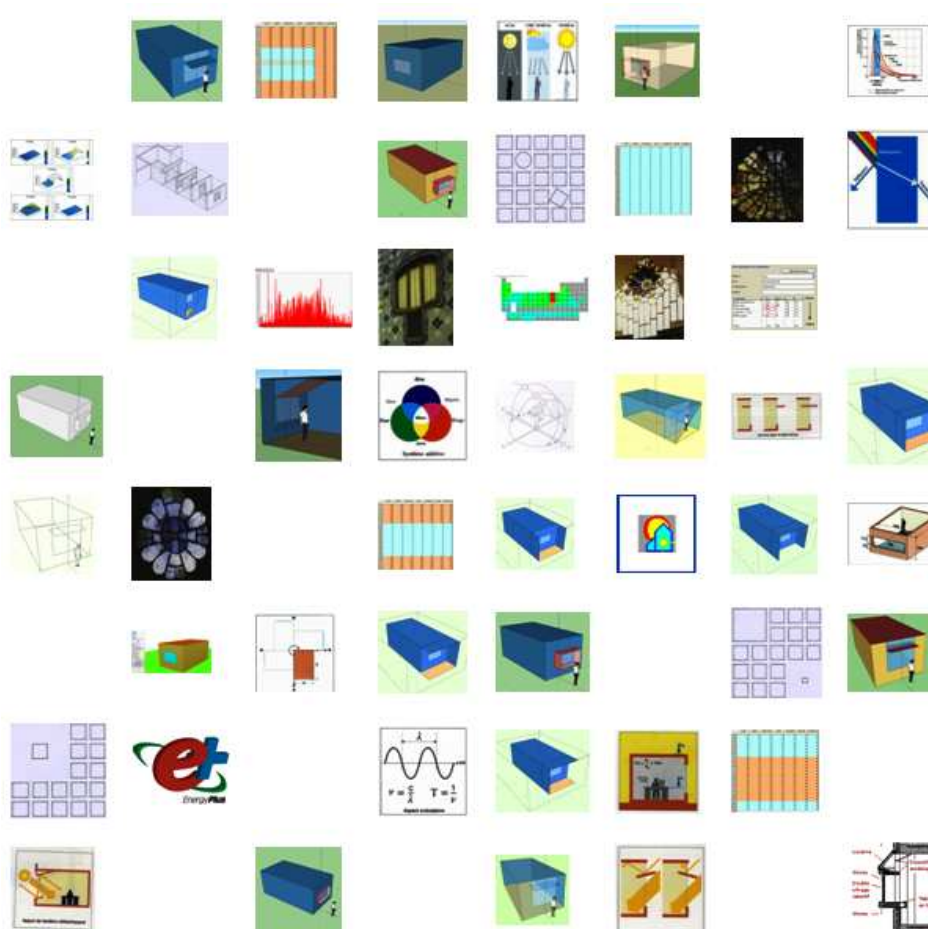


École Nationale Supérieure d'Architecture de Nancy  
 Université Henri Poincaré (Nancy 1)  
 Institut National Polytechnique de Lorraine

Mémoire de Master de Recherche Design Global, spécialité

**ARCHITECTURE    MODÉLISATION    ENVIRONNEMENT**



**QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE DES BÂTIMENTS :  
 OPTIMISATION DU CONFORT THERMIQUE  
 ET LUMINEUX PAR PARAMÉTRISATION  
 MULTI POINT DE VUE DE L'ESPACE BAIE**

Nom de l'étudiant : Issam HADDADI

Laboratoire d'accueil : CRAI-MAP (UMR CNRS- Culture N°694)

Sous la direction de : Gilles DUCHANOIS

24 Septembre 2010

## REMERCIEMENTS

---

Je tiens à adresser mes remerciements à :

Professeur Jean Claude Bignon par ses qualités humaines et sa confiance dont il a fait preuve à mon égard.

Monsieur Gille Duchanois mon directeur de recherche.

Tous les membres du CRAI particulièrement Monsieur Vicent Marchal.

Mes chers parents, qui de loin ont contribué à l'aboutissement de ce travail.

## L'ENJEUX DU PROJET

---

De nos jours et à une échelle mondiale, un grand intérêt est porté au soleil comme source naturelle d'énergie.

Ce projet de recherche propose une stratégie d'éclairage mixte (naturel et artificiel) dans le but de réduire la consommation d'énergie dans le bâtiment.

Comme l'espace baie transmet à la fois les flux énergétique et lumineux, nous travaillons simultanément sur ces deux flux, car ils impactent ensemble les décisions en phase conception / construction.

**SOMMAIRE**


---

|   |           |
|---|-----------|
| <b>L'ENJEUX DU PROJET.....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>CONTEXTE.....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>DEMARCHE.....</b>  | <b>7</b>  |
| <br>  |           |
| <b>I. INTRODUCTION SUR L'ESPACE BAIE</b>  |           |
| 1. FONCTIONS DE L'ESPACE BAIE.....  | 9         |
| 2. LA METHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTEME BAIE.....   | 12        |
| 3. APPROCHE PHYSIQUE DE L'ESPACE BAIE.....  | 16        |
| 4. INVESTIGATION PARAMETRIQUE DE L'ESPACE BAIE.....   | 19        |
| <br>  |           |
| <b>II. ETAT DE L'ART DES PROGRAMMES DE RECHERCHES CONVERGENTES</b>                                    |           |
| 1. SOLUTIONS TYPE ET OUTILS POUR FAVORISER LA CONCEPTION<br>BIOCLIMATIQUE DES VERANDAS RAJOUTEES..... | 21        |
| 2. LE BATIMENT SOLAIRE EXPERIMENTAL LESO.....   | 23        |
| 3. UN MODELE DE DONNEES NEUTRE POUR LA DISCRPTION DE BATIMENTS.....                                   | 25        |
| <br>  |           |
| <b>III. ETAPE D'EXPERIMENTATION ET DE PROTOTYPAGE</b>   |           |
| 1. PRESENTATION DES OUTILLES D'EXPERIMENTATIONS.....  | 27        |
| 2. LES CONDITIONS DE L'EXPERIMENTATION.....   | 31        |
| 3. PROTOTYPAGE, MODELISATION ET SIMULATION .....  | 36        |
| <br>  |           |
| <b>CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....</b>  | <b>51</b> |
| <b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>   | <b>52</b> |
| <b>TABLES DES FIGURES.....</b>  | <b>54</b> |

## CONTEXTE

---

**”Alors que les questions générales ne recevaient que des réponses limitées, les questions limitées se trouvèrent conduire à des réponses de plus en plus générales.”**

[JAC87] JACOB (François). Le jeu des possibles, essai sur la diversité du vivant. – Paris : Éditions Librairie Arthème Fayard, 1981. – P 26.

L'espace baie vernaculaire offre un apport solaire considérable pour le bâtiment, sous forme de réchauffement des parois, et d'éclairage naturel directe et indirecte, ce savoir faire est développé au fil de temps, est présente une parfaite optimisation de l'enveloppe de bâtiment a son environnement. Par contre l'architecture contemporaine en général réduit cet espace tampon et modérateur a une surface vitrée qui a rendu l'ambiance intérieure du bâtiment très sensible aux variations climatiques. Les coûts énergétiques de stabilisation des seuils de température et d'éclairage sont de plus en plus importants, et se caractérisent par une demande ponctuelle très forte en énergie, ce qui cause des surcharges des différents réseaux de transport d'énergie.

Une bonne gestion du gisement solaire par optimisation de l'espace baie réduit la consommation d'énergie et améliore le confort de l'espace vécu.

Dans ce travail de recherche on veut dire par «Espace baie» toute zone tampon entre extérieur et intérieur du bâtiment qui peut avoir un multiple usage voir passage, éclairage/ombrage, aération, repos, activité...

Il est nécessaire de faire évoluer les méthodes et les outils de conception dans ce sens et d'établir de nouveaux critères architecturaux intégrant le couplage lumière naturelle et lumière artificielle.

Les nouvelles exigences énergétiques (passive House, énergie positif...) imposent donc aux intervenants dans l'acte de construction d'obtenir en amont des réponses plus que qualitatives.

Vu que l'espace baie est une zone tampon entre intérieur et extérieur du bâtiment, il est aussi le lieu d'intersection de plusieurs contraintes très variées et peut prendre une forme plus au moins complexe. La modélisation et la fabrication numérique ouvre de nouveaux territoires à la conception architecturale.

## DEMARCHE

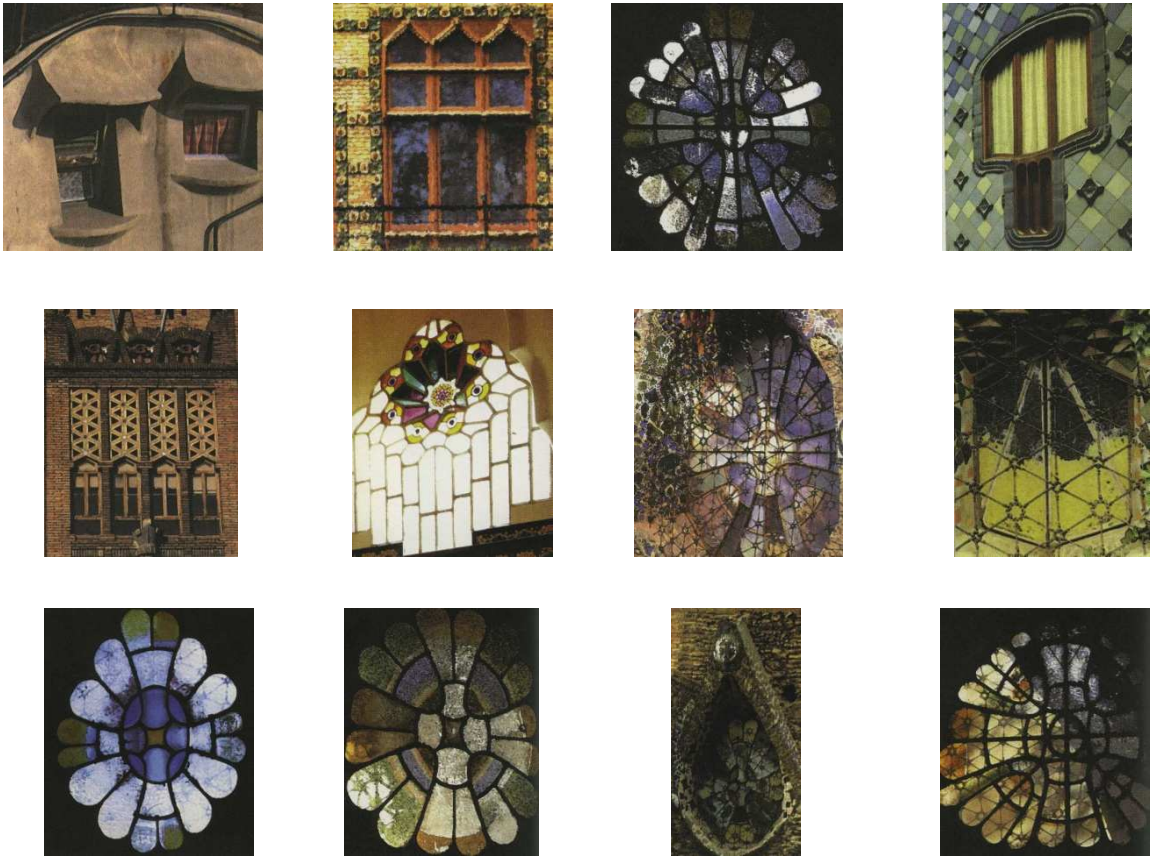
---

Dans un premier temps, il s'agira de faire une introduction sur l'espace baie dans le but de mettre en évidence les savoirs qui lui régissent. Dans cette partie une approche physique sera entamée dans laquelle seront présenter les lois physiques nécessaire à la compréhension des phénomènes des ambiances au sein des bâtiments.

Dans un seconde temps, un état de l'art des programmes de recherches convergentes sera fait.

Par la suite, nous commençons par un travail d'expérimentation et de prototypage avec l'outil de simulation Energy+ sur la plateforme Google Sketchup.

En effet la possibilité d'optimisation les dépenses énergétiques en temps réel durant la phase conception par le paramétrage de l'espace baie est le but de cette recherche.



[Figure 1] Gaudí (1852-1926) : Un savoir faire écologique



# I. INTRODUCTION SUR L'ESPACE BAIE

---

## 1. FONCTIONS DE L'ESPACE BAIE

### DEFINITIONS

Baie :

N.f., toute ouverture pratiquée dans une construction (maçonnerie ou charpente), quelles que soient ses dimensions et sa fonction (porte, fenêtre, arcade, jour, oculus, soupirail, lucarne, clairevoie, vitrine...). Une baie libre est une baie sans fermeture.

**LAVENU M., MATAOUCHEK V., "Dictionnaire d'architecture", Ed° JP Ginerot, 1999.**

Toute ouverture pratiquée dans un mur ou un toit, servant au passage ou à l'éclairage des locaux.

**Le petit dicobat, dictionnaire général du bâtiment Edition ARCATURE, 4e édition, 2008**

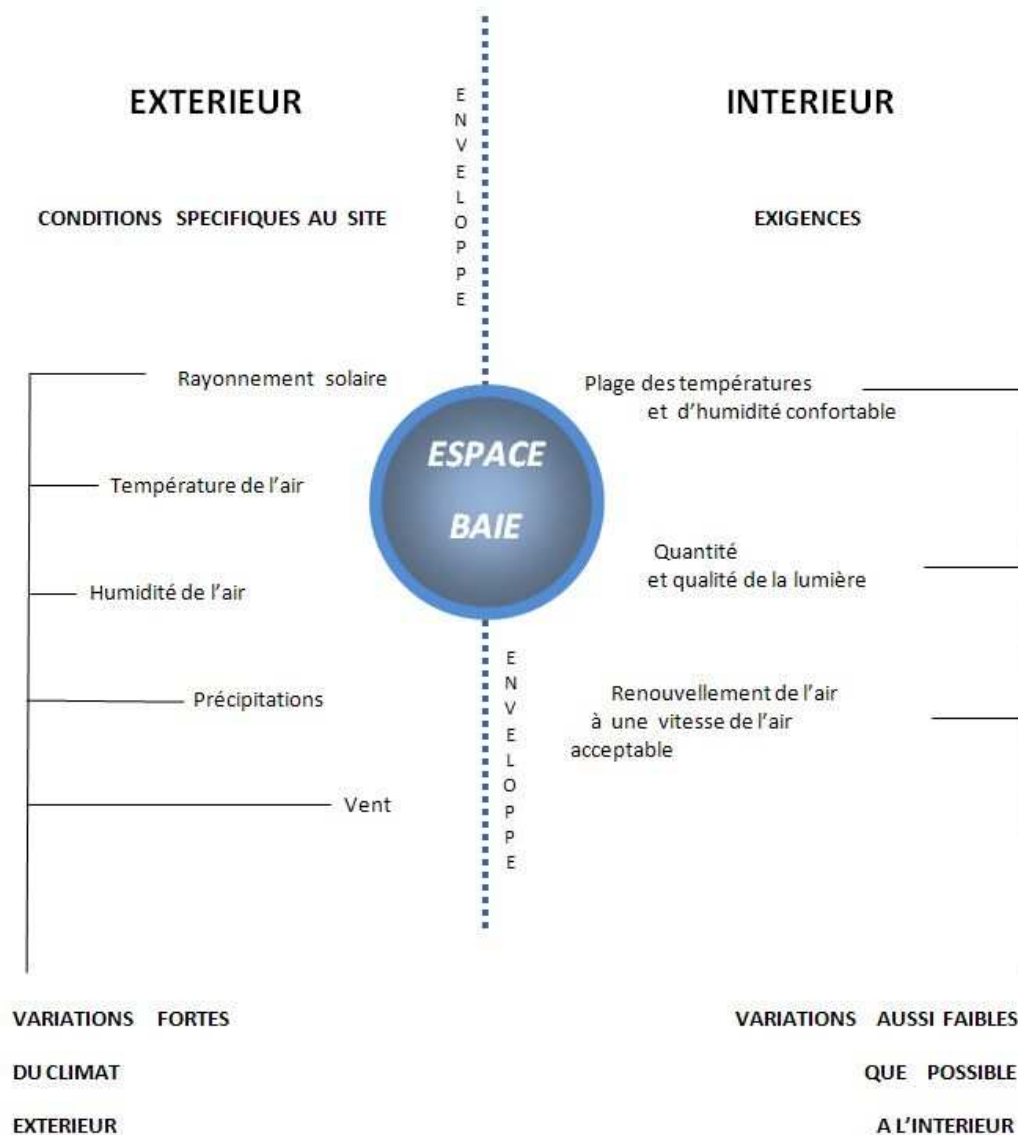
Avec l'architecture moderne, les baies se résument maintenant à une « absence » de mur : le cadre n'existe plus, selon une tendance affirmée à partir du début du xxe siècle où une embrasure moulurée existe encore avant l'apparition des murs minces qui autorisent peu d'initiatives de formes réalisées dans leur faible épaisseur sans inconvénient structurel.

**[http://fr.wikipedia.org/wiki/Baie\\_\(architecture\)](http://fr.wikipedia.org/wiki/Baie_(architecture))**

Fenêtre :

N.f., baie non libre, équipée d'une fermeture vitrée.

**LAVENU M., MATAOUCHEK V., "Dictionnaire d'architecture", Ed° JP Ginerot, 1999.**

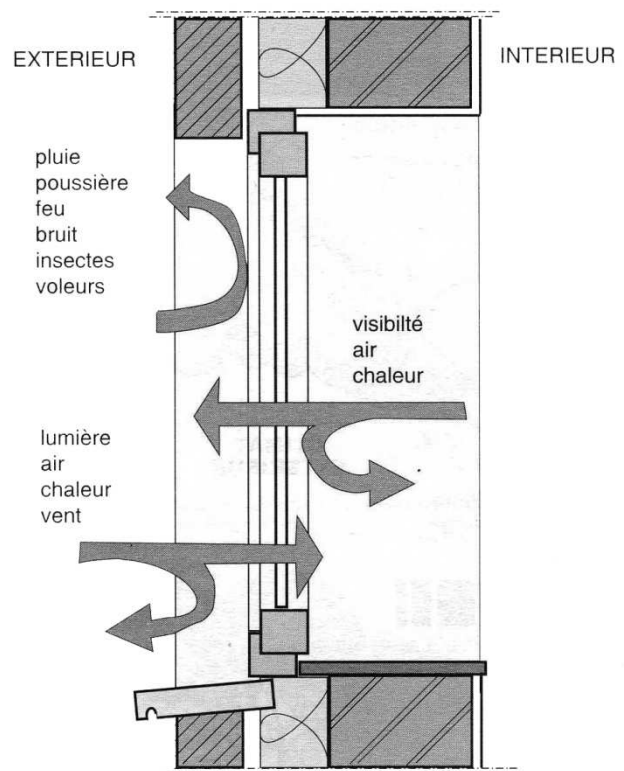


[Figure 2] d'après Thomas Herzog, Roland Krippner et Werner Lang, Construire des façades.

L'enveloppe d'un bâtiment protège les locaux des influences extérieures, qu'il s'agisse des intempéries, des variations de température ou des nuisances émanant de l'espace public. Malgré cette fonction protectrice, une séparation hermétique n'est en général pas souhaitable car, pour répondre aux besoins des usagers en matière d'air, de lumière et d'interaction, il doit aussi s'ouvrir vers l'extérieur.

En conclusion toutes ces exigences se divisent en deux catégories :

- Conditions extérieurs propres au site, ne peut pas être modifiées par la planification.
- Conditions intérieures se définit sur la base de l'utilisation envisagée



[Figure 3]  
Francy SIMON, JEAN- Marie  
HAUGLUSTAINE, Sophie LIESSE  
et Catherine BALTUS, La fenêtre et la  
gestion de l'énergie : Guide pratique pour les  
architectes

| FONCTIONS             | EFFETS RECHERCHES        | EFFETS NON SOUHAITÉS             |
|-----------------------|--------------------------|----------------------------------|
| Energétique           | Gains solaires           | Surchauffe / pertes excessives   |
| Fermeture / ouverture | Étanchéité + résistance  | Agressions diverses              |
| Eclairage             | Lumière                  | Eblouissement                    |
| Vue                   | Contact avec l'extérieur | Perte d'intimité                 |
| Ventilation           | Apport d'air neuf        | Courants d'air / pont acoustique |
| Contrôle social       | Vue vers l'extérieur     | Vue vers l'intérieur             |

Si la réalisation d'un espace protégé représente la raison première de la construction, pratiquer des ouvertures dans les enveloppes constitue une mesure absolument indispensable pour garantir la valeur d'usage des locaux, les baies établissant en effet entre extérieur et intérieur des relations fonctionnelles et/ou visuelles tout à fait primordiales.

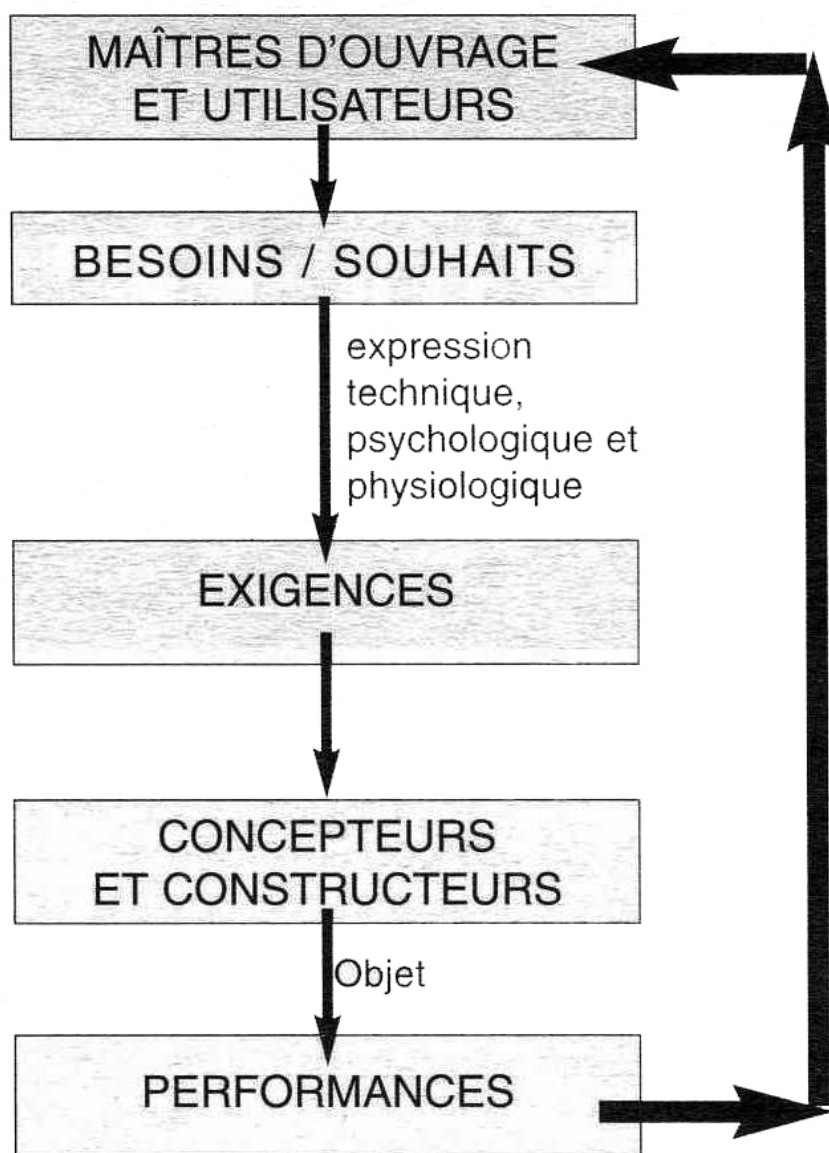
De cette manière, les fonctions de protection de l'enveloppe sont complétées par des fonctions de réglage assuré en grande partie par l'espace baie.

Lors de la conception de l'espace baie il est essentiel de prendre en considération des exigences diverses, parfois contradictoires.

La taille des baies n'influe pas seulement sur la vue et le contact avec l'extérieur, mais aussi sur les possibilités d'éclairage et d'utilisation directe de l'énergie solaire.

## 2. LA METHODOLOGIE DE CONCEPTION DU SYSTEME BAIE

Pour l'utilisateur, la fenêtre laisse entrer la lumière, la chaleur du soleil et l'air frais, et donne un vue sur le monde. Pour le concepteur en plus que de remplir ces mêmes fonctions, la fenêtre doit répondre à des besoins et des exigences parfois contradictoires, elle est aussi le point de rencontre de matériaux différents.



[Figure 4] Francy SIMON, JEAN- Marie HAUGLUSTAINE, Sophie LIESSE et Catherine BALTUS, La fenêtre et la gestion de l'énergie : Guide pratique pour les architectes

Selon la figure 3 le cycle de conception de l'espace baie doit passer par 3 phases :

#### Souhaits et Besoins de l'utilisateur

- \* Gérer les apports solaires en tout saison
- \* Protéger l'habitat contre les intempéries
- \* Assurer le contact visuel entre l'intérieur et l'extérieur

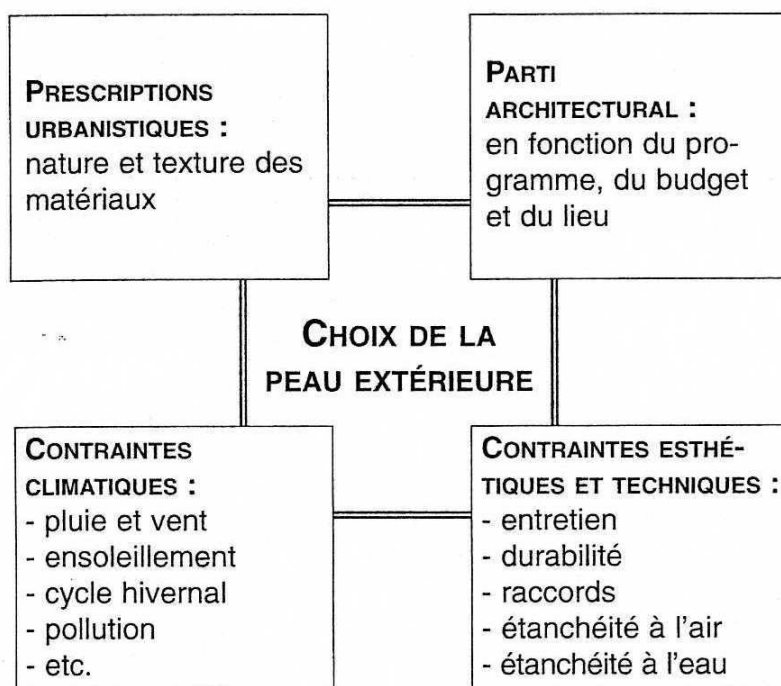
#### Exigences de l'utilisateur

- \* Utilisation rationnelle de l'énergie
- \* Confort fonctionnel et physiologique

#### Performances

- \* De la thermique
- \* De la lumière
- \* De la ventilation
- \* Etc.

Le processus conception / construction doit aboutir à des performances de l'espace baie en réponse aux nombreuses exigences.

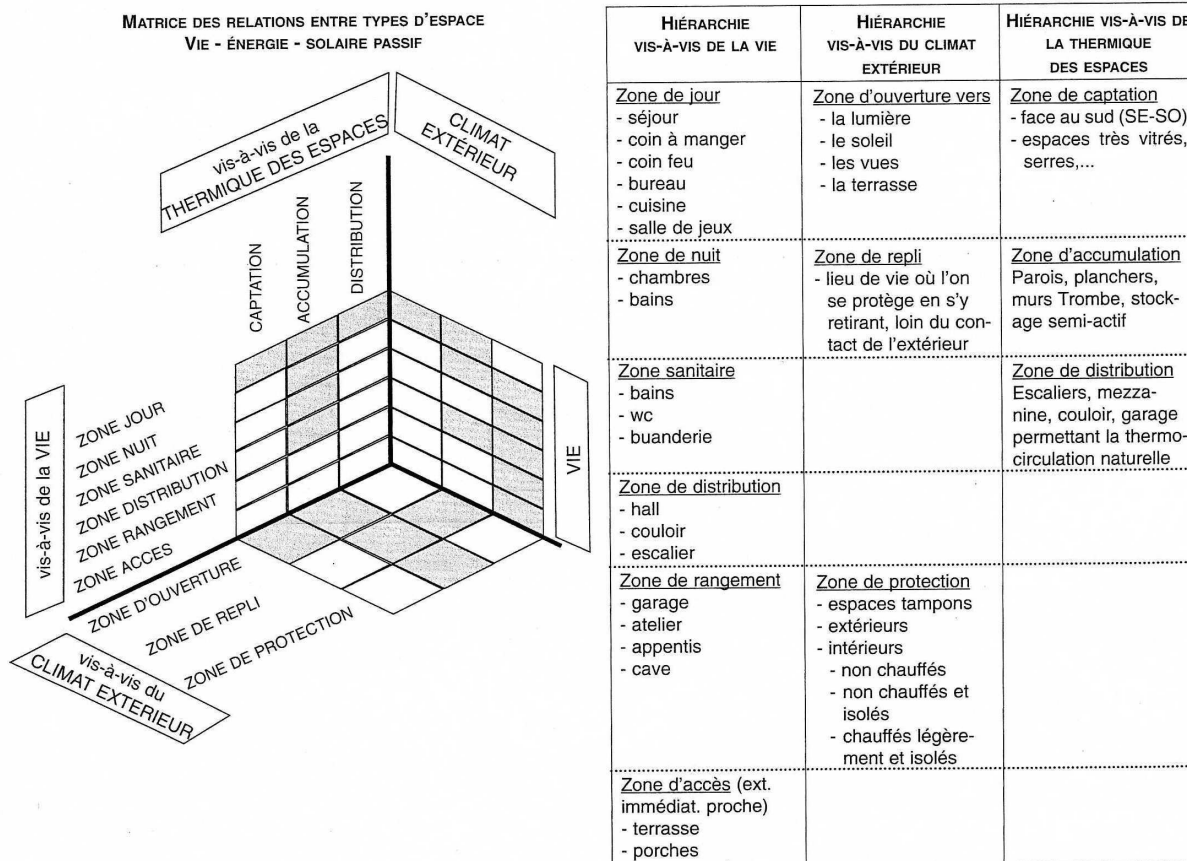


[Figure 5]

Francy SIMON, JEAN- Marie HAUGLUSTAINE, Sophie LIESSE et Catherine BALTUS, La fenêtre et la gestion de l'énergie : Guide pratique pour les architectes

L'espace baie prend sa forme appropriée suivant les conditions extérieurs du site et aussi suivant le groupe fonctionnel qu'il appartient, dans l'embryon d'un bâtiment on distingue 3 types de zones :

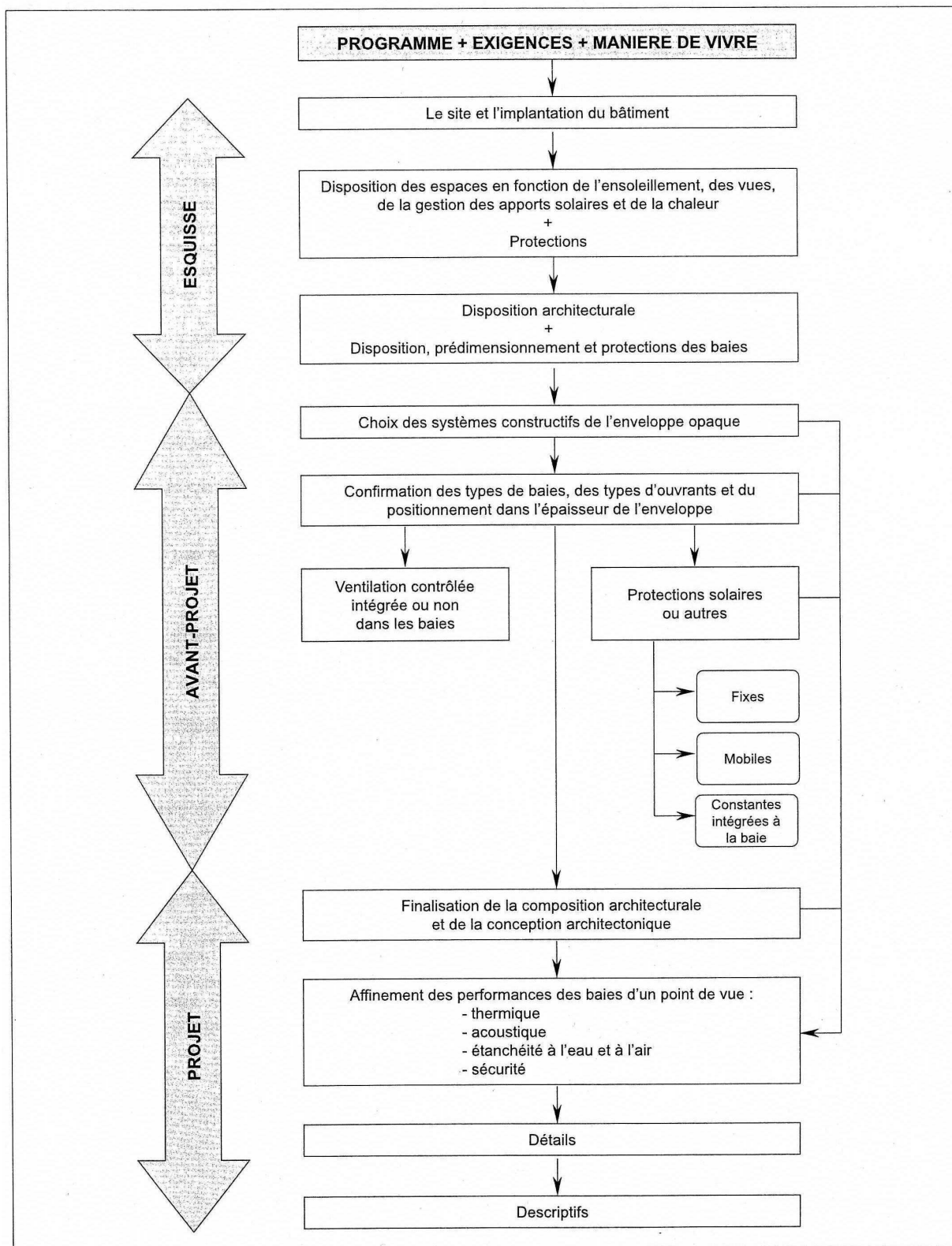
- \* Les zones de jour
- \* Les zones de nuit
- \* Les zones de services



[Figure 6] Francy SIMON, JEAN- Marie HAUGLUSTAINÉ, Sophie LIESSE et Catherine BALTUS, La fenêtre et la gestion de l'énergie : Guide pratique pour les architectes



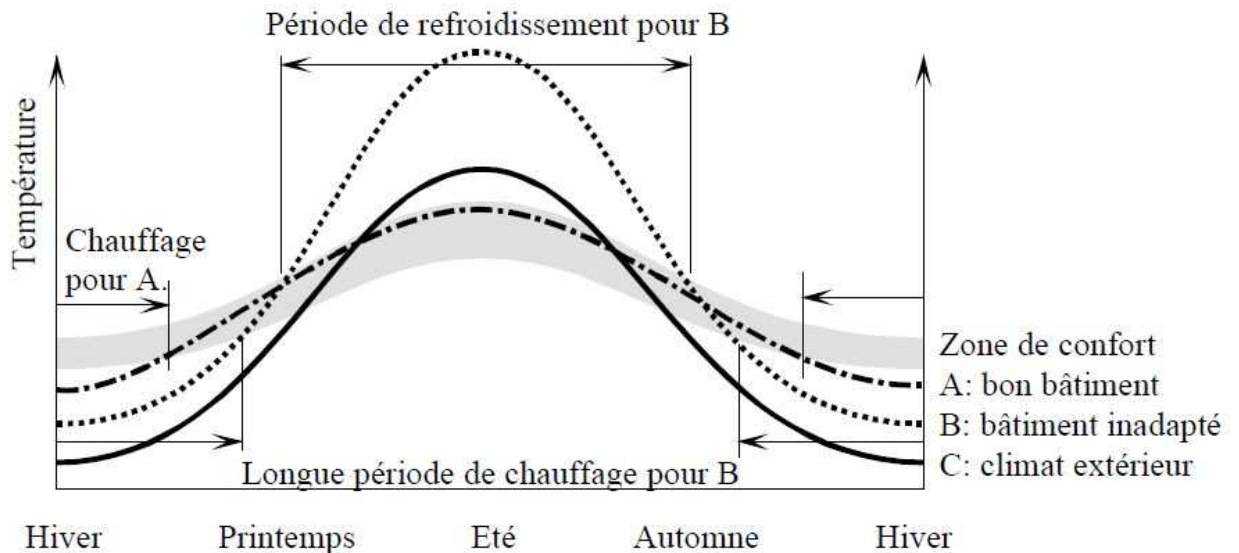
## Organigramme décisionnel de la conception de l'espace baie



[Figure 7] Francy SIMON, JEAN- Marie HAUGLUSTAINE, Sophie LIESSE et Catherine BALTUS, La fenêtre et la gestion de l'énergie : Guide pratique pour les architectes

### 3. APPROCHE PHYSIQUE DE L'ESPACE BAIE

L'enveloppe du bâtiment devrait assurer, sans aucune consommation d'énergie, un confort au moins équivalent à celui régnant à l'extérieur.



[Figure 8] d'après Thomas Herzog, Roland Krippner et Werner Lang, Construire des façades.

La matière est composée de molécules qui vibrent constamment les unes par rapport aux autres. Elles vibrent plus ou moins vite selon leur niveau d'énergie.

En touchant un corps, on perçoit cette agitation moléculaire sous forme de chaleur

La chaleur se déplace selon quatre modes :

- par conduction à travers les matériaux solides
- par convection lorsqu'un fluide permet ce transport
- par rayonnement qui transporte l'énergie par ondes électromagnétiques au travers des matériaux transparents et dans le vide
- par évaporation puis condensation avec migration d'eau et de chaleur.



## Modes de transfert de chaleur

### Conduction

La conduction est le moyen par lequel la chaleur circule dans un matériau.

$$U = \lambda / e$$

ou :

$U = 1/R$  = conductivité thermique [W/m<sup>2</sup> k]

$\lambda$  = Coeff. de conduction du matériaux en [W/n

$e$  = épaisseur de la couche en [m]

$R$  = résistance thermique

|   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |    |    |
|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|
| H |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     | He |    |
|   | Li | Be |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |    | Ne |
|   | Na | Mg |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |    | Ar |
|   | K  | Ca | Sc | Ti | V  | Cr | Mn | Fe | Co | Ni | Cu | Zn | Ga  | Ge  | As  | Se  | Br  | Kr  |    |    |
|   | Rb | Sr | Y  | Zr | Nb | Mo | Tc | Ru | Rh | Pd | Ag | Cd | In  | Sn  | Sb  | Te  | I   | Xe  |    |    |
|   | Cs | Ba | *  | Hf | Ta | W  | Re | Os | Ir | Pt | Au | Hg | Tl  | Pb  | Bi  | Po  | At  | Rn  |    |    |
|   | Fr | Ra | ** | Rf | Db | Sg | Bh | Hs | Mt | Ds | Rg | Cn | Uut | Uuq | Uup | Uuh | Uus | Uup |    |    |
|   | La | Ce | Pr | Nd | Pm | Sm | Eu | Gd | Tb | Dy | Ho | Er | Tm  | Yb  | Lu  |     |     |     |    |    |
|   | Ac | Th | Pa | U  | Np | Pu | Am | Cm | Bk | Cf | Es | Fm | Md  | No  | Lr  |     |     |     |    |    |

[Figure 9] wikipedia.org, conductivité thermique des éléments à 27° C en w / cm k

### Convection naturelle

La convection est le mouvement d'un fluide dû à une variation locale de température.

flux de chaleur :

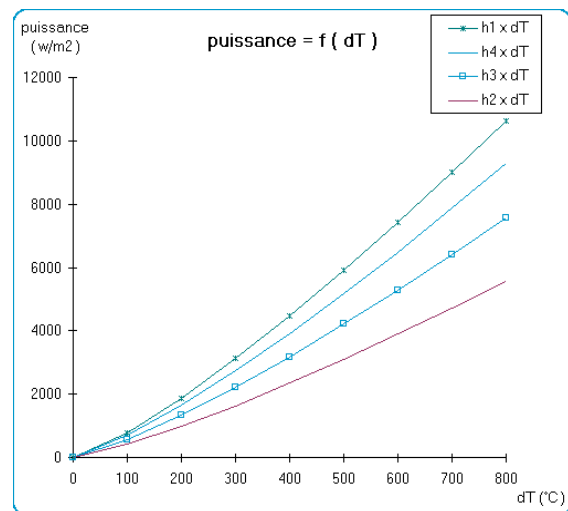
$$U = h . \Delta T$$

ou :

$U =$  flux de chaleur [W]

$h$  = Coeff. de convection en W/m<sup>2</sup>

$\Delta T$  = écart de température entre la paroi et l'air en °C ou K



[Figure 10] wikipedia.org, tableau de la puissance dissipée par convection en Watts/m² suivant le T et le type de surface

$h_1$  = Coefficient de convection d'une plaque horizontale, face chauffante vers le haut

$h_2$  = Coefficient de convection d'une plaque horizontale, face chauffante vers le bas

$h_3$  = Coefficient de convection d'une plaque verticale de plus de 0.3m de haut

$h_4$  = Coefficient de convection d'une plaque verticale de moins de 0.3m de haut

## Rayonnement

Le soleil, corps chaud à une température de plus de 6000K. L'énergie produite par les réactions thermonucléaires est rayonnée dans l'espace sous forme d'ondes électromagnétiques dans un spectre très étalé.

Loi de Kirchoff généralisée

$$\Phi = \alpha \cdot \sigma_0 \cdot T^4$$

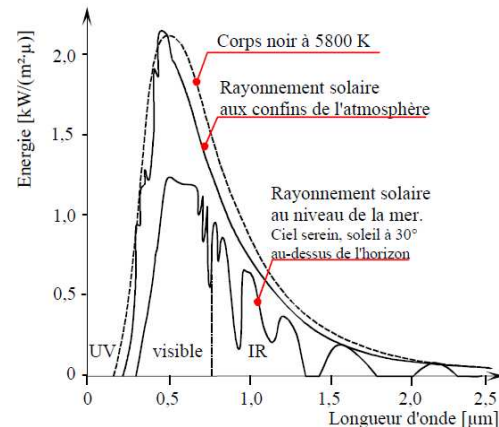
où :

$\Phi$  = puissance en Watt  
 $\alpha$  = facteur d'absorption ou

d'émission de la surface émettrice

$\sigma_0 = 5,675 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$

$T$  = Température absolue en K

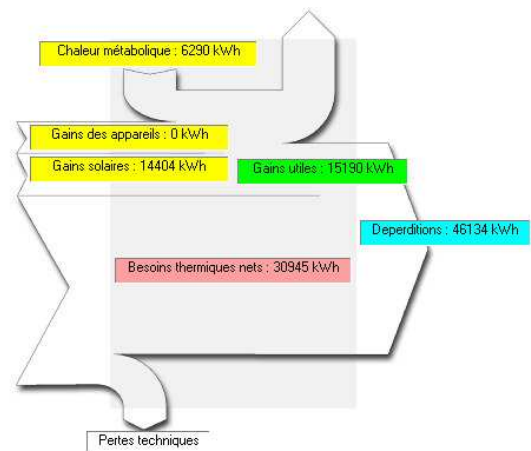


[Figure 11] wikipedia.org, spectre de rayonnement naturel du soleil

## Le bilan énergétique du bâtiment

[Figure 12] <http://www.enthalpie.org/simulation.html>,

Diagramme de Shankey



Ce diagramme donne une vision globale des besoins énergétiques du bâtiment.

Le bilan thermique exprime que :

Toute l'énergie qui entre dans le bâtiment, sous quelque forme que ce soit, finit par être transformée en chaleur et toute cette chaleur finit par être perdue à l'extérieur.

Il y a donc un flux constant de chaleur qui pénètre dans le bâtiment mais la température n'augmente pas continuellement parce que les pertes vers l'extérieur compensent ces gains.

Total des gains thermiques = total des pertes thermiques

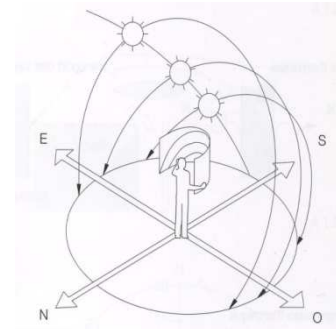
#### 4. INVESTIGATION PARAMETRIQUE DE L'ESPACE BAIE

Cette partie de recherche est une initiation à l'approche paramétrique de l'espace baie dans le but de l'utiliser les résultats conclu ultérieurement dans un l'étape de simulation et de prototypage.

##### i. Orientation

Suivant l'orientation l'espace prend une configuration appropriée.

[Figure 13] d'après Thomas Herzog, Roland Krippner et Werner Lang, Construire des façades.

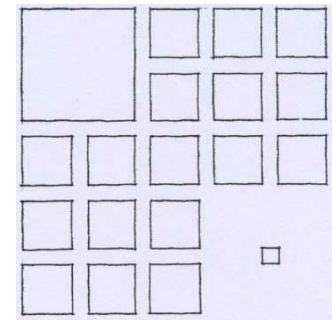


[Figure 13], [HER07]

##### ii. Dimensions

Lorsque la surface vitrée d'un local augmente, pour une même surface de plancher, la disponibilité d'éclairage naturel à l'intérieur de ce local augmente également.

[Figure 14] francis d.k. ching, Architecture : Form, Space, & Order

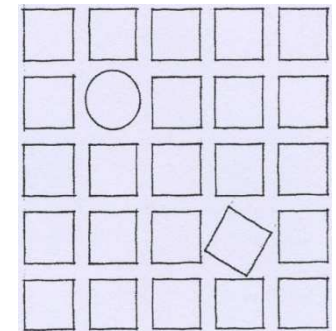


[Figure 14], [CHI07]

##### iii. Forme

Lorsque la largeur d'une fenêtre diminue, à surface vitrée identique, la répartition devient moins uniforme. Par contre, l'éclairement du fond du local augmente avec la hauteur de la baie.

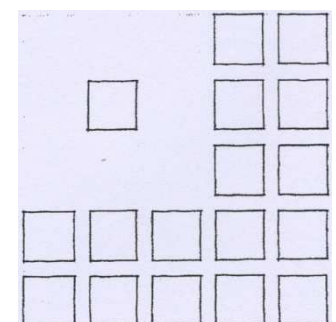
[Figure 15] francis d.k. ching, Architecture : Form, Space, & Order



[Figure 15], [CHI07]

##### iv. Position

L'emplacement de la baie dans l'enveloppe exerce une grande influence sur la pénétration de la lumière dans le local. La position haute permet à la lumière de pénétrer plus profondément.



[Figure 16], [CHI07]

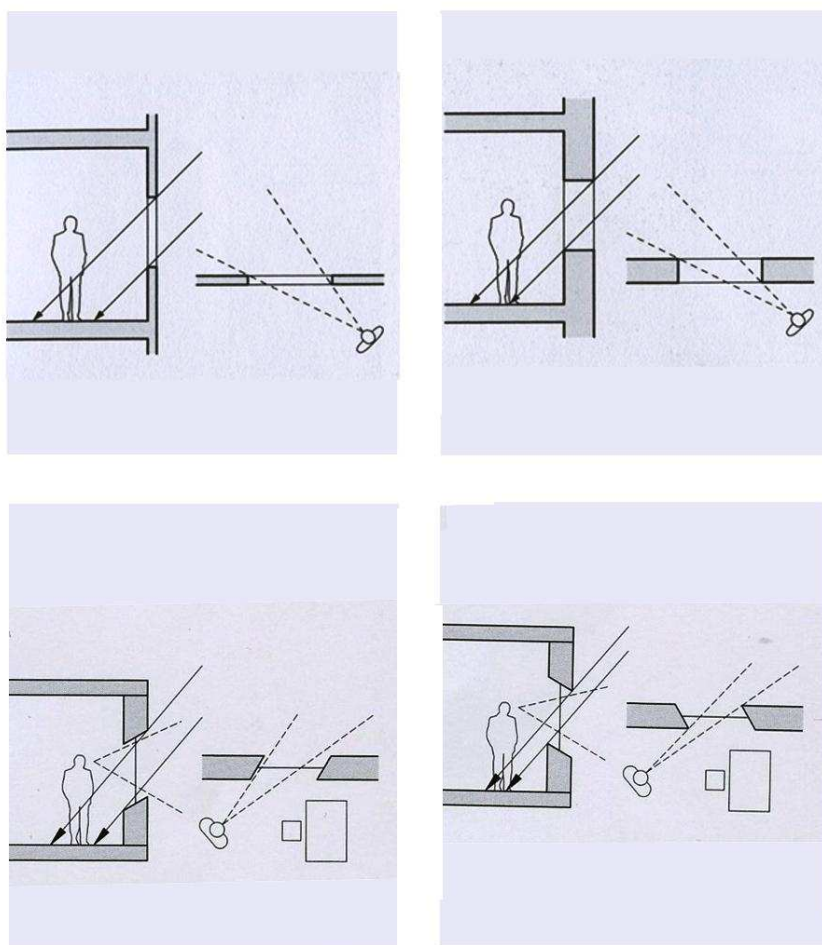
## v. Encadrement

Lorsque les murs présentent une certaine épaisseur, comme c'est notamment le cas dans la construction massive, les baies constituent, entre le nu de la façade et la face intérieure du mur, un espace potentiellement utilisable, susceptible de faire l'objet, selon la position de la fenêtre, d'un traitement plastique particulier.

## vi. Embrasure

Les ébrasements réduisent les contrastes de luminance entre mur et baie et empêchent ainsi les éblouissements.

À la différence des édifices anciens, pour la plupart dotés d'encadrements et d'embrasures symétriques, certains bâtiments actuels présentent des solutions asymétriques, adaptées aux conditions climatiques locales et au contexte urbanistique.



[Figure 17] différents schémas d'encadrement et d'embrasure, Thomas Herzog, Roland Krippner et Werner Lang, Construire des façades.

## II. ETAT DE L'ART DES PROGRAMMES DE RECHERCHES CONVERGENTES

### 1. Solutions type et outils pour favoriser la conception bioclimatique des vérandas rajoutées

Auteurs :

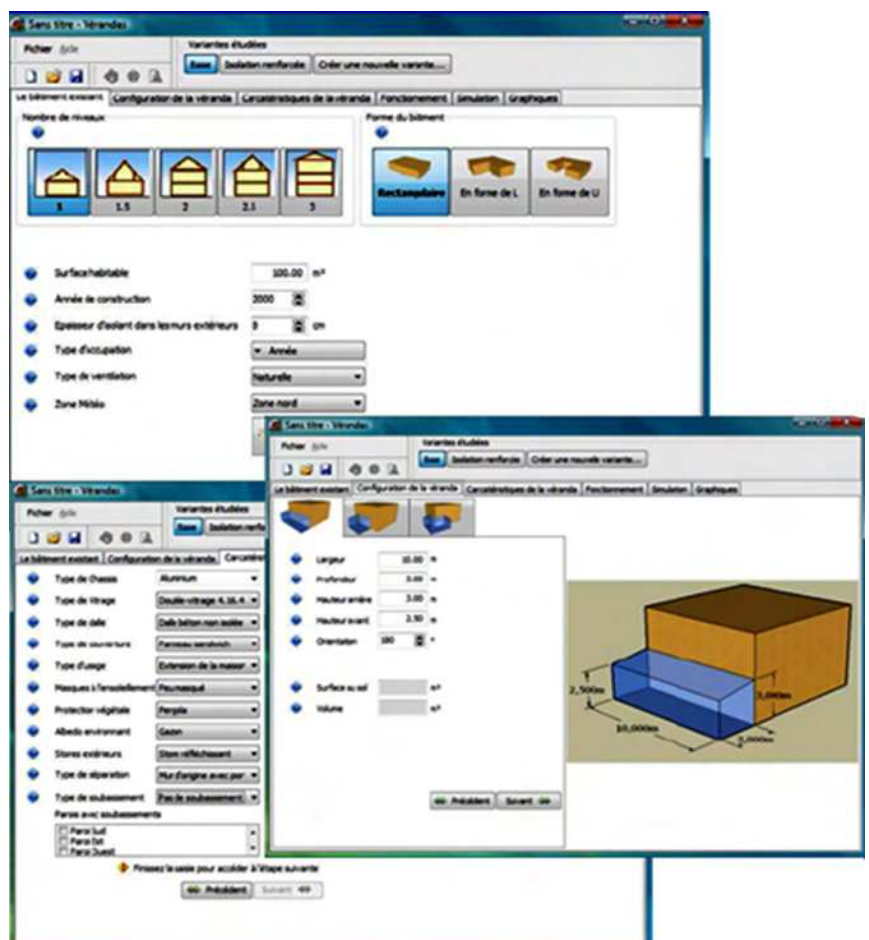
Renaud Mikolasek (Izuba Energies)

Stéphane Bedel (Izuba Energies)

Yves Jautard (Solarte)

Clara Ferrer (TBC)

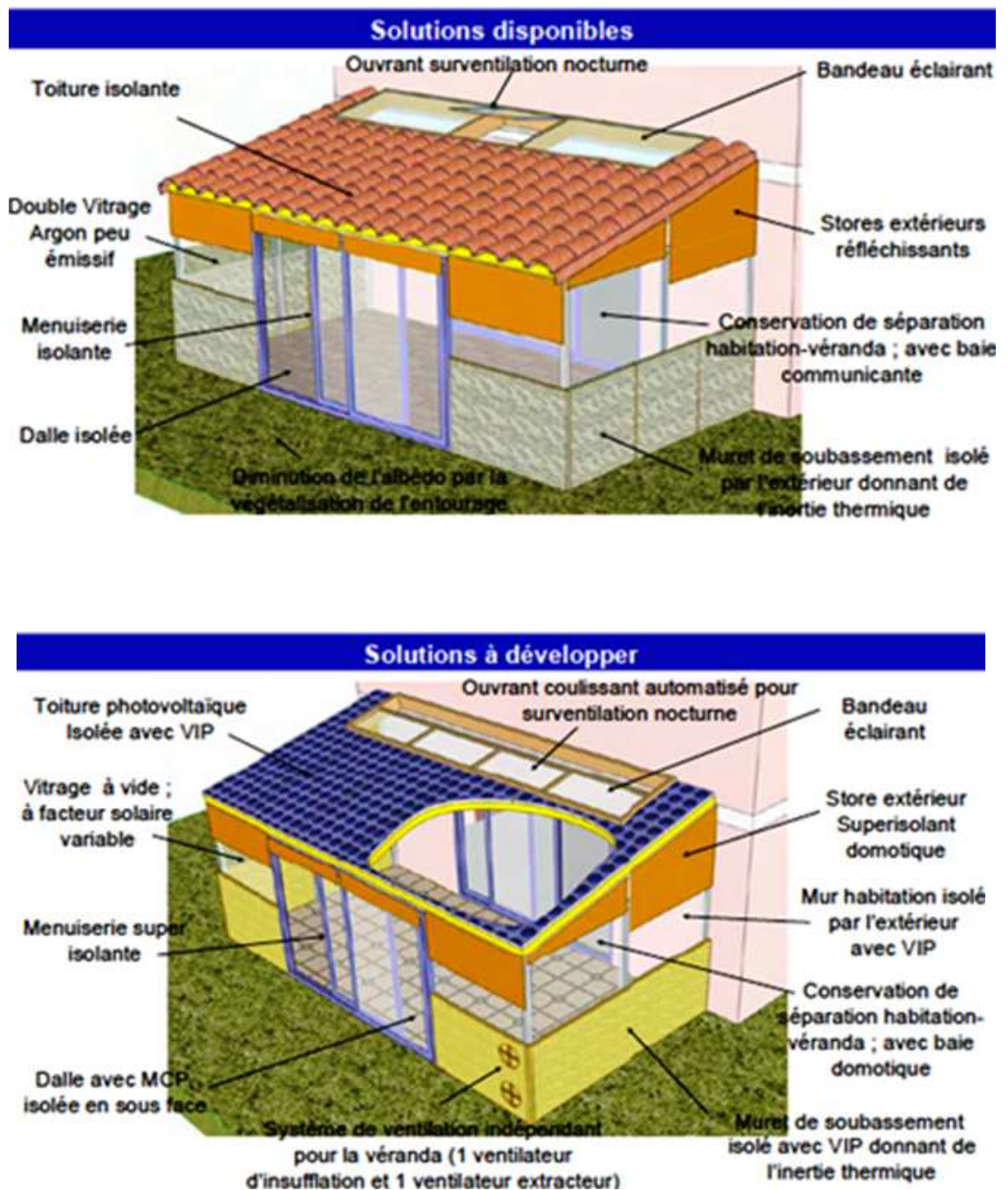
[Figure 18] Développement logiciel  
Pour vérandas





## Objectifs

Connaître les performances énergétiques des différentes configurations des vérandas.  
 Trouver des solutions pour améliorer la performance énergétique des vérandas.  
 Doter les installateurs d'outils afin de favoriser la conception bioclimatique des vérandas.



[Figure 19] Exemples de solutions

**Résultats**

Recueil de solutions disponibles permettant d'optimiser les vérandas

Recueil de solutions nouvelles à développer par les fabricants

Logiciel de simulation thermique pour optimiser l'installation des vérandas

Préconisations pour la réglementation thermique

Guide de recommandation pour l'installateur

**Commentaire**

Développement du prototype à partir de COMFIE

Cette approche se concentre sur l'aspect matériaux de construction, mais pas assez sur le model géométrique des vérandas.

## 2. Le bâtiment solaire expérimental LESO

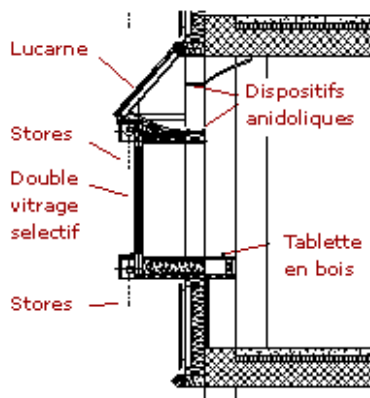
### “ La maison intelligente”

**Auteurs :**

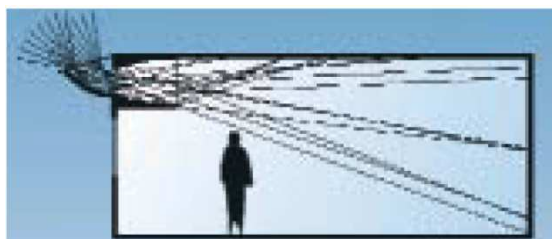
Laboratoire d'Energie solaire et de physique du bâtiment (LESO-PB), Lausanne

**Objectifs:**

Construit en 1982, constitue l'un des principaux outils de recherche du laboratoire. Le bâtiment LESO se distingue, depuis plus de 20 ans, par une très faible consommation spécifique d'énergie (indice de dépense d'énergie de 200 MJ/m<sup>2</sup> an), obtenue grâce au haut pouvoir d'isolation thermique de son enveloppe ( $U = 0.4 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ ), à ses performances de captage de l'énergie solaire passive et à sa grande inertie thermique.



[Figure 20] façade expérimental



[Figure 21] Comparé à une fenêtré standard le système anidolique renvoit la lumière au fond de la pièce

## Commentaire

Le projet de recherche vise à rendre intelligents les systèmes de réglages du bâtiment, il est intéressant de faire une comparaison entre cette approche dynamique de l'enveloppe et la configuration statique optimisée de l'espace baie, pas de réponse définitive pour l'instant.



### 3. Un modèle de données neutre pour la description de bâtiments

#### Le NBDM ( Neutral Building Data Model)

##### Auteurs :

CSTB - Werner KEILHOLZ

##### Objectifs

Créer un modèle de données standardisées permettant de faire le lien entre des outils de simulation, de calculs réglementaires et de dimensionnements.

Permet de transmettre un projet de simulation entre différents outils

Couvre le domaine thermique de bâtiment

NBDM permet des échanges entre les principaux logiciels de calculs dynamiques.

Le format sera publié et gratuitement mis à disposition de tous les acteurs concernés

- Principaux utilisateurs :

Les bureaux d'études

La recherche (validation simplifiée, test des modèles...)

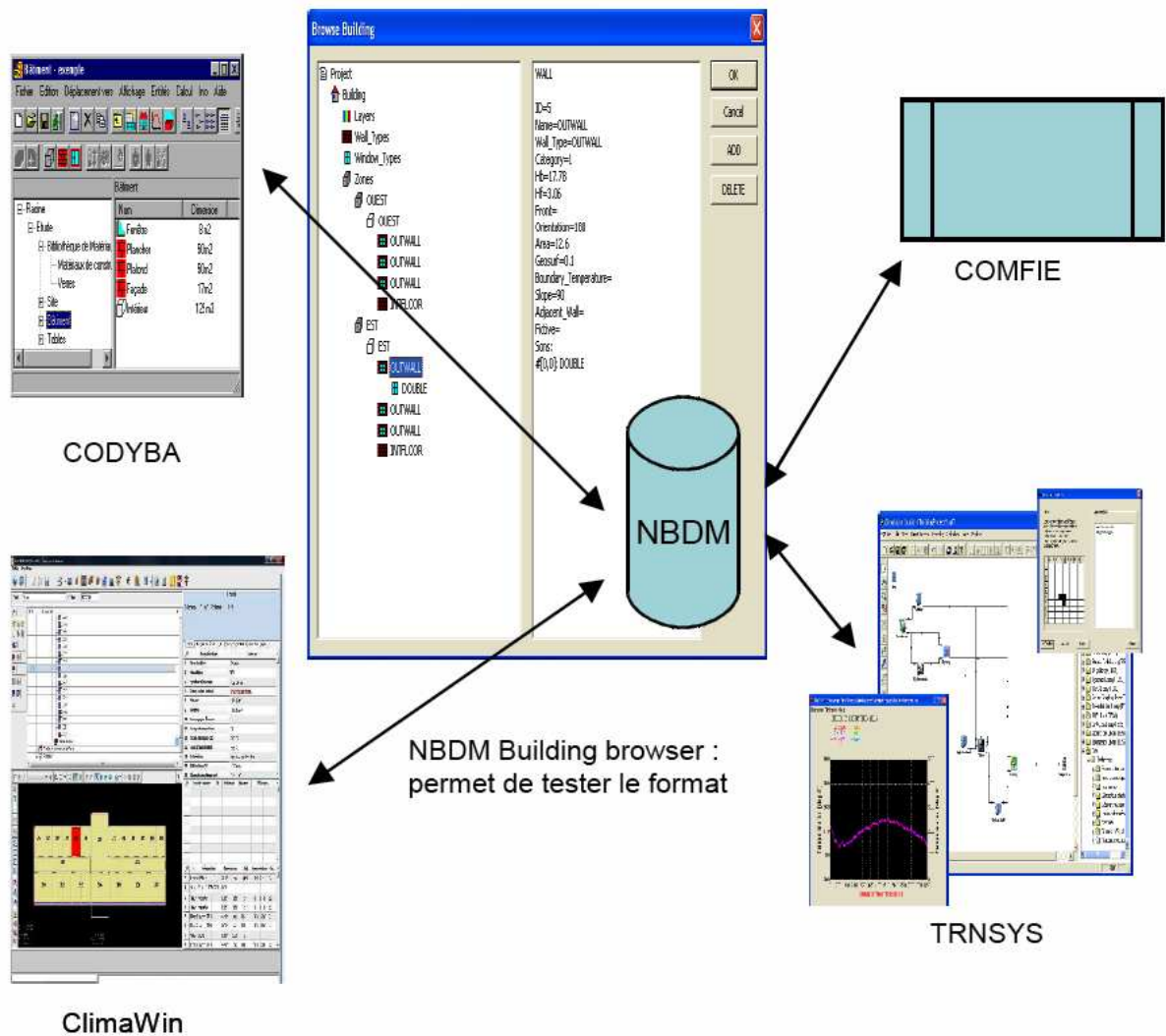
- Perspectives

La liaison avec les outils CAO

Extensions vers ne géométrie plus détaillée

La connexion à des catalogues (matériaux, fenêtre...)

Un lien vers les IFC (Industry Foundation Classes)



[Figure 22] La plateforme NBDM

### Commentaire

L'extension vers une géométrie plus détaillée est une étape essentielle qui reste à franchir pour ce projet de recherche, cependant il présente une grande similitude avec le projet IDF Energy+ (outils qui sera adopté dans la partie suivante de ce travail de recherche).

### III. ETAPE D'EXPERIMENTATION ET DE PROTOTYPAGE

#### 1. Présentation des outils d'expérimentation

“ Les outils du bricoleur, contrairement à ceux de l'ingénieur, ne peuvent être définis par aucun programme. ”

[JAC87] JACOB (François). Le jeu des possibles, essai sur la diversité du vivant. – Paris : Éditions Librairie Arthème Fayard, 1981. – P65.

##### Définitions

**Building Information Modeling (BIM)** : “C'est le processus de production et la gestion des données de construction tout au long du cycle de vie d'un bâtiment, qui englobe la géométrie de la construction, les relations spatiales, les informations géographiques, les quantités ainsi que les propriétés des éléments de construction”.



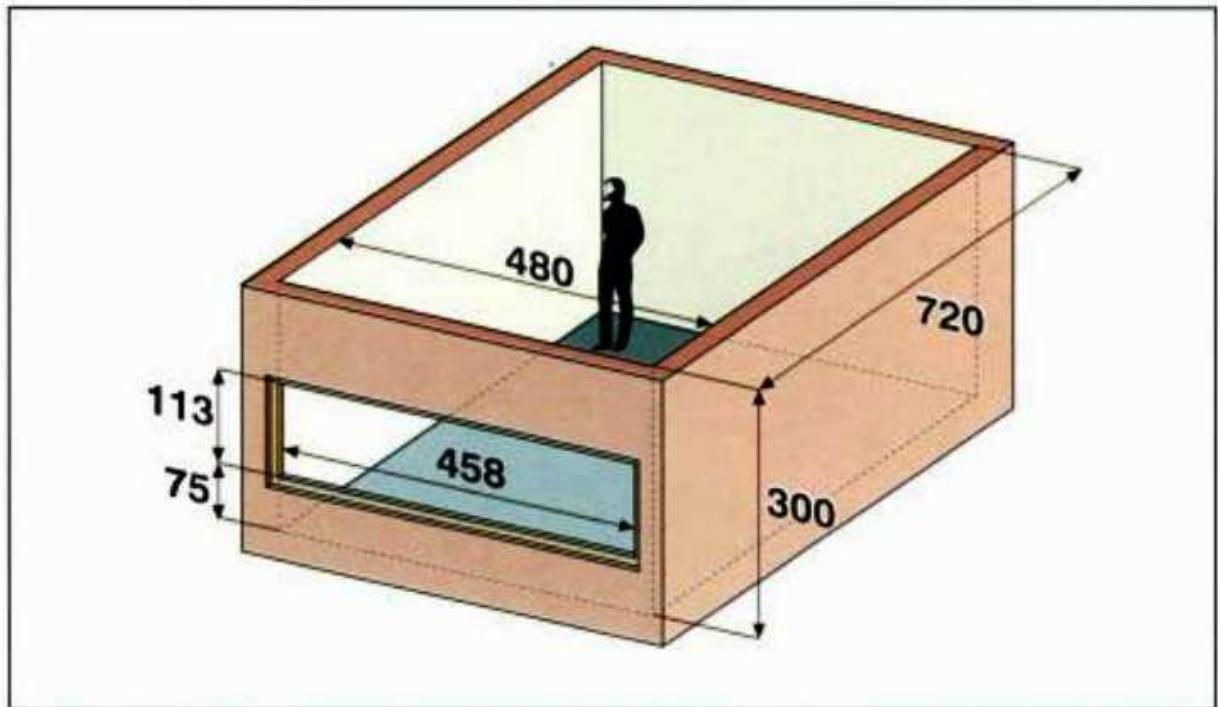
[http://fr.wikipedia.org/wiki/Building\\_Information\\_Modeling](http://fr.wikipedia.org/wiki/Building_Information_Modeling)

**Industry Foundation Classes (IFC)** : Ce standard est né de l'initiative de l'IAI (International Alliance for Interoperability), associant des entreprises du secteur de la construction et des éditeurs de logiciels. Cette organisation est divisée en chapitres nationaux dont Building Smart est le représentant français. Elle a pour objectif principal de favoriser l'interopérabilité des logiciels dans le secteur de la Construction.



<http://fr.wikipedia.org>

Dans une première étape en utilise l'outil « Alcyone / Pleiades + Comfie » pour une simulation globale d'un cube expérimentale de démentions (3,8 m X 7,2 m X 3m) , [Figure 23].



[Figure 23] Cube expérimentale,

[HER04] DE HERDE (André), REITER (Sigrid). - *L'éclairage naturel des bâtiments*. - Louvain : Éditions Presses universitaires de Louvain, 2004. – P61.

- **COMFIE-PLEIADES**

L'environnement Comfie-Pleiades réalise des simulations horaires du comportement énergétique des bâtiments. Les résultats de simulation sont les besoins de chauffage, les températures d'air, des indicateurs de performance et de confort. Ces résultats sont présentés sous la forme de diagrammes, graphes ou tableaux.

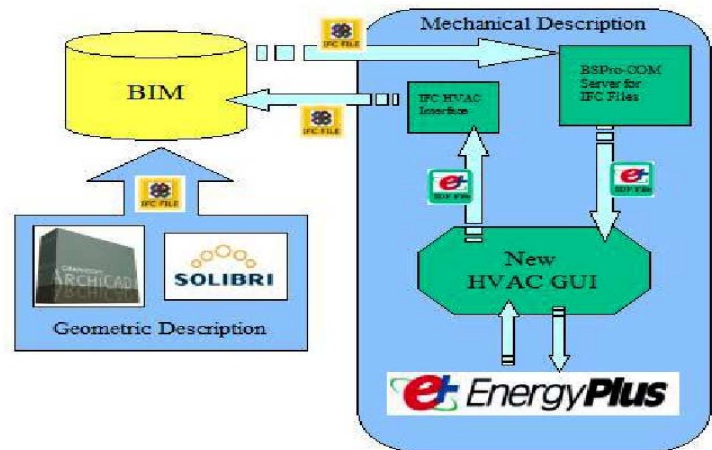
**Plateforme informatique :** PC sous Microsoft Windows (2000, XP ou Vista).

**Langage de programmation :** Pascal

**Forces :** Le véritable point fort de cet outil est la qualité de ses interfaces utilisateurs et la rapidité du moteur de calcul. Ceci lui confère une grande opérationnalité en projet de bureaux d'études.

**Faiblesses :** La géométrie détaillée de l'espace baie n'est pas pris en charge.

Avec une géométrie 3D plus détaillée de l'espace baie en utilisant l'outil « Energy+ » sous la Platform Google Sketchup, le format du fichier support est l'IDF (Input Data Files), [Figure 24].



[Figure 24] Interfaçage avec des modèles géométriques utilisant le standard IFC générés par des outils de CAO

- **ENERGY +**

EnergyPlus intègre des capacités innovantes de simulation telles que l'utilisation de pas de temps inférieurs à l'heure.

Plus de 85000 copies du logiciel ont été téléchargées depuis Avril 2001.

EnergyPlus utilise un simple fichier texte pour la description du problème.

**Plateforme informatique :** Disponible pour Windows XP/Vista, Mac OS X et Linux.

**Langage de programmation :** Fortran 2003

**Forces :** Fiabilité, capacités de simulation au moyen de modèles en adéquation avec les besoins de l'utilisateur. De nombreux tests réalisés pour chaque version de l'outil. La grande quantité de sites météorologiques disponibles.

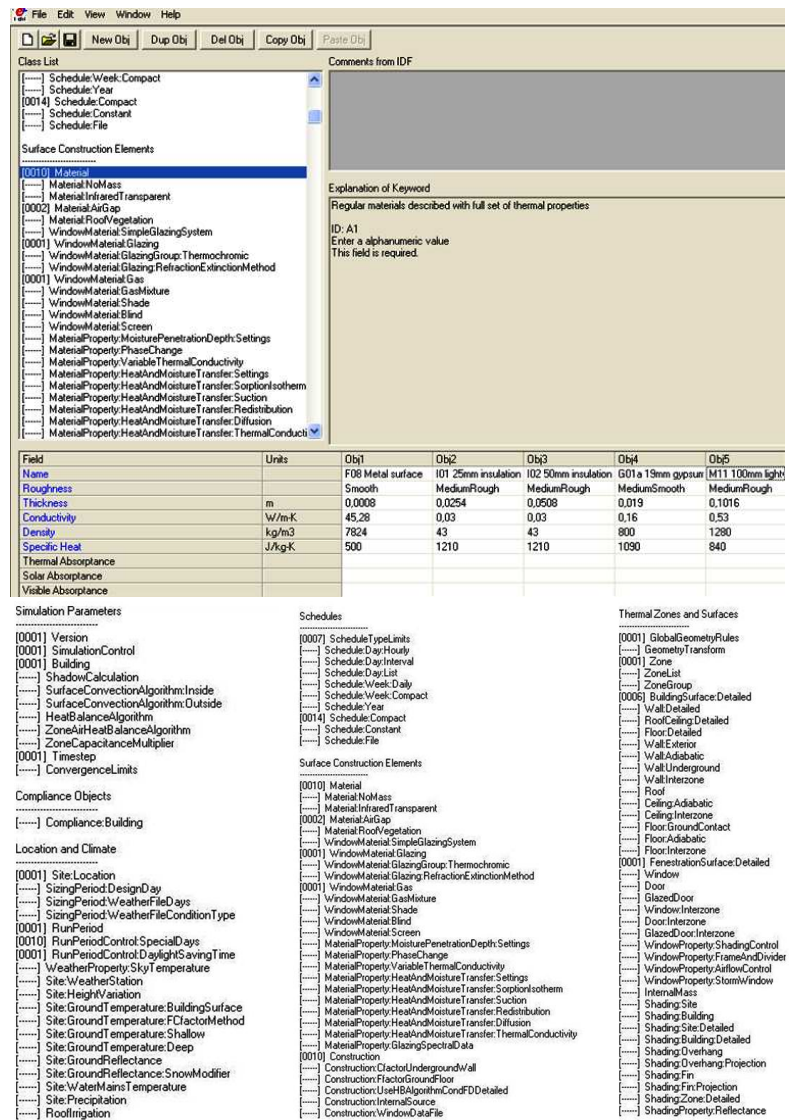
**Faiblesses :** L'utilisation des fichiers textes pour la définition du problème peut s'avérer plus complexe à utiliser qu'une interface graphique.

- **OPEN STUDIO**

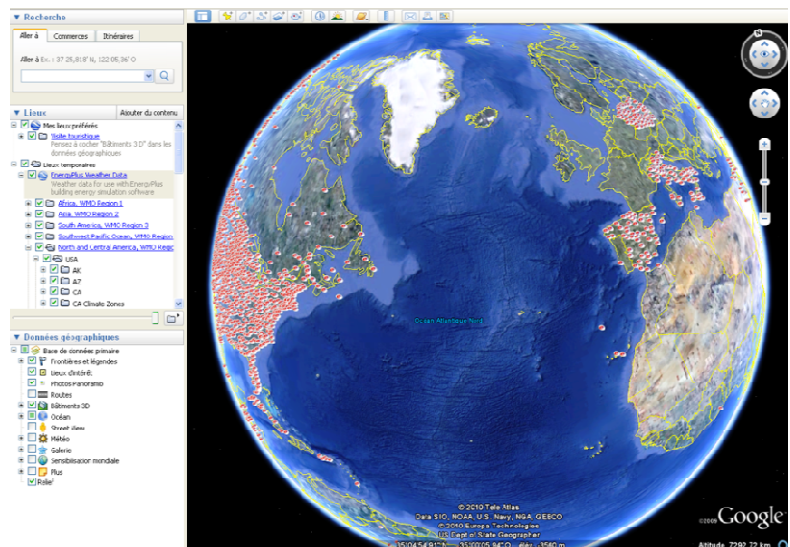
Il permet d'avoir une barre d'outils Energy + au sein de Google Sketchup.







[Figure 25] Editeur de fichier IDF



[Figure 26] Données météorologiques pour Energy+ sur Google Earth

## 2. Les conditions de l'expérimentation

### 2.1 Matériaux de construction

Pour tous les travaux de simulation soit par Peiades ou Energy+, les éléments de construction sont composés de matériaux suivant :

- Composition de mur extérieur

| Ref. dans enrgy+ | Matériaux            | Epaisseur e (m) | conductivité $\lambda$ w/mk | Resistance $R = e/\lambda$ (m2k/w) |
|------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|------------------------------------|
| M01              | Brique               | 0.1             | 0.89                        | 0.11                               |
| M15              | béton lourd          | 0.2             | 1.95                        | 0.1                                |
| L02              | panneaux d'isolation | 0.05            | 0.03                        | 1.66                               |
| F04              | lame d'aire          | 0.004           | 0.0262                      | 0.15                               |
| G01              | plaques de plâtre    | 0.019           | 0.16                        | 0.11                               |

**La résistance totale du mur est de : 2.14 m2k/w d'où U = 0.46 w/m2k**

- Composition de la fenêtre extérieure

| Ref. dans enrgy+ | Materiaux   | Epaisseur e (m) | conductivité $\lambda$ w/mk | Resistance $R = e/\lambda$ (m2k/w) |
|------------------|-------------|-----------------|-----------------------------|------------------------------------|
| -                | verre       | 0.003           | 0.9                         | 0.003                              |
| -                | lame d'aire | 0.012           | 0.026                       | 0.458                              |
| -                | verre       | 0.003           | 0.9                         | 0.003                              |

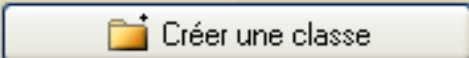
**La résistance totale de vitrage est de : 0.46 m2k/w d'où U = 2.15 w/m2k**

- Composition toiture

| Ref. dans enrgy+ | Materiaux            | Epaisseur e (m) | conductivité $\lambda$ w/mk | Resistance $R = e/\lambda$ (m2k/w) |
|------------------|----------------------|-----------------|-----------------------------|------------------------------------|
| M11              | béton léger          | 0.1             | 0.53                        | 0.18                               |
| F05              | lame d'aire          | 0.2             | 0.004                       | 0.18                               |
| F16              | Isolation acoustique | 0.02            | 0.06                        | 0.33                               |

**La résistance totale de la toiture est de : 0.7 m2k/w d'où U = 1.45 w/m2k**

**Caractéristiques de la composition**

 Créer une classe

Classe: Murs

Nom: Mur pour boite exp

Complément: Stage Master

Origine:

| Composants            | T | cm   | kg/m <sup>2</sup> | λ    | R    |
|-----------------------|---|------|-------------------|------|------|
| Brique creuse de 5 cm | E | 5.0  | 36                | 0.50 | 0.10 |
| Béton lourd           | M | 20   | 460               | 1.75 | 0.11 |
| Panneau de liège      | M | 6.6  | 8                 | 0.04 | 1.65 |
| Lame d'air > 1.3 cm   | E | 1.5  | 0                 | 0.09 | 0.16 |
| Plâtre courant        | M | 4.1  | 41                | 0.35 | 0.12 |
|                       |   |      |                   |      |      |
|                       |   |      |                   |      |      |
| Total                 |   | 37.2 | 545               |      | 2.14 |

Extérieur  
↓  
Intérieur

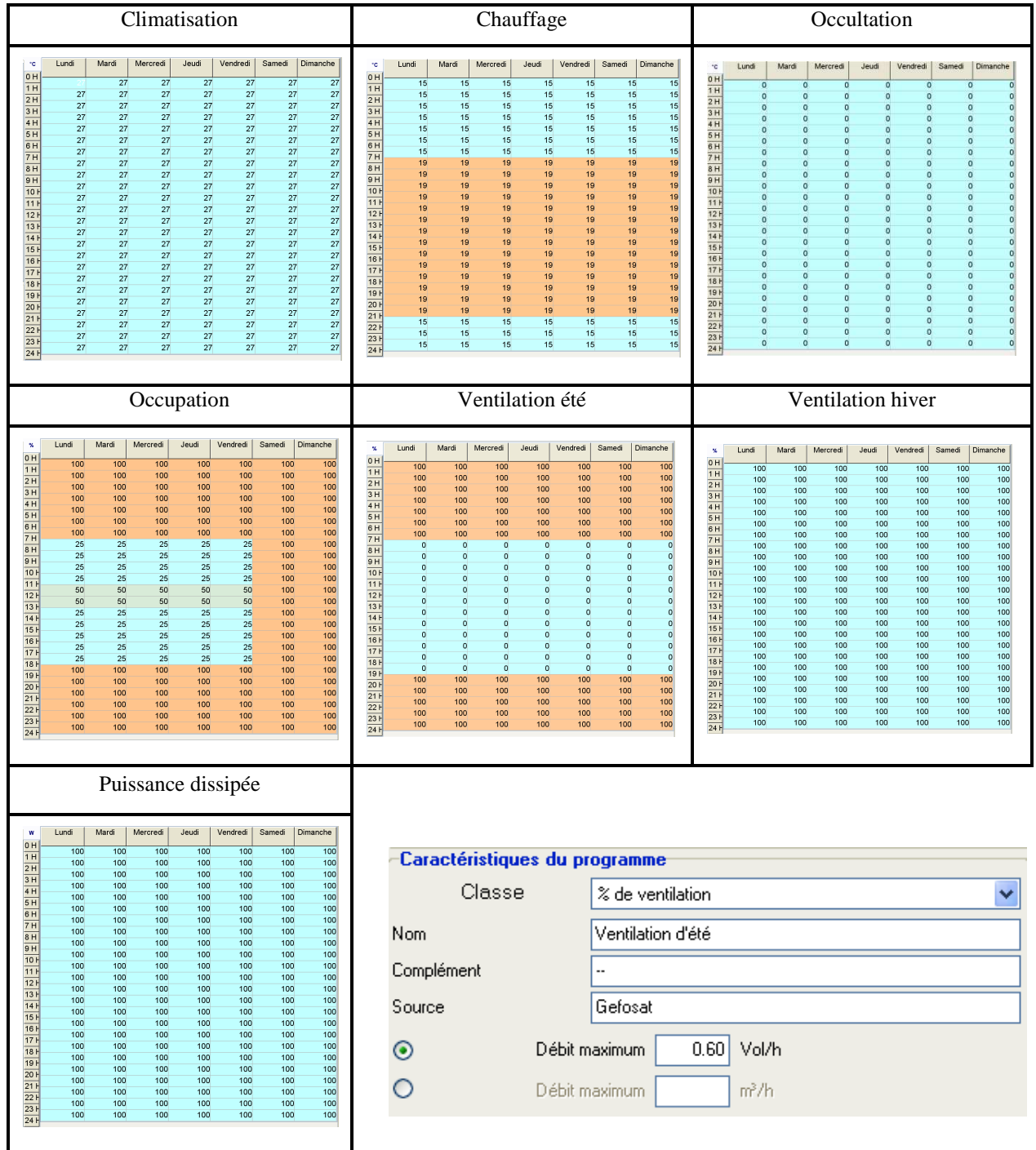
[Figure 27] Interface composition du mur extérieur sur Pleiades

| Field         | Units | Obj3                           |
|---------------|-------|--------------------------------|
| Name          |       | Exterior Wall                  |
| Outside Layer |       | M01 100mm brick                |
| Layer 2       |       | M15 200mm heavyweight concrete |
| Layer 3       |       | I02 50mm insulation board      |
| Layer 4       |       | F04 Wall air space resistance  |
| Layer 5       |       | G01a 19mm gypsum board         |
| Layer 6       |       |                                |
| Layer 7       |       |                                |
| Layer 8       |       |                                |
| Layer 9       |       |                                |
| Layer 10      |       |                                |

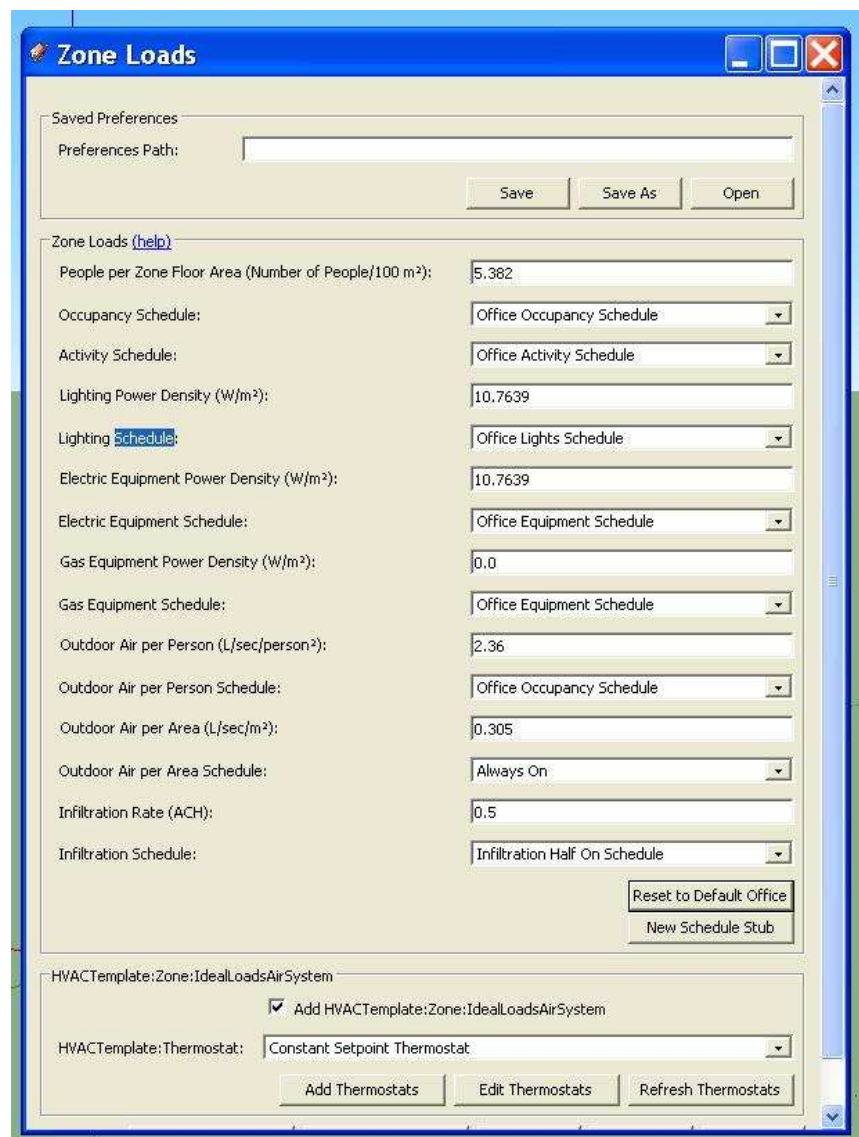
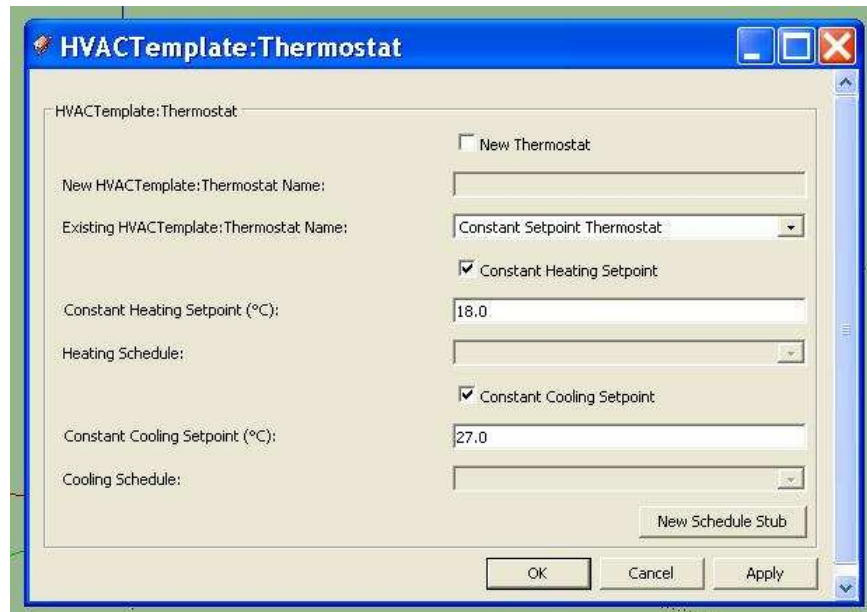
[Figure 28] Interface composition du mur extérieur sur Energy+



## 2.2 Les scénarios



[Figure 29] Liste des scénarios Hebdomadaire sur Pleiades



[Figure 30]

Paramétrage des scénarios sur le système de simulation (Google sketchup \* Open studio \* Energy+)

### 2.3 Conditions extérieur du site

Le site se trouve à Nancy, sans construction voisine ou masque proche. Le sol n'est pas réfléchissant.

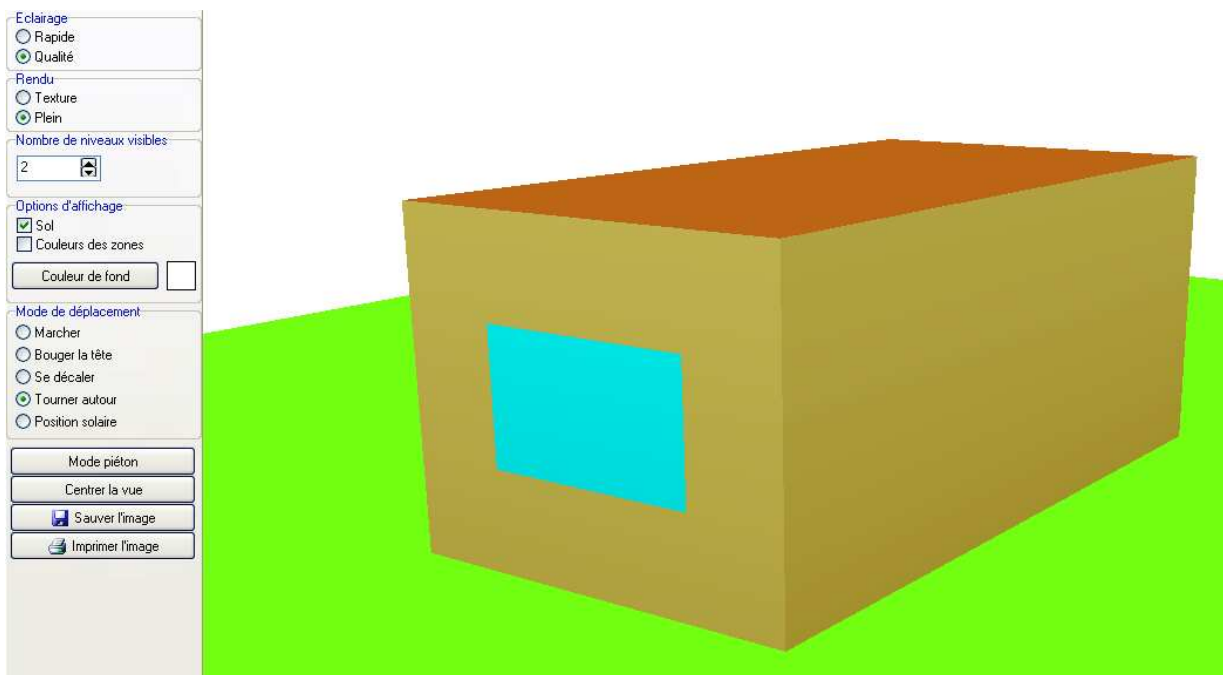
|    | A  | B | C | D | E | F | G | H | I | J |  |
|----|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 1  | LOCATION,NANCY,-,FRA,IWEC Data,071800,48.68,6.22,1.0,217.0   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 2  | DESIGN CONDITIONS,1,Climate Design Data 2009 ASHRAE Handbook,,Heating,1,-9.6,-7.1,-12.9,1.3,-8.5,-10.3,1.6,-5.8,11.6,7.6,10.4,6.       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 3  | TYPICAL/EXTREME PERIODS,6,Summer - Week Nearest Max Temperature For Period,Extreme,7/ 8,7/14,Summer - Week Nearest Av                  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 4  | GROUND TEMPERATURES,3,.5,,,,,2.26,3.74,6.63,9.35,14.52,17.23,17.98,16.60,13.42,9.45,5.55,2.97,2,,,,,4.30,4.67,6.31,8.14,12.10,14.64,1! |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 5  | HOLIDAYS/DAYLIGHT SAVINGS,No,0,0,0   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 6  | COMMENTS 1,"IWEC- WMO#071800 - Europe -- Original Source Data (c) 2001 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Coi          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 7  | COMMENTS 2, -- Ground temps produced with a standard soil diffusivity of 2.3225760E-03 (m**2/day)                                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 8  | DATA PERIODS,1,1,Data,Sunday, 1/ 1,12/31   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 9  | 1989,1,1,1,60,C9C9C9C9*0?9?9?9?9?9?9?9A7A7A7A7A7*0E8*0*0,-2.5,-3.2,94,101000,0,1415,273,0,0,0,0,0,0,60,2.1,10,10,5.0,60,9,             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 10 | 1989,1,1,2,60,C9C9C9C9*0?9?9?9?9?9?9?9*0B8B8B8B8*0*0E8*0*0,-0.8,-1.4,95,101100,0,1415,282,0,0,0,0,0,0,60,2.4,10,10,5.3,60,9,9          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 11 | 1989,1,1,3,60,C9C9C9C9*0?9?9?9?9?9?9?9*0B8B8B8B8*0*0E8*0*0,0.4,-0.2,96,101200,0,1415,288,0,0,0,0,0,0,60,2.8,10,10,5.7,60,9,9!          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 12 | 1989,1,1,4,60,C9C9C9C9*0?9?9?9?9?9?9?9A7A7A7A7A7*0E8*0*0,0.9,0.4,97,101200,0,1415,291,0,0,0,0,0,0,80,3.1,10,10,6.0,60,9,9!             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 13 | 1989,1,1,5,60,C9C9C9C9*0?9?9?9?9?9?9?9*0B8B8B8B8*0*0E8*0*0,1.0,0.5,97,101200,0,1415,291,0,0,0,0,0,0,80,2.8,10,10,5.7,60,9,9!           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 14 | 1989,1,1,6,60,C9C9C9C9*0?9?9?9?9?9?9?9*0B8B8B8B8*0*0E8*0*0,1.0,0.7,97,101300,0,1415,292,0,0,0,0,0,0,80,2.4,10,10,5.3,60,9,9!           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 15 | 1989,1,1,7,60,A7A7E8E8*0?9?9?9?9?9?9?9A7A7A7A7A7*0E8*0*0,0.6,0.0,96,101200,0,1415,289,0,0,0,0,0,0,120,2.1,10,10,5.0,60,9,              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 16 | 1989,1,1,8,60,B8C8E8B8*0?9?9?9?9?9?9?9*0B8B8B8B8*0*0E8*0*0,0.9,0.1,94,101200,0,1415,291,0,0,0,0,0,0,120,2.8,10,10,4.5,60,9,9!          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 17 | 1989,1,1,9,60,B8C8E8B8*0H9H9H9I9I9I9I9*0B8B8B8B8*0*0E8*0*0,1.1,0.2,93,101200,18,1415,291,2,0,2,200,0,200,70,120,3.4,10,10,4.0,t        |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 18 | 1989,1,1,10,60,A7A7E8E8*0G9G9G9I9I9I9I9A7A7A7A7A7*0E8*0*0,1.4,0.3,92,101300,168,1415,293,18,0,18,2200,0,2200,720,60,4.1,1!             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 19 | 1989,1,1,11,60,A7A7E8B8*0H9H9H9I9I9I9I9A7A7B8B8A7A7*0E8*0*0,2.0,0.0,87,101200,311,1415,295,43,0,43,5100,0,5100,1740,60,4.6,J           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 20 | 1989,1,1,12,60,B8C8E8B8*0H9H9H9I9I9I9I9*0B8B8B8B8*0*0E8*0*0,2.6,1.1,89,101200,403,1415,291,62,0,62,7200,0,7200,2530,60,3.9,1C          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 21 | 1989,1,1,13,60,A7A7E8E8*0G9G9G9I9I9I9I9A7A7A7A7A7*0E8*0*0,3.3,1.5,88,101200,440,1415,294,69,0,69,8100,0,8100,2860,60,3.1,:             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 22 | 1989,1,1,14,60,B8C8E8B8*0H9H9H9I9I9I9I9*0B8B8B8B8*0*0E8*0*0,4.1,1.8,85,101200,419,1415,298,89,0,89,10100,0,10100,3420,60,4.6,          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 23 | 1989,1,1,15,60,A7A7E8B8*0H9H9H9I9I9I9I9A7A7B8B8A7A7*0E8*0*0,5.0,2.0,81,101100,341,1415,302,84,0,84,9400,0,9400,2990,80,6.2,ε           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 24 | 1989,1,1,16,60,A7A7E8E8*0G9G9G9I9I9I9I9A7A7A7A7A7*0E8*0*0,5.0,2.5,84,101100,211,1415,302,51,0,51,5700,0,5700,1720,80,4.1,ε             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |
| 25 | 1989,1,1,17,60,A7A7E8B8*0H9H9H9I9I9I9I9A7A7B8B8A7A7*0E8*0*0,4.0,2.0,87,101100,47,1415,283,15,0,15,1600,0,1600,460,80,3.1,6,6           |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |

[Figure 31] Sur Energy+ : Vue sur une partie des données météorologiques enregistrée sous format (\*.EPW)

[Figure 32] Interface comfie : Paramétrage des données météorologiques

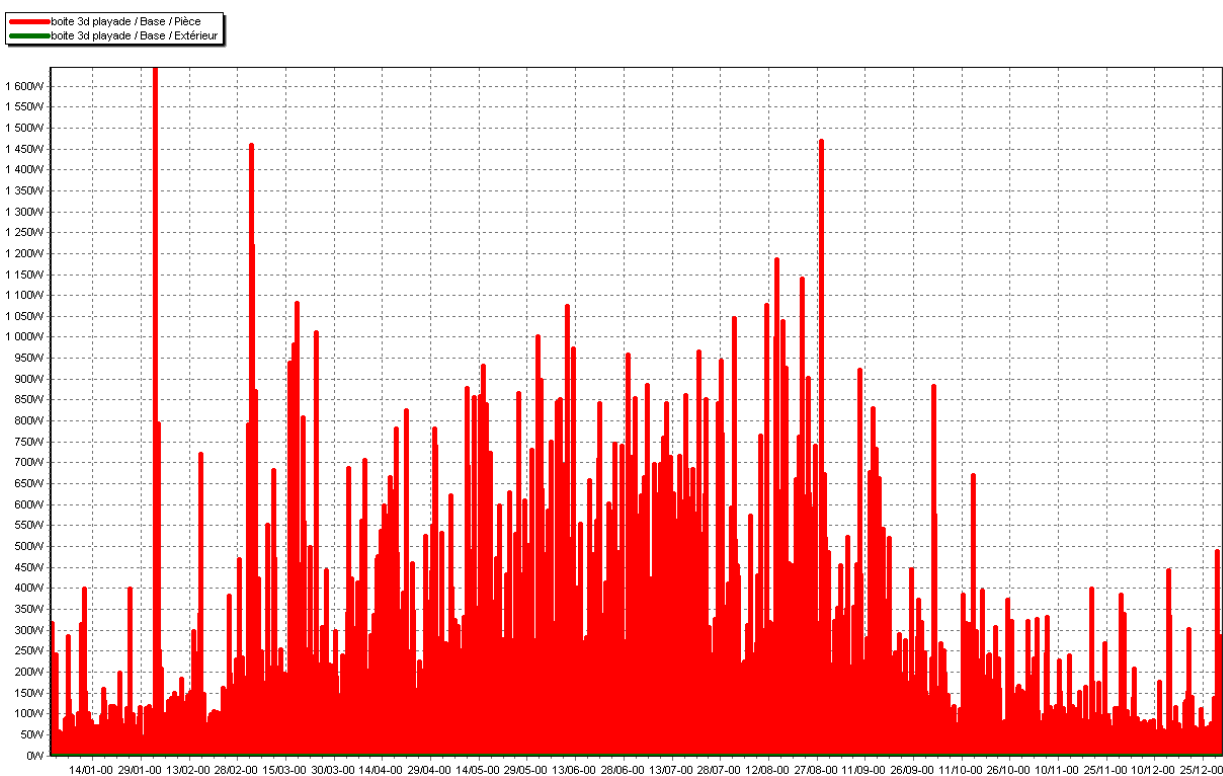
## 1. Prototypage, Modélisation et Simulation

Expérimentation globale sur Pleiades :

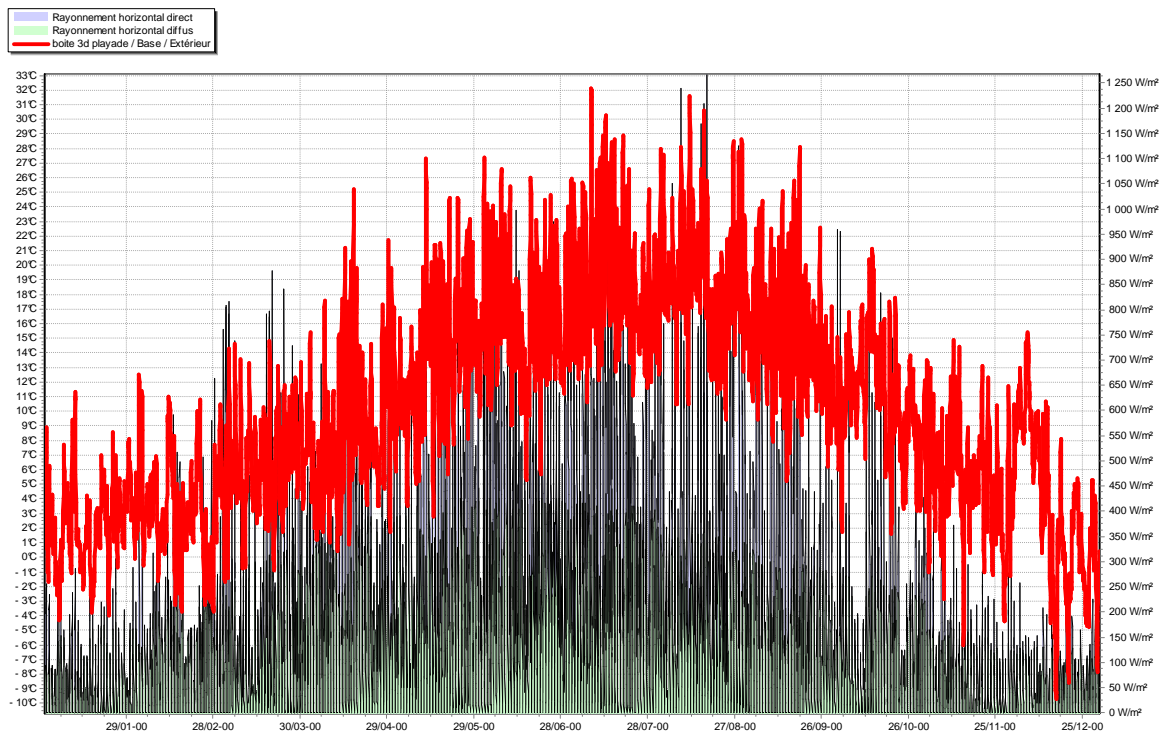


[Figure 33] Orientation Nord de l'ouverture, évaluation globale de la boîte expérimentale dans son contexte

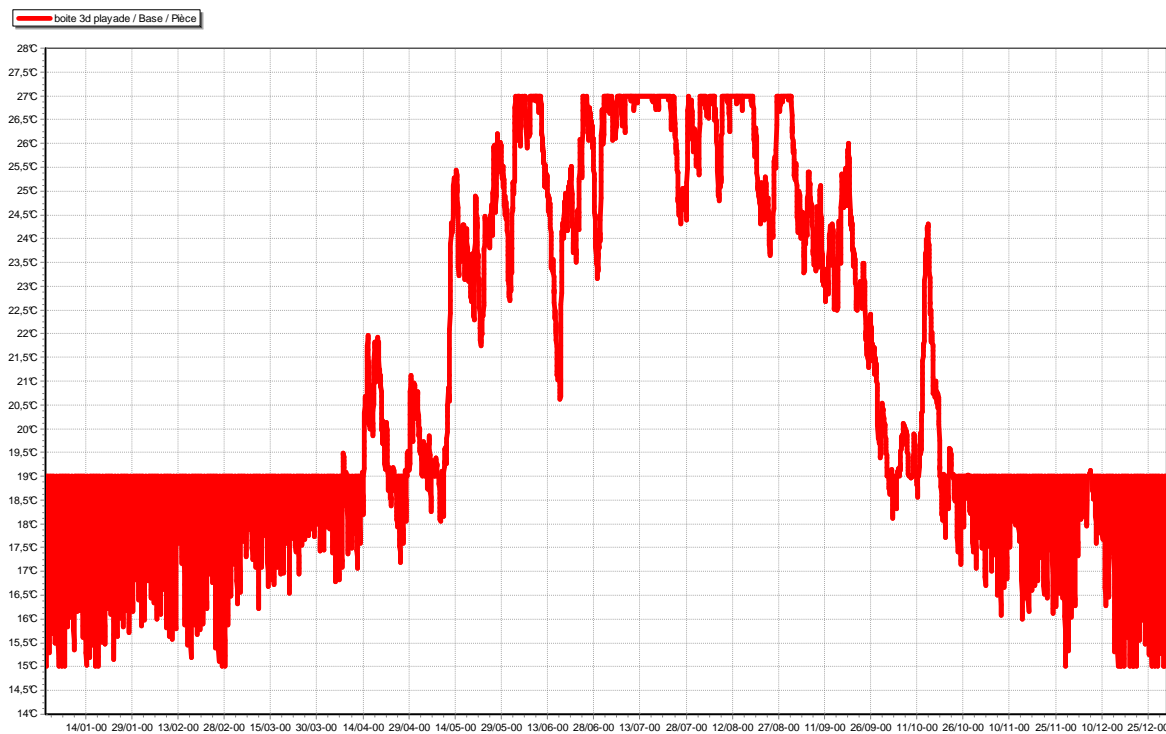
Résultats :



[Figure 34] Apport solaire intérieur

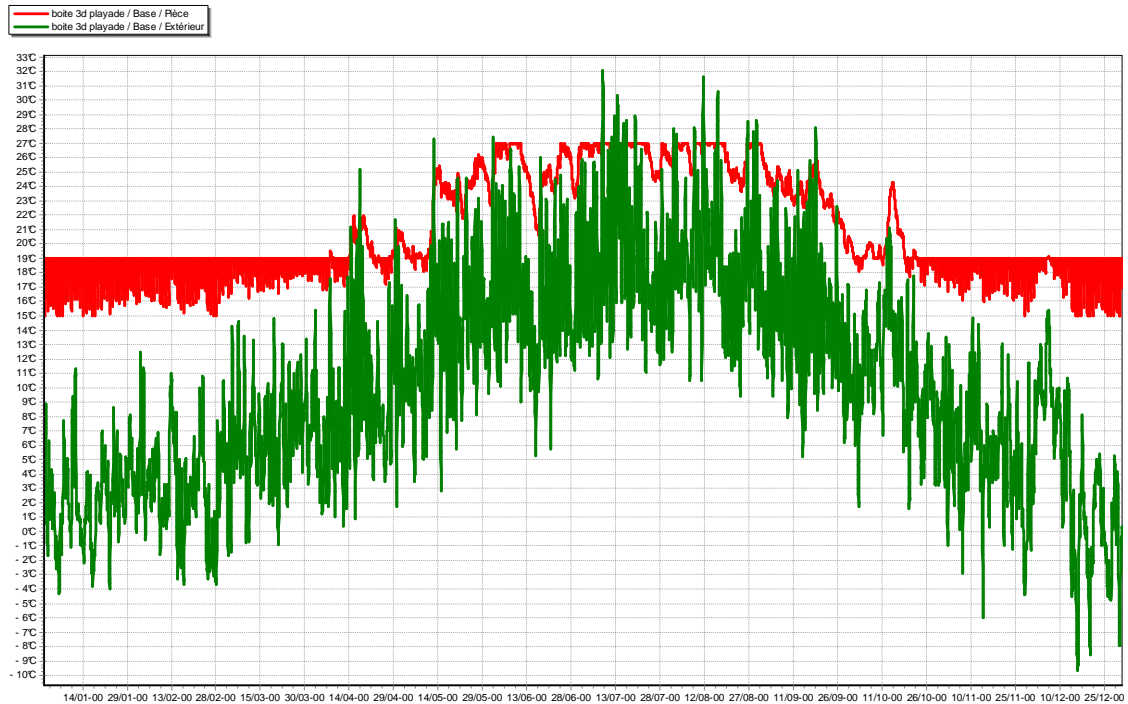


[Figure 35] Corrélation Rayonnement / Température extérieur

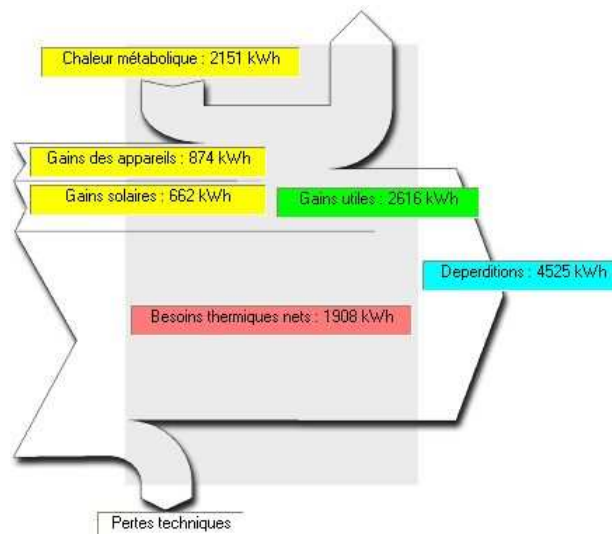


[Figure 36] Température intérieur





[Figure 37] Température intérieure/ extérieure



[Figure 38] Diagramme de sankey

| Zones | Besoins Ch. | Besoins Ch. | Besoins Clim. | Besoins Clim. | Puiss. Chauff. | Puiss. Clim. | T° Min   | T° Moyenne | T° Max   |
|-------|-------------|-------------|---------------|---------------|----------------|--------------|----------|------------|----------|
| Année |             |             |               |               |                |              |          |            |          |
| Pièce | 1908 kWh    | 70 kWh/m²   | 173 kWh       | 6 kWh/m²      | 3604 W         | 686 W        | 15.00 °C | 21.20 °C   | 27.00 °C |
| Total | 1908 kWh    | 70 kWh/m²   | 173 kWh       | 6 kWh/m²      | 3604 W         | 686 W        |          |            |          |

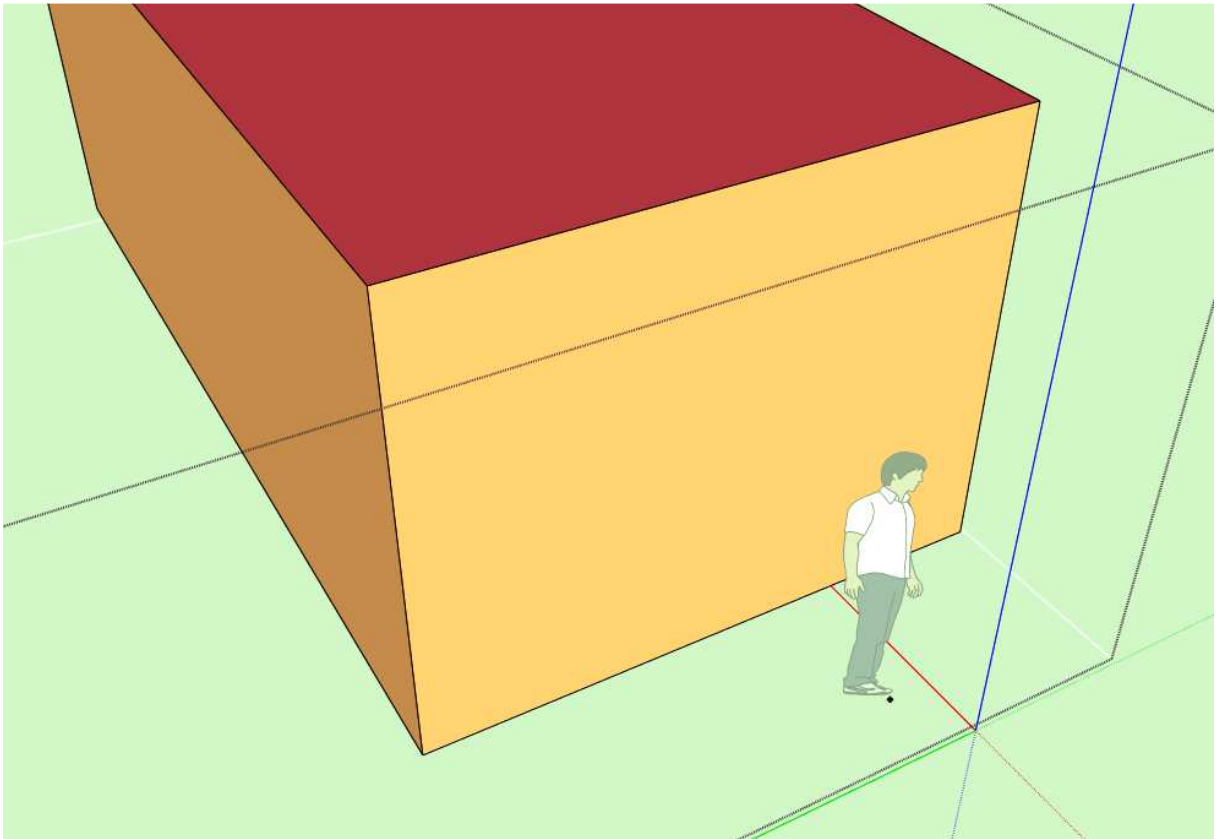
| Zones | Apports solaires bruts | Besoins Chaud-Froid | Moyenne Surchauffe Max | Amplification de T°Ext | Taux d'inconfort | Part de besoin nets | Déperditions |
|-------|------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------|---------------------|--------------|
| Pièce | 662.00 kWh             | 25.36 kWh/m³        | 0.00 (1/10°C)          | 28.37 %                | 0.00 %           | 42.17 %             | 4525 kWh     |

[Figure 39] Bilan sur une année

Sur Pleiades l'interactivité entre le modèle "le cube expérimental" et les résultats obtenus n'est pas bien assurée en phase de conception, bien que les données générées soient de grande précision.

## 3.2 Essais d'une modélisation paramétrique interactive sur la plateforme

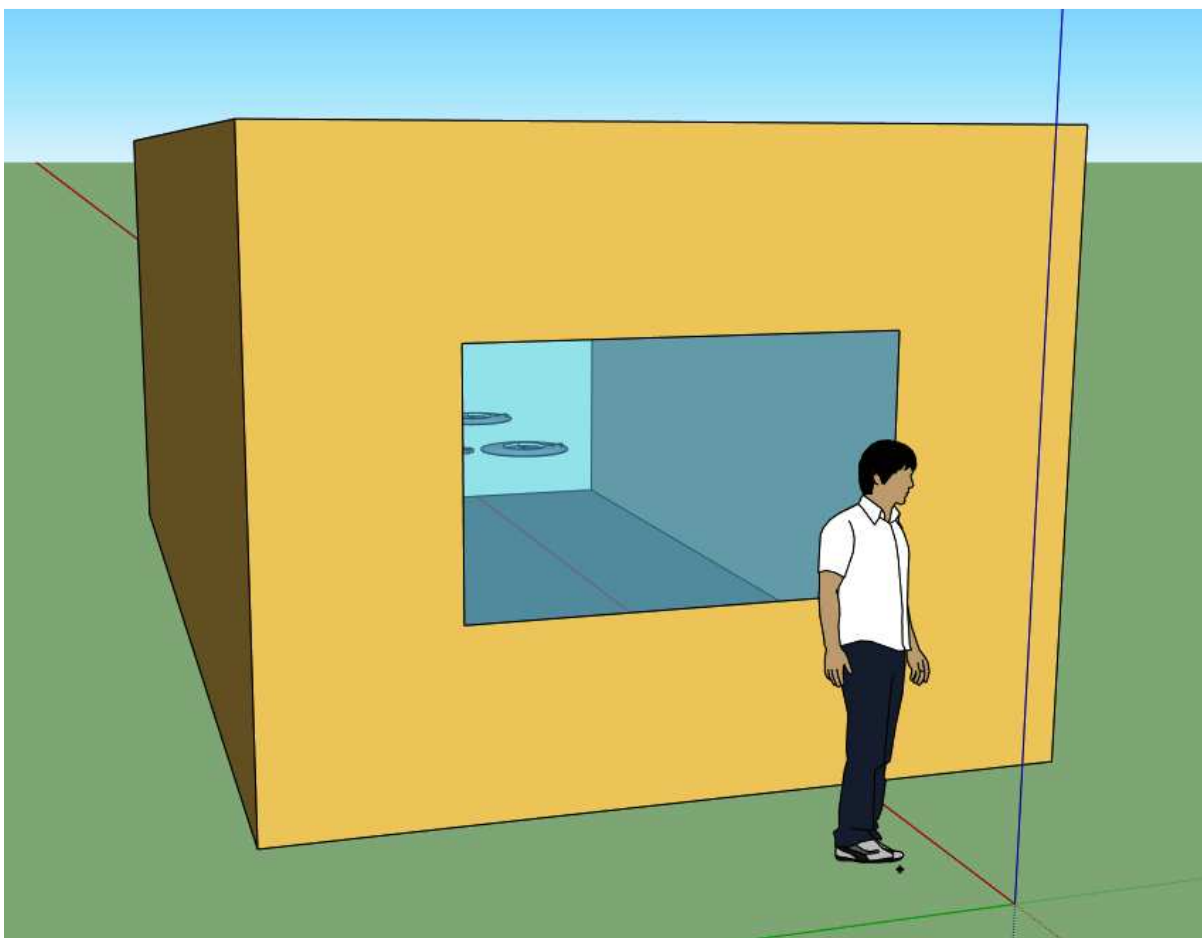
### Google sketchup



Model de référence :

- Enveloppe sans ouverture
- Orientaion sud

| Eclairage artificiel<br>(kwh/ an) | Chauffage<br>(kwh/ an) | Refroidissement<br>(kwh/an) | Total<br>(kwh/an) |
|-----------------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------|
| 845                               | 2823                   | 217                         | 3885              |



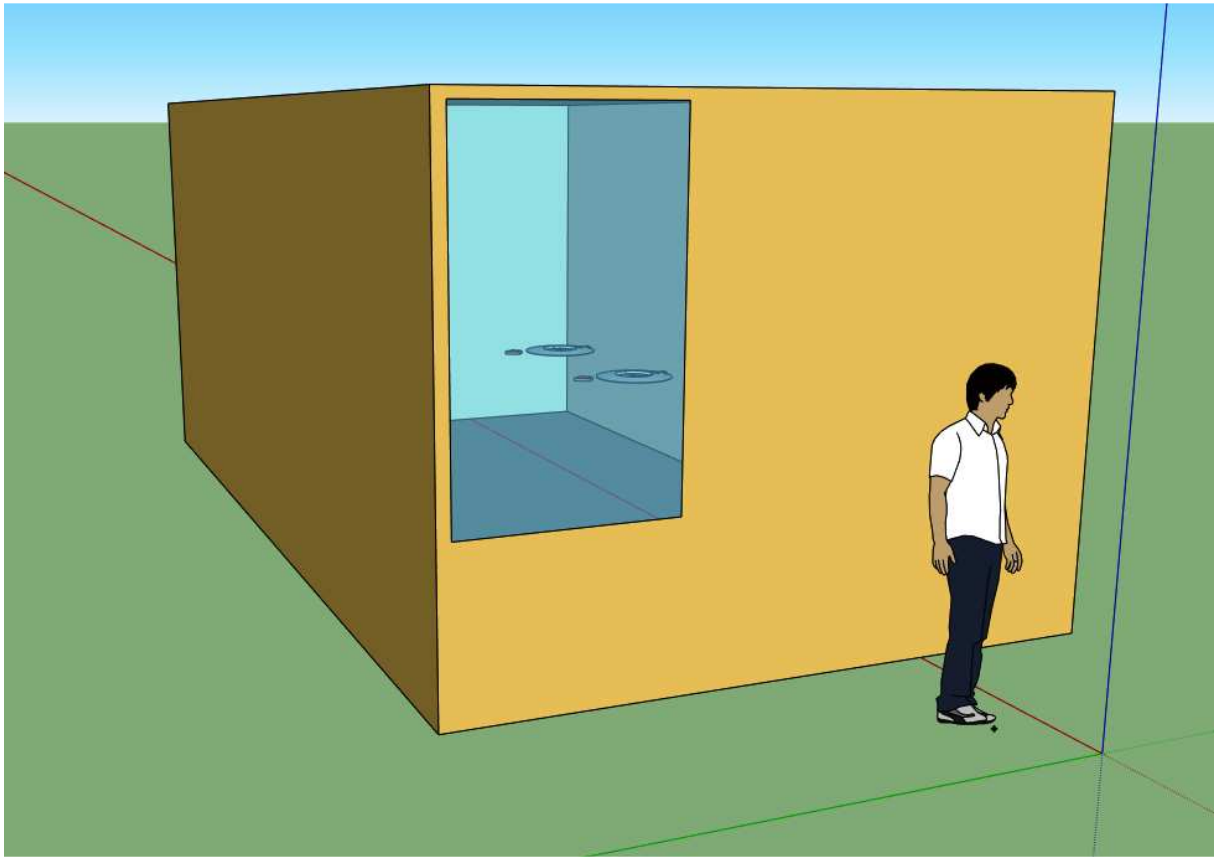
| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 389                                | 3027                    | 287                           | 3703                |

COMPARATEUR

| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 845                                | 2823                    | 217                           | 3885                |

Model de référence



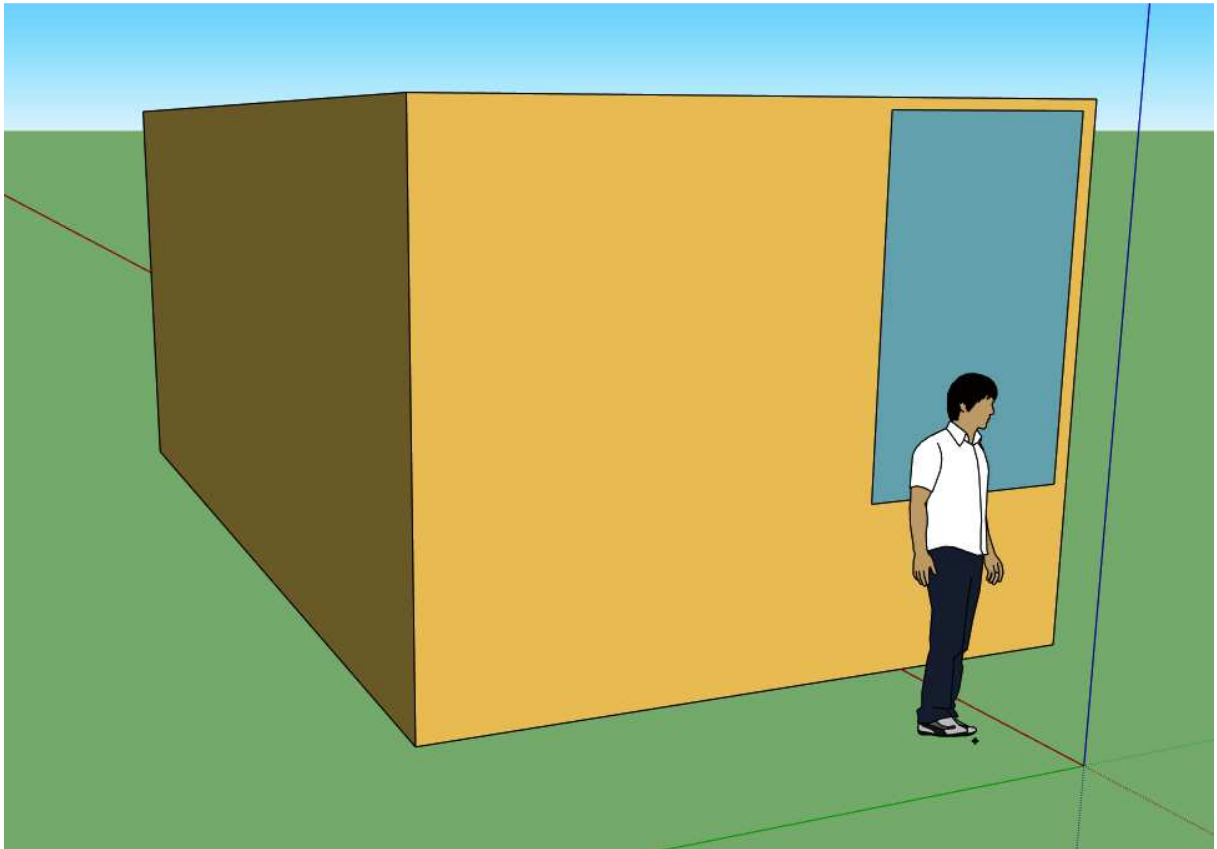


| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 384                                | 3028                    | 292                           | 3704                |

## COMPARATEUR

| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 845                                | 2823                    | 217                           | 3885                |

Model de référence

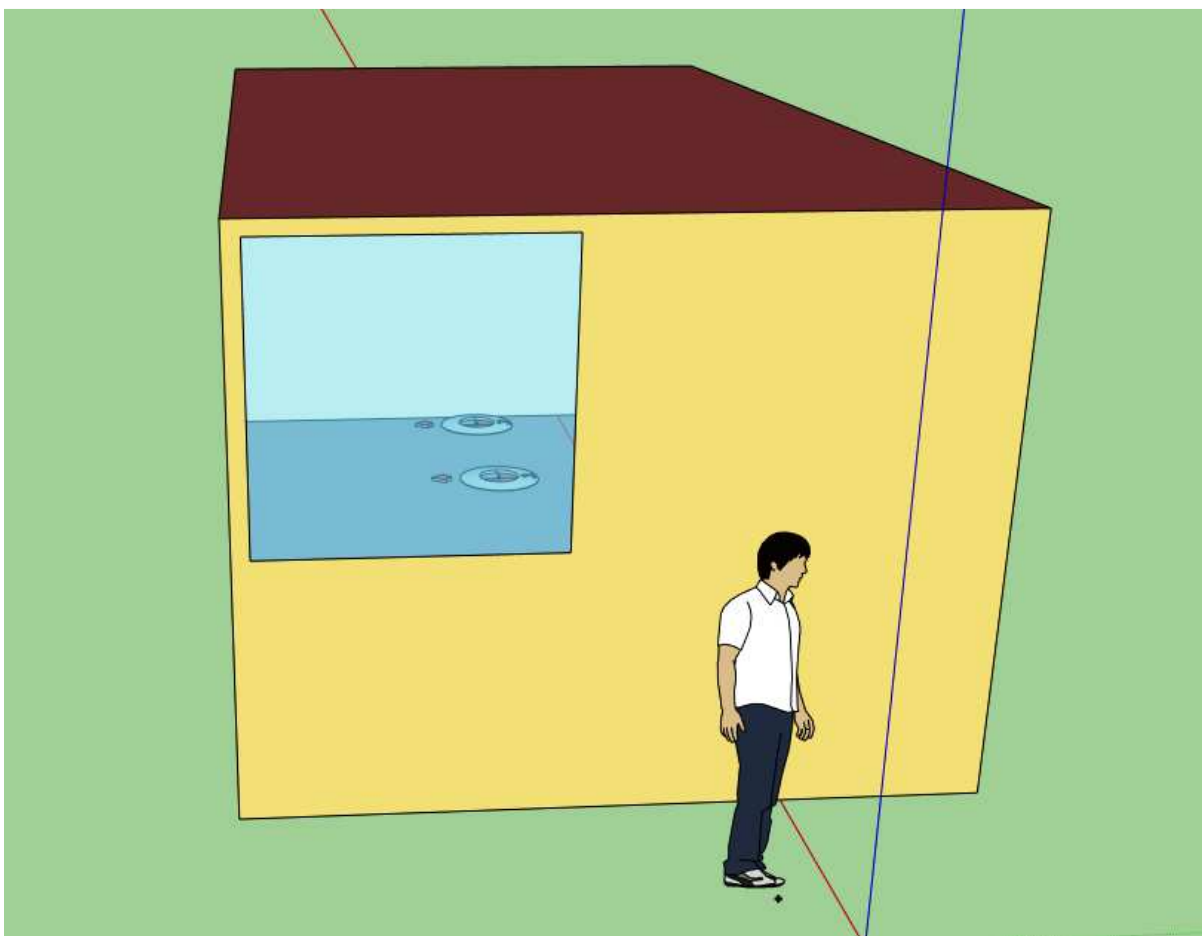


| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 514                                | 2948                    | 300                           | 3762                |

## COMPARATEUR

| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 845                                | 2823                    | 217                           | 3885                |

Model de référence

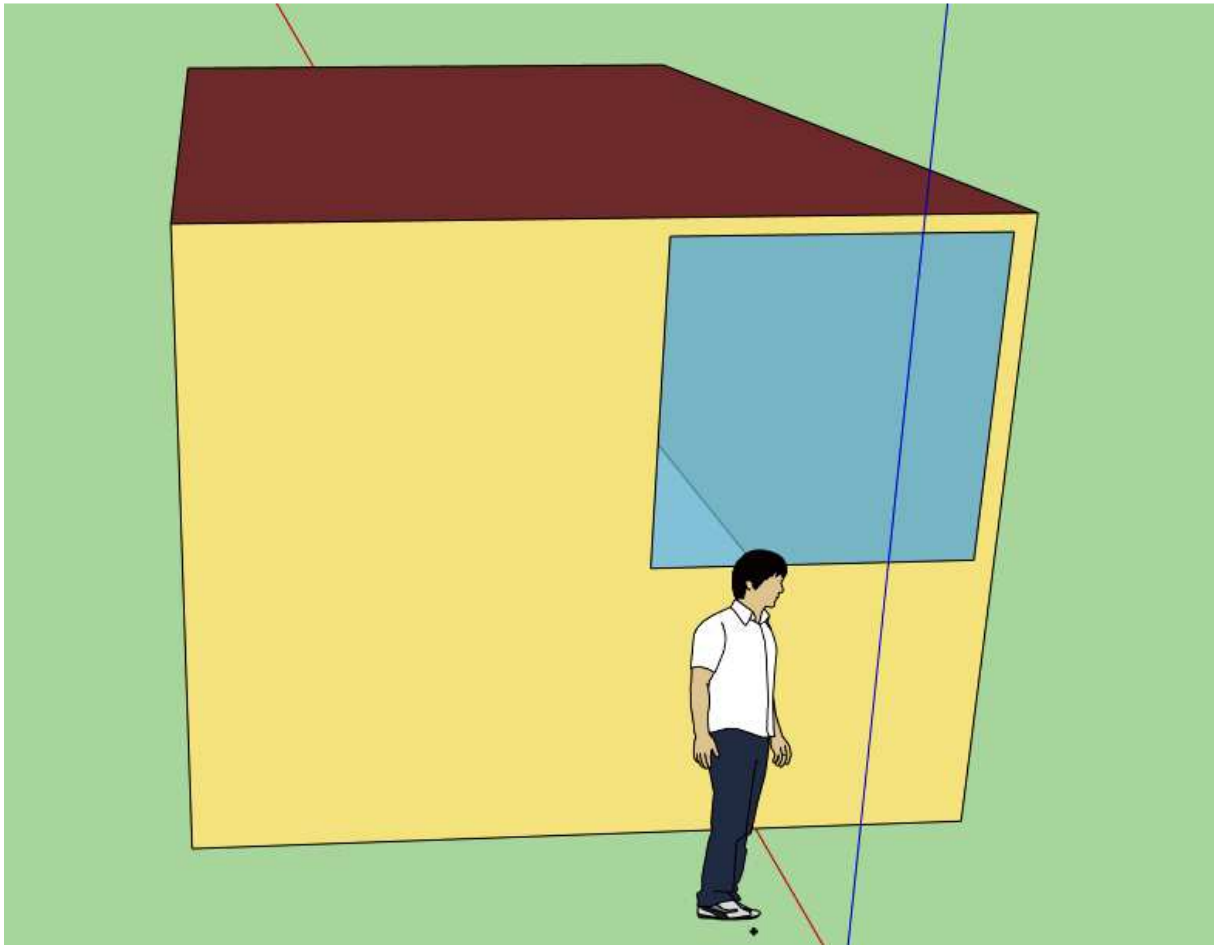


| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 373                                | 3042                    | 289                           | 3704                |

COMPARATEUR

| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 845                                | 2823                    | 217                           | 3885                |

Model de référence

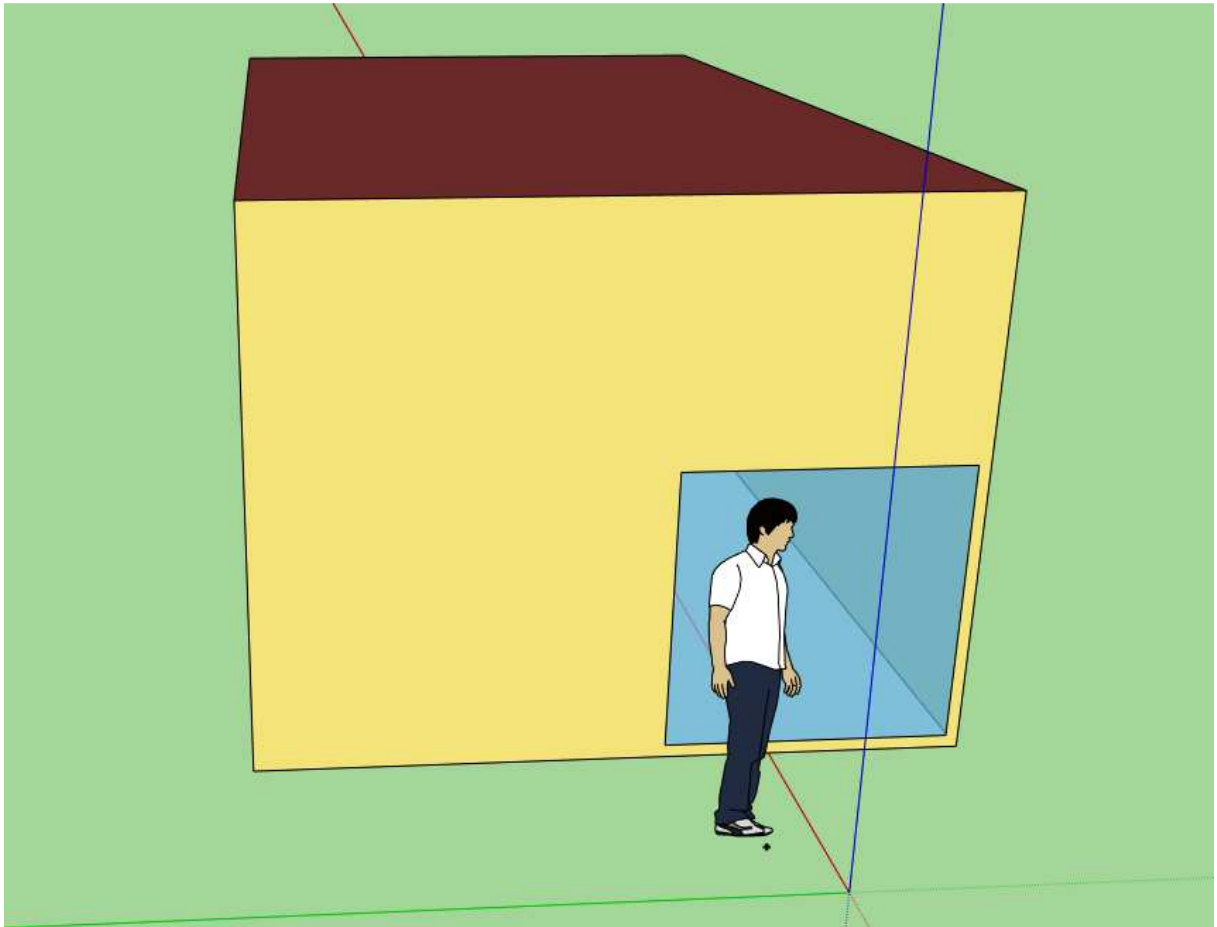


| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 445                                | 2989                    | 289                           | 3723                |

COMPARATEUR

| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 845                                | 2823                    | 217                           | 3885                |

Model de référence

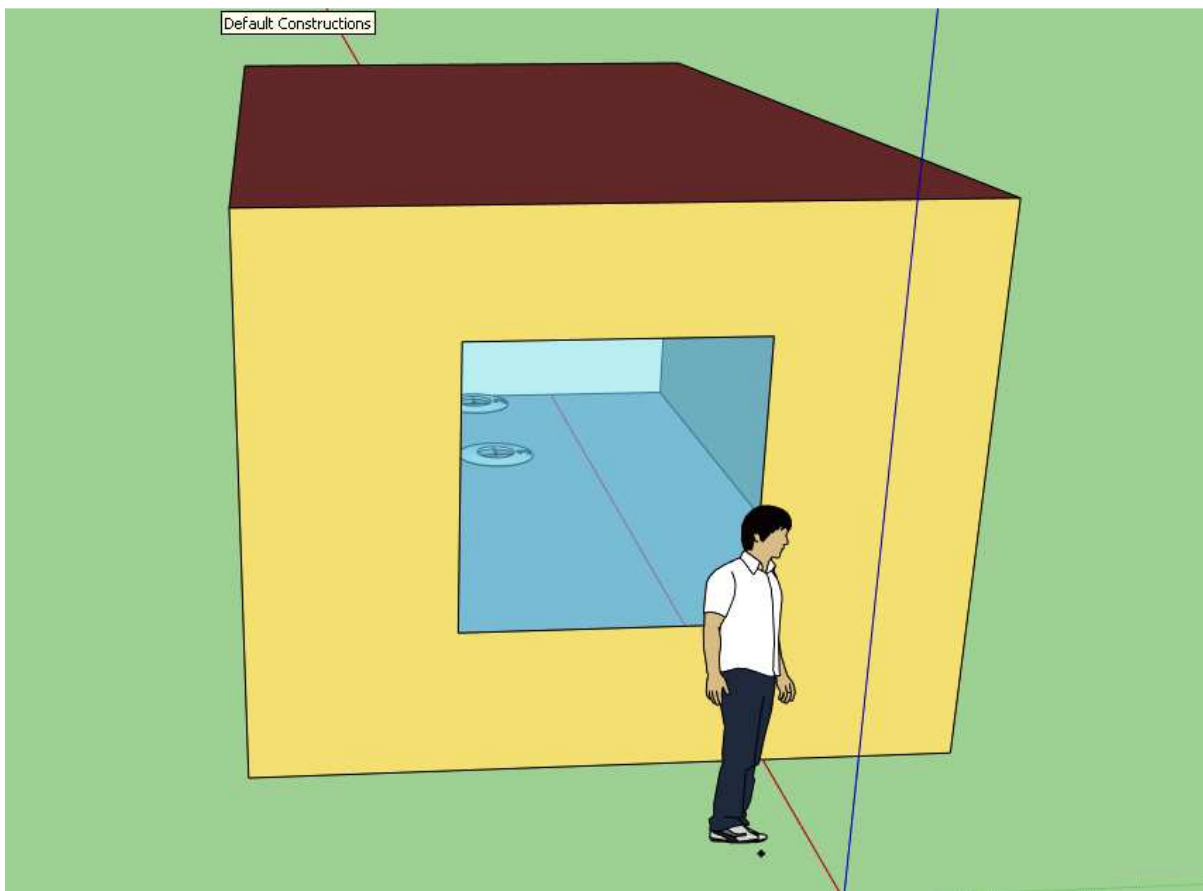


| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 723                                | 2862                    | 339                           | 3984                |

## COMPARATEUR

| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 845                                | 2823                    | 217                           | 3885                |

Model de référence



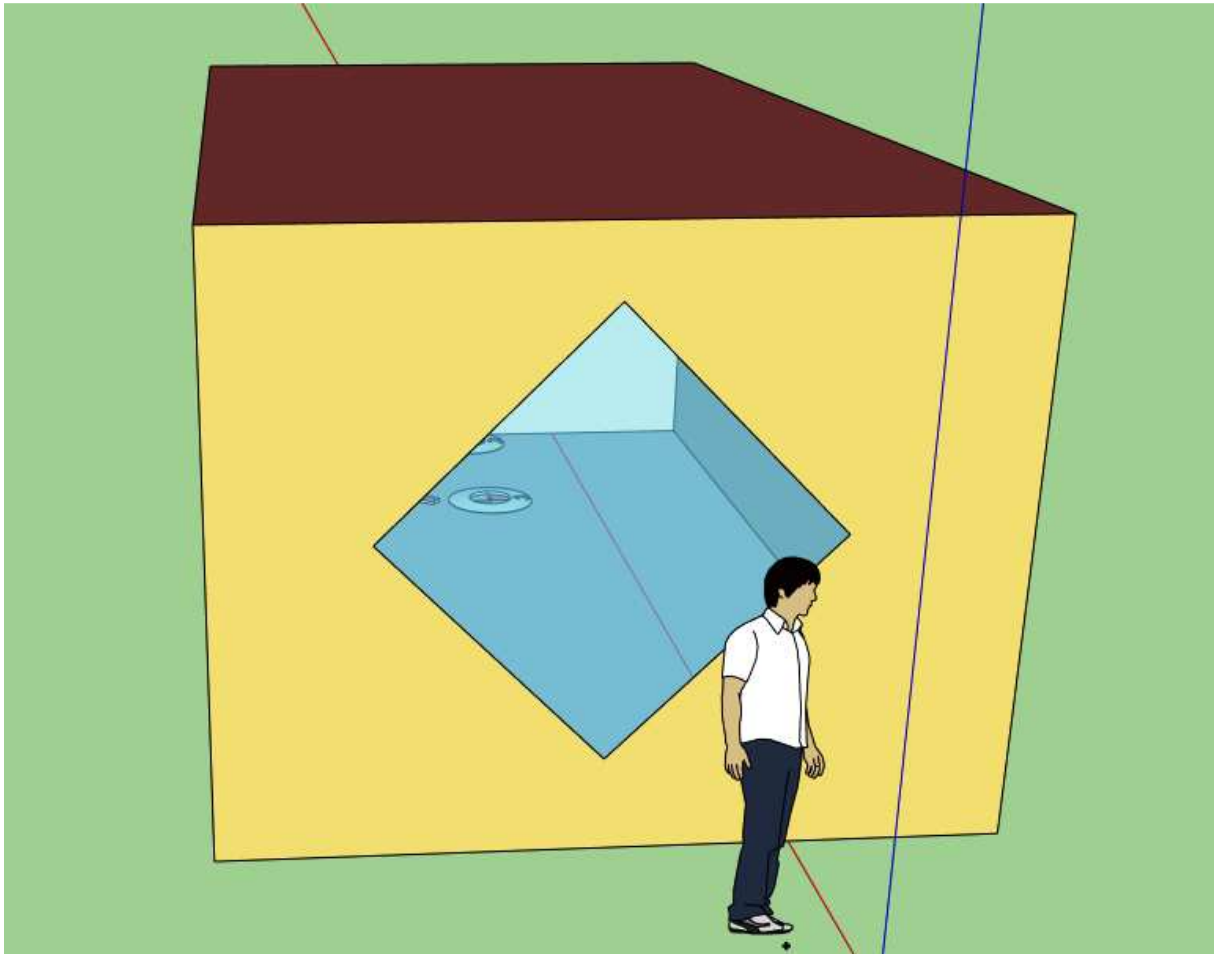
| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 381                                | 3031                    | 284                           | 3696                |

COMPARATEUR

| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 845                                | 2823                    | 217                           | 3885                |

Model de référence



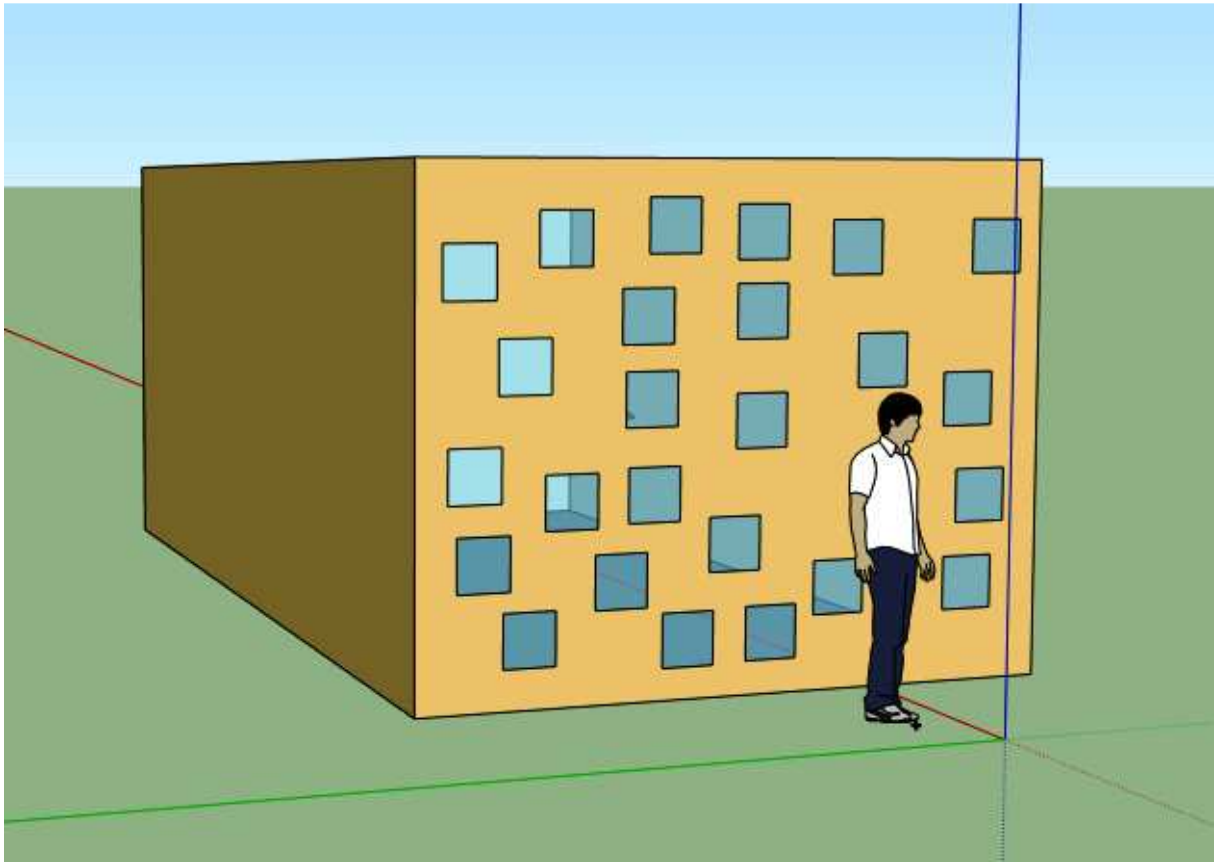


| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 384                                | 3028                    | 284                           | 3696                |

## COMPARATEUR

| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 845                                | 2823                    | 217                           | 3885                |

Model de référence

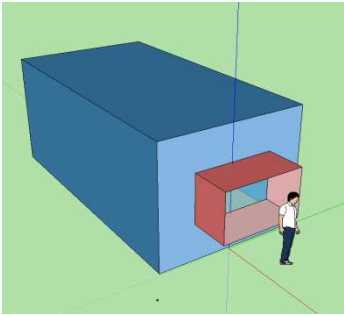
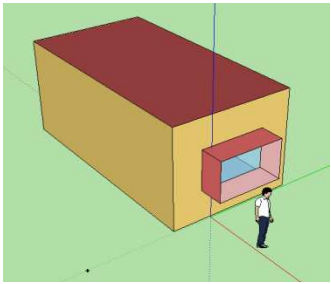
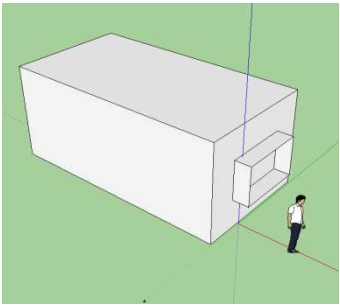
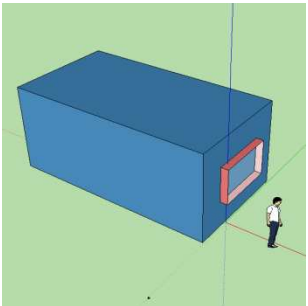


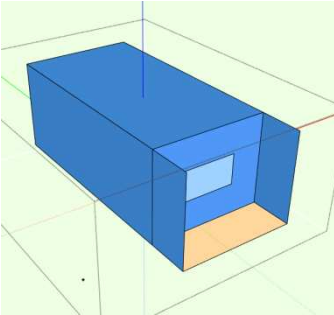
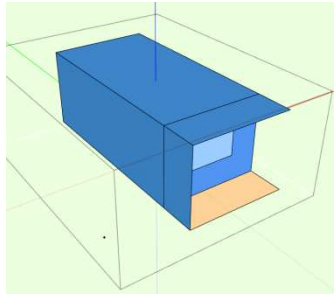
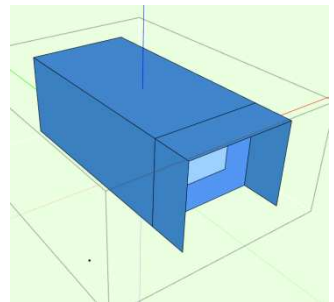
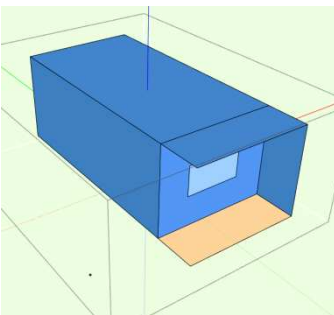
| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 400                                | 3045                    | 295                           | 3740                |

## COMPARATEUR

| Eclairage artificiel<br>(kwh / an) | Chauffage<br>(kwh / an) | Refroidissement<br>(kwh / an) | Total<br>(kwh / an) |
|------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 845                                | 2823                    | 217                           | 3885                |

Model de référence

| Paramètre de l'espace baie : épaisseur d'encadrement (m)  |   | Consommation d'énergies (kwh/ an) |           |                 |       |
|---|---|-----------------------------------|-----------|-----------------|-------|
|   |   | Eclairage                         | chauffage | refroidissement | Total |
| 1   |    | 728                               | 2978      | 237             | 3943  |
| 0.75  |   | 717                               | 2964      | 248             | 3929  |
| 0.5   |  | 695                               | 2950      | 262             | 3907  |
| 0.25  |  | 678                               | 2923      | 287             | 3888  |
| <p>Lieux : Nancy, France</p> <p>Orientation : Sud</p> <p>Délimitations de l'espace d'expérimentation (m) : boîte 7,2 x 3,8 x 3 ; baie 1,2 x 2</p> <p>Caractéristiques de l'enveloppe : U = 0.46 w/m2k</p> <p>Caractéristiques du vitrage : U = 2.15 w/m2k</p> |   |                                   |           |                 |       |
| <b>Conditions d'expériences</b>   |   |                                   |           |                 |       |
| Outil de Simulation : Energyplus version 5 + Open studio  |   |                                   |           |                 |       |

| Paramètre de l'espace baie : 3 Auvents de 1.4 (m)        |   |  |   | Consommation d'énergies (kwh/ an)   |                    |                       |                         |           |           |                 |       |
|--|---|--|---|---|--------------------|-----------------------|-------------------------|-----------|-----------|-----------------|-------|
|  |   |  |   | Ouverture vers le Haut  | Ouverture à gauche | Ouverture vers le bas | Ouverture vers à droite | Eclairage | chauffage | refroidissement | Total |
|  |  |  |  |  | 771                | 2773                  | 364                     | 3908      |           |                 |       |
|  |   |  |   |   | 776                | 3009                  | 403                     | 4188      |           |                 |       |
|  |   |  |   |   | 664                | 3153                  | 375                     | 4192      |           |                 |       |
|  |   |  |   |   | 689                | 3198                  | 381                     | 4268      |           |                 |       |
| Lieux  |   |  |   | : Nancy, France   |                    |                       |                         |           |           |                 |       |
| Orientation  |   |  |   | : Sud   |                    |                       |                         |           |           |                 |       |
| Délimitations de l'espace d'expérimentation (m)          |   |  |   | : boîte 7,2 x 3,8 x 3 ; baie 1,2 x 2  |                    |                       |                         |           |           |                 |       |
| Caractéristiques du l'enveloppe                          |   |  |   | : U = 0.46 w/m2k  |                    |                       |                         |           |           |                 |       |
| Caractéristiques du vitrage                              |   |  |   | : U = 2.15 w/m2k  |                    |                       |                         |           |           |                 |       |
|  |   |  |   | <b>Conditions d'expériences</b>   |                    |                       |                         |           |           |                 |       |
| Outil de Simulation : Energyplus version 5 + Open studio |   |  |   |   |                    |                       |                         |           |           |                 |       |

## CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce travail est une première étape dans lequel on a essayé de cerner la problématique, et de définir une méthode d'action sur l'espace baie.

Cependant il y a une initiation vers un prototypage d'un système applications pour Modéliser l'espace baie sur un support numérique "tablette tactile" adapté à la phase conception / construction.

Ce système applications pourra adopter Energy+ comme moteur interne de calcul environnemental

## BIBLIOGRAPHIE

### Livre :

[SIM2001] La fenêtre et la gestion de l'énergie : Guide pratique pour les architectes / Sous la direction de Francy SIMON. – Liège : Éditions Université Catholique de Louvain, 2001. – 76 P.

[PEU03] PEUPORTIER (Bruno). – Éco-conception des bâtiments. – Paris : Éditions École des mines de Paris, Les Presses, 2003. – 277 P.

[JAC87] JACOB (François). Le jeu des possibles, essai sur la diversité du vivant. – Paris : Éditions Librairie Arthème Fayard, 1981. – 231 P.

[CHI07] CHING (Frank). - Architecture Forme, space, and order. - USA : Éditions Third Édition, 2007. - 431 P.

[HER04] DE HERDE (André), REITER (Sigrid). - L'éclairage naturel des bâtiments. - Louvain : Éditions Presses universitaires de Louvain, 2004. – 265 P.

[ACH86] Energy in architecture, the European Passive Solar Handbook / sous la direction de Patrik Achard – Bruxelles : Éditions Commission of the European Communities, 1986, 287 p.

[HER07] Construire des façades / Sous la direction de Thomas Herzog. – Suisse : Éditions presse polytechniques et universitaires romandes, 2007. – 321 P.

[HER06] DE HERDE (André), LIEBARD (Alain). - Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. – Paris : Éditions Le Moniteur, 2006. - 776 p.

[DIC08]. - Le petit dicobat, dictionnaire général du bâtiment. – Paris : Éditions Arcature, 2008.



**Site internet :**

- Google Scholar,  
[www.scholar.google.fr](http://www.scholar.google.fr)
- Index of publications about computer aided architectural design  
<http://cumincad.scix.net/cgi-bin/works/Home>
- HAL : Hyper Article en Ligne,  
<http://hal.archives-ouvertes.fr/>
- Wikipédia l'encyclopédie libre,  
[www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- Programme des Nations Unies pour l'environnement  
<http://www.unep.org>
- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie  
<http://www.ademe.fr>

**Article :**

- IFC HVAC interface to energyplus - a case of expanded interoperability for energy simulation. V. Bazjanac, Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), University of California, Berkeley, CA, USA / T. Maile, Institut für Kernenergetik und Energiessysteme (IKE), University of Stuttgart, Germany.
- Habitat et développement durable : les perspectives offertes par le solaire thermique. Traisnel J.-P., Maïzia M., Roditi D. Les Cahiers du CLIP, 16 (2004)
- Paramètres environnementaux et mécanismes de conception évolutionnaire. Marin P., Bignon J.-C., Lequay H. CRAI – UMR MAP 694 CNRS

## TABLES DES FIGURES

|             |         |   |
|-------------|---------|---|
| [Figure 1]  | Page 8  | Un savoir faire écologique  |
| [Figure 2]  | Page 10 | Conditions extérieurs et intérieures  |
| [Figure 3]  | Page 11 | La fenêtre et la gestion de l'énergie   |
| [Figure 4]  | Page 12 | La fenêtre et la gestion de l'énergie   |
| [Figure 5]  | Page 13 | La fenêtre et la gestion de l'énergie   |
| [Figure 6]  | Page 14 | La fenêtre et la gestion de l'énergie   |
| [Figure 7]  | Page 15 | La fenêtre et la gestion de l'énergie   |
| [Figure 8]  | Page 16 | L'enveloppe du bâtiment   |
| [Figure 9]  | Page 17 | conductivité thermique des éléments   |
| [Figure 10] | Page 17 | tableau de la puissance dissipée par convection   |
| [Figure 11] | Page 18 | spectre de rayonnement naturel du soleil  |
| [Figure 12] | Page 18 | Diagramme de Shankey  |
| [Figure 13] | Page 19 | Orientation de l'espace baie  |
| [Figure 14] | Page 19 | Dimensions de l'espace baie   |
| [Figure 15] | Page 19 | Forme de l'espace baie  |
| [Figure 16] | Page 19 | Position de l'espace baie   |
| [Figure 17] | Page 20 | différentes schémas d'encadrement et d'embrasure  |
| [Figure 18] | Page 21 | Développement logiciel Pour vérandas  |
| [Figure 19] | Page 22 | Exemples de solutions Pour vérandas   |
| [Figure 20] | Page 24 | façade expérimental   |
| [Figure 21] | Page 24 | le système anidolique   |
| [Figure 22] | Page 26 | La plateforme NBDM  |
| [Figure 23] | Page 28 | Cube expérimentale  |
| [Figure 24] | Page 29 | Interfaçage avec des modèles géométriques utilisant le standard IFC générés par des outils de CAO |
| [Figure 25] | Page 30 | Editeur de fichier IDF  |
| [Figure 26] | Page 30 | Données météorologiques pour Energy+ sur Google Earth   |
| [Figure 27] | Page 32 | Interface composition du mur extérieur sur Pleiades   |
| [Figure 28] | Page 32 | Interface composition du mur extérieur sur Energy+  |
| [Figure 29] | Page 33 | Liste des scénarios Hebdomadaire sur Pleiades   |
| [Figure 30] | Page 34 | Paramétrage des scénarios sur le système de simulation (Google sketchup * Open studio * Energy+)  |
| [Figure 31] | Page 35 | données météorologiques enregistrée sous format (*.EPW)   |
| [Figure 32] | Page 35 | Interface comfie : Paramétrage des données météorologiques  |
| [Figure 33] | Page 36 | Orientation Nord de l'ouverture, évaluation globale de la boite expérimentale dans son contexte   |
| [Figure 34] | Page 36 | Apport solaire intérieur  |
| [Figure 35] | Page 37 | Corrélation Rayonnement / Température extérieur   |
| [Figure 36] | Page 37 | Température intérieur   |
| [Figure 37] | Page 38 | Température intérieur/ extérieur  |
| [Figure 38] | Page 38 | Diagramme de sankey   |
| [Figure 39] | Page 38 | Bilan sur une année   |