

PETIT Amélie
NIMAGA Fatoumata
MEDOU Delphine

IUP M1 GSI Maîtrise de l'énergie



ANALYSE DU CONFORT THERMIQUE DANS CODYBA



Année universitaire 2007-2008



REMERCIEMENTS

Tout d'abord nous tenons à remercier le concepteur de ce logiciel, M. Jean NOEL, pour sa disponibilité, son aide lors de nos simulations afin de résoudre les éventuels problèmes survenus ainsi que pour les réponses à nos différentes questions. Merci également pour toutes vos réponses toujours très instructives et complètes et pour le suivi régulier de notre projet.

Nous le remercions aussi d'avoir mis à notre disposition la version de CODYBA avec son module « Confort thermique », ainsi que toute la documentation jointe qui nous a beaucoup instruite.

Nous souhaitons également remercier notre tutrice de projet, Mme Luminita DANAILA pour sa disponibilité et ses différentes explications concernant le logiciel CODYBA et ses applications. Les RDV hebdomadaires nous ont permis de toujours faire le point sur le projet et d'assurer un bon suivi niveau temps. Ses conseils concernant la rédaction du rapport furent précieux et ses qualités humaines resteront une référence pour notre activité professionnelle future.

LA DEMARCHE HQE



La démarche Haute Qualité Environnementale est la réponse apportée par des organismes tels que l'ADEME pour répondre aux défis du siècle provoqués par le changement climatique, l'effet de serre et plus généralement par l'activité humaine. Elle préconise la réalisation de bâtiments neufs et l'amélioration des bâtiments existants qui auront dans leur ensemble des impacts moindres ou limités sur l'environnement.

Pour le moment la démarche HQE ne concerne que le Bâtiment qui représente près de 46% de la consommation nationale d'énergie, soit 25% des émissions de gaz à effet de serre. Hormis les émissions dans l'atmosphère, les pollutions générées par les bâtiments sont aussi d'ordre esthétique, occupation d'espace, et autres nuisances possibles. Et de plus en plus, ses impacts s'élargissent à d'autres critères touchant directement les occupants : les confort d'usage (concernant le thermique, l'acoustique, l'olfactif, la luminosité,...), la gestion des différents types de déchets, l'action sur le comportement des usagers.

Ainsi l'objectif de la démarche HQE est, outre de satisfaire le confort et le coût des bâtiments, d'intégrer le respect de l'environnement et la prise en compte des risques sanitaires. Et elle permet d'élargir le champ de recherche des solutions les plus performantes en prenant en compte tous les stades de vie et tous les impacts du bâtiment ; ce qui revient en réalité à intégrer la notion de Développement Durable dans le Bâtiment.

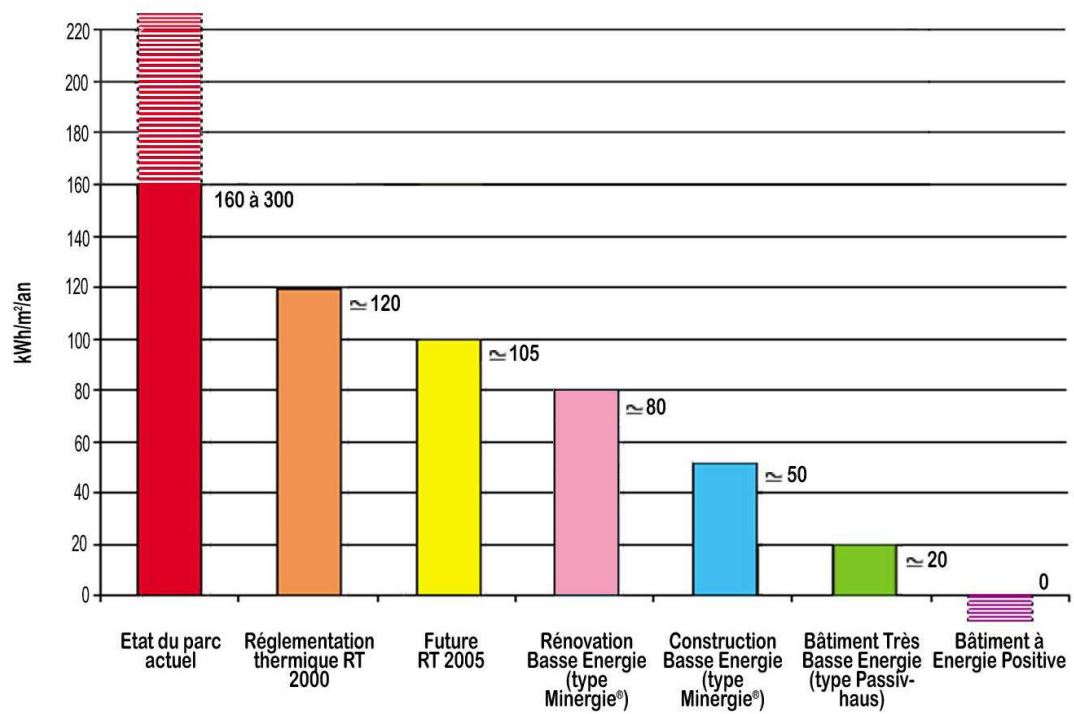
Cette notion s'articule autour de deux composantes : la Maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur qui correspond aux cibles de l'éco-construction et l'éco-gestion et la Création d'un environnement intérieur satisfaisant qui comprend pour cibles le confort et la santé des personnes.

Le pôle Eco-construction assure une bonne relation des bâtiments avec leur environnement immédiat, la diminution du bruit ainsi que la maîtrise des autres nuisances de chantier, gère le choix des procédés et produits de construction et l'adaptabilité et la durabilité des bâtiments.

Le pôle Eco-gestion consiste à la gestion de l'énergie en renforçant la réduction de la demande et des besoins énergétiques, l'efficacité des équipements énergétiques, de l'eau (assurance de l'assainissement des eaux usées, aide à la gestion des eaux pluviales), des déchets d'activité ainsi que de la gestion de l'entretien et de la maintenance.

Les cibles de Confort assurent la gestion des confort hygrothermique en maintenant en permanence les conditions de confort hygrothermique, acoustique (par l'isolation et l'affaiblissement des bruits d'impact et d'équipement), visuel et olfactif.

Quant au pôle Santé, il correspond à la gestion de la qualité sanitaire de l'eau (par la protection du réseau de distribution collective d'eau potable, le maintien de la qualité de l'eau dans le bâtiment, de même que la gestion des risques liés aux réseaux d'eaux non potables), l'air (gestion des risques de pollution par les produits de construction ou d'air neuf pollué) et des espaces.



C'est dans cet esprit que CODYBA a été mis en place dans le but d'assurer aussi bien une basse consommation du bâtiment quelque soient les conditions extérieures et un niveau de confort apprécié tout en manipulant les aspects Bureau d'étude et la thermique.

SOMMAIRE

Introduction	Page 1
I. Présentation de CoDyBa	Page 3
1.1 Qu'est ce que CoDyBa?	Page 3
a. Historique et versions	Page 3
b. Les différents utilisateurs	Page 3
c. Les paramètres d'entrée/sortie	Page 4
1.2 Le confort thermique	Page 4
a. Définition de la notion de confort	Page 4
b. Instituts et normes régissant de confort thermique	Page 6
c. Moyens de mesure du confort	Page 7
1.3 Description du logiciel	Page 8
a. Construction d'un bâtiment	Page 8
b. Tables	Page 11
c. Résultats après simulation	Page 12
II. Étude de cas	Page 14
2.1 Typologie CSTB	Page 14
a. Présentation des maisons	Page 14
b. Plans	Page 17
2.2 Simulations	Page 19
a. Démarche	Page 19
b. Méthode d'avancement du calcul	Page 22
2.3 Analyse et amélioration des bâtiments	Page 23
a. Le confort dans la maison « Mozart »	Page 23
b. Solutions d'économies d'énergie	Page 26
III. Suggestions d'amélioration du logiciel avec confort thermique	Page 29
3.1 Création d'interfaces	Page 29
a. Création de classes de pièces	Page 29
b. Bibliothèque de classe de pièces	Page 30
c. Profil de personnes	Page 31
3.2 Notions théoriques concernant le confort	Page 32
a. Les personnes	Page 32
b. Les coefficients PMV et PPD	Page 33
3.3 Reproductibilité	Page 33
a. Cohérences	Page 33
b. Interface	Page 33
Conclusion	Page 35
Annexes	
Bibliographie / Sitographie	

INTRODUCTION

Dans le cadre de notre projet de Master 1 Maîtrise de l'Energie, M. Jean NOEL, Ingénieur Freelance, responsable du développement du logiciel CoDyBa, nous a proposé un sujet concernant le logiciel CoDyBa comportant un nouvel aspect dans les simulations : le confort thermique. Mme Luminita DANAILA a suivi ce projet en faisant de nombreuses transitions entre nous et M. NOEL.

Ce projet met donc en relation des notions concernant le domaine des économies d'énergie comme la notion de confort thermique et les simulations informatiques.

Ce sujet comporte plusieurs objectifs, mais la ligne directrice de ce cas d'étude est « l'analyse du confort thermique dans le logiciel CoDyBa ». Cette analyse comporte deux grands aspects :

- ✓ Le premier consiste en une étude type bureaux d'études de bâtiments. Après différentes simulations sur le logiciel CoDyBa, et ce, sur différents types de bâtiments il s'agit de visualiser leur comportement, obtenu sur une année, un mois ou encore une semaine, ... et par la suite analyser les résultats obtenus (température ambiante, sensations de confort ...) et rechercher des solutions correctives d'économies d'énergie.
- ✓ Le second aspect, qui constitue l'objectif majeur de cette étude, consiste en la recherche d'éventuels points « noirs » ainsi que de solutions alternatives, du logiciel concernant la notion de confort thermique et en l'optimisation de l'ergonomie de CoDyBa. Le tout sera régulièrement communiqué à M. NOEL qui pourra « trier » parmi nos suggestions.

Le confort thermique fait partie des notions fondamentales dans la thermique du bâtiment. En effet, il peut prédire de manière assez précise comment réagiront les personnes dans telle ou telle pièce d'un bâtiment en fonction de leur vêtue et de leur activité. Il est donc très intéressant d'inclure cette notion dans les logiciels de thermique du bâtiment. De plus, ces logiciels permettent un énorme gain d'argent puisque nous pouvons prédire au mieux la construction d'un bâtiment avec ses matériaux, son orientation, ses vitres,...

La première partie du projet sera donc d'apprendre les notions fondamentales de confort thermique. Nous avons récupéré de nombreux documents qui nous ont permis de comprendre très facilement ces notions théoriques. Dans le cadre de notre formation, cela est au programme de Master 2.

Puis, nous avons du passer du temps sur la « prise en main » du logiciel. Pour cela, Mme DANAILA nous a « formé » sur ce logiciel ce qui nous a permis ensuite de se familiariser seule sur une maison type. Des premiers « points noirs » ont été découvert à ce moment du projet.

La dernière partie du projet consistera à faire des simulations en lien avec les économies d'énergie et le confort thermique dans différentes mises en situation de bâtiments types puis de proposer des améliorations complémentaires au logiciel.

C'est pourquoi notre rapport se composera de trois grandes parties. Nous présenterons d'abord les notions fondamentales au démarrage de notre projet, nous verrons ensuite la partie simulations de type bureau d'étude pour enfin terminer sur les différentes suggestions d'amélioration du logiciel.

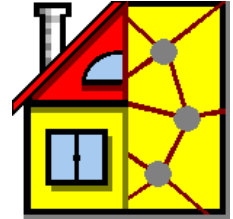
I. PRESENTATION DE CoDYBa

1.1 Qu'est ce que CoDYBa ?

CoDYBa est un outil de simulation conçu afin de prévoir le Comportement DYnamique des BATiments.

Il analyse l'influence des paramètres comme la régulation, l'inertie et l'orientation du bâtiment...

CoDYBa demeure un outil efficace dans la mesure où il permet de faire varier les différents paramètres indépendants du modèle de bâtiment et d'évaluer leur influence.



A ses fonctions précédemment citées, le logiciel est utilisé pour analyser les performances thermiques des bâtiments suivant des conditions climatiques variées. Il permet d'établir des études de chauffage et de refroidissement d'air ou de ventilation en laissant à l'utilisateur la possibilité de faire varier les éléments liés à la géométrie des zones ainsi que les choix des matériaux d'isolation.

La principale issue des simulations est de prédire la consommation énergétique du bâtiment avec l'évolution temporelle de la température, humidité ainsi que les puissances de chauffage ou refroidissement nécessaires (puissance latente, sensible) pour maintenir une consigne de température ou d'humidité.

a. Historique et versions

CoDYBa a été créé en 1984 par le CETHIL suite à la thèse de Jean-Jacques ROUX. Cependant la refonte complète de l'existant a été entreprise par Jean NOËL en 1999 avec le passage sous Windows. L'objectif de cette refonte était de mettre au point un outil simple, fiable, évolutif et destiné à une large gamme de public non professionnel. Ces développements effectués de 1999 à 2003 ont abouti à la version V 6.3 qui se limite à une seule zone (mono zone) ou multizone dans le cas où le bâtiment est traité par assemblage de zones.

En 2005 on assiste à la sortie de la version V 6.4 qui est la version de transition entre l'ancienne mono zone et une où le bâtiment est traité dans son intégralité sans être décomposé en zones thermiques.

La version la plus récente multizone de CoDYBa (ou KoZiBu, successeur prochain de CoDYBa) introduit le confort thermique dans ses paramètres de sortie et est pour l'instant non diffusée. Elle est encore à un stade d'étude en raison de la complexité de cette notion de confort thermique mais aussi des multitudes de paramètres influant sur cette notion.

La 1^{ère} version de CoDYBa issue de la thèse de M.ROUX a été financée par ELF et le passage sous Windows par une aide à l'industrialisation de l'INSA de Lyon. Concernant les développements ultérieurs, leur financement a été fait soit sur fonds propres de J.NOËL, soit sur contrats avec des industriels.



b. Les différents utilisateurs

CoDYBa est destiné aux thermiciens, aux architectes et consultants dans le domaine des constructions HQE (Bureaux d'Etudes,...). Les BE peuvent y avoir recours pour le dimensionnement des installations de chauffage ou climatisation selon les matériaux utilisés pour la construction et le niveau d'inertie du bâtiment. Il n'est pas

nécessaire d'avoir une connaissance des phénomènes physiques ou thermiques mais cependant cela peut se révéler utile dans l'analyse des résultats.

c. Les paramètres d'entrée/sortie

Les données d'entrée comprennent généralement la géométrie du bâtiment ainsi que sa constitution. On entend par constitution les volumes d'air, les murs avec les différents matériaux et caractéristiques thermiques et de même que les fenêtres. Les principaux paramètres pris en compte sont la météo, les régulateurs de température et d'humidité et les charges internes qui comprennent les personnes, équipements, éclairage.

En sortie, on obtient pour chaque volume d'air les puissances latentes et sensibles nécessaires, les températures d'air et radiante et l'humidité relative. Et pour les surfaces, on a les flux solaires reçus.

1.2 Le confort thermique

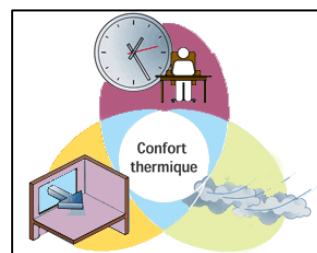
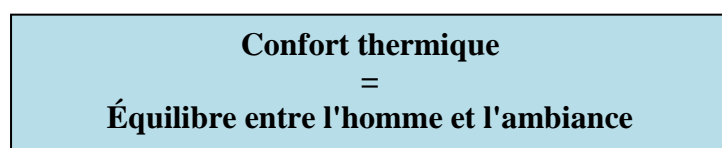
a. Définition de la notion de confort

Le confort thermique est une notion qui à l'heure actuelle fait encore l'objet de nombreuses recherches. Il est défini consensuellement comme « une condition de l'esprit qui exprime une satisfaction avec l'environnement thermique qui l'entoure ». Cette notion de confort, évolutive dans le temps, est principalement définie par sa négative: l'inconfort et varie selon les géographies et les sociétés.

Le confort thermique a deux composantes le confort « global » et le confort « local ». Le confort « global » concerne les conditions environnementales et le confort « local » est associé aux non-uniformités proches du corps humain.

La difficulté majeure est de caractériser une sensation humaine par une valeur numérique sachant que le confort thermique est une notion très complexe faisant intervenir des facteurs physiques, physiologiques et psychologiques...

On peut le résumer comme :



Dans le logiciel, le confort est introduit, selon le modèle de FANGER, modèle qui évalue à l'aide d'une unique équation le confort à partir de variables physiologiques. Ce modèle correspondant à une formulation statique, faisant intervenir des indices rationnels.

Le modèle de FANGER a été développé dans l'hypothèse que le corps étudié est en équilibre avec son environnement. Autre hypothèse utilisée, est que la sueur générée est évaporée, ceci vrai dans les conditions suivantes : pour une vêtue d'intérieur et pour une activité modérée (inférieure à 3 met).

L'intérêt d'utiliser le modèle de FANGER dans CoDyBa avec quelques variantes consiste à prendre en compte une plus grande diversité des situations.

Le modèle de FANGER, est utilisé ici comme base de notation complétée par une approche adaptive, approche qui considère que la vêtue et l'activité sont des variables d'ajustement.

➤ Les variables principales du confort global

Le confort global dépend de 4 variables environnementales :

- Température de l'air
- Température radiante moyenne
- Vitesse de l'air
- Humidité de l'air

Il dépend aussi de 2 variables physiologiques :

- L'activité (ou métabolisme)
- La vêtue



Source :

<http://energie.wallonie.be/energieplus/CDRom/Climatisation/theorie/ventheconfortthermique.htm>

➤ Principaux facteurs d'inconfort local :

- Les mouvements d'air
- Un gradient vertical de température
- Une asymétrie de température radiante
- La température de sol

➤ Les facteurs influençant peu le confort :

Contrairement à ce que l'on pourrait penser, l'âge, le sexe et l'ethnie de l'individu ne sont pas considérés comme des facteurs influençant de façon notable le confort thermique.

En résumé, le confort thermique ne peut être atteint seulement lorsque la température, l'humidité et le mouvement de l'air se situent à l'intérieur des limites de ce qu'on appelle la « zone de confort »

➤ Impact de l'humidité relative dans un bâtiment

Pour un confort optimal et pour une température de l'air aux environs de 22°C, on peut dès lors recommander que l'humidité relative soit gardée entre 40 et 65 %.

L'humidité seule a relativement peu d'impact sur la sensation de confort d'un individu dans un bâtiment. Ainsi, un individu peut difficilement ressentir s'il fait 40 % ou 60 % d'humidité relative dans son bureau.

L'inconfort n'apparaît que dans des situations extrêmes :

- soit une humidité relative inférieure à 30 %,
- soit une humidité relative supérieure à 70 %

cf. annexe n°1

On peut définir une plage de confort hygrothermique à l'aide d'un diagramme présenté en annexe.

cf. annexe n°2

b. Instituts et normes régissant le confort

❖ ASHRAE

ASHRAE, qui signifie « American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers ». Fondée en 1894, c'est une organisation internationale regroupant environ 50,000 personnes.



➤ ASHRAE/ANSI Standard 55-2004

Le standard 55-2204 est une « norme » qui fournit une méthode de calcul simple, qui s'applique à un très large éventail de types d'espace, et contient une nouvelle méthode d'adaptation pour les espaces ventilés naturellement dans certaines zones climatiques.

Le standard ASHRAE 55 spécifie que le domaine de confort est atteint lorsque 80% des personnes sédentaires ou peu actives trouvent l'environnement acceptable.

Remarque : Les domaines de confort sont établis pour des valeurs de vêture de 0.9 clo pour l'hiver et 0.5 clo pour l'été.



cf. annexe n°3

❖ La norme NBN X 10-005 ou ISO 7730

➤ Ambiances thermiques modérées



"Détermination des indices PMV et PPD, et spécification des conditions de confort thermique".

La Norme internationale ISO 7730 présente une méthode de prévision de la sensation thermique et du degré d'inconfort des personnes exposées à des ambiances thermiques modérées. Elle permet de plus de prescrire des conditions d'ambiances thermiques acceptables pour le confort.

La norme ISO 7730 recommande une température au sol comprise entre 19 et 26°C selon le type de matériau.

cf. annexe n°4

❖ Les unités spécifiques au confort

➤ Le Clo

Le clo est l'unité de résistance thermique des vêtements.

Par définition, les vêtements avec une résistance thermique de 1 clo maintiennent le confort thermique d'une personne assise dans un environnement où la température ambiante est de 21°C et la vitesse de mouvement de l'air est de 0,1 m/s.

$$1 \text{ clo} = 0,1555 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$$

cf. annexe n°5

➤ Le Met

Le met est l'unité d'énergie métabolique. Le métabolisme, est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7°C.

$$1 \text{ met} = 58 \text{ W/m}^2$$

(Où la surface du corps humain est d'environ 1,8 m²).

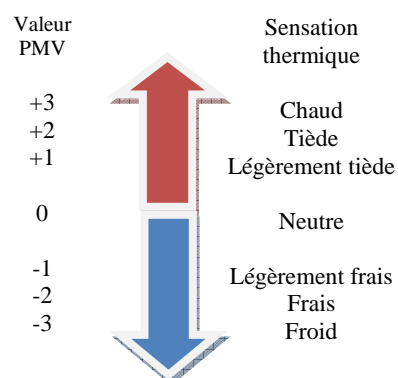
cf. annexe n°5

c. Moyens de mesure du confort

❖ Le modèle classique PMV – PPD du confort global

▪ Formulation de l'indice PMV

L'indice de vote moyen prévisible PMV, ou « Predicted Mean Vote », est en fait une évaluation statistique des votes concernant les sensations thermiques d'un large panel de personnes placés dans les mêmes conditions d'ambiance. Il est évalué dans des conditions d'ambiance stationnaire.



Echelle de sensation thermique de l'ASHRAE

L'intérêt de cet indice est qu'il donne une valeur unique tout en prenant en compte les différents aspects du confort.

Limite de cet indice : Le modèle PMV est performant dans le cas où il est donné pour des bâtiments utilisant l'air conditionné. Il devient moins précis lorsqu'il s'agit de bâtiment à ventilation naturelle.

De plus, il a tendance à sous-estimer un peu le vote des personnes, car il se pourrait que les personnes travaillant dans le bâtiment pourraient ressentir plus de chaleur que ne le prévoit le PMV de FANGER.

▪ Formulation de l'indice PPD

Il s'agit du pourcentage prévisible d'insatisfaits PPD, soit « Predicted Percentage of Dissatisfied », qui est fonction de l'indice PMV, et est obtenue à l'aide de l'équation suivante :

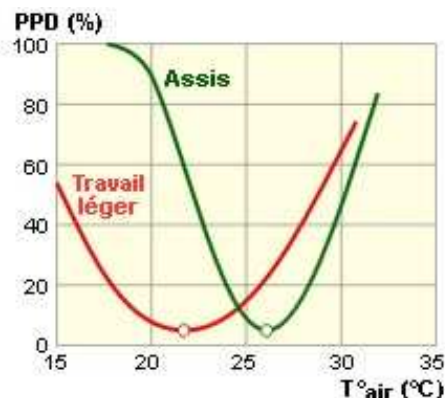
$$PPD = 100 - 95 \cdot \exp \left[-(0.03353 \cdot PMV^4 + 0.2179 \cdot PMV) \right]$$

Il est bon de faire remarquer que le pourcentage de personnes insatisfaites ne peut jamais atteindre 0%, car il est impossible de définir une température qui convienne à tous : il reste au mieux 5 % de personnes insatisfaites.

La figure ci-contre considère le sentiment de confort thermique exprimé par les sujets eux-mêmes.

Il s'agit de pourcentages prévisibles d'insatisfaits (PPD), exprimés sur l'axe vertical, pour des personnes au repos en position assise, ou pour des personnes effectuant un travail léger (= travail de bureau).

Il est alors possible de déterminer où se situe la température opérative effective par rapport à l'optimum de confort.



Source :

<http://energie.wallonie.be/energieplus/CDRom/Climatisation/theorie/ventheconfortthermique.htm>

1.3 Description du logiciel

Le logiciel s'utilise suivant trois grandes parties : la constitution du bâtiment : indispensable pour des calculs précis car beaucoup de paramètres rentreront en jeu (les conductivités thermiques, les épaisseurs de mur, la surface vitrée,...). Ensuite, les tables (que nous pouvons créer en plus des données standard déjà enregistrées) qui informent sur les puissances des appareils ou des personnes mais sur d'autres paramètres comme le nombre d'heures passées dans chaque pièce ou le nombre d'heures de fonctionnement. Puis finalement, le lancement de la simulation et les résultats qui nous permettront d'exploiter des caractéristiques de la maison et d'apporter les modifications nécessaires.

a. Construction d'un bâtiment

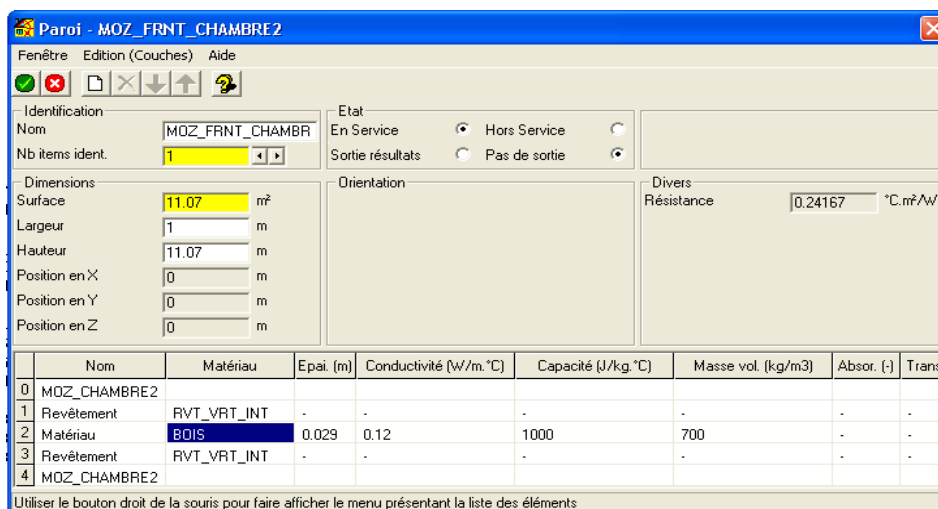
La géométrie du bâtiment et sa constitution sont des données de base définies en entrée, c'est-à-dire avant toute simulation. C'est une partie très importante qui permet de construire un bâtiment-type dans lequel vivra un certain nombre de personnes avec tous les équipements nécessaires à leurs activités et à leur bien-être.

On y retrouve : les volumes d'air, les murs (avec les matériaux et les paramètres de surface) et les fenêtres (avec éventuellement les protections solaires). La météo, les charges internes (éclairage, personnel, équipement), les régulateurs de température et d'humidité sont des paramètres principaux pour les calculs.

Premièrement, il va falloir créer les parois du bâtiment. Le mur pourra être constitué d'autant de matériaux que l'on souhaite. Certains matériaux sont déjà tabulés avec leur conductivité thermique, leur capacité et leur masse volumique. Si un autre matériau veut être utilisé, on peut le créer dans les tables (voir b. Tables). Le revêtement correspond en général à la peinture, de même, certaines sont déjà tabulées.

Il suffit donc de :

- ↳ Renommer le mur pour le distinguer des autres
- ↳ Entrer sa surface (soustrait de la surface des fenêtres)
- ↳ Entrer sa largeur, sa hauteur
- ↳ Choisir les revêtements de chaque côté du mur
- ↳ Choisir le ou les types de matériau constituant le mur
- ↳ Entrer l'épaisseur de chaque matériau



Paroi - MOZ_FRNT_CHAMBRE2

Fenêtre Edition (Couches) Aide

Identification
Nom: MOZ_FRNT_CHAMBR
Nb items ident.: 1

Etat
En Service ☒ Hors Service ☐
Sortie résultats ☐ Pas de sortie ☒

Dimensions
Surface: 11.07 m²
Largeur: 1 m
Hauteur: 11.07 m
Position en X: 0 m
Position en Y: 0 m
Position en Z: 0 m

Orientation

Divers
Résistance: 0.24167 °C.m²/W

	Nom	Matériau	Epai. (m)	Conductivité (W/m.°C)	Capacité (J/kg.°C)	Masse vol. (kg/m3)	Absor. (-)	Trans.
0	MOZ_CHAMBRE2							
1	Revêtement	RVT_VRT_INT	-	-	-	-	-	-
2	Matériau	BOIS	0.029	0.12	1000	700	-	-
3	Revêtement	RVT_VRT_INT	-	-	-	-	-	-
4	MOZ_CHAMBRE2							

Utiliser le bouton droit de la souris pour faire afficher le menu présentant la liste des éléments

Interface de [création d'un mur](#)

Nous utilisons ici un seul type de matériau : le bois d'épaisseur 0,029m puis deux revêtements différents.

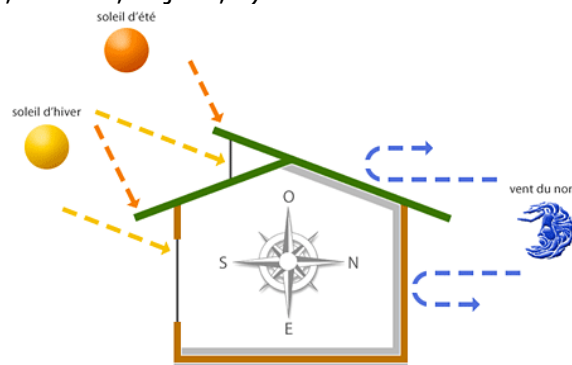
Pour les plafonds, les planchers, le toit, les murs refends, les cloisons, les fenêtres et les portes on crée chaque mur de chaque pièce avec ses dimensions respectives.

MOZ_PLAFONDS_HAUTS				
	Nom	Dimension	Volume 1	Volume 2
	MOZ_TCEI_RGT2	2.24 m2	MOZ_RGT2	MOZ_COMBLE
	MOZ_TCEI_RGT1	1.35 m2	MOZ_RGT1	MOZ_COMBLE
	MOZ_TCEI_SDB	3.99 m2	MOZ_SDB	MOZ_COMBLE
	MOZ_TCEI_WC	1.237 m2	MOZ_WC	MOZ_COMBLE
	MOZ_TCEI_ENTREE	9.4 m2	MOZ_ENTREE	MOZ_COMBLE
	MOZ_TCEI_CHAMBRE3	9.9 m2	MOZ_CHAMB...	MOZ_COMBLE
	MOZ_TCEI_CHAMBRE2	11.07 m2	MOZ_CHAMB...	MOZ_COMBLE
	MOZ_TCEI_CHAMBRE1	11.48 m2	MOZ_CHAMB...	MOZ_COMBLE
	MOZ_TCEI_CUISINE	8.61 m2	MOZ_CUISINE	MOZ_COMBLE
	MOZ_TCEI_SEJOUR	37.35 m2	MOZ_SEJOUR	MOZ_COMBLE

Interface de [création des plafonds hauts](#)

Le plafond de chaque pièce est créé (on les renomme pour les distinguer) avec leurs dimensions respectives. On spécifie les deux volumes que ce plafond relie, en général un volume correspondant à une pièce (chambre, cuisine, séjour,...) et les combles.

Les fenêtres sont très importantes, en fonction de la situation géographique, de l'orientation du bâtiment et du type de climat elles devront être utilisées et construites de manière à se fondre au mieux dans le cadre de vie. En effet, si la façade est orientée nord le nombre de fenêtres sera moindre et elles seront mieux isolées (par exemple avec un double vitrage, le gaz étant un très bon isolant). Si c'est l'été, les fenêtres devront éviter les rayons forts du soleil c'est-à-dire ceux du soleil d'été.



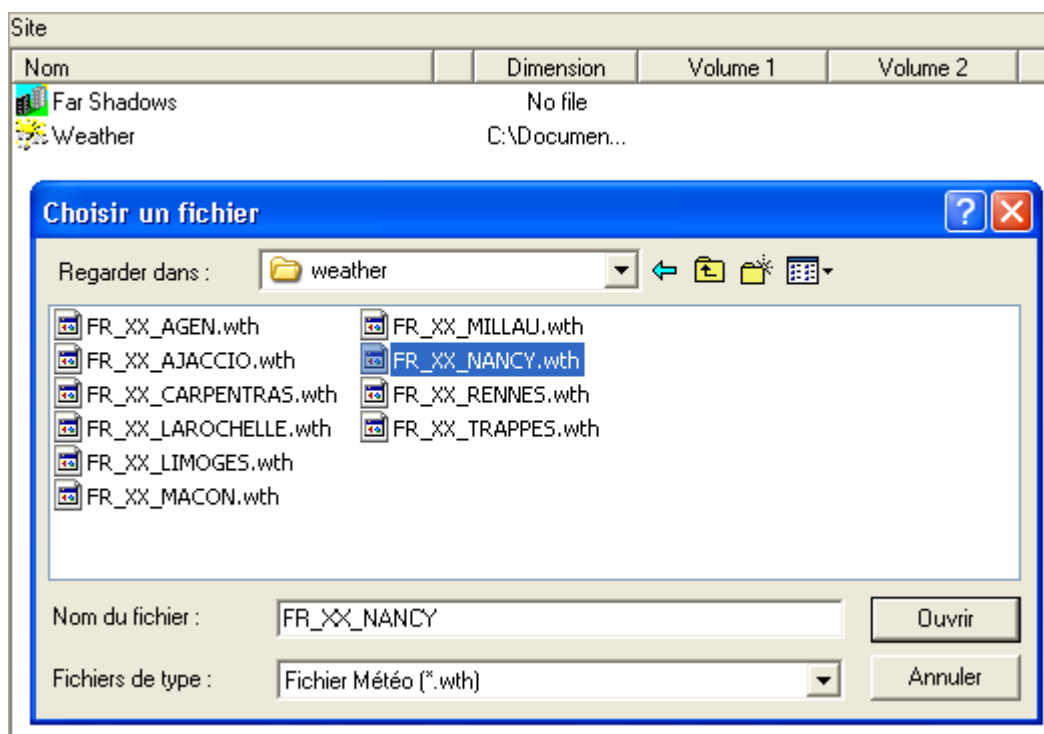
Comment la maison bioclimatique régularise sa température

Source : www.confortbois.com

Fenêtre - MOZ_WIND_SDB																																																																																	
Fenêtre Edition (Couches) Lier (Volumes) Entités Aide																																																																																	
Identification		Etat																																																																															
Nom: MOZ_WIND_SDB		En Service		Hors Service																																																																													
Nb items ident: 1		Sortie résultats		Pas de sortie																																																																													
Dimensions		Orientation		Divers																																																																													
Surface: 1.08 m²		Azimut: 0 deg.		Clair: 70 %																																																																													
Largeur: 1 m		Inclinaison: 90 deg.		K moyen: 3 W/m².°C																																																																													
Hauteur: 1.08 m		Plafond: Plancher		Résistance: 0.070114 °C.m²/W																																																																													
Profondeur: 0 m		Mur: Autre		Nb de masques: 0																																																																													
Position en X: 0 m				Protection solaire: Aucune																																																																													
Position en Y: 0 m																																																																																	
Position en Z: 0 m																																																																																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th><th>Nom</th><th>Matériau</th><th>Epai. (m)</th><th>Conductivité (W/m.°C)</th><th>Capacité (J/kg.°C)</th><th>Masse vol. (kg/m3)</th><th>Absor. (-)</th><th>Trans. (-)</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td><td>MOZ_SDB</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>1</td><td>Revêtement</td><td>RVT_FENETRE_IN</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr> <td>2</td><td>Verre</td><td>VERRE</td><td>0.004</td><td>1.15</td><td>840</td><td>2700</td><td>0.08</td><td>0.83</td></tr> <tr> <td>3</td><td>Matériau</td><td>AIR_FENETRE</td><td>0.012</td><td>0.19</td><td>1000</td><td>1.218</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr> <td>4</td><td>Verre</td><td>VERRE</td><td>0.004</td><td>1.15</td><td>840</td><td>2700</td><td>0.08</td><td>0.83</td></tr> <tr> <td>5</td><td>Revêtement</td><td>RVT_FENETRE_E</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr> <tr> <td>6</td><td>Exterior</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>											Nom	Matériau	Epai. (m)	Conductivité (W/m.°C)	Capacité (J/kg.°C)	Masse vol. (kg/m3)	Absor. (-)	Trans. (-)	0	MOZ_SDB								1	Revêtement	RVT_FENETRE_IN	-	-	-	-	-	-	2	Verre	VERRE	0.004	1.15	840	2700	0.08	0.83	3	Matériau	AIR_FENETRE	0.012	0.19	1000	1.218	-	-	4	Verre	VERRE	0.004	1.15	840	2700	0.08	0.83	5	Revêtement	RVT_FENETRE_E	-	-	-	-	-	-	6	Exterior							
	Nom	Matériau	Epai. (m)	Conductivité (W/m.°C)	Capacité (J/kg.°C)	Masse vol. (kg/m3)	Absor. (-)	Trans. (-)																																																																									
0	MOZ_SDB																																																																																
1	Revêtement	RVT_FENETRE_IN	-	-	-	-	-	-																																																																									
2	Verre	VERRE	0.004	1.15	840	2700	0.08	0.83																																																																									
3	Matériau	AIR_FENETRE	0.012	0.19	1000	1.218	-	-																																																																									
4	Verre	VERRE	0.004	1.15	840	2700	0.08	0.83																																																																									
5	Revêtement	RVT_FENETRE_E	-	-	-	-	-	-																																																																									
6	Exterior																																																																																

Interface de [création d'une fenêtre](#)

Finalement, la météo sert à situer le bâtiment dans une région avec ses caractéristiques. Un bâtiment dans le sud de la France aura besoin d'apports différents qu'un bâtiment situé au Nord (plus de climatisation, moins de chauffage). Ces fichiers météo constituent des moyennes du temps extérieur de grandes villes sur une année.

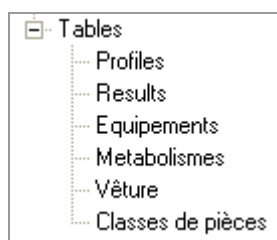


Interface du [choix d'un fichier météo](#)

b. Tables

Chaque volume d'air peut contenir un nombre quelconque de régulateurs, avec leur propre puissance et consigne, et leur profil de mise en service (activité). Puissance, consigne et activité sont données heure par heure, pour un jour ou une semaine. Les régulateurs sont supposés avoir une efficacité parfaite. Les charges internes ont les mêmes caractéristiques. C'est pourquoi, nous devons créer tous ces profils dans les tables.


Voici comment se présentent les tables dans le logiciel :



- ↳ « **Profiles** » comprend : les puissances, les activités, les températures de consigne, les humidités, les taux de renouvellement d'air ou encore les angles (C'est l'angle formé par la projection sur le plan horizontal d'une direction particulière, et le sud: dans le cas d'une surface (paroi, fenêtre), la « direction particulière » est la normale à la surface (normale extérieure) soit 45°).
- ↳ « **Results** » comprend tous les fichiers de résultats (puissances sensibles injectées, puissances latentes, PPD, PMV,...). Ils pourront être glissés dans l'interface « courbes » pour afficher leur évolution en temps.
- ↳ « **Equipements** » comprend les protections solaires
- ↳ « **Métabolismes** » les différents types d'activité possible suivant les notions de confort thermique avec leur valeur en met.
- ↳ « **Vêtire** » les différents types de vêtire avec leur valeur en clo.
- ↳ Puis « **classes de pièces** » résume les différents types de pièces que l'on peut rencontrer dans une maison avec les activités et les vêtires « mini et maxi » qu'adopteront les gens dans cette pièce.

Voici l'interface des **classes de pièces** avec les caractéristiques d'une chambre :

Classes de pièces				
Nom	Propriétaire	Variable	Unité	
<input type="checkbox"/> Atelier	-	Classe de pièce	---	
<input type="checkbox"/> Bureau	-	Classe de pièce	---	
<input type="checkbox"/> Cave/Garage/Comble				
<input type="checkbox"/> Chambre				
<input type="checkbox"/> Commerce				
<input type="checkbox"/> Couloir/Entrée				
<input type="checkbox"/> Cuisine				
<input type="checkbox"/> Entrepôt				
<input type="checkbox"/> Grands volumes bien chauffés				
<input type="checkbox"/> Grands volumes peu chauffés				
<input type="checkbox"/> Hall de passage				
<input type="checkbox"/> Salle de bains				
<input type="checkbox"/> Séjour	-	Classe de pièce	---	
<input type="checkbox"/> Pièce type spécifique 1	-	Classe de pièce	---	
<input type="checkbox"/> Pièce type spécifique 2	-	Classe de pièce	---	

 **Chambre**

Activité Mini

Activité Maxi

Vêtire Mini

Vêtire Maxi

Activité légère: assis

Activité légère: debout

Tenue d'intérieur légère

Tenue d'intérieur chaude

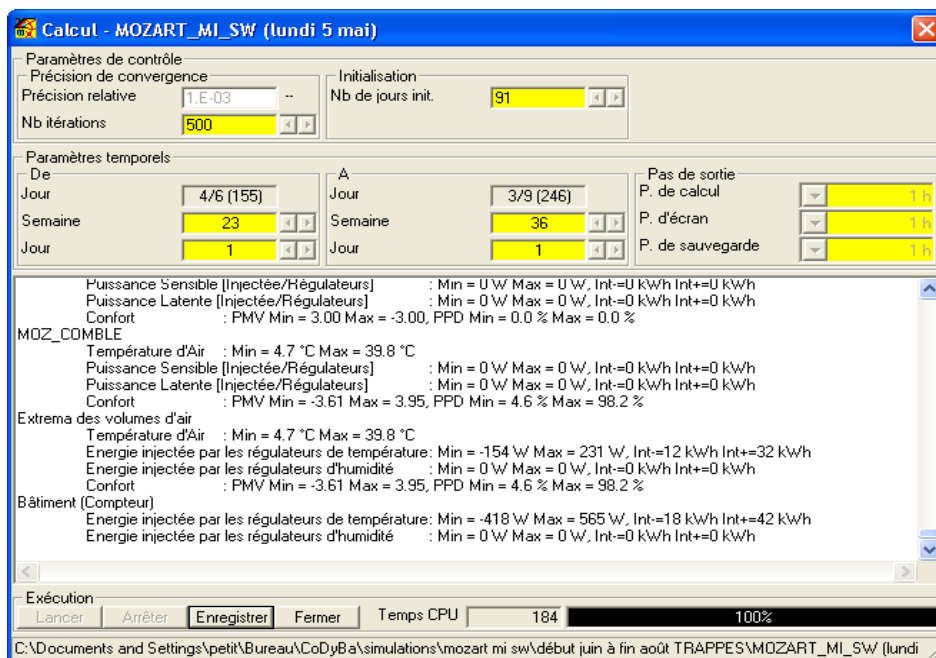
Aide

Annuler

c. Résultats après simulation

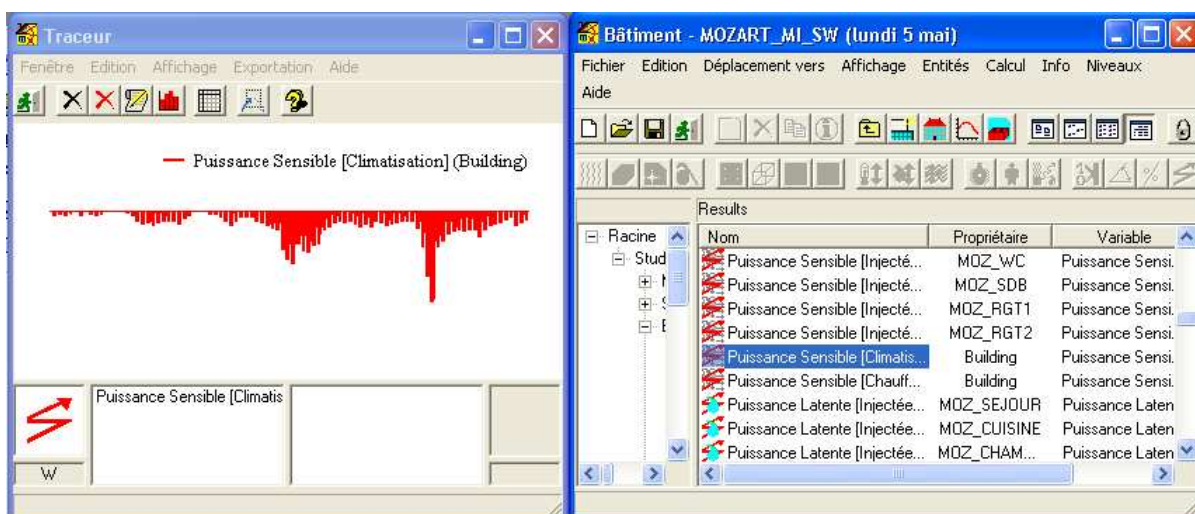
En sortie, figurent pour chaque volume d'air les puissances sensibles et latentes nécessaires, la température d'air, la température radiante, l'humidité relative. Pour les surfaces, on obtient les flux solaires reçus. Par fenêtre sont fournis les flux solaires transmis et le coefficient g. Une sélection de ces sorties est possible pour éviter l'engorgement des fichiers de résultats.

La **feuille de calcul** se présente sous cette forme :



On choisit la période de l'année et le nombre de jours dans « paramètres temporels » et on lance l'exécution. Cette fenêtre correspond à ce que l'on obtient à la fin des calculs (le compteur est à 100%). On y retrouve pièce par pièce certaines données dont les températures d'air minimales et maximales, l'énergie injectée par les régulateurs de température (« - » pour la climatisation et « + » pour le chauffage). Comme cette version concerne le confort thermique, on y retrouve aussi les valeurs min et max des PPD et PMV.

On peut ensuite tracer les courbes que l'on veut, en glissant les données (dans « Results » des tables) dans le traceur :



Ici, nous avons tracé la puissance sensible de climatisation injectée sur les trois mois d'été pour le bâtiment entier.

Finalement, nous obtenons après l'enregistrement des résultats un rapport qui nous permet de conserver les mêmes données que dans la feuille de calcul (températures d'air,...). Cela sert simplement à garder une trace écrite de ces résultats car une fois la fenêtre « calcul » fermée, on ne peut plus la rouvrir sans faire un nouveau lancement.

II. ETUDE DE CAS

2.1 Typologie CSTB

CSTB

Il s'agit du Centre Scientifique et Technique du Bâtiment. Créé en 1947, le CSTB est un établissement public à caractère industriel et commercial, placé sous la tutelle conjointe du ministre du Logement et de la ville, du ministre de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, et de la Direction Générale de l'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction.



Sa mission est d'améliorer le bien-être, la sécurité des bâtiments et leur environnement.

Les missions du CSTB s'exercent dans les trois domaines suivants :

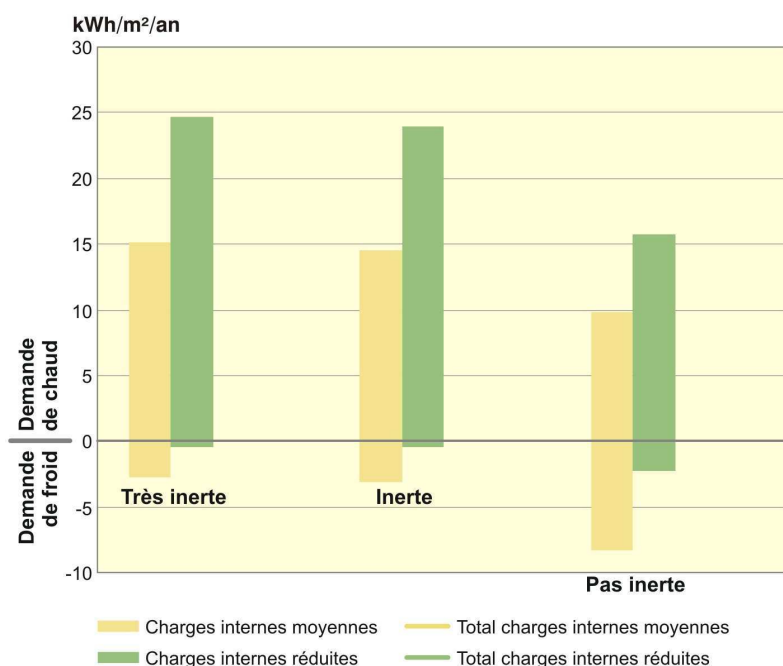
- Recherches scientifiques et techniques et expertises pour le secteur de la construction et le logement
- Amélioration de la qualité des constructions et de son environnement
- Amélioration de l'information des professionnels

a. Présentation des maisons

Le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) a défini une série de bâtiments type présents dans l'étude CIMBETON. Les différents logements qui ont été étudiés sur ce projet sont les maisons « Mozart », « Puccini » et les logements collectifs « Matisse » et « Mondrian ». Le type Mozart correspond à une maison individuelle de plain-pied, le Puccini à une maison mitoyenne à étage. Le Mondrian est associé à un logement collectif double exposition. Quant au logement Matisse-Mondrian 1, il représente un ensemble de 4 logements disposés sur un étage dit courant. Le Matisse-Mondrian 7 constitue un ensemble de 7 étages identiques à l'étage courant du Matisse-Mondrian 1.

Inertie

Chaque bâtiment est défini en différentes variantes suivant le niveau d'inertie et la taille des fenêtres. L'inertie thermique est la capacité d'un bâtiment à emmagasiner de la chaleur et de la fraîcheur. Ce phénomène de refroidissement est plus efficace la nuit, lorsque l'air est plus frais. Elle est essentiellement déterminée par le mode constructif, les matériaux utilisés, de même que d'autres éléments de construction : les niveaux de charges internes et de protection solaire. La diminution de l'inertie d'un local a un impact réel sur la demande de chauffage et de refroidissement. De plus la sensation de confort sera meilleure dans un local lourd, grâce au rayonnement des parois et à l'absence de brusques modifications de température.



Impact du niveau d'inertie thermique sur les demandes de chauffage et de refroidissement d'un local climatisé avec 70% de surface vitrée

Source :

[http://www.ibgebim.be/soussites/alter_clim/\(S\(muafsq55z31heu45gusks45\)\)/fichesPDF/IMPACT_inertie.pdf](http://www.ibgebim.be/soussites/alter_clim/(S(muafsq55z31heu45gusks45))/fichesPDF/IMPACT_inertie.pdf)

Trois niveaux d'inertie sont définis dans les logements CSTB : faible/très faible (selon l'étude CIMBETON) « SI », moyen/faible « MI » et fort « LI ».

De même trois tailles de fenêtres sont aussi définies, selon leur largeur et avec une hauteur constante de 0,9m. Les fichiers des bâtiments sont indexés « SW » pour une petite fenêtre de 1,2m de largeur, « MW » pour une moyenne de 1,8m et « LW » pour une largeur de fenêtre de 2,4m.

Ainsi le fichier d'étude CoDyBa porte le nom du logement, son niveau d'inertie et la taille des fenêtres.

Dans l'ensemble des logements on distingue trois types de parois verticales : les murs extérieurs, les cloisons et les refends. La hauteur d'un étage est de 2,3m et les pièces du bâtiment sont considérées à l'origine vides d'occupants et de toute charge interne.

Les matériaux

L'ensemble des matériaux utilisés est déterminé par CIMBETON ou la RT 2000. Les matériaux utilisés varient selon le type de paroi. Les capacités calorifiques sont fixées à 1000 J/(K.kg) et les masses volumiques des parois ont été calculées par des moyennes pondérées.

Matériau	Conductivité (W/m². °C)	Capacité ⁽²⁾ (J/kg. °C)	Masse volumique (kg/m³)
Isolant	0.04	1000	35
Béton	1.75	1000	2400
Bloc Creux	0.8	1000	1000
Plâtre	0.35	1000	900
Parement, mortier ou enduit	1.15	1000	2000
Carrelage	2	1000	1900
Bois	0.12	1000	700
Ossature mur extérieur (12 cm)	0.043 ⁽⁴⁾	1000	35 ⁽³⁾
Ossature mur mitoyen (10 cm)	0.0493 ⁽⁵⁾	1000	35 ⁽³⁾
Ossature refend	0.217 ⁽⁵⁾	1000	35 ⁽³⁾
Tuile ⁽¹⁾	0.65	1000	1650
Lame d'air	0.19	1000	1.218
Air fenêtre (air immobile)	0.026	1000	1.218

Table 1 : matériaux utilisés dans les différents logements

La composition des parois est fonction des niveaux d'inertie (voir Annexe *Composition des parois pour les différentes inerties et types de logements*). Et à tous ces éléments des couches de revêtement leur sont appliqués. Le matériau utilisé pour les portes (entrée ou garage) est le bois et les surfaces vitrées sont à double vitrage.

Les coefficients d'échanges convectifs sont déterminés à partir des résistances thermiques des parois réglementaires. Ils sont déterminés avec la RT 2000, de même que les coefficients d'absorption et d'émission.

Surface	Coefficients d'échange convectifs (W/m².K)		Résistance surf. RT2000 (m².K/W)		Emissivité (---)	Absorptivité (---)
	Extérieur	Intérieur	Extérieur	Intérieur	Int. / Ext.	Int. / Ext.
Plafond	25	5.5	0.04	0.10	0,9	0,6
Vertical	22.75	3.2		0.13		
Plancher	20.5	1.38		0.17		

Table 5 : coefficients de surface

Caractéristiques des volumes

Les différentes pièces contiennent du matériel avec une inertie thermique représenté par une grande surface en bois d'une épaisseur de 5cm et d'une surface égale à la surface de la zone.

Un vide sanitaire d'une profondeur de 0,7 est présent sous chaque bâtiment et est situé sous toute la surface des bâtiments.

Selon l'usage auquel est destinée la pièce, il y aura présence de chauffage, climatisation et infiltration ou ventilation. Les consignes de régulation de la température sont fixées à 19° pour le chauffage et 26° pour la climatisation suivant le local et la consigne d'infiltration varie selon le local et les heures de régulation.

	Chauffage	Climatisation	Infiltration
Séjour	19 °C	26 °C	0.5 vol/h de 8h à 22h Et 2 vol/h de 22h à 8h
Cuisine			
Chambre			
Entrée			
WC			
SDB			
Rangement (rgt)			
Garage	--	--	1 vol/h
Comble			
Vide sanitaire			

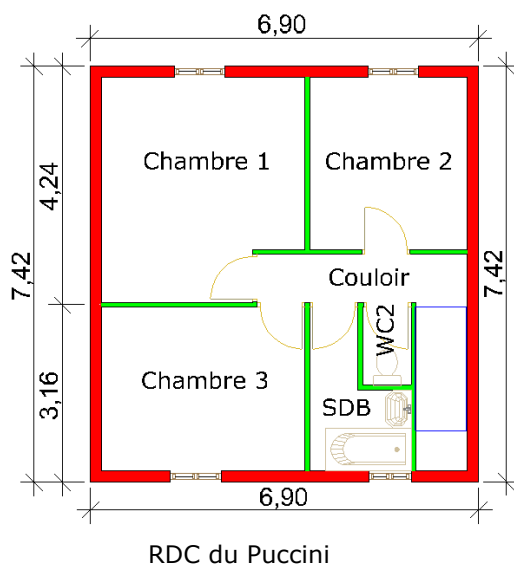
Table 6 : indicateurs de présence des éléments de régulation pour les différentes pièces

b. Plans

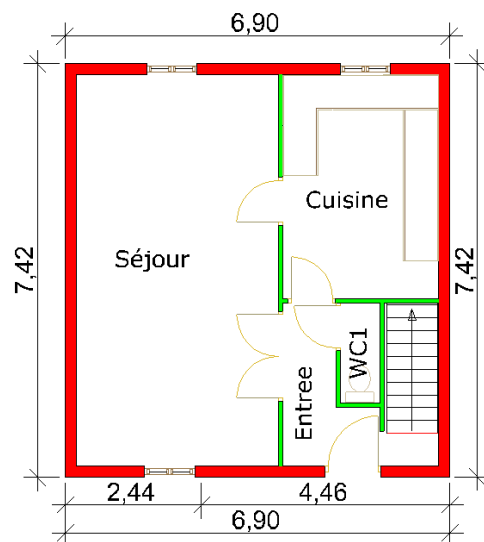
PUCCINI



La maison Puccini est disposée sur deux niveaux : un rez-de-chaussée et un étage supérieur. Les murs Est et Ouest sont des murs mitoyens et il est fixé comme condition limite que le flux est nul sur la face extérieure de ce mur.



RDC du Puccini



1^{er} étage du Puccini

MATISSE - MONDRIAN

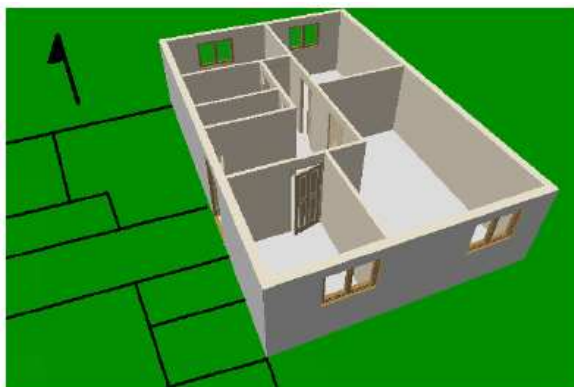
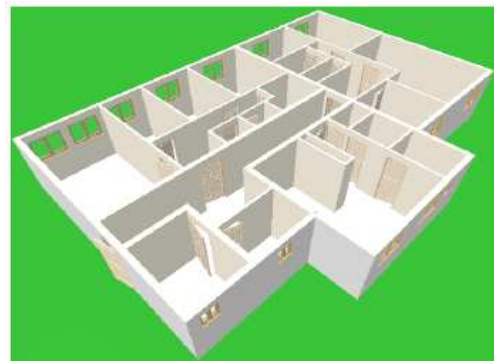


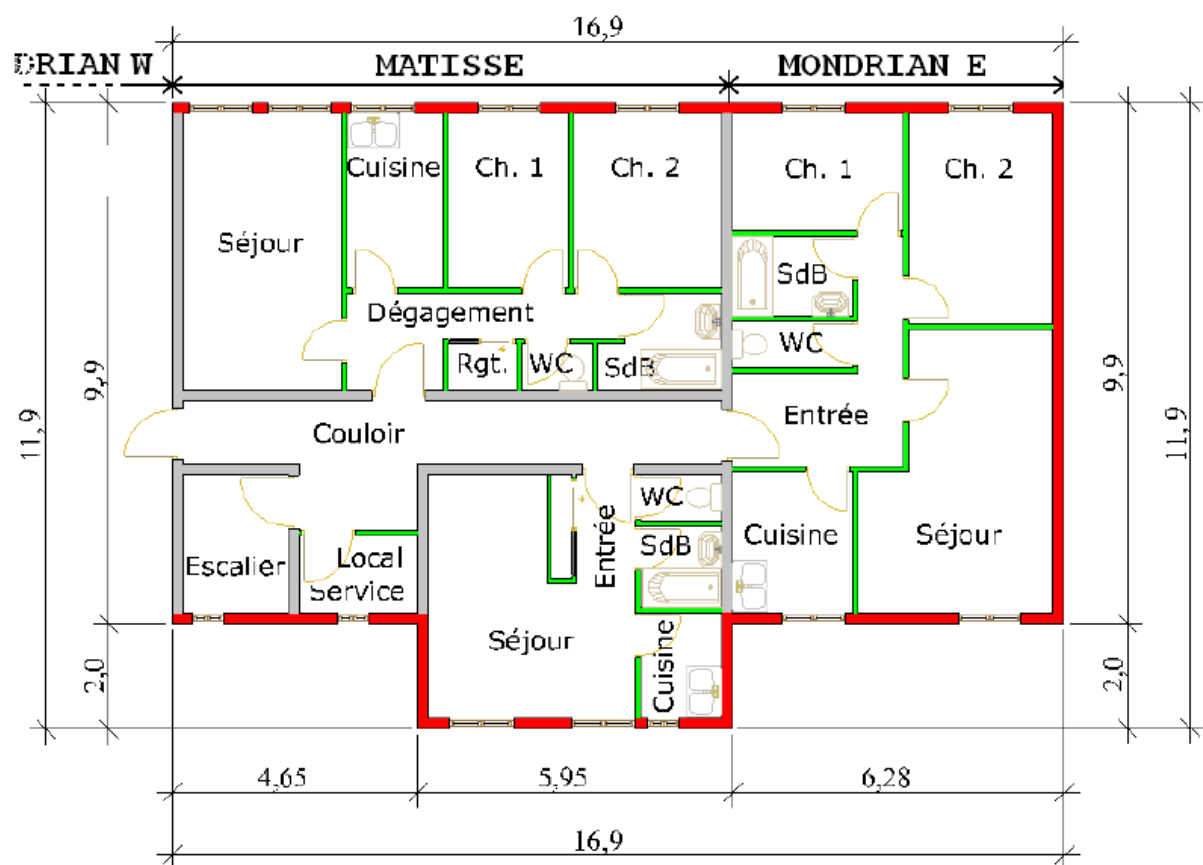
Figure 5 : vue logement « Mondrian Est » (Mondrian1)

Le Mondrian 1 ne contient que le logement Mondrian Est



Lorsque le logement Mondrian est traité seul, on applique l'effet miroir sur les parois de ce logement avec en contact avec un autre logement.

Le Mondrian Ouest n'est pas représenté sur le plan car il est symétrique de Mondrian Est.



Etage courant d'un logement Matisse Mondrian

MOZART



Figure 7 : vue du logement Mozart

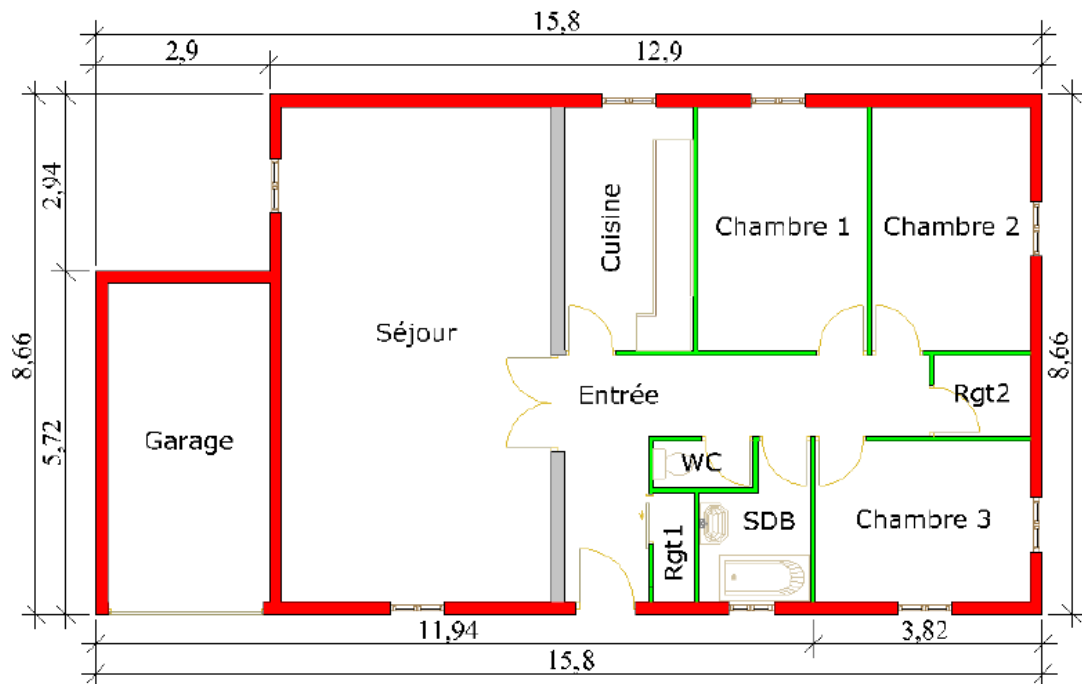


Figure 6 : plan du logement Mozart

2.2 Simulations

a. Démarche

A l'aide des fichiers bâtiments que nous a fourni M. NOEL, nous avons effectué différentes simulations.

La démarche de la simulation en elle-même est assez simple et consiste à :

- Déterminer les différents profils
- Associer à chaque pièce du bâtiment une classe de pièce
- Ajouter les éléments (éclairage, matériel, personne) dans chaque pièce
- Choisir la ville où on souhaite faire l'étude (fichier météo)
- Cocher les sorties à visualiser lors du calcul
- Lancer le calcul en choisissant la période de l'année souhaitée

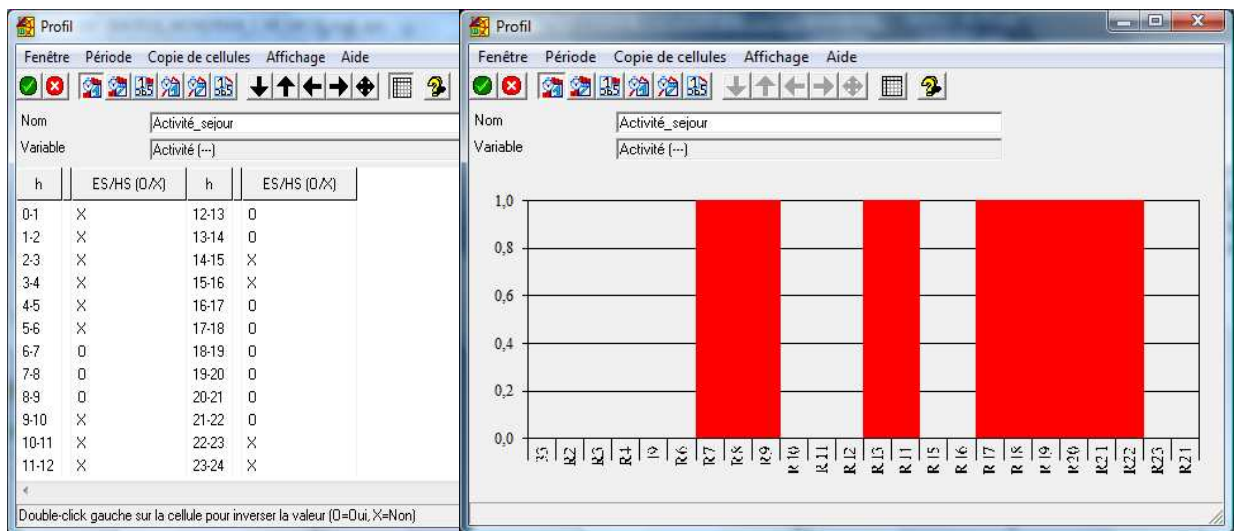
➤ Détermination des profils

Il s'agit de définir les différents profils du bâtiment en question. Dans nos cas d'études, les nouveaux profils établis concernaient :

- les activités,
- les puissances,
- les températures,
- l'humidité,
- le taux de renouvellement d'air.

✓ Les activités

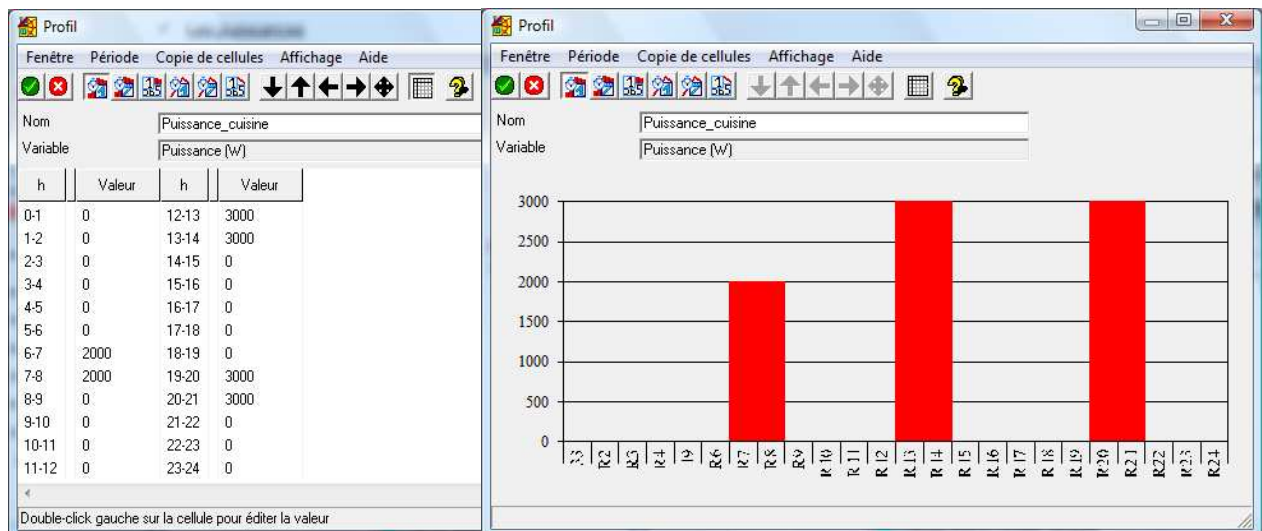
Nous avons donc déterminé des profils d'activités pour les différentes pièces du bâtiment (activité_cuisine, activité_chambre, activité_séjour...), en précisant les heures de présence éventuelle de personne dans cette partie du bâtiment.



Interface de [création de profil d'activité](#)

✓ Les puissances

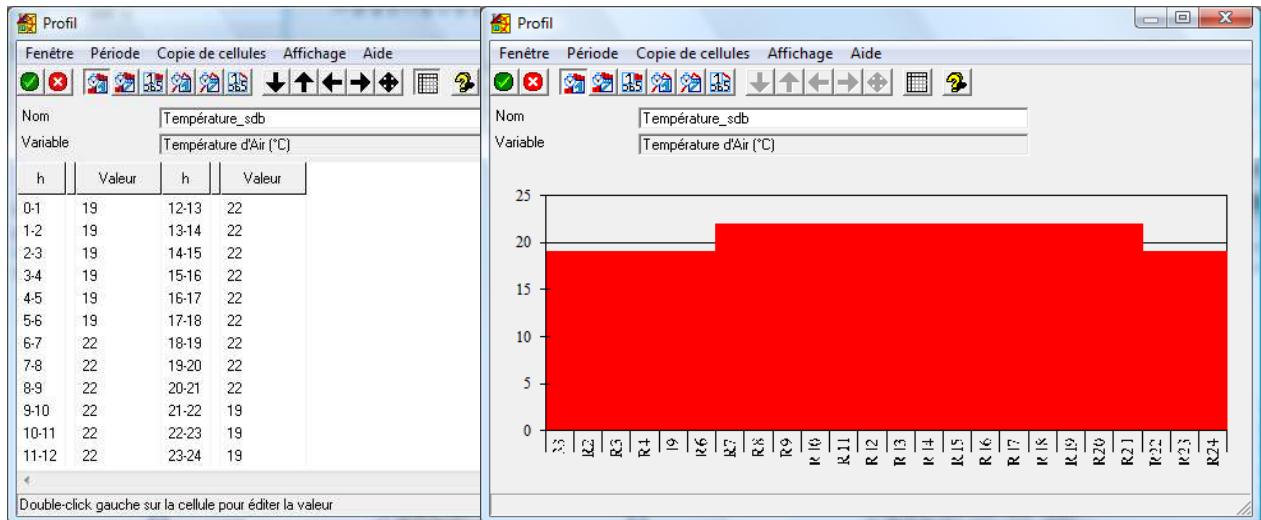
En ce qui concerne les puissance nous avons déterminer des profils concernant la puissance du matériel (puissance_cuisine, puissance_régulation, puissance_séjour...) ainsi que la puissance dégagée par une personne (puissance_personne) estimée à une valeur d'environ 140 W.



Interface de [création de profil de puissance](#)

✓ Les températures

Nous avons, en ce qui concerne les températures, définie deux types de températures. Le premier profil nommé température_confort concerne l'ensemble des pièces du logement, et le second profil de température appelé température_sdb, concerne la salle de bain, car cette pièce nécessite une température plus élevée lorsqu'on s'y trouve.



Interface de création de profil de température

✓ L'humidité

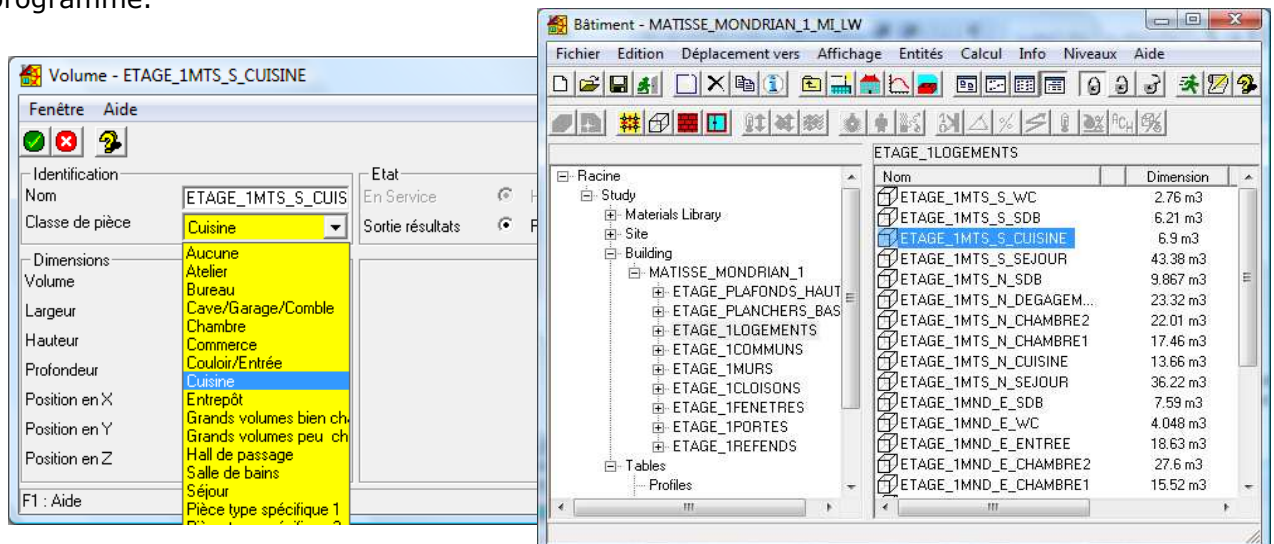
Comme pour les autres profils, il est possible de régler le taux d'humidité du bâtiment. Nous avons conditionné le profil d'humidité à 50%, taux d'humidité optimal en ce qui concerne le confort thermique.

✓ Le taux de renouvellement d'air

Le taux de renouvellement d'air a été défini à 0.5 vol/h de 8h à 22h et de 2 vol/h de 22h à 8h dans les salles de vie telles que le séjour, la cuisine, les chambres, la salle de bain..., et de 1 vol/h dans les pièces telles que le garage, les combles, et le vide sanitaire.

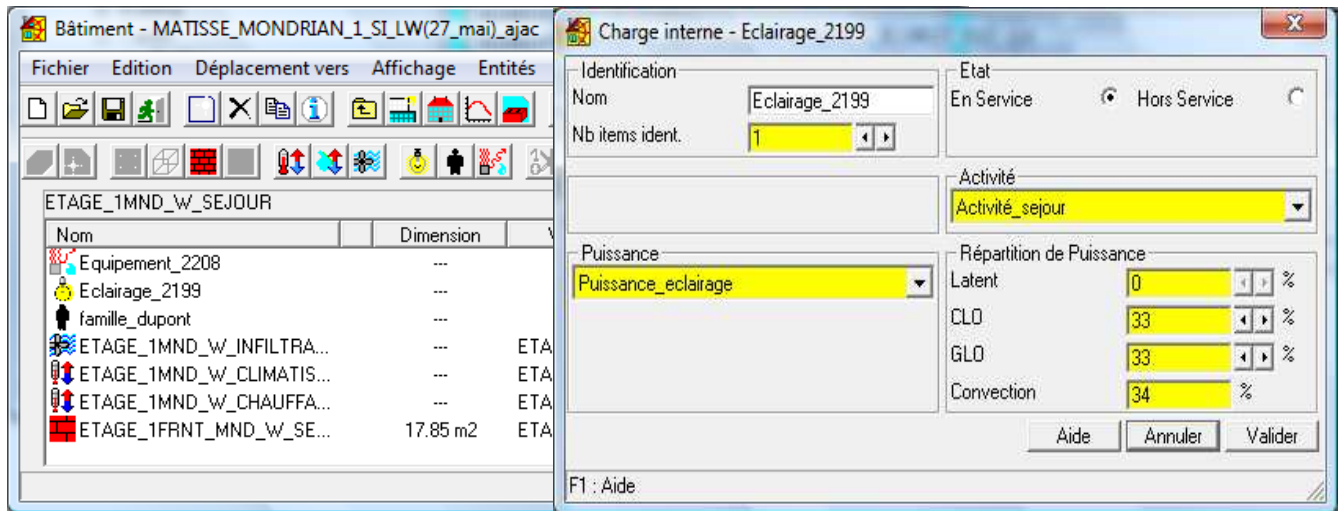
➤ Associer à chaque pièce du bâtiment une classe de pièce

Comme on peut le voir sur la figure suivante, chaque pièce doit être associée à une classe de pièce de façon à charger les coefficients de vêtue et d'activité dans le programme.



➤ Ajouter les éléments dans chaque pièce

Il s'agit dans cette étape d'ajouter les différents apports d'énergie au sein du bâtiment comme l'éclairage, les équipements, les personnes. C'est aussi à cette étape que l'on associe la puissance ainsi que l'activité propre à chaque matériel à l'aide des profils définis précédemment.



Interface d'ajout d'éléments dans une pièce

➤ Choisir la ville où on souhaite faire l'étude

Il ne reste plus qu'à choisir le fichier météo afin de choisir le lieu où se fera l'étude du bâtiment.

➤ Cocher les sorties à visualiser lors du calcul

Notre sujet de projet porte sur le confort thermique donc nous avons donc sélectionné les sorties « humidité », « confort », et « température résultante ».

➤ Lancer le calcul en choisissant la période de l'année souhaitée

Pour finir, sélectionner les semaines et les jours afin de déterminer la période sur laquelle on veut effectuer l'étude.

Dès que le calcul est fini, nous pouvons obtenir un fichier Word afin de garder une trace de l'étude.

b. Méthode d'avancement du calcul

Comme avec tout logiciel de calcul, il faut procéder de façon incrémentale : on commence par faire une ou deux modifications dans une seule pièce du bâtiment, et ensuite on lance le calcul sur une courte durée (par exemple sur une journée, ou une semaine).

Après calcul, on vérifie les résultats obtenus liés aux données modifiées. Et on sauvegarde, avec un numéro de fichier incrémentale afin de pouvoir disposer à tout moment d'une "version sûre" des fichiers. Puis on continue sur une période plus longue, et ainsi de suite.

2.3 Analyse et amélioration des bâtiments



La maison « Puccini » est très petite, elle nous a donc servie pour toute la partie du projet qui consistait à se familiariser avec le logiciel. Nos premières simulations, plus ou moins réalistes, souvent avec des erreurs (que nous décrivons en troisième partie) se sont donc faites sur la Puccini.

Une fois le logiciel pris en main, nous avons effectué des simulations sur les trois types de maison. Nous détaillerons dans le rapport et à l'oral seulement la maison « Mozart » : cette maison est un bâtiment de taille courante avec une grande facilité d'utilisation. Son nombre de pièces, de murs et de fenêtres nous a permis de faire des simulations intéressantes et parlantes. En comparaison, la maison « Matisse-Mondrian » est plus difficile à exploiter par sa grande taille et la Puccini car elle est très petite.

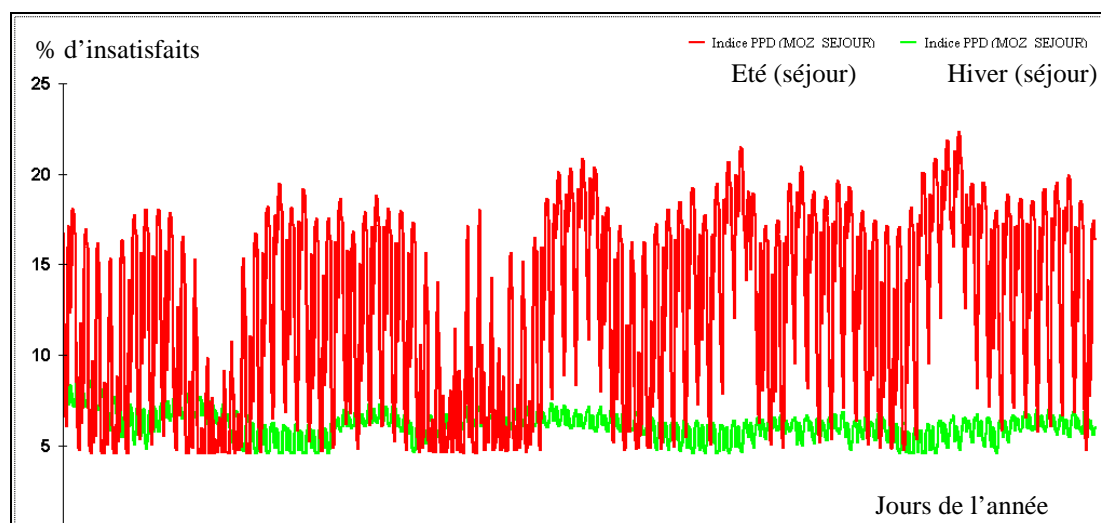
a. Le confort dans la maison « Mozart »

Nous avons décidé, suite aux simulations, de tracer des courbes pour comparer tous les facteurs pouvant jouer sur les consommations et le confort. Pour le confort des occupants, nous avons comparé la maison « Mozart » dans ces situations :

- ✚ A Limoges, à différentes périodes de l'année
- ✚ En été à Ajaccio et Nancy, puis la même chose en hiver
- ✚ En moyenne inertie et basse inertie pour des orientations de 0° et de 180°
- ✚ En été à Ajaccio, en basse inertie et en haute inertie

Nous présenterons ici quelques courbes, d'autres seront mises en annexes.

A Limoges, à différentes périodes de l'année :

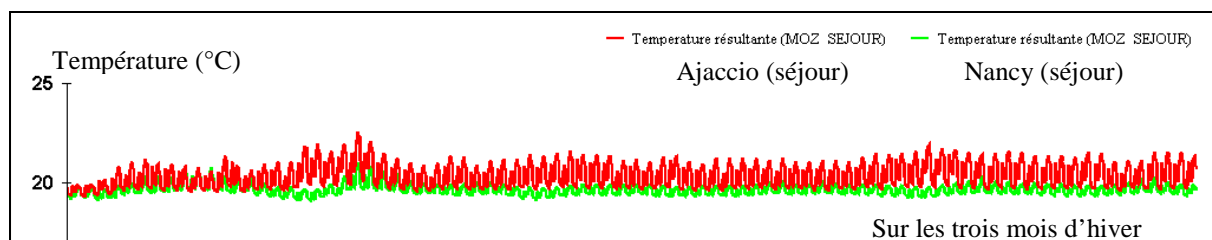


Cela a été fait sur les trois mois d'été et les trois mois d'hiver. Nous remarquons bien que les occupants ressentent un meilleur confort l'hiver à Limoges. En effet, les températures dans le séjour varient aux alentours de 20°C l'hiver alors qu'il fait plus chaud l'été (jusqu'à 26°C). Le pourcentage d'insatisfaits l'été est un peu élevé mais reste acceptable (jusqu'à 20%).

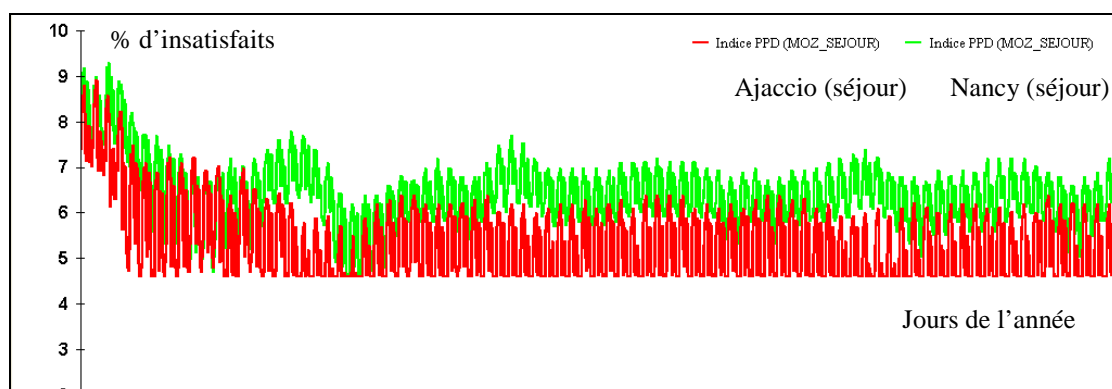
Les solutions seraient de diminuer la température de climatisation car les 26°C d'été sont quasi-constants, ce qui provoque une sensation d'inconfort trop régulière. N'oublions pas que d'autres solutions telles que fermer les volets l'été, placer des arbres côté sud de la maison ou encore ouvrir les fenêtres la nuit restent de très bonnes solutions pour rafraîchir la maison l'été en économisant un maximum d'énergie.

En été à Ajaccio et Nancy, puis la même chose en hiver :

Que ce soit en été ou en hiver, il fera toujours plus chaud à Ajaccio qu'à Nancy. En été, il fera toujours légèrement plus chaud dans le bâtiment à Ajaccio malgré les régulations posées qui sont exactement les mêmes. En hiver, de même il fera toujours légèrement plus chaud dans le bâtiment à Ajaccio.



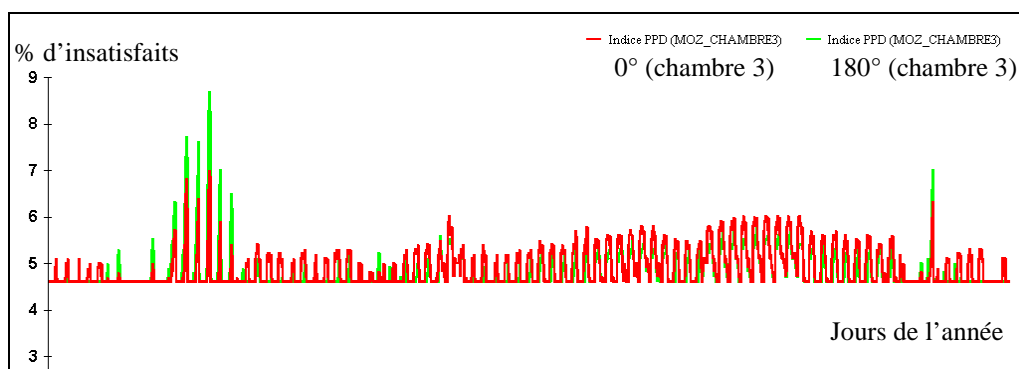
Ce qui donne, pour le confort thermique dans cette même pièce:



Les occupants sont en général plus satisfaits, en hiver, de vivre à Ajaccio mais les valeurs de PPD sont, pour les deux villes, inférieures à 9%, ce qui montre que même à Nancy les gens restent très satisfaits l'hiver. L'hiver, il est forcément plus agréable et plus économique de vivre dans le sud de la France.

En moyenne inertie et basse inertie pour des orientations de 0° et de 180° :

Pour ces simulations, nous nous sommes penchés sur la chambre 3 qui est, d'après nous, la pièce la mieux placée dans le bâtiment pour voir des différences de comportement après rotation. En effet, à 0° elle se trouve au sud/est et à 180° elle se trouve au nord/ouest. Nous nous sommes fixées sur les trois mois d'été à Ajaccio. La puissance de climatisation injectée est plus faible à 180°, ce qui est normal puisqu'au nord, la pièce reste plus protégée du rayonnement solaire. Pour le PPD nous avons obtenu cette courbe :

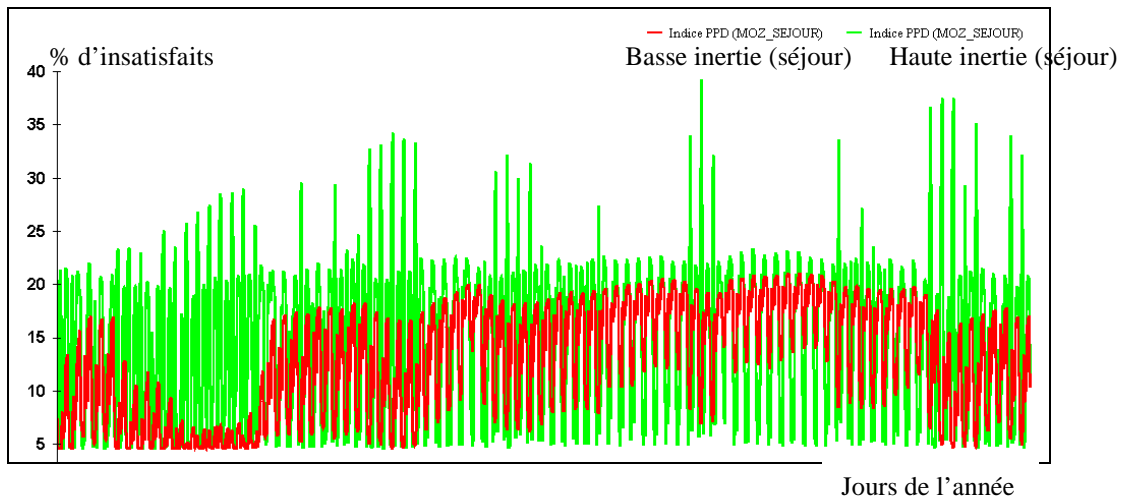


En été, à Ajaccio, le confort thermique est donc en moyenne meilleur pour cette pièce si elle était située au Nord/ouest. Les « pics » de gauche où le confort est meilleur en été correspondent à une période où les températures extérieures ne dépassent pas 20°C. (Voir courbe des températures extérieures en annexe).

Nous pouvons en conclure que pour une ville chaude du sud il est préférable de placer les chambres au nord, et pour les villes fraîches du nord (comme par exemple à Rouen) il vaut mieux les placer au sud.

En été à Ajaccio, en basse inertie et en haute inertie :

Nous nous sommes fixées sur les trois mois d'été à Ajaccio :



Cette maison, en été, est plus confortable pour un bâtiment de basse inertie. Les « pics » correspondent à des périodes où la température de la pièce dépasse les 25°C, ce qui provoque une sensation d'inconfort pour beaucoup de personnes (jusqu'à 40% d'insatisfaits). En effet, l'été, le bâtiment de haute inertie aura plus de mal à se refroidir pendant la nuit ce qui nécessitera pendant le jour une plus grande puissance de climatisation.

Pour l'inertie, il faut trouver un juste milieu entre un bâtiment qui se refroidirait trop vite l'hiver pour une basse inertie et un bâtiment qui ne se rafraîchirait pas assez vite les nuits d'été en forte inertie.

En milieu chaud, il faudrait donc une inertie plus basse qu'en milieu froid. En France, le climat reste tempéré, des maisons de moyenne inertie sont donc préconisées.

b. Solutions d'économies d'énergie

Pour les économies d'énergie, nous avons comparé la maison « Mozart » dans ces situations :

- ✎ En hiver à Nancy avec les murs tels quels, puis en changeant à certains endroits l'isolation

A partir du modèle proposé par Jean Noel, nous avons choisi de poser deux autres isolants avec une conductivité inférieure et de modifier l'épaisseur. Nous avons testé les performances énergétiques de ce bâtiment avec du polystyrène extrudé : ce matériau a une conductivité de 0,027 W/(m.°C), une densité de 35 kg/m³ et une capacité de 1450 J/(kg.°C) puis avec de la fibre de bois : conductivité de 0,038 W/(m.°C), une densité de 55 kg/m³ et une capacité de 2100 J/(kg.°C).

- ❖ **Le polystyrène extrudé** est fabriqué comme le polystyrène expansé mais a une résistance mécanique supérieure. Il est composé à base de pétrole brut, son processus de fabrication permet d'obtenir une multitude de billes liées entre elles par compression lors du moulage qui emprisonnent l'air sec immobile. Ceci lui confère des qualités de légèreté, d'isolation et de résistance mécanique élevée. Constituée à 98% d'air, c'est un matériau très léger, facile à travailler et économique.

Ses avantages :

- ↪ Très léger
- ↪ Résistance mécanique élevée
- ↪ Résistant à la compression et à l'humidité

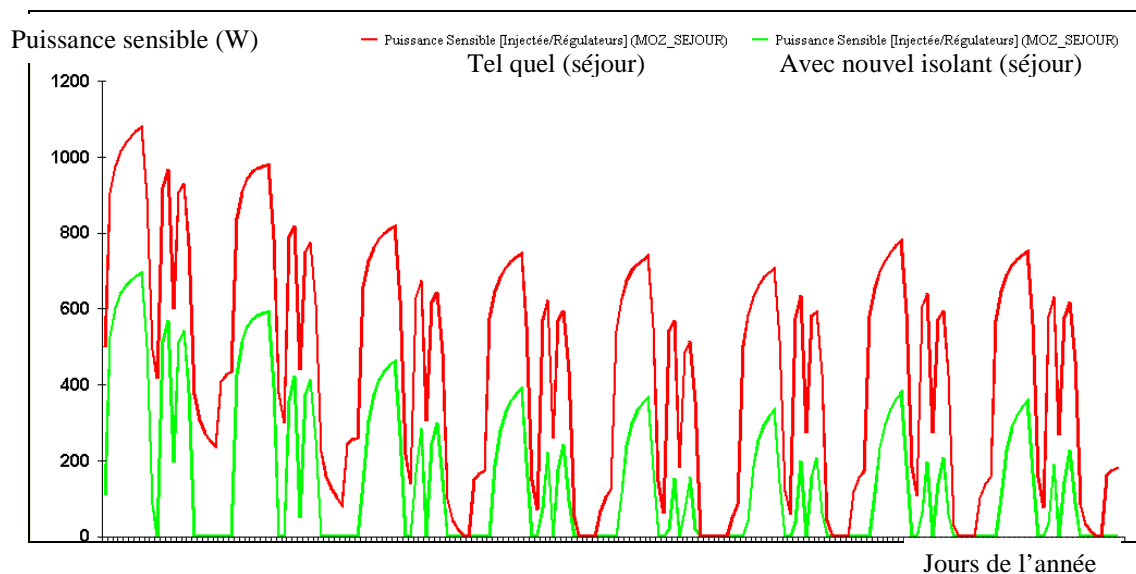
Ses inconvénients :

- ↪ Résistance acoustique médiocre
- ↪ Assez cher
- ↪ Processus de fabrication polluante
- ↪ En cas d'incendie, il y a dégagement de gaz toxiques

Son prix va de 6,5€/m² pour une plaque de 40mm d'épaisseur à 12€ pour 80mm. L'épaisseur à placer dans un mur est optimale à partir de 17cm.

Nous nous sommes concentrées uniquement sur le séjour. Nous avons placé 20cm de cet isolant dans les murs nord, sud et ouest avec 5cm complémentaires pour le mur donnant au garage (puisque le garage n'est pas régulé).

La simulation a été faite sur un mois d'hiver à Nancy.



Nous constatons bien que pour le séjour, la consommation de chauffage a été réduite de moitié. Il peut être intéressant de payer plus cher un bon isolant dès la construction du bâtiment car cela deviendra rentable au bout d'un certain temps grâce à la consommation énergétique moindre.

Les résultats sont également visibles sur le bâtiment entier (diminution d'environ 1/3) et sur les pièces communicantes comme par exemple l'entrée. En hiver, les températures seront donc plus élevées, ce qui augmentera la sensation de confort.

- ❖ **La fibre de bois** est obtenue à partir des déchets de résineux compressés. Après un défibrage thermomécanique des copeaux, la "laine de bois" ainsi obtenue est transformée en pâte par adjonction d'eau. Celle-ci est ensuite coulée, laminée et séchée pour produire des panneaux agglomérés de diverses densités, profilages et épaisseurs. Le bois est le plus souvent aggloméré grâce à son propre liant : la lignine. On ajoute parfois une faible dose de colle à base de caséine. Les différentes variétés de panneaux de fibres de bois permettent des utilisations diverses comme isolant thermique : au sol et au plafond, à l'intérieur et à l'extérieur des murs, en cloison, avec une ossature bois, et, souvent imprégné (paraffine, latex), en sous-toitures. On distingue les panneaux de fibres de bois "semi-rigides" des panneaux de fibres de bois "rigides". Les premiers sont de très bons isolants thermiques et phoniques, leur pose est à la portée de tous. Les seconds sont plus solides et résistants, ils sont plutôt adaptés à la construction (coffrage) qu'à l'isolation.

Ses avantages :

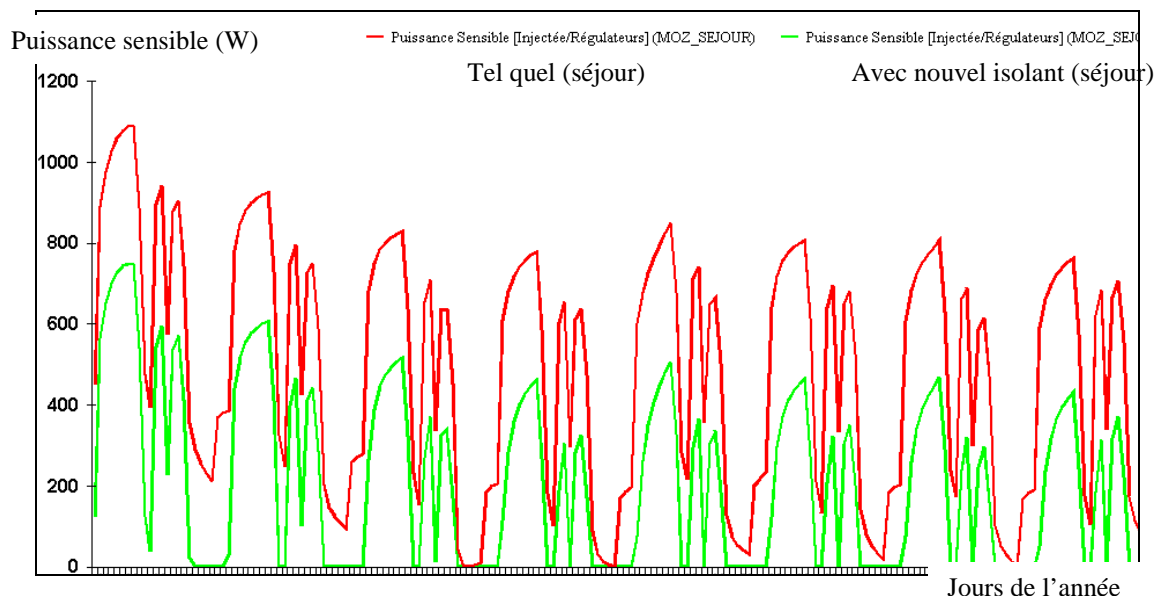
- ↪ Performant au plan thermique
- ↪ sain et inoffensif
- ↪ recyclable
- ↪ longue durée de vie
- ↪ Perméable à la diffusion de vapeur d'eau

Ses inconvénients :

- ↪ Coût élevé
- ↪ forte densité

Son prix va de 7,5€/m² pour une plaque de 40mm d'épaisseur à 20€ pour 120mm.

Comme précédemment, nous nous sommes concentré uniquement sur le séjour. Nous avons placé les mêmes épaisseurs aux même endroits que pour le polystyrène extrudé et la simulation a été faite au même moment de l'année : sur un mois d'hiver.



Nous remarquons la nette diminution de consommation d'énergie avec ce nouvel isolant. Nous avons également remarqué que la consommation du bâtiment entier a beaucoup diminué (le séjour étant la pièce la plus grande de la maison) et le pourcentage d'insatisfaits a diminué d'environ 1%. Par contre, il est moins efficace que le polystyrène extrudé, la diminution de la consommation n'est plus de moitié.

Certes, la consommation est légèrement plus élevée mais il faut regarder ces matériaux dans leur globalité : en effet, la fibre de bois est un isolant très écologique, non polluant, recyclable et inoffensif sur la santé. A côté de cela, le polystyrène extrudé utilise du pétrole pour sa fabrication et est très polluant. De plus, leurs prix sont environ les mêmes. C'est pourquoi il est intéressant de se demander quel choix faire suivant les avantages et inconvénients de chaque isolant... Les impacts sur l'environnement se jouent sur la consommation d'énergie mais aussi sur toute la durée de vie du matériau de sa fabrication à sa destruction.

III. SUGGESTIONS D'AMELIORATION DU LOGICIEL AVEC CONFORT THERMIQUE

Suite aux différentes simulations nous avons constaté quelques points, concernant le logiciel ainsi que le module de confort thermique, qui seraient judicieux d'améliorer.

3.1 Création d'interfaces

a. Création d'une interface de « création de classes de pièces »

Dès la première prise en main du logiciel nous avons suscité le besoin de créer de nouvelles classes de pièces relatives aux cas d'études que nous avons choisis.

Par exemple, dans le cas d'étude d'un complexe sportif, il n'existe pas dans le logiciel un type de classe de pièce tel que « salle de gym » ou « salle de sport », ou dans d'autres cas d'études complètement différents il n'existe pas d'autres classes de pièces que celles associées à des logements.

Il est donc nécessaire de créer une interface « création de classe de pièce » de façon à pouvoir créer si besoin la classe de pièce désirée et d'y associer les coefficients correspondants, comme présenté dans la figure suivante.

CREATION DE CLASSE DE PIECE

Activité du bâtiment	
Nom de la pièce	
Classe de la pièce	

Activité de la personne (min)		V
Activité de la personne (max)		V
Vêture de la personne (min)		V
Vêture de la personne (max)		V

b. Création d'une interface « bibliothèque de classes de pièces »

Il serait intéressant de créer une bibliothèque regroupant plusieurs types d'activités au sein de bâtiment, comme des bâtiments scolaires (école, université...), des logements (hôtel, immeuble...), des sociétés (usine, laboratoire...)

Tout d'abord, il s'agirait pour l'utilisateur de taper ou de sélectionner l'activité du bâtiment et ensuite l'opérateur n'aurait plus qu'à choisir parmi plusieurs types de classes de pièces déjà répertoriées.

BIBLIOTHEQUE ACTIVITE AU SEIN DU BATIMENT																	
Activité du bâtiment	<table border="1"><tr><td>MAISON</td><td>V</td></tr><tr><td colspan="2">SOCIETE / ENTREPRISE</td></tr><tr><td colspan="2">HOTEL</td></tr><tr><td colspan="2">COMPLEXE SPORTIF</td></tr><tr><td colspan="2">ECOLE / UIVERSITE</td></tr><tr><td colspan="2">COMPLEXE DE LOISIRS (THEATRE, OPERA,...)</td></tr><tr><td colspan="2">IMMEUBLE</td></tr><tr><td colspan="2">HOPITAL</td></tr></table>	MAISON	V	SOCIETE / ENTREPRISE		HOTEL		COMPLEXE SPORTIF		ECOLE / UIVERSITE		COMPLEXE DE LOISIRS (THEATRE, OPERA,...)		IMMEUBLE		HOPITAL	
MAISON	V																
SOCIETE / ENTREPRISE																	
HOTEL																	
COMPLEXE SPORTIF																	
ECOLE / UIVERSITE																	
COMPLEXE DE LOISIRS (THEATRE, OPERA,...)																	
IMMEUBLE																	
HOPITAL																	
Ensemble des Classes de pièces associées	<table border="1"><tr><td></td><td>V</td></tr></table>		V														
	V																
<div>OK</div> <div>CANCEL</div>																	

Comme on peut le constater si l'étude se porte sur une maison, le logiciel présentera par défaut des classes de pièces généralement présentes dans une maison.

CHOIX DES CLASSES DE PIECES																	
Activité du bâtiment	<table border="1"><tr><td>MAISON</td><td>V</td></tr></table>	MAISON	V														
MAISON	V																
Ensemble des Classe de pièces associées	<table border="1"><tr><td>Chambre</td><td>V</td></tr><tr><td colspan="2">Salle de bain</td></tr><tr><td colspan="2">Cuisine</td></tr><tr><td colspan="2">Entrée</td></tr><tr><td colspan="2">Salon/Séjour</td></tr><tr><td colspan="2">WC</td></tr><tr><td colspan="2">Garage</td></tr><tr><td colspan="2">Cellier</td></tr></table>	Chambre	V	Salle de bain		Cuisine		Entrée		Salon/Séjour		WC		Garage		Cellier	
Chambre	V																
Salle de bain																	
Cuisine																	
Entrée																	
Salon/Séjour																	
WC																	
Garage																	
Cellier																	
<div>OK</div> <div>CANCEL</div>																	

Mais dans le cas où il s'agirait d'une société, le logiciel présenterait alors des types de pièces que l'on retrouve communément dans ce genre de bâtiment.

CHOIX DES CLASSES DE PIECES	
Activité du bâtiment	SOCIETE / ENTREPRISE
Ensemble de Classe de pièce associée	Bureaux
	<div>Salle de réunion Cafétéria Salle des archives Atelier Laboratoire de recherche Banc d'essai/Salle de test Vestiaire</div>
<div>OKCANCEL</div>	

c. Création d'une interface « profils de personnes »

Afin de rendre le logiciel ainsi que l'étude du bâtiment plus réaliste et plus personnalisée, la création d'une interface spécifique à chaque personne présente dans le bâtiment regroupant les caractéristiques comme l'âge, le sexe, l'activité et la vêtue serait un bon point. En ce qui concerne l'âge, il est possible de ne spécifier que si il s'agit d'un enfant ou d'un adulte.

PROFIL PERSONNE

Nom de la personne

Sexe de la personne

H

☐

F

☐

Age de la personne

ans

Poids de la personne

kg

Activité de la personne

Repos, couché

V

Repos, assis

Activité légère, assise

Activité légère, debout

Activité moyenne

Activité forte

Vêture de la personne

Tenue de ville européenne

V

Tenue d'intérieur d'hiver

Tenue de travail légère

Tenue d'été légère

Tenue tropicale

Short

Nu

OK

CANCEL

Résultat valeur métabolisme

Met

Résultat valeur vêtue

Clo

m²/K.W

3.2 Notions théoriques concernant le confort

a. Les personnes

Dans le confort thermique, en fonction de l'âge, du sexe ou encore du poids, le dégagement thermique variera. Or, dans CoDyBa, les personnes que nous insérons dans notre bâtiment sont considérées comme toutes identiques. Il serait intéressant, au moment de l'insertion des personnes, de pouvoir choisir leur sexe, leur âge, leur poids, leur activité et leur vêtue. (Voir dans la création de nouvelles interfaces).

b. Les coefficients PMV et PPD

Durant le projet, nous nous sommes demandé si les valeurs données dans les résultats pour PPD et PMV sont des valeurs moyennées par rapport aux notions de confort thermique (on aurait alors ces mêmes résultats dans tous les cas) ou s'ils prennent en compte les personnes que nous pouvons créer dans le bâtiment. Or, il s'agit de valeurs moyennées indépendantes des "personnes" présentes mises dans le bâtiment. Les "personnes" qui servent définir le confort ici, sont des personnes "fictives" associées au type de local (cuisine, séjour, etc.) et qui sont censées avoir le comportement de personnes moyennes "classiques" dans le type de local considéré. A retenir donc qu'il n'y a pas de lien entre les personnes que vous y avez mise (charges internes de type "personnes") et le confort résultant.

3.3 Reproductibilité

a. Cohérence

Lors de nos simulations, nous avons constaté que nous obtenions parfois des températures aberrantes (de l'ordre de 100 à 200°C) sans obtenir de message d'erreur. Nous avons donc recherché l'origine du problème et avons trouvé dans quelle pièce il faisait aussi chaud (ce qui se répercutait par transferts thermiques dans d'autres pièces). Cela venait du fait que les grandeurs de régulation (chauffage, climatisation, humidité) sont « en service » mais le profil d'activité (cooling, heating activity) de ces systèmes est par défaut sur «NON». Il s'agissait donc d'une boîte bien isolée, dans laquelle on met une source d'énergie (des personnes), et au bout d'un moment la température finit par monter haut.

Suite à cela, nous avons voulu modifier l'orientation des bâtiments de façon à voir l'évolution des températures. Dans plusieurs cas, nous obtenons exactement les mêmes résultats. Nous avons alors essayé pour un cas extrême: Ajaccio en été et les différences de puissance sensible de climatisation pour le building sont de 50W et 15 kWh, ce que nous trouvons assez bas sachant que pour la maison utilisée (Mozart) une des deux parties est plus vitrée.

b. Interface

Le choix des symboles « O/X » pour signifier si le système est en fonctionnement ou pas peut induire en erreur. Le « O » signifie « Oui » donc en fonctionnement, et le « X » donne « Non » donc hors service. Dans d'autres circonstances, pour signifier le choix « Oui » on utilise une croix « X » et pour « non » on ne met rien, ce qui peut déstabiliser les utilisateurs non avertis du logiciel. Cela sera pris en compte dans la nouvelle version KoZiBu.

Des "carrés noirs" apparaissent à la place des images bitmap habituelles si le programme CoDyBa est déplacé dans un autre dossier (car le chemin spécifié est désigné au dessus du dossier dans lequel se situe le programme, si il est déplacé il ne retrouve plus ces images). C'est normal, le répertoire "Bitmaps" qui contient les images sous forme de bitmaps (icône) doit être déplacé en même temps que le programme.

Finalement, au moment de tracer les courbes, il nous est impossible de modifier la légende. Par exemple si on veut comparer deux puissances sensibles de chauffage pour Ajaccio et Nancy la légende qui apparaîtra devant la couleur de la courbe sera la même (ce qui est embêtant) et nous n'avons pas réussi à modifier ces écritures. Le traceur de courbe est assez compliqué à gérer, car c'est un outil du commerce que Jean Noel a eu bien du mal à intégrer. En fait, souvent pour avoir un "beau" tracé, l'idéal est d'exporter les résultats, de récupérer le tout sous Excel, et d'y faire alors un beau tracé. Cela disparaîtra également avec la nouvelle version KoZiBu.

CONCLUSION

Le choix de ce sujet de projet de Master : « Analyse du confort thermique dans CoDyBa », s'est fait en premier lieu parce que la thermique du bâtiment nous intéresse pour nos projets professionnels mais également dans le but d'apprendre de nombreuses notions comme par exemple de confort thermique et l'aspect informatique avec ce type de logiciel (nous ne travaillons que très peu à l'IUP sur ce type d'outil alors qu'ils sont très utilisés en bureaux d'étude).

Nous avons donc débuté sur la version classique de CoDyBa afin de prendre en main le logiciel, et en parallèle nous nous sommes documentés sur la notion de confort thermique afin d'être au maximum réceptives aux explications et notions abordées.

Ensuite, nous sommes passées sur la version modifiée de CoDyBa, c'est-à-dire celle avec le module confort.

Nous avons rencontré de nombreux problèmes informatiques ainsi que des interrogations concernant les notions et les modèles utilisés dans le logiciel. Problèmes, que nous avons abordés et résolus avec l'aide de Mme DANAILA ainsi que celle du concepteur du logiciel, M. Noel. A chaque problème relevé nous effectuions une correspondance avec lui, de façon à le tenir au courant en temps réel de nos suggestions et ainsi être au maximum efficace. Nous correspondions par courriels exclusivement ce qui nous a permis d'envoyer des fichiers, voir même des versions de nos simulations fonctionnant mal.

C'est au fur et à mesure de l'avancée du projet que nous nous sommes rendues vraiment compte de l'intérêt de notre travail, ce qui nous motivait de semaines en semaines.

Quand nous avons eu relevés suffisamment de points « noirs » récurrents, nous avons donc réfléchi à d'éventuelles améliorations, comme la création d'interfaces, ou l'affinage du modèle de Fanger par exemple, et nous avons donc présenté quelques idées que nous trouvions intéressantes à inclure dans la nouvelle version de CoDyBa, KoZiBu qui inclura le module confort ainsi que d'autres améliorations suggérées par le concepteur et nous-mêmes.

Ce que nous pouvons conclure, personnellement de ces quelques mois passés à travailler sur CoDyBa, c'est que chacune de nous avait son propre jugement concernant le projet sur le logiciel, mais au final nous étions toutes d'accord que ce projet a été vraiment très intéressant et très instructif. Mme DANAILA et M. NOEL nous ont beaucoup appris sur les notions théoriques et nous avons pu apprendre par-nous même beaucoup du logiciel et ce, en se posant des questions régulièrement et en allant chercher de l'aide auprès des tuteurs.

Nous pensons que ce projet était tout à fait en lien avec notre formation IUP et nous a beaucoup apporté pour nos projets professionnels.

SOMMAIRE DES ANNEXES

ANNEXE N°1 : *Plage de taux d'humidité optimal*

ANNEXE N°2 : *Plage de confort hygrothermique*

ANNEXE N°3 : *L'ASHRAE*

ANNEXE N°4 : *La norme ISO 7730*

ANNEXE N°5 : *L'unité de résistance thermique des vêtements*

ANNEXE N°6 : *L'unité d'énergie métabolique*

ANNEXE N°7 : *Matériaux*

ANNEXE N°8 : *Courbes des simulations sur la maison « Mozart »*

ANNEXE N°9 : *Courbes des simulations sur la maison « Puccini »*

ANNEXE N°10 : *Compte rendu de réunion*

ANNEXE N°11 : *Gestion de projet*

ANNEXE N°1 : Plage de taux d'humidité optimal

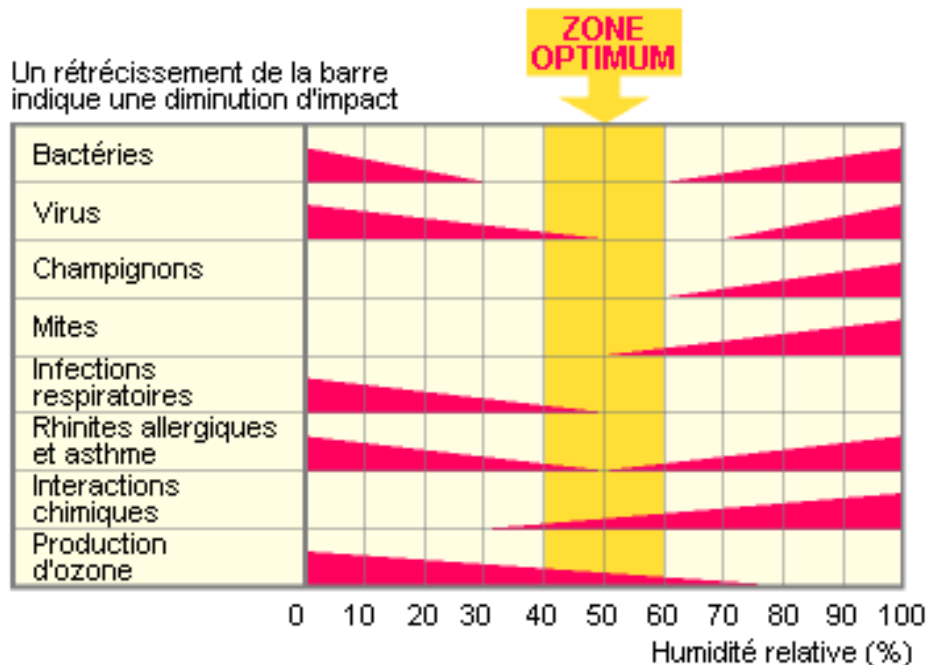
De faibles niveaux d'humidité (<30 %) donnent lieu à certains problèmes :

- Augmentation de l'électricité statique
- Augmentation de la concentration en poussières dans l'air, ce qui serait susceptible d'induire une augmentation de la fréquence de maladies respiratoires en hiver lorsque l'humidité de l'air est faible.

De hauts niveaux d'humidité (>70 %) donnent lieu à une croissance microbienne importante et à des condensations sur les surfaces froides.

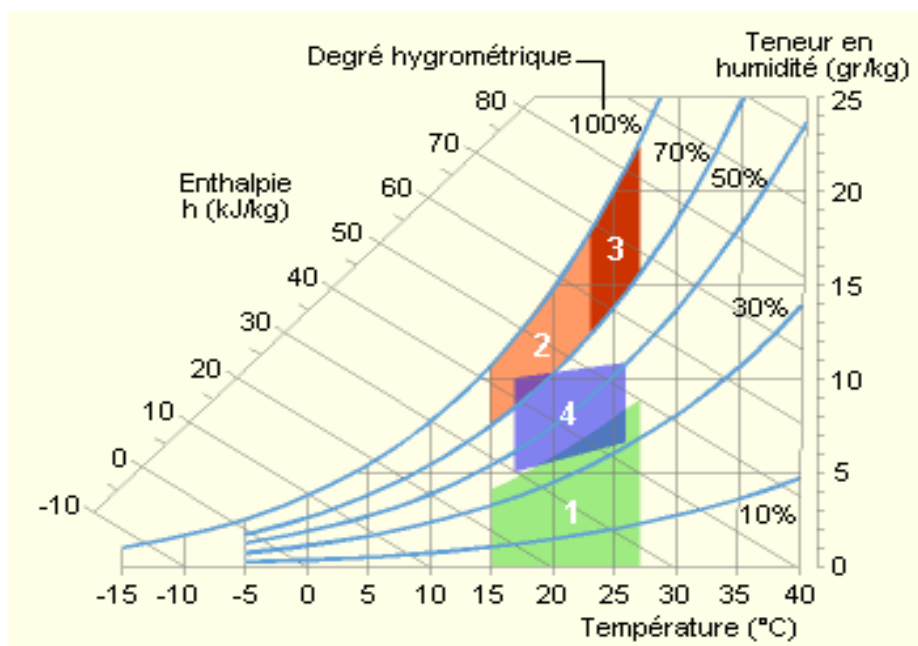
Le diagramme ci-dessous indique, la plage de taux d'humidité ambiante optimale d'un point de vue hygiénique

(D'après Scofield et Sterling) (Doc.Dri-Steem/Pacare).



ANNEXE N°2 : Plage de confort hygrothermique

Le diagramme suivant permet de déterminer la plage de confort hygrothermique.



1. Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.
2. et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.
3. Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
4. Polygone de confort hygrothermique

(Extrait de l'article de R. Fauconnier "L'action de l'humidité de l'air sur la santé dans les bâtiments tertiaires"),

ANNEXE N°3 : L'ASHRAE

Son seul objectif est de promouvoir par la recherche, des normes d'écriture, d'édition et de la formation continue des arts et des sciences de chauffage, de ventilation, de climatisation et de réfrigération à l'évolution des besoins du public.

ASHRAE écrit des normes (standard) dans le but d'établir un consensus pour:

- Les méthodes d'essai
- Les critères de performance

ASHRAE publie trois types de normes facultatives:

- La méthode de mesure ou d'essai,
- La norme de conception
- Les méthodes normalisées.



Les consensus des normes sont élaborées et publiées pour définir les valeurs minimales ou de performance acceptable, alors que d'autres documents, tels que la conception de guides, est élaboré et publié dans le but d'encourager l'amélioration des performances. ASHRAE est accrédité par l'American National Standards Institute (ANSI) et suit les exigences de la légalité et l'élaboration de normes.

➤ ASHRAE/ANSI Standard 55-2004

La norme spécifie les combinaisons des facteurs thermiques environnementaux (la température, rayonnement thermique, l'humidité et la vitesse de l'air) et des facteurs personnels (l'activité et de l'habillement) qui feront que l'état de l'environnement thermique sera considéré comme acceptable pour une majorité des occupants dans l'espace. La norme contient un nouveau Predicted Mean Vote (PMV), qui est utilisée lorsque différents niveaux de confort doivent être précisés. La méthode permet également de rendre la norme plus cohérente avec d'autres normes internationales.

La norme contient également une nouvelle méthode de calcul acceptable des conditions thermiques dans les espaces naturellement conditionnés. Des études sur le terrain ont montrées que les réponses thermiques des occupants dans ces espaces dépendent en partie du climat extérieur et émettent aussi différentes réponses thermiques dans les bâtiments avec des systèmes de climatisation et de chauffage centralisés.

Dans la récente version révisée de la norme 55-2004, a été ajouté le contrôle des fenêtres aux occupants du bâtiment par l'inclusion d'un modèle d'adaptation de confort thermique (sur la base des observations de terrain dans les bâtiments ventilés naturellement). Lorsque les conditions thermiques dans un bâtiment sont régulées principalement par les occupants par l'ouverture et de fermeture des fenêtres, le modèle d'adaptation permet un plus large éventail de températures, ce qui permet de rendre dispositif plus acceptable

ANNEXE N°4 : La norme ISO 7730

❖ La norme NBN X 10-005 ou ISO 7730

➤ Ambiances thermiques modérées



"Détermination des indices PMV et PPD, et spécification des conditions de confort thermique".

Cette Norme internationale est applicable aux personnes en bonne santé. Elle est basée sur des études réalisées au départ sur des sujets nord-américains et européens mais est aussi en accord avec les résultats d'études récentes réalisées sur des sujets japonais exposés à des environnements thermiques modérés.

Elle devrait être applicable avec une bonne approximation dans la plupart des régions du monde, mais des différences ethniques et géographiques peuvent exister et nécessitent des études supplémentaires.

Elle est applicable aux personnes exposées à des ambiances intérieures où le confort thermique est recherché, ou à des ambiances intérieures s'écartant peu des zones de confort. Des différences peuvent exister pour des sujets malades ou handicapés.

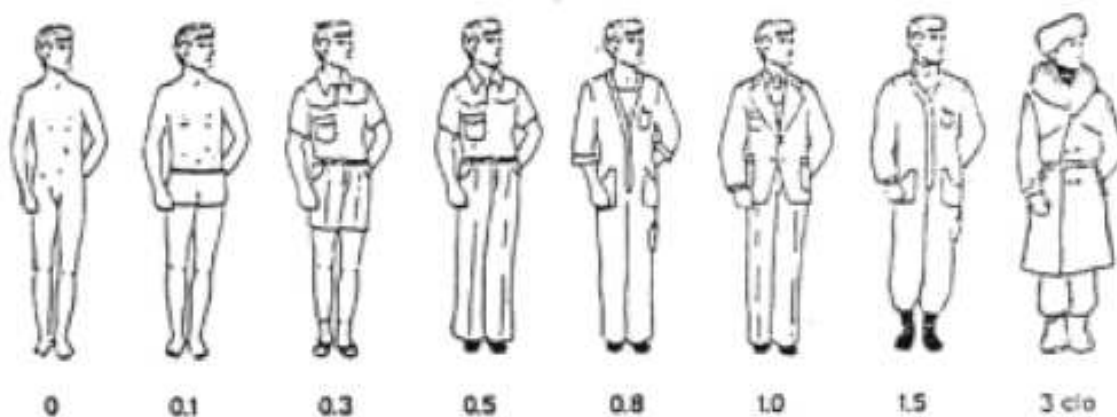
ANNEXE N°5 : L'unité de résistance thermique des vêtements

➤ Le Clo

Le **clo** est l'unité de résistance thermique des vêtements. Par définition, les vêtements avec une résistance thermique de 1 clo maintiennent le confort thermique d'une personne assise dans un environnement où la température ambiante est de 21°C et la vitesse de mouvement de l'air est de 0,1 m/s.

$$1 \text{ clo} = 0,1555 \text{ m}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}$$

Tenue Vestimentaire	Niveau d'habillement (Clo)
Nu	0
Short	0.1
Tenue tropicale	0.3
Tenue légère d'été	0.5
Tenue de travail	0.7
Tenue pour l'hiver d'intérieur	1.0
Tenue de ville traditionnelle	1.5



ANNEXE N°6 : L'unité d'énergie métabolique

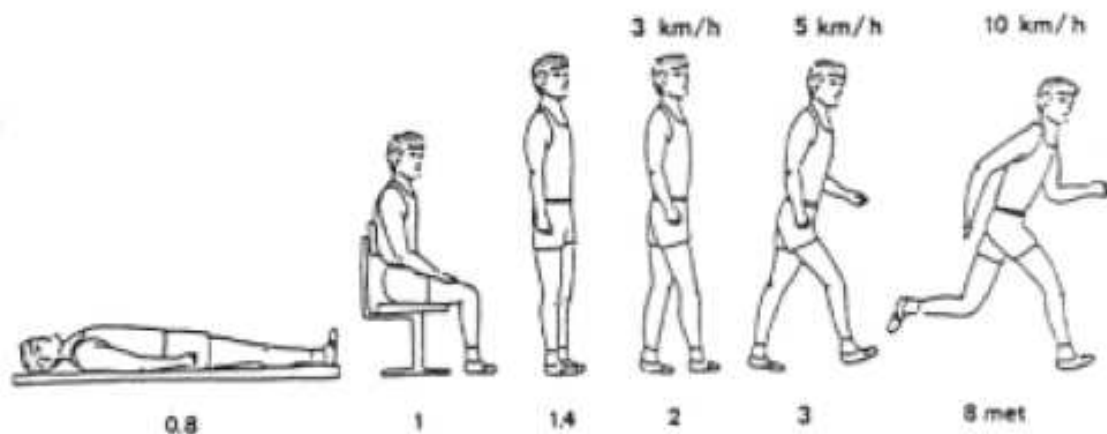
➤ Le Met

Le **met** est l'unité d'énergie métabolique. Le métabolisme, est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7°C.

$$1 \text{ met} = 58 \text{ W/m}^2$$

(Où la surface du corps humain est d'environ 1,8 m²).

Activité	Met
Repos, couché	0.8
Repos, assis	1
Activité, légère (bureau, école...)	1.2
Activité légère debout (laboratoire...)	1.6
Activité moyenne debout (travail sur machine...)	2.0
Activité soutenue (travail lourd sur machine...)	3.0



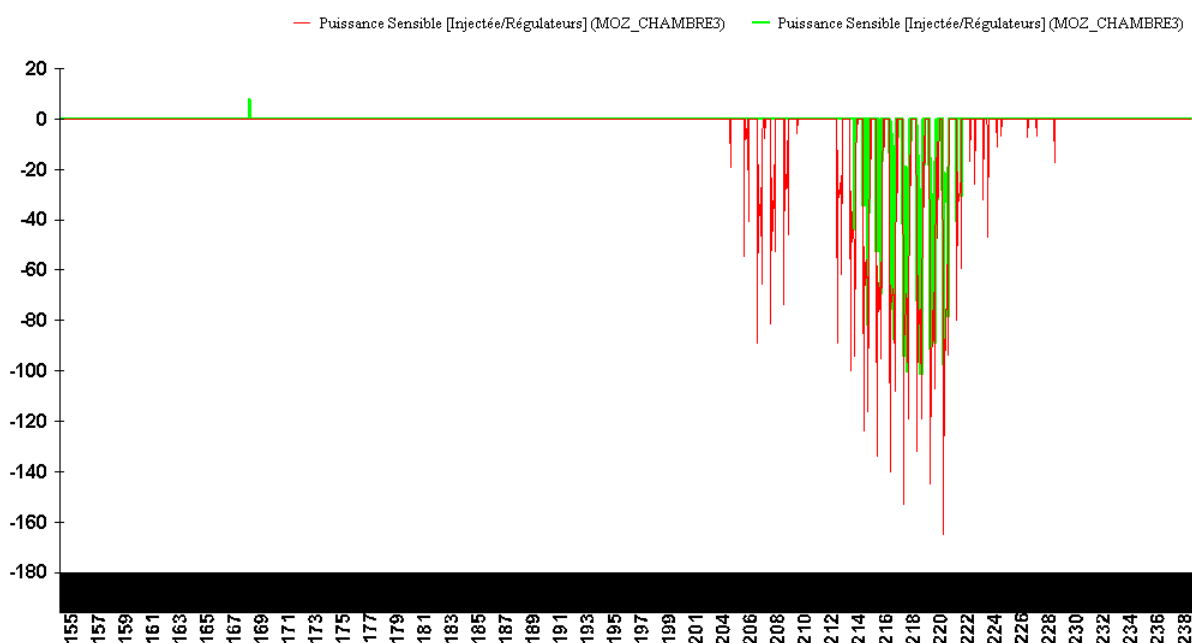
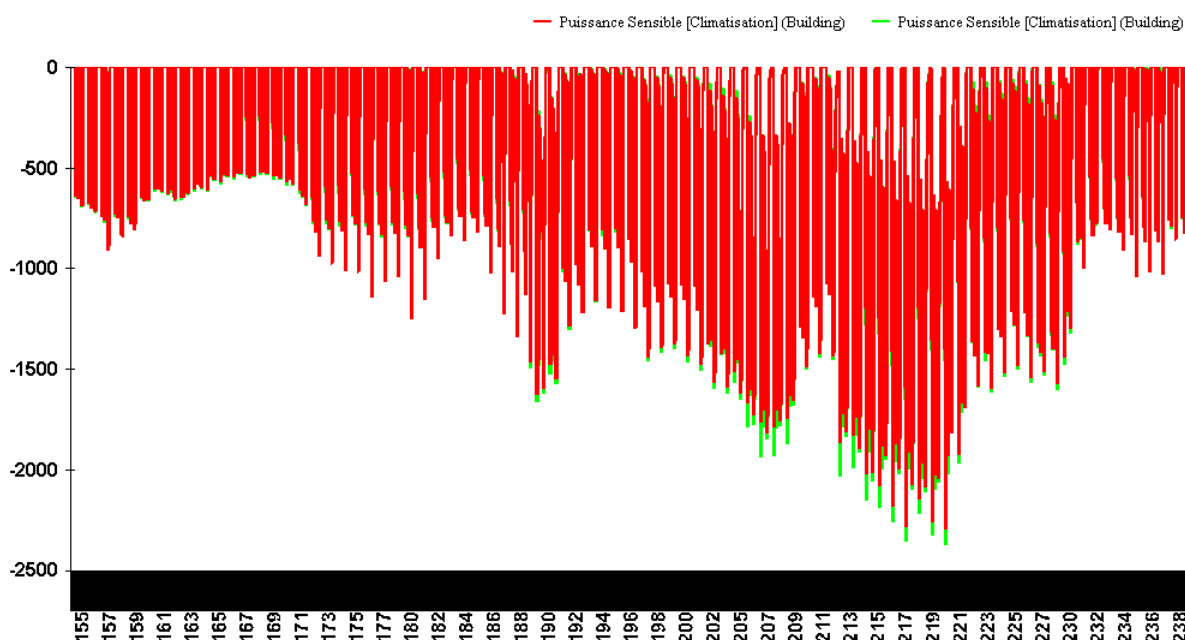
ANNEXE N°7 : Matériaux

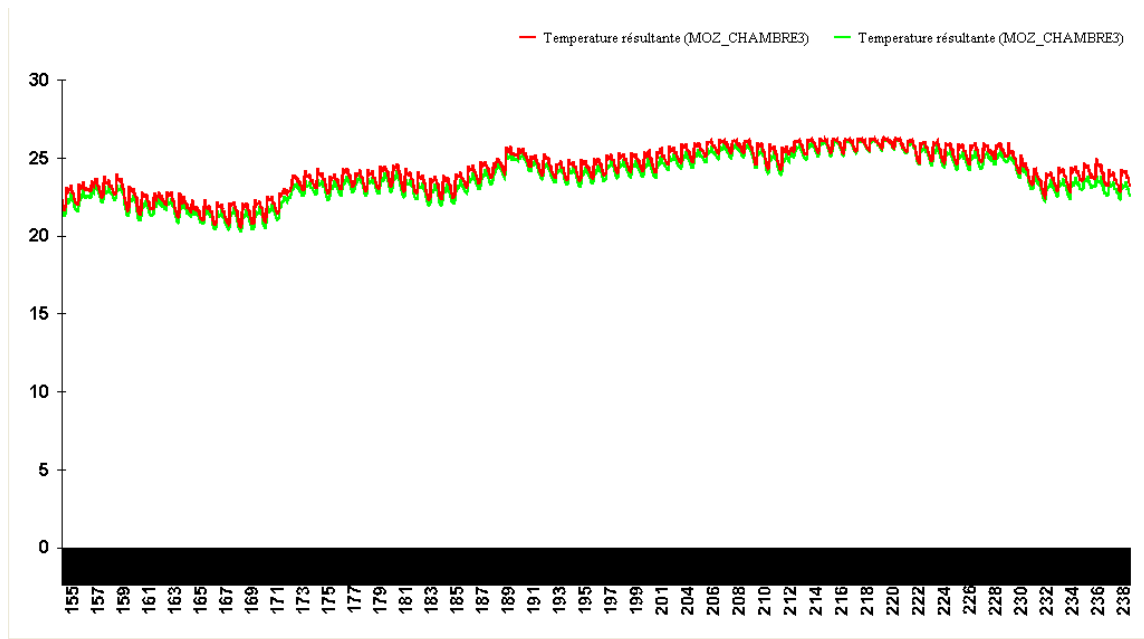
Inertie	Faible (« si »)			Moyen (« mi »)			Fort (« li »)		
Type de logement	Maison		Immeuble	Maison		Immeuble	Maison		Immeuble
Plancher bas	Plancher bois (2)		idem	Carrelage (1)		idem	idem maison		idem
	Isolant (8)		plancher intermédiaire	Mortier (2)		plancher intermédiaire	idem maison		plancher intermédiaire
	Lame d'air (12)		mais sans plâtre et	Béton (18)		mais sans plâtre et	inertie moyenne		mais sans plâtre et
	Plâtre (1.3)		avec 12 cm d'isolant	Isolant (8)		avec 12 cm d'isolant			avec 12 cm d'isolant
Plancher intermédiaire	Plancher bois (2)		Moquette	Carrelage (1)		idem	idem maison		idem maison
	Lame d'air (20)		Béton (18)	Mortier (2)		inertie faible	inertie moyenne		inertie moyenne
	Plâtre (1)		Isolant (5)	Béton (18)					
			Plâtre (1)	Plâtre (1)					
Plafond	Plâtre (1.3)		idem			idem	Plâtre (1.3)		idem
	Isolant (16)		plancher intermédiaire	idem maison		plancher intermédiaire	Béton (16)		plancher intermédiaire
			avec 12 cm d'isolant	inertie faible		avec 12 cm d'isolant	Isolant (16)		avec 12 cm d'isolant
			sur la face extérieure			sur la face extérieure			sur la face extérieure
Mur extérieur	Plâtre (1.3)		idem maison	Plâtre (1)		Plâtre (1)	Plâtre (1)		idem immeuble
	Ossature Mur Ext (12)		inertie faible	Isolant Mur (8)		Isolant Mur (8)	Bloc creux (20)		inertie moyenne
	Bois (2)			Bloc creux (20)		Béton (20)	Isolant Mur (8)		
				Enduit (1)		Enduit (1)	Enduit (1)		
Mur mitoyen	Plâtre (2*1.3)			Plâtre (1.3)			Plâtre (1)		
	Ossature Mur Mit (10)			Isolant (5)			Béton (20)		
	Lame d'air (5)		---	Bloc creux (20)		---			---
	Ossature Mur Mit (10)								
	Plâtre (2*1.3)								
Refend	Plâtre (1.3)		idem maison	Plâtre (1)		Plâtre (1)	idem maison		idem immeuble
	Ossature Refend (20)		inertie faible	Bloc creux (20)		Béton (16)	inertie moyenne		inertie moyenne
	Plâtre (1.3)			Plâtre (1)		Plâtre (1)			
Cloison intérieure	Plâtre (1)		idem maison	idem maison		idem maison	idem maison		idem maison
	Lame d'air (3)		inertie faible	inertie faible		inertie faible	inertie faible		inertie faible
	Plâtre (1)								

Table 2 : composition des parois pour les différentes inerties et types de logements

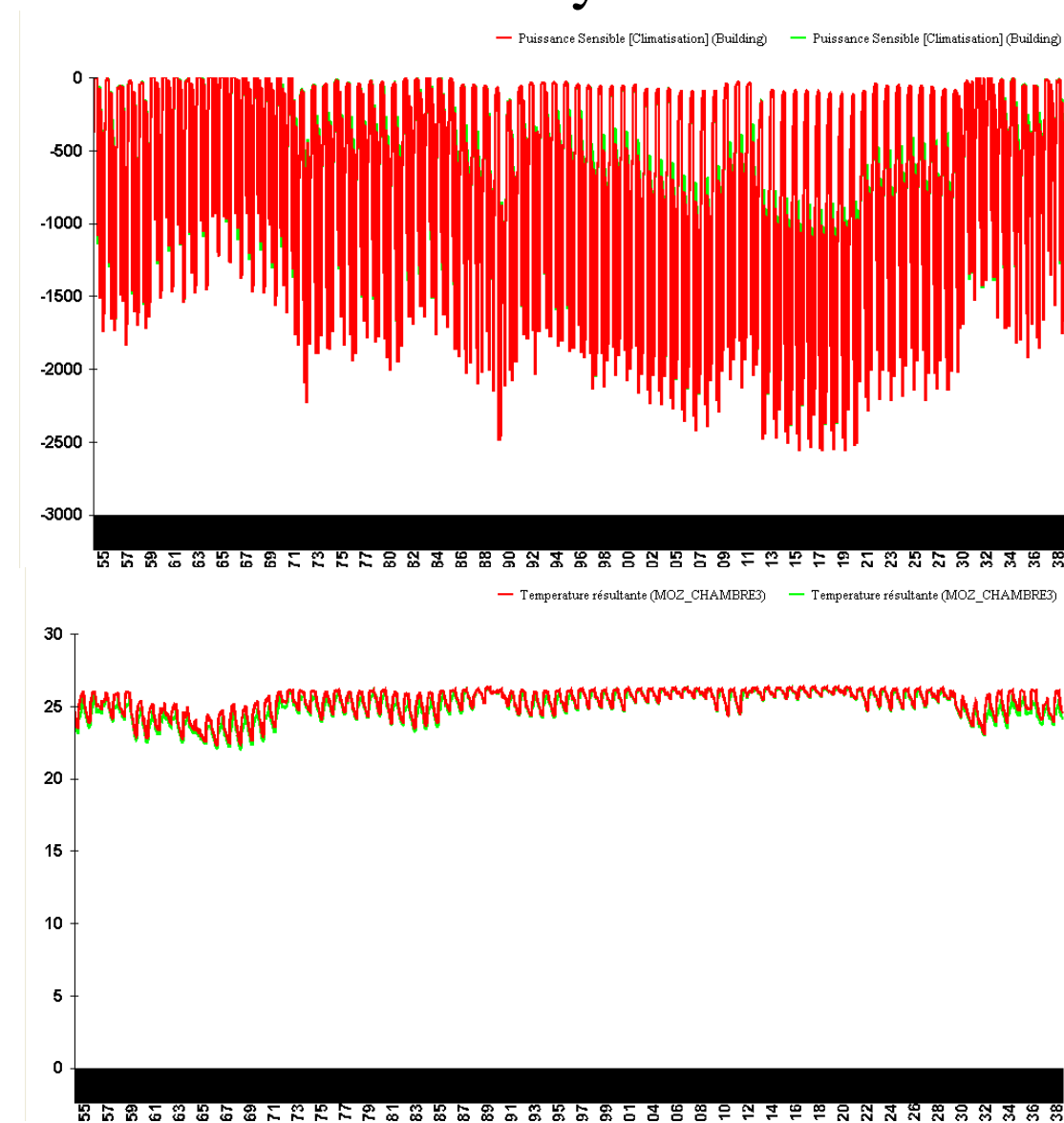
Rotation – Basse inertie

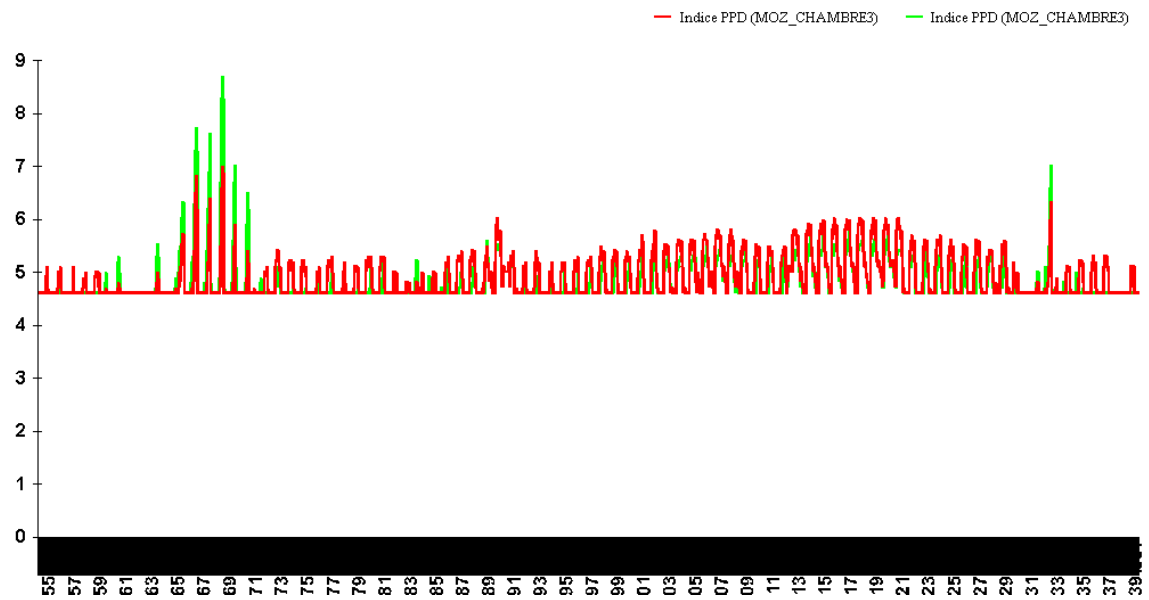
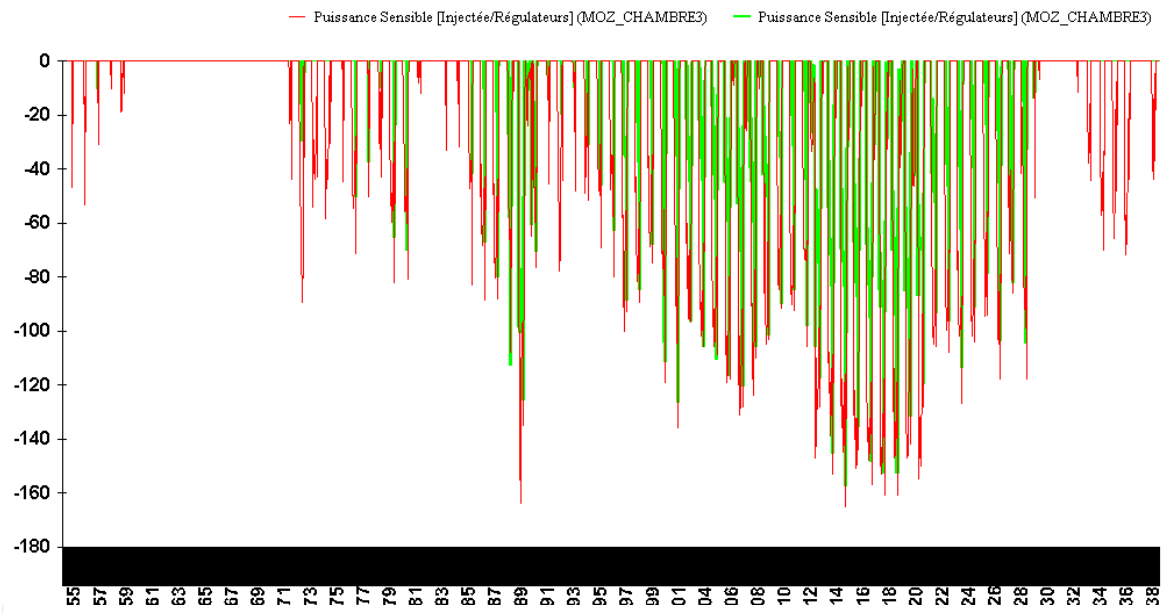
Rouge : 0° vert : 180°





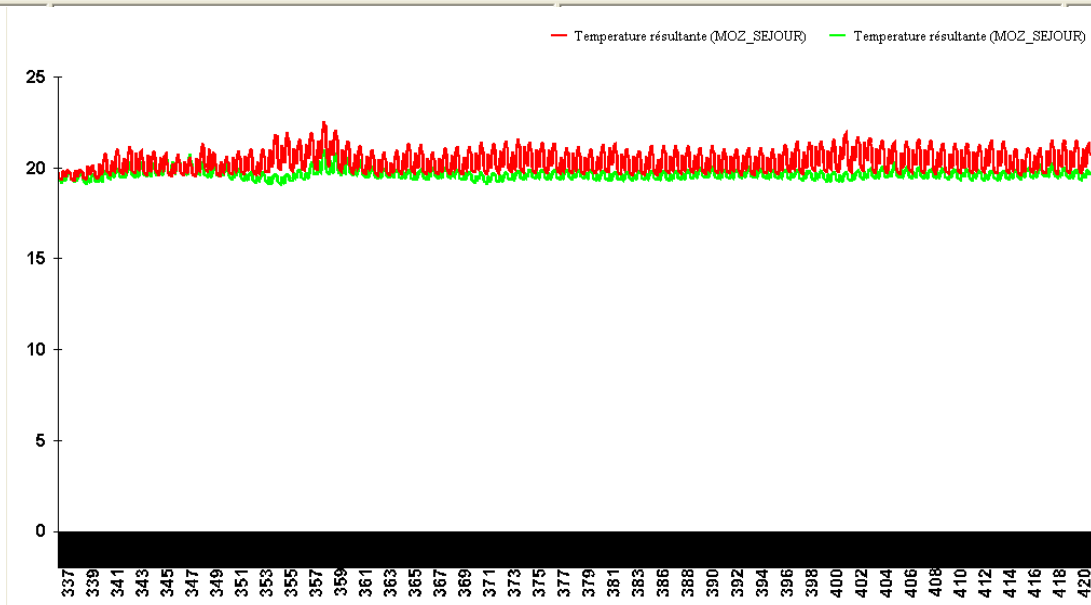
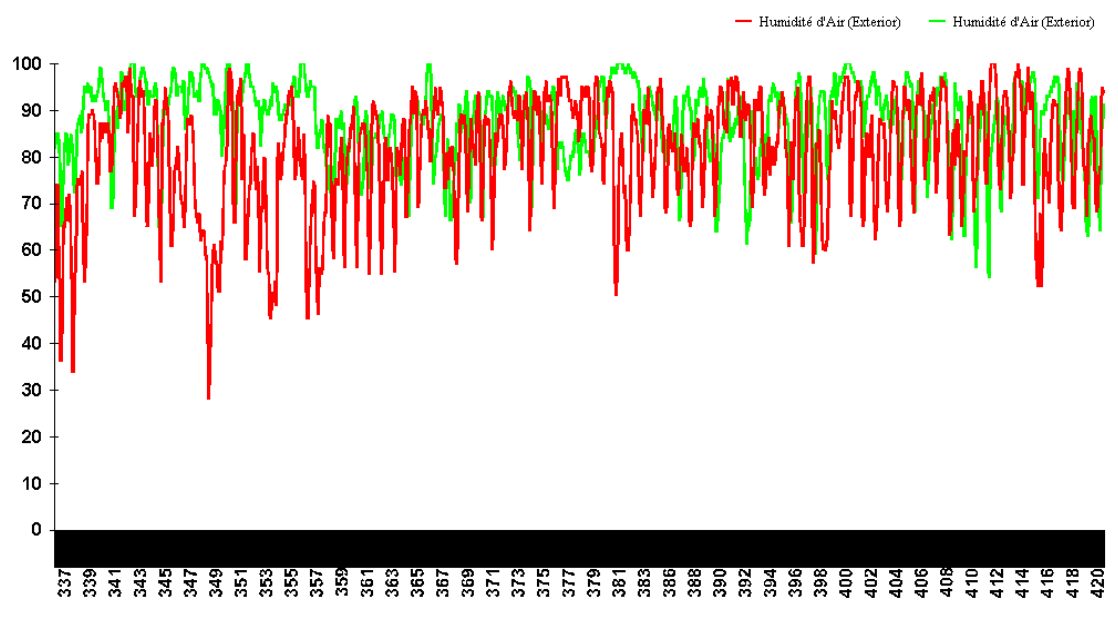
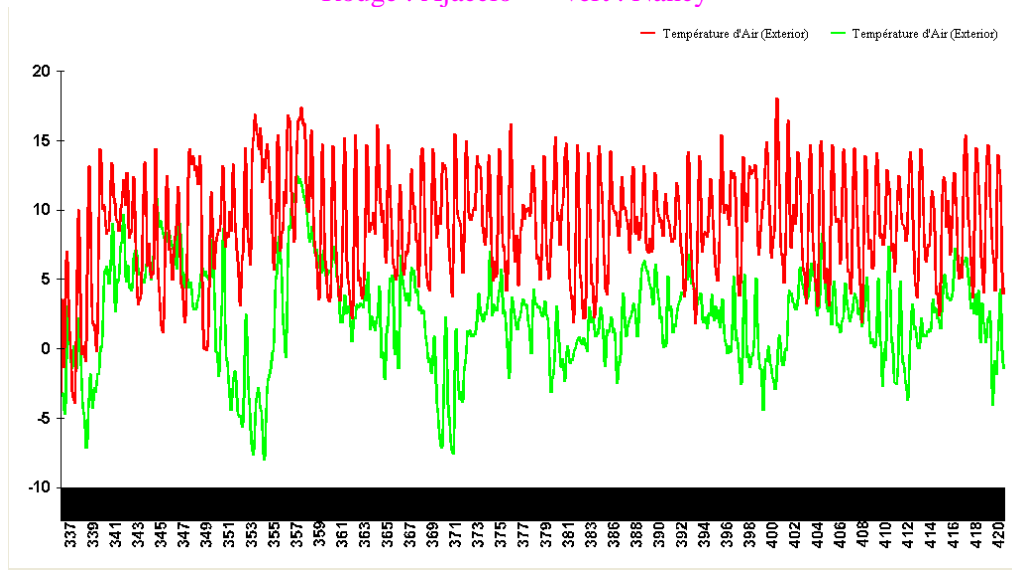
Rotation – moyenne inertie

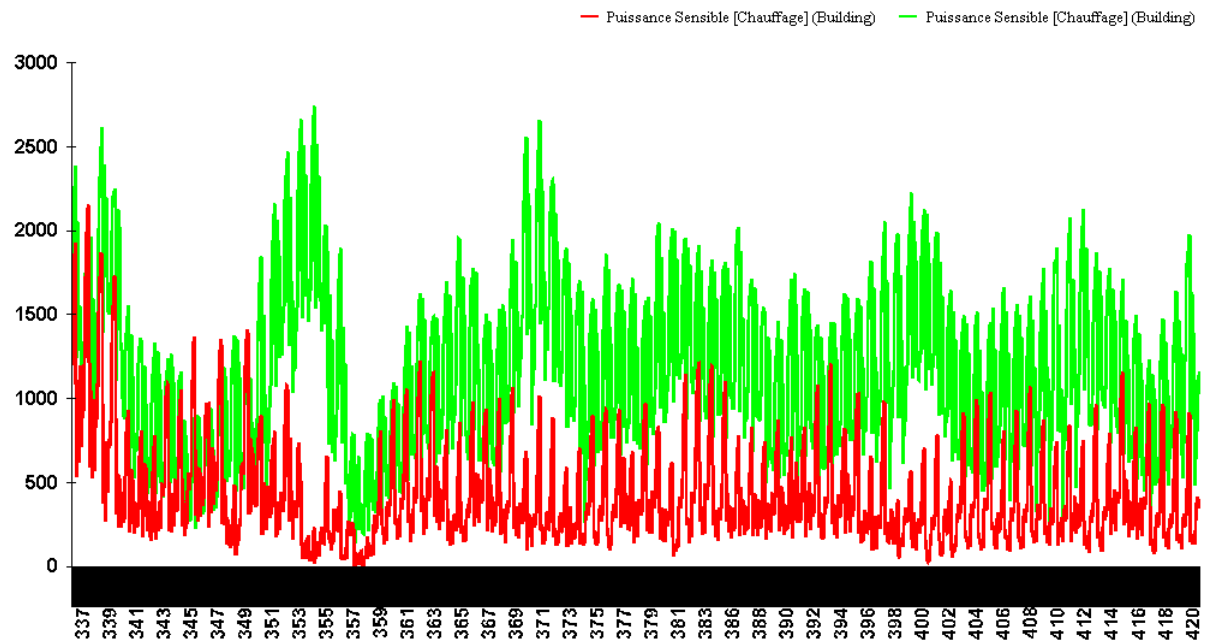
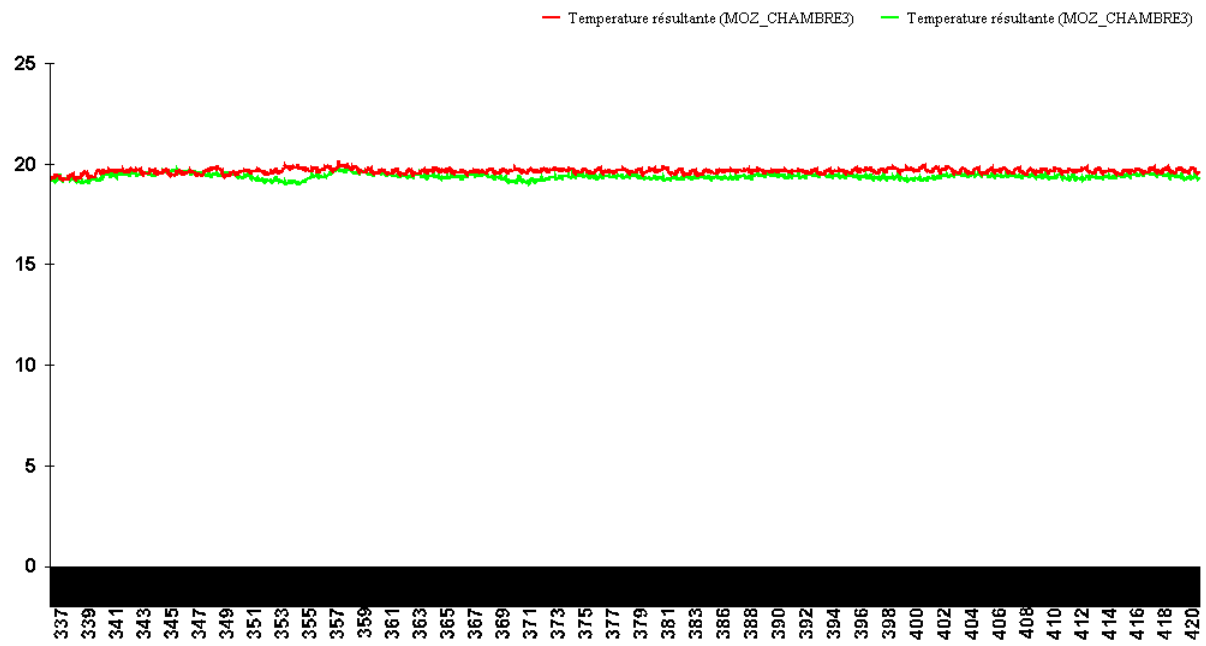


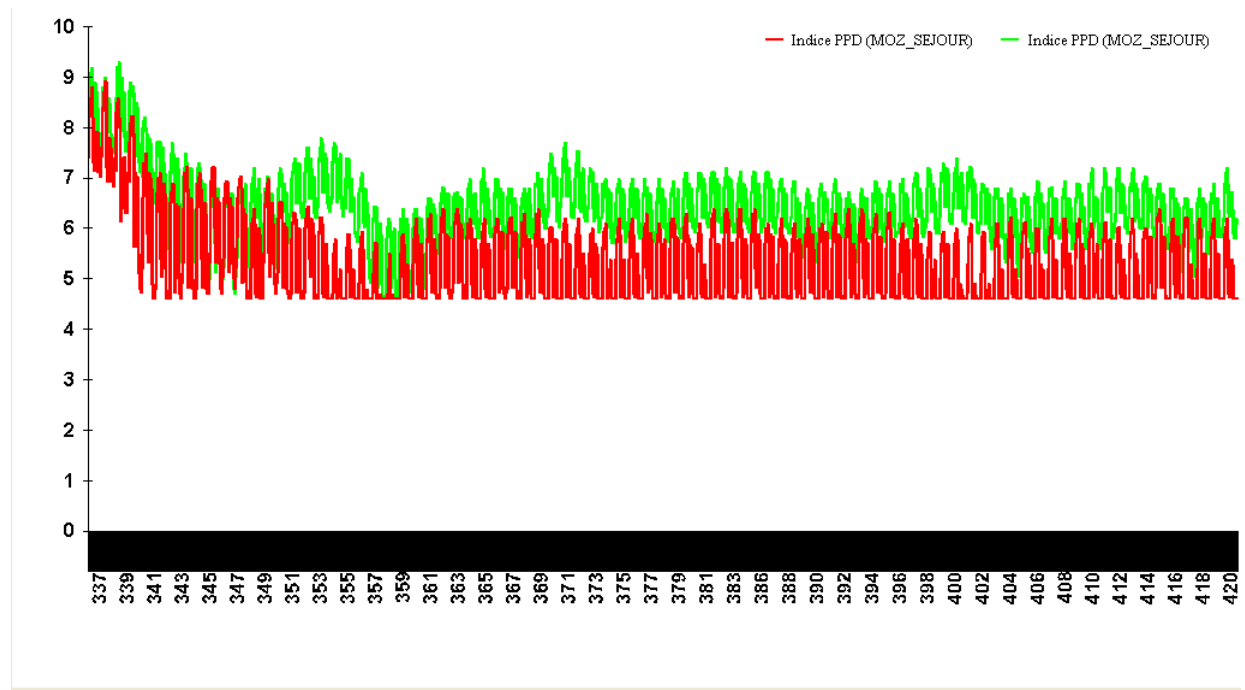
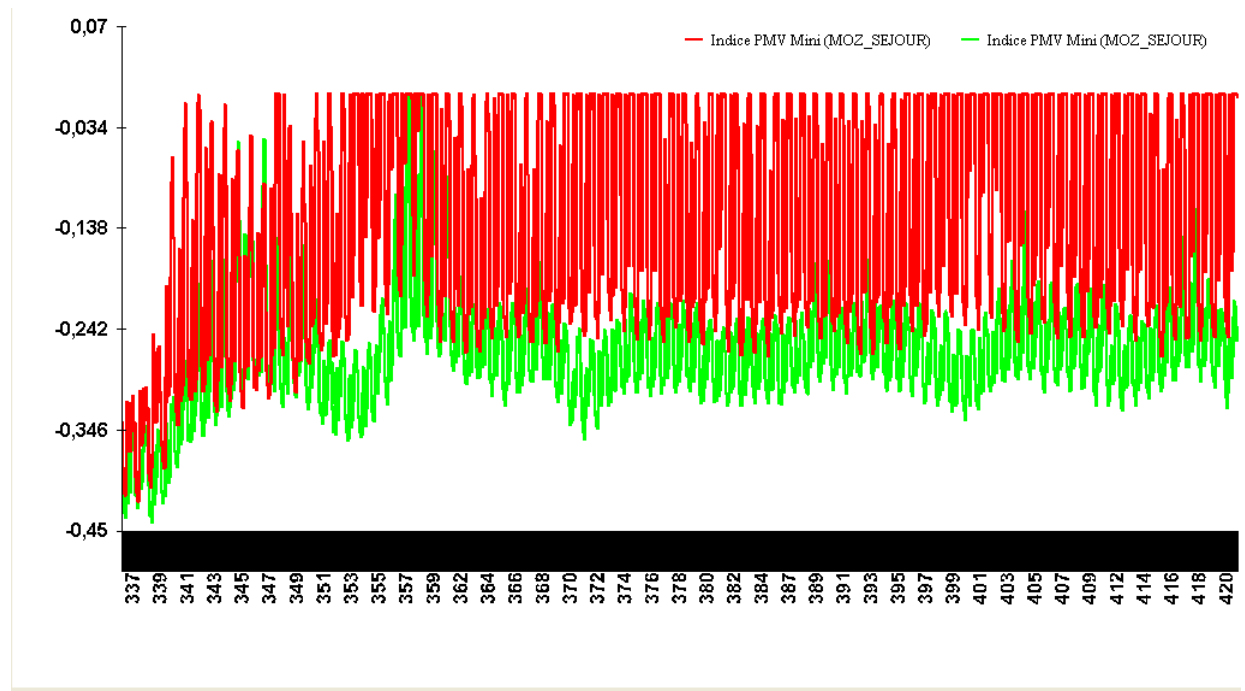


Rouge : Ajaccio vert : Nancy

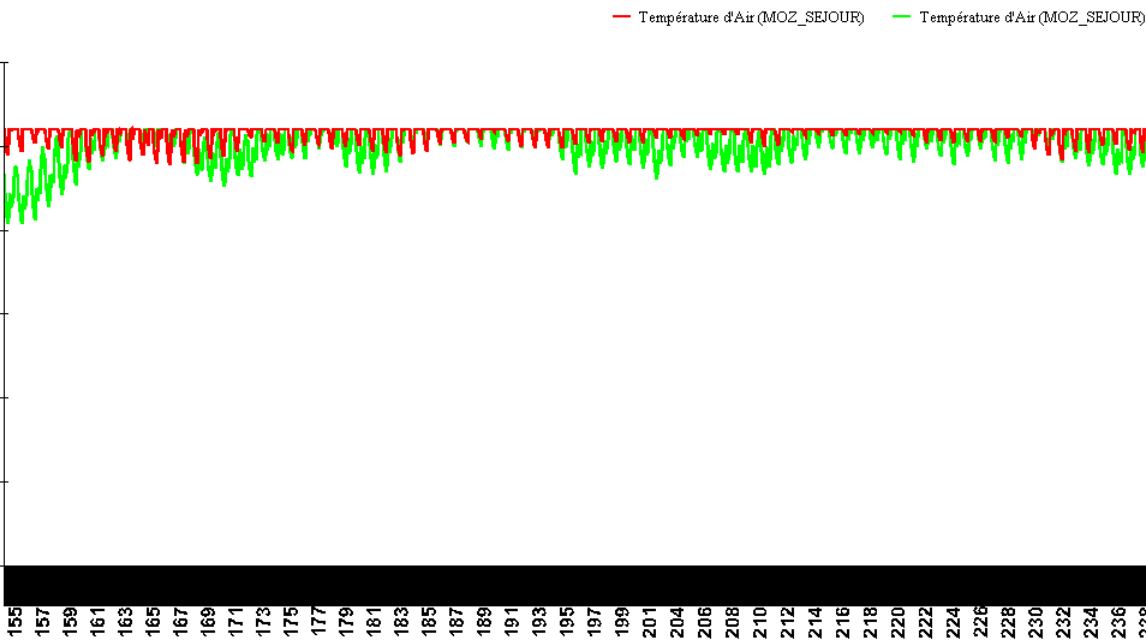
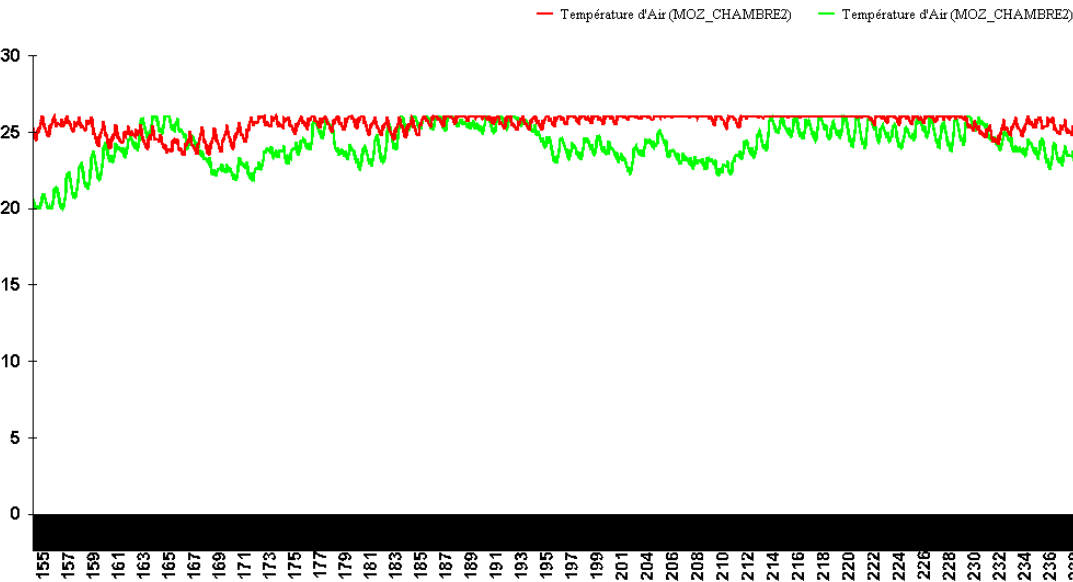
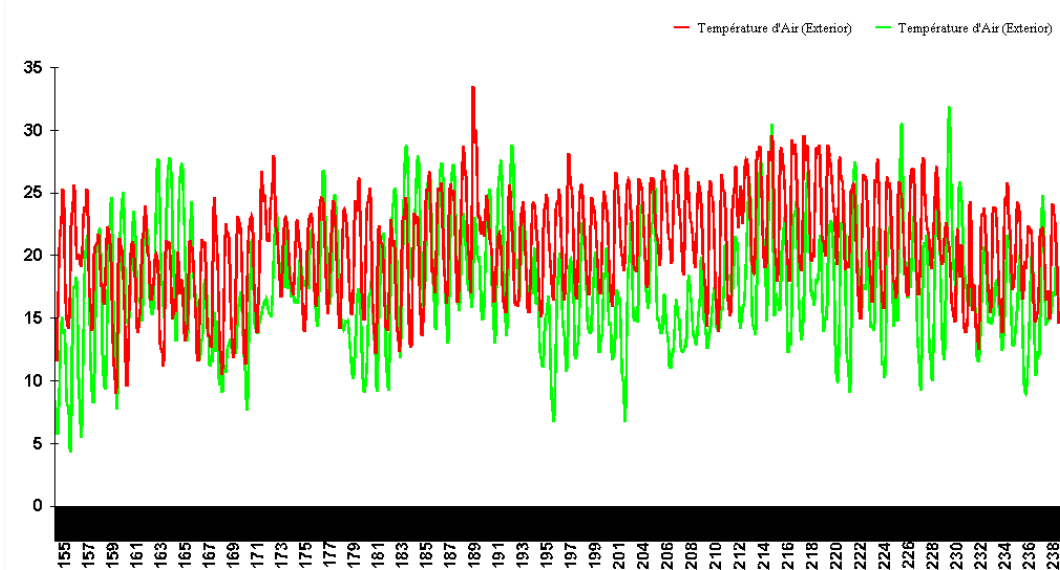
vert : Nancy





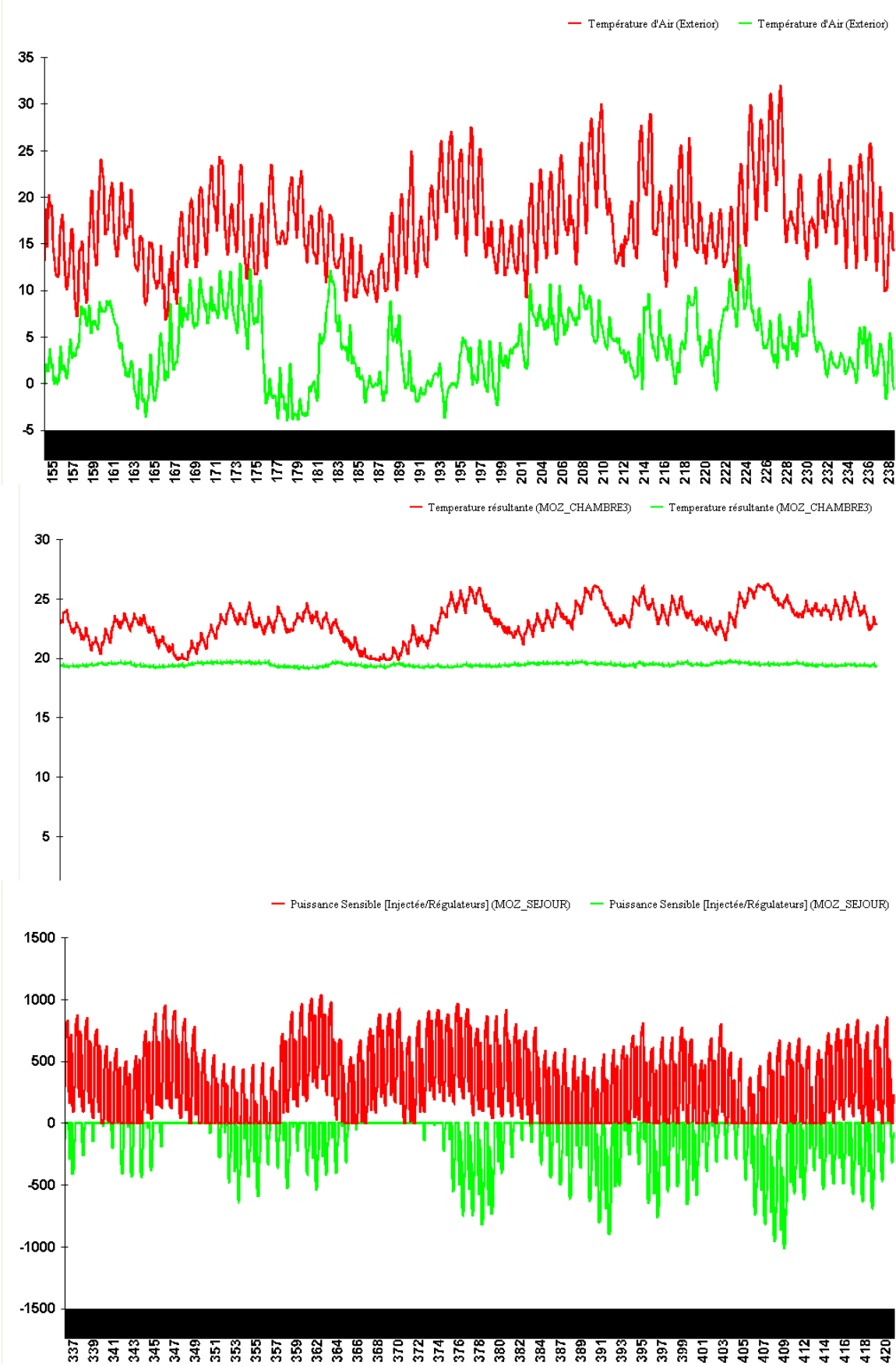


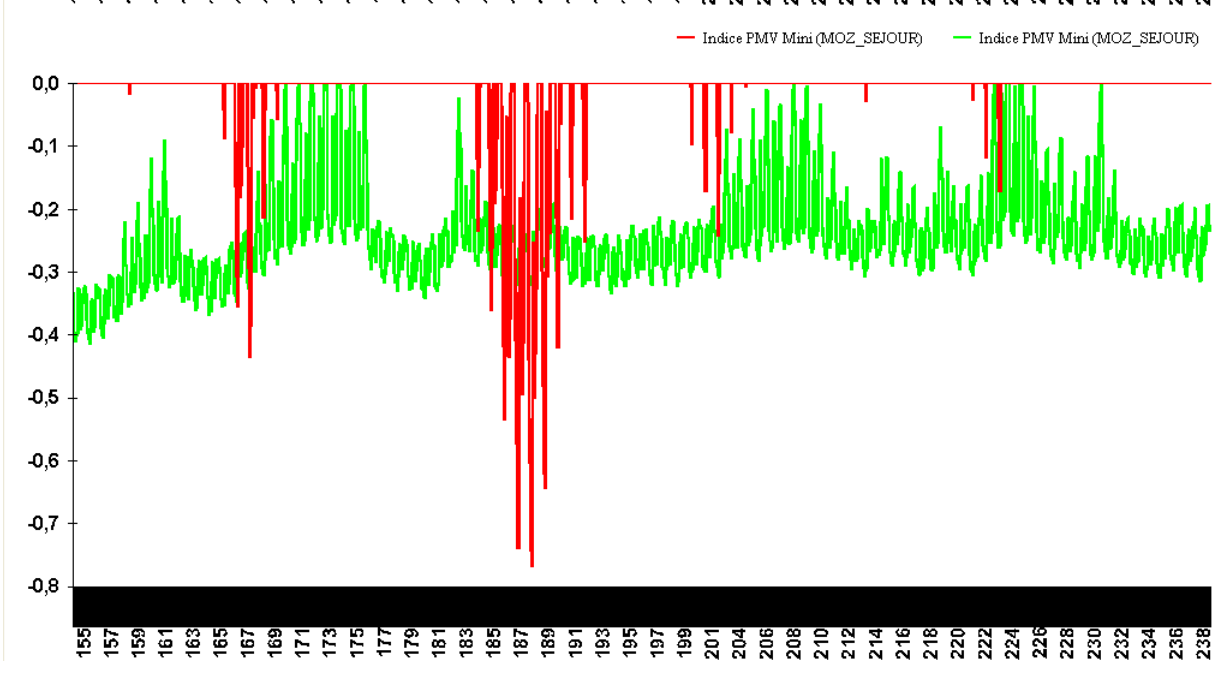
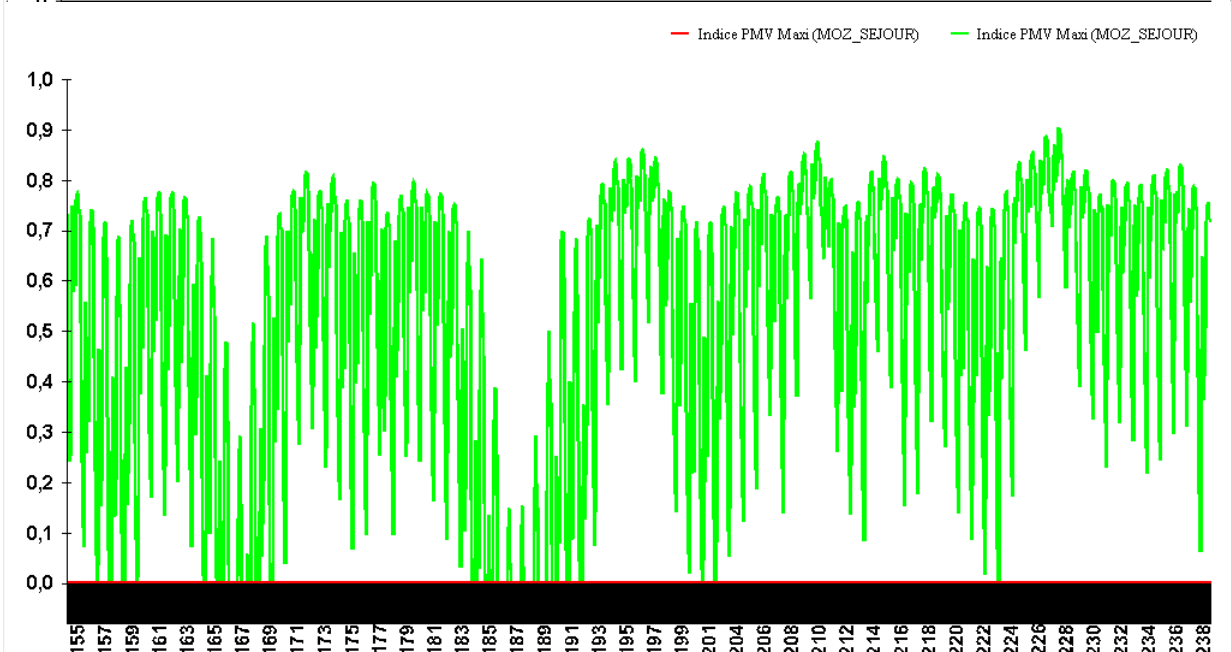
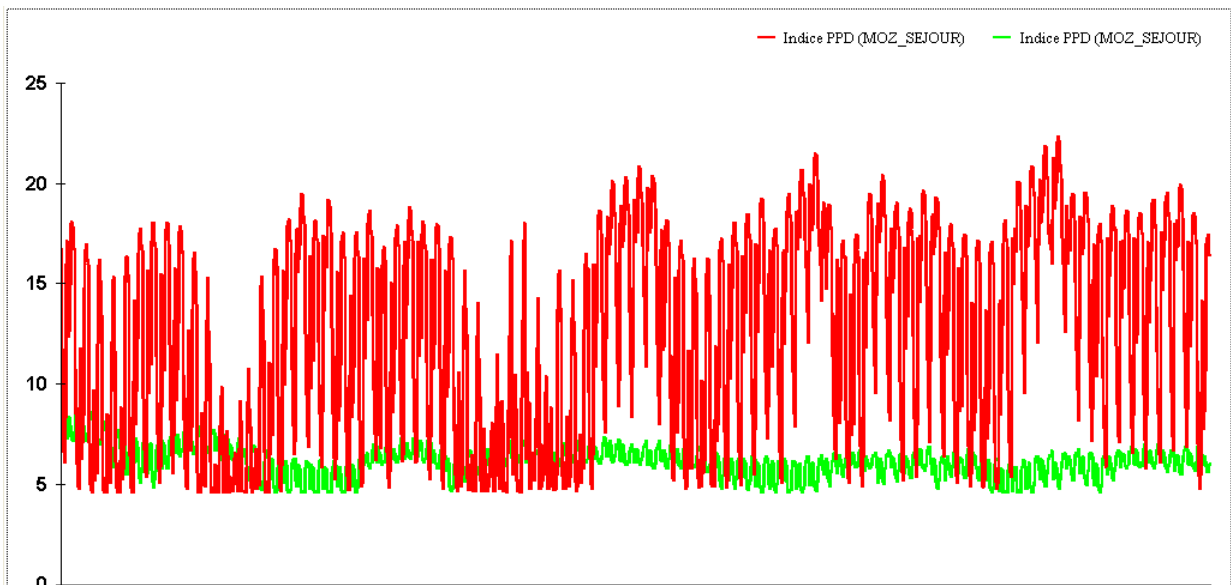
Villes – été



Période de l'année (Limoges)

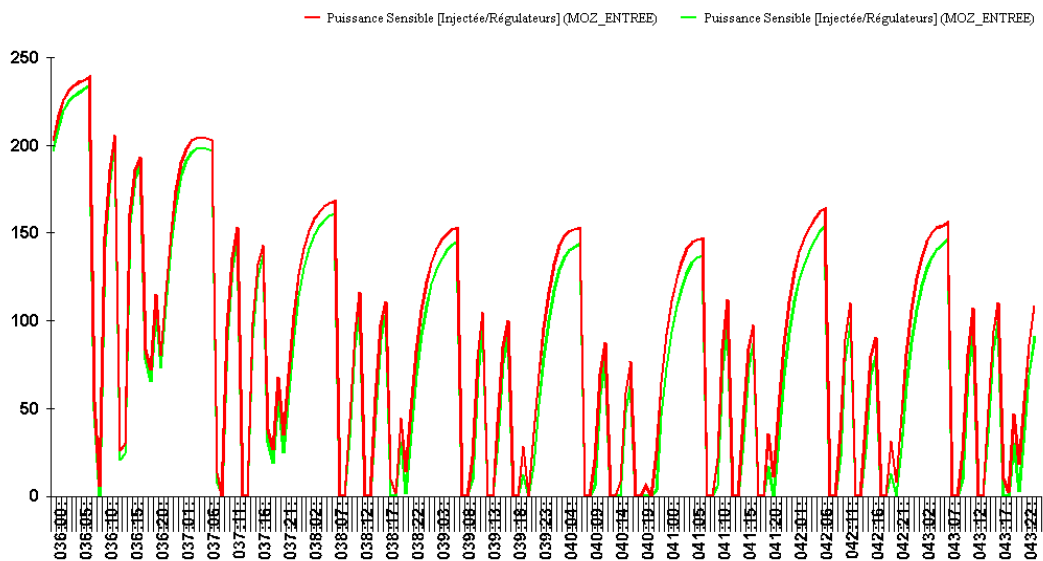
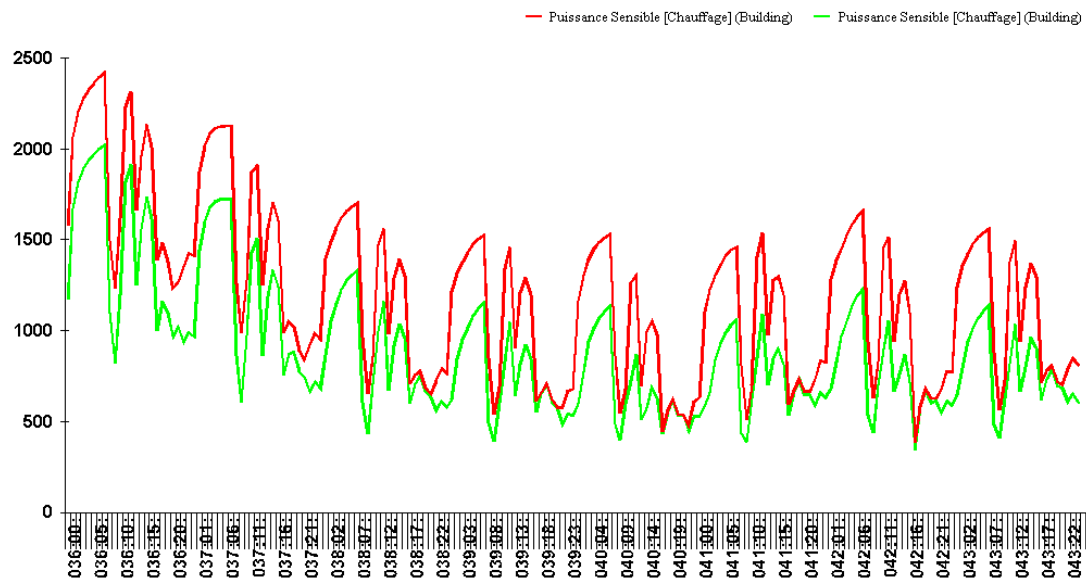
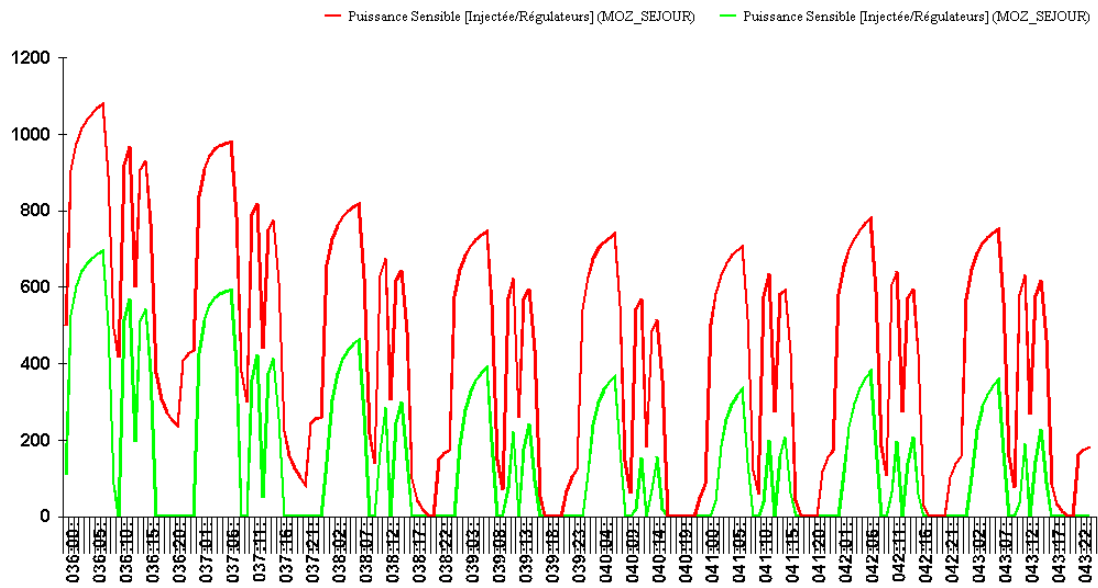
Rouge : été vert : hiver

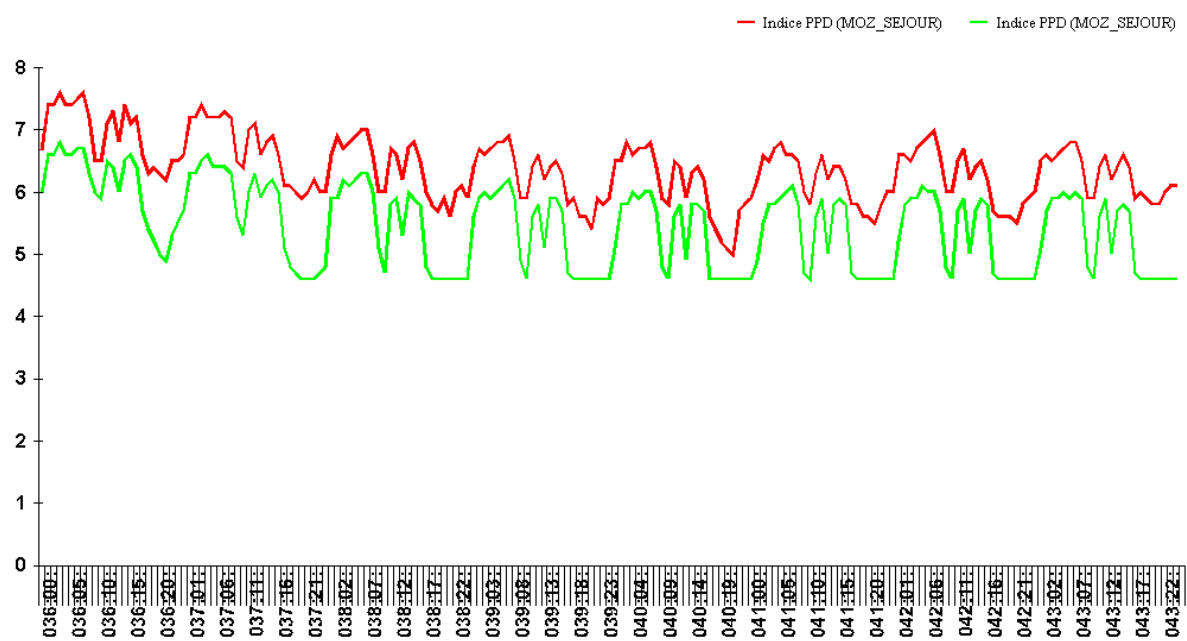
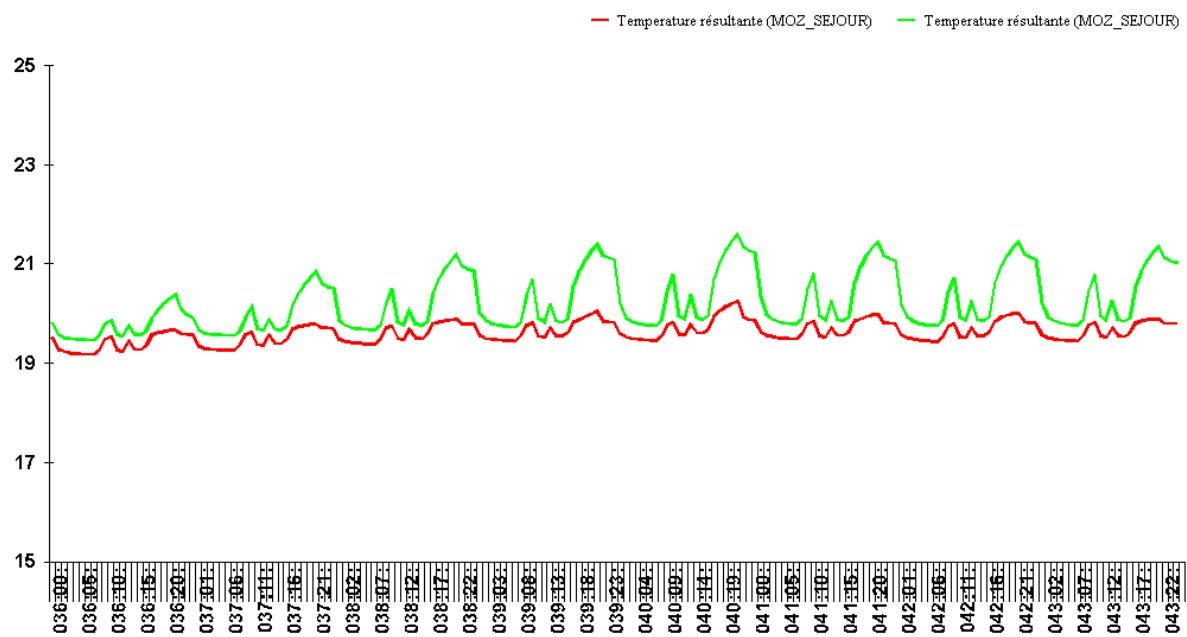




Isolant

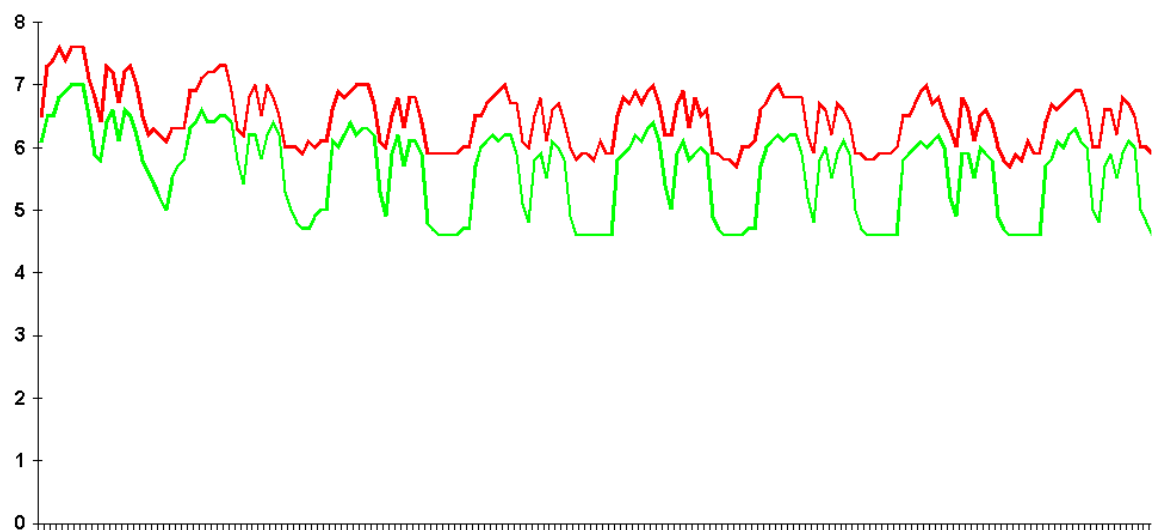
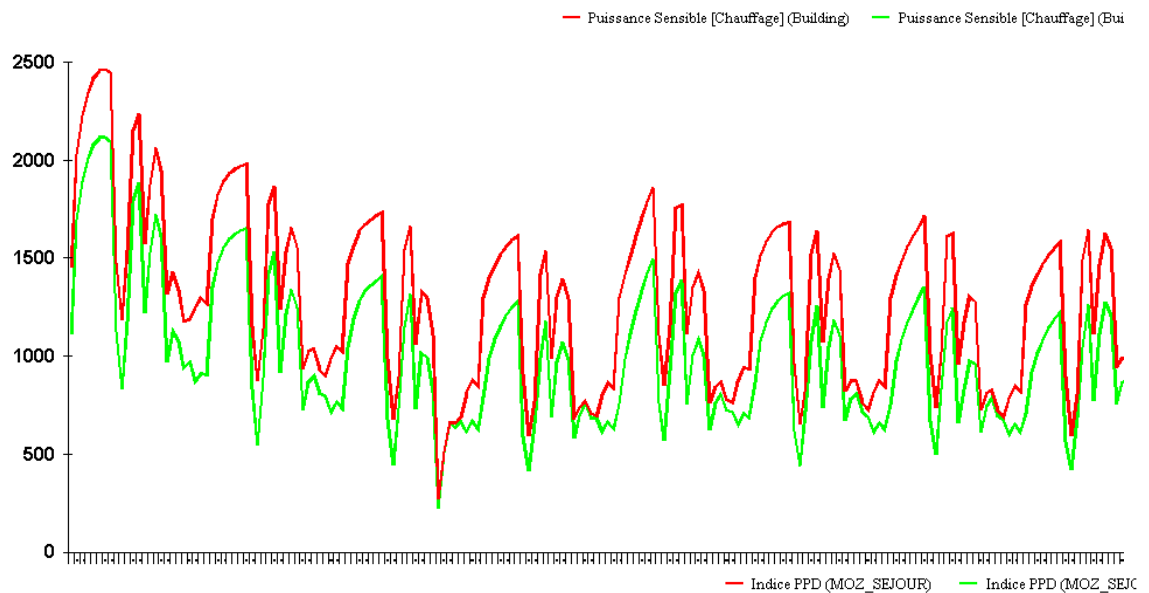
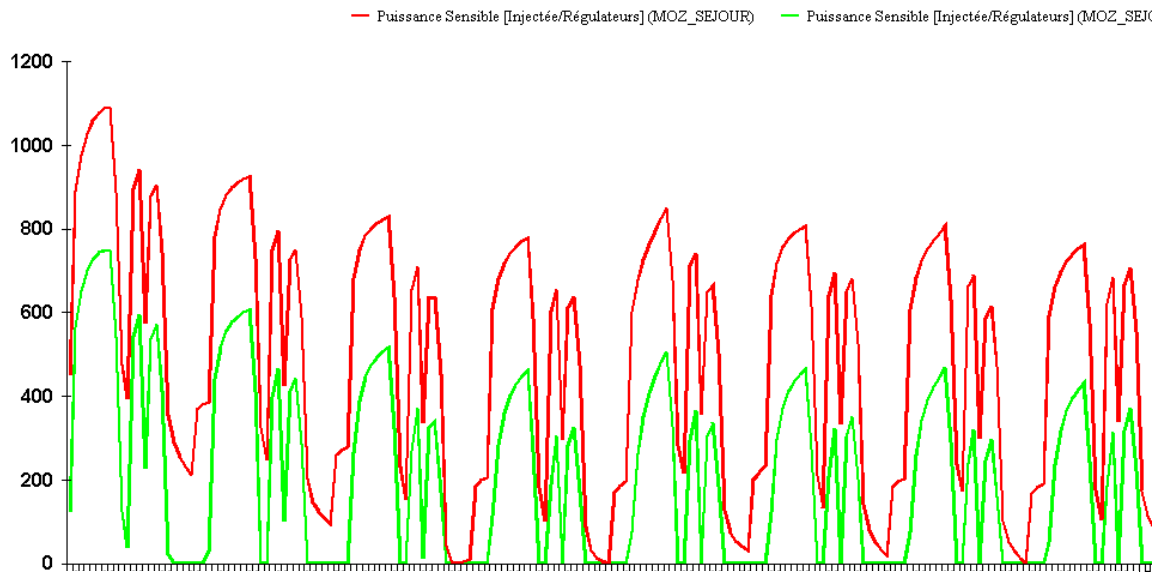
Rouge : tel quel vert : avec polystyrène extrudé





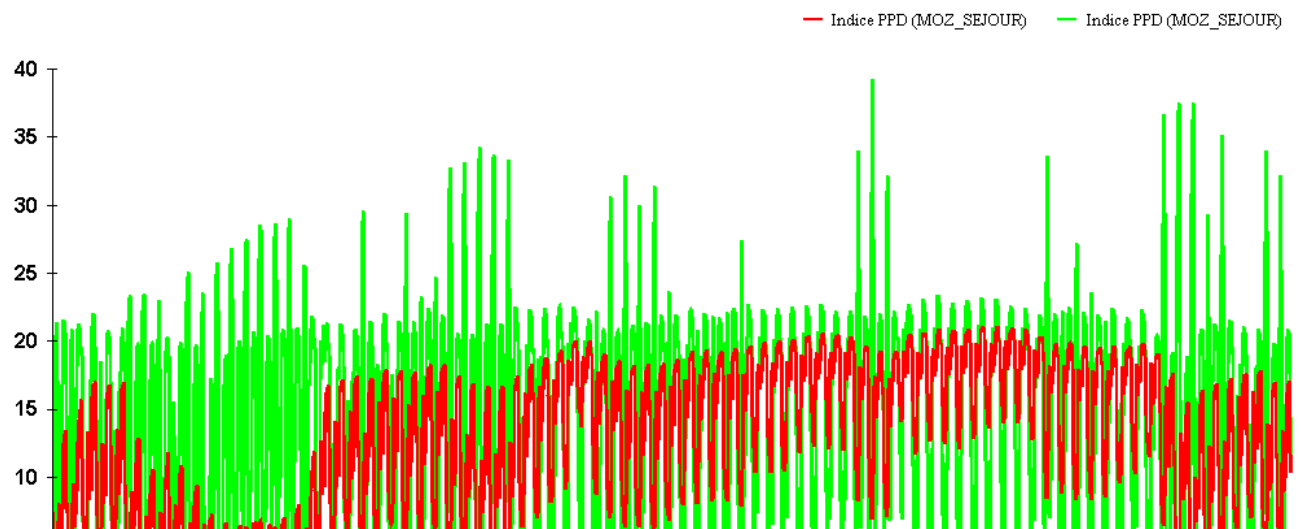
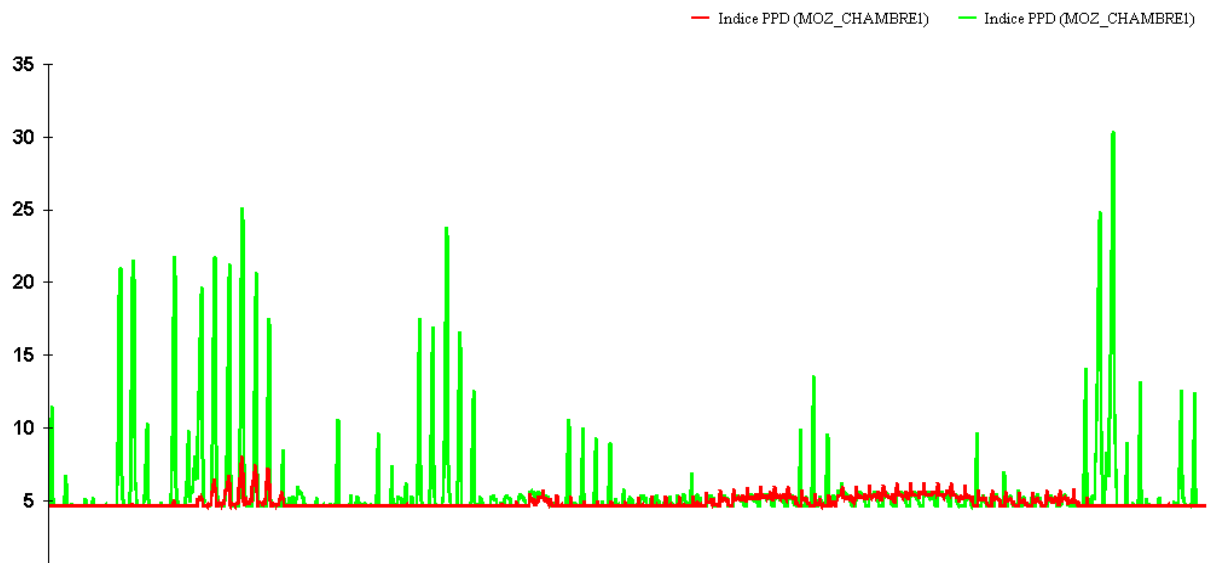
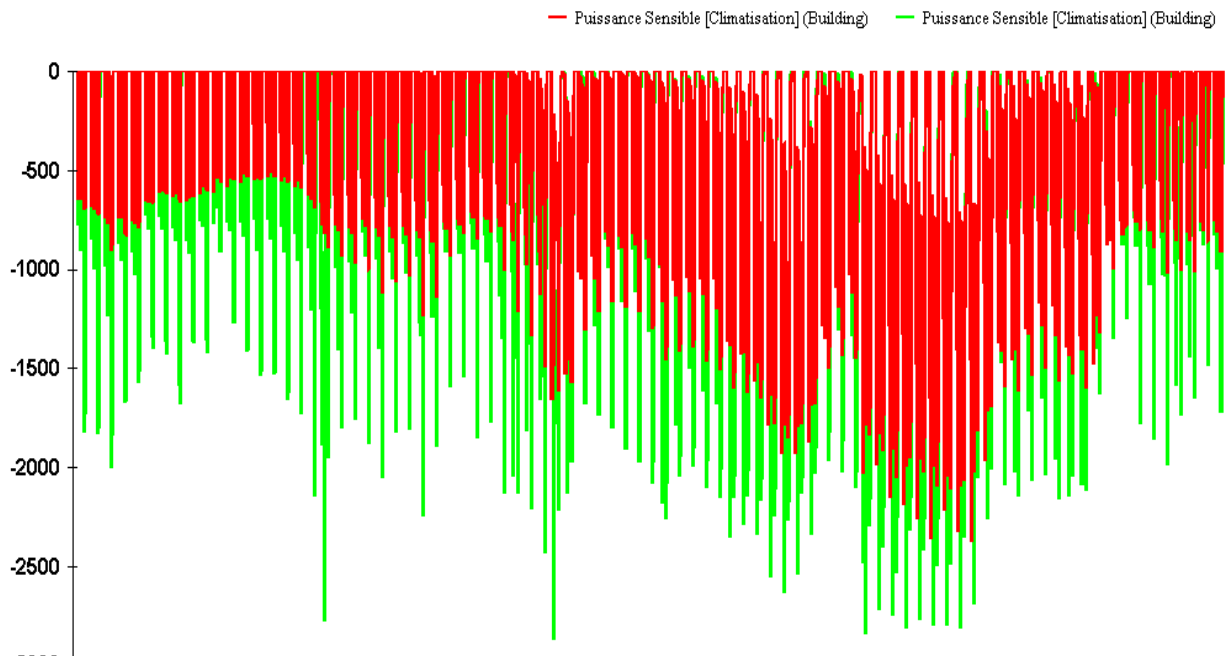
Isolant

Rouge : tel quel vert : avec fibre de bois



Inertie

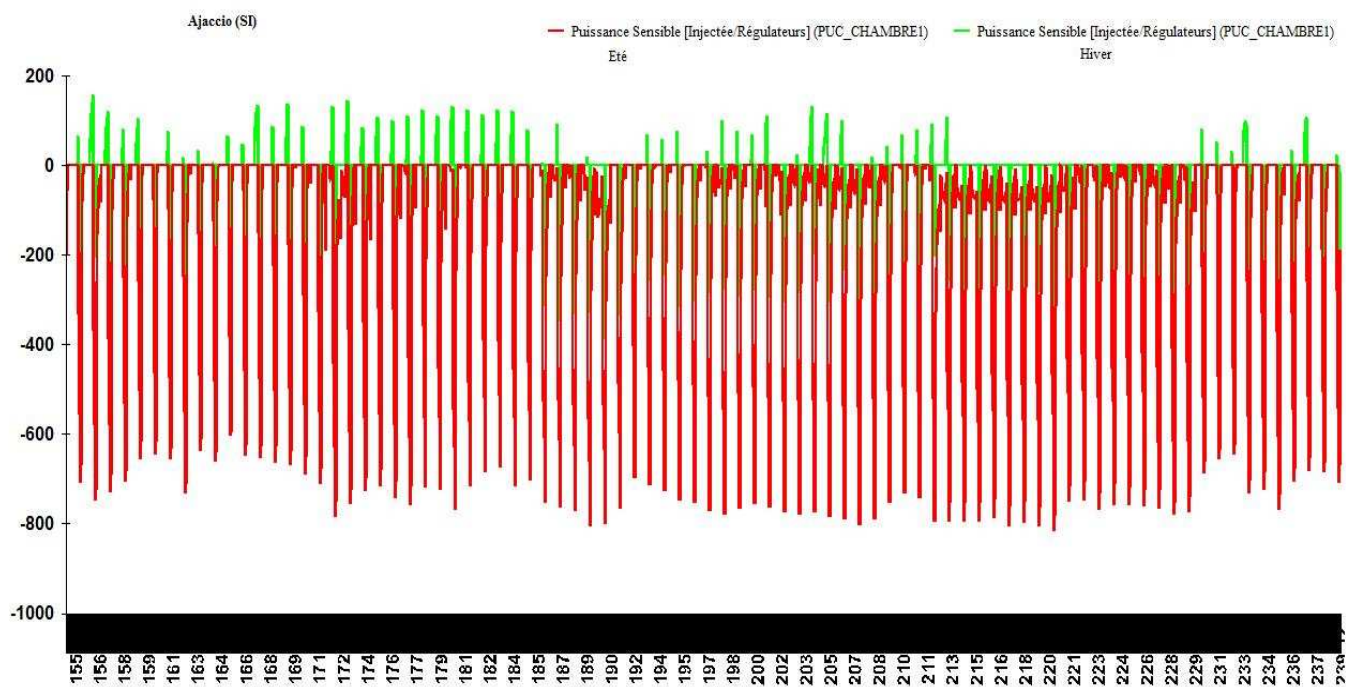
Rouge : basse inertie vert : haute inertie



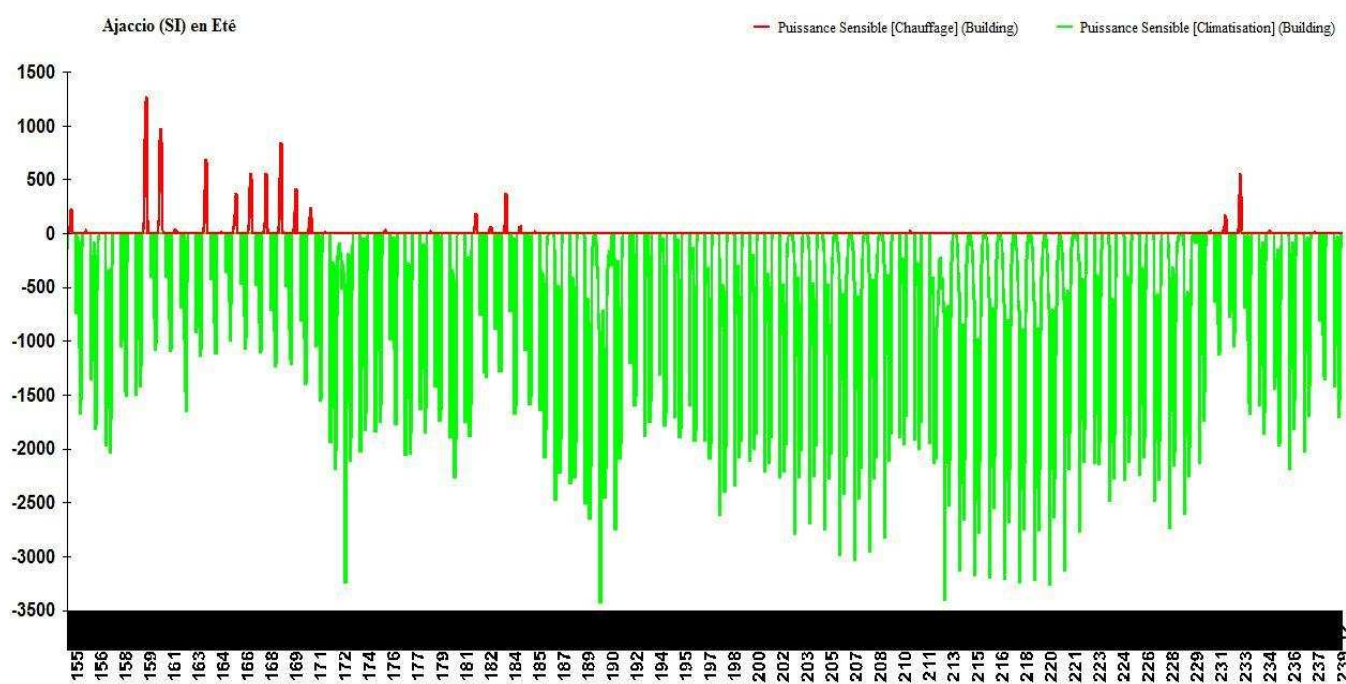
ANNEXE N°9 : Courbes des simulations sur la maison « Puccini »

Puissance

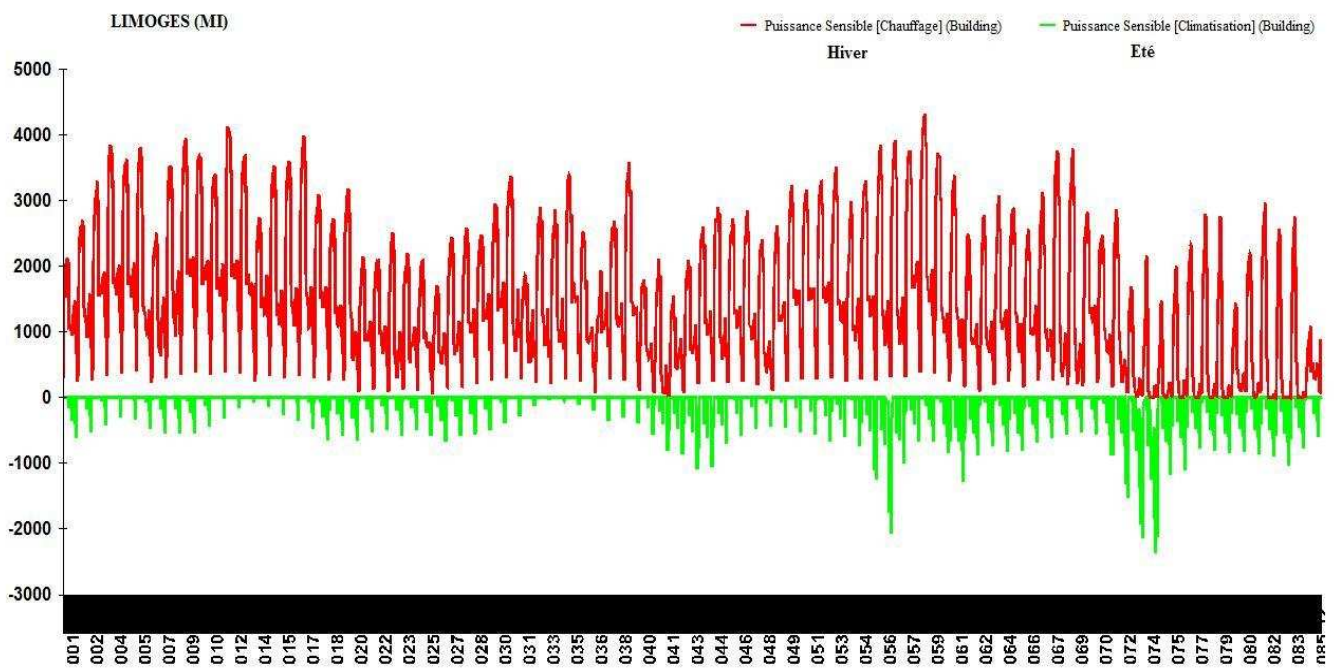
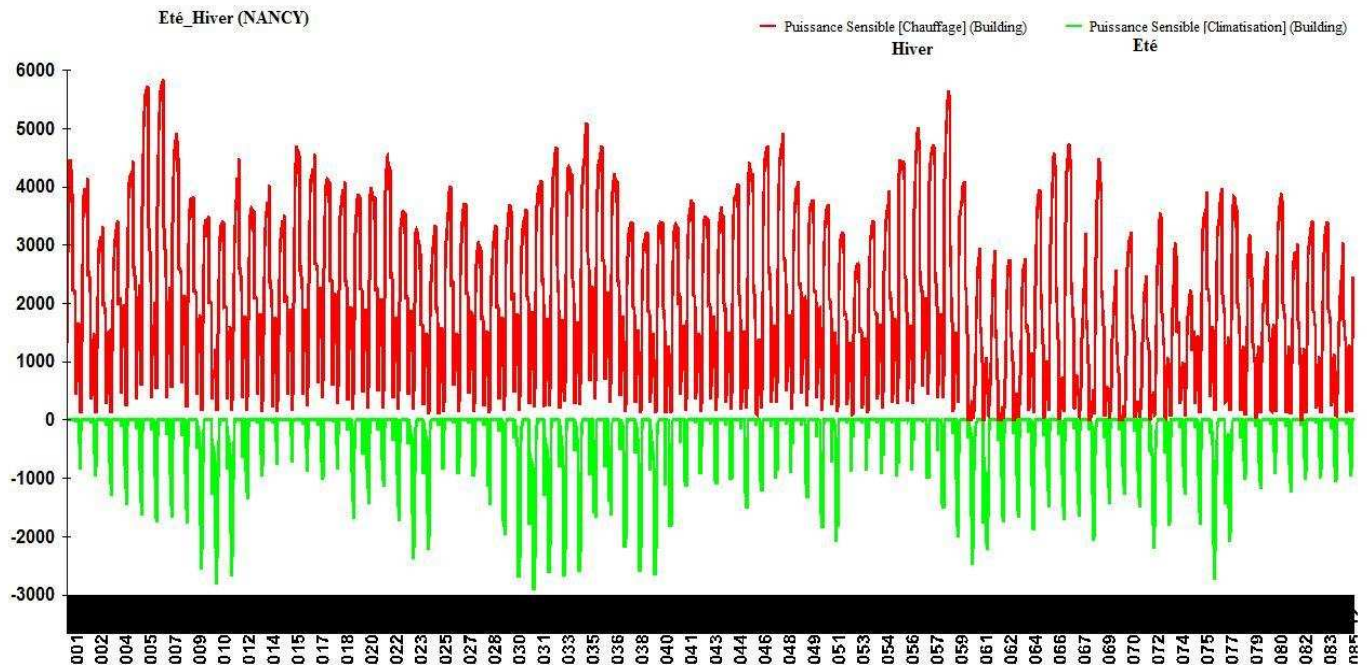
Rouge et vert : Puissance annuelle



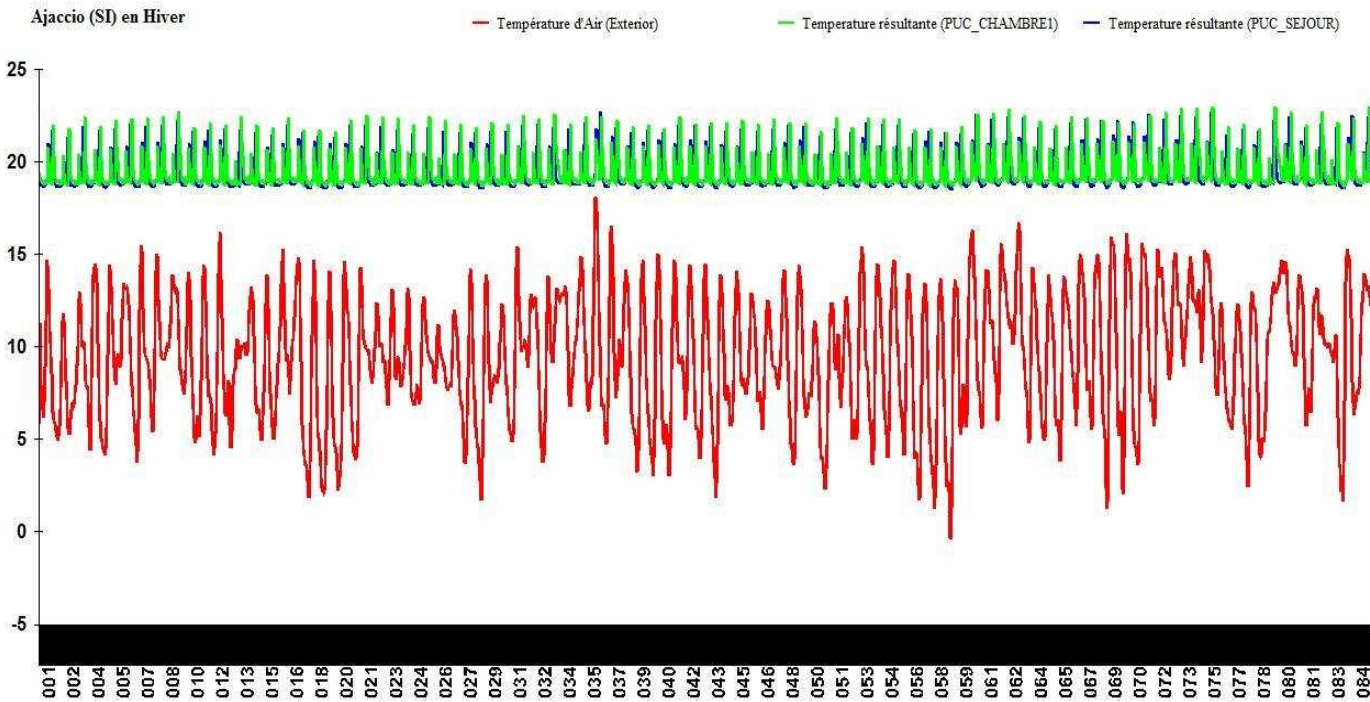
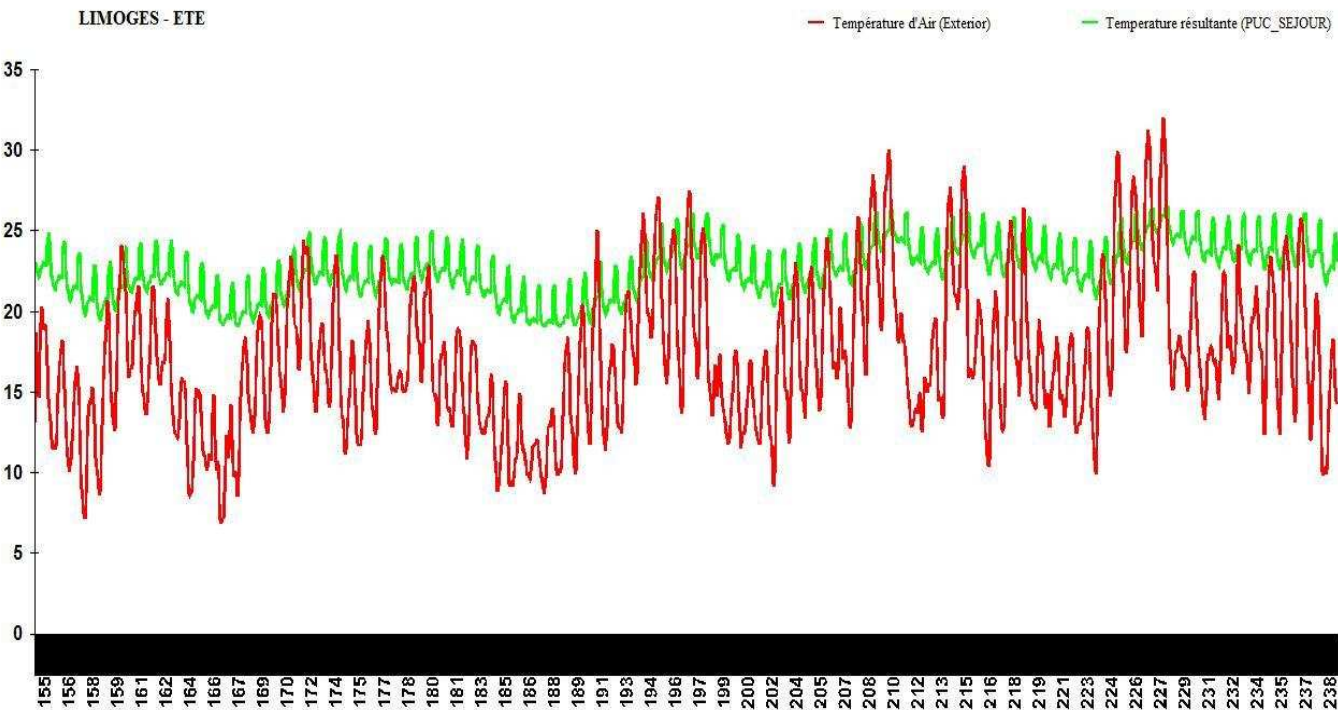
Rouge et vert : Puissance été



Rouge et vert : Puissance annuelle



Températures



COMPTE RENDU DE REUNION

Nous avons décidé de nous réunir de façon régulière afin d'être au maximum efficace. Les personnes présentes étaient à chaque fois les mêmes, c'est-à-dire, Mme DANAILA, Mlle PETIT, Mlle NIMAGA et Mlle MEDOU.

Les réunions s'effectuaient généralement au CORIA et durée environ une heure. Les réunions étaient généralement le moment où l'on posait nos questions concernant les spécificités du logiciel, où l'on analysait nos résultats, et où l'on discutait de notions concernant le confort thermique.

Vous pourrez trouver ci-joint les différents comptes rendu des réunions que nous avons effectuées.

DATES DES DIFFERENTES REUNIONS :

- ✓ 7 Février 2008
- ✓ 28 Février 2008
- ✓ 18 mars 2008
- ✓ 3 Avril 2008
- ✓ 21 Avril 2008
- ✓ 29 Avril 2008
- ✓ 6 Mai 2008
- ✓ 15 Mai 2008
- ✓ 29 Mai 2008



COMPTE RENDU DE REUNION

Date de la réunion : 7 Février 2008

Ordre du jour : Présentation du sujet

Personnes conviées ainsi que leur statut : Mme DANAÏLA (tuteur),
Mlle PETIT,
Mlle NIMAGA, (étudiantes)
Mlle MEDOU,

Liste de diffusion : Mme DANAÏLA, M. NOEL, IUP MAITRISE DE L'ENERGIE,
Mlle PETIT, Mlle NIMAGA, Mlle MEDOU

Résumé :

- ❖ Choix de notre axe d'étude
- ❖ Explication du logiciel et de ses fonctionnalités
- ❖ Modifications des paramètres concernant :
 - Les propriétés des matériaux
 - La régulation (en humidité, en température...)
 - Les paramètres de confort (vêtue, métabolisme...)

Décisions éventuelles prises :

- ♦ Etude concernant le confort thermique
- ♦ Effectuer des simulations diverses afin de :
 - s'approprier le logiciel CODYBA
 - relever des problèmes
 - donner son avis en vue d'améliorations

COMPTE RENDU DE REUNION

Date de la réunion : 28 Février 2008

Ordre du jour : Présentation et délimitation du sujet

Personnes conviées ainsi que leur statut : Mme DANAÏLA (tuteur),
Mlle PETIT,
Mlle NIMAGA, (étudiantes)
Mlle MEDOU,

Liste de diffusion : Mme DANAÏLA, M. NOEL, IUP MAITRISE DE L'ENERGIE,
Mlle PETIT, Mlle NIMAGA, Mlle MEDOU

Résumé :

- ❖ Précisions concernant le sujet
- ❖ Précisions concernant les notions de confort (notion de Fanger...)
- ❖ Cours concernant le logiciel CODYBA, donné par Mme DANAILA

Décisions éventuelles prises :

- ♦ Envoie d'un mail à Jean NOEL
 - Se présenter
 - Rappeler le sujet
 - Explication de notre démarche jusqu'à ce jour
 - Demande de la version de CODYBA incluant le confort
- ♦ Lecture de la documentation envoyer par Jean NOEL
 - Typologie CSTB
 - Documentation logicielle
 - Pdf concernant le confort thermique (Notion de Fanger....)
- ♦ Essais de simulations sur CODYBA

COMPTE RENDU DE REUNION

Date de la réunion : 18 Mars 2008

Ordre du jour : Présentation et délimitation du sujet

Personnes conviées ainsi que leur statut : Mme DANAÏLA (tuteur),
Mlle PETIT,
Mlle NIMAGA, (étudiantes)
Mlle MEDOU,

Liste de diffusion : Mme DANAÏLA, M. NOEL, IUP MAITRISE DE L'ENERGIE,
Mlle PETIT, Mlle NIMAGA, Mlle MEDOU

Résumé :

- ❖ Obtention des documents informatiques
 - Cas d'exemple à partir de la typologie CSTB des bâtiments
 - Manuel associé
 - Documents donnés par Mme DANAILA
- ❖ Discussion concernant le sujet

Décisions éventuelles prises :

- ♦ Prise en main du logiciel CODYBA
- ♦ Essais de plusieurs configurations afin de trouver quelques défauts du logiciel

COMPTE RENDU DE REUNION

Date de la réunion : 3 Avril 2008

Ordre du jour : Simulations

Personnes conviées ainsi que leur statut : Mme DANAÏLA (tuteur),
Mlle PETIT,
Mlle NIMAGA, (étudiantes)
Mlle MEDOU,

Liste de diffusion : Mme DANAÏLA, M. NOEL, IUP MAITRISE DE L'ENERGIE,
Mlle PETIT, Mlle NIMAGA, Mlle MEDOU

Résumé :

- ❖ Présentation et discussion concernant nos différentes versions
- ❖ Questions soulevées concernant les résultats obtenus

Décisions éventuelles prises :

- ♦ Choix de travailler à partir des documents informatiques CSTB
- ♦ Simulations à faire sur la PUCCINI pour commencer

COMPTE RENDU DE REUNION

Date de la réunion : 21 Avril 2008

Ordre du jour : **Présentation** de versions – Analyses de résultats et problèmes

Personnes conviées ainsi que leur statut : Mme DANAÏLA (tuteur),
Mlle PETIT,
Mlle NIMAGA, (étudiantes)
Mlle MEDOU,

Liste de diffusion : Mme DANAÏLA, M. NOEL, IUP MAITRISE DE L'ENERGIE,
Mlle PETIT, Mlle NIMAGA, Mlle MEDOU

Résumé :

- ❖ Présentation de version (concernant la PUCCINI)
- ❖ Questions soulevées concernant les résultats obtenus
- ❖ Relevé des certains points à améliorer
- ❖ Quelle ville doit être choisie afin d'effectuer les meilleures simulations

Décisions éventuelles prises :

- ♦ Envoyer les versions qui ne fonctionnent pas correctement
- ♦ Envoyer les suggestions d'amélioration concernant le confort

COMPTE RENDU DE REUNION

Date de la réunion : 29 Avril 2008

Ordre du jour : Présentation de versions – Analyses de résultats et problèmes

Personnes conviées ainsi que leur statut : Mme DANAÏLA (tuteur),
Mlle PETIT,
Mlle NIMAGA, (étudiantes)
Mlle MEDOU,

Liste de diffusion : Mme DANAÏLA, M. NOEL, IUP MAITRISE DE L'ENERGIE,
Mlle PETIT, Mlle NIMAGA, Mlle MEDOU

Résumé :

- ❖ Présentation de version (concernant la PUCCINI)
- ❖ Questions soulevées concernant les résultats obtenus notamment dans les combles
- ❖ Relevé de certains points à améliorer
- ❖ Questions concernant le pourcentage de personnes déçues

Décisions éventuelles prises :

- ◆ Continuer les simulations
- ◆ Relever les problèmes survenus
- ◆ Etudes de maisons de tailles différentes
- ◆ Envoyer les versions qui ne fonctionnent pas correctement
- ◆ Envoyer les suggestions d'amélioration concernant le confort
- ◆ Commencer la rédaction du rapport

COMPTE RENDU DE REUNION

Date de la réunion : 6 Mai 2008

Ordre du jour : Simulations

Personnes conviées ainsi que leur statut : Mme DANAÏLA (tuteur),
Mlle PETIT,
Mlle NIMAGA, (étudiantes),
Mlle MEDOU,

Liste de diffusion : Mme DANAÏLA, M. NOEL, IUP MAITRISE DE L'ENERGIE,
Mlle PETIT, Mlle NIMAGA, Mlle MEDOU

Résumé :

- ❖ Etudes et approfondissement des versions concernant les 3 types de bâtiments :
 - PUCCINI
 - MOZART
 - MATISSE-MONDRIAN
- ❖ Questions soulevées concernant les résultats obtenus
- ❖ Relevé et discussion concernant les points à améliorer

Décisions éventuelles prises :

- ♦ Finir les simulations
- ♦ Relever les derniers problèmes survenus
- ♦ Etudes de bureaux d'études – améliorations de performances
- ♦ Envoyer les versions qui ne fonctionnent pas correctement
- ♦ Envoyer les suggestions d'amélioration concernant le confort

COMPTE RENDU DE REUNION

Date de la réunion : 15 Mai 2008

Ordre du jour : Simulations

Personnes conviées ainsi que leur statut : Mme DANAÏLA (tuteur),
Mlle PETIT,
Mlle NIMAGA, (étudiantes),
Mlle MEDOU,

Liste de diffusion : Mme DANAÏLA, M. NOEL, IUP MAITRISE DE L'ENERGIE,
Mlle PETIT, Mlle NIMAGA, Mlle MEDOU

Résumé :

- ❖ Présentation des versions concernant les 3 types de bâtiments :
 - PUCCINI
 - MOZART
 - MATISSE-MONDRIAN
- ❖ Questions soulevées concernant les résultats obtenus
- ❖ Relevé de certains points à améliorer

Décisions éventuelles prises :

- ♦ Continuer les simulations
- ♦ Relever les problèmes survenus
- ♦ Etudes de bureaux d'études – améliorations de performances
- ♦ Traçage des courbes concernant les différents bâtiments
- ♦ Envoyer les versions qui ne fonctionnent pas correctement
- ♦ Envoyer les suggestions d'amélioration concernant le confort

COMPTE RENDU DE REUNION

Date de la réunion : 29 Mai 2008

Ordre du jour : **Rapport** – Compte rendu de projet

Personnes conviées ainsi que leur statut : Mme DANAÏLA (tuteur),
Mlle PETIT,
Mlle NIMAGA, (étudiantes)
Mlle MEDOU,

Liste de diffusion : Mme DANAÏLA, M. NOEL, IUP MAITRISE DE L'ENERGIE,
Mlle PETIT, Mlle NIMAGA, Mlle MEDOU

Résumé :

- ❖ Discussion sur l'avancée du compte rendu
- ❖ Présentation et analyse des dernières courbes tracées
- ❖ Discussion sur la date limite de transmission du rapport

Décisions éventuelles prises :

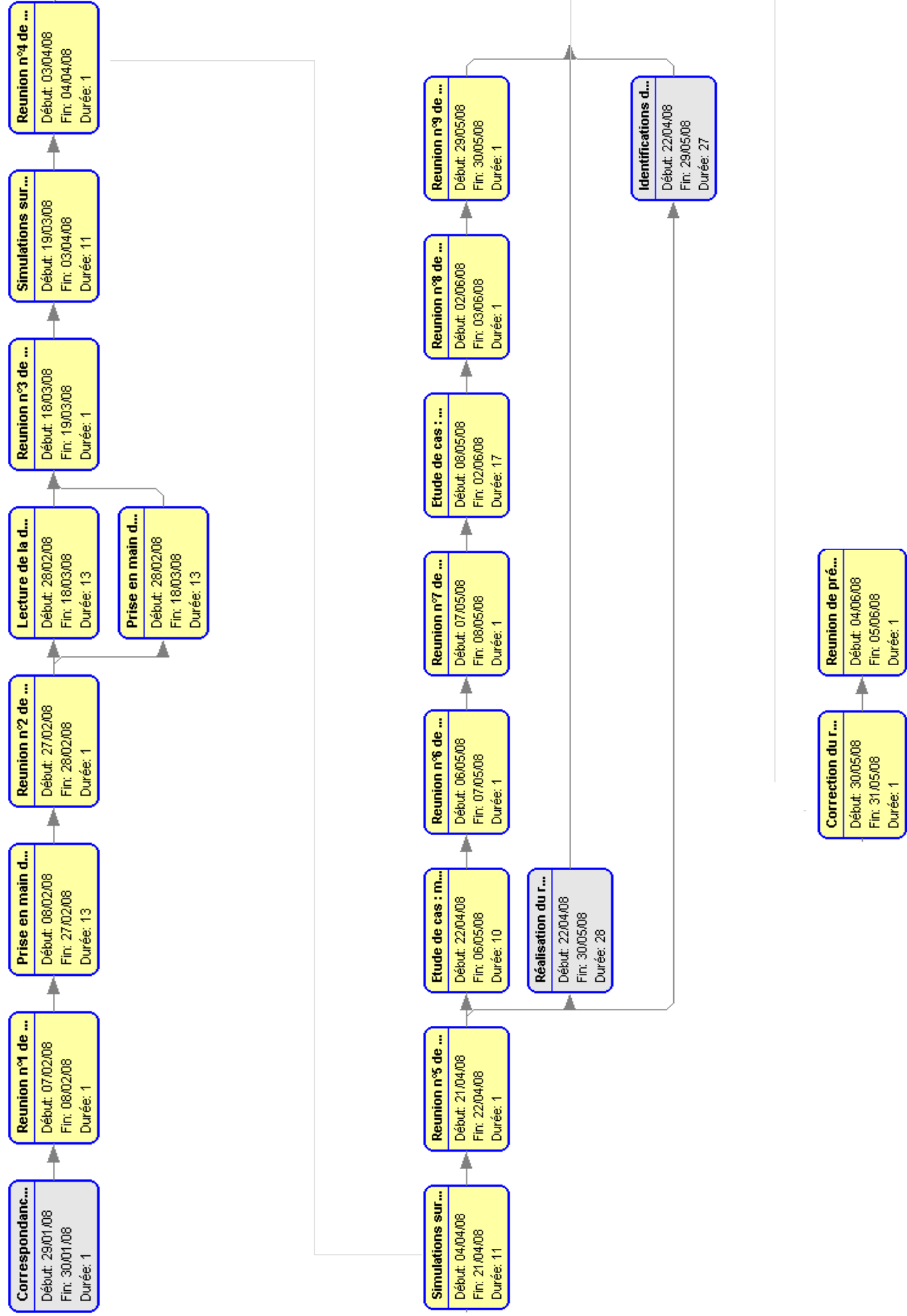
- ♦ Terminer le rapport
- ♦ Envoyer le rapport a Mme DANAILA ainsi qu'à M. NOEL

ANNEXE N°11: Gestion de projet

GESTION DE PROJET



Nom	Date de début	Date de fin
Correspondance avec Mme DANAILA	29/01/08	30/01/08
Reunion n°1 de suivi	07/02/08	08/02/08
Prise en main du Logiciel CODYBA version Mono Zone	08/02/08	27/02/08
Correspondance avec Mme DANAILA	08/02/08	09/02/08
Correspondance avec M.NOEL	18/02/08	19/02/08
Reunion n°2 de suivi	27/02/08	28/02/08
Lecture de la documentation relative au logiciel	28/02/08	18/03/08
Prise en main du Logiciel CODYBA version Confort	28/02/08	18/03/08
Correspondance avec Mme DANAILA	05/03/08	06/03/08
Correspondance avec M.NOEL	06/03/08	07/03/08
Correspondance avec M.Noel	17/03/08	18/03/08
Reunion n°3 de suivi	18/03/08	19/03/08
Simulations sur CODYBA Confort	19/03/08	03/04/08
Correspondance avec M.Noel	20/03/08	21/03/08
Correspondance avec Mme DANAILA	28/03/08	29/03/08
Reunion n°4 de suivi	03/04/08	04/04/08
Simulations sur batiments CSTB	04/04/08	21/04/08
Reunion n°5 de suivi	21/04/08	22/04/08
Etude de cas : maison type Puccini	22/04/08	06/05/08
Identifications de défauts du logiciel	22/04/08	29/05/08
Correspondance avec M.NOEL	23/04/08	24/04/08
Réalisation du rapport d'étude	22/04/08	30/05/08
Reunion n°6 de suivi	06/05/08	07/05/08
Correspondance avec M.NOEL	05/05/08	06/05/08
Reunion n°7 de suivi	07/05/08	08/05/08
Correspondance avec Mme DANAILA	07/05/08	08/05/08
Etude de cas : MATISSE-MONDRIAN, MOZART, PUCCINI	08/05/08	02/06/08
Correspondance avec M.NOEL	14/05/08	15/05/08
Reunion n°8 de suivi	02/06/08	03/06/08
Correspondance avec Mme DANAILA	19/05/08	20/05/08
Correspondance avec Mme DANAILA	23/05/08	24/05/08
Correspondance avec M.NOEL	27/05/08	28/05/08
Correspondance avec Mme DANAILA	28/05/08	29/05/08
Reunion n°9 de suivi	29/05/08	30/05/08
Correction du rapport	30/05/08	31/05/08
Reunion de présentation du projet	04/06/08	05/06/08



BIBLIOGRAPHIE / SITOGRAPHIE

Bibliographie :

La conception bioclimatique « des maisons confortables et économes »

Samuel Courgey et Jean-Pierre Oliva

Transferts thermiques

Bruno Chéron, chercheur au Coria (Rouen)

Le confort thermique

Jean Noel, Ingénieur Freelance, responsable du développement du logiciel CoDyBa

Typologie CSTB

Jean Noel, Ingénieur Freelance, responsable du développement du logiciel CoDyBa

"Impact Inertie" et "Confort d'été"

Guide pratique de l'ADEME

Bâtiment et Demande HQE

ADEME

"Définition de la QE des Bâtiments"

SIDOROFF - APEDEC

Sitographie :

<http://www.ac-nice.fr/svt/productions/2ao/equilal/calcmnet.htm>

CALCUL DU METABOLISME

<http://www-energie.arch.ucl.ac.be/cdrom/chauffage/evaluer/Hopital/chauhopeconfort.htm>

EVALUER LE CONFORT THERMIQUE

http://www.iso.org/iso/fr/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=14567

NORME ISO

<http://www.ashrae.org/>

ASHRAE

www.grenoble.archi.fr/enseignement/cours/tixier/CT_NT_1.ppt

CONFORT THERMIQUE

http://130.104.235.38/ibge-guide/docs/CSS13_FR.pdf
moodle.epfl.ch/file.php/519/pdf/sec5txt1.pdf

<http://www.linternaute.com/bricolage/amenagement-interieur/dossier/isolation>

L'isolation thermique

<http://www.paridurable.com/fibrebois.htm>

Des solutions écologiques pour l'habitat

ANALYSE DU CONFORT THERMIQUE DANS CODYBA

L'objectif :

L'objectif de ce projet est d'effectuer différentes simulations sur le logiciel CODYBA, et ce, sur différents types de bâtiments afin de visualiser leur comportement à long terme (une année) ou à court terme (une semaine) et trouver d'éventuelles améliorations concernant leurs conceptions.

Mais l'objectif majeur en ce qui nous concerne, est de soulever d'éventuels points « noirs » du logiciel concernant le confort thermique en vue d'une éventuelle amélioration du logiciel.



Résumé :

La première étape a été la prise en main du logiciel (version mono zone), afin de bien comprendre toutes les fonctionnalités de cet outil. Pour ce faire, nous avons effectuées nos propres simulations et en parallèle nous nous sommes renseignées sur la notion de confort thermique en effectuant des recherches bibliographiques.

Puis nous sommes passées à la version complétée du module « confort thermique » et nous avons effectuées des simulations sur des bâtiments fournis par le concepteur du logiciel afin de ne s'attarder que sur les questions confort thermique et améliorations possibles de son logiciel.

En parallèle nous avons fait des études de bureaux d'études afin de voir les améliorations possibles des bâtiments concernant leur conception, leur orientation, leur consommation...



Mots-clés:

Notion de Fanger, Confort thermique, métabolisme, PMV (Predicted Mean Vote), PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied)

Améliorations et axes de recherches :

- ✓ Création de nouvelles interfaces
 - De classes de pièces
 - Bibliothèque de bâtiments
 - Profil de personne
- ✓ Notions théoriques concernant le confort
 - Toutes les personnes insérées dans CODYBA sont considérées comme identiques.
 - il n'y a pas de lien entre les personnes insérées et le confort résultant.
- ✓ Problèmes rencontrés
 - Obtention de températures aberrantes
 - Résultats inchangés quelque soit la position du bâtiment.
 - Mauvais choix de symbole (X/O) signifiant en service ou hors service.
 - Impossibilité de modifier la légende au niveau du traçage des courbes

Groupe : PETIT Amélie, NIMAGA Fatoumata, MEDOU Delphine

Tuteurs : Mme DANAÏLA (Coria), M. NOEL (Cethil)