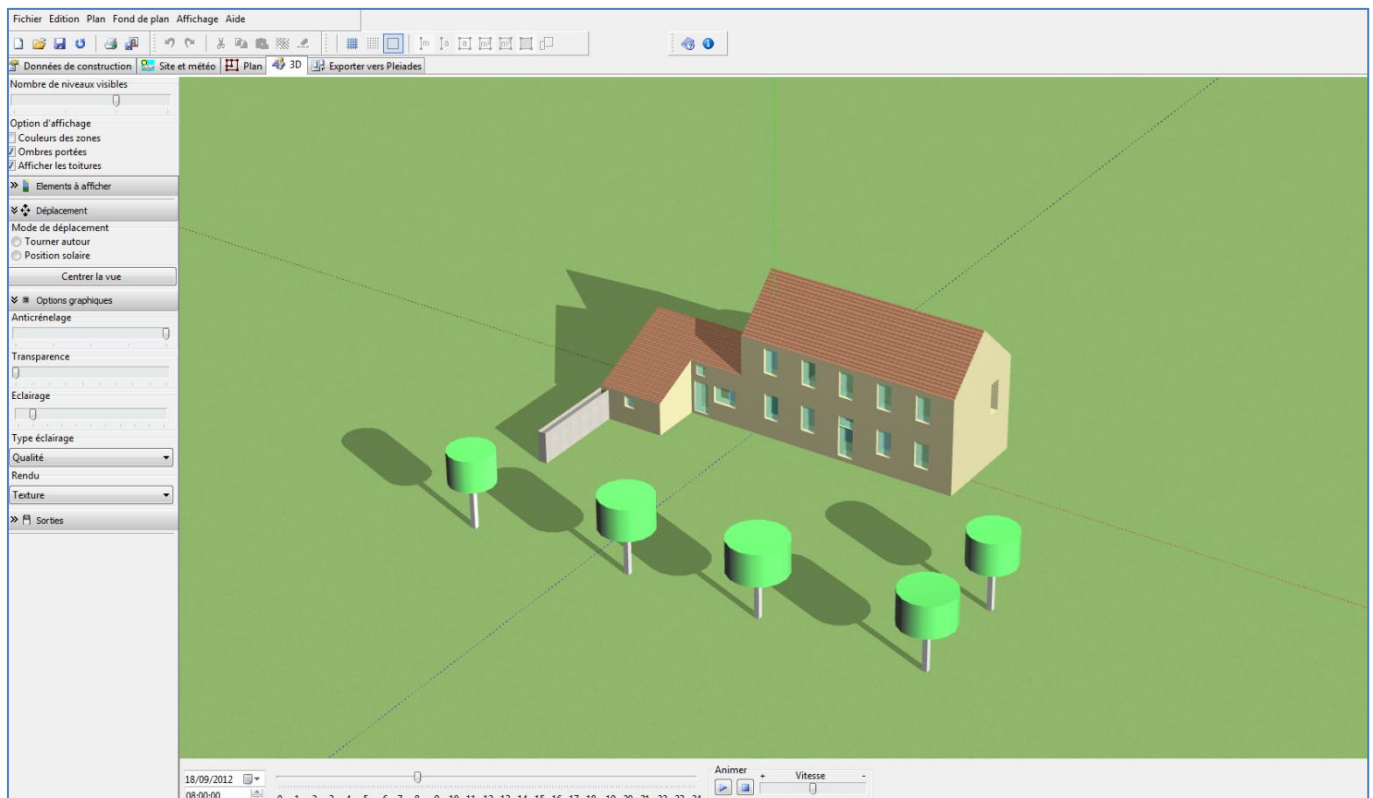


Figure 1 : Saisie du bâtiment et des masques proches

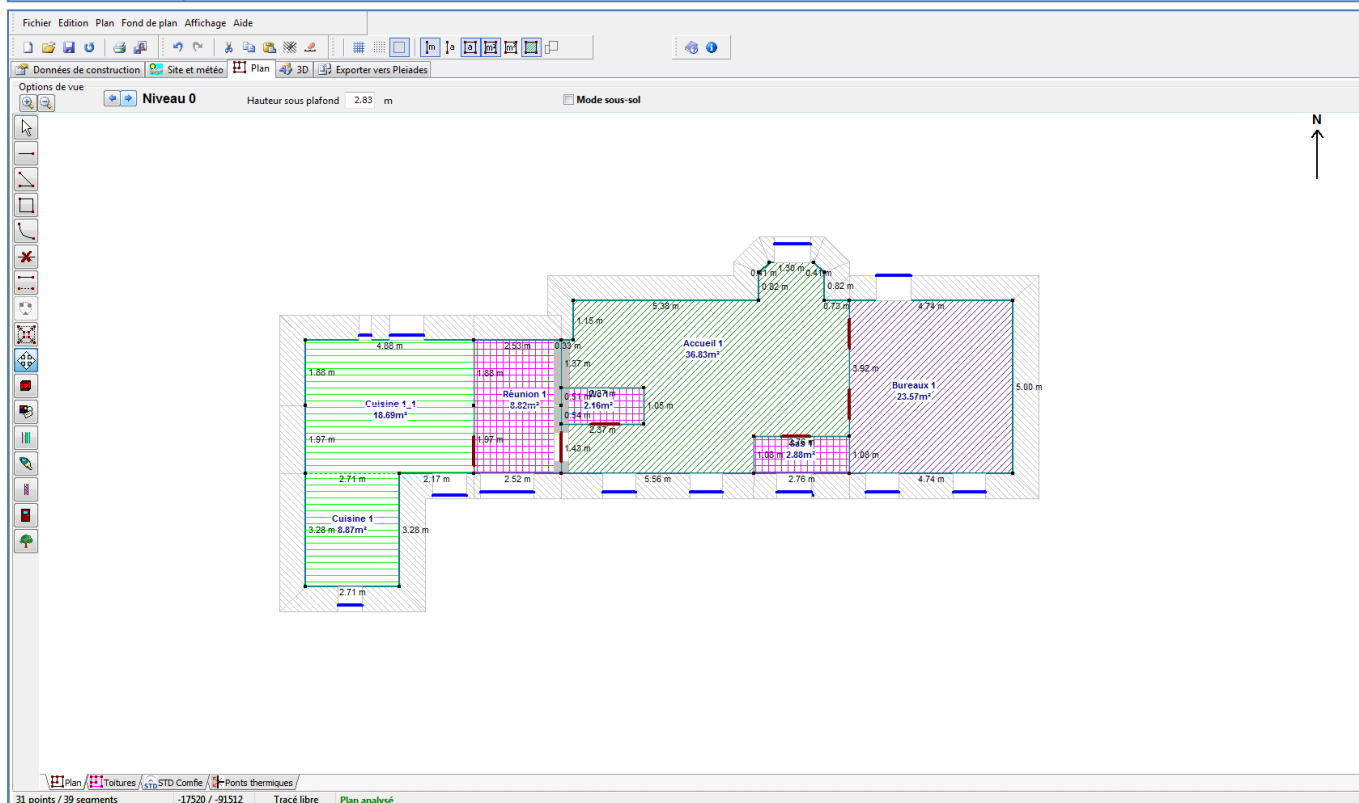
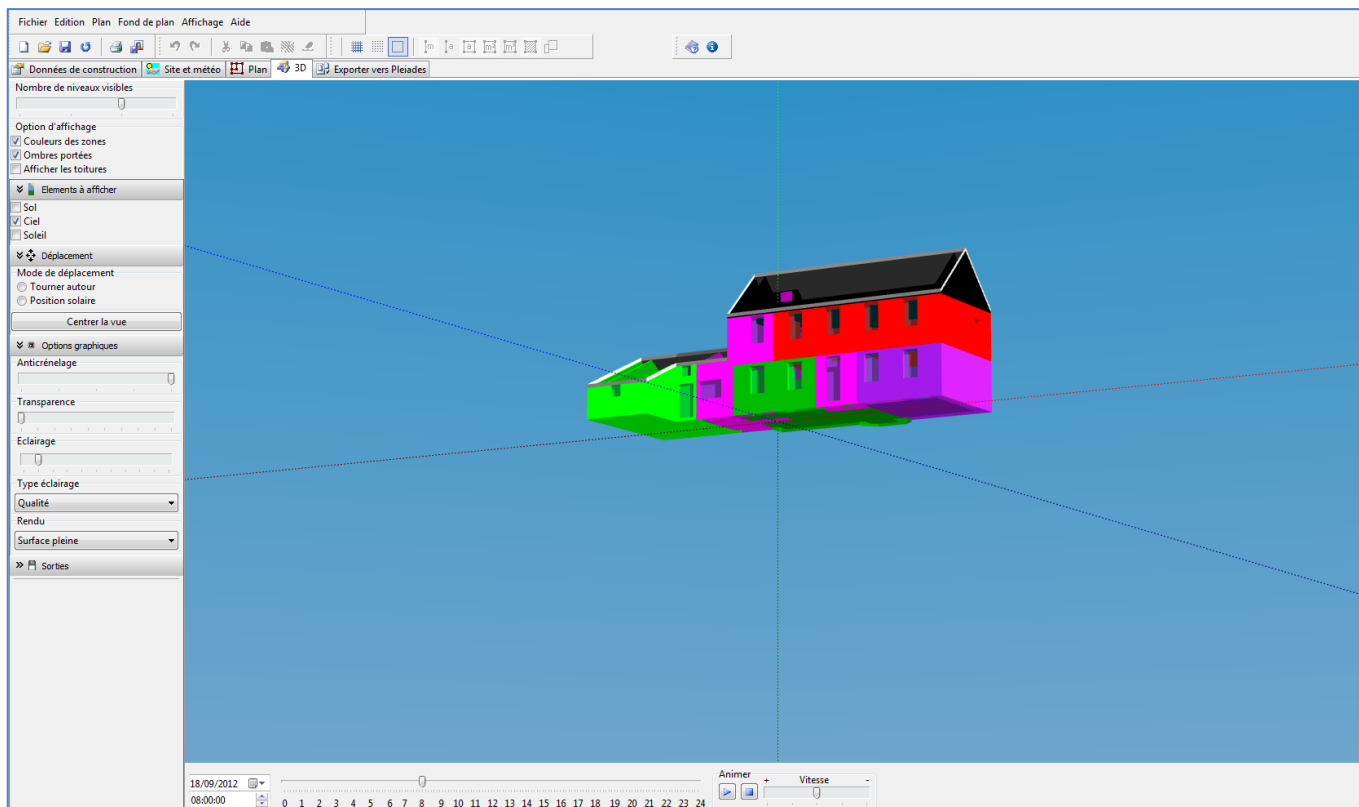


Figure 2 et 3: Découpage des zones thermiques ayant des scénarios identiques

État final :

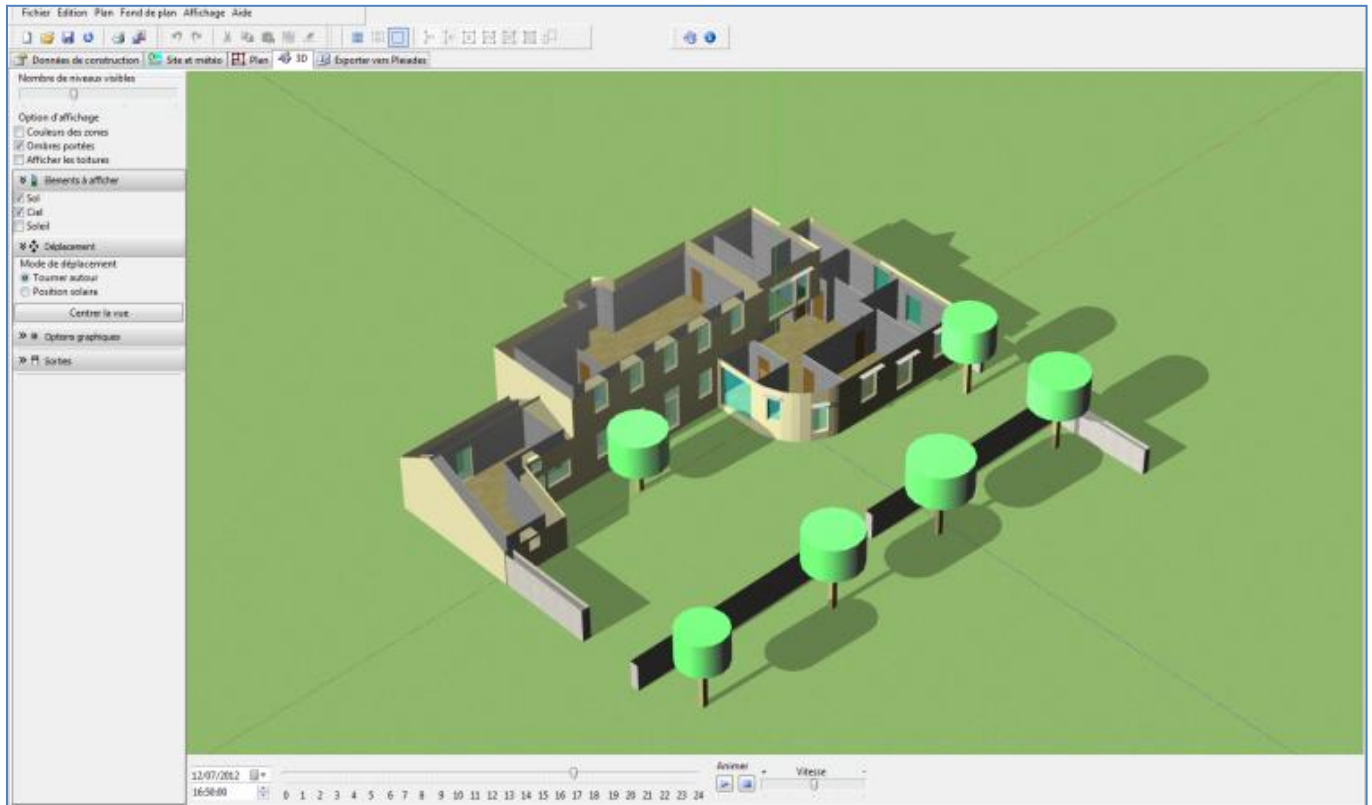
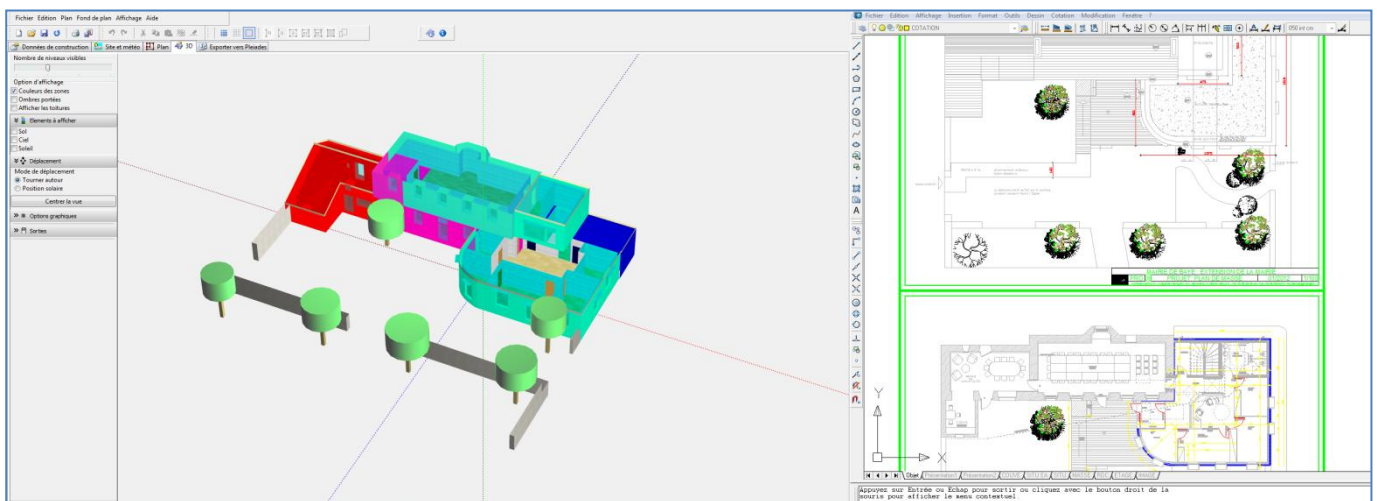


Figure 1 : Saisie du bâtiment est des masques proches



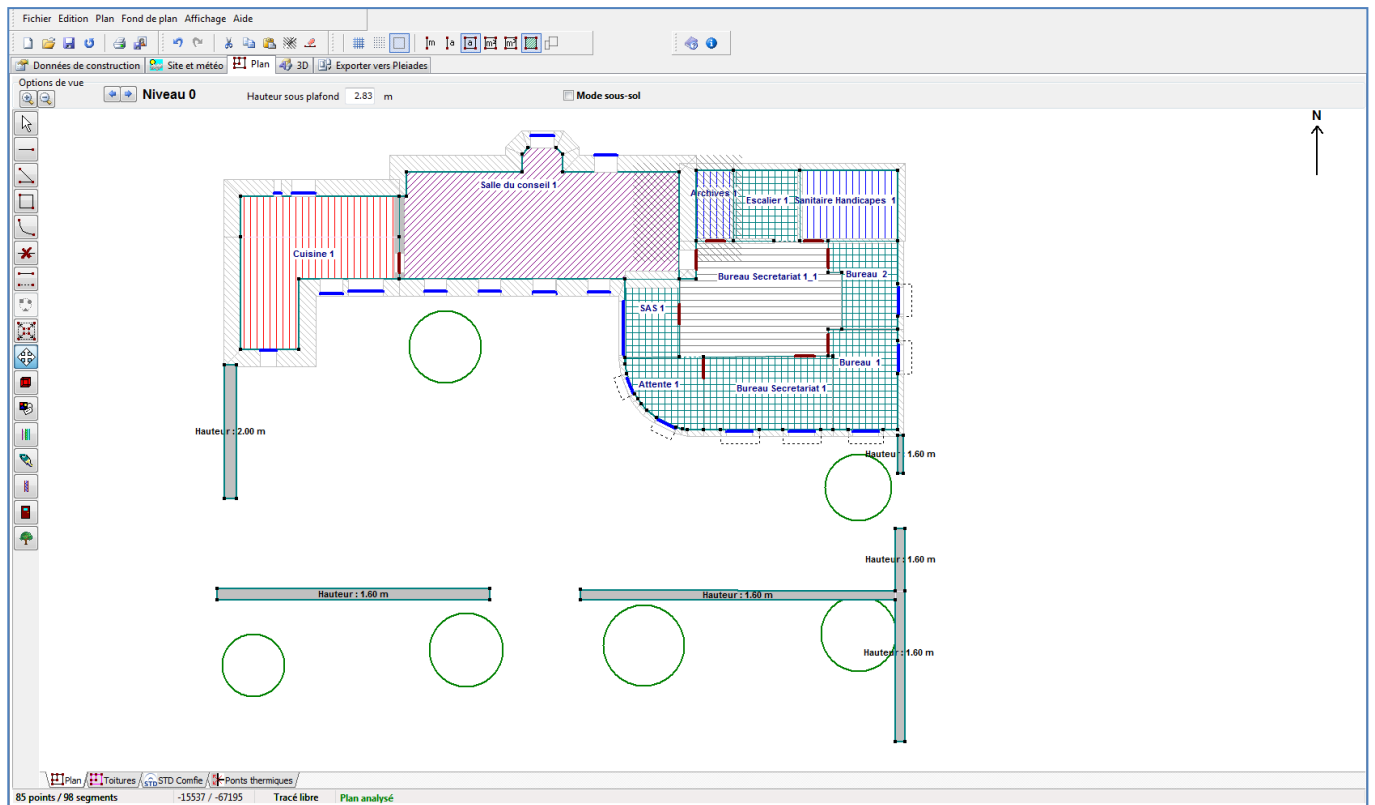


Figure 2 et 3: Découpage des zones thermiques ayant des scénarios identiques

2-Simulation dynamique à partir des données météorologiques les plus appropriées :

- ✓ intégration du fichier météorologique pour le site étudié,
- ✓ lancement des calculs par zone, heure par heure sur une année (certains calculs nécessitent un pas de temps plus élevé : toutes les 10 minutes ou tous les ¼ d'heure),
- ✓ présentation des résultats, notamment sous forme graphique, pour la solution de référence.

4-Recherche d'optimisations

- ✓ Analyse des résultats et recherche de solutions d'optimisations adaptées aux contraintes du projet,
- ✓ Intégration des solutions retenues pour améliorer la consommation énergétique et le confort d'été.

3-Présentation des résultats

- ✓ analyse et présentation des résultats des variantes étudiées sous forme graphique : comparaison des écarts par rapport à la solution de référence.

II. LE PROJET

II.1. CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Dans le cadre du projet d'extension-rénovation d'une Mairie, la réalisation d'une étude a été demandée.

Dans un premier temps, l'étude permettra d'estimer les besoins annuels de chauffage de chaque phase du projet (avant et après travaux) par la prise en compte des scénarios (occupation, apports internes, régulation...) actuels et futurs.

Ensuite, les températures par zone seront analysées afin de vérifier si les exigences de confort thermique du futur bâtiment sont respectées. **Les températures dans les zones à occupation prolongée ne doivent pas excéder 28°C durant plus de 100 heures au cours de l'année.**

Si ce n'est pas le cas, des solutions d'optimisations réalisables à ce stade d'avancement du projet seront proposées.

II.2 DESCRIPTIONS THERMIQUES ET HYPOTHÈSES DE CALCUL

II.2.1 DESCRIPTION THERMIQUE DES PAROIS OPAQUES

1. État initial

PAROI OPAQUE Existant	Type	Composition	Épaisseur en mm	Résistance thermique Rth m ² .K/W
Paroi verticale	Mur existant	Granit et terre	620	0.18
		Polystyrène expansé	80	2.05
		Lame d'air	30	0.17
		Plaque de plâtre	13	0.05
Paroi horizontale	Plancher sur TP	Béton	200	0.11
	Plancher léger	Fibre de bois Laine de roche	22 150	0.15 3.66

Type menuiserie	Type vitrage	Coefficient thermique de la paroi U W/ m2.K
Fenêtre/ Porte fenêtre PVC	Double 4/12/4 classique lame d'air A3.E7B.VA3 CSTbat	Uw= 2.60
Porte d'entrée Alu	Simple vitrage	Uw= 4.00
Porte de service/ extérieur	Bois	Uw= 5.00

2. État Final

PAROI OPAQUE Extension	Type	Composition	Épaisseur en mm	Résistance thermique Rth m ² ·K/W
Paroi verticale	Mur ossature bois	Plaque de plâtre	13	0.05
		Lame d'air non ventilée	50	0.18
		Isomob	146	4.1
Contreventement Pavatherm		60	1.4	
Lame d'air fortement ventilée		50		
Bardage bois		20		
Paroi verticale	Mur ITE	Brique Th+	200	1.32
		Isofaçade	120	3.75
	Soubassement ITE	Brique Th+	200	1.32
		XPS Périmate DI-A	100	2.75
Paroi horizontale	Plancher ext léger	Plaque de plâtre	13	0.05
		Iso 35 LDV	200	5.7
		Panneau OSB	1.5	0.13
		Support d'étanchéité	100	4.1
	Plancher bas/VS	Hourdis polystyrène	200	4.5
		PUR	62	2.7
	Chappe	45	0.04	

Type menuiserie	Type vitrage	Coefficient thermique de la paroi U W/ m2.K
Fenêtre/ Porte fenêtre Alu à rupture de pont thermique	Double vitrage basse émissivité "Warm-edge" Lame d'Argon Ug= 1.10 Classement NF-CSTbat-Acotherm	Uw ≤ 1.60
Ensemble entrée bois	Double vitrage basse émissivité "Warm-edge" Lame d'Argon Ug= 1.10 Classement NF-CSTbat-Acotherm	Uw ≤ 1.50

II.2.2 ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES

1. État initial

- Chauffage et eau chaude sanitaire gaz

- ✓ Chaudière murale gaz double service basse température de marque CHAPPEE avec fourniture eau chaude sanitaire instantanée de puissance 25Kw.
- ✓ Émission par radiateur haute température acier.
- ✓ Régulation par aquastat position 1 à 5 et robinets thermostatiques.

- Ventilation mécanique contrôlée

- ✓ VMC simple flux Hygro B avec bouche d'extraction dans les sanitaires.

2. État final

- Chauffage et eau chaude sanitaire gaz

- ✓ Chaudière murale gaz double service à condensation de marque WEISHAUPT avec fourniture eau chaude sanitaire instantanée.
- ✓ Émission par radiateur haute température acier.
- ✓ Régulation chaudière en fonction de la température extérieure, programmateur à heure fixe et robinets thermostatiques.

- Ventilation mécanique contrôlée

- ✓ VMC simple flux Hygro B.

II.2.3 SCÉNARIOS ET APPORTS

1. État initial

- Occupation

- ✓ Horaire semaine: 8h00-12h00/13h30-17h30 du lundi au jeudi, 8h00-12h00/13h30-17h00 le vendredi, fermé le weekend hors mariage.
- ✓ Banque alimentaire: 1 fois/mois, 1 matinée.
- ✓ Réunion en salle du conseil: 20 personnes pendant 3 heures, 2 fois/an.
- ✓ Mariage: 5 fois/ans.
- ✓ Autres pièces: 2 personnes et 1 seul personne pendant les vacances.

- Éclairage

- ✓ Puissance dissipée: 30w/m².

- Bureautique/informatique

Matériel	Puissance/unité en marche	Nombre	Puissance dissipée (W)
Écran + Unité centrale	100	3	300
Photocopieur	150	1	150
Imprimante	50	2	100
		TOTAL	550

Nous avons considéré que ces appareils n'étaient en fonctionnement que lors de leurs utilisations. Par conséquent nous n'avons pas pris en compte les consommations de veille.

- Chauffage

Étant donné qu'il n'y a actuellement aucune programmation d'installée et que la régulation se gère manuellement via les robinets thermostatiques des radiateurs, nous avons opté pour les consignes de températures suivantes:

- ✓ Pendant les périodes d'occupation: 20°C
- ✓ Pendant les périodes d'inoccupation: 18°C

- Ventilation

- ✓ Le taux de renouvellement d'air a été fixé à **0.6 vol/h**.

2. État final

- Occupation

Extension:

- ✓ Horaire semaine: 8h00-12h00/13h30-17h30 du lundi au jeudi, 8h00-12h00/13h30-17h00 le vendredi, fermé le weekend.
- ✓ Toutes pièces: 2 personnes et 1 seul personne pendant les vacances.

Existant:

- ✓ Banque alimentaire: 1 fois/mois, 1 matinée.
- ✓ Réunion en salle du conseil: 20 personnes pendant 3 heures, 2 fois/an.
- ✓ Mariage: 5 fois/ans.

- Éclairage

Extension

- ✓ Puissance dissipée: 10 W/m² dans les pièces munies de détecteur de présence et 12 W/m² dans les autres.

Existant

- ✓ Puissance dissipée: 30w/m².

- Bureautique/informatique

- ✓ 550 W dans l'extension.

- Chauffage (existant+extension)

La programmation des consignes de chauffage est fonction des scénarios d'occupation précédemment décrits.

- ✓ Pendant les périodes d'occupation: 20°C
- ✓ Pendant les périodes d'inoccupation:17°C
- ✓ Pendant le weekend hors mariage: 15°C

- Ventilation (existant+extension)

- ✓ Le taux de renouvellement d'air a été fixé à **0.6 vol/h**.

III. LES RESULTATS

III.1. FICHER MÉTÉO

Comme le but de cette étude est de déterminer au plus près les consommations futures du bâtiment, nous avons délibérément préféré des données météo de moyenne trentenaire à une année dite représentative du climat local. En effet, ce type de données fournit des résultats qui s'avèrent plus précis.

La station météo la plus proche, dont les données sont disponibles, se situe aux alentours de la base de Lann Bihoué. Les simulations ont été effectuées avec les valeurs relevées par cette station.



III.2.RÉSULTATS BRUTS

II.2.1 ÉTAT INITIAL

Ci-dessous les résultats obtenus suite à la simulation du modèle de la Mairie dans l'état actuelle.

<i>Mairie état initial</i>							
Zones	Besoins Ch.	Besoins Ch.	Puiss. Chauff.	Puiss. Clim.	T° Min	T° Moyenne	T° Max
	<i>kWh</i>	<i>kWh/m²</i>	<i>W</i>	<i>W</i>	<i>°C</i>	<i>°C</i>	<i>°C</i>
Accueil 1	1728	47	1454	0	18	20,11	30,09
Salle du conseil 1	3103	58	2128	0	18	20,62	34,22
Cuisine 1 - Cuisine 1_1	2667	97	1743	0	18	19,77	29,67
Sas 1- Réunion 1 - Wc 1- Rgt 1- Escalier 1 - Escalier	3651	185	2344	0	18	20,13	31,75
Bureaux 1	1272	54	1053	0	18	20,4	31,46
Total	12422	77	8722	0	15,88	19,53	31,37

Zones	Apports solaires bruts	Heures > T°Inconfort	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort
	<i>kWh</i>	<i>h</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
Accueil 1	1055	25	38,3	1,2
Salle du conseil 1	1893	134	56,57	7,38
Cuisine 1 - Cuisine 1_1	886	17	36,07	1,05
Sas 1- Réunion 1 - Wc 1- Rgt 1- Escalier 1 - Escalier	2775	65	45,35	3,13
Bureaux 1	969	74	46,68	3,56

La consommation annuelle de chauffage calculée est de 15111 Kwh

ANALYSE DES RÉSULTATS

1. Les consommations

Nota: La simulation calcul les besoins de chauffage à partir des surfaces chauffées et non pas de la SHON comme dans un calcul règlementaire. Donc pour comparer les résultats aux consommations réelles issues des factures, il est nécessaire d'étalonner les valeurs en fonction de la SHON qui est considérée de 226 m².

La consommation annuelle calculée est de 15111 Kwh pour une consommation réelle de 17965 Kwh. Le delta est explicable par le fait que la chaudière considérée pour la simulation a un rendement supérieur au rendement réel de la chaudière actuelle, mais aussi que la simulation prend en comptes les apports internes et une régulation de chauffage optimale.

- **Besoin de chauffage: 77Kwh/m²**

Consommation annuelle de chauffage	En Kwh
Réelle chauffage+ecs	17965
Simulée chauffage	15111

Consommation annuelle de chauffage	En Kwh
Réelle: chauffage+ecs	17965
Simulée: chauffage étalonné/SHON	17402*

* Besoin de chauffage brut x SHON = 77Kwh/m²x226 m²

2. Constat

- ✓ Le modèle réalisé pour la simulation de l'état initial fournit des résultats très proche des consommations réelles. On pourra donc se fier aux consommations sorties des simulations de l'état final.
- ✓ Il y a une surchauffe dans la salle du conseil qui provoque de l'inconfort durant 34 heures.

II.2.2 ÉTAT FINAL (existant+extension)



Mairie état Final						
Zones	Besoins Ch. kWh	Besoins Ch. kWh/m ²	Puiss. Chauff. W	T° Min °C	T° Moyenne °C	T° Max °C
Extension						
Archives 1- Sanitaire Handicapes 1	832	48	1353	15	19,95	29,24
Bureau Secretariat 1- Attente 1 - Bureau 1 - SAS 1 - Bureau 2 - Escalier 1- Pallier 1- Pallier 1_1- Escalier 3	2989	40	4790	15	20,47	32,67
Bureau Secretariat 1_1	592	18	1624	15	20,46	32,6
Existant						
Salle du conseil 1	2164	39	4578	15	17,94	30,57
Cuisine 1	2087	65	3996	15	17,5	28,46
Comble perdu 1	0	0	0	-5,63	15,53	50,81
Bureaux 1- Escalier 2- Escalier 4	2826	60	2734	15	18,74	38,19
Degt 1	246	48	261	15	19	37,7
Total	11736	45	19337	11,42	18,56	35,73

La consommation annuelle de chauffage calculée est de 12058 Kwh

Zones	Apports solaires bruts	Heures > T°Inconfort	Amplification de T°Ext	Taux d'inconfort
	<i>kWh</i>	<i>h</i>	<i>%</i>	<i>%</i>
Extension				
Archives 1- Sanitaire Handicapes 1	0	9	31,35	0,43
Bureau Secretariat 1- Attente 1 - Bureau 1 - SAS 1 - Bureau 2 - Escalier 1- Pallier 1- Pallier 1_1- Escalier 3	5694	128	49,01	6,15
Bureau Secretariat 1_1	240	98	47,76	4,71
Existant				
Salle du conseil 1	2880	18	38,24	0,98
Cuisine 1	1155	4	26,35	0,25
Comble perdu 1	0	0	181,31	0
Bureaux 1- Escalier 2- Escalier 4	2332	215	65,92	10,34
Degt 1	413	229	68,79	11,01

ANALYSE DES RÉSULTATS

1. Les consommations

Nota: La SHON est considérée de 371 m².

- **Besoin de chauffage: 45 Kwhep/m²**

Consommation annuelle de chauffage	En Kwh	Gain
Réelle état initial: chauffage+ecs	17965	33%
Simulée état final: chauffage	12058	

Consommation	Kwhep/ m ²	Gain
Réelle état initial: chauffage+ecs	79.5	59%
Simulée état final: chauffage /SHON	32.5	

2. Constat

On peut remarquer que 3 zones subissent une surchauffe:

- ✓ La zone bureau-secrétariat de l'extension qui possède une majorité d'ouvrants orientés Sud/Sud-Ouest.
- ✓ Les 2 autres zones qui sont en partie existante.

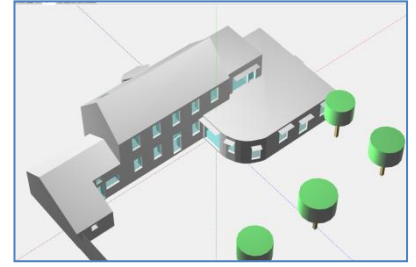
Les pièces de la partie existante étant considérées à faible occupation, notre préoccupation se portera sur les **28** heures d'inconfort dans la zone de l'extension.

III. OPTIMISATION

Au regard de l'avancement des travaux et de l'analyse des résultats précédents, il est évident que le gain sur les consommations est suffisant pour remplir l'objectif de performance.

A ce stade, il apparaît nécessaire de limiter les apports solaires. Pour ce faire, augmenter la longueur des casquettes actuelles pourrait être le moyen le moins contraignant. Mais afin de respecter le trait architectural, il est nécessaire de réduire la longueur de débord nécessaire à sa dimension optimale. Dans cette optique, nous avons réalisés différents essais et sélectionnés les 2 cas les plus significatifs en termes d'impact sur l'inconfort et la consommation.

- ✓ Casquette du projet: 34 cm, extension uniquement, toutes orientations confondues.
- ✓ Casquette simulée: 60 cm, extension uniquement, orientation Sud/Sud Ouest.
- ✓ Casquette simulée: 80 cm, extension uniquement, orientation Sud/Sud Ouest.



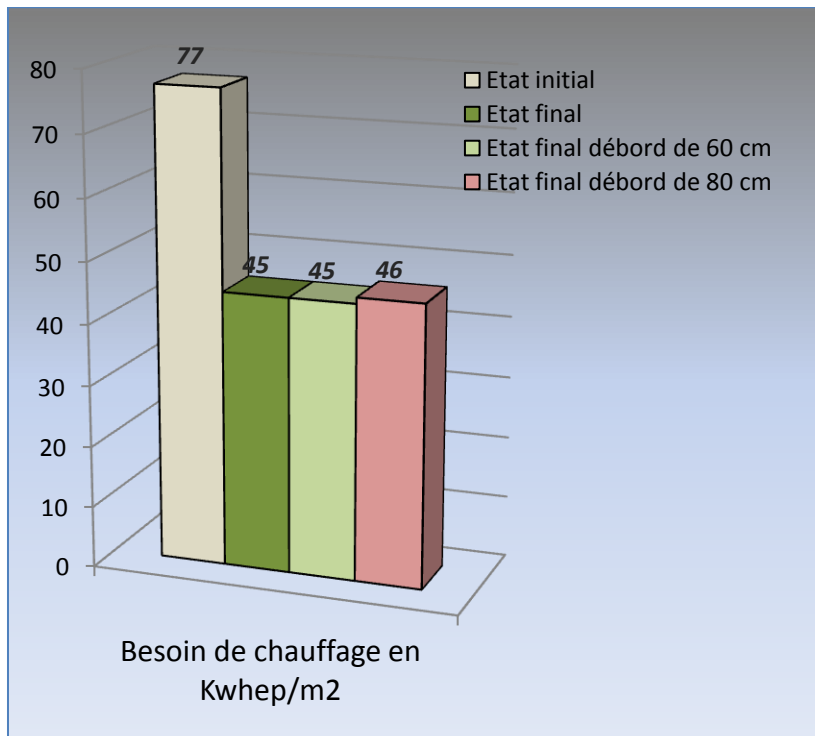
COMPARATIF

Simulation état final	Heures d'inconfort > 100 heures durant l'année En h	Consommation annuel de chauffage En Kwh	Consommation de chauffage En Kwhep/ m ²
Débord de 34 cm	28	12058	32.50
Débord de 60 cm	-21	12213	32.91
Débord de 80 cm	-55	12325	33.22

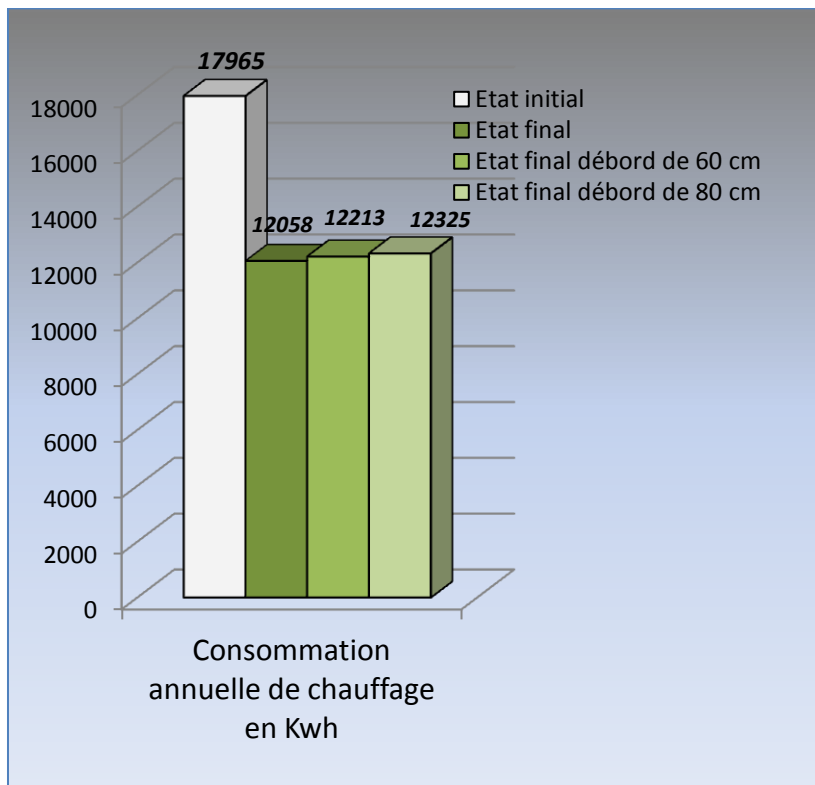
Au vue des résultats, un débord de 60 cm serait le meilleur compromis entre l'esthétisme et l'efficacité.

IV. SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

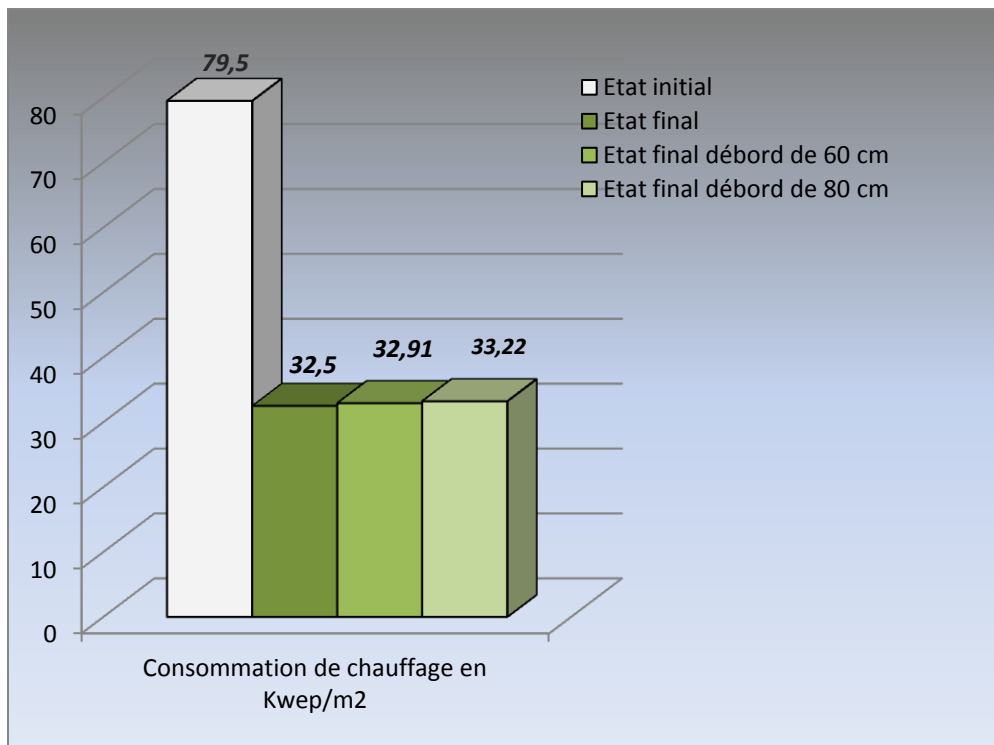
IV.1. BESOIN DE CHAUFFAGE



IV.2. CONSOMMATION ANNUELLE DE CHAUFFAGE



IV.3. CONSOMMATION DE CHAUFFAGE



IV.4. Heures d'inconfort

