

Espace Capital & Croissance

Analyse du passage au standard passif

&

Analyse dynamique du comportement
thermique

Pour le Maître d'Ouvrage :



ETUDE DE FAISABILITE de conception passive
Construction d'un immeuble de bureaux
conforme aux standards passif
à Marche en Famenne

Réalisée par :

MK Engineering

bureau d'études techniques spéciales

avenue molière, 116 - 1190 bruxelles

tél: 02/340 65 00 - fax: 02/340 65 01

En collaboration avec :

Bureau de Consultance Energétique



&

Architecte Auteur de Projet

SYNERGY

INTERNATIONAL

Le 29 novembre 2007

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|-----------|
| Table des matières | 3 |
| Objectifs et méthodologie..... | 4 |
| Partie I Modélisation statique – PHPP..... | 5 |
| 1 Analyse et optimisation de l’enveloppe | 5 |
| 1.1 Isolation de l’enveloppe..... | 5 |
| 1.2 Prise en compte des apports..... | 6 |
| 2 Paramètres de ventilation..... | 8 |
| 2.1 Infiltrations non contrôlées | 8 |
| 2.2 Préparation et distribution de l’air | 9 |
| 3 Bilan thermique de chauffage..... | 10 |
| 3.1 Situation basse énergie | 10 |
| 3.2 Situation Passive..... | 11 |
| Partie II Modélisation dynamique..... | 12 |
| 1 Modélisation thermique du bâtiment..... | 12 |
| 1.1 Présentation du modèle multizone du bâtiment..... | 12 |
| 1.2 Hypothèses..... | 12 |
| 2 Définition des configurations..... | 15 |
| 2.1 Année météo IRM de référence..... | 15 |
| 2.2 Météo estivale contraignante | 16 |
| 2.3 Optimisation 1 : protections solaires 4 façades..... | 17 |
| 2.4 Optimisation 2 : Top-cooling..... | 17 |
| 3 Synthèse des résultats | 19 |

OBJECTIFS ET METHODOLOGIE

Dans le cadre de la construction d'un premier immeuble pour le nouveau campus environnemental à Marche-en-Famenne développé par la société InvestSud, une première étude a été réalisée et finalisée en date du 17 avril 2007 dans le respect des critères de conception basse énergie.

Faisant suite aux derniers développements en matière de standard de bâtiment basse énergie et à la volonté du maître de l'ouvrage de se positionner à la pointe des techniques modernes de construction, le projet s'est vu modifié en vue d'atteindre les critères de conception dits « passifs ».

Plusieurs modifications architecturales et techniques découlent de cette variante constructive :

- Caractéristiques architecturales et de stabilité du bâtiment en vue d'augmenter son niveau d'isolation énergétique par l'amélioration des coefficients de transmission thermique des parois et de la lutte contre les ponts thermiques.
- Caractéristiques architecturales en vue de l'amélioration de l'étanchéité aéroulique du bâtiment.
- Caractéristiques architecturales en vue de l'amélioration des protections solaires externes pour la lutte contre les apports solaires en période estivale.
- Caractéristiques techniques de chauffage suite aux diminutions drastiques des besoins de chaleurs.
- Caractéristiques techniques de ventilation en vue d'améliorer l'efficacité énergétique et l'apport de chaleur par les réseaux aérouliques.

Pour des raisons techniques de mise en œuvre et d'optimisation des paramètres financiers, les critères de construction « passif » ont uniquement été appliqués aux zones de bureaux. Le hall d'entrée, les circulations verticales, les locaux techniques et archives au sous-sol sont exécutés selon une mise en œuvre de type basse énergie.

L'ensemble de ces modifications sont illustrées sur les différents documents mis à jour (plans, bordereaux et cahiers de charges) des bureaux d'architecture, de stabilité et de techniques spéciales.

Par le biais de l'analyse des résultats de méthodes de calcul, la présente note consiste en la validation des performances énergétiques et de confort thermique du bâtiment.

Ce rapport se découpe en deux parties :

1. La validation du concept énergétique pour ce qui est de la minimisation des besoins en énergie pour le chauffage au moyen d'une méthode de calcul de type statique.
2. L'étude de la problématique du confort estival pour la mise en place d'une stratégie de lutte contre la surchauffe à l'aide d'outils de simulation du comportement thermique dynamique du bâtiment.

PARTIE I MODÉLISATION STATIQUE – PHPP

L'analyse des performances énergétiques pour le chauffage a été réalisée à l'aide du programme de calcul PHPP version 2004 édité par la Plate-forme « Maison Passive ».

Cette méthode de calcul permet de valider les paramètres de la physique du bâtiment en phase d'étude pour la conception de bâtiments passifs.

Les résultats de ces calculs sont disponibles sur le fichier remis à la Plate-forme en vue de la certification du bâtiment.

Les conclusions de ces calculs permettent la validation du projet, par la démonstration d'un besoin net en chaleur inférieur à **15 kWh/an.m²**. Ces résultats sont obtenus avec une hypothèse d'étanchéité à l'air de $\eta_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$.

1 ANALYSE ET OPTIMISATION DE L'ENVELOPPE

Le chauffage est communément le plus gros poste de consommation énergétique des bâtiments. Il est donc d'importance primordiale de minimiser les pertes par déperdition en optimisant le niveau d'isolation des parois.

1.1 ISOLATION DE L'ENVELOPPE

Les critères de constructions passives nécessitent certaines performances quant à la qualité thermique des parois. Le tableau ci-dessous reprend les critères retenus pour le dossier INVESTSUD :

| Type de parois | U [W/m ² K] |
|---|------------------------|
| Façades | < 0,15 |
| Parois contre zone hors gel (trémies, locaux techniques...) | < 0,50 |
| Fenêtre (vitrage + châssis) | < 0,8 (g > 0,5) |
| Dalle de sol sur parking | < 0,15 |
| Toiture | < 0,15 |

Tableau 1 : coefficients de transmission thermique des parois passives

Les calculs des valeurs exactes des coefficients de transfert thermiques détaillés ont été réalisés sur base des plans de détail de principe transmis par l'architecte en date du 30/10/2007 moyennant quelques adaptations coordonnées.

Le niveau des pertes par conduction thermique du bâtiment est estimé à **41.900 kWh/an** ce qui correspond à **38 kWh/an.m²**.

Le graphique suivant reprend la répartition des pertes par conduction du bâtiment étudié :

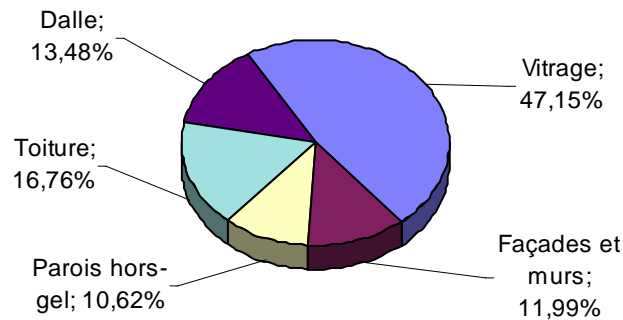


Figure 1 : répartition des déperditions

A l'analyse de ces graphiques, nous pouvons constater les éléments suivants :

- Les déperditions liées aux toitures et aux dalles de plancher sont plus ou moins équivalentes.
- Les parois de façades ne représentent que 12% des déperditions.
- Les parois contre les espaces hors gel, trémies comprises, ont un poids relatif assez important dans les déperditions du bâtiment malgré le haut niveau d'isolation.
- Enfin, ces graphiques permettent surtout de mettre en évidence l'importance relative des pertes liées aux surfaces vitrées. Ce poste pèse plus de 47% des pertes du bâtiment.

Cependant, les surfaces vitrées génèrent également des apports, appelés apports solaires que nous étudions dans le paragraphe suivant.

1.2 PRISE EN COMPTE DES APPORTS

1.2.1 Apports solaires

Les apports solaires sont principalement liés aux baies vitrées.

En effet, les baies vitrées sont à la fois des surfaces captrices et déperditrices de calories. Il convient donc de tenir compte de leur bilan thermique (différence entre les gains solaires et les déperditions). Le bilan dépend de plusieurs paramètres :

- Les performances thermiques du vitrage ;
- L'implantation du bâtiment et les effets d'ombrages éventuels ;
- L'orientation des façades sur lesquelles les baies vitrées se trouvent ;
- Le climat ;
- L'angle que le vitrage forme avec le rayonnement solaire ;
- La performance des éventuelles occultations.

Le graphique suivant reprend les déperditions et apports des baies vitrées par orientation. Les vitrages retenus sont caractérisés par les paramètres suivants :

- Triple vitrage certifié passif :
 - Transmission thermique (U_w) de 0,76 W/m²K
 - Facteur solaire (g) de 0,52

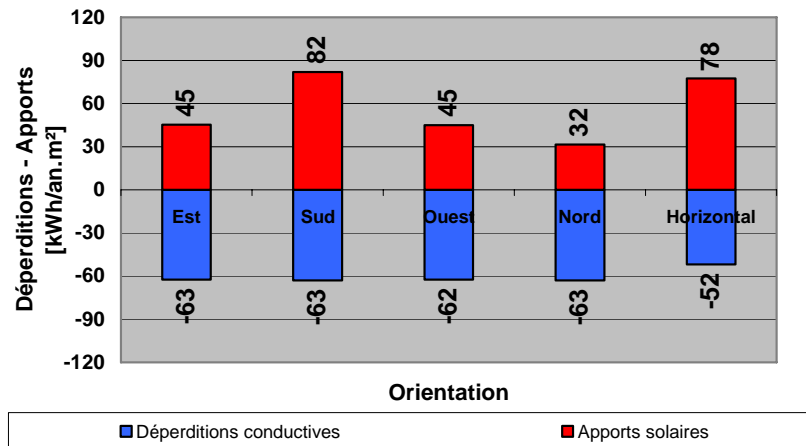


Figure 2 : Bilan thermique du triple vitrage

Nous pouvons, à l'analyse des figures précédentes, émettre les conclusions suivantes :

- Les baies verticales génèrent toutes des déperditions relatives similaires d'environ - 63 kWh/an.m².
- Les baies vitrées des façades Est et Ouest ont un bilan énergétique très similaire.
- A l'inverse, les baies Nord et Sud sont très différentes : les baies Nord ont un bilan énergétique négatif de - 31 kWh/an.m² tandis que les baies Sud ont un bilan positif de + 19 kWh/an.m².
- Le bilan des baies horizontales est également positif. Les déperditions relatives sont plus faibles de par la moindre proportion des châssis.

1.2.2 Apports internes

Les apports internes sont les apports liés à l'activité intérieure du bâtiment. Ce poste inclut de nombreux paramètres dont notamment :

- L'occupation humaine,
- L'éclairage,
- Les appareils de bureautique.

Les apports internes sont donc indépendants des aspects architecturaux ou climatiques.

Globalement, dans le cas de ce dossier, les apports internes sont estimés, en moyenne annuelle, à **3,5 W/m²**.

2 PARAMÈTRES DE VENTILATION

Dans le bilan énergétique, le paramètre de la ventilation est de toute première importance.

Le premier aspect concerne l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâtiment. Une étanchéité insuffisante génère des déperditions par infiltrations non contrôlées.

D'autre part, il est d'usage de prescrire des taux de ventilation importants dans les bureaux pour assurer une excellente qualité de l'air d'où un grand confort aux utilisateurs.

Cependant, si aucune mesure n'est prise, cette ventilation engendre inévitablement d'importantes déperditions de chaleur supplémentaires et donc de besoins de chauffage.

2.1 INFILTRATIONS NON CONTRÔLÉES

Anciennement, les imperfections dans l'isolation aéraulique génératrice d'infiltration d'air aidaient à garantir un niveau de qualité de l'air suffisant et maintenir une certaine forme d'équilibre hygrothermique.

A ce jour, et de par l'application des normes de ventilation, ces infiltrations ne sont plus nécessaires et deviennent problématiques, génératrices d'inconfort et d'une grande part des déperditions. Il est donc nécessaire de lutter contre les inétanchéités aérauliques du bâtiment.

Le niveau d'étanchéité à l'air d'un bâtiment est mesuré à l'aide d'un test de pressurisation qui permet de déterminer la relation entre la différence de pression au niveau de l'enveloppe du bâtiment et du débit d'air d'infiltration (« blower door test »). Cette valeur, mesurée par des essais normalisés, est appelée le η_{50} (éta 50).

Des campagnes de mesures ont été réalisées par le CSTC et ont permis d'établir que le niveau d'isolation aéraulique moyen du parc belge est d'environ $\eta_{50} = 10 \text{ h}^{-1}$. Cela signifie que, dans des conditions normales de fonctionnement, il y a un taux de renouvellement de l'air non contrôlé compris entre 0,5 et 1 volume de bâtiment par heure.



Figure 3 : blower door test

Dans le cas de construction respectant les critères de conception passive, il est impératif d'atteindre un niveau d'étanchéité aéraulique de $\eta_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$, soit de 0,03 à 0,06 renouvellement non contrôlé dans des conditions normales.

2.2 PRÉPARATION ET DISTRIBUTION DE L'AIR

Le système de ventilation retenu est le système dit de type D double flux avec récupération de chaleur.

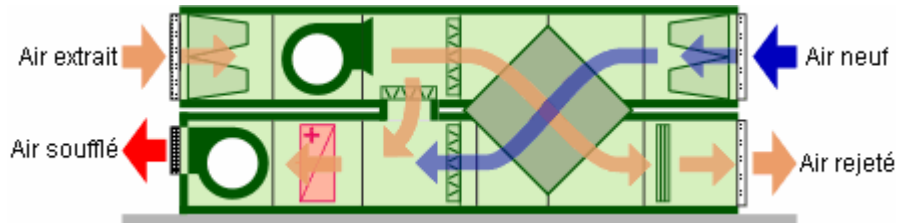


Figure 4 : Principe de la ventilation double flux à récupération de chaleur

Pratiquement, ce système permet de récupérer plus de 80% de la chaleur contenue dans l'air extrait pour être retransmise à l'air neuf.

Ce système est conçu autour d'un groupe de ventilation. Celui-ci assure la pulsion et l'extraction de l'air et est équipé d'un récupérateur de chaleur qui transmet la chaleur de l'air vicié à l'air neuf entrant. L'air neuf est aspiré depuis une grille extérieure et l'air vicié est rejeté via une grille débouchant dans les parkings.

Un réseau de gaines et de bouches de pulsion et d'extraction assure l'alimentation et l'extraction de l'air dans le bâtiment. L'air traité est distribué dans les bureaux et zones d'occupations. L'air vicié est extrait dans les couloirs comme schématisé dans l'illustration ci-dessous.

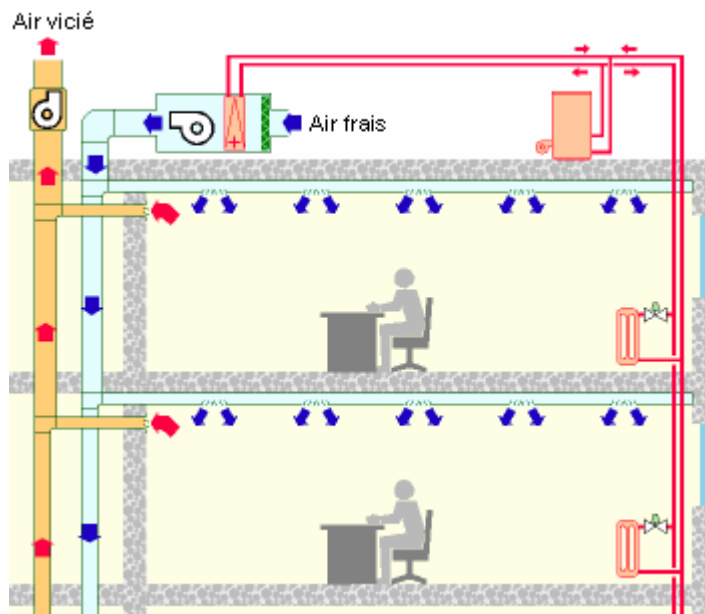


Figure 5: schéma de distribution aéraulique

Deux groupes de ventilation distincts sont prévus :

- Le premier pour les zones bureaux avec possibilité de recyclage de l'air,
- Le second pour les zones sanitaires et cuisine, sans recyclage d'air.

Le cumul du débit nominal des deux groupes est égal à **3.330 m³/h**.

3 BILAN THERMIQUE DE CHAUFFAGE

Les installations de chauffage ont pour rôle de compenser les pertes de chaleur du bâtiment. Comme nous l'avons vu plus haut, les besoins nets de chaleur pour le chauffage peuvent être répartis en deux postes :

- Les pertes par déperditions statiques qui concernent les pertes de chaleur des parois du bâtiment. Ces parois englobent les pertes par la toiture, les murs, les vitrages, le plancher et les ponts thermiques ;
- Les pertes liées à la ventilation mécanique contrôlée et aux infiltrations non contrôlées de l'air frais extérieur.

A ces pertes, il nous faut déduire les apports solaires et internes.

Le bilan thermique définit les besoins nets en énergie et n'inclut pas les pertes des installations de chauffage elles-mêmes.

Pour les calculs du bilan thermique du projet INVESTSUD, les conditions climatiques retenues sont celles des conditions standards à Saint-Hubert avec un bâtiment considéré comme étant implanté sur un terrain dégagé.

3.1 SITUATION BASSE ÉNERGIE

A titre indicatif nous commençons par présenter le bâtiment INVESTSUD tel qu'il était conçu en première phase des études - conception basse énergie. Pour cette configuration, les parois étaient déjà fortement isolées avec une moyenne de coefficient de transfert U de 0,25 W/m².K ; des châssis à coupure thermique avec double vitrage basse émissivité (U_w moyen de 1,48 W/m².K), une étanchéité à l'air de $\eta_{50} < 3 \text{ h}^{-1}$ et un groupe de ventilation également équipé d'un récupérateur de chaleur haut rendement.

Dans le cas de la situation de référence, les besoins annuels totaux de chauffage s'élèvent à 61.000 kWh/an soit **55 kWh/an.m²**. Cette valeur peut être comparée au 140 kWh/an.m² correspondant à la moyenne des bâtiments existants du secteur tertiaire en 2007, soit une réduction de près de deux tiers des consommations.

Le graphique suivant illustre le bilan thermique de chauffage :

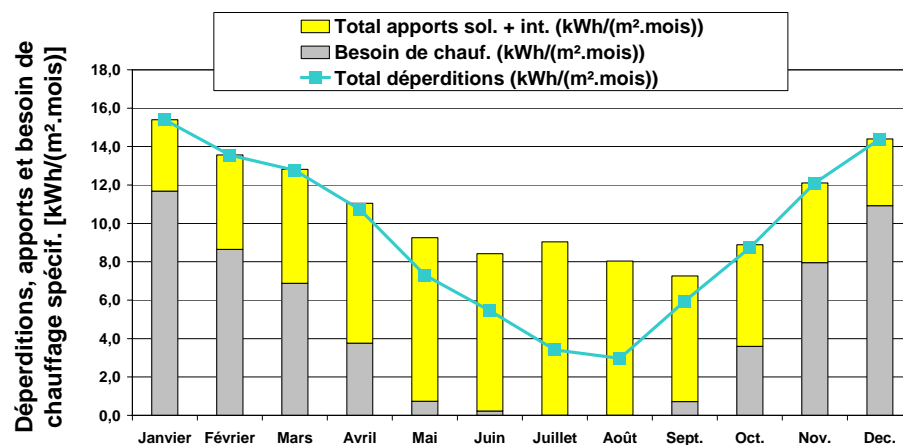


Figure 6 : bilan énergétique de chauffage – conception basse énergie

Comme nous pouvons le constater, les déperditions sont couvertes au moyen de deux sources : les apports solaires et internes d'une part et par le système de chauffage d'autre part.

3.2 SITUATION PASSIVE

Dans le cas de la mise en œuvre des principes de la conception passive, moyennant l'augmentation du niveau d'isolation et d'étanchéité à l'air et l'optimisation du système de ventilation, les besoins annuels totaux de chauffage s'élèvent maintenant à 14.150 kWh/an soit moins de **15 kWh/an.m²**.

Le graphique suivant illustre le bilan thermique de chauffage de la zone passive du projet :

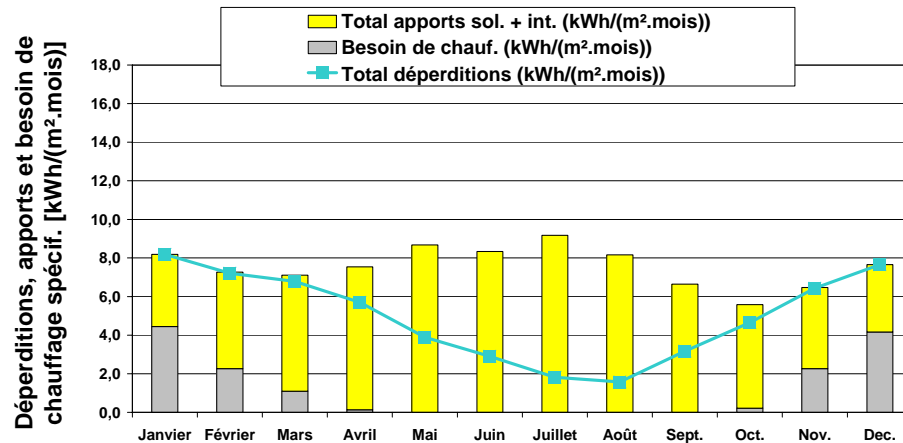


Figure 7 : bilan énergétique de chauffage – conception passive

La période usuelle de chauffe des bâtiments standards, de mi-septembre à mi-juin, soit de 9 mois est ramenée à 5 mois par an !

Le phénomène de compensation des déperditions par les apports solaires, tout à fait favorable et même recherché en période de chauffe, devient une réelle contrainte en période estivale. En effet, les apports solaires sont largement supérieurs aux besoins et le bâtiment « capte » trop de calories.

Les conséquences sont alors des risques de surchauffe et d'inconfort pour l'utilisateur. Divers moyens, actifs et passifs, sont mis en œuvre afin de minimiser ces risques de surchauffe.

L'étude des moyens de lutte contre la surchauffe est détaillée dans la partie suivante du présent dossier.

PARTIE II MODÉLISATION DYNAMIQUE

L'utilisation d'outils de simulation dynamique permet l'analyse du comportement thermique du bâtiment. Sur base de plans d'architecture et de paramètres techniques, il est possible de mesurer les risques de surchauffe.

A partir d'une situation de base, différentes stratégies sont testées et affinées de manière à répondre aux attentes des utilisateurs en termes de confort.

1 MODÉLISATION THERMIQUE DU BÂTIMENT

1.1 PRÉSENTATION DU MODÈLE MULTIZONE DU BÂTIMENT

Le bâtiment a été modélisé par plusieurs zones thermiques comme illustré par la Figure 8. Ces zones ont été choisies suivant leur orientation en regroupant les locaux pouvant avoir le même comportement thermique.

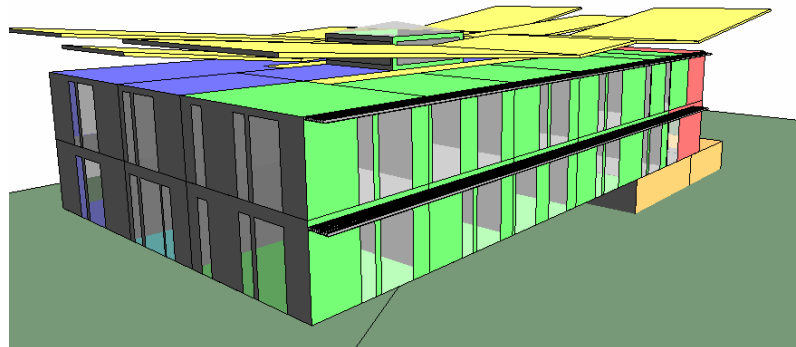


Figure 8 : Modèle géométrique et thermique du bâtiment vu depuis l'orientation sud-ouest. Une couleur différencie chaque zone thermique : bureaux sud (vert), bureaux nord (bleu), accueil (rouge).

1.2 HYPOTHÈSES

Afin de simuler le plus fidèlement possible le comportement thermique du bâtiment, les paramètres caractérisant le chauffage, la ventilation, l'infiltration ainsi que les gains internes ont été introduits pour chaque zone. Les hypothèses prises pour cette étude sont énumérées ci-après.

1.2.1 Météorologie

Les simulations sont réalisées en considérant l'année météorologique standard de référence de Saint-Hubert. Cette année de référence est construite sur base d'une sélection de 12 mois réels, qui, ensemble, constituent une année météorologique représentative. Il est recommandé d'utiliser cette année de référence pour évaluer les différents concepts tant d'un point de vue économique qu'énergétique.

Pour une analyse plus spécifique de la problématique de la lutte contre les surchauffes, les données correspondant à l'été UCCLE 2003 ont été utilisées. Ce fichier météorologique est très contraignant.

1.2.2 Ombres

Les simulations tiennent compte de l'ombre portée par les débordements de toiture, protections solaires extérieures, etc ... comme on peut le visualiser sur l'illustration du modèle 3D.

1.2.3 Profils d'utilisation

Dans un premier temps, les profils d'utilisation par type de zone sont synthétisés par le Tableau 2.

| | |
|------------------|---|
| Bureaux | Du lundi au vendredi - de 8h à 18h |
| Réunion | Lundi, mercredi et vendredi : 8 personnes de 8h à 12h Mardi et jeudi : 8 personnes de 14h à 18h |
| | Mercredi : 16 personnes de 14h à 18h |
| Salle de détente | Du lundi au vendredi : 8 personnes de 12h à 14h |

Tableau 2 : Définition des profils d'utilisation

1.2.4 Chauffage et refroidissement

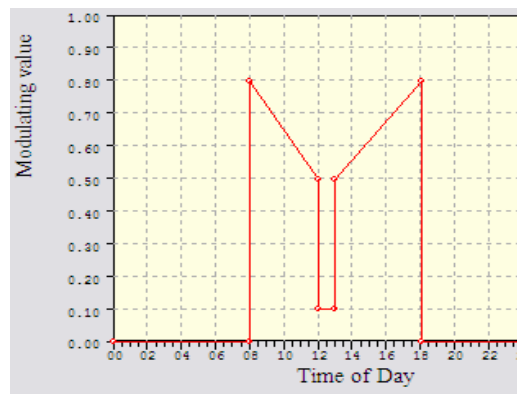
Les bureaux, salle de réunion et réfectoire sont chauffés à une température de 20°C et ce, selon le profil d'utilisation définis dans le Tableau 2.

En termes de refroidissement, une étude détaillée du niveau de confort dans les bureaux permet d'évaluer le risque de surchauffe et de mettre en évidence les mesures nécessaires pour le diminuer.

1.2.5 Gains internes

Au niveau des appareils informatiques, on peut considérer que l'entièreté de la puissance consommée par les équipements de bureau se retrouve dissipée dans l'ambiance intérieure sous forme de chaleur. Pour les ordinateurs nous considérons une puissance de 150 W (nombre de PC conforme au plan d'architecture).

Quant à l'éclairage, nous considérons une puissance installée de 8 W/m² pour assurer 500 lux. Les appareils étant équipés d'un système de détection de niveau de luminosité pour adaptation du flux en fonction des apports de lumière naturelle, nous avons considéré l'évolution horaire de la puissance des luminaires suivante :



Enfin, pour tenir compte de la chaleur des personnes, la puissance de chaque occupant a été prise en considérant des personnes effectuant un travail de bureau. Les valeurs sont de 150 W (100 W en sensible et 50 W en latent).

| | Bureaux | Salles réunion | Réfectoire | San./Circ |
|-------------------------------|--------------------------------------|----------------|--------------|-------------|
| Profil de fonctionnement | 80 % de 8h à 18h 40% de 13h à 13h | 2 à 3 h/ jour | de 12h à 14h | de 8h à 16h |
| Taux d'occupation | | 8 à 16 pers. | 8 pers. | - |
| Eclairage [W/m ²] | 0 à 8 | 0 à 8 | 0 à 8 | 5 |
| Autres appareils | 80% de 150 W/pers. | - | - | - |

Tableau 3 : Définition des gains internes pour les différentes zones du modèle.

1.2.6 Ventilation et infiltration

Le modèle de simulation tient compte des infiltrations d'air par le biais de toutes les baies (portes, fenêtres, ...), et ce, en fonction de la vitesse et de la direction du vent. Un taux de renouvellement à l'air équivalent à $\eta_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ a été considéré.

Quant à la ventilation des locaux, il s'agit d'un système de ventilation mécanique à double flux avec récupération de chaleur à haut rendement (90%). Les débits de pulsion sont ceux mentionnés sur les plans "110_AER_rez_20071012.pdf" et « 110_AER_et1_20071012.pdf » daté du 12/10/07.

Enfin, durant les mois d'été, le modèle de simulation tient également compte de la possibilité d'ouvrir les fenêtres des locaux. Cette stratégie peut s'avérer être très performante pour diminuer les surchauffes si elle est correctement appliquée. Les surfaces ouvrables considérées sont de 0,30 m² par fenêtre ouvrante et de 12 m² au niveau de l'atrium.

1.2.7 Modélisation architecturale

Toutes les compositions de planchers, murs, toitures et vitrages ont été modélisées conformément au plans d'architectures "3154 - 071008 – plans EXE_2004.dwg" daté du 08/10/07.

1.2.8 Interprétation des résultats

Les résultats des calculs sont présentés sous forme de tableaux reprenant le nombre d'heures de dépassement de différents seuils de température.

Il est généralement recommandé de ne pas dépasser plus de 100 heures d'occupation à 25°C et plus de 20 heures à 28°C.

Tenant compte des hypothèses météorologiques extrêmes considérées, avec une occurrence à Marche-en-Famenne quasi nulle, les résultats doivent être appréciés avec une certaine réserve. Ces calculs ont plutôt permis de mettre à l'épreuve le bâtiment dans ces conditions contraignantes et de démontrer qu'il est possible de garantir les conditions de confort acceptables moyennant la lutte contre les apports et la mise en œuvre d'une installation de rafraîchissement passive.

2 DÉFINITION DES CONFIGURATIONS

Plusieurs situations sont analysées et comparées.

2.1 ANNÉE MÉTÉO IRM DE RÉFÉRENCE

Le dossier étant l'évolution d'une étude précédente, un certain nombre de stratégies de gestion des surchauffes avaient déjà été envisagées et sont maintenues.

Ainsi, il est prévu en base les éléments suivants :

Protections solaires

Des protections solaires fixes de type « brise soleil » étaient prévues en base sur la façade Sud. Leur efficacité insuffisante nous a conduit à revoir ce principe pour ces nouvelles études et de prévoir des stores vénitiens externes à lamelles.

Pour les façades Est et Ouest, des stores vénitiens externe à lamelles sont prévus.

Stratégie de ventilation naturelle

En plus de la ventilation mécanique double flux, deux modes de ventilation naturelle sont prévus :

Ventilation naturelle de jour – free-cooling

En période estivale diurne, lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure et que des risques de surchauffe apparaissent, la ventilation mécanique est mise à l'arrêt et les châssis motorisés ainsi que les ouvrants supérieurs des atriums sont automatiquement ouverts de manière à créer un flux d'air frais au travers du bâtiment.

La gestion de l'état des ouvrants est assurée depuis une unité de régulation centralisée implantée dans le tableau électrique HVAC au rez-de-chaussée. Cette régulation reçoit de nombreuses informations provenant notamment d'une micro-station météorologique externe et de diverses sondes de températures réparties dans les plateaux de bureaux.

Concrètement, la ventilation naturelle de jour est mise en service lorsqu'il y a risque de surchauffe ($T^{\circ}\text{intérieure} > 23^{\circ}\text{C}$) et que la température extérieure est inférieure à la température intérieure. De cette manière l'air introduit « rafraîchit » gratuitement l'ambiance.

Ventilation naturelle de nuit – night cooling

Durant la nuit, lors des périodes estivales chaudes, les châssis sont également ouverts de manière à créer un flux intensif d'air au travers du bâtiment.

La différence de température entre l'ambiance intérieure et l'air frais introduit dans le bâtiment permet de décharger la masse thermique du bâtiment. Celui-ci est ainsi prêt à réabsorber à nouveau une quantité importante de chaleur sans générer de surchauffe.

Comme pour la ventilation naturelle de jour, la gestion de cette ventilation de nuit est gérée individuellement par niveau et par façade depuis le module de régulation centralisé.

Dans le cas du dossier InvestSud, ce flux d'air est opéré lorsque la température intérieure des bureaux, en période estivale, est supérieure à 21°C à 22 heure et que la température extérieure est inférieure à la température intérieure.

Résultats et analyses

La situation de référence avec le climat de Saint Hubert ne pose pas de problème, aucune surchauffe n'est remarquée.

| | > 25.00 | > 26.00 | > 27.00 | > 28.00 | > 29.00 | > 30.00 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MOYENNES | | | | | | |
| Bureaux Nord | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bureaux Sud | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Circulation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| MAXIMAS | | | | | | |
| Bureaux Nord | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Bureaux Sud | 35 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Circulation | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tableau 4 : temps de surchauffe de la situation de référence

La première partie du tableau consiste en l'analyse des conditions moyennes de l'ensemble des surfaces de bureaux, regroupée par orientation.

La seconde partie donne les maximas atteints dans certains bureaux plus exposés ou plus sensibles que la moyenne.

Seuls quelques bureaux présentent des conditions d'ambiance > 25°C durant quelques heures par an sans pour autant générer de l'inconfort.

2.2 MÉTÉO ESTIVALE CONTRAIGNANTE

Sur base d'un fichier très contraignant (Uccle 2003), Le bâtiment est sujet à un assez grand nombre d'heures de surchauffe :

| | > 25.00 | > 26.00 | > 27.00 | > 28.00 | > 29.00 | > 30.00 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MOYENNES | | | | | | |
| Bureaux Nord | 227 | 124 | 73 | 39 | 24 | 9 |
| Bureaux Sud | 148 | 75 | 41 | 21 | 8 | 2 |
| Circulation | 76 | 33 | 17 | 5 | 0 | 0 |
| MAXIMAS | | | | | | |
| Bureaux Nord | 288 | 153 | 90 | 51 | 35 | 18 |
| Bureaux Sud | 232 | 119 | 64 | 38 | 19 | 8 |
| Circulation | 112 | 54 | 33 | 14 | 0 | 0 |

Tableau 5 : temps de surchauffe de la situation contraignante

Tous les locaux au Nord (sans store) dépassent largement les conditions avec une moyenne de près de 230 heures avec $T^{\circ} > 25^{\circ}\text{C}$ et 39 heures avec des $T^{\circ} > 28^{\circ}\text{C}$. Certains locaux moins bien situés dépassent même les 280 heures à plus de 25°C. Des températures de plus de 30°C peuvent également apparaître.

Les locaux Sud sont un peu mieux protégés avec des moyennes de 150 heures > 25°C et 21 heures > 28°C et certains bureaux ce qui reste insuffisant en terme de confort.

Ces résultats nous ont poussés à étudier l'impact de la mise en œuvre de protections solaires sur les quatre façades du bâtiment. Il s'agit de la première situation d'optimisation.

2.3 OPTIMISATION 1 : PROTECTIONS SOLAIRES 4 FACADES

Suite aux surchauffes identifiées dans les bureaux orientés Nord, la première opération d'optimisation consiste en la mise en œuvre de protections solaires de type stores sur cette façade :

| | > 25.00 | > 26.00 | > 27.00 | > 28.00 | > 29.00 | > 30.00 |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| MOYENNES | | | | | | |
| Bureaux Nord | 127 | 65 | 36 | 16 | 5 | 1 |
| Bureaux Sud | 137 | 67 | 36 | 18 | 6 | 1 |
| Circulation | 58 | 25 | 10 | 2 | 0 | 0 |
| MAXIMAS | | | | | | |
| Bureaux Nord | 195 | 108 | 60 | 39 | 22 | 8 |
| Bureaux Sud | 226 | 115 | 62 | 36 | 18 | 5 |
| Circulation | 85 | 46 | 23 | 7 | 0 | 0 |

Tableau 6 : temps de surchauffe de la situation d'optimisation 1

Cette situation reflète une amélioration des conditions de confort surtout par une certaine homogénéisation des températures.

Les conditions de confort sont quasiment atteintes pour la moyenne des bureaux. Cependant, quelques bureaux présentent malgré tout des temps de dépassement des températures de confort difficilement acceptables.

2.4 OPTIMISATION 2 : TOP-COOLING

Principe de fonctionnement

Second niveau d'action de traitement contre la surchauffe, un appoint complémentaire d'air rafraîchi mécaniquement à 18°C est apporté par le système de ventilation lorsque la température extérieure excède 24°C.

Dans ce cas, la ventilation naturelle de jour (free-cooling) est stoppée, les châssis motorisés sont automatiquement refermés et le groupe de ventilation remis en ordre de marche. Une petite machine frigorifique alimente la batterie froide du groupe de ventilation et assure un refroidissement accompagné d'une déshumidification de l'air neuf pulsé dans le bâtiment.

Pour cette configuration, seules les trois façades Est/Sud/Ouest sont équipées de stores.

Analyse des résultats

| | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| > 25.00 | > 26.00 | > 27.00 | > 28.00 | > 29.00 | > 30.00 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|

| MOYENNES | | | | | | |
|--------------|-----|----|----|----|---|---|
| Bureaux Nord | 191 | 81 | 33 | 11 | 0 | 0 |
| Bureaux Sud | 76 | 31 | 11 | 0 | 0 | 0 |
| Circulation | 49 | 17 | 3 | 0 | 0 | 0 |

| MAXIMAS | | | | | | |
|--------------|-----|-----|----|----|---|---|
| Bureaux Nord | 260 | 103 | 47 | 16 | 0 | 0 |
| Bureaux Sud | 165 | 64 | 30 | 3 | 0 | 0 |
| Circulation | 75 | 34 | 10 | 0 | 0 | 0 |

Tableau 7 temps de surchauffe de la situation d'optimisation 2

Cette solution permet de satisfaire à la contrainte du temps de dépassement d'une température de 28°C pour tous les bureaux.

Cependant, les bureaux Nord sont sujets à des dépassements d'une température de 25°C encore fréquents. Ceci s'explique par l'absence de store sur cette façade.

Incidence du comportement des utilisateurs

Cette problématique peut être relativisée puisqu'il s'agit d'une température tout à fait acceptable. De plus, ce nombre d'heure pourra être diminué par les utilisateurs eux-mêmes qui disposent d'une possibilité d'ouverture manuelle des fenêtres de bureaux et donc d'augmenter substantiellement l'effet de free-cooling.

Ce comportement tout à fait intuitif et naturel est bénéfique aux conditions thermiques. Cependant, lorsque la température extérieure s'élève de trop et que les fenêtres motorisées sont automatiquement refermées, les utilisateurs devront prendre l'habitude d'également refermer les fenêtres non motorisées afin de pouvoir pleinement profiter de l'effet « top-cooling ».

Moyens de production de froid

Les besoins énergétique annuels en énergie frigorifique s'élèvent à 5 MWh/an avec une météo contraignante. La puissance de crête (T° de pulsion de 18°C pour 30°C extérieure) s'élève à 16 kW et le temps de fonctionnement estimé de l'installation frigorifique est d'environ 400 heures/an.

Plusieurs méthodes peuvent être envisagées pour produire de l'air refroidi depuis le système de ventilation.

De par les besoins énergétiques assez faibles, nous ne recommandons pas d'investir dans un matériel particulièrement performant (de type adiabatique par exemple). En effet, les coûts énergétiques de fonctionnement sont faibles et estimés à 350 €/an moyennant une installation de base correctement dimensionnée. Ces faibles coûts rendent toute forme d'investissement complémentaire difficilement rentable d'un point de vue purement économique.

Une unité de production de froid à détente directe avec unité extérieure à implanter sur le mur contre le local technique côté parking nous paraît être une solution suffisante.

3 SYNTHÈSE DES RÉSULTATS

Le graphique suivant illustre les temps de surchauffes moyens des différentes configurations ainsi que des températures maximales des locaux les plus défavorables :

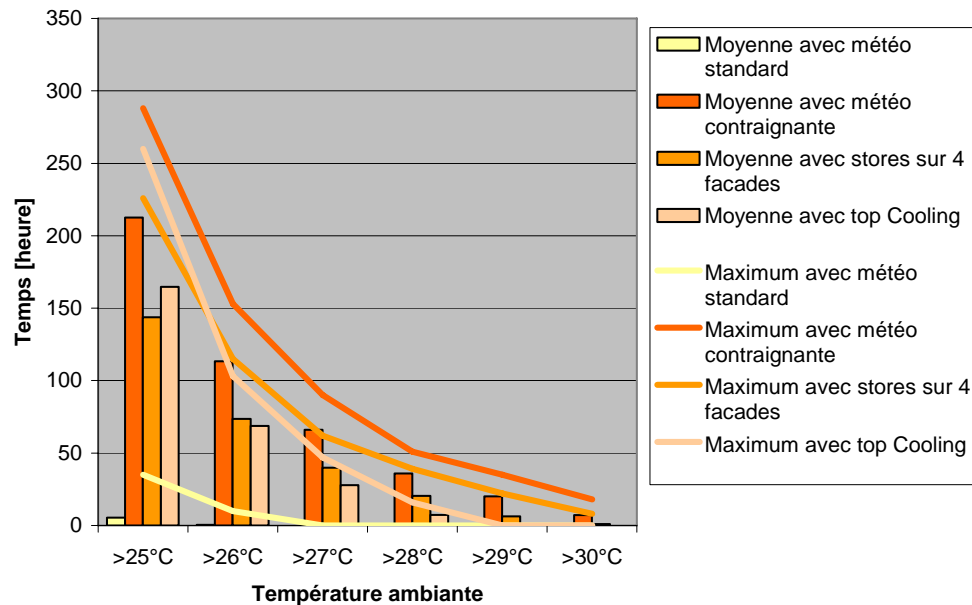


Figure 9 : surchauffes

Comme en témoigne la figure 9, le type de fichier météo a une influence considérable sur les conditions de confort des occupants : considérant le fichier météo standard de Saint Hubert, aucun inconfort n'est à signaler. A l'inverse, le fichier Uccle 2003 est particulièrement contraignant.

Concernant les moyens mis en œuvre pour amoindrir les temps de surchauffe, les méthodes passives seules ne peuvent suffirent.

Seul l'ajout d'énergie frigorifique par des moyens mécaniques (fonction top-cooling) via le groupe de ventilation permet de quasiment annuler tout risque de surchauffe.

L'annulation complète des risques de surchauffe ne pourrait être garantie que par la combinaison des mesures d'optimisation 1 et 2 par la pose de stores sur les quatre façades et le mode de fonctionnement top-cooling de jour.

Cependant, étant donné la prise en compte de conditions météorologiques très (trop) contraignantes et la limite de validité des hypothèses liées à la modélisation informatique de la thermique du bâtiment, nous ne recommandons pas l'installation en base d'une machine frigorifique.

Le groupe de ventilation installé sera équipé d'un caisson libre pour la pose ultérieure de cette option (batterie froide) en fonction du comportement thermique réel du bâtiment et du constat éventuel d'inconfort par les occupants.