Construction d'amphithéâtres
Campus de Terre Sainte - Université de La Réunion
Avenue du docteur Jean-Marie Dambreville - Terre Sainte - Saint Pierre



Maitrise d'ouvrage

Université de la Réunion
15 avenue René Cassin - CS92003
97744SAINT-DENIS CEDEX 9

SODIAC
15 avenue René Cassin - CS92003
97744SAINT-DENIS CEDEX 9

Maitrise d'œuvre		
Architecte Mandataire	Tand-M Réunion	13 ruelle Lallemand - 97410 Saint Pierre louis@tand-m-architectes.com
Structure	EMCI	emci.mickaelmadoure@emci.re
VRD	ISOFLU	mchedin@isoflu.fr
Fluides	AIR	a.toullec@darwin-concept.fr
Qualité environnementale	Résiliens Solener	simon.chauvat@resiliens.re rachid.ghomari@solener.fr
Paysage	AWE	awe.paysage@gmail.com
Economiste	CIEA	ciea_contact@ciea.re
Scénographie	Agence Clair Obscur	ah@agenceaco.fr
Acoustique	Marshall Day Acoustics	juanoscar.garcia@marshallday.fr

Document	Phase d'étude	Indice
NOTICE STD / FLJ	PRO-23 AVRIL 2026	A
	PRO-30 AVRIL 2026	B
	PRO -11 SEPT 2026	C

ETUDE DU CONFORT HYGROMETRIQUE ET LUMIERE NATURELLE

Solener
ingénierie durable

Table des matières

1. LES OBJECTIFS DE CONFORT 6

1.1. CONFORT VISUEL 6

1.2. CONFORT HYGROMETRIQUE 7

2. LES DONNEES METEOROLOGIQUES 9

2.1. TRAJECTOIRE ET RAYONNEMENT SOLAIRE 9

2.2. TEMPERATURE ET HYGROMETRIE 9

2.3. LE VENT 11

3. METHODOLOGIE GENERALE 12

3.1. OUTILS UTILISES 12

3.2. PRESENTATION DE DESIGN BUILDER 12

3.3. SIMULATIONS EN MODE DYNAMIQUE 16

4. SCENARIOS DE FONCTIONNEMENT 16

4.1. HORAIRE DE FONCTIONNEMENT 16

4.2. OCCUPATION TYPE D'UNE SALLE D'ENSEIGNEMENT 16

4.3. OCCUPATION TYPE BUREAUX 18

4.4. OCCUPATION TYPE SALLE DE REPOS : 20

4.5. OCCUPATION TYPE BUREAU D'ACCUEIL : 21

4.6. OCCUPATION TYPE REGIE ET SON LOCAL TECHNIQUE : 22

4.7. OCCUPATION TYPE SERVEUR/ECS : 23

4.8. OCCUPATION TYPE SANITAIRES : 24

4.9. APPORTS EQUIPEMENTS INFORMATIQUE : 25

4.10. APPORTS EQUIPEMENTS SCENOGRAPHIE ET SONORISATION : 26

5. CARACTERISTIQUES THERMIQUES ET SOLAIRES DE L'ENVELOPPE 26

5.1. COMPOSITION DES PAROIS OPAQUES 26

5.2. PAROIS VITREES 32

5.3. COEFFICIENT DE REFLEXION ET ABSORPTION DES PAROIS 32

6. LOCAUX REPRESENTATIFS 32

7. ETUDE DE L'EXPOSITION SOLAIRE DIRECTE DES LOCAUX 35

7.1. PRINCIPE GENERAL DE PROTECTION SOLAIRE 35

7.2. DIMENSIONNEMENT DES BRISE-SOLEILS 35

8. LUMIERE NATURELLE DANS LES LOCAUX 36

8.1. RESULTATS 36

8.2. ANALYSE DU RISQUE DE SUREXPOSITION SOLAIRE ET D'EBLOUISSEMENT DANS LES SALLES : 43

9. CONFORT HYGROTHERMIQUE DES LOCAUX NATURELLEMENT RAFRAICHIS 48

9.1. RAPPELS DE OBJECTIFS 48
9.2. RESULTATS OBTENUS 48
10. RESULTATS DES ESPACES CLIMATISES 59

L'objectif de l'étude est d'évaluer si le confort global (hygrométrique et visuel) des occupants est satisfaisant et conforme aux objectifs visés dans le programme environnemental. Au stade de l'APD, il s'agit dans un premier temps de fixer les réglages paramétriques permettant de trouver le bon compromis pour :

- *Maitriser l'exposition solaire des étudiants en amphis / classes, pour éviter la gêne visuelle (éblouissement) et un apport solaire source d'inconfort hygrothermique ;*
- *Assurer un bon confort visuel et une autonomie en lumière naturelle optimisée ;*
- *Assurer une bonne protection solaire des baies vitrées des différentes façades de bâtiment.*

Dans un second temps, on procède à des simulations thermiques dynamiques, pour vérifier l'atteinte d'un niveau de confort hygrométrique satisfaisant dans les locaux naturellement rafraichis, les leviers essentiels étant :

- *La protection solaire des parois opaques et éventuellement affiner la protection des baies vitrées pré-dimensionnées précédemment dans l'optique du confort visuel ;*
- *Le pourcentage d'ouvrants déterminant le niveau de ventilation naturelle escompté.*

Pour les locaux climatisés, l'optimisation bioclimatique consiste à minimiser la consommation de la climatisation.
Les simulations sont effectuées sur l'ensemble des typologies de locaux (Amphis, salles de TD, bureaux…). L'analyse des résultats permet de caler les principes généraux de notre approche bioclimatique.

1.LES OBJECTIFS DE CONFORT

1.1. Confort visuel

Gisement de lumière naturelle

Rappelons en préambule que La Réunion possède un gisement en lumière naturelle des plus élevés parmi les DROM-COM.

Tableau des éclairements extérieurs diffus

	Eclairement extérieurs diffus			
	5000 lux	10 000 lux	15 000 lux	20 000 lux
Métropole - Paris	84 %	71%	55 %	41 %
La Réunion – Saint Denis	99 %	89 %	71 %	54 %
Guyane - Cayenne	98%	94%	85%	72%
Guadeloupe - Le Raizet	99%	95%	84%	71%
Martinique - Le Lamentin	100%	96%	84%	68%
Mayotte	100%	94%	75%	54%
Polynésie Française (Tahiti)	100%	94%	76%	58%
Nouvelle-Calédonie (Nouméa)	99%	90%	72%	56%

Source : exploitation OASIIS des fichiers Météonorm

Le tableau ci-dessus montre que la luminosité du ciel de La Réunion est bien plus forte qu'en métropole.

Rappel FLJ : Le FLJ est le rapport de l'éclairement naturel intérieur reçu en un point (généralement le plan de travail à 70 cm du sol ou le niveau du sol) à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale, en site parfaitement dégagé, par ciel couvert. Il s'exprime en %.

Disposer d'un accès en lumière naturelle

L'accès direct à la lumière naturelle doit être assuré à 100% pour tous les locaux : salles de classes, salles de réunion, bureaux, circulations et a minima en second jour pour les vestiaires et toilettes.

Objectifs en Facteur Lumière de Jour

Programme :

- Une étude des FLJ (facteur lumière de jour) des différents espaces

Assurer 300 lux minimum 80% du temps dans les locaux à occupation prolongé

- Le concepteur devra réaliser une étude FLJ sur la base des performances demandées ci-dessus (Référentiel : PERENE - HQE BD OI)

En ce qui concerne le projet, nous viserons comme valeur cible médiane à minima un facteur de de 1% pour arriver à ce niveau d'autonomie lumineuse dans les amphis.

1.2. Confort hygrométrique

Le confort à la Réunion

Programme :

- Temps de dépassement sur la période d'occupation sur l'année de la plage de confort du local :

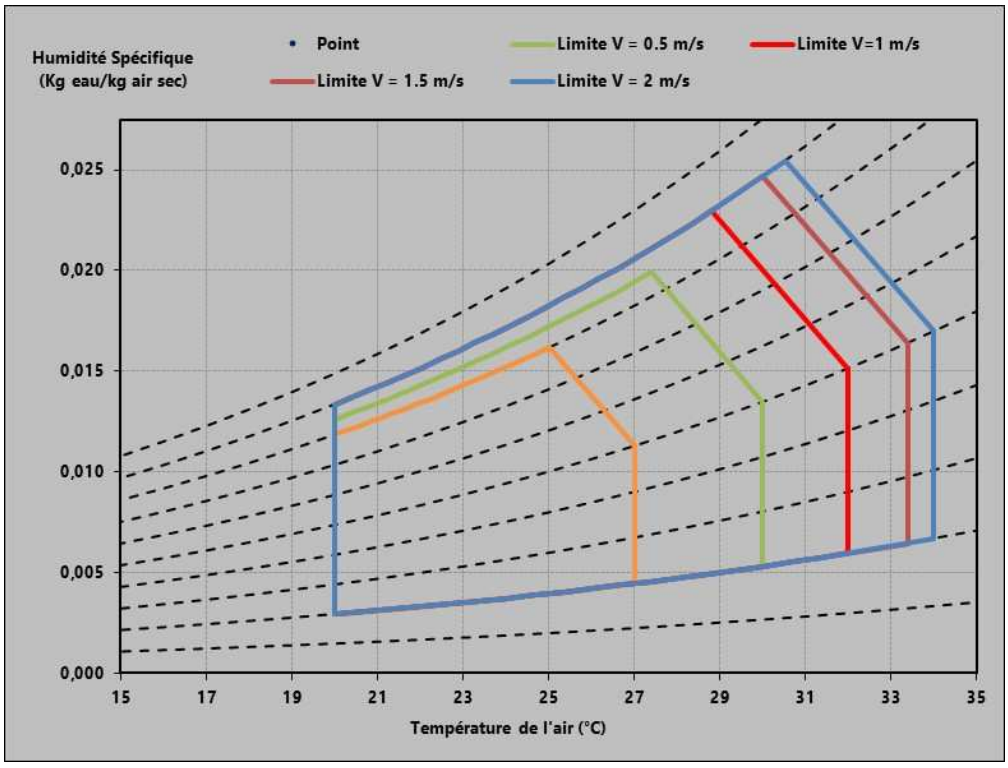
* Taux de confort en période d'occupation d'au moins 80% sur diagramme de givoni, pour la zone de vitesse d'air de 1m/s pour les locaux passifs.

* Taux de confort en période d'occupation d'au moins 95% sur diagramme de givoni, pour la zone de vitesse d'air de 1m/s pour les locaux mixtes.

- Plafond température : T° de confort = 28°C avec vitesse d'air = 1m/s

- Le concepteur devra réaliser une étude FLJ sur la base des performances demandées ci-dessus (Référentiel : PERENE - HQE BD OI)

L'approche simplifiée et la plus appropriée du confort est celle proposée par B. Givoni. Elle consiste à modéliser le confort hygrothermique en raisonnant sur des zones de confort visualisées sur le diagramme de l'air humide.



En prenant comme hypothèse de base une activité modérée, une tenue vestimentaire adaptée (légère), on peut définir des zones de confort en fonction des paramètres température, humidité et vitesse d'air :

- Zone de confort à vitesse air calme (vitesse faible)
- Zone de confort acceptable avec des vitesses d'air de 0,5 m/, 1 m/s et 1.5 m/s

La vitesse d'air agit sur les échanges par convection (augmentation du coefficient d'échange) et surtout sur les échanges hydriques pour faciliter l'évaporation de la sueur (1l litre d'eau

évaporée permet d'évacuer 700 Wh). On estime qu'une vitesse de 1m/s procure l'équivalent d'abaissement de 4°C en température ressentie.

A partir du diagramme de confort, on peut définir les deux types d'objectifs à atteindre :

- Viser comme objectif de placer les conditions d'ambiance dans la zone de confort air calme (vitesse d'air inférieur à 0,25 m/s)

Cette zone nécessite de s'écarter sensiblement des conditions de température régnant à l'extérieur, et nécessite donc **le recours à la climatisation,** pour maintenir les températures en-dessous de 27°C (température opérative).

Pour le projet cela concerne : la zone régie et son local technique , le local TGBT et le local PV .

La **température de consigne** pour l'air pour les zones climatisées **est fixée à 24°C.**

- Viser la zone de confort acceptable

Cette zone de confort étendue qui augmente le seuil de température d'inconfort à **30°C**, sous réserve d'avoir une vitesse de 1 m/s dans l'ambiance, concorde parfaitement avec les conditions climatiques de La Réunion. Viser comme objectif d'ambiance la zone de confort acceptable donne donc suffisamment de marge de manœuvre aux concepteurs pour satisfaire la plupart du temps le confort hygrométrique des occupants, dans les locaux naturellement rafraichis.

Le niveau de confort atteint dans les locaux sera évalué à partir de deux indicateurs :

- Le nombre d'heures où la température dépasse 30°C et 31°C ;
- Le nombre d'heure où les conditions d'ambiances sortent de la zone de confort acceptable correspondant à une vitesse de 1 m/s.

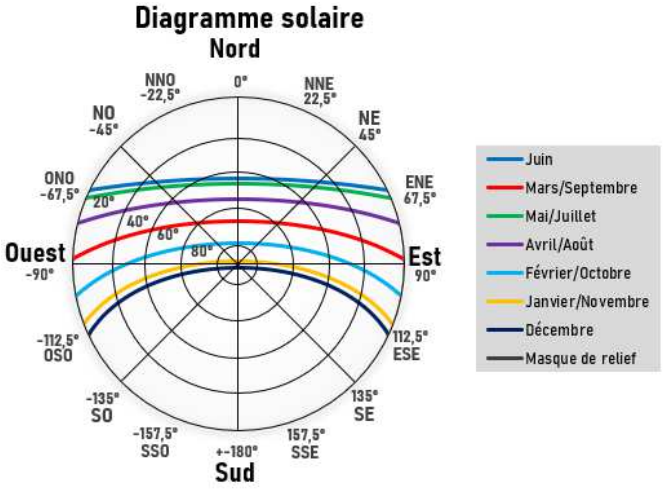
Pour les deux critères, les objectifs à atteindre sont en termes de nombre d'heures d'inconfort :

- Niveau excellent : < 10% du temps d'occupation
- Très bon : < 15% du temps d'occupation
- Bon : < 20% du temps d'occupation
- Moyen : < 25% du temps d'occupation

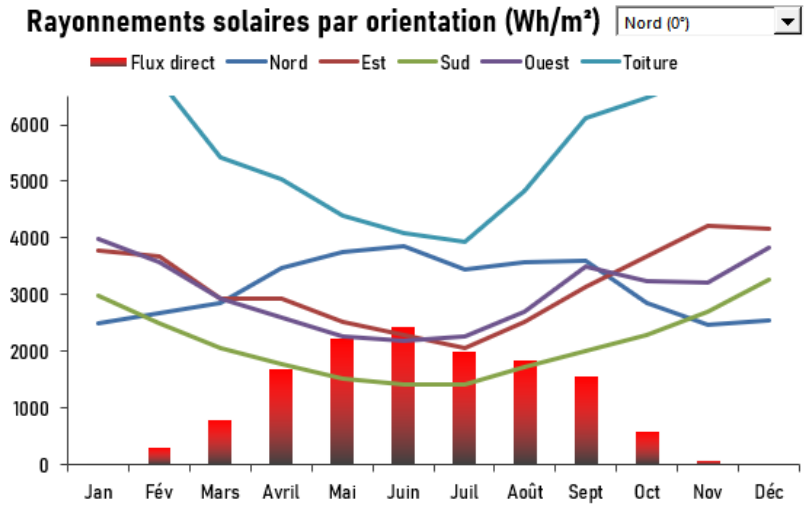
2.LES DONNEES METEOROLOGIQUES

2.1. Trajectoire et rayonnement solaire

Le projet est situé à La Réunion avec une latitude de -21,33°. Cela se traduit par des courses solaires côté nord (de septembre à mars).

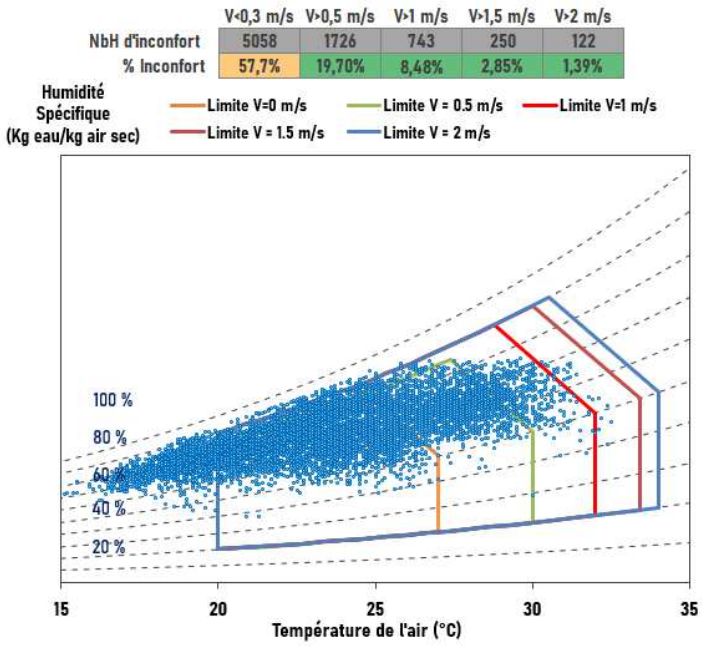


Le rayonnement diffus est important, de l'ordre de 50% du rayonnement. Le rayonnement journalier sur une surface horizontale est en moyenne de 5 à 6 kWh/m² avec une puissance maximale de 1kW/m² au zénith.



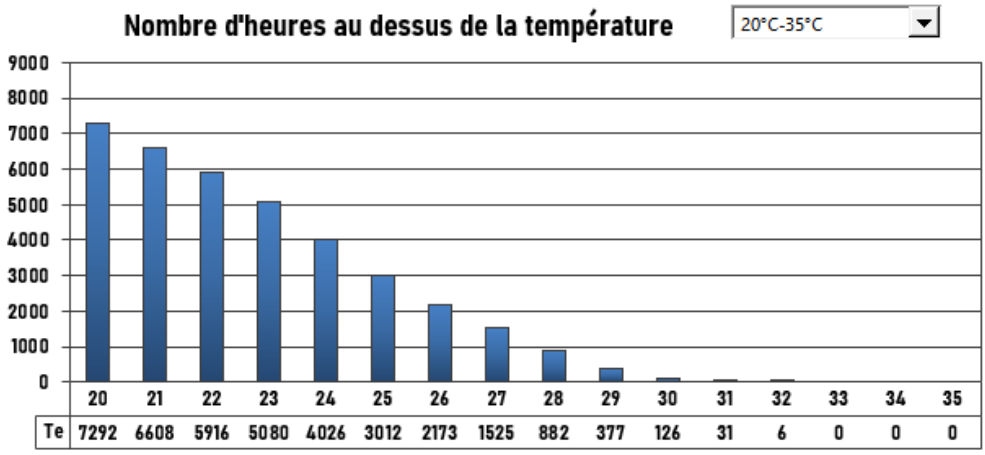
2.2. Température et hygrométrie

La projection des conditions de température et d'hygrométrie d'une année du site dans le diagramme de Givoni est donnée dans la figure suivante :

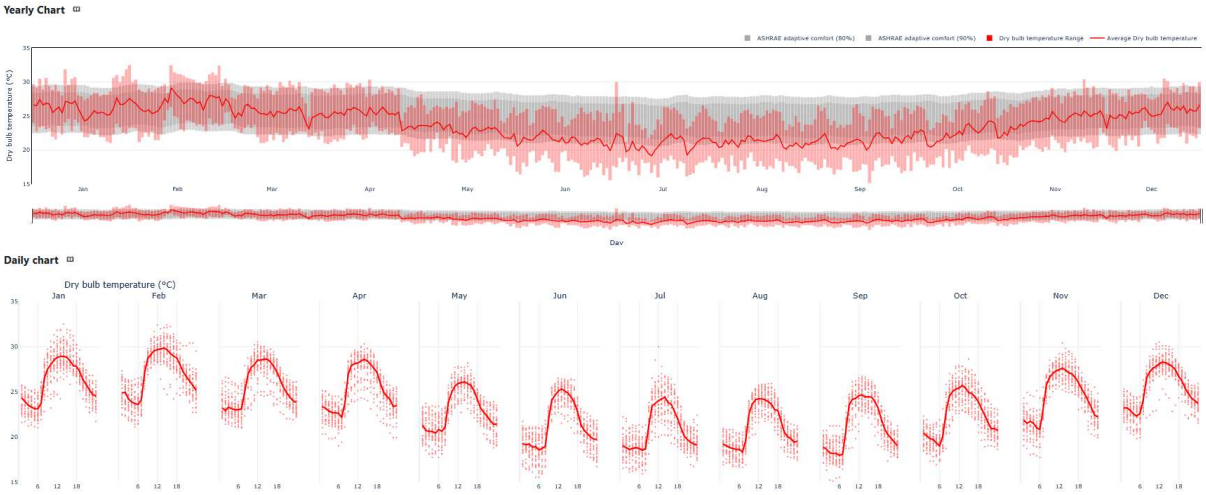


L'humidité est très élevée tant en valeur absolue avec une moyenne à 19 g/kg d'air sec qu'en valeur relative avec une moyenne élevée de 71%.

Le pourcentage d'heures d'inconfort en dehors de la zone de confort acceptable (zone orange avec une vitesse d'air < 0.3m/s) est assez élevée : 57% du temps qui passe <20% avec vitesse d'air < 0.5m/s). Le nombre d'heures au-delà de 28 °C est d'environ 10% et de 2% au-delà de 30°C.

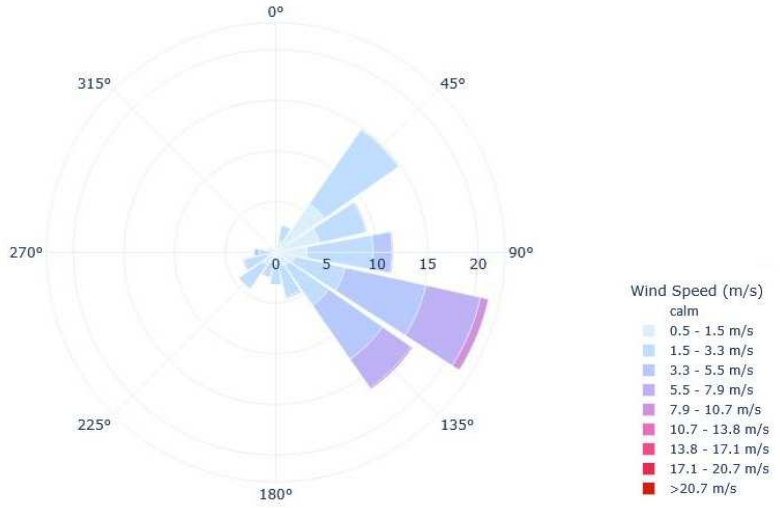


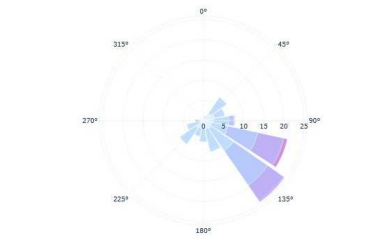
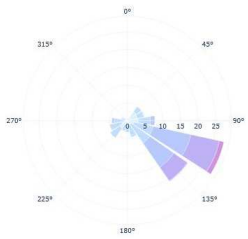
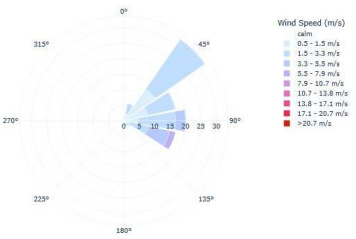
Le profil des températures se traduit par une faible saisonnalité sur les températures. Ainsi la température moyenne annuelle est de l'ordre de 23 à 24°C et une amplitude de 6 à 8°C.



2.3. Le vent

Le vent utile à la ventilation naturelle est particulièrement faible sur site. Le vent moyen annuel est de 2.7m/s. Comme le montre la rose des vents, les directions principales se situent sur les directions ESE et SE.



 Observations between the months of Jan and Dec between 6:00 hours and 13:00 hours. Selected observations 2920 of 8760, or 33%. 0 observations have calm winds.	 Observations between the months of Jan and Dec between 14:00 hours and 21:00 hours. Selected observations 2920 of 8760, or 33%. 0 observations have calm winds.	 Observations between the months of Jan and Dec between 22:00 hours and 5:00 hours. Selected observations 2920 of 8760, or 33%. 0 observations have calm winds.
Entre 6h00 et 13h00	Entre 14h00 et 21h00	Entre 22h00 et 5h00

3.METHODOLOGIE GENERALE

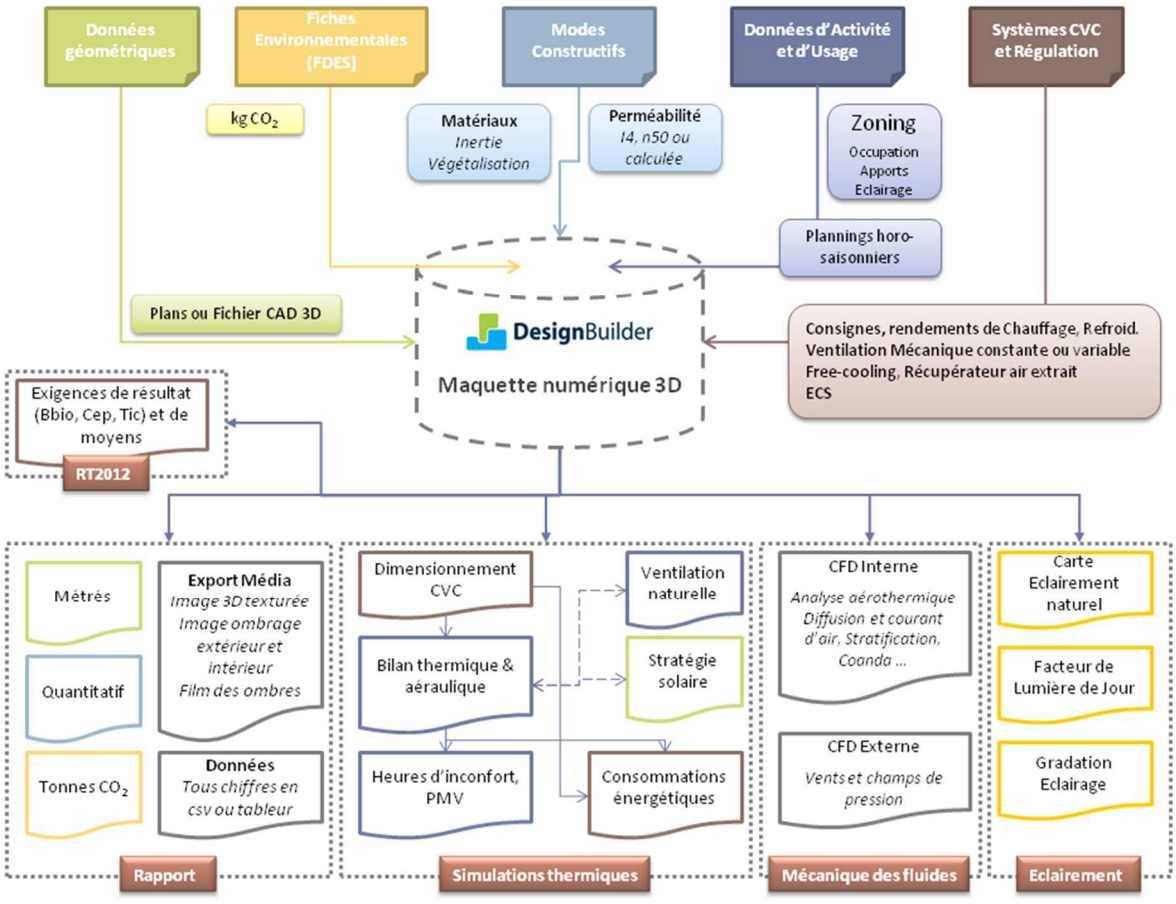
3.1. Outils utilisés

Au stade de l'APD, les simulations thermiques dynamiques et lumière naturelle sont réalisées avec le logiciel Design Builder. Dans quelques cas de figures, les logiciels Batipei et DIAL+ sont également utilisés pour les calculs thermiques et les calculs de lumière naturelle. Un outil Excel est également utilisé pour projeter les conditions de confort dans le diagramme de Givoni.

3.2. Présentation de Design Builder

Le logiciel Design Builder est un logiciel de simulation dynamique développé par DESIGNBUILDER SOFTWARE, tirant partie du moteur de calculs open-source Energy Plus.

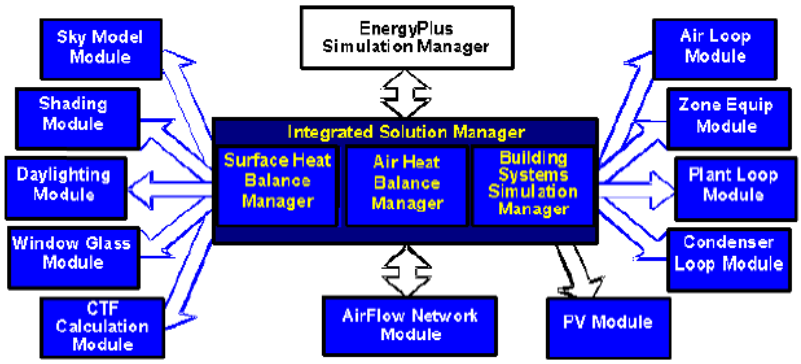
Design Builder est un outil d'aide à la conception de bâtiment, permettant entre autres de mesurer les conforts visuels et thermiques, la consommation d'énergie des postes, et d'évaluer la conformité à plusieurs certifications internationales de construction.



Modèle thermique basé sur EnergyPlus.

Le programme EnergyPlus comprend un ensemble de modules fonctionnant conjointement afin de calculer les échanges d'énergie multiples du système, provenant de l'environnement ou des conditions opératives paramétrées.

La simulation se base sur le principe fondamental d'équilibre d'échange de chaleur.



L'équation de base formule l'équilibre d'énergie et d'humidité de la zone étudiée sous la forme d'une équation différentielle soluble grâce à une approche de correction-prédiction comme suit :

$$C_z \frac{dT_z}{dt} = \sum_{i=1}^{N_{sl}} \dot{Q}_i + \sum_{i=1}^{N_{surfaces}} h_i A_i (T_{si} - T_z) + \sum_{i=1}^{N_{zones}} \dot{m}_i C_p (T_{zi} - T_z) + \dot{m}_{\inf} C_p (T_\infty - T_z) + \dot{Q}_{sys}$$

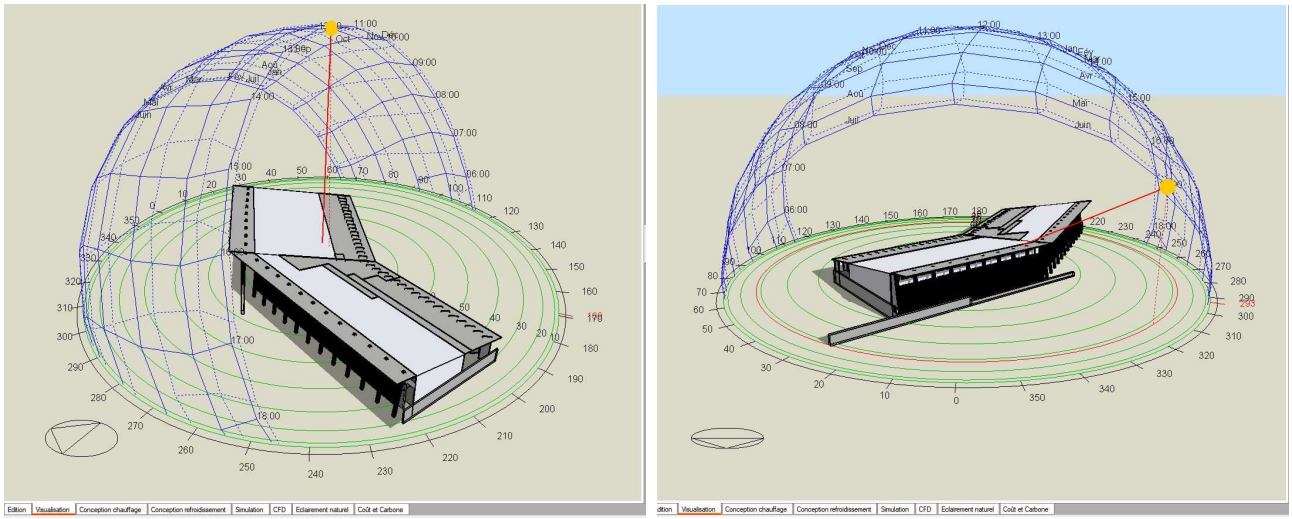
$\sum_{i=1}^{Nsl} Qi$ *: Somme des charges internes convectives*
$\sum_{i=1}^{Nsurfaces} hi.Ai.(Tsi - Tz)$ *: Transfert de chaleur convective des surfaces de la zone*
$minf.Cp.(Too - Tz)$ *: Transfert de chaleur due à l'infiltration d'air extérieur*
$\sum_{i=1}^{Nsl} mi.Cp.(Tzi - Tz)$ *: Transfert de chaleur due au mélange d'air entre zone*
$Qsys$ *: Exfiltration d'air du système*
$Cz.\frac{dTz}{dt}$ *: Energie stockée dans l'air de la zone* $(Cz = \rho air.Cp.Ct)$
ρair *: Densité d'air de la zone*
Cp *: Chaleur massique de l'air de la zone*
Ct *: Capacité de chaleur sensible*

Energy Plus dispose de trois méthodes de résolution de l'équation, dont l'une par approche analytique. Design Builder opte pour la méthode de résolution d'Euler.

La modélisation des transferts de chaleur par les parois se fait selon deux options :

1- Fonctions de Transfert de Conduction (CTF) - Solution pour le transfert de chaleur sensible sans prendre en compte le stockage d'humidité ni sa diffusion dans les éléments de construction. Cette méthode utilisée dans EnergyPlus pour les calculs de CTF est connue comme la méthode d'état d'espace (Ceylan and Myers 1980 ; Seem 1987; Ouyang and Haghighat 1991).

2- Différence finie - Cette technique utilise une solution de différence finie à une dimension dans les éléments de constructions. C'est une solution à chaleur sensible uniquement et ne prend pas en compte le stockage d'humidité ou la diffusion dans les éléments de construction. Cette option est nécessaire pour les simulations avec des matériaux à changement de phase.

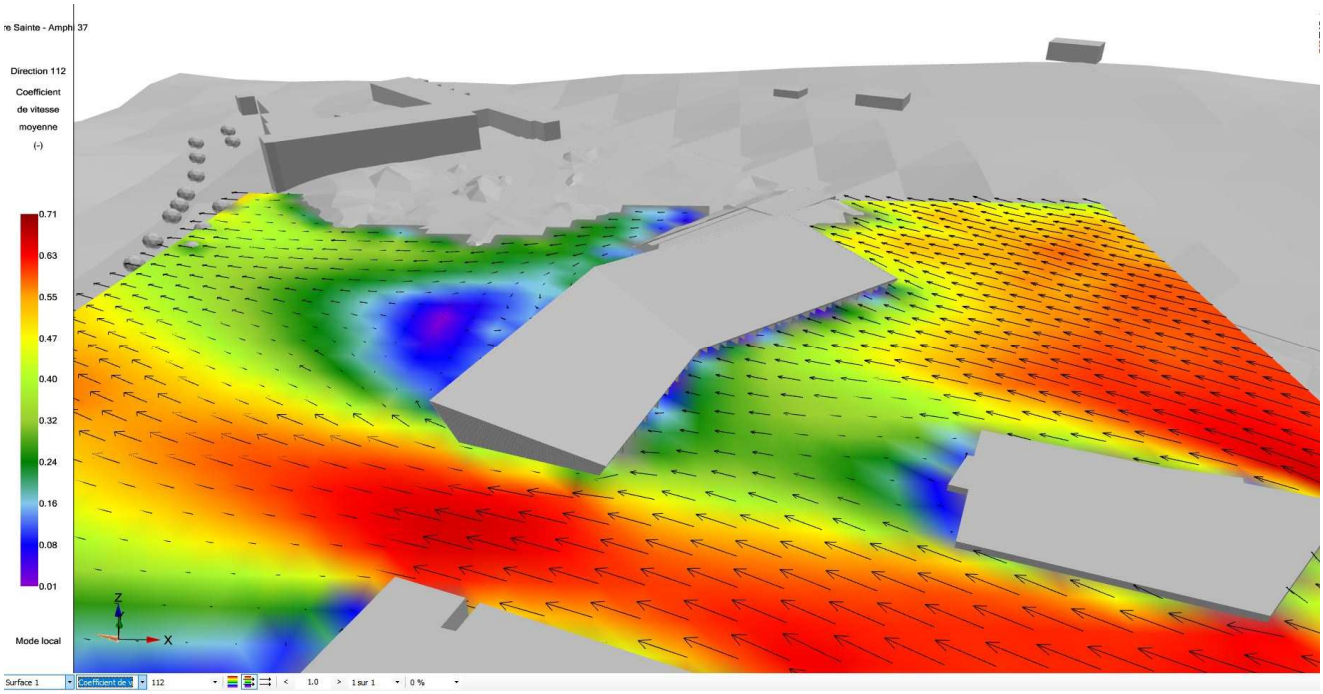


Modèle aéraulique

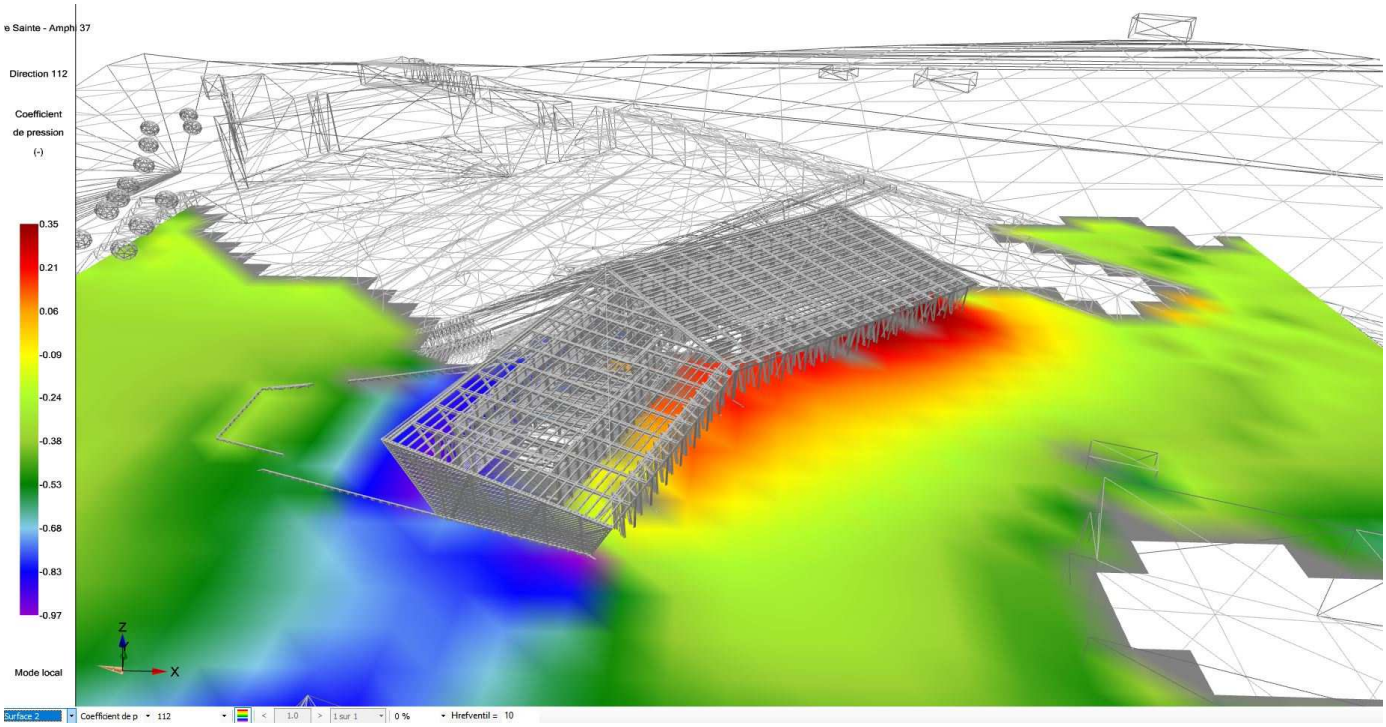
Design Builder dispose de deux niveaux de modélisation aéraulique :

Le modèle de base qui permet de calculer les débits d'air échangés par les ouvrants sous la pression du vent, mais également sous l'effet du tirage thermique (écart de température et de hauteur des ouvrants).

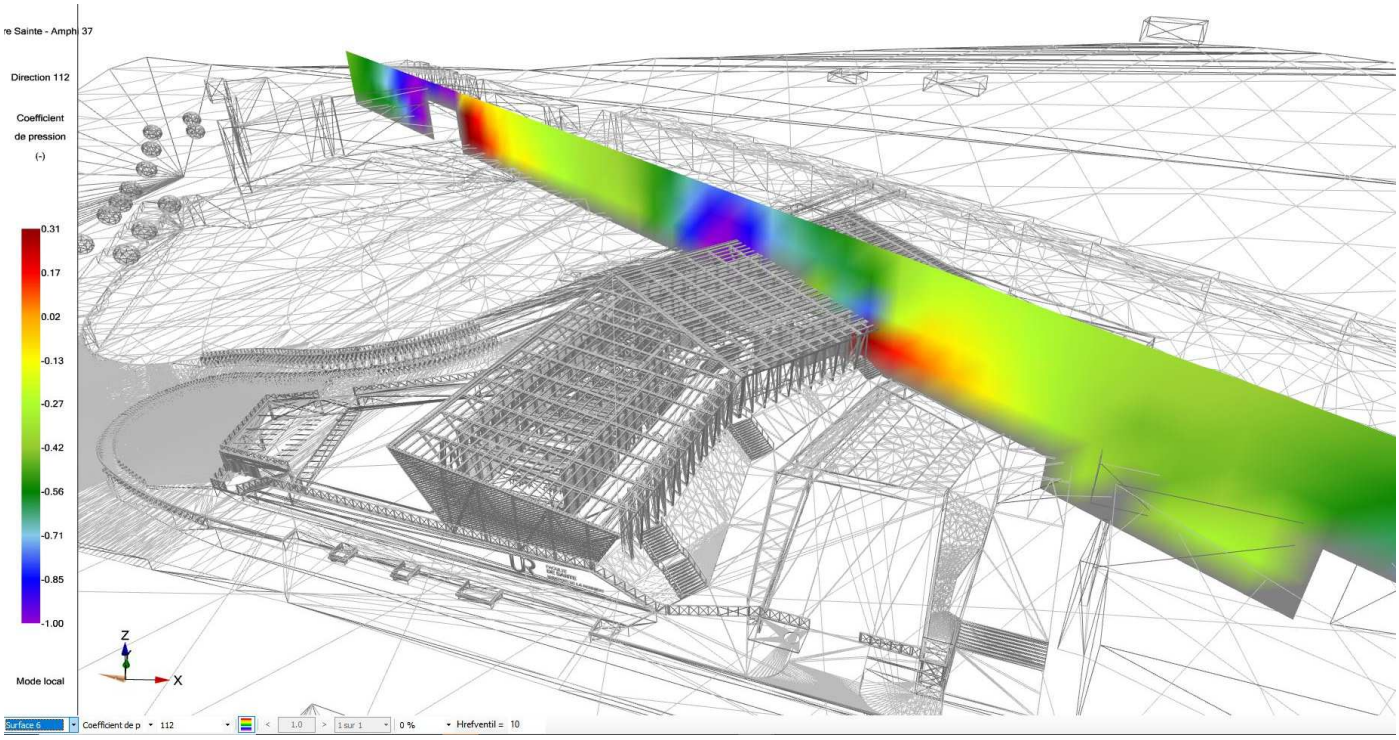
Le modèle détaillé ou CFD, qui permet de calculer le champ de vitesse d'air et de température d'une ambiance (voir étude BET Eiffel).



Plan - Etude aéraulique phase APS schématisant le principe de la ventilation naturelle – Coef de vitesse moyenne de vent sur les façades.



Plan - Etude aéraulique phase APS schématisant les coefficients de pression sur les façades Cp : principe de la ventilation naturelle



Coupe - Etude aéraulique phase APS schématisant les coefficients de pression sur les façades Cp : principe de la ventilation naturelle

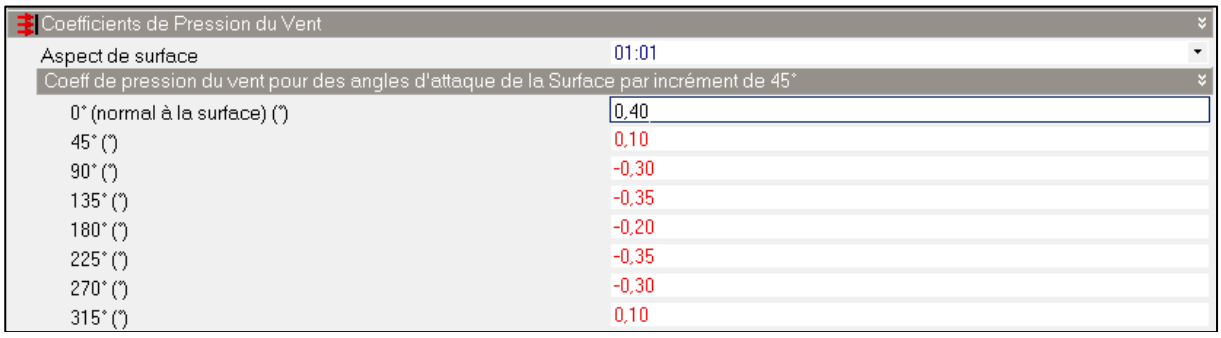
Le bâtiment peut être ventilé naturellement afin d'atteindre le confort thermique si ΔCp = Cp (au vent) - Cp (sous le vent) dépasse une valeur seuil (cf Moreau et Gandemer, climat tropical chaud).
Niveau d'efficacité de la ventilation naturelle — Plage de ΔCp :

ACH	bon	très bon :
ΔCp	0,39 ≤ ΔCp < 0,53	ΔCp ≥ 0,53

- **Modèle aéraulique de base.**

Le modèle aéraulique de base de Design Builder évalue dans un premier temps l'ensemble des pressions aérauliques à chaque paroi extérieure, et en déduit ensuite le renouvellement d'air résultant dans la zone après mélange des flux. Le phénomène de tirage thermique n'est pas pris en compte par Design Builder.

Les pressions du vent sur les façades sont calculées à l'aide de coefficient de pression aéraulique (Cp) déterminé à l'aide d'abaques. Les abaques utilisés sont établis par l'AIVC.



Ces abaques ont été faits pour des bâtiments de forme carrée et rectangulaire (voir annexes). Pour des bâtiments de forme complexe ou situé dans un contexte urbain dense, ces C_p ne sont pas réellement représentatifs. Il est alors conseillé pour davantage de précision de calcul, d'évaluer les coefficients de pression, soit en soufflerie, soit par un logiciel CFD du type Météodyn. Dans le cas du projet des Amphis, une étude en soufflerie a été commandé par la maitrise d'ouvrage.

3.3. Simulations en mode dynamique

Les simulations sont effectuées sur l'ensemble de l'année, heure par heure sur les différentes thématiques : tâche solaire, lumière naturelle, confort hygrométrique et consommation énergétique de la climatisation.

La modélisation de l'ensemble de locaux représentatifs est construite d'après les plans et façades phase APD. Le fichier météo est de type EPW le plus proche du site disponible :



Les heures de dépassement au-dessus d'un seuil de température et zones de confort de Givoni sont comptabilisées sur les horaires d'occupation des locaux, mais également sur la totalité des heures de l'année.

Les calculs thermiques pour les locaux naturellement rafraichis sont effectués en mode « Ventilation Naturelle Calculée ». Ce mode permet de prendre en compte le fonctionnement réel du bâtiment, selon un scénario d'ouverture des jalousies explicité par la suite. Ce mode de simulation se rapproche donc au plus près de la réalité.

La simulation de la lumière naturelle et les trajectoires des taches solaires dans les locaux sont effectuées heure par heure en mode dynamique pour étudier finement les phénomènes.

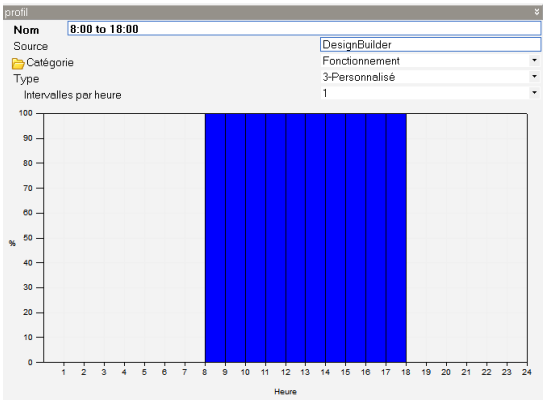
4.SCENARIOS DE FONCTIONNEMENT

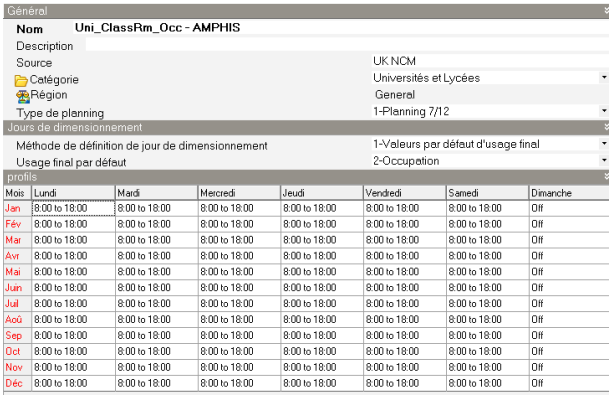
4.1. Horaire de fonctionnement

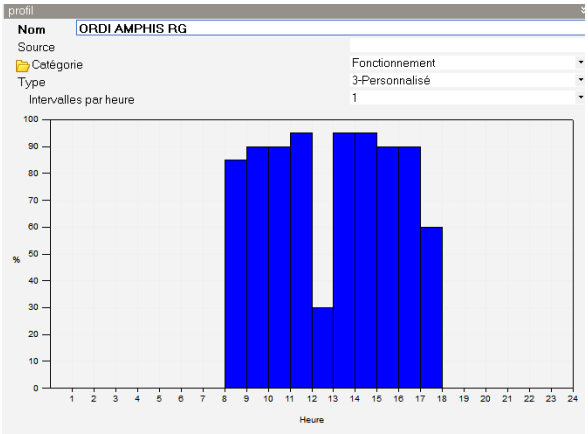
Les scénarii d'occupation des locaux sont ceux décrits dans le programme technique détaillé :

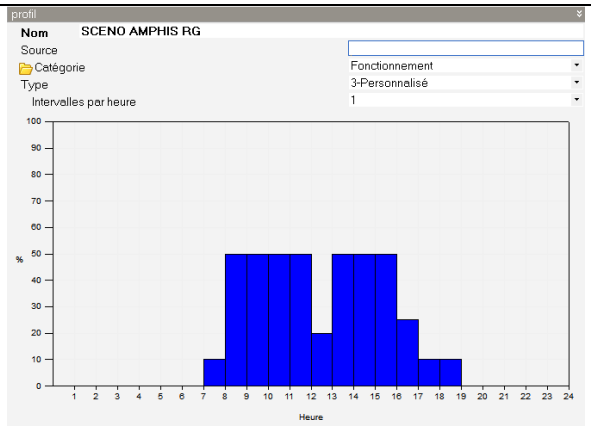
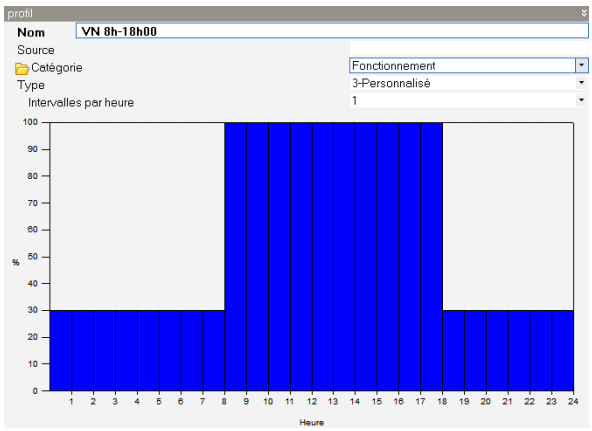
4.2. Occupation type d'une salle d'enseignement

Les amphis / salles de classes sont occupés de 8 h à 18h du lundi au samedi (cf. figure ci-contre).



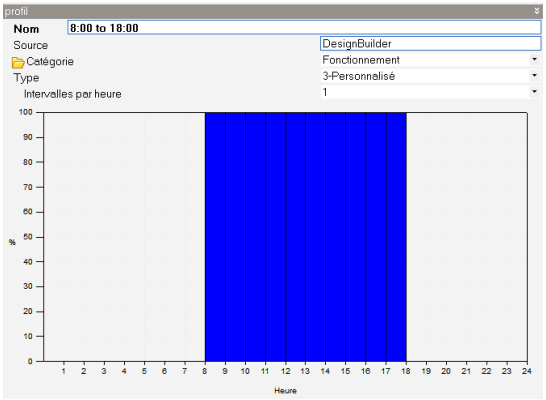


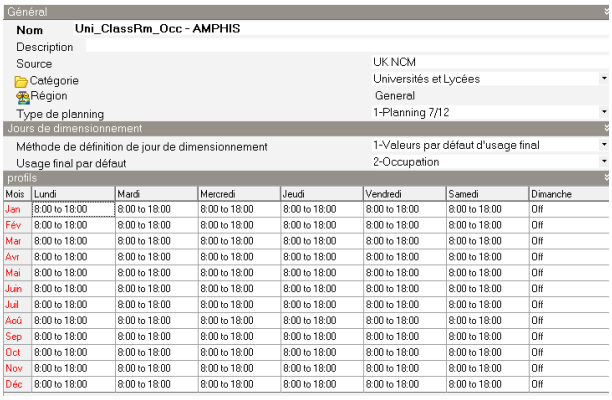
Occupant	➢ Nombre de personnes/salle : Suivant plans de l'architecte et le programme (Nombre d'étudiants par salle) : - Salle 600Pl : 601 personnes - Salle 200Pl : 201 personnes - Salle TD 50 Pl : 51 personnes ➢ Fonctionnement sur les horaires de 8h à 18h00 à 100% et pas de veille
Apports bureautiques	Evoluant selon les horaires d'occupation. Par salle : 20W/m²  Pas de veille en dehors de ces plages horaires d'occupation. Fraction radiante : 0.2, fraction latente : 0, fraction non dissipée : 0
Apports Scénographie et sono	Evoluant selon les horaires d'occupation. Par salle : 60W/m² pour la salle 600Pl 22W/m² pour la salle 200Pl 12W/m² pour la salle TD A 12W/m² pour la salle TD B

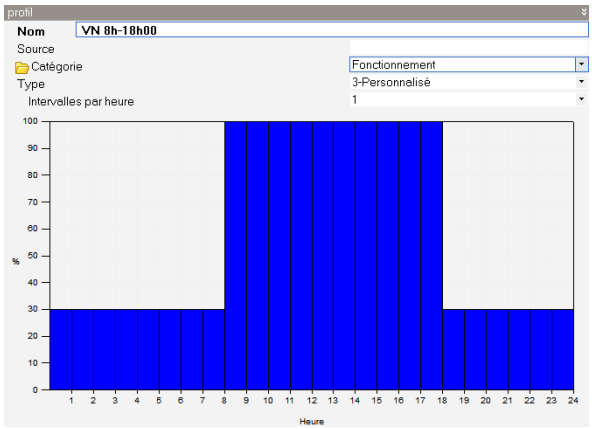
	 Pas de veille en dehors de ces plages horaires. Fraction radiante : 0.2, fraction latente : 0, fraction non dissipée : 0
Eclairage	➢ Plage active : selon horaire d'occupation décrit précédemment ➢ Capteur de lumière : Condition d'allumage < 300 Lux (à 0.75 cm du sol) ➢ Puissance : 6 W/m². ➢ Luminaire monté en surface ➢ Fraction radiante = 0,72 / Fraction visible = 0,18 / Fraction convective = 0,4. ➢ Gradation automatique assurant un éclairage constant
Ventilation hygiénique	Assurée par l'ouverture des jalousies (ventilation naturelle) Besoin hygiénique (min 18 m^3/h/pers.)
Ventilation naturelle	Ouverture des jalousies pendant l'occupation. Ouverture des jalousies à 100% en occupation et 30% hors occupation. 

4.3. Occupation type bureaux

Les bureaux sont occupés de 8h à 18h du lundi au samedi (cf. figure ci-contre).

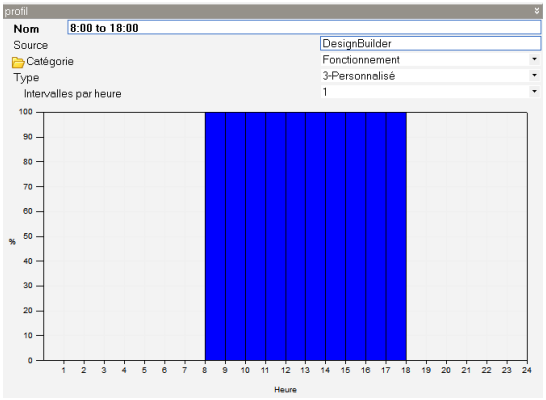


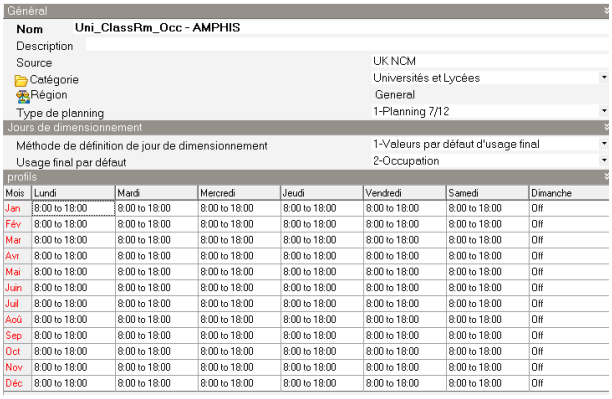


Occupant	2 occupants par bureau
Apports bureautiques	Constant pendant les horaires d'occupation. Par Salle : 10 W/m² Pas de veille en dehors de ces plages horaires d'occupation. Fraction radiante : 0.2, fraction latente : 0, fraction non dissipée : 0
Eclairage	➢ Plage active : selon horaire d'occupation décrit précédemment ➢ Capteur de lumière : Condition d'allumage < 300 Lux (à 0.75 cm du sol) ➢ Puissance : 6 W/m². ➢ Luminaire monté en surface ➢ Fraction radiante = 0,72 / Fraction visible = 0,18 / Fraction convective = 0,4. ➢ Gradation automatique assurant un éclairage constant
Ventilation hygiénique	Assurée par l'ouverture des jalousies (ventilation naturelle) Besoin hygiénique (mini 18 m^3/h/pers.)
Ventilation naturelle	Ouverture des jalousies pendant l'occupation. Ouverture des jalousies à 100% en occupation et 30% hors occupation. 

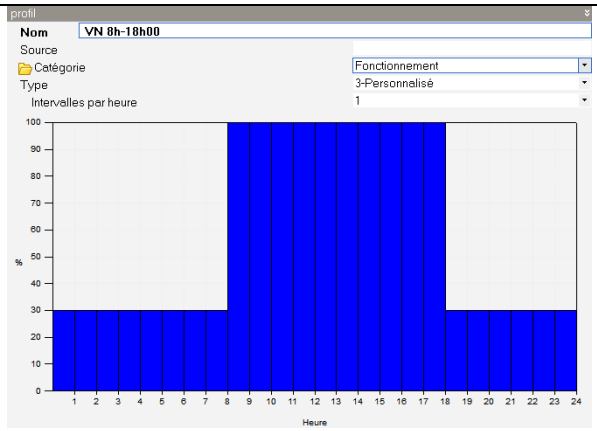
4.4. Occupation type Salle de repos :

La salle de repos est occupée de 8h à 18h du lundi au samedi (cf. figure ci-contre).



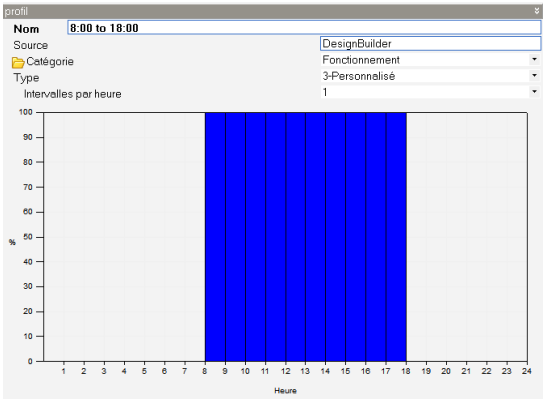


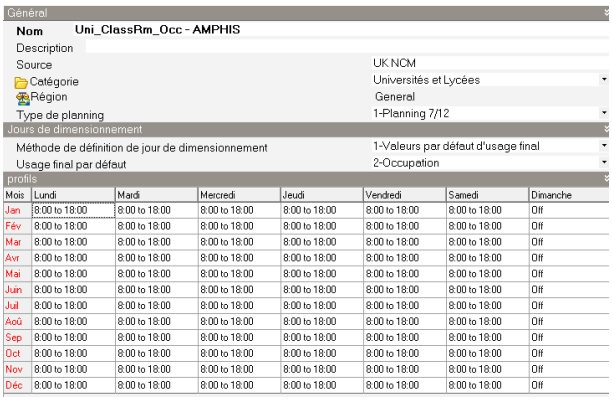
Occupant	4 occupants par salle de repos
Apports équipements	Constant pendant les horaires d'occupation. Par Salle : 12 W/m² Pas de veille en dehors de ces plages horaires d'occupation. Fraction radiante : 0.2, fraction latente : 0, fraction non dissipée : 0
Eclairage	➢ Plage active : selon horaire d'occupation décrit précédemment ➢ Capteur de lumière : Condition d'allumage < 300 Lux (à 0.75 cm du sol) ➢ Puissance : 6 W/m². ➢ Luminaire monté en surface ➢ Fraction radiante = 0,72 / Fraction visible = 0,18 / Fraction convective = 0,4. ➢ Gradation automatique assurant un éclairage constant
Ventilation hygiénique	Assurée par l'ouverture des jalousies (ventilation naturelle) Besoin hygiénique (mini 22 m^3/h/pers.)
Ventilation naturelle	Ouverture des jalousies pendant l'occupation. Ouverture des jalousies à 100% en occupation et 30% hors occupation.

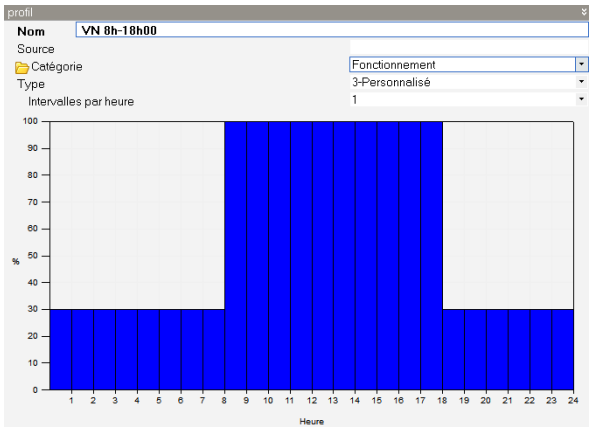
4.5. Occupation type bureau d'accueil :

Le bureau d'accueil est occupé de 8h à 18h du lundi au samedi (cf. figure ci-contre).



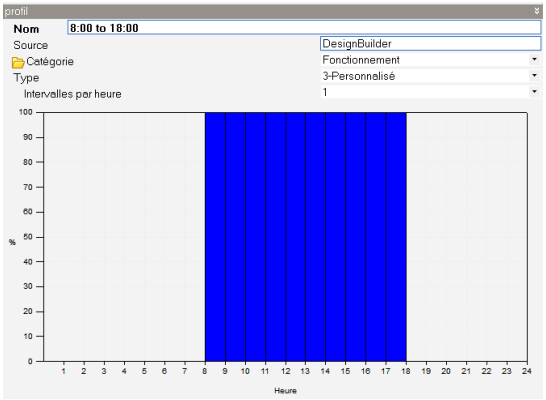


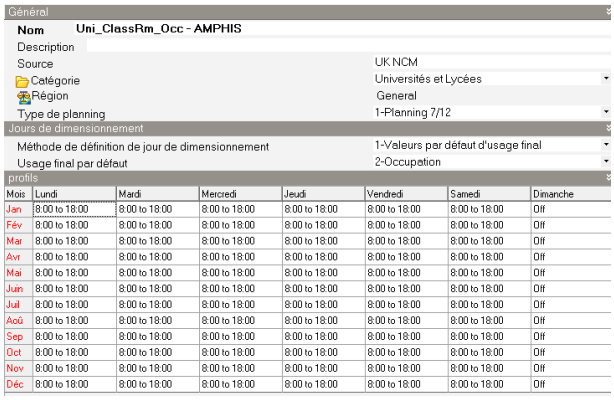
Occupant	1 occupant
Apports bureautiques	Constant pendant les horaires d'occupation. Par Salle : 10 W/m² Pas de veille en dehors de ces plages horaires d'occupation. Fraction radiante : 0.2, fraction latente : 0, fraction non dissipée : 0
Eclairage	➢ Plage active : selon horaire d'occupation décrit précédemment ➢ Capteur de lumière : Condition d'allumage < 300 Lux (à 0.75 cm du sol) ➢ Puissance : 6 W/m². ➢ Luminaire monté en surface ➢ Fraction radiante = 0,72 / Fraction visible = 0,18 / Fraction convective = 0,4. ➢ Gradation automatique assurant un éclairage constant
Ventilation hygiénique	Assurée par l'ouverture des jalousies (ventilation naturelle) Besoins (18 m^3/h/pers.)

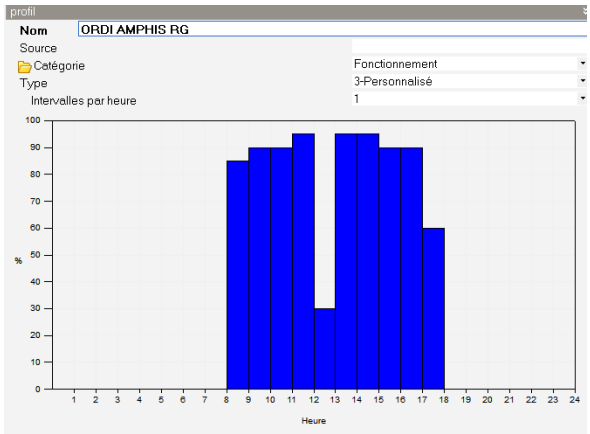
Ventilation naturelle	Ouverture fenêtres pendant l'occupation. Ouverture des jalousies à 100% en occupation et 30% hors occupation. 

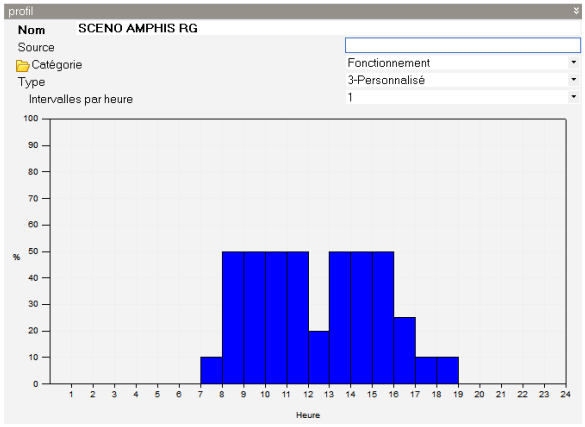
4.6. Occupation type Régie et son local technique :

La salle régie est occupée de 8h à 18h du lundi au samedi (cf. figure ci-contre).



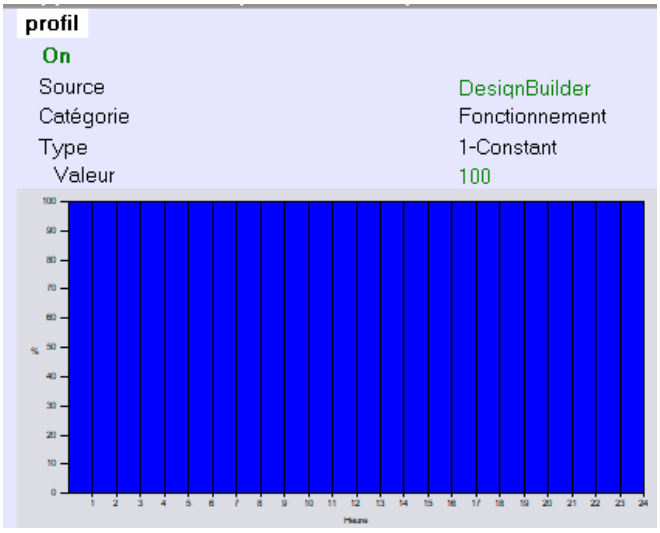


Occupant	2 occupants
Apports bureautiques	Evoluant selon les horaires d'occupation. Par salle : 20W/m²  Pas de veille en dehors de ces plages horaires d'occupation.

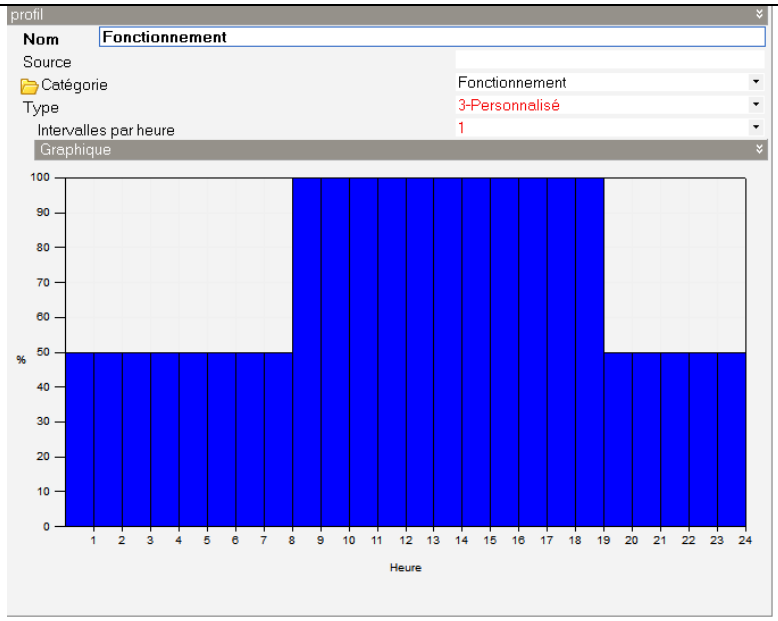
	Fraction radiante : 0.2, fraction latente : 0, fraction non dissipée : 0
Apports Scénographie et sono	Evoluant selon les horaires d'occupation. Par salle: 60W/m²  Pas de veille en dehors de ces plages horaires. ➢ Fraction radiante : 0.2, fraction latente : 0, fraction non dissipée : 0
Ventilation hygiénique	Renouvellement d'air 22 m3/h/pers Taux d'infiltration 0.6 Vol/heure
Climatisation	Puissance installée Fonctionnement constant pendant les horaires d'occupation des amphis.

4.7. Occupation type SERVEUR/ECS :

Ses locaux ne sont pas occupés mais fonctionnent en permanence 7/7 et h24 (cf. Figure ci-contre):

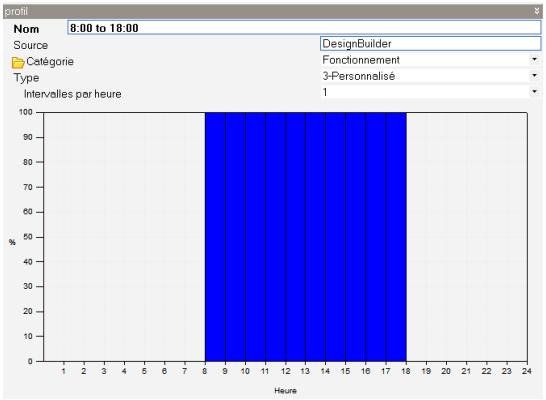


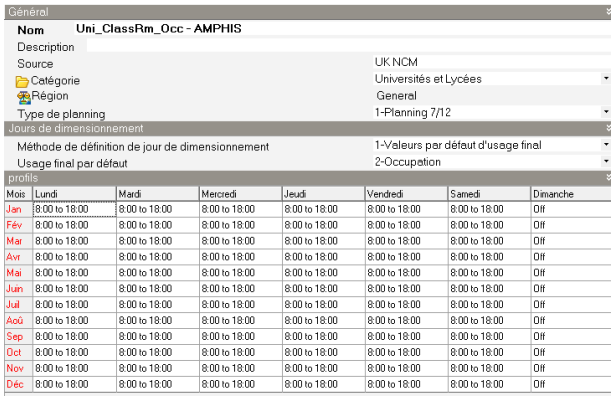
Occupant	0 occupant
Apports bureautiques	Constant pendant les horaires d'occupation. Par espace : 150W/m² 7/7 et h24 avec une veille à 50% entre 18h et 8h00

	 Fraction radiante : 0.2, fraction latente : 0, fraction non dissipée : 0
Eclairage	➢ Plage active : selon horaire d'occupation décrit précédemment ➢ Capteur de lumière : Condition d'allumage < 200 Lux (à 0.75 cm du sol) ➢ Puissance : 6 W/m². ➢ Luminaire monté en surface ➢ Fraction radiante = 0,72 / Fraction visible = 0,18 / Fraction convective = 0,4. ➢ Gradation automatique assurant un éclairage constant
Ventilation hygiénique	Taux d'infiltration 0.6 Vol/heure
Climatisation	Puissance installée Fonctionnement constant.

4.8. Occupation type Sanitaires :

Les sanitaires sont occupés de 8h à 18h du lundi au samedi (cf. figure ci-contre).





Occupant	16 occupants pour hommes et 18 occupants pour les femmes
Apports bureautiques	0
Eclairage	➢ Plage active : selon horaire d'occupation décrit précédemment ➢ Capteur de lumière : Condition d'allumage < 100 Lux (à 0.75 cm du sol) ➢ Puissance : 6 W/m². ➢ Luminaire monté en surface ➢ Fraction radiante = 0,72 / Fraction visible = 0,18 / Fraction convective = 0,4. ➢ Gradation automatique assurant un éclairage constant
Ventilation hygiénique	Taux d'infiltration 0.6 Vol/heure Besoins hygiéniques : (30 + 15 x N) m 3/h (douche et WC groupés) (10 + 5 x N) m 3/h (lavabos groupés)
Ventilation naturelle	Ouverture à 100% sur façades (moucharabieh) H24. Ventilation naturelle

4.9.Apports équipements informatique :

Calcul détaillé des apports internes – ordinateurs portables

Local	Places	Surface utile (m²)	Portables étudiants théoriques (nb)	Portables enseignant (nb)	Puissance installée théorique si 100% des places sont équipées (kW)	Coeff. simultanéité pointe	Puissance dissipée en pointe (kW)	Ratio pointe (W/m²)	Ratio foisonné (W/m²)	Hypothèse d'usage
Grand amphi 600 places	600	640	600	1	24,05	50%	12,03	18,8	18,8	Cours magistral ; usage portable ponctuel mais significatif
Petit amphi 200 places	200	210	200	1	8,05	50%	4,03	19,2	19,2	Cours, projection, PC étudiants plus fréquent qu'en grand amphi
Salle TD 1 – 50 places	50	87	50	1	2,05	70%	1,44	16,5	16,5	Travail encadré ; usage portable fréquent
Salle TD 2 – 50 places	50	87	50	1	2,05	70%	1,44	16,5	16,5	Travail encadré ; usage portable fréquent
TOTAL	**900**	**1024**	**900**	**4**	**36,20**		**18,92**	**18,5**	**18,5**	
Remarque	Les puissances « foisonnées » correspondent à une moyenne pendant la plage								**20,0**	**RETENUE POUR LA SIMULATION**

Hypothèses de base – usage ordinateurs portables (enseignement)			
Hypothèse	**Valeur**	**Unité**	**Commentaire**
Puissance active moyenne portable étudiant	40	W/portable	Hypothèse projet : usage bureautique + prise de notes + recharge partielle
Puissance active moyenne portable enseignant	50	W/portable	Hypothèse projet : portable enseignant + périphériques légers
Part de puissance dissipée dans le local	100%	%	Pour un portable, l'énergie électrique consommée est quasi intégralement dissipée sous forme de chaleur
Coefficient de simultanéité pointe – grand amphi	50%	%	Part des étudiants utilisant effectivement un portable en pointe
Coefficient de simultanéité pointe – petit amphi	50%	%	Part des étudiants utilisant effectivement un portable en pointe
Coefficient de simultanéité pointe – salle TD	70%	%	Usage plus fréquent du portable en salle TD
ASHRAE	**20 à 50 W**	en usage bureautique	
	60–70 W	en usage intensif	
CIBSE – Guide TM54 / Guide A	**30 à 60 W**	typique	
U.S. Department of Energy	**15 à 45 W**	en usage normal	
	jusqu'à 65 W	en pic	
Lawrence Berkeley National Laborato	**25–40 W**	moyen	
	60 W	pics >	
Données fabricants (ex : Dell / HP)	45 W	chargeurs :	
	65 W		
	90 W		
Valeurs réalistes à retenir	**25 – 40 W**	Étudiant	
	35 – 60 W	Enseignant	

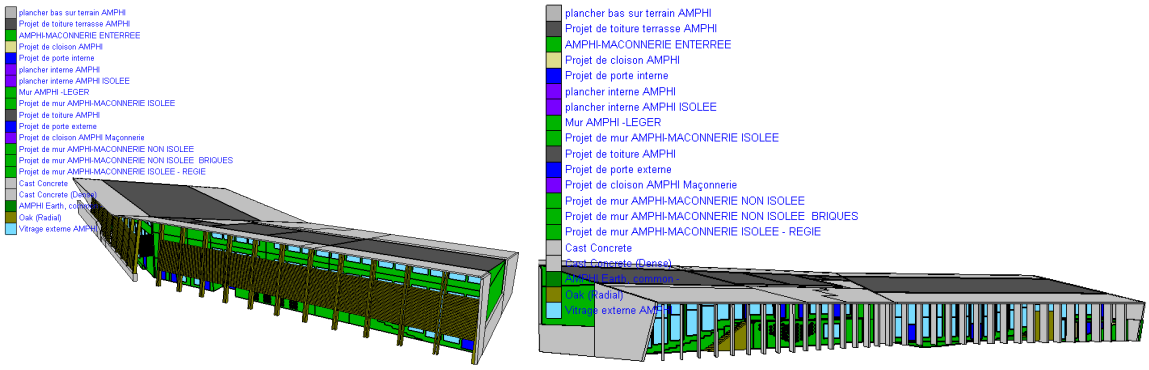
4.10. Apports équipements scénographie et sonorisation :

Calcul détaillé des apports internes – scénographie / sonorisation / machinerie										
Local	**Places**	**Surface utile (m²)**	**Puissance installée prise en compte (kW)**	**Dégagement calorifique pointe (kW)**	**Foisonnement technique**	**Puissance dissipée foisonnée (kW)**	**Ratio foisonné (W/m²)**	**Origine des données**	**Commentaire**	**Lien au PDF**
Amphi 600 places	600	640	182	36,90	50%	18,452	29	PDF	Somme des données PDF pour le grand amphi (éclairage scénique + sonorisation + machinerie).	PDF p.1-2
Amphi 100/200 places	200	210	66	4,62	50%	2,309	11	PDF	Somme des données PDF pour l'amphi 100/200 places (sonorisation +	PDF p.1-2
Régie – grand amphi		87		5,30	50%	2,65	30	PDF + hypothèse surface	Puissance régie reconstituée à partir de la colonne 'Régie' du PDF ; surface de régie = 15 m².	PDF p.2 + surface régie projet
Salle TD 1 – 50 places	50	87		1,00	50%	0,5	6	Hypothèse projet	Audiovisuel léger / vidéoprojection ; faute de données PDF spécifiques.	Hypothèse
Salle TD 2 – 50 places	50	87		1,00	50%	0,5	6	Hypothèse projet	Audiovisuel léger / vidéoprojection ; faute de données PDF spécifiques.	Hypothèse
TOTAL	**900**	**1111**	**248**	**49**		**24**	**22**			
Remarque	**Les valeurs 'foisonnées' correspondent à la puissance dissipée après application du foisonnement technique du PDF. La 'puissance moyenne en exploitation' ajoute ensuite le schedule horaire de fonctionnement pour la simulation thermique.**									

5.CARACTERISTIQUES THERMIQUES ET SOLAIRES DE L'ENVELOPPE

5.1. Composition des parois opaques

Le principe général adopté en matière de procédés constructifs est le suivant :



La composition détaillée des différentes typologies de murs est la suivante :

- Murs extérieurs :

Général	
Nom	**Mur AMPHI -LEGER**
Source	
Catégorie	Murs
Région	FRANCE
Couleur	
Définition	
Méthode de définition	1-Couches
Paramètres de calcul	
Couches	
Nombre de couches	5
Couche la plus externe	
Matériau	Metals - duraluminium
Epaisseur (m)	0.0050
Avec pont thermique ?	
Couche 2	
Matériau	Air gap (R=0.18m2/K/W)
Epaisseur (non utilisée dans les calculs thermiques) (m)	0.0150
Couche 3	
Matériau	Oriented strand board (OSB)
Epaisseur (m)	0.0150
Avec pont thermique ?	
Couche 4	
Matériau	MW Glass Wool (rolls)
Epaisseur (m)	0.1000
Avec pont thermique ?	
Couche la plus interne	
Matériau	Gypsum Plastering
Epaisseur (m)	0.0130
Avec pont thermique ?	

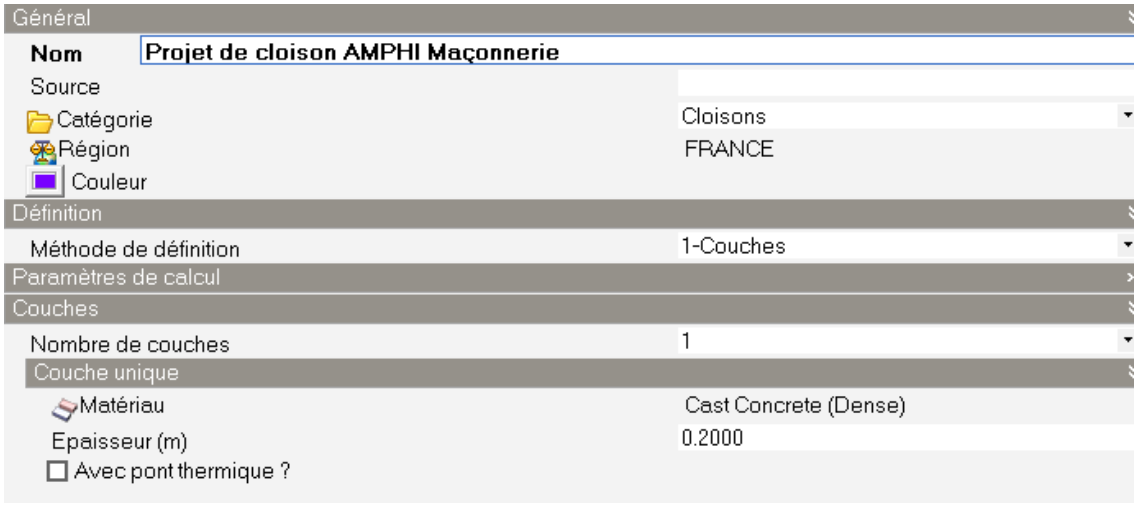
Général	
Nom	**Projet de mur AMPHI-MACONNERIE NON ISOLEE BRIQUES**
Source	
Catégorie	Murs
Région	FRANCE
Couleur	
Définition	
Méthode de définition	1-Couches
Paramètres de calcul	
Couches	
Nombre de couches	2
Couche la plus externe	
Matériau	Brickwork Outer
Epaisseur (m)	0.0110
Avec pont thermique ?	
Couche la plus interne	
Matériau	Concrete Block (Medium)
Epaisseur (m)	0.2000
Avec pont thermique ?	

Général	
Nom	**AMPHI-MACONNERIE ENTERREE**
Source	
Catégorie	Murs
Région	FRANCE
Couleur	
Définition	
Méthode de définition	1-Couches
Paramètres de calcul	
Couches	
Nombre de couches	3
Couche la plus externe	
Matériau	Copie de Cement sand render
Epaisseur (m)	0.0150
Avec pont thermique ?	
Couche 2	
Matériau	Concrete Block (Medium)
Epaisseur (m)	0.2000
Avec pont thermique ?	
Couche la plus interne	
Matériau	Gypsum Plastering
Epaisseur (m)	0.0200
Avec pont thermique ?	

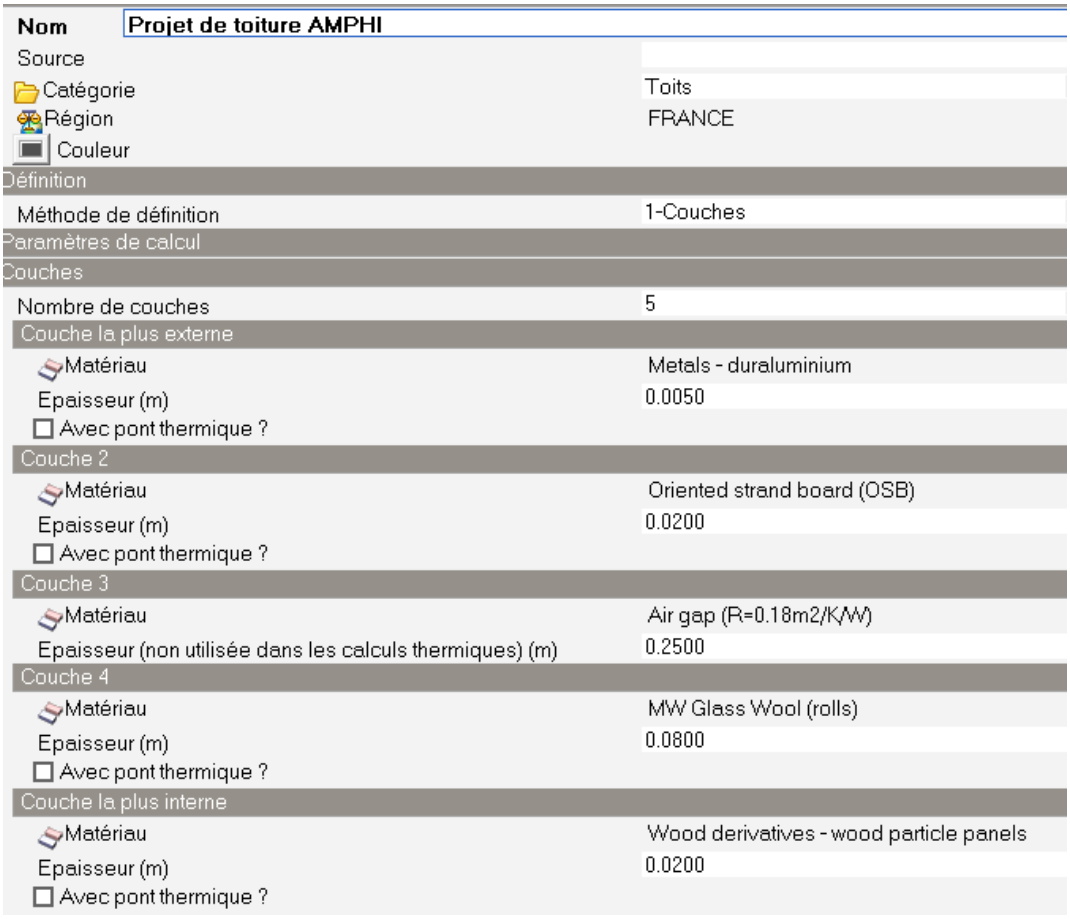
- Murs intérieurs et cloisons :

Général	
Nom	**Projet de cloison AMPHI**
Source	
Catégorie	Cloisons
Région	FRANCE
Couleur	
Définition	
Méthode de définition	1-Couches
Paramètres de calcul	
Couches	
Nombre de couches	3
Couche la plus externe	
Matériau	Gypsum Plasterboard
Epaisseur (m)	0.0250
Avec pont thermique ?	
Couche 2	
Matériau	MW Glass Wool (rolls)
Epaisseur (m)	0.0700
Avec pont thermique ?	
Couche la plus interne	
Matériau	Gypsum Plasterboard
Epaisseur (m)	0.0250
Avec pont thermique ?	

Général	
Nom	**Projet de mur AMPHI-MACONNERIE ISOLEE - REGIE**
Source	
Catégorie	Murs
Région	FRANCE
Couleur	
Définition	
Méthode de définition	1-Couches
Paramètres de calcul	
Couches	
Nombre de couches	5
Couche la plus externe	
Matériau	Fibreboard, including MDF
Epaisseur (m)	0.0150
Avec pont thermique ?	
Couche 2	
Matériau	Air gap (R=0.18m2/K/W)
Epaisseur (non utilisée dans les calculs thermiques) (m)	0.0150
Couche 3	
Matériau	Concrete Block (Medium)
Epaisseur (m)	0.2000
Avec pont thermique ?	
Couche 4	
Matériau	MW Glass Wool (rolls)
Epaisseur (m)	0.0800
Avec pont thermique ?	
Couche la plus interne	
Matériau	Gypsum Plastering
Epaisseur (m)	0.0130
Avec pont thermique ?	


Général
Nom
Projet de cloison AMPHI Maçonnerie
Source
Catégorie
Cloisons
Région
FRANCE
Couleur
Définition
Méthode de définition
1-Couches
Paramètres de calcul
Couches
Nombre de couches
1
Couche unique
Matériau
Cast Concrete (Dense)
Epaisseur (m)
0.2000
Avec pont thermique ?

- Toiture :


Nom
Projet de toiture AMPHI
Source
Catégorie
Toits
Région
FRANCE
Couleur
Définition
Méthode de définition
1-Couches
Paramètres de calcul
Couches
Nombre de couches
5
Couche la plus externe
Matériau
Metals - duraluminium
Epaisseur (m)
0.0050
Avec pont thermique ?
Couche 2
Matériau
Oriented strand board (OSB)
Epaisseur (m)
0.0200
Avec pont thermique ?
Couche 3
Matériau
Air gap (R=0.18m2/K/W)
Epaisseur (non utilisée dans les calculs thermiques) (m)
0.2500
Couche 4
Matériau
MW Glass Wool (rolls)
Epaisseur (m)
0.0800
Avec pont thermique ?
Couche la plus interne
Matériau
Wood derivatives - wood particle panels
Epaisseur (m)
0.0200
Avec pont thermique ?

Nom	**Projet de toiture terrasse AMPHI**
Source	
Catégorie	Toits
Région	FRANCE
Couleur	
Définition	
Méthode de définition	1-Couches
Paramètres de calcul	
Couches	
Nombre de couches	4
Couche la plus externe	
Matériau	Ceramic/clay tiles - ceramic tiles Dry
Epaisseur (m)	0.0150
Avec pont thermique ?	
Couche 2	
Matériau	EPS Expanded Polystyrene (Heavyweight)
Epaisseur (m)	0.1000
Avec pont thermique ?	
Couche 3	
Matériau	Cast Concrete
Epaisseur (m)	0.2000
Avec pont thermique ?	
Couche la plus interne	
Matériau	Fibreboard
Epaisseur (m)	0.0130
Avec pont thermique ?	

- Plancher intermédiaire :

Nom	**plancher interne AMPHI**
Source	
Catégorie	Planchers (intermédiaires)
Région	FRANCE
Couleur	
Définition	
Méthode de définition	1-Couches
Paramètres de calcul	
Couches	
Nombre de couches	2
Couche la plus externe	
Matériau	Ceramic/clay tiles - ceramic floor tiles Dry
Epaisseur (m)	0.0150
Avec pont thermique ?	
Couche la plus interne	
Matériau	Cast Concrete (Dense)
Epaisseur (m)	0.2000
Avec pont thermique ?	

5.2. Parois vitrées

Les parois vitrées des bâtiments d'enseignement généraux sont composées de jalousies sur chassis en alu, de propriétés suivantes :

Simple Vitrage	Valeur
U_f(W/K.m²)	5,8
Facteur solaire %	0,78
Transmission lumineuse	0,78

On considère que complètement ouvertes, la surface libre pour le passage de l'air des jalousies ouvertes est de 80% de la surface de baie.

5.3. Coefficient de réflexion et absorption des parois

Ces coefficients jouent un rôle important dans la lumière naturelle et les facteurs solaires des parois. L'émissivité a un rôle dans les échanges infrarouges.

- Propriétés de surfaces à l'intérieur des locaux

	Coefficient Réflexion	Emissivité
Plancher	**0,3**	**0,9**
Murs	**0,5**	**0,9**
Plafond	**0,7**	**0,9**

- Propriétés de surfaces côté extérieur

	Coefficient absorption	Emissivité
Murs bois	0,7	0,9
Toiture tôle claire	0,5	0,9
Plancher	0,6	0,9
Allée ou terrasse béton	0.6	0.9
Chassis baies alu	0.5	0 .2
Lame Brise soleil foncée	0,7	0.9

- Propriété de l'environnement immédiat

Facteur de réflexion du sol ext : **0.1**

Facteur de réflexion de l'horizon proche : **0.25**

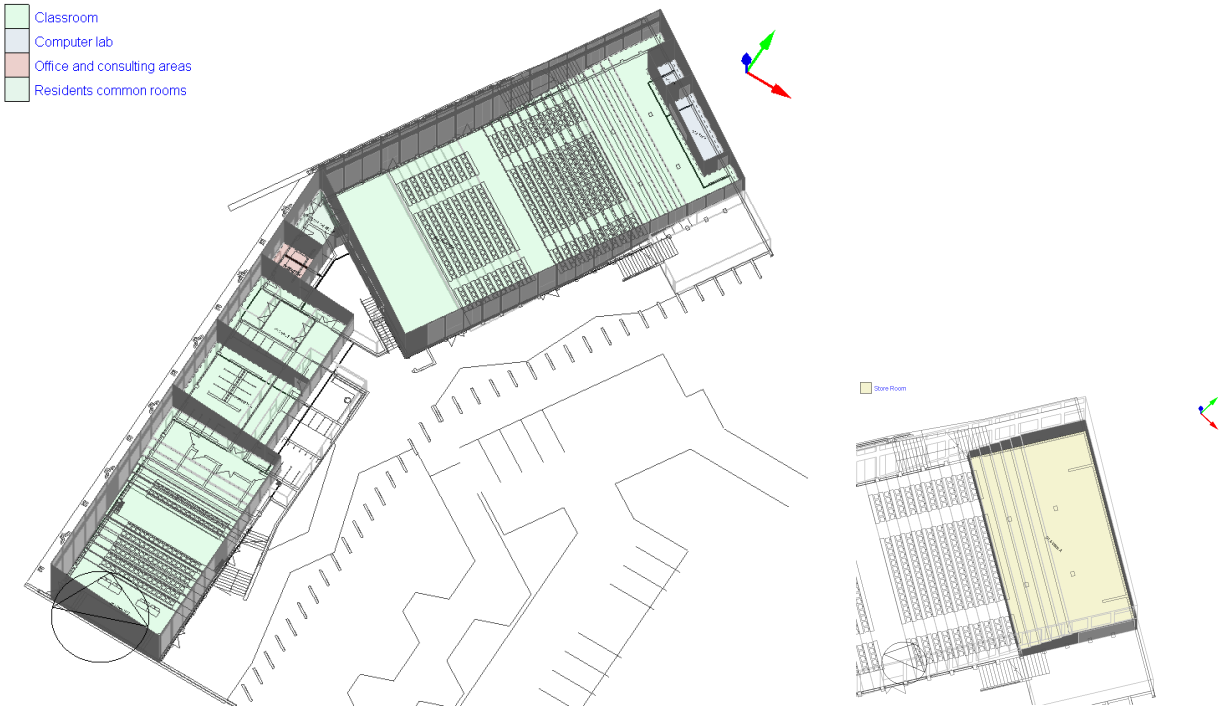
Facteur de réflexion de l'horizon lointain : **0.25**

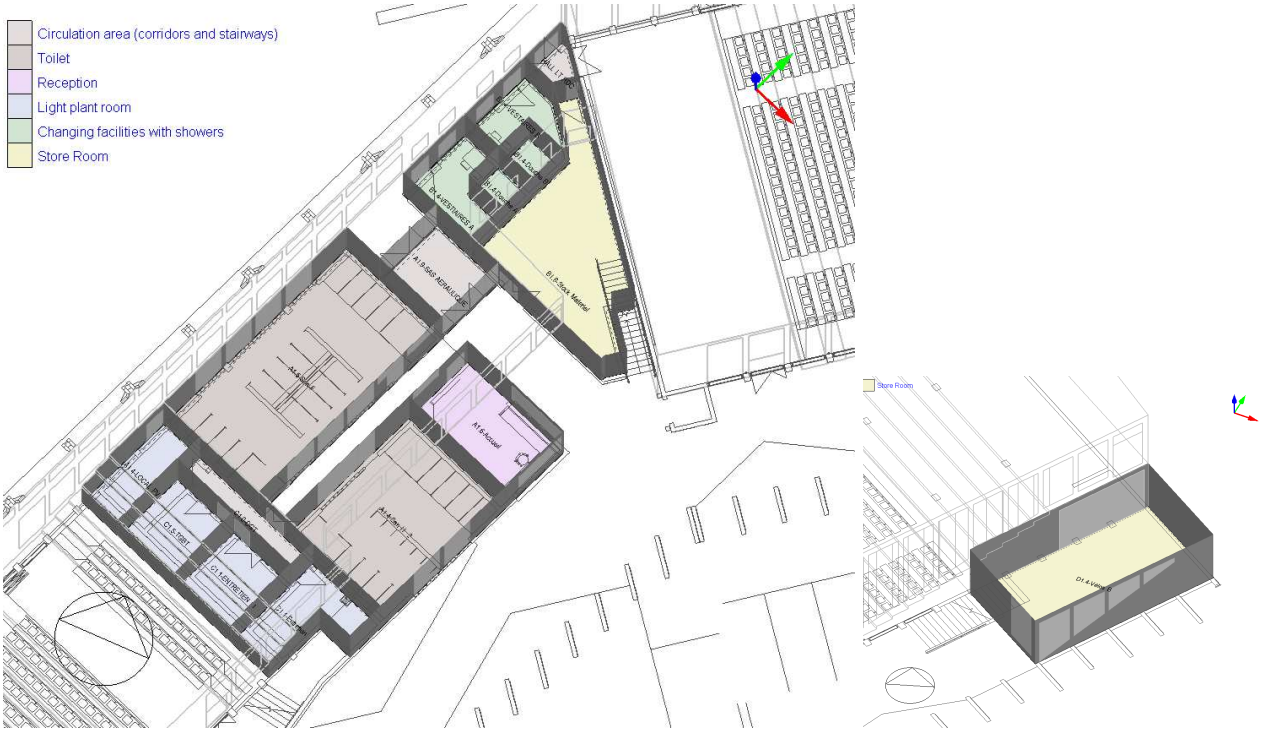
6.LOCAUX REPRESENTATIFS

Pour les calculs STD et lumière naturelle, l'échantillonnage de locaux simulés s'est effectué sur le principe suivant :

- Salle 601Pl
- Salles 201Pl

- Salle de classe TD A (51Pl chacune)
- Salle de classe TD B (51Pl chacune)
- Bureau R+1
- Salle de repos R+1
- Salle Régie attenante à la salle 600Pl
- Bureau accueil
- Sanitaires Femmes
- Sanitaires Hommes
- Local technique Régie

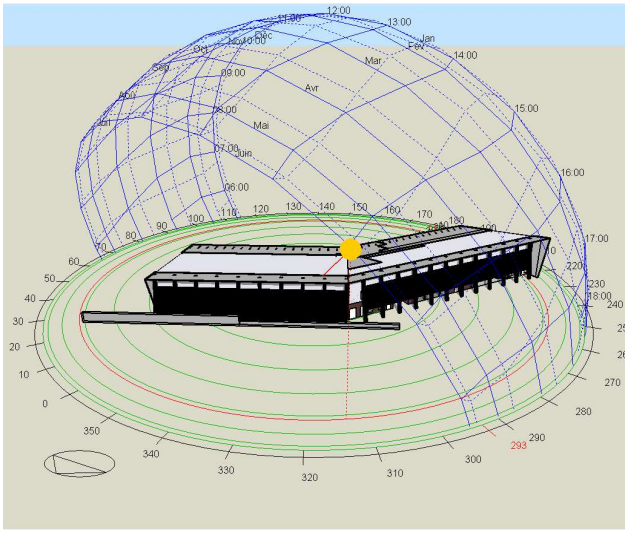


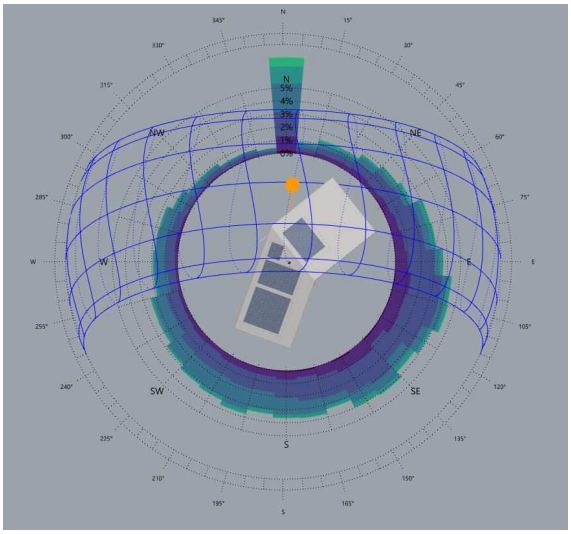


Plans zonage thermique

7.ETUDE DE L'EXPOSITION SOLAIRE DIRECTE DES LOCAUX

7.1. Principe général de protection solaire





Comme précisé dans l'introduction, nous avons cherché dans un premier temps à trouver le bon compromis entre lumière naturelle et protection solaire.

Comme le montre le dessin des trajectoires solaires, le plan de masse est idéalement implanté vis-à-vis de l'ensoleillement avec les façades développées en orientation Est et Ouest. Ce type d'exposition se traite très bien avec des protections horizontales.

C'est donc ce principe général de protection qui a été développé :

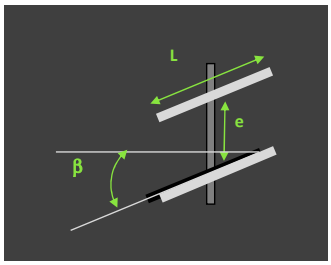
- Traitement des développées de façades l'est et à l'ouest : protections par coursive et débord de toiture avec de grandes avancées.
- Façade nord et sud du bâtiment sud : murs aveugles traités.

7.2. Dimensionnement des brise-soleils

Le dimensionnement des brise-soleils doit veiller à :

- Maitriser de l'exposition solaire des élèves en classe, pour éviter la gêne visuelle (éblouissement) et un apport solaire source d'inconfort hygrothermique ;
- Assurer un bon confort visuel et une autonomie en lumière naturelle optimisée.

Le calage du dimensionnement des brise-soleils s'est fait par itérations successifs en partant d'une situation initiale pour arriver à une variante de compromis.



Brises soleil	Option initiale
Largeur	15 cm
Espacement	16 cm
Epaisseur des lames	5 cm
Inclinaison	25°
Absorption	0.7

8.LUMIERE NATURELLE DANS LES LOCAUX

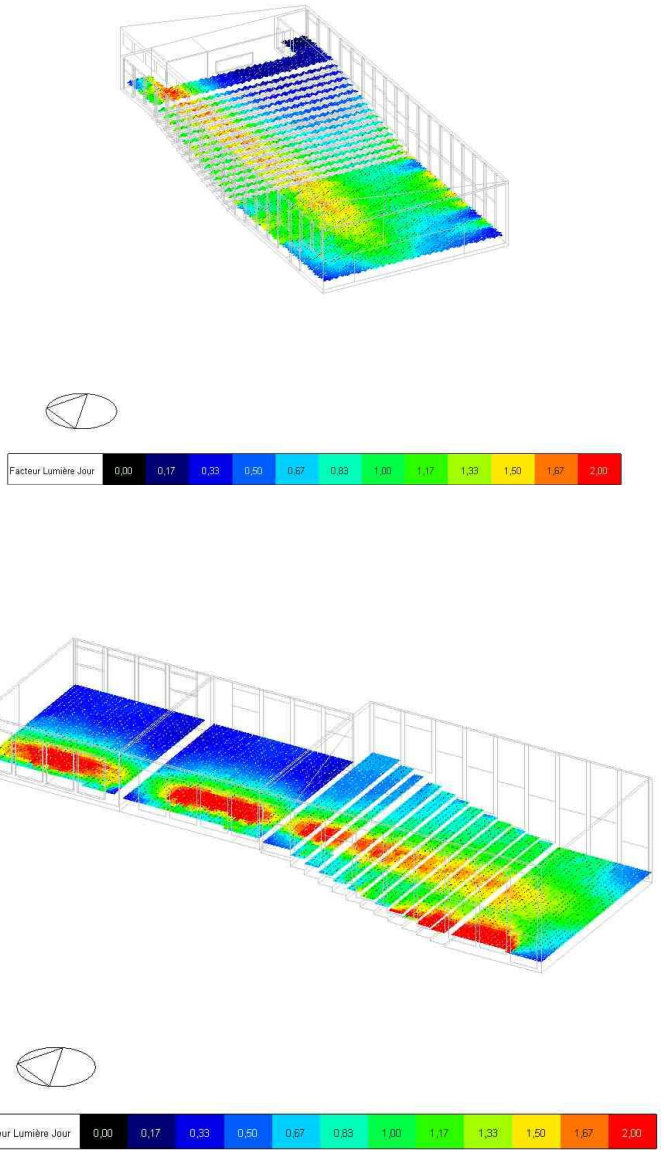
8.1. Résultats

La simulation des différents locaux donne les résultats suivants :

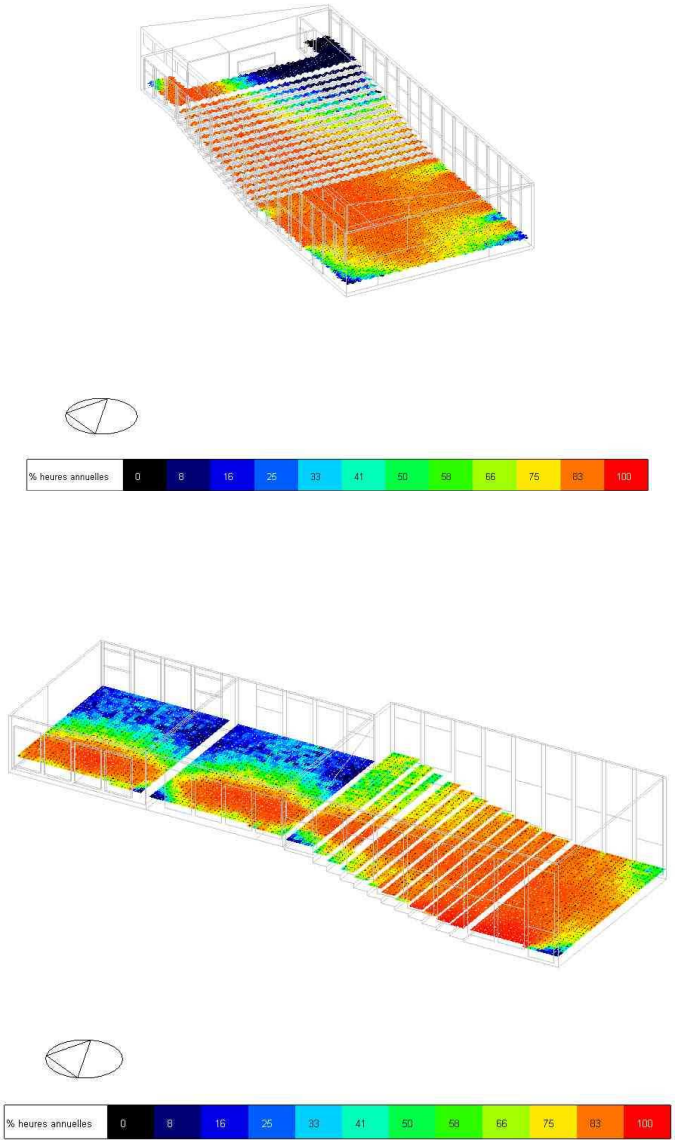
- L'autonomie lumineuse est appréciable dans les salles d'enseignement pour un niveau d'éclairement de 300 lux.
- L'autonomie lumineuse est excellente dans les salles d'enseignement (>83%) pour un niveau d'éclairement de 150 lux.
- En général, Les facteurs jour sont inférieurs à 1 %.
- Le bureau et salle de repos sont les plus défavorables en autonomie lumineuse.

Zone	FLJ Moyen (%)	DA (%) pour 300lux	**DA (%) pour 150lux**
B2.1-Salle 200P	1.17	93%	**99%**
B1.2-Salle 600pl	0.74	64%	**83%**
B3.1-SALLE TD A	0.87	56%	**91%**
B3.1-SALLE TD B	0.89	58%	**93%**
B4.1-SALLE DE REPOS	0.25	12%	27%
B4.2-BUREAU	0.17	5%	15%
B1.4-VESTIAIRES A	0.56	29%	36%
B1.4-VESTAIRES B	0.74	40%	52%
A1.6-Accueil	0.41	12%	37%
A1.9-SAS AERAULIQUE	0.33	9%	30%
A1.4-San H	0.10	0%	0.6%
A1.5-San F	0.17	1.8%	12%

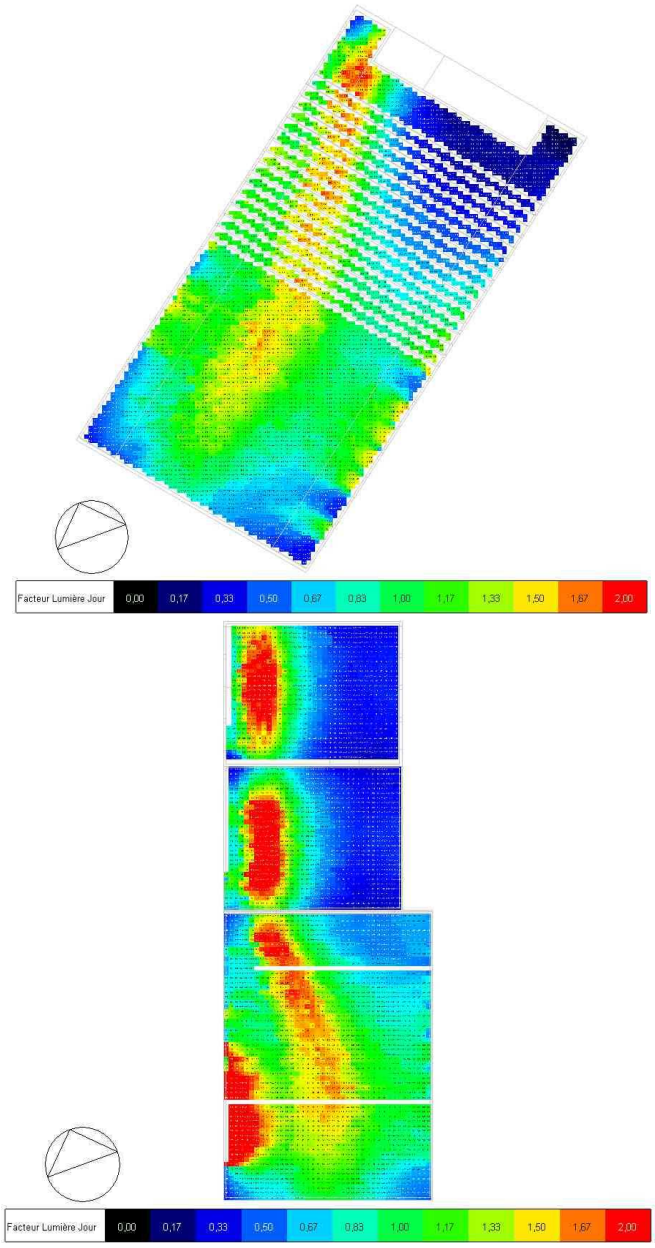
Exemple de visualisation des résultats



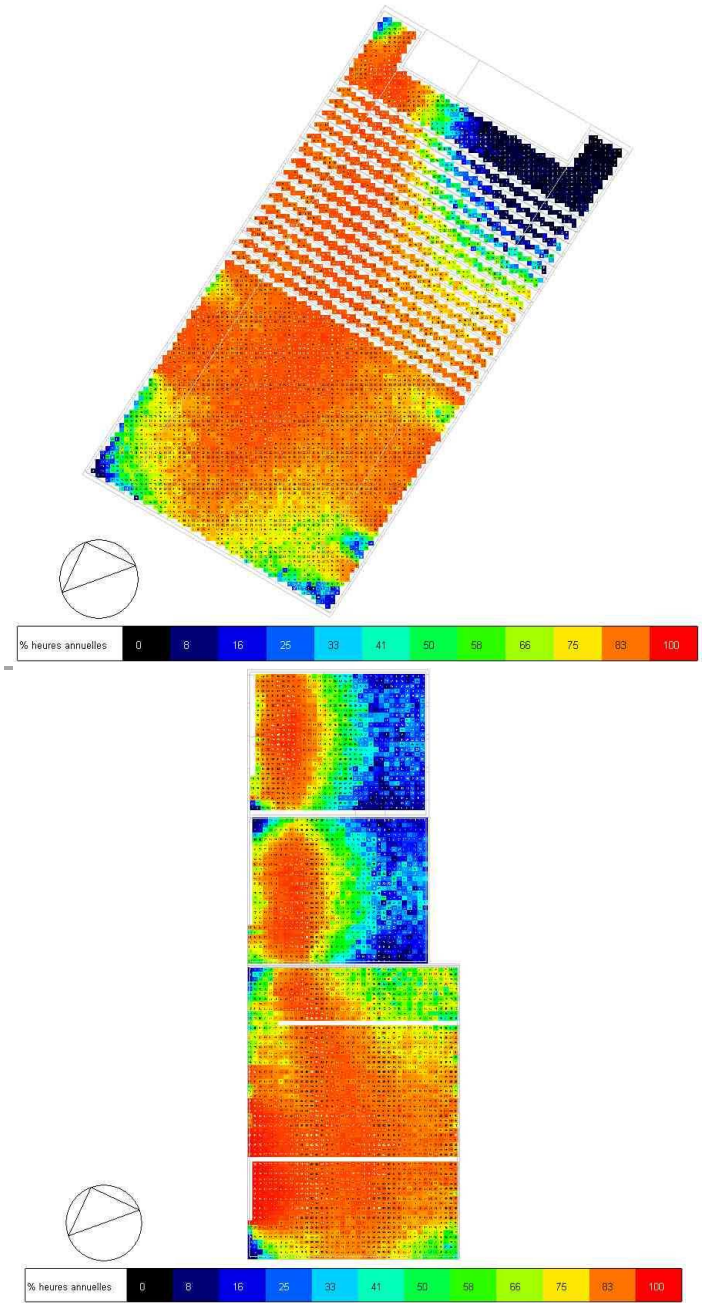
Axo Cartographie des FLJ (Facteur lumière de jour)



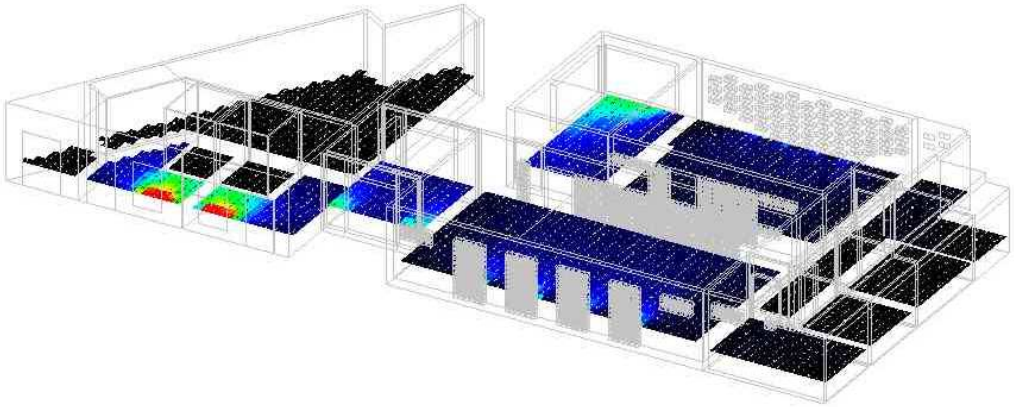
Axo Cartographie des autonomies lumineuses (DA en %)

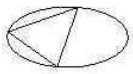


Plan Cartographie des FLJ des salles de cours (Facteur lumière de jour)



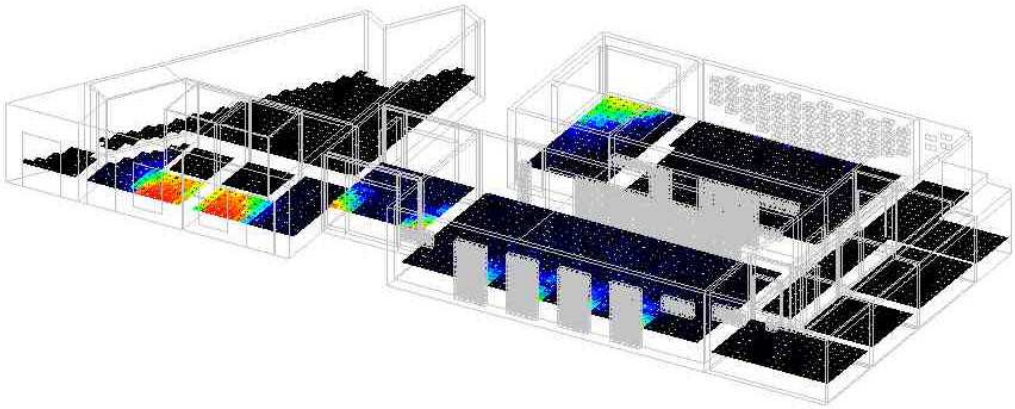
Plan Cartographie des autonomies lumineuses des salles de cours (DA en %)

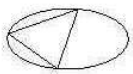






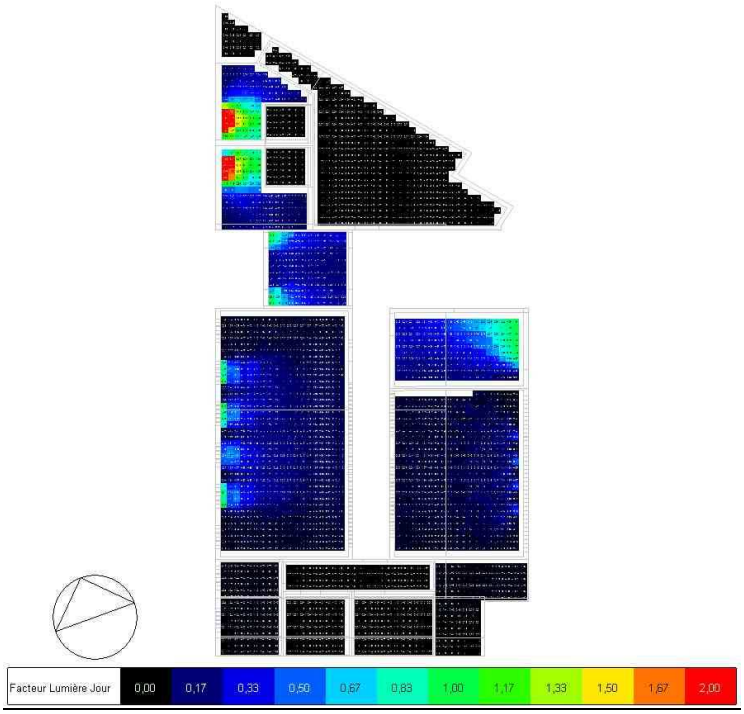
Axo Cartographie des FLJ des locaux annexes (Facteur lumière de jour)



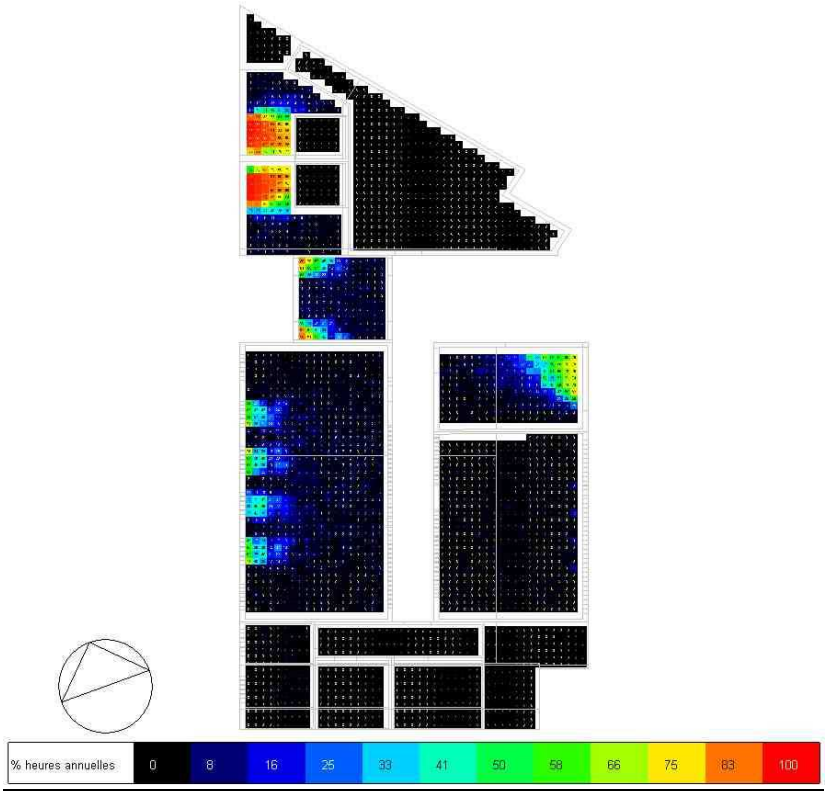




Axo Cartographie des AUTONOMIE LUMINEUSES des locaux annexes



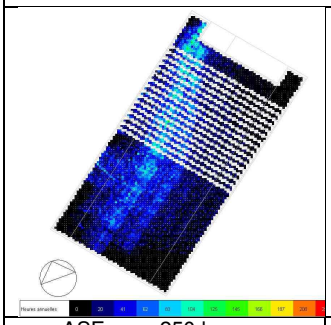
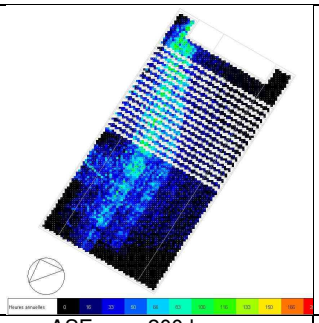
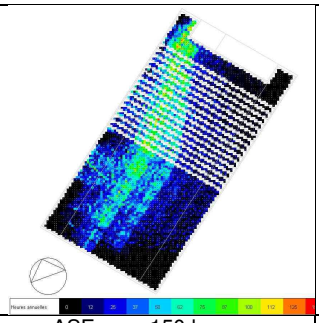
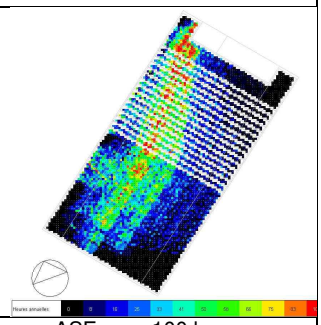
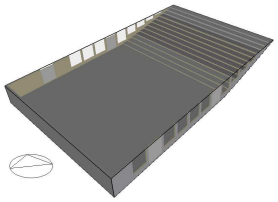
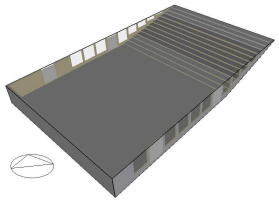
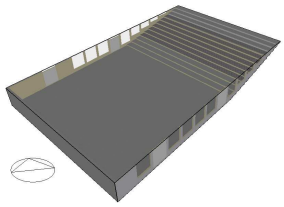
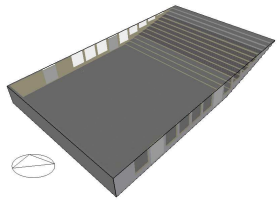
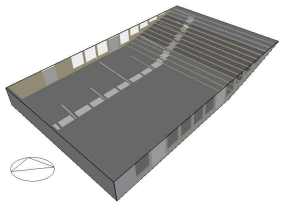
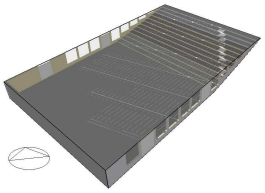
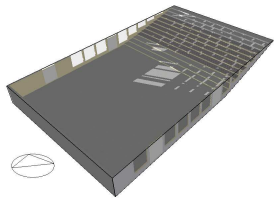
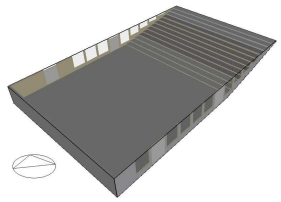
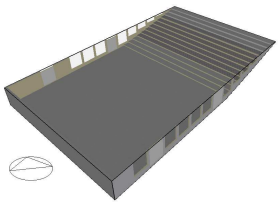
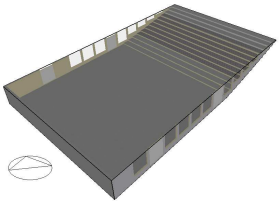
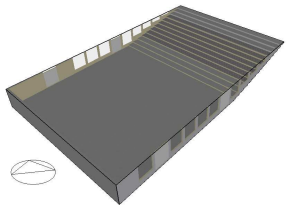
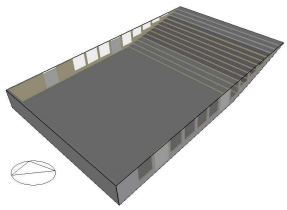
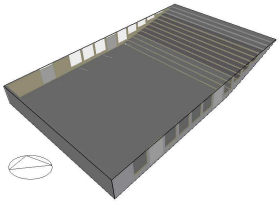
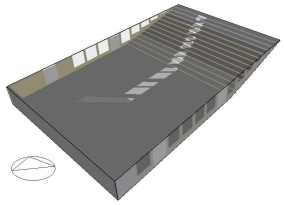
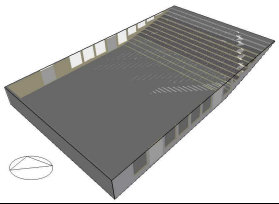
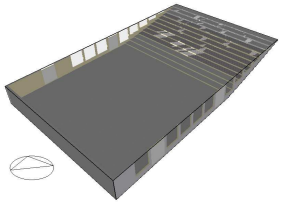
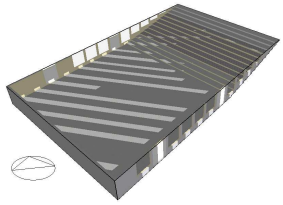
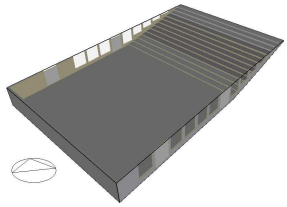
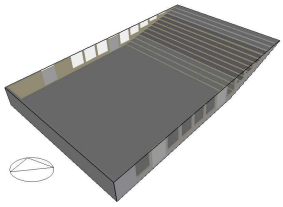
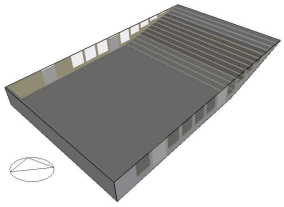
Plan Cartographie des FLJ des locaux annexes(Facteur lumière de jour)

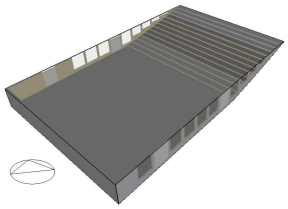
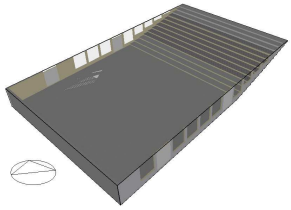
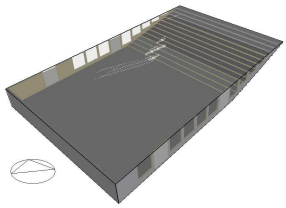
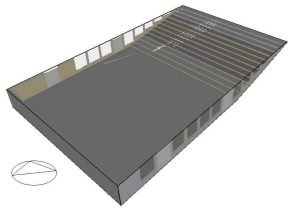


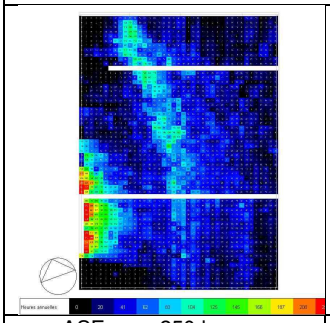
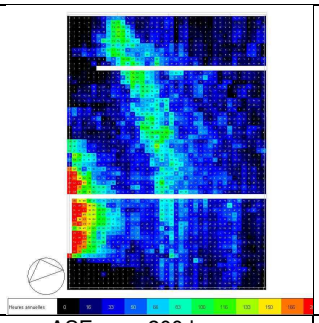
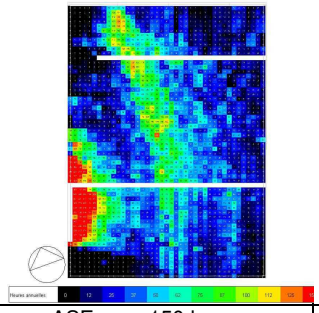
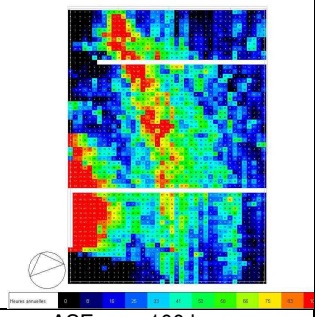
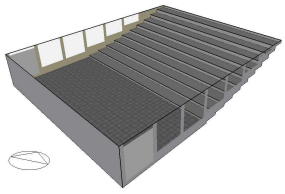
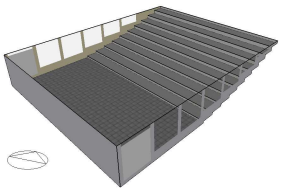
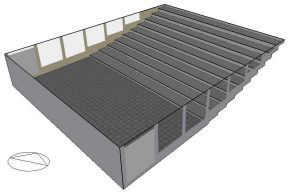
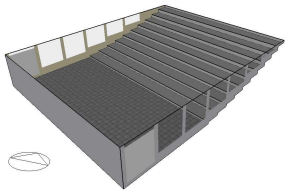
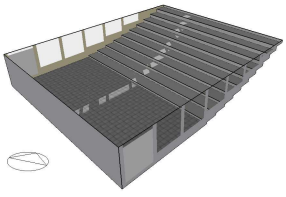
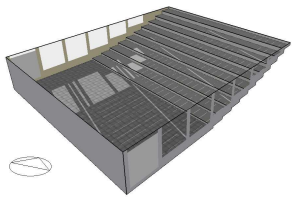
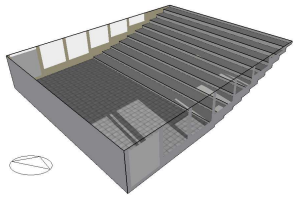
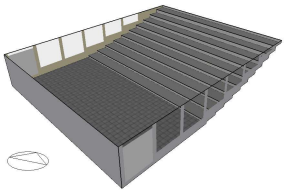
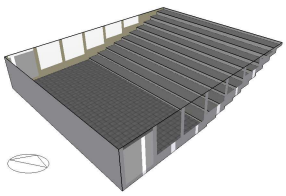
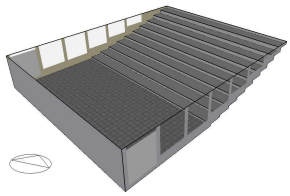
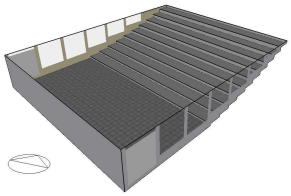
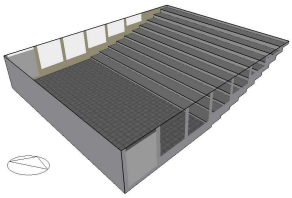
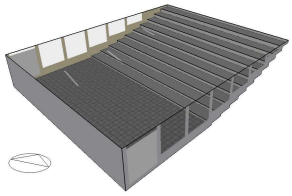
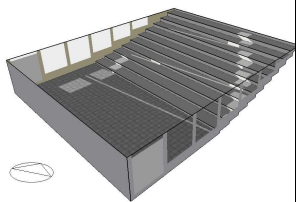
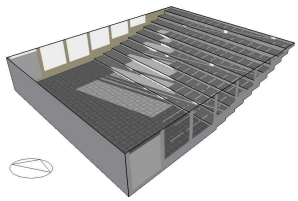
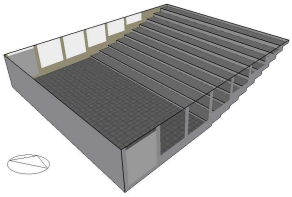
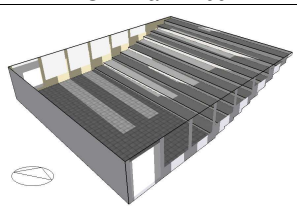
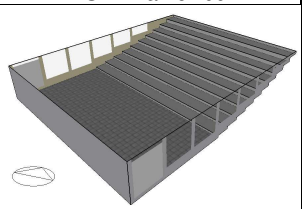
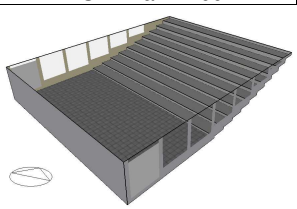
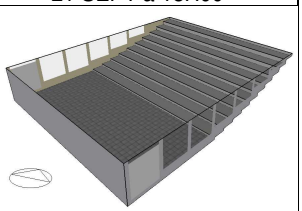
Plan Cartographie des AUTONOMIE LUMINEUSES des locaux annexes

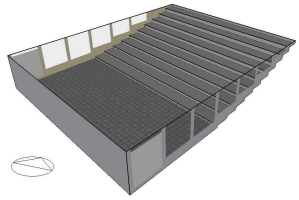
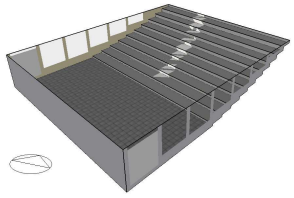
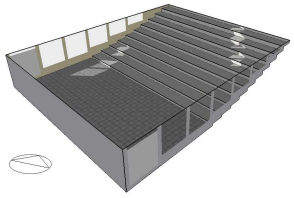
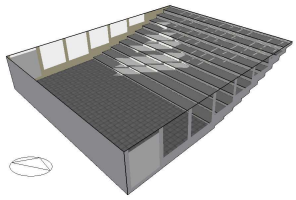
8.2. Analyse du risque de surexposition solaire et d'éblouissement dans les salles :

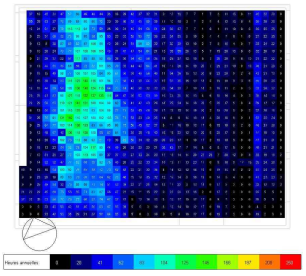
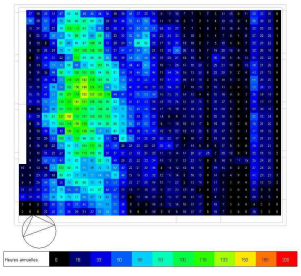
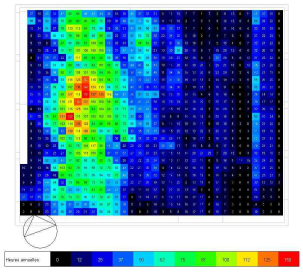
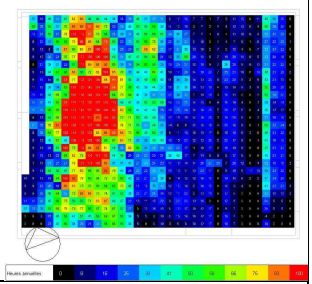
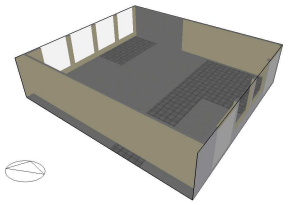
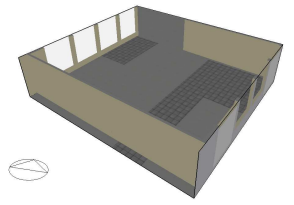
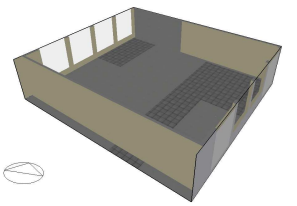
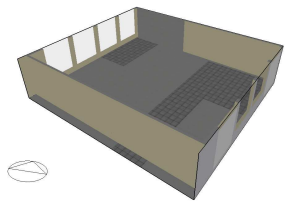
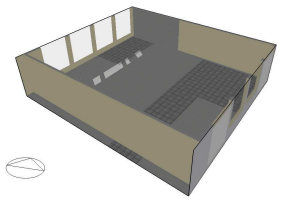
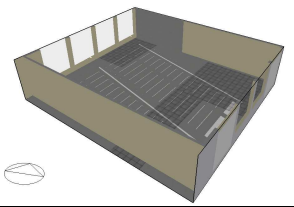
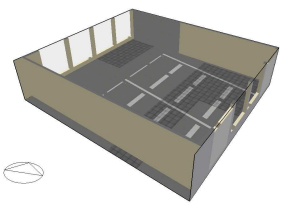
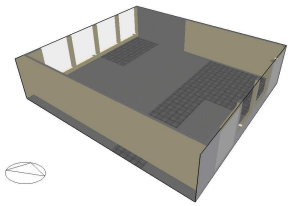
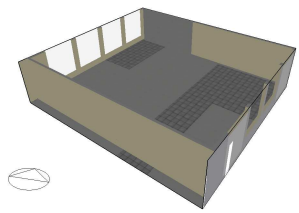
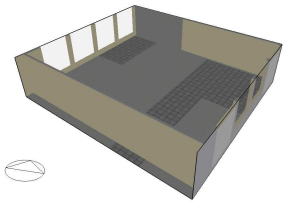
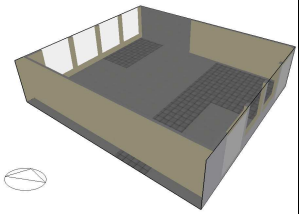
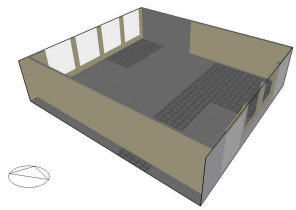
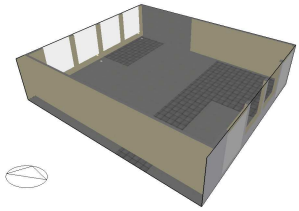
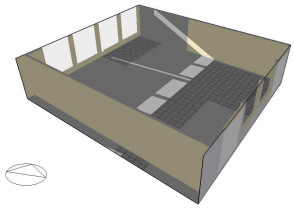
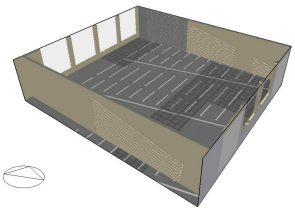
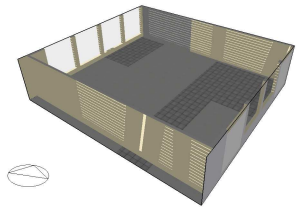
L'exposition annuelle à la lumière solaire (EAS) est utilisée conjointement avec l'indice sDA (autonomie lumineuse) pour quantifier le risque d'inconfort visuel dû à l'éblouissement. À l'échelle de la zone, elle mesure le pourcentage de la surface de travail où l'exposition dépasse le seuil de 1 000 lux pendant plus de 250 heures d'occupation par an. Pour les points de la grille au niveau du plan de travail, elle mesure le nombre d'heures d'occupation par an pendant lesquelles le point reçoit un ensoleillement direct supérieur au seuil de 1 000 lux.

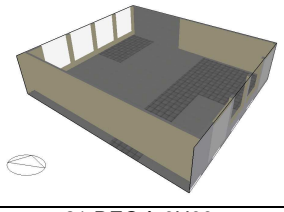
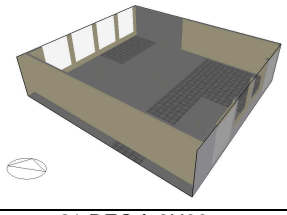
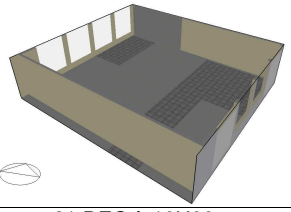
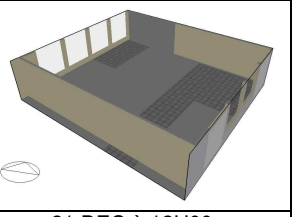
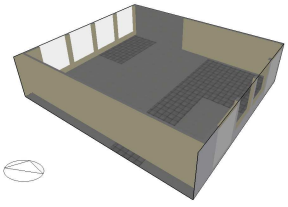
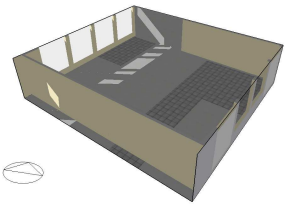
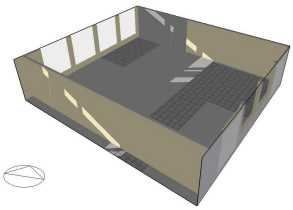
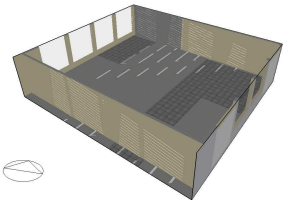
AMPHI 600PI			
			
ASE pour 250 heures	ASE pour 200 heures	ASE pour 150 heures	ASE pour 100 heures
Surface $EAS_{1000,250}$ dans l'intervalle = 100%			
			
21 JUIN à 6H00	21 JUIN à 8H00	21 JUIN à 10H00	21 JUIN à 12H00
			
21 JUIN à 14H00	21 JUIN à 16H00	21 DEC à 17H00	21 DEC à 18H00
			
21 SEPT à 6H00	21 SEPT à 8H00	21 SEPT à 10H00	21 SEPT à 12H00
			
21 SEPT à 14H00	21 SEPT à 16H00	21 SEPT à 17H00	21 SEPT à 17H45
			
21 DEC à 6H00	21 DEC à 8H00	21 DEC à 10H00	21 DEC à 12H00

			
21 DEC à 14H00	21 DEC à 16H00	21 DEC à 17H00	21 DEC à 18H00
EXPOSITION DIRECT AU RAYONNEMENT SOLAIRE			

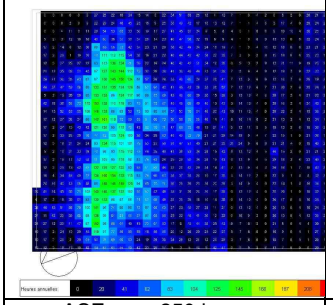
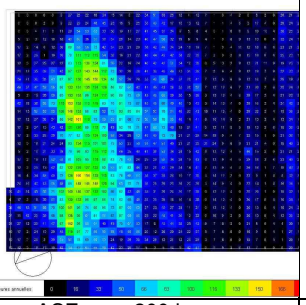
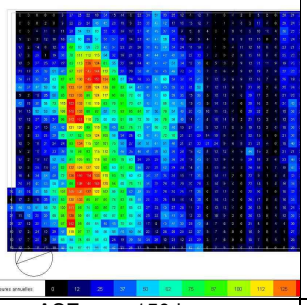
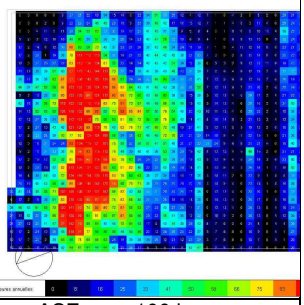
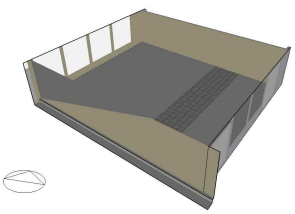
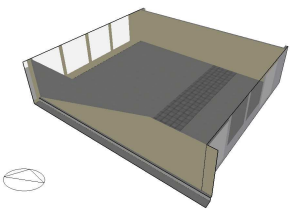
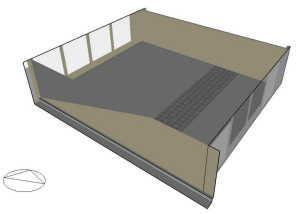
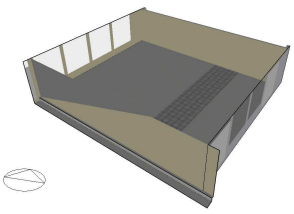
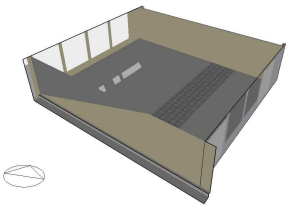
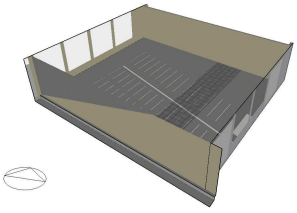
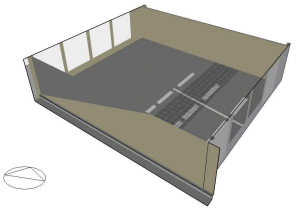
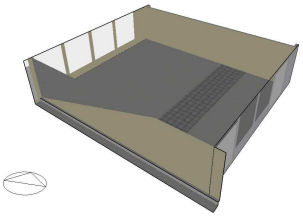
AMPHI 200PI			
			
ASE pour 250 heures	ASE pour 200 heures	ASE pour 150 heures	ASE pour 100 heures
Surface $EAS_{1000,250}$ dans l'intervalle = 99.8%			
			
21 JUIN à 6H00	21 JUIN à 8H00	21 JUIN à 10H00	21 JUIN à 12H00
			
21 JUIN à 14H00	21 JUIN à 16H00	21 DEC à 17H00	21 DEC à 18H00
			
21 SEPT à 6H00	21 SEPT à 8H00	21 SEPT à 10H00	21 SEPT à 12H00
			
21 SEPT à 14H00	21 SEPT à 16H00	21 SEPT à 17H00	21 SEPT à 18H00
			

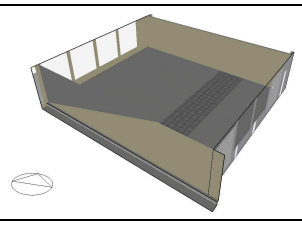
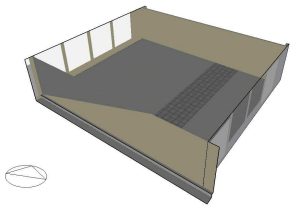
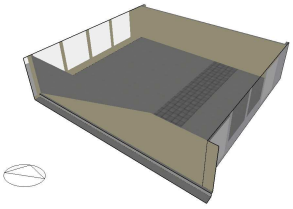
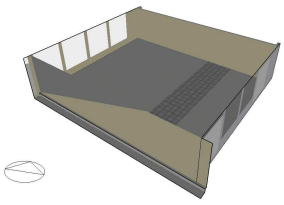
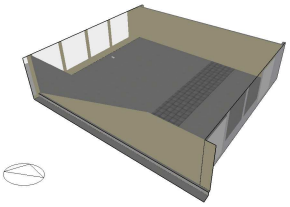
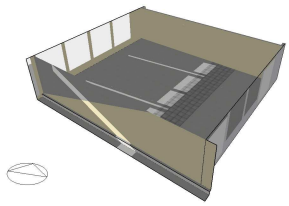
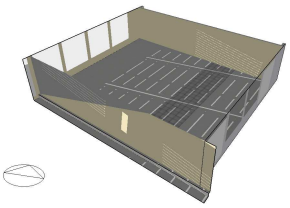
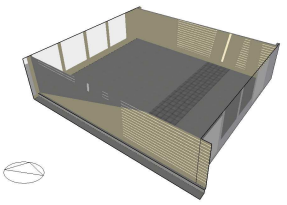
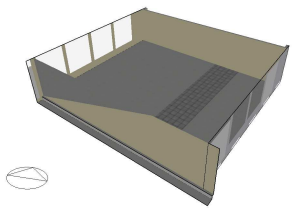
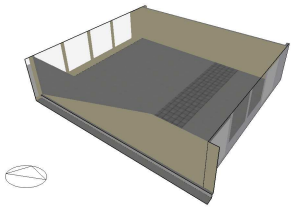
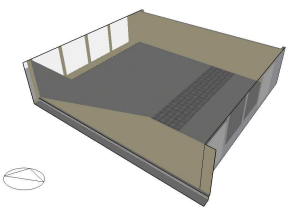
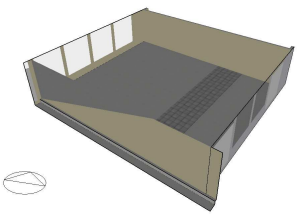
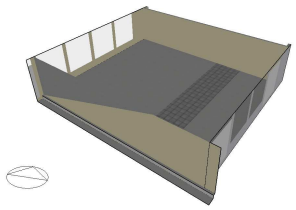
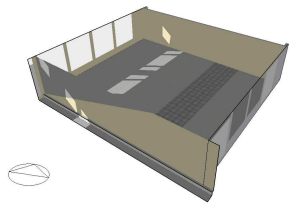
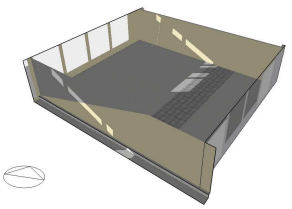
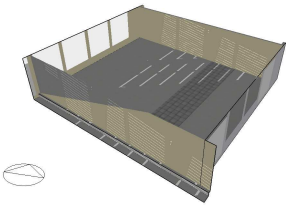
21 DEC à 6H00	21 DEC à 8H00	21 DEC à 10H00	21 DEC à 12H00
			
21 DEC à 14H00	21 DEC à 16H00	21 DEC à 17H00	21 DEC à 18H00
EXPOSITION DIRECT AU RAYONNEMENT SOLAIRE			

SALLE TD A			
			
ASE pour 250 heures	ASE pour 200 heures	ASE pour 150 heures	ASE pour 100 heures
Surface $EAS_{1000,250}$ dans l'intervalle = 99.8%			
			
21 JUIN à 6H00	21 JUIN à 8H00	21 JUIN à 10H00	21 JUIN à 12H00
			
21 JUIN à 14H00	21 JUIN à 16H00	21 JUIN à 17H00	21 JUIN à 18H00
			
21 SEPT à 6H00	21 SEPT à 8H00	21 SEPT à 10H00	21 SEPT à 12H00
			
21 SEPT à 14H00	21 SEPT à 16H00	21 SEPT à 17H00	21 SEPT à 18H00

			
21 DEC à 6H00	21 DEC à 8H00	21 DEC à 10H00	21 DEC à 12H00
			
21 DEC à 14H00	21 DEC à 16H00	21 DEC à 17H00	21 DEC à 18H00
EXPOSITION DIRECT AU RAYONNEMENT SOLAIRE			

Notre analyse $EAS_{1000,250}$: indique le pourcentage de la surface exposée à plus de 1000 lux pendant plus de 250 heures par an. Cette valeur peut également indiquer un risque d'apport excessif de chaleur solaire dans les espaces. Cette simulation est utilisée pour la certification LEED IEQ-Lumière du jour (Option 1), car cette métrique est conforme aux recommandations du guide LM-83 de l'Illuminating Engineering Society, Méthode approuvée : Autonomie spatiale à la lumière du jour (sDA) et exposition annuelle à la lumière du soleil (EAS) de l'IES. L'EAS peut indiquer un risque accru d'éblouissement, mais ne constitue pas une preuve formelle d'éblouissement ou d'inconfort visuel car il est calculé sur le plan de travail horizontal, pas au niveau de l'œil ni selon une direction de vue réelle.

SALLE TD B			
			
ASE pour 250 heures	ASE pour 200 heures	ASE pour 150 heures	ASE pour 100 heures
Surface $EAS_{1000,250}$ dans l'intervalle = 100%			
			
21 JUIN à 6H00	21 JUIN à 8H00	21 JUIN à 10H00	21 JUIN à 12H00
			
21 JUIN à 14H00	21 JUIN à 16H00	21 JUIN à 17H00	21 JUIN à 18H00

			
21 SEPT à 6H00	21 SEPT à 8H00	21 SEPT à 10H00	21 SEPT à 12H00
			
21 SEPT à 14H00	21 SEPT à 16H00	21 SEPT à 17H00	21 SEPT à 18H00
			
21 DEC à 6H00	21 DEC à 8H00	21 DEC à 10H00	21 DEC à 12H00
			
21 DEC à 14H00	21 DEC à 16H00	21 DEC à 17H00	21 DEC à 18H00
EXPOSITION DIRECT AU RARONNEMENT SOLAIRE			

9.CONFORT HYGROTHERMIQUE DES LOCAUX NATURELLEMENT RAFRAICHIS

9.1. Rappels de objectifs

Programme :

- Temps de dépassement sur la période d'occupation sur l'année de la plage de confort du local :

* Taux de confort en période d'occupation d'au moins 80% sur diagramme de givoni, pour la zone de vitesse d'air de 1m/s pour les locaux passifs.

* Taux de confort en période d'occupation d'au moins 95% sur diagramme de givoni, pour la zone de vitesse d'air de 1m/s pour les locaux mixtes.

- Plafond température : T° de confort = 28°C avec vitesse d'air = 1m/s

- Le concepteur devra réaliser une étude FLJ sur la base des performances demandées ci-dessus (Référentiel : PERENE - HQE BD OI)

L'objectif de cette étude est de situer le confort hygrométrique des occupants, par rapport aux objectifs visés de nombre d'heures d'inconfort :

- Excellent : inférieurs à 10%
- Très bons : inférieurs à 15%
- Bons : inférieurs à 20%

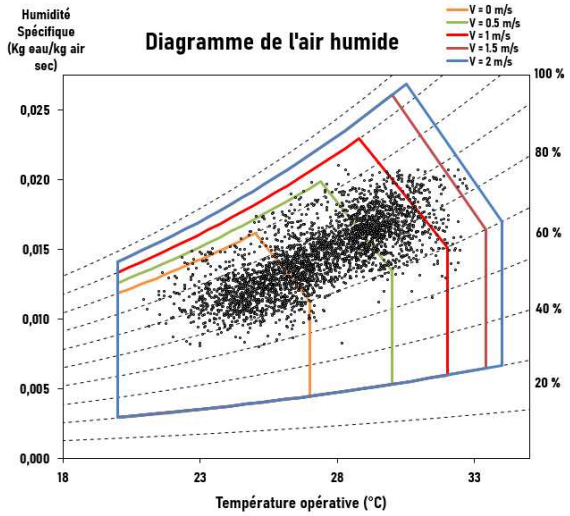
Les deux critères de confort utilisés sont :

- Le nombre d'heures au-dessus de 30°C
- Le nombre d'heures en dehors de la zone de Givoni de 1 m/s

Dans les locaux naturellement rafraichis, la présence de brasseurs assure en temps d'occupation une vitesse de l'air moyenne d'au moins 1 m/s.

9.2. Résultats obtenus

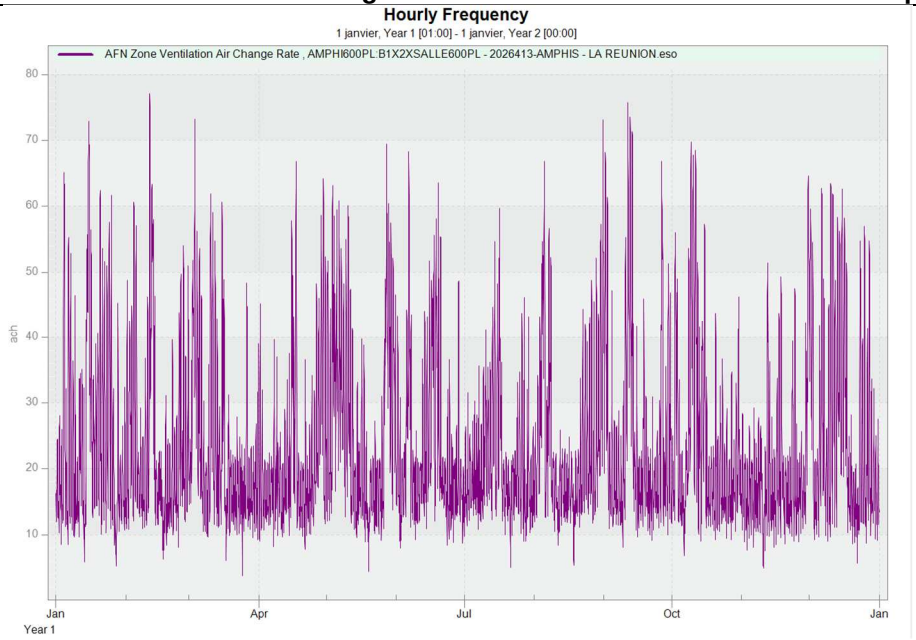
Salle Amphi 600PI



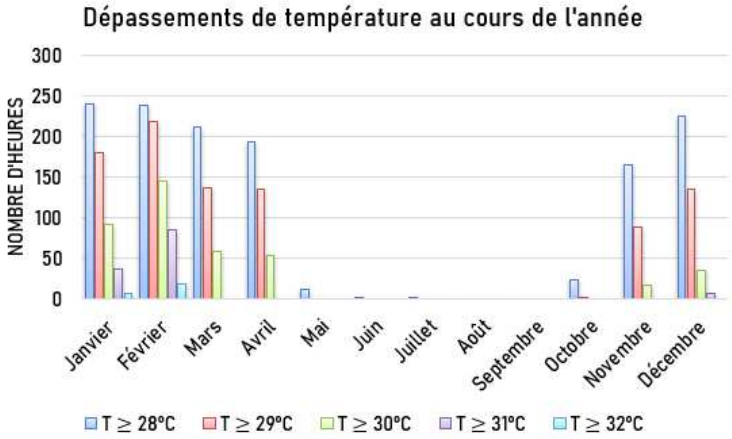
Nb d'heures étudiées: 3130

Confort hygrothermique	V= 0 m/s	V= 0.5 m/s	V= 1 m/s	V= 1.5 m/s	V= 2 m/s
NbH de confort	1032	2197	2985	3121	3130
NbH d'inconfort	2098	933	145	9	0
% Confort	33,0%	70,2%	95,4%	99,7%	100,0%
% Inconfort	67,0%	29,8%	4,6%	0,3%	0,0%

Taux de confort ~ 95.4% sur le diagramme de Givoni à1m/s en heures d'occupation



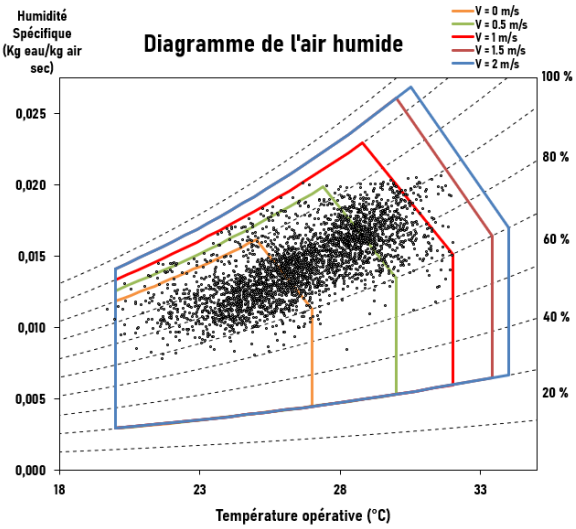
Taux de renouvellement d'heure~32 Vol/h en heure d'occupation



Tranche de températures 18°C <= T < 30°C	
Janvier	179
Février	95
Mars	202
Avril	207
Mai	270
Juin	250
Juillet	270
Août	270
Septembre	250
Octobre	270
Novembre	243
Décembre	225
Année	2731
%	87,25%

Dépassements de température au cours de l'année

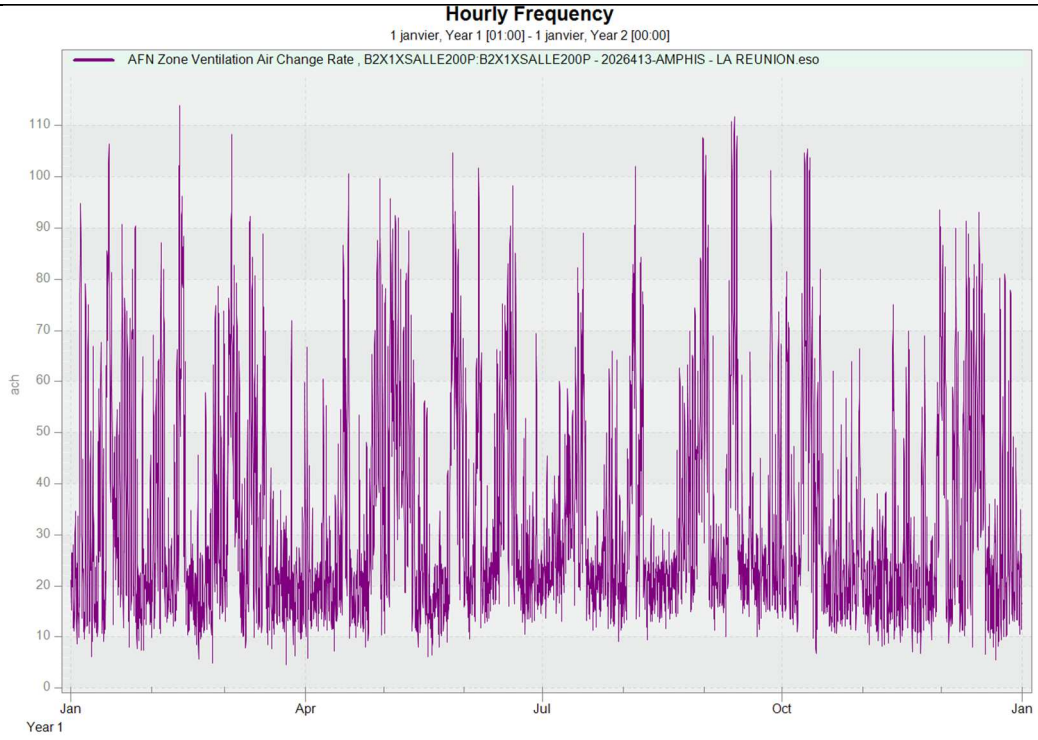
Salle Amphi 200PI



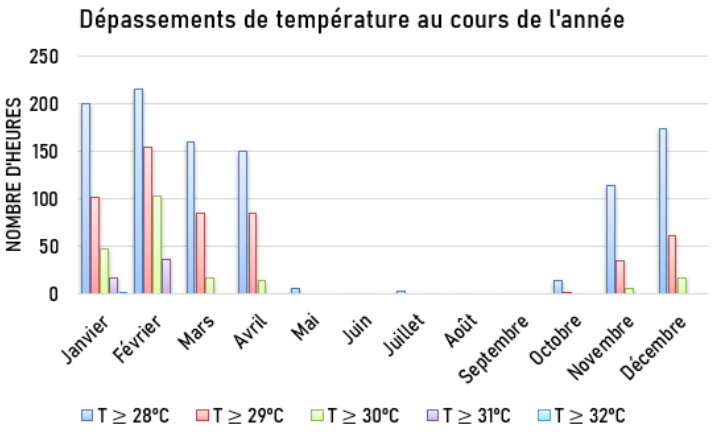
Nb d'heures étudiées	3130

Confort hygrothermique	V= 0 m/s	V= 0.5 m/s	V= 1 m/s	V= 1.5 m/s	V= 2 m/s
NbH de confort	1148	2471	3088	3130	3130
NbH d'inconfort	1982	659	42	0	0
% Confort	36,7%	78,9%	98,7%	100,0%	100,0%
% Inconfort	63,3%	21,1%	1,3%	0,0%	0,0%

Taux de confort ~ 98% sur le diagramme de Givoni à1m/s en heures d'occupation



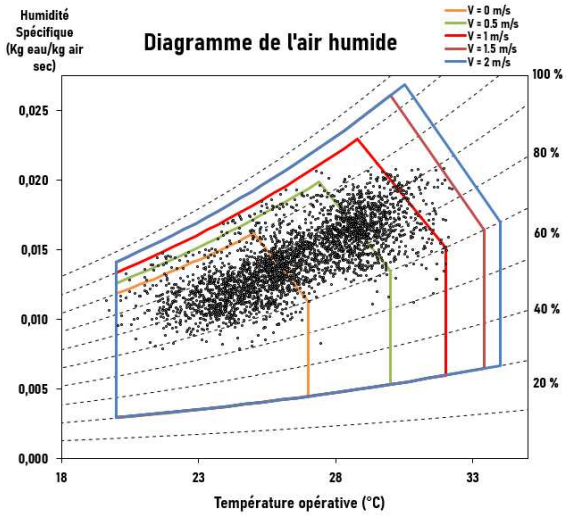
Taux de renouvellement d'heure~42 Vol/h en heure d'occupation



Tranche de températures 18°C <= T < 30°C	
Janvier	223
Février	138
Mars	244
Avril	247
Mai	270
Juin	250
Juillet	270
Août	270
Septembre	250
Octobre	270
Novembre	255
Décembre	243
Année	2930
%	93,61%

Dépassements de température au cours de l'année

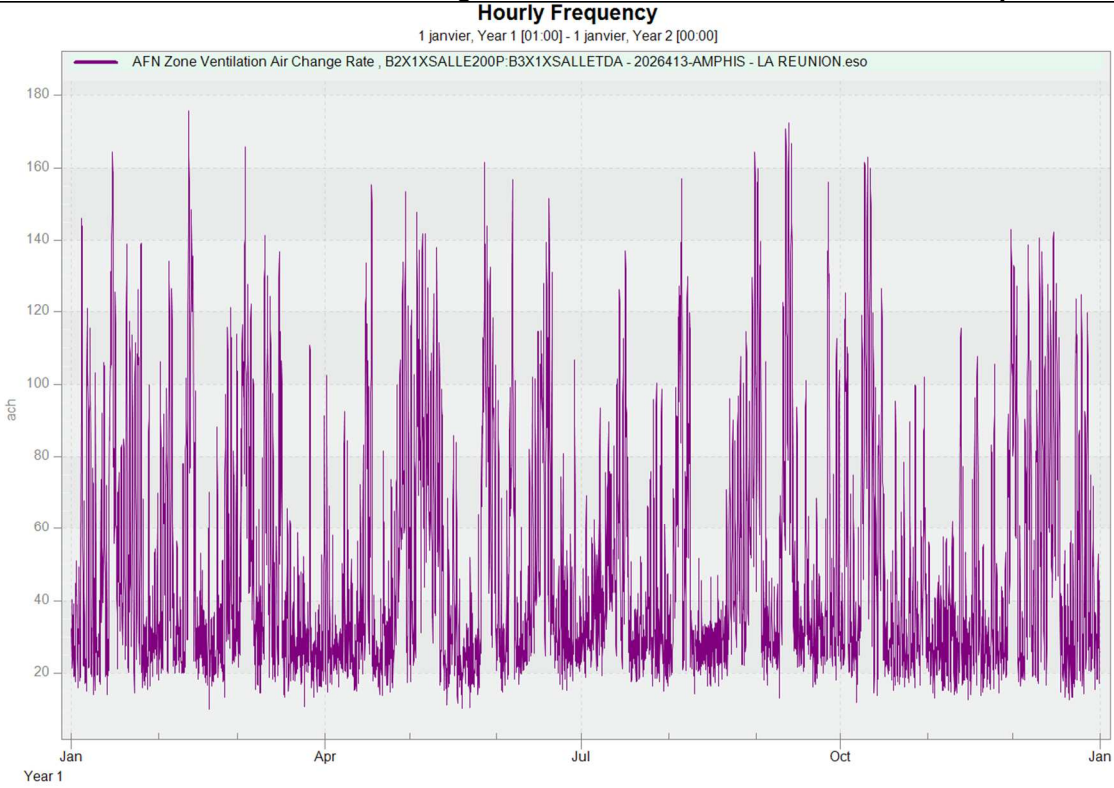
Salle TD A



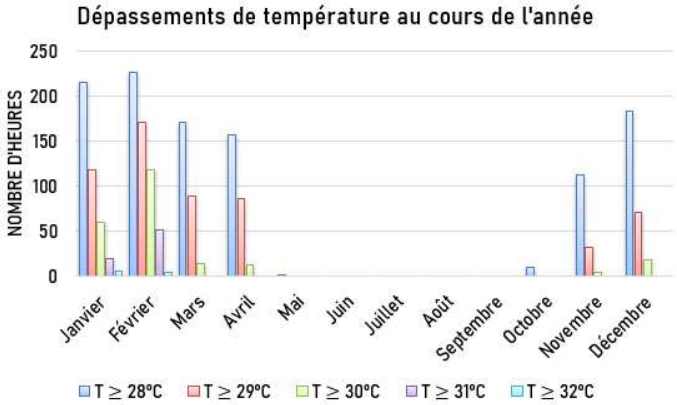
Nb d'heures étudiées 3130

Confort hygrothermique	V= 0 m/s	V= 0.5 m/s	V= 1 m/s	V= 1.5 m/s	V= 2 m/s
NbH de confort	1281	2417	3051	3129	3130
NbH d'inconfort	1849	713	79	1	0
% Confort	40,9%	77,2%	97,5%	100,0%	100,0%
% Inconfort	59,1%	22,8%	2,5%	0,0%	0,0%

Taux de confort ~ 97% sur le diagramme de Givoni à1m/s en heures d'occupation



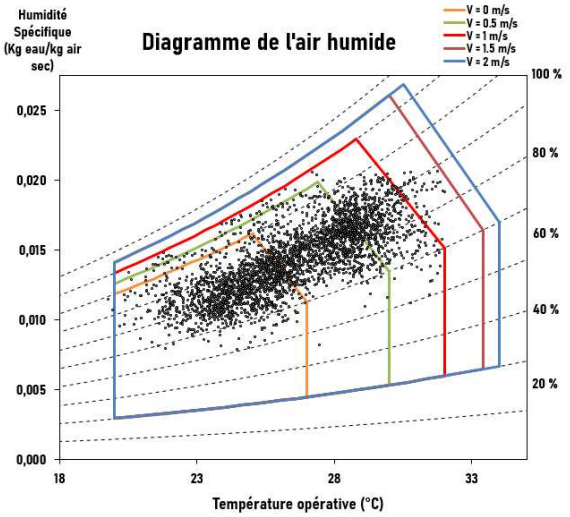
Taux de renouvellement d'heure~62 Vol/h en heure d'occupation



Tranche de températures 18°C <= T < 30°C	
Janvier	211
Février	123
Mars	246
Avril	248
Mai	270
Juin	250
Juillet	270
Août	270
Septembre	250
Octobre	270
Novembre	256
Décembre	242
Année	2906
%	92,84%

Dépassements de température au cours de l'année

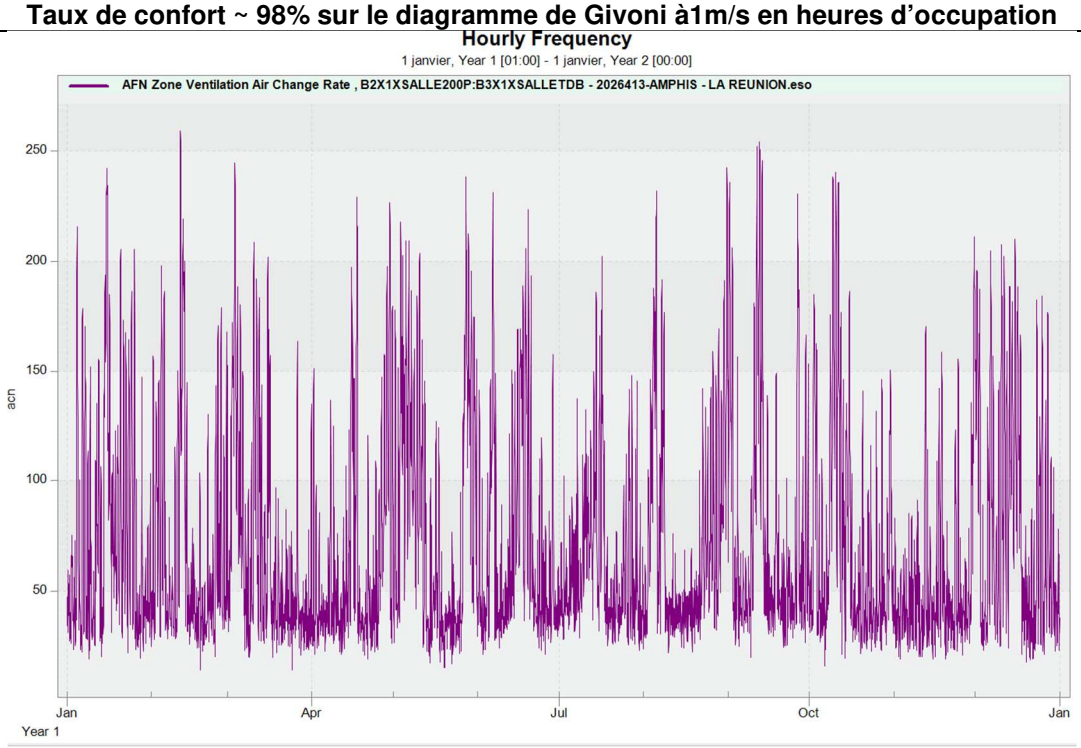
Salle TD B



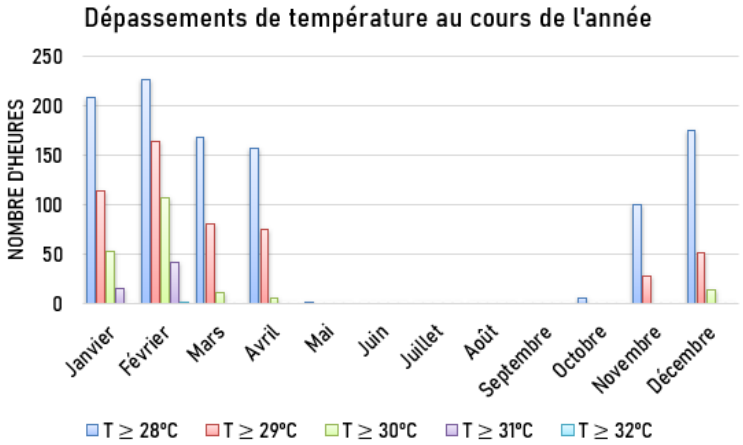
Nb d'heures étudiées 3130

Confort hygrothermique	V= 0 m/s	V= 0.5 m/s	V= 1 m/s	V= 1.5 m/s	V= 2 m/s
NbH de confort	1306	2497	3081	3130	3130
NbH d'inconfort	1824	633	49	0	0
% Confort	41,7%	79,8%	98,4%	100,0%	100,0%
% Inconfort	58,3%	20,2%	1,6%	0,0%	0,0%

Taux de confort ~ 98% sur le diagramme de Givoni à1m/s en heures d'occupation



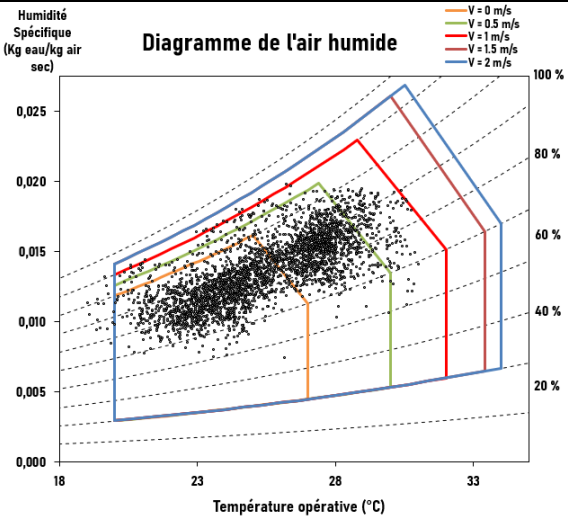
Taux de renouvellement d'heure~92 Vol/h en heure d'occupation



Tranche de températures 18°C <= T < 30°C	
Janvier	217
Février	133
Mars	249
Avril	254
Mai	270
Juin	250
Juillet	270
Août	270
Septembre	250
Octobre	270
Novembre	260
Décembre	247
Année	2940
%	93,93%

Dépassements de température au cours de l'année

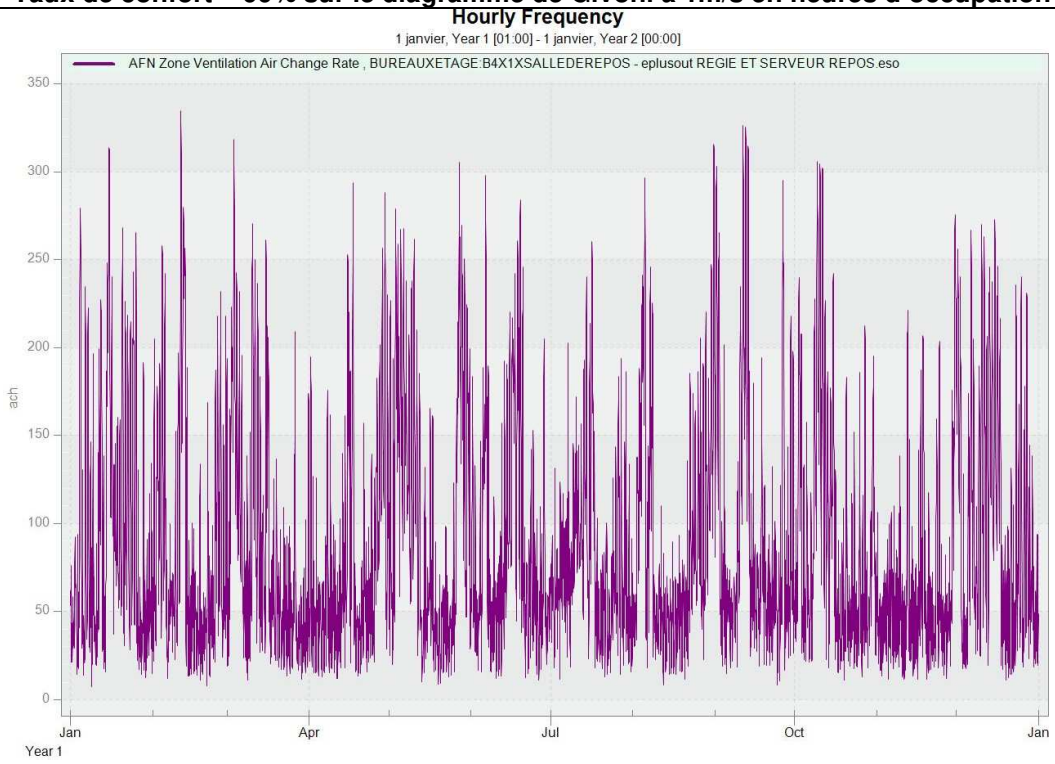
Salle de repos R+1



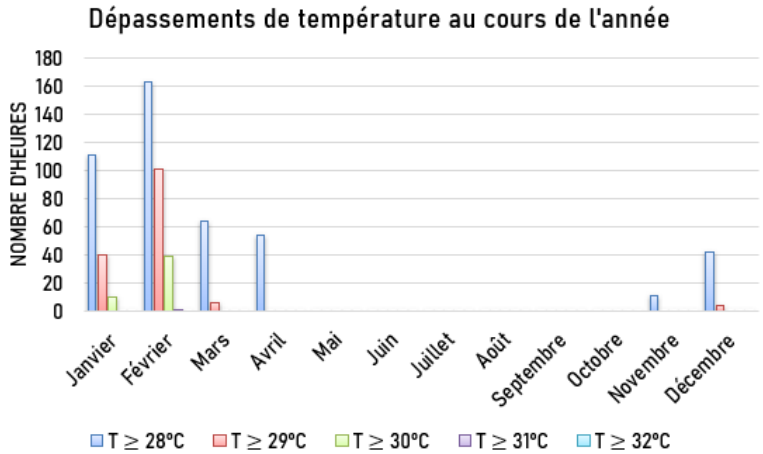
Nb d'heures étudiées: 3130

Confort hygrothermique	V= 0 m/s	V= 0.5 m/s	V= 1 m/s	V= 1.5 m/s	V= 2 m/s
NbH de confort	1639	2871	3116	3130	3130
NbH d'inconfort	1491	259	14	0	0
% Confort	52,4%	91,7%	99,6%	100,0%	100,0%
% Inconfort	47,6%	8,3%	0,4%	0,0%	0,0%

Taux de confort ~ 99% sur le diagramme de Givoni à 1m/s en heures d'occupation



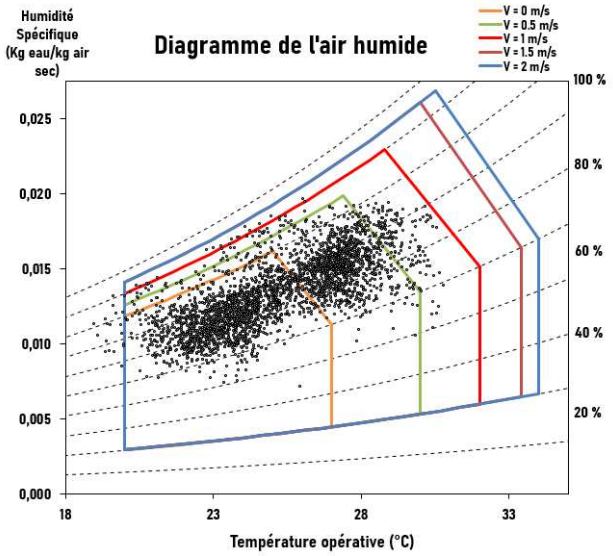
Taux de renouvellement d'heure~109 Vol/h en heure d'occupation



Tranche de températures 18°C <= T < 30°C	
Janvier	260
Février	201
Mars	260
Avril	260
Mai	270
Juin	250
Juillet	270
Août	270
Septembre	250
Octobre	270
Novembre	260
Décembre	260
Année	3081
%	98,43%

Dépassements de température au cours de l'année

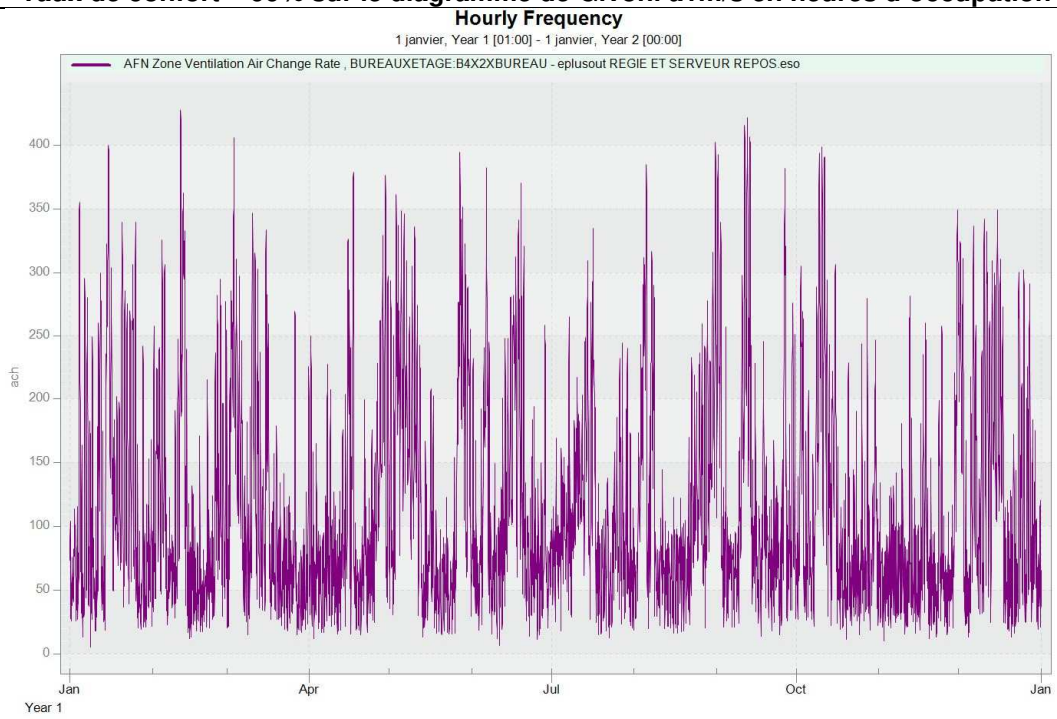
Bureau R+1



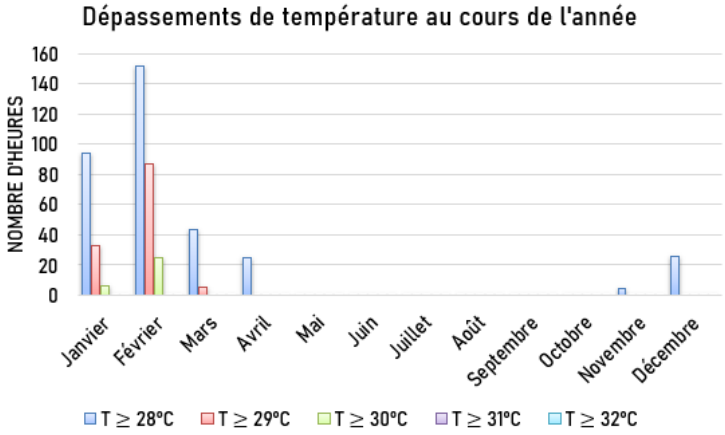
Nb d'heures étudiées: 3130

Confort hygrothermique	V= 0 m/s	V= 0.5 m/s	V= 1 m/s	V= 1.5 m/s	V= 2 m/s
NbH de confort	1690	2913	3117	3130	3130
NbH d'inconfort	1440	217	13	0	0
% Confort	54,0%	93,1%	99,6%	100,0%	100,0%
% Inconfort	46,0%	6,9%	0,4%	0,0%	0,0%

Taux de confort ~ 99% sur le diagramme de Givoni à1m/s en heures d'occupation



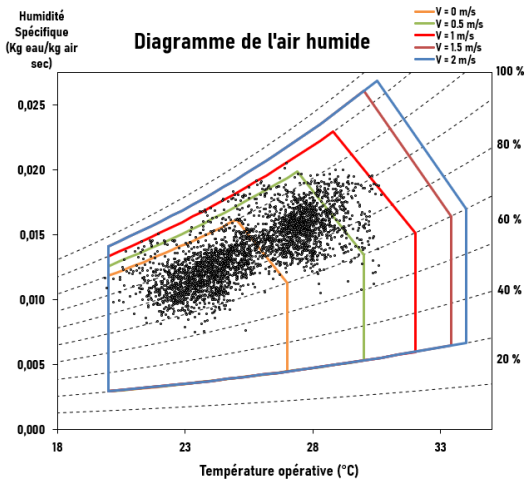
Taux de renouvellement d'heure~139 Vol/h en heure d'occupation



Tranche de températures 18°C <= T < 30°C	
Janvier	264
Février	215
Mars	260
Avril	260
Mai	270
Juin	250
Juillet	270
Août	270
Septembre	250
Octobre	270
Novembre	260
Décembre	260
Année	3099
%	99,01%

Dépassements de température au cours de l'année

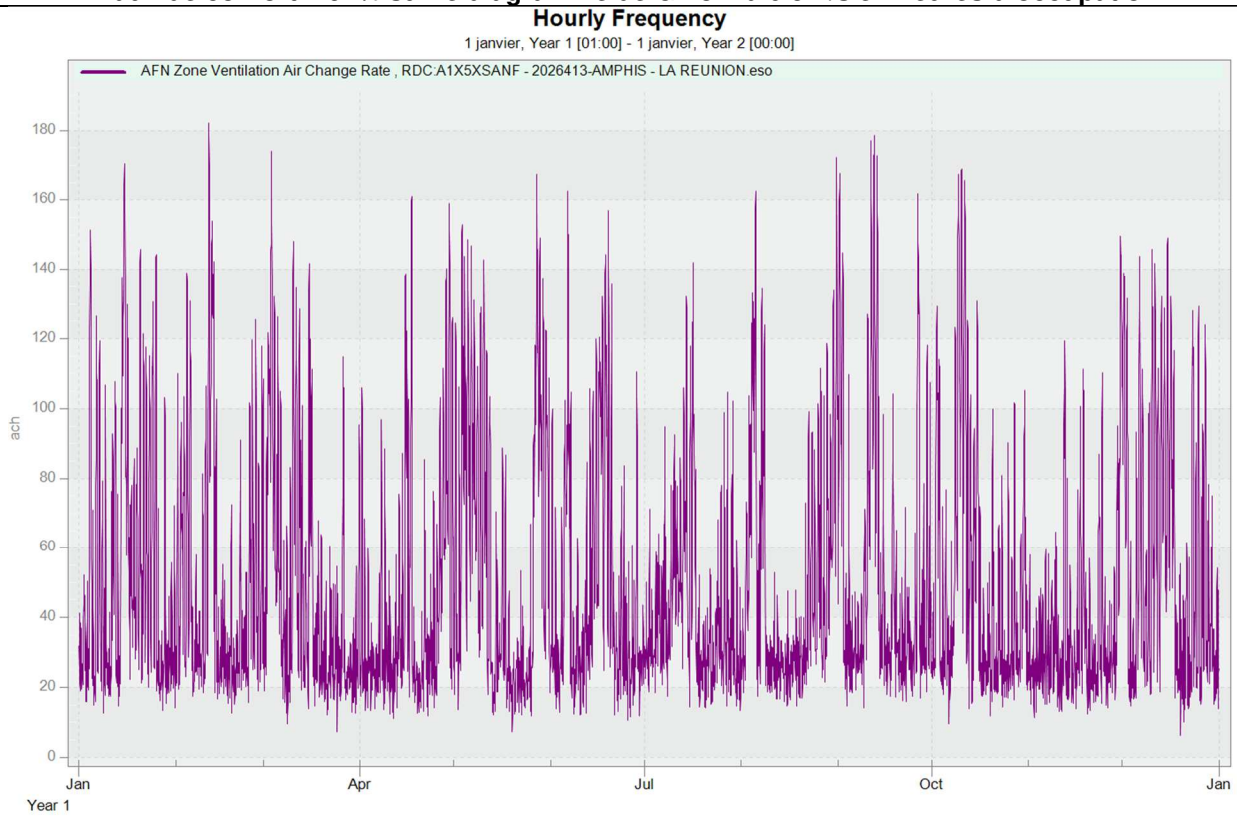
Sanitaires Femmes RDC



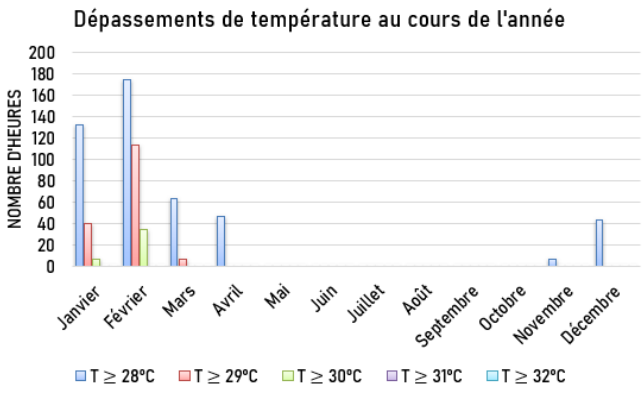
Nb d'heures étudiées: 3130

Confort hygrothermique	V= 0 m/s	V= 0.5 m/s	V= 1 m/s	V= 1.5 m/s	V= 2 m/s
NbH de confort	1593	2849	3125	3130	3130
NbH d'inconfort	1537	281	5	0	0
% Confort	50,9%	91,0%	99,8%	100,0%	100,0%
% Inconfort	49,1%	9,0%	0,2%	0,0%	0,0%

Taux de confort ~ 91% sur le diagramme de Givoni à 0.5m/s en heures d'occupation



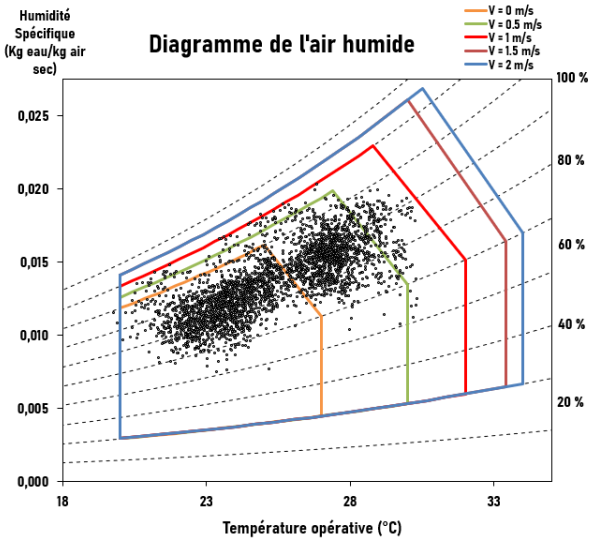
Taux de renouvellement d'heure~63 Vol/h en heure d'occupation



Tranche de températures 18°C <= T < 30°C	
Janvier	264
Février	206
Mars	260
Avril	260
Mai	270
Juin	250
Juillet	270
Août	270
Septembre	250
Octobre	270
Novembre	260
Décembre	260
Année	3090
%	98,72%

Dépassements de température au cours de l'année

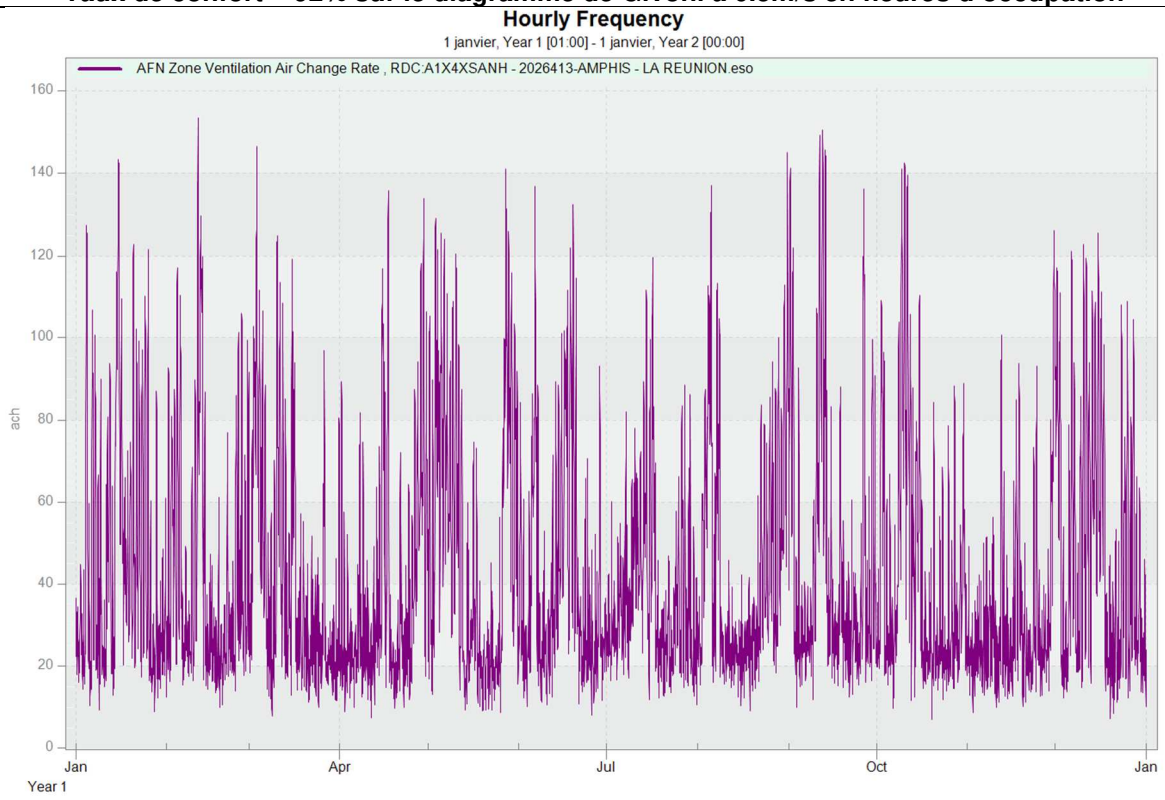
Sanitaires Hommes RDC



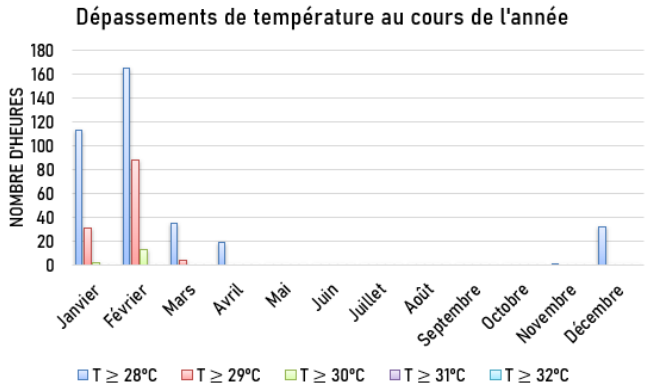
Nb d'heures étudiées: 3130

Confort hygrothermique	V= 0 m/s	V= 0.5 m/s	V= 1 m/s	V= 1.5 m/s	V= 2 m/s
NbH de confort	1636	2903	3129	3130	3130
NbH d'inconfort	1494	227	1	0	0
% Confort	52,3%	92,7%	100,0%	100,0%	100,0%
% Inconfort	47,7%	7,3%	0,0%	0,0%	0,0%

Taux de confort ~ 92% sur le diagramme de Givoni à 0.5m/s en heures d'occupation



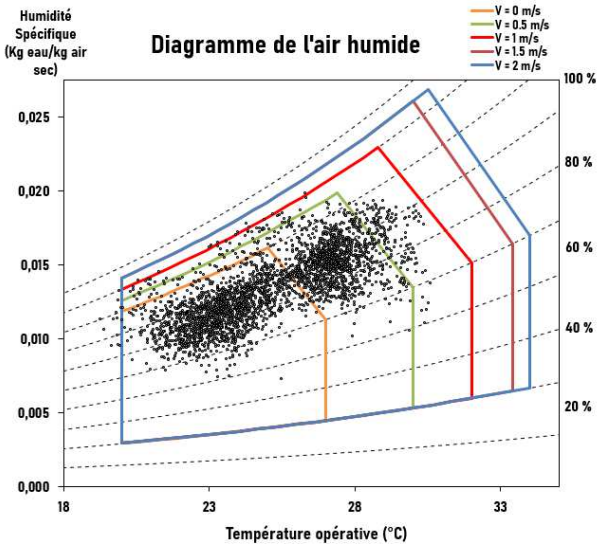
Taux de renouvellement d'heure~54 Vol/h en heure d'occupation



Tranche de températures 18°C <= T < 30°C	
Janvier	268
Février	227
Mars	260
Avril	260
Mai	270
Juin	250
Juillet	270
Août	270
Septembre	250
Octobre	270
Novembre	260
Décembre	260
Année	3115
%	99,52%

Dépassements de température au cours de l'année

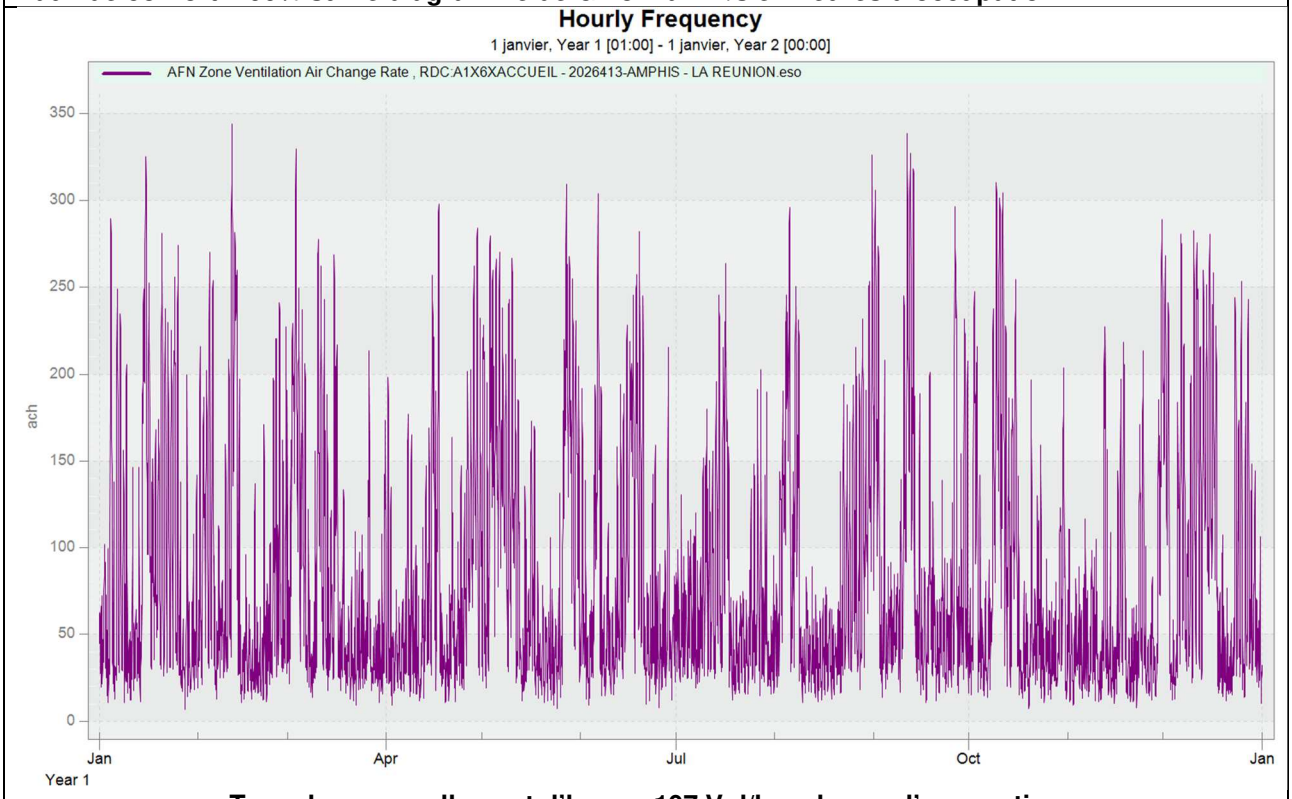
Accueil (RDC)



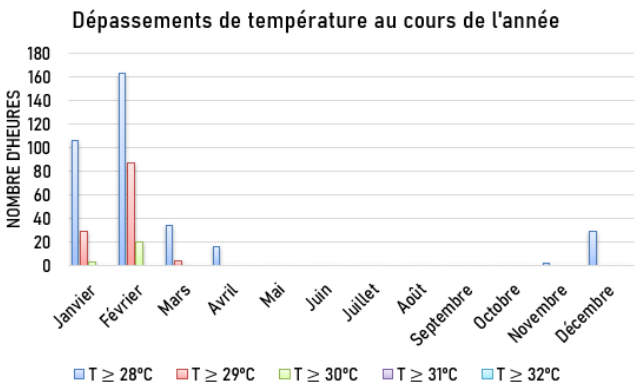
Nb d'heures étudiées : 3130

Confort hygrothermique	V= 0 m/s	V= 0.5 m/s	V= 1 m/s	V= 1.5 m/s	V= 2 m/s
NbH de confort	1679	2923	3123	3130	3130
NbH d'inconfort	1451	207	7	0	0
% Confort	53,6%	93,4%	99,8%	100,0%	100,0%
% Inconfort	46,4%	6,6%	0,2%	0,0%	0,0%

Taux de confort ~ 99% sur le diagramme de Givoni à 1m/s en heures d'occupation



Taux de renouvellement d'heure~107 Vol/h en heure d'occupation



Tranche de températures 18°C <= T < 30°C	
Janvier	267
Février	220
Mars	260
Avril	260
Mai	270
Juin	250
Juillet	270
Août	270
Septembre	250
Octobre	270
Novembre	260
Décembre	260
Année	3107
%	99,27%

Dépassements de température au cours de l'année

Synthèse des résultats :

Le confort obtenu dans les salles d'enseignement est excellent.

Sur le critère du nombre d'heures au-dessus de 30°C : le pourcentage d'inconfort ~10%

Sur le critère du nombre d'heures en dehors de la zone de Givoni de 1 m/s : le pourcentage d'inconfort est de 5% c'est-à-dire excellent.

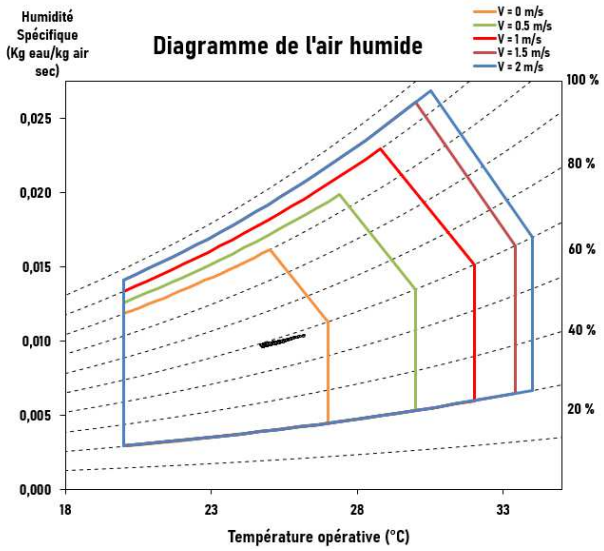
Dans les sanitaires Femmes et Hommes situés au RDC, l'augmentation de la porosité des façades a largement amélioré le taux de renouvellement d'air et le confort Givoni.

10.RESULTATS DES ESPACES CLIMATISES

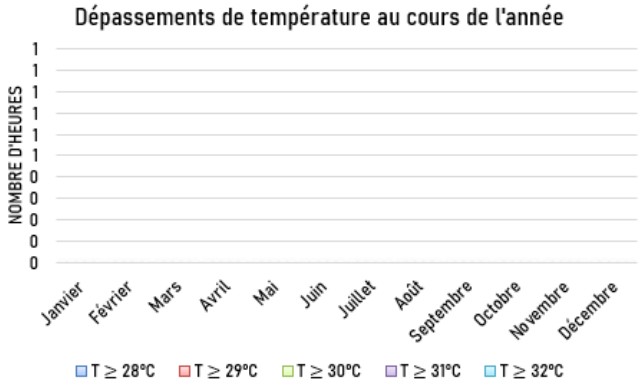
Salle Régie

Nb d'heures étudiées : 3130

Confort hygrothermique	V= 0 m/s	V= 0.5 m/s	V= 1 m/s	V= 1.5 m/s	V= 2 m/s
NbH de confort	3130	3130	3130	3130	3130
NbH d'inconfort	0	0	0	0	0
% Confort	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
% Inconfort	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%



Taux de confort ~100% sur le diagramme de Givoni à 0m/s en heures d'occupation



Tranche de températures	18°C <= T < 30°C
Janvier	270
Février	240
Mars	260
Avril	260
Mai	270
Juin	250
Juillet	270
Août	270
Septembre	250
Octobre	270
Novembre	260
Décembre	260
Année	3130
%	100,00%

Dépassements de température au cours de l'année