



**Atelier/débat « le tertiaire sans clim» - vendredi 29 avril 2011**

## **Bâtiment ENERPOS – I.U.T. – SAINT PIERRE** présenté par **François Garde, professeur Université**

**Projet : Bâtiment ENERPOS de l'IUT Sud à Saint-Pierre**  
**(bâtiment instrumenté)**

Architecte : Thierry Faessel-Bohe  
Maître d'ouvrage : Université  
Position : campus de Saint-Pierre

Bâtiment ENERPOS = énergie positive : produit plus d'énergie qu'il n'en consomme  
Bâtiment réalisé depuis 3 ans

### **Présentation des retours de mesure et des enquêtes auprès des utilisateurs.**

A La Réunion : un bâtiment tertiaire moyen consomme 330 kWh d'énergie primaire équivalent à 150 kWh/m<sup>2</sup>/an d'énergie électrique.

Exigences européennes (bâtiment basse conso) : en 2012 en métropole, tous les bâtiments devront consommer 50 kWh en énergie primaire soit 22 kWh/m<sup>2</sup>/an d'énergie électrique.

Nous sommes très, très en retard à La Réunion sur la consommation des bâtiments.

### **Changer de mode de réflexion**

On ne peut plus concevoir le bâtiment comme une boîte fermée dans laquelle on met de la clim. et de l'éclairage artificiel :

- le bâtiment doit être un système ouvert fonctionnant avec des moyens passifs le plus longtemps possible
- les moyens actifs (clim. et éclairage artificiel) ne doivent être utilisés qu'en dernière limite

Comme un bateau à voile, ces bâtiments s'adaptent au climat qu'ils utilisent et ne consomment pas d'énergie.

### **Pourquoi ça marche ?**

Au niveau physiologique, nous pouvons tenir en situation de confort jusqu'à des températures relativement élevées : l'être humain est en situation de confort jusqu'à plus de 30°. Lorsqu'une vitesse d'air vient sur vous, vous pouvez tenir à une température plus élevée, car l'air autour de vous permet d'évacuer par convection la chaleur (**graphique CSTB**).

- dans une pièce mal conçue en air calme, non traversante, la limite de température est 26°
- si on arrive à créer une vitesse d'air parce que le bâtiment est traversant et parce qu'il y a un brasseur d'air (1 m/sec.), on peut tenir jusqu'à plus de 30° (2 m/sec., jusqu'à 32°).

### Les outils de simulation

L'université précurseur il y a 5 ans, avec une démarche confort.

⇒ **Diagramme de Givoni**

Les zones de confort dépendent de la température qui vient sur l'occupant.

Givoni a défini des zones où on est en situation de confort sans besoin de vitesse d'air (entre 20 et 26°), mais si on arrive à créer une vitesse d'air importante sur l'occupant, on peut tenir jusqu'à 30-32°.

L'approche confort diffère de l'approche température. Connaître ses bases de confort est fondamental pour justifier au maître d'ouvrage la suppression de la clim. Avoir un programme précis, avec des objectifs très clairs est fondamental.

### Exigences du programme ENERPOS (en 2006)

- Ventilation naturelle traversante obligatoire
- Climatisation limitée à 3 mois
- Eclairage artificiel < 7 W/m<sup>2</sup>
- Consommation < 80 kWh/m<sup>2</sup>/an (soit 2 fois moins que le bâtiment du campus du Moufia)

Pour une question de budget, on n'a réalisé que 2 des 4 petits bâtiments prévus.

On a 739 m<sup>2</sup> SHON / 1 425 m<sup>2</sup> SHOB, un ratio très important parce qu'on a beaucoup de coursives, un forum qui devait "liaisonner" aux 2 autres bâtiments, des parkings sous cette zone.

⇒ **Plan**

2 niveaux, 2 bâtiments parallèles avec une zone d'administration, un couloir central qui dessert des bureaux et une salle de classe et 1 patio intérieur à toiture végétalisée.

### Un bâtiment ENERPOS = énergie positive

Il produit plus d'énergie qu'il n'en consomme

- toitures photovoltaïques intégrées, ce sont les panneaux qui font la toiture
- salles de classe sont traversantes
- brasseurs d'air dans toutes les pièces
- protections solaires simulées par informatique
- béton classique avec une protection solaire
- pignons avec des bardages avec isolation
- patio intérieur végétalisé
- porosité de 30% sur les façades extérieures et intérieures
- jalousies intérieures dans le couloir pour améliorer la porosité
- éclairage artificiel : 4 x 18 W et 2 x 24 W pour diviser la puissance installée

- peinture de couleurs en phase aqueuse
- chaises 100% recyclables
- tables avec du bois FSC.

Et au niveau des bureaux :

- utilisation privilégiée d'ordinateurs portables
- sièges perforés pour optimiser la transpiration
- bureaux perpendiculaires aux ouvertures pour éviter les problèmes d'éblouissement des écrans
- bureaux décalés des murs pour éviter problèmes de taches solaires et permettre le nettoyage des jalousies
- lampes à LED de 9 W et durée de vie 60 ans

### **L'éclairage**

Le maître d'ouvrage a autorisé à dimensionner sur la base de 250 Lux, sachant qu'on sait que tout est surdimensionné d'un facteur 2. En général, dans les bâtiments tertiaires, quand on allume, on a 2 fois trop de lumière. Si on avait su, on aurait mis en 150 Lux et ça aurait été bien dimensionné.

### **Un projet ANR-Prébat**

Ce projet est aussi un projet ANR-Prébat, projet national, sur comment utiliser les outils de simulation pour concevoir ce type de bâtiment.

L'interface SketchUp nous a permis :

- de faire des simulations de confort pour avoir les températures, les humidités, l'éclairage naturel dans les pièces
- d'optimiser les protections solaires. Elles sont décalées de la façade. Chaque lame a été simulée et l'espace entre les lames aussi. On bloque le rayonnement direct, mais on peut avoir des lumières diffuses. Le bâtiment fonctionne très bien à l'éclairage naturel.

### **3 types de fonctionnement**

La logique de faire fonctionner le bâtiment de manière passive, nous a permis de définir :

- que le bâtiment fonctionne en ventilation naturelle
- quand la température excède 28°, on met en marche les brasseurs d'air
- quand la température atteint 30°, on met la clim.

Avec ce scénario, on a 8 semaines de clim uniquement. On passe à un fonctionnement brasseur d'air fin octobre, puis arrivent les vacances et l'université reprend 3<sup>e</sup> semaine de janvier, donc cela fait 6 semaines de clim uniquement. On repasse quelques semaines aux brasseurs d'air puis à la ventilation naturelle.

### **Mesures de confort**

En ventilation naturelle (slide 16), ça fonctionne bien. On a bien 1 m/sec, donc on peut tenir jusqu'à un peu plus de 30°.

Eclairage naturel (slide 17). La limite réglementaire est 300 Lux. Dans cette salle, on est à 400 Lux minimum donc cela fonctionne très bien en éclairage naturel. On est quasiment à 95% d'autonomie sur les heures de bureau dans ces salles qui n'ont pas été équipées en éclairage artificiel.

### Confort thermique (slide 18).

Les étudiants arrivent et on les interroge par périodes de 2 h. C'était le 20 février 2009, journée la plus chaude de la saison chaude 2008-2009. Ils s'assoient et remplissent un questionnaire, ils disent comment ils sont habillés, puis notent leur sensation thermique : je suis bien, j'ai légèrement chaud, j'ai chaud, c'est insupportable, je ne peux plus travailler.

- 27,2° dans la salle à 8 h
- sur les 15 étudiants : 9 sont bien et 6 ont légèrement chaud.
  
- 28,5° dans la salle à 10 h
- sur les 15 étudiants : 13 sont bien et 2 ont légèrement chaud.
  
- 29,7° dans la salle à 12 h
- sur les 15 étudiants : 15 sont bien parce qu'ils ouvrent les jalousies et activent les brasseurs d'air. **Ils sont en situation de confort.**

On arrive maintenant à environ 2000 questionnaires et 700 personnes interrogées, ce qui commence à être représentatif. (slide 19)

Le seul cas où des gens se sont plaints, c'est dans une salle informatique (20 étudiants avec 20 ordinateurs portables) où il faisait effectivement chaud (31,5°).

**En 2011, il y a eu 2 jours de climatisation dans le bâtiment.**

### Monitoring en mars 2011 (slide 20)

- consommation totale : 1167 kWh
- production photovoltaïque 4580 kWh
- puissance du bâtiment : 3,2 kWh (ce qui est très peu)

### Répartition de la consommation électrique par usage

- ce sont principalement les ordinateurs qui consomment (37%), les brasseurs d'air en mars et l'éclairage
- la clim. est arrêtée et pourtant on consomme. Les ventilos et le groupe de froid consomment. 6% de notre consommation mensuelle est due à des choses en veille. On va disjoncter tout ce qui est clim.

### Ratio énergétique pour tout type d'utilisation

#### *Consommation*

- objectif initial 80 kWh/m<sup>2</sup>/an
- en phase d'études : 52 kWh/m<sup>2</sup>/an.
- Energie finale : 16 kWh/m<sup>2</sup>/an

#### *Production énergie renouvelable*

- 78 kWh/m<sup>2</sup>/an

#### *Balance*

- - 62 kWh/m<sup>2</sup>/an

### *Appel de puissance*

- 4 W/m<sup>2</sup> au lieu de 30W/ m<sup>2</sup> pour un bâtiment du tertiaire classique

**On est vraiment très au-delà de nos espérances.**

**Ces bâtiments allègent le réseau EDF de manière significative et on paye moins d'électricité.**

### **Brasseurs d'air vs climatisation**

- moteur garanti à vie
- pas de coût de maintenance (clim : 10 €/m<sup>2</sup>)
- consommation : 7 kWh/m<sup>2</sup> (clim 100 kWh/m<sup>2</sup>)
- appel de puissance : 6 W/m<sup>2</sup> (clim. 80 W/m<sup>2</sup>)
- investissement : 40 €/m<sup>2</sup> (clim 200 €/m<sup>2</sup>)

Même en s'offrant le meilleur des brasseurs d'air, on est à un ratio de 1 sur 5.

### **Les facteurs clé de succès**

- un programme avec des objectifs clairs et un maître d'ouvrage avec qui il est possible de discuter
- changer les objectifs (approche confort, autonomie en éclairage naturel, prouver qu'on peut éviter la clim)
- un maître d'ouvrage motivé avec une équipe de maître d'œuvre motivée (si l'un n'est pas motivé, ça ne fonctionne pas)
- un environnement végétalisé autour, avec un environnement acoustique parfait
- valider toutes les étapes de la conception (programme, utiliser les mêmes documents en APD qu'en PRO, chantier)
- outils de conception et simulations à imposer et dans une logique de conception passive : l'université impose maintenant des simulations dynamiques pour faire des simulations de températures d'humidité et d'éclairage naturel ; il faut que les BE se mettent à la page sur les outils de conception.
- Les utilisateurs restent la clé : on voit régulièrement des salles jalousies fermées et brasseurs d'air allumés. A l'université, les utilisateurs changent chaque année, il faut les former (panneaux d'information sur le fonctionnement du bâtiment, information, sensibilisation...)

### **Le point faible**

En phase chantier : si on veut monitorer et avoir des résultats précis, difficulté de coordonner les entreprises GTC/électricité/génie climatique/PV.

Difficulté d'instrumenter le photovoltaïque, car les installateurs arrivent avec leur système propriétaire et il faut rajouter un capteur pour récupérer les données.

### **Et si c'était à refaire ?**

- pas de la clim. dans les bureaux (elle fonctionne maxi 2 semaines/an)
- délocaliser les unités centrales dans un local technique. Ne gardez que écrans, claviers et souris dans les salles informatiques
- ne mettre que des écrans à LED
- imposer des petites machines de 20 W, pour l'initiation bureautique
- être vigilants sur l'achat du matériel
- imposer mise en veille ou extinction automatique pour photocopieurs, imprimantes...
- installer une douche et un parc à vélo

- instaurer le tri sélectif
- opter pour 1 commande = 1 brasseur d'air avec un interrupteur à vitesses pré-réglées
- descendre les jalousies à 40 cm pour sentir le flux d'air quand on est assis (vs à 1 m)

### **En conclusion**

Le facteur 4 est possible sans nouvelles technologies/matériaux.

Les brasseurs d'air et l'environnement jouent un rôle central. Ils vont permettre d'avoir un air qui rentre dans le bâtiment à 30° et non à 38° si c'est bitumé autour.

Les solutions innovantes :

- des bâtiments plus étroits, traversants
- un environnement végétalisé
- des protections solaires décalées de la façade
- des brasseurs d'air
- des jalousies intérieures et extérieures