

Simulation thermique dynamique – APD – version 4

Maître d'ouvrage :

Lycée Français Jean Monnet de Bruxelles,
Etablissement en Gestion Directe de l'Agence pour l'Enseignement Français à l'Etranger

Opération :

RECONFIGURATION DES ACCES ET CONSTRUCTION D'UN BATIMENT D'ACCUEIL

Rédacteurs :
Estelle Delcoigne, Ir. civil architecte
Elie Delvigne, Ir. civil architecte

1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Le but d'une simulation thermique dynamique est d'évaluer le comportement thermique d'un bâtiment au cours d'une période donnée. Celle-ci est réalisée sur base d'un modèle et prend en considération l'évolution de paramètres physiques (températures de l'air et des parois, humidité, etc.) selon un pas de temps préalablement défini. Une telle étude permet ainsi de déduire des indicateurs de confort attendus durant l'année ou des consommations énergétiques théoriques.

Afin de modéliser le bâtiment de la façon la plus réaliste possible, de nombreuses hypothèses constructives et comportementales doivent être prises. Celles-ci peuvent parfois être difficiles à établir, surtout lors de la phase de conception d'un projet. De ce fait, les résultats obtenus par simulations dynamiques sont à interpréter avec prudence. L'objectif de cette étude n'est en effet pas de prédire avec certitude des valeurs de consommations ou de températures réelles mais bien de fournir des ordres de grandeur représentatifs de celles-ci, compte tenu des hypothèses réalisées. L'utilité principale d'une telle simulation réside en la possibilité de comparer l'intérêt de différentes variantes architecturales, constructives ou techniques en analysant leur impact sur les résultats.

L'étude présentée ci-dessous a été réalisée à l'aide du logiciel de simulation thermique dynamique TRNSYS 17. Le but de celle-ci était d'évaluer le comportement thermique de chaque espace du projet en période estivale, en l'absence de mise en route des éventuels systèmes de refroidissement actif.

Les premières simulations réalisées correspondent à des situations moins performancielles que celle proposée. Elle a pour but de vérifier que le bâtiment proposé est le bon rapport « coût – performance » et que ce dernier aspect ne peut être dévalué.

2. HYPOTHESES

2.1 Données météorologiques

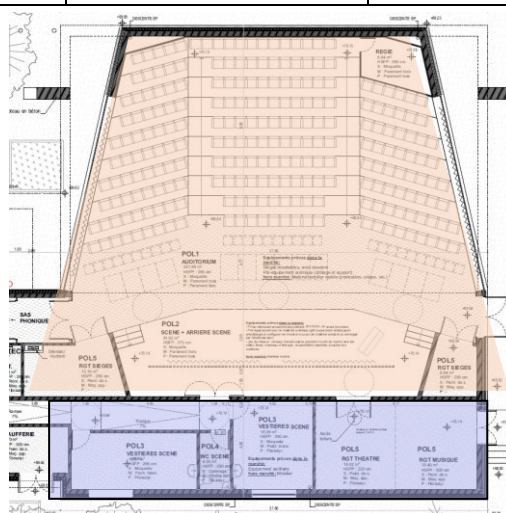
Les données météorologiques utilisées dans le cadre de cette étude sont celles mesurées à la station de Uccle en Belgique et proviennent de la base de données Meteonorm.

2.2 Découpage en zones

Afin de réaliser une simulation dynamique multizone, le bâtiment doit être décomposé en différentes zones dans lesquelles sont regroupés des locaux aux comportements thermiques similaires : même températures de consigne, même orientation, même ordre de grandeur de gains internes, etc. Dans le cas étudié, le bâtiment a été découpé en 13 zones reprises ci-dessous.

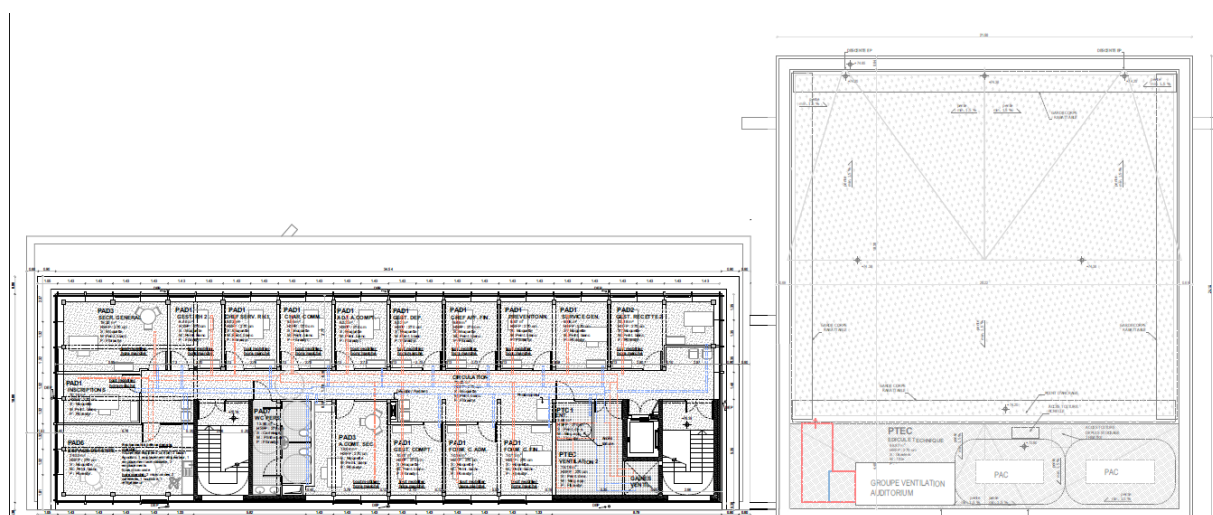
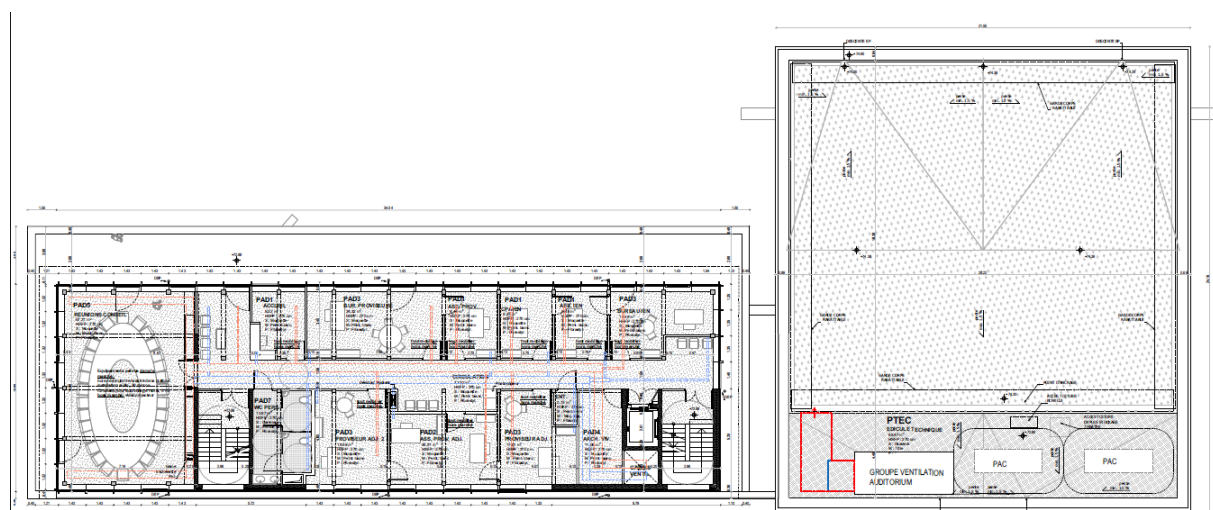
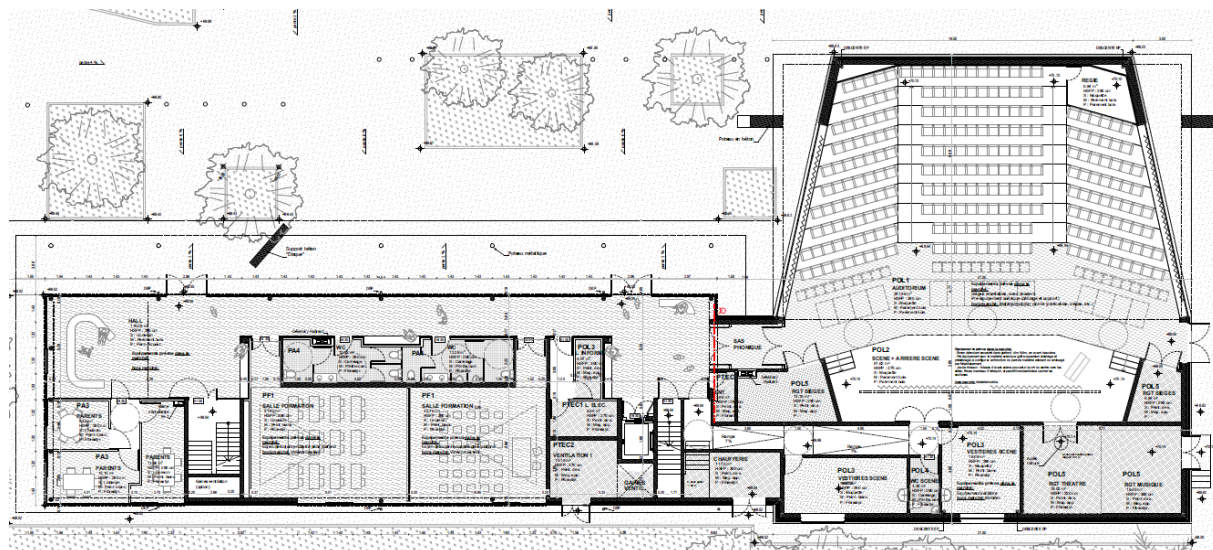
Les zones 1 à 11 sont identiques aux versions 1 et 2 du rapport. Les zones 12 et 13 sont reprises tel que ci-dessous.

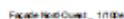
Zone	Volume interne [m³]	Nombre d'occupants estimé
1	98	12
2	271.6	36
3	557.8	4
4	206.5	20
5	355.6	2
6	173	4
7	240.2	6
8	135.4	5
9	258.9	9
10	315.1	2
11	145	6
12	644	6
13	2042	210



Zone 13

Zone 12





2.3 Performances de l'enveloppe

Le tableau suivant résume les principales compositions de parois utiles à la modélisation.

Murs	λ	cm
Mur extérieur béton	Béton armé	20
	Isolant	0,022 15
	Panneau	2
Mur extérieur bois	CLT	20
	Isolant	0,022 15
	Panneau	2
Mur extérieur amphi	Panneau	2
	Isolant acoustique	8
	Béton armé	24
	Isolant	0,022 15
	Panneau	3
Toitures		
Toiture plate	CLT	14
	Isolant PIR	0,026 15
	Membrane	
Toiture plate amphi	Substrat	5
	Dalle béton	10
	Isolant PIR	0.026 20
Toiture plate amphi	Substrat	3
Planchers		
Plancher R+2	Finition	4
	CLT	16
Plancher R+1	Finition et chape	10
	Dalle béton	35
	Isolant acoustique	10

Dalle sur sol	Finition	1
	Chape	10
	Isolant PUR projeté	0,055 20
	Radier béton	20

Le vitrage considéré est un triple vitrage de la base de données TRNSYS et dont les caractéristiques se rapprochent le plus de performances commerciales ($U = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,5$) : $U = 0,59 \text{ W/m}^2\text{K}$ et $g = 0,451$.

A la suite de la version 2, nous préconisons un vitrage avec les caractéristiques $U = 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g = 0,40$, type Sprimoglass Ultra 3.

2.4 Techniques

2.4.1 Chauffage

Le chauffage est réalisé à l'aide de l'outil de chauffage idéal intégré dans le type 56 du logiciel et qui permet de maintenir une température de consigne fixée par l'utilisateur. La consigne demandée est de 20°C entre 8h et 18h du lundi au vendredi.

2.4.2 Refroidissement

Aucun refroidissement actif n'est pris en compte pour le moment.

2.5 Ventilation

2.5.1 Infiltration

Les infiltrations d'air à travers l'enveloppe sont caractérisées par une valeur de $n_{50} = 1 \text{ h}^{-1}$ soit un $n_2 = 0,04 \text{ h}^{-1}$.

Une valeur de $v_{50} = 3 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ est un objectif minimal afin de limiter les déperditions hivernales et les facteurs aggravants de surchauffe en été.

2.5.2 Ventilation hygiénique

La ventilation hygiénique nominale est active entre 8h et 18h du lundi au vendredi, les débits considérés étant ceux repris sur les plans HVAC. En dehors de ces heures, une ventilation minimale est assurée et équivaut à 30% des débits nominaux.

Les débits sont supposés être pulsés dans le bâtiment directement à la température de l'air extérieur, sans préchauffage ni pré-refroidissement.

2.5.3 Refroidissement nocturne

Afin de réduire le risque de surchauffe en période estivale, une méthode de freecooling de nuit est étudiée. Celle-ci consiste à pulser des débits d'air extérieur, plus frais, de 2 vol/h dans le bâtiment.

Pour ce faire, il faut satisfaire les quatre conditions suivantes :

- La nuit entre 22h et 6h
- $T_{ext} < T_{int}$
- $T_{int} > 23^\circ\text{C}$
- $T_{ext} > 10^\circ\text{C}$

2.6 Gains internes

Le nombre d'occupants est basé sur l'agencement prévu dans les plans fournis, en considérant une occupation standard pour les bureaux et une occupation légèrement réduite pour les salles de formation, de réunion et pour l'amphithéâtre. La puissance dissipée par un occupant est fixée à 80 W.

En fonction de l'occupation, un nombre d'équipements peut être estimé, chacun équivalant à une puissance totale de 120 W.

L'éclairage est supposé apporter un gain supplémentaire moyen de 2 W/m² sur l'ensemble du bâtiment. L'ensemble de ces charges internes est appliqué uniquement entre 8h30 et 16h30.

2.7 Ombrage et protections solaires

L'ombrage apporté par les différentes casquettes est pris en compte pour chaque fenêtre à travers un facteur d'ombrage évoluant au cours du temps et calculé par le type 34 du logiciel.

La présence d'éventuels stores n'a pas été encodée.

3. RESULTATS ET VARIANTES

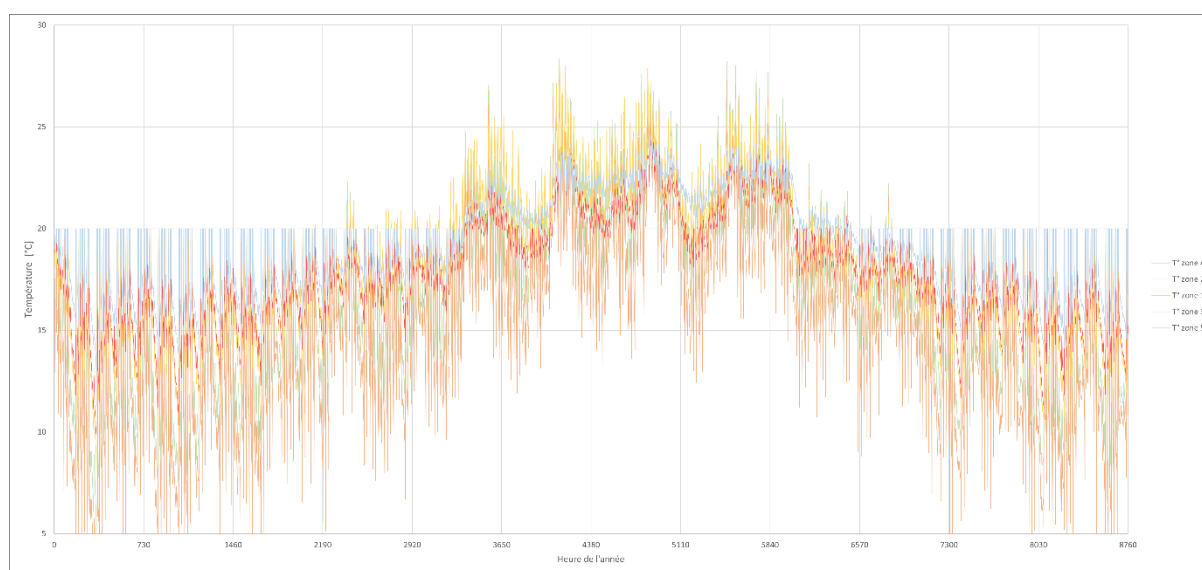
Le risque de surchauffe est évalué par le calcul d'un pourcentage d'heures où la température intérieure dépasse 26°C. Celui-ci est défini sur l'ensemble de l'année (8760h) ainsi que sur la période d'occupation (2610h).

On estime que la surchauffe est raisonnable si ces pourcentages ne dépassent pas une valeur de 5%.

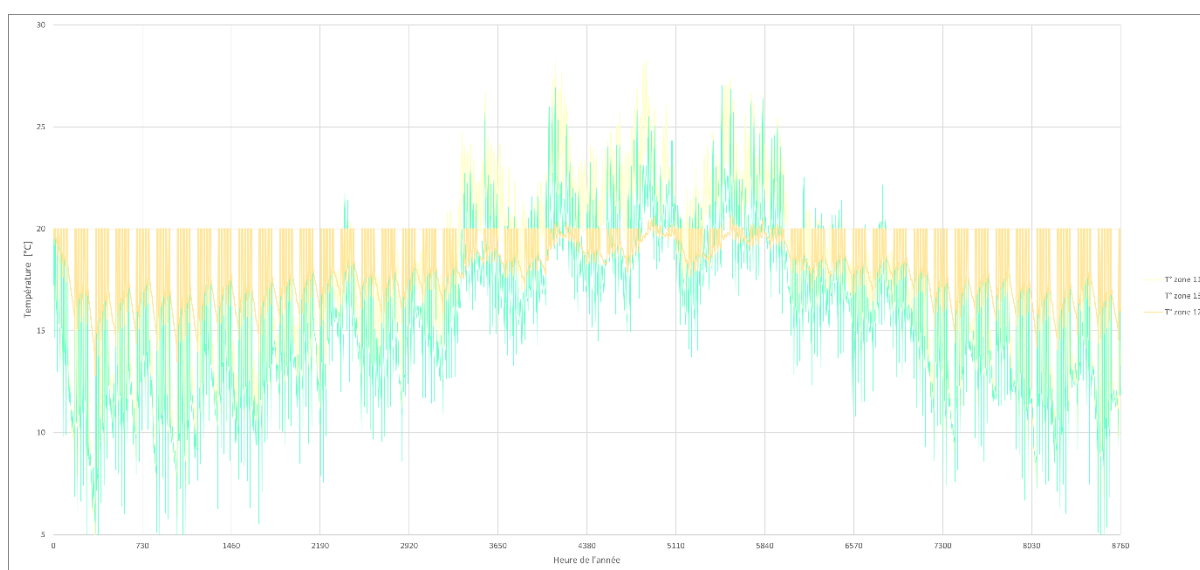
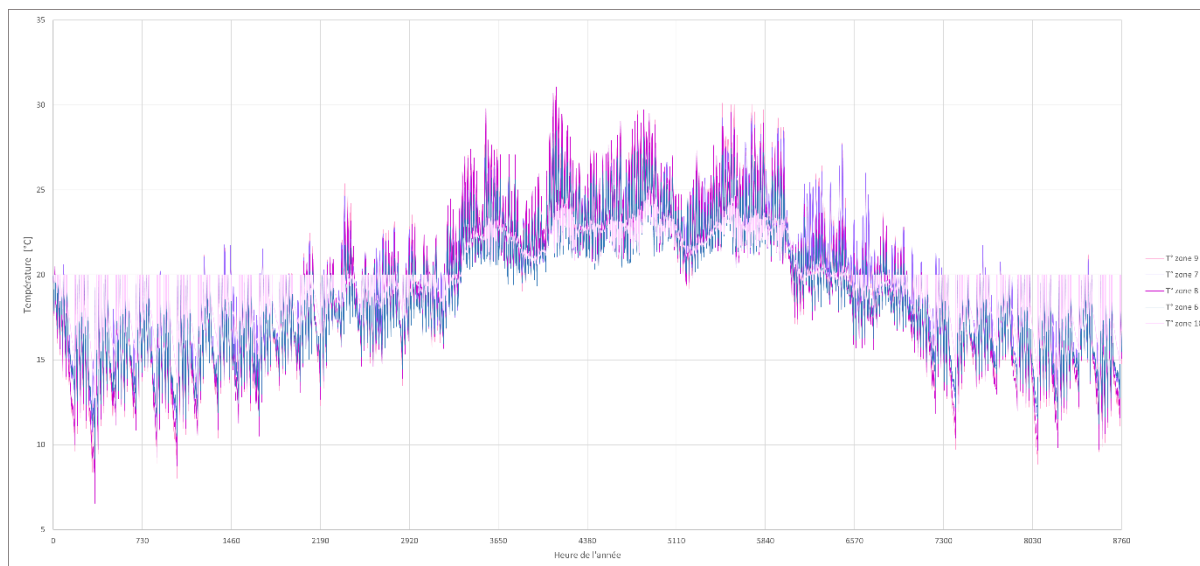
Le cas initial est modélisé sur base des hypothèses décrites précédemment, à savoir :

- Un vitrage d'une valeur g de 0,402 (proche de la recommandation)
- Un refroidissement nocturne caractérisé par des débits de 4 vol/h
- Une occupation standard

Les zones 7, 8 et 9 peuvent être inconfortables concernant la surchauffe. L'installation de protections solaires serait donc intéressante.



L'évolution des températures d'air des différentes zones au cours d'une année est reprise sur les graphiques ci-dessous :



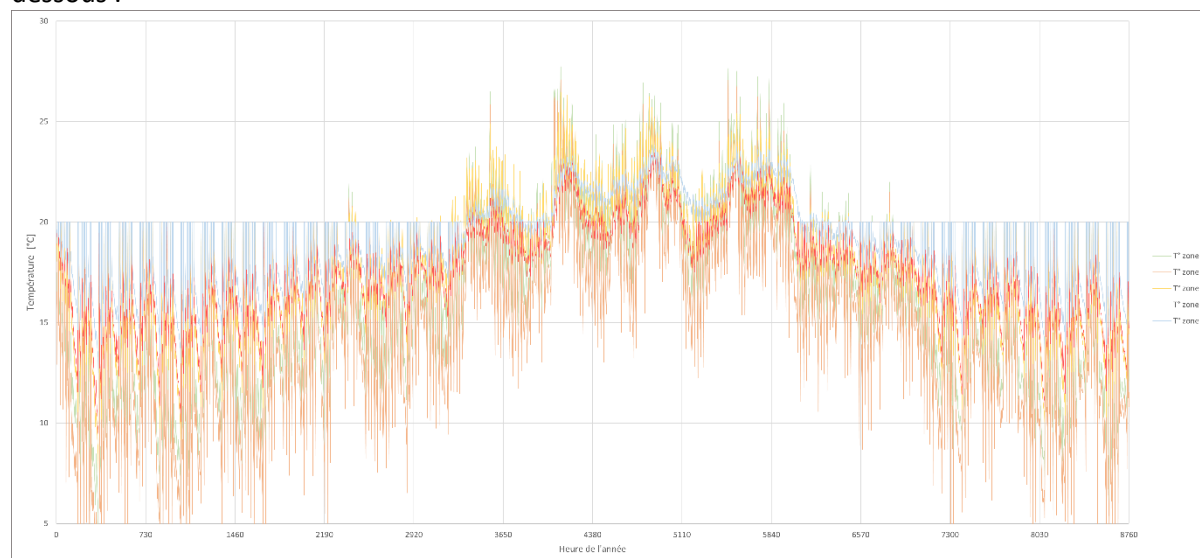
4. OPTION CHOISIE ET VALIDEE

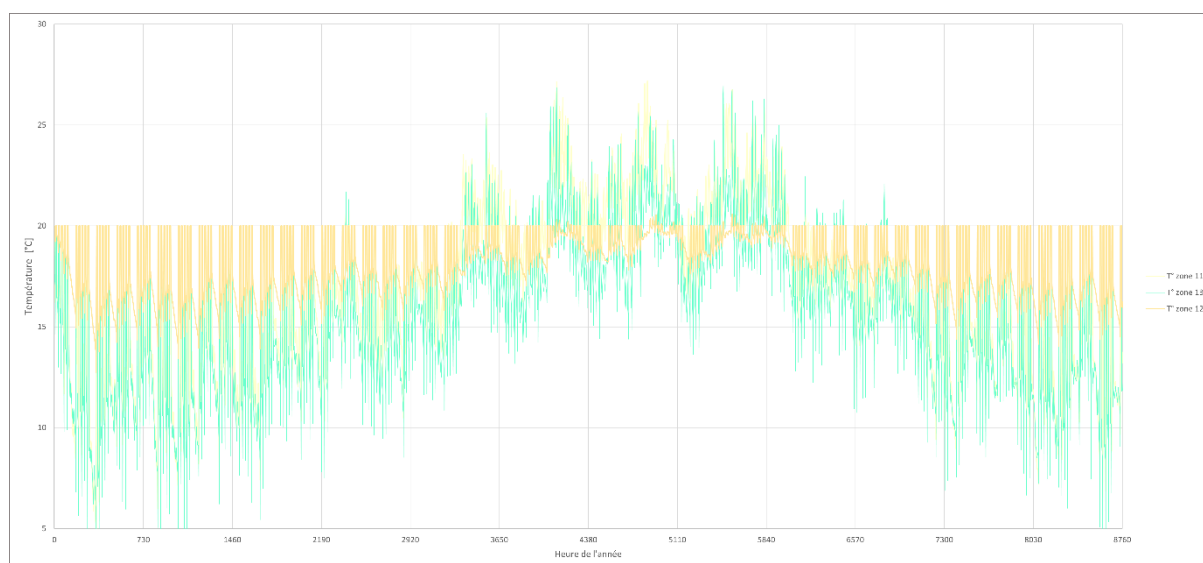
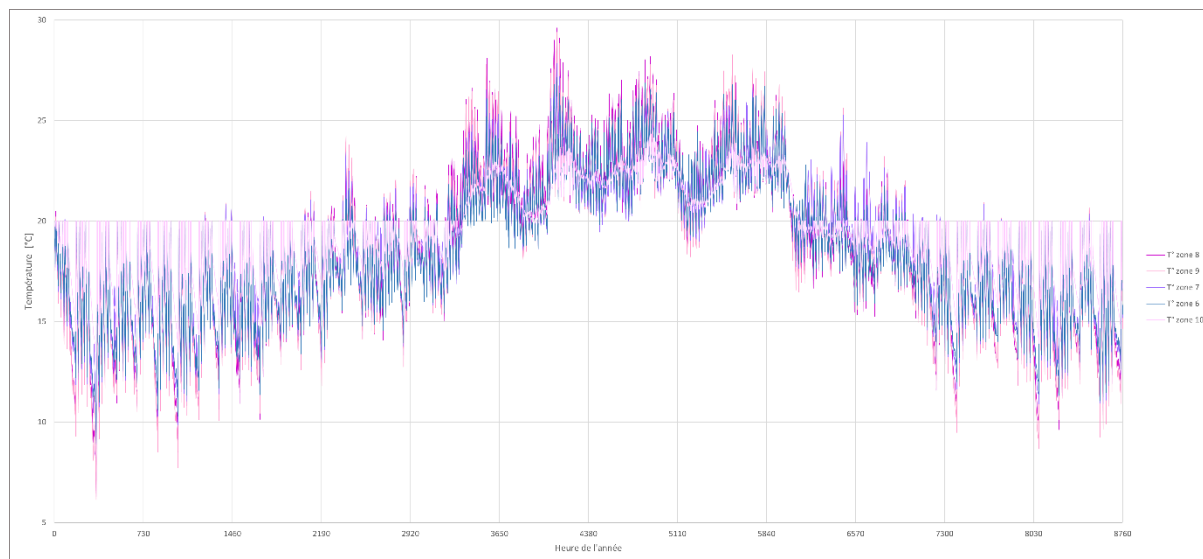
La situation choisie et modélisée est définie par les paramètres suivants : des stores extérieurs appliqués aux fenêtres à l'ouest et à l'est des zones 7, 8 et 9. Ces dispositifs sont supposés avoir une opacité de 0,7 et fonctionnent l'été durant les heures d'occupation.

Les résultats obtenus pour chaque zone sont résumés dans le tableau ci-dessous :

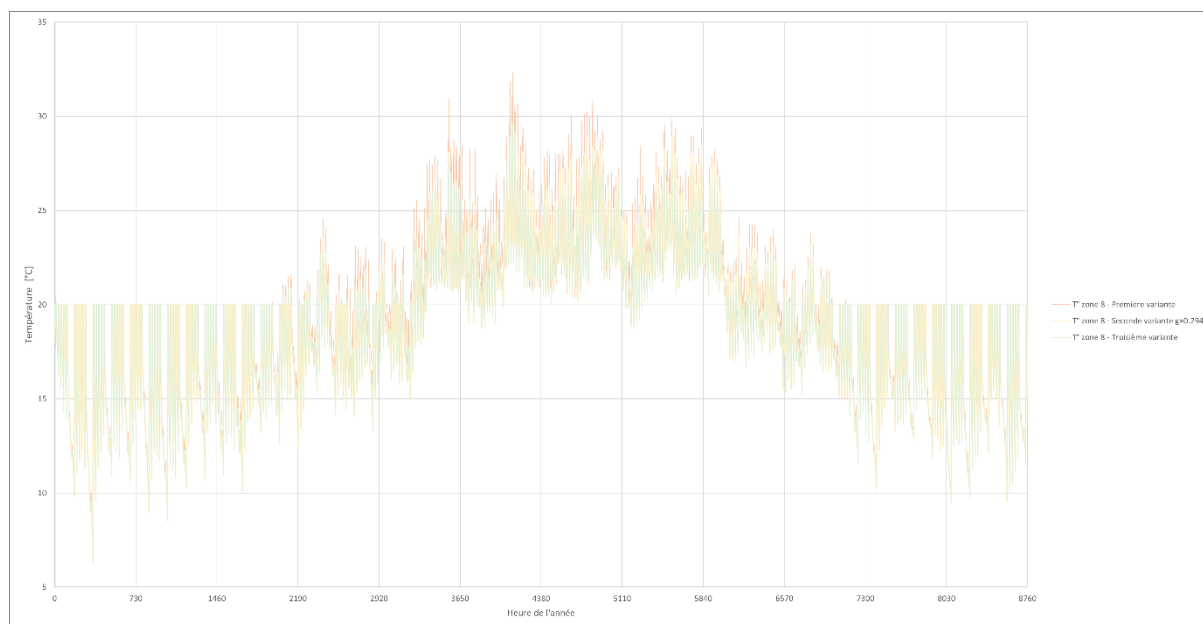
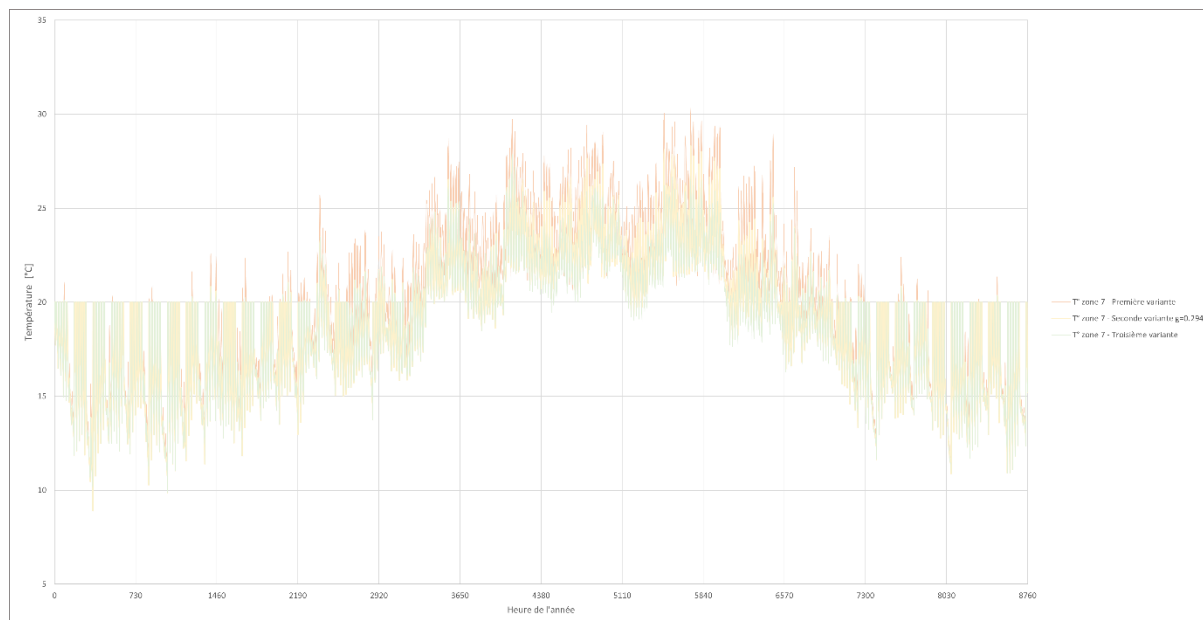
Zone	Sur l'année [%]	Durant la présence des occupants [%]
1	0.05	0
2	0.16	0.54
3	0	0
4	0.47	1.34
5	0	0
6	0.51	0.92
7	0.41	1.19
8	2.21	4.44
9	2.03	4.44
10	0	0
11	0.41	0.34
12	0	0
13	0.13	0.42

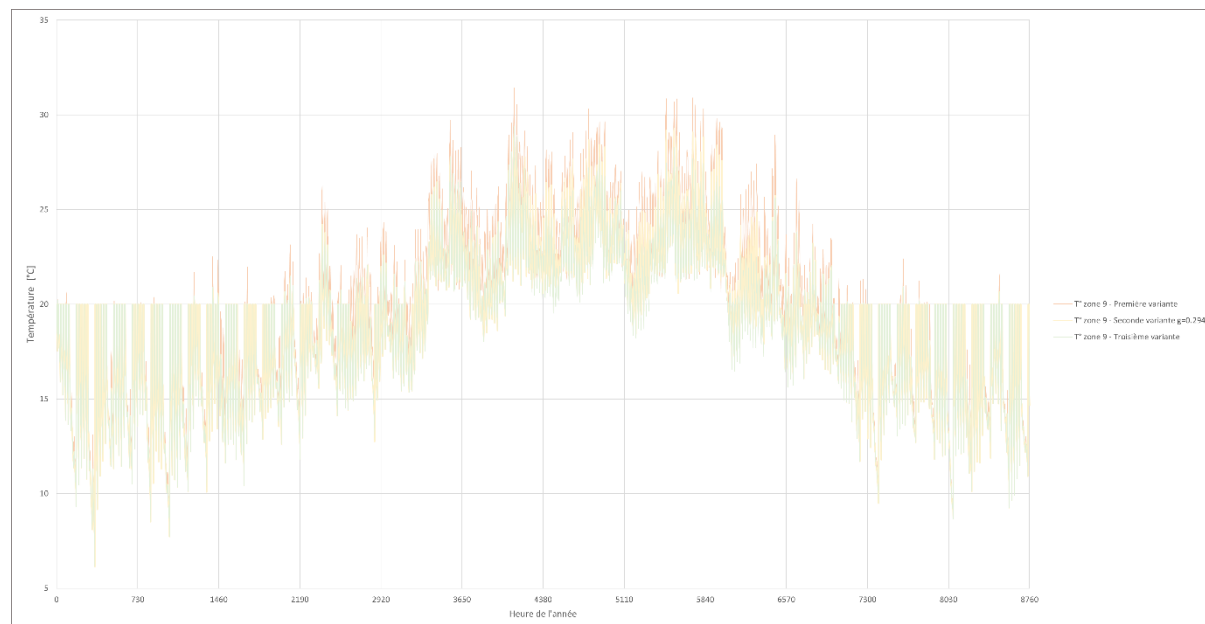
L'évolution des températures d'air des différentes zones au cours d'une année est reprise sur les graphiques ci-dessous :





Les graphiques suivants permettent finalement de visualiser l'impact des différentes variantes sur les températures intérieures des zones 7, 8 et 9 :





5. CONCLUSION

Une ventilation nocturne adéquate et suffisante ainsi qu'un choix judicieux de vitrage permettent de réduire largement le risque de surchauffe et le recours au refroidissement actif.

La performance du bâtiment proposé est donc le « bon niveau » à atteindre et il ne faut pas descendre les performances de l'enveloppe et des systèmes.

Le confort thermique est atteint dans toutes les zones avec une attention particulière pour les zones 7, 8 et 9. Les protections solaires permettent de descendre sous le seuil de 5% de surchauffe fixé et assure un confort estival dans ces zones.

Par rapport aux versions 1 et 2, la configuration de l'amphithéâtre a été largement revue. Le bâtiment n'est plus enterré ce qui était favorable dans la lutte contre la surchauffe estivale.

Une attention particulière a donc été apportée au comportement des 2 zones amphithéâtre. Dans la version actuelle du projet, la surchauffe est maîtrisée et ne présente pas de problème.

Le projet dans son entièreté respecte donc les critères fixés.