



Étude des performances thermiques d'un bâtiment dans une zone chaude à climat tropical au moyen de la simulation dynamique avec TRNsys 18 : Cas du nouveau siège de la radiotélévision Sénégalaise (RTS)

Gorgui BOP, Fatou GUEYE

Laboratory of energy, Mechanic, Materials and Aero Spatial
Polytechnic School of Thies (EPT), Thies BP A10, Senegal

Résumé. Dans le contexte mondial actuel où nous assistons à un réchauffement du climat, le secteur du bâtiment, très énergivore, mène des recherches importantes dans le but de réduire son impact environnemental dans le cadre d'une politique de développement durable. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce projet de simulation dynamique du nouveau siège de la Radiotélévision Sénégalaise (RTS) avant sa construction. Ce travail permet de déterminer plusieurs paramètres dont les besoins de refroidissement, la consommation énergétique globale, l'évaluation du confort thermique des occupants et l'impact de différentes stratégies d'efficacité énergétique envisageables. Nous utilisons le logiciel TRNsys18 pour simuler les systèmes thermodynamiques et solaires, les installations électriques et l'enveloppe du bâtiment. D'autres logiciels complémentaires comme Sketchup pour la construction en 3D et METEONORM pour les données météo sont aussi utilisés dans le cadre de la simulation. L'analyse des résultats obtenus montre des gains en termes d'efficacité énergétique grâce aux stratégies d'optimisation mises en place.

Mots clés : Réchauffement climatique, Radiotélévision Sénégalaise, confort thermique, besoins énergétiques, TRNsys 18, optimisation, efficacité énergétique

Digital Object Identifier (DOI): <https://doi.org/10.5281/zenodo.22920316>

1. Introduction

Les changements climatiques et ses effets néfastes imposent un fardeau supplémentaire à tous les pays, en particulier ceux en développement tel que le Sénégal. Ainsi, l'amélioration de l'efficacité énergétique pour réduire l'utilisation des sources d'énergie fossile et freiner la propagation du changement climatique reste toujours un objectif principal. Comme solution, la simulation dynamique peut aider à produire une conception plus efficace et permettre de diminuer l'utilisation des sources d'énergie fossile. Au Sénégal, le secteur immobilier est en

train de connaître un développement très important, elle peut contribuer alors à la réduction des émissions de gaz à effet de serre par les bâtiments.

À l'échelle mondiale, le Sénégal s'est engagé activement dans les négociations internationales sur la politique climatique depuis la ratification de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) en 1994, du Protocole de Kyoto en 2001 et des différents accords de la conférence des parties (COP) [1][2]. En particulier, la COP 21 tenue à Paris en 2015 a consacré un accord historique pour : (i) lutter contre le changement climatique et (ii) accélérer et intensifier les actions et les investissements nécessaires à un avenir durable à faible intensité de carbone [3]. Dénommé « Accord de Paris », cet accord universel implique la participation de tous les Etats pour entreprendre des efforts afin de combattre le changement climatique et de s'adapter à ses conséquences, avec un soutien accru pour aider les pays en développement dans sa mise en œuvre. Son objectif est de renforcer la réponse mondiale à la menace du changement climatique en maintenant l'augmentation de la température mondiale à un niveau bien inférieur à 2 degrés Celsius par rapport aux niveaux préindustriels et de poursuivre les efforts pour limiter encore davantage l'augmentation de la température à 1,5 degré Celsius [4][5]. A cet effet, il exige de toutes les Parties qu'elles présentent des Contributions déterminées au niveau national (CDN), représentant les plans d'actions nationaux et qu'elles renforcent ces efforts dans les années à venir. Il est considéré comme indispensable de reconnaître la nécessité de faire preuve d'ouverture et de transparence dans le suivi des efforts déployés par chaque pays pour atteindre cet objectif mondial commun [6].

L'Accord de Paris a instauré les Contributions Déterminées au niveau National (CDN) qui constituent les plans d'actions concrets des engagements que les pays devront prendre à partir de 2020. La CDN du Sénégal est le document d'engagement sur le climat avec des objectifs chiffrés de réduction des émissions de gaz à effet de serre à partir de 2020, partant du Plan Sénégal Emergent, document de référence du Sénégal en matière de politique économique et sociale. Cette contribution est l'effort que le pays estime pouvoir réaliser en matière d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et de séquestration de carbone dans les secteurs de l'énergie (production d'électricité et combustibles domestiques, efficacité énergétique), des transports, de l'agriculture, de la gestion des déchets, de la forêt. Les options d'atténuation des émissions de GES ressorties de la CDN reflètent hautement la réalité des secteurs concernés. Avec la CDN, le Sénégal se fixe un objectif total de réduction relative de ses émissions de gaz à effet de serre de 7 % et 29 % (respectivement inconditionnel et conditionnel) à l'horizon 2030, par rapport à la situation de référence (Business as usual). Les émissions de GES de la CDN sont estimées à 16 752 tonnes équivalent de CO₂ en 2010 [7][8]. Pour 2020, les émissions sont chiffrées à 25 404 tonnes équivalent de CO₂. Les émissions des secteurs de l'énergie et de l'agriculture constituent près de 75 % des émissions nationales [8]. Le Sénégal ambitionne d'améliorer l'efficacité énergétique dans tous les domaines. Le secteur du bâtiment peut être considéré comme l'un des principaux consommateurs d'électricité (plus de 70 %) donc d'énergies fossiles qui dégagent le plus des gaz à effet de serre. En outre, un fort développement de la climatisation est attendu dans le futur ce qui risque d'accentuer cette tendance.

L'efficacité énergétique dans le bâtiment est ainsi incontournable pour réduire l'impact de ce secteur dans la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre. Elle établit des exigences minimales pour la performance énergétique des bâtiments neufs et existants sujets à rénovation, ainsi que pour l'intégration des énergies renouvelables. Une diminution significative des besoins de refroidissement du bâtiment ainsi qu'une amélioration du confort thermique peuvent être obtenues grâce à l'utilisation de certains matériaux de construction et une conception architecturale appropriée, notamment une meilleure orientation, un dimensionnement optimal des fenêtres, une isolation thermique, etc.

C'est dans cet ordre d'idée que nous développons ce projet de simulation dynamique du nouveau siège de la Radiotélévision Sénégalaise (RTS) avant sa construction afin d'optimiser ses performances énergétiques. Le but est de déterminer la consommation énergétique du bâtiment, siège de la RTS, d'étudier l'autoconsommation avec la comparaison de la consommation électrique du siège et la puissance électrique générée par le système photovoltaïque.

2. Matériel et méthode

L'objectif principal de la simulation dynamique est de faire évoluer le projet très en amont dans sa conception, avec des arguments chiffrés. De fait, la simulation dynamique est un outil de prise de décision pour la validation des options de conception d'un projet.

La simulation dynamique comprend plusieurs étapes :

- Modélisation du bâtiment : Modélisation 3D de l'architecture
- Modélisation des caractéristiques du bâtiment : les matériaux et l'épaisseur des parois, le type de menuiseries, les équipements électriques, la définition des températures de consigne à l'intérieur des locaux, le paramétrage de l'occupation du bâtiment et de la température de confort propre à chaque zone....
- Modélisation des systèmes dynamiques équipant le bâtiment (système de climatisation, système solaire...)
- Acquisition des résultats : Lancement du calcul dynamique global, analyse des résultats et visualisation des améliorations possibles.

Les logiciels de simulation dynamique sont divers avec chacun ses avantages et le choix dépend des besoins et des objectifs visés [4] :

- Virtual Environment
- TRNsys 18
- Energy+
- DesignBuilder
- ArchiWizard
- Blast
- Climawin
- Pleiades+Comfie
- Simbad...

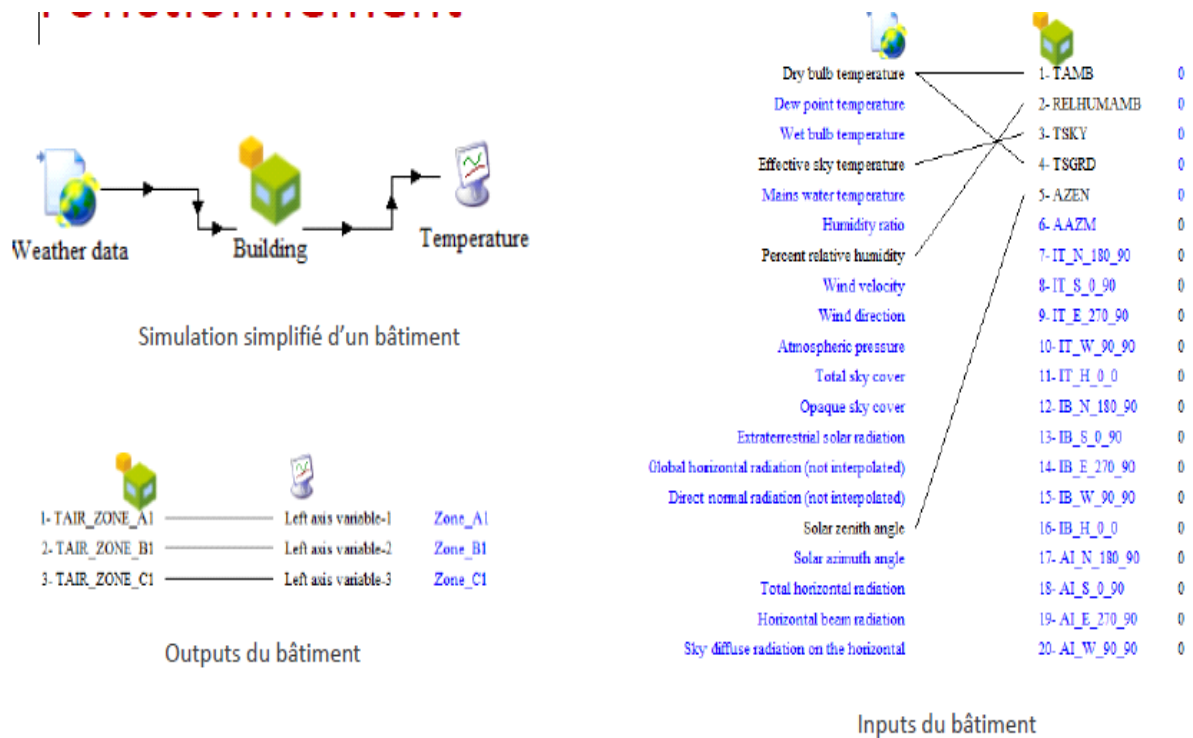


Figure 1: Un exemple de configuration

Les paramètres des types (météo (type 15, 99, 109), 56 Multizone building, Online Plotter (type 65), Printer (type 25), Printegrator (type 46)) peuvent être modifiés, ce qui permet de s'approcher du bâtiment à simuler.

2.1. Présentation du bâtiment de la RTS

Le bâtiment modélisé en 3D sur Sketchup est exporté vers un format de fichier compatible comme 3D studio ou Wavefront OBJ. Ces formats permettent l'importation du bâtiment sur l'environnement de TRNsys pour en intégrer les paramètres et les systèmes énergétiques.

La représentation en 3D de la tour nouveau siège RTS sur Sketchup est donnée par la figure 2.

La figure 3 montre une image de la tour telle que projetée en fin de travaux.

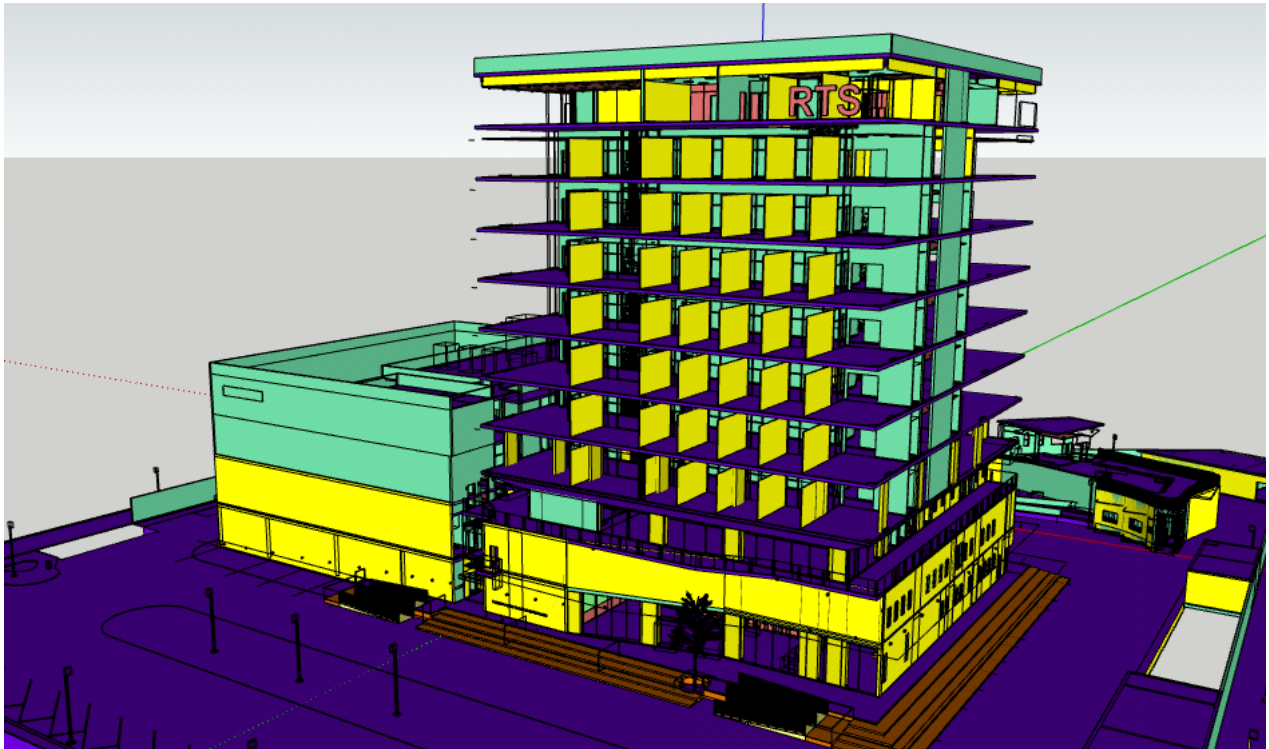


Figure 2 : Représentation en 3D du nouveau siège de la RTS dans Sketchup



Figure 3 : La tour de la RTS

2.2. Données météorologiques

Pour ce qui est des conditions météorologiques, nous avons utilisé Meteonorm qui est un logiciel largement utilisé dans le domaine de l'énergie solaire et des études climatiques. Il fournit des données météorologiques précises et normalisées pour des emplacements spécifiques dans le monde entier. Il englobe les paramètres comme l'irradiance solaire, les

températures, l'humidité, la vitesse du vent, et d'autres variables importantes pour l'évaluation des ressources solaires. Meteonorm est compatible avec plusieurs logiciels de simulation énergétique notamment des outils de conception solaire, des logiciels de simulation thermique des bâtiments et des logiciels de systèmes photovoltaïques. Il fournit des valeurs horaires, quotidiennes et mensuelles permettant d'analyser les variations saisonnières et journalières des paramètres climatiques.

2.3. Données pour la simulation

Les tableaux 1 et 2 donnent les dimensions du bâtiment et les caractéristiques des matériaux constituant les parois de la tour RTS.

Tableau 1 : Les dimensions des différentes zones du bâtiment

Zones	Surface ()	Hauteur ()	Volume ()
Studio 1000	1000	11	11000
Studio 400	400	8,17	3268
Studio 300	300	8,32	2496
Nodal	105	4	420
RDC-R+1-R+2	1450	13	18850
R+3 à R+9	1450	34,24	49648

Tableau 2 : Les caractéristiques des matériaux constituant les parois de la tour

Les types de matériaux	Conductivité ()
Parpaing	0,95
Enduit	0,93
GRHC en béton	0,9

Les types de vitrage et leurs caractéristiques sur chaque zone sont donnés dans le tableau 3.

Tableau 3 : Les types de vitrage et leurs caractéristiques

Zone	Niveau	Type de vitrage	Ug ()
RDC-R+1-R+2	RDC	Simple vitrage	5,4
	R+1 et R+2	Double vitrage	1,3
R+3 à R+9	R+3 à R+9	Double vitrage	1,3

Le tableau 4 représente les valeurs de taux d'infiltration d'air dans les différentes zones de la tour RTS.

Tableau 4 : les valeurs de taux d'infiltration d'air dans les différentes zones de la RTS [7]

Zone						Taux d'infiltration
Studio_1000	11000	2,64	0,02	1,2	697	0,12

Studio_300	2496	2,64	0,02	1	132	0,1
Studio_400	3268	2,64	0,02	1	172	0,1056
Studio_Radio	1400	2,64	0,02	1	74	0,1056
Nodal	420	2,64	0,02	1	23	0,053
RDC_R+1_R+2	16000	4,32	0,02	1	2353	0,18
R+3_R+10	49648	4,32	0,02	1	7239	0,17

Tableau 5 : La production d'énergie en fonction du type d'activité de l'occupant

Degrés d'activité	Application typique	Chaleur totale ajustée		Chaleur sensible		Chaleur latente	
		Watts	Btu/h	Watts	Btu/h	Watts	Btu/h
Assis au repos	Théâtre, cinéma	100	350	60	210	40	140
Assis, écriture très légère	Bureau, hôtel, appartement	120	420	65	230	55	190
Assis mangeant	Restaurant	170	580	75	255	95	325
Assis, travail léger, dactylographie	Bureau, hôtel, appartement	150	510	75	255	75	255
Se tenir debout, travail léger, marcher lentement	Magasin de détails, banque	185	640	90	315	95	325
Travail au banc léger	Usine	230	780	100	345	130	435
Marche, 1,3m 7s travaux légers à la marche	Usine	305	1040	100	345	205	695
Bowling	Allée de bowling	280	960	100	345	180	615
Danse modérée	Salle de danse	375	1280	120	405	255	875
Travaux lourds, levage, travaux de machinerie lourde	Usine	470	1600	165	565	300	1035
Travaux lourds, athlétisme	Gymnase	525	1800	185	635	340	1165

Le gain thermique apporté par les occupants dans chaque zone est représenté dans le tableau 6.

Tableau 6 : Le gain thermique apporté par les occupants dans chaque zone

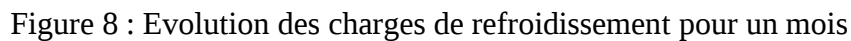
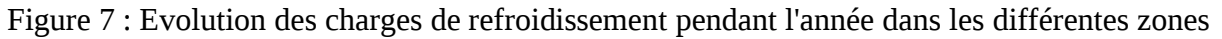
Zone	Nombre d'occupant	Type d'activité	Chaleur totale ajustée de l'activité	Chaleur totale (Watts)
Studio_1000	400	Travail au banc léger	230	92000
Studio_300	150	Travail au banc léger	230	34500
Studio_400	200	Travail au banc léger	230	46000
Studio_Radio	6	Travail au banc léger	150	900
RDC_R+2	200	Assis, travail léger, dactylographie	150	30000
R+3_R+10	500	Assis, travail léger, dactylographie	150	75000

Tableau 7 : Les apports thermiques des équipements

Zone	Puissance convective ()	Puissance radiative ()
Studio 1000	27,36	6,84
Studio 300	48	12
Studio 400	50,4	12,6
Studio Radio	43,2	10,8
Nodal	1920	480
RDC_R+1_R+2	137	34,2
R+3_R+10 (pour un niveau)	48,12	11,07

3. Résultats et discussions

La visualisation des résultats sur simulation studio (fig.7 et fig.8) donne les charges de refroidissement pour une température de consigne 24 °C dans les différentes zones.



100

Tableau 8 : Les valeurs maximales des charges de refroidissement dans chaque zone.

ZONE	Charges de refroidissement ()
Studio_1000	76,45
Studio_300	38
Studio_400	45
Studio_Radio	11
Nodal	67
RDC_R+1_R+2	140
R+3_R+10	764

La courbe de la somme des charges donne une valeur maximale de 1080. Ces valeurs de charge peuvent être utilisées pour le dimensionnement des équipements de climatisation des zones.

La variation de la température de l'air intérieur est donnée pour les zones :

- Studio 1000

Il est considéré que le studio est utilisé deux fois dans le mois sauf le mois d'avril où il est utilisé chaque jour de 16h à 24h. Les figures 9, 10 et 11 montrent respectivement l'évolution de la température intérieure pendant l'année, au mois d'avril et au mois d'octobre-novembre.

Pour le mois d'avril, on constate que la température diminue et oscille aux alentours de 24 °C aux heures d'utilisation. Pour le reste des mois, on note aussi des diminutions de la température pendant les jours de fonctionnement vers les valeurs de 24 °C.

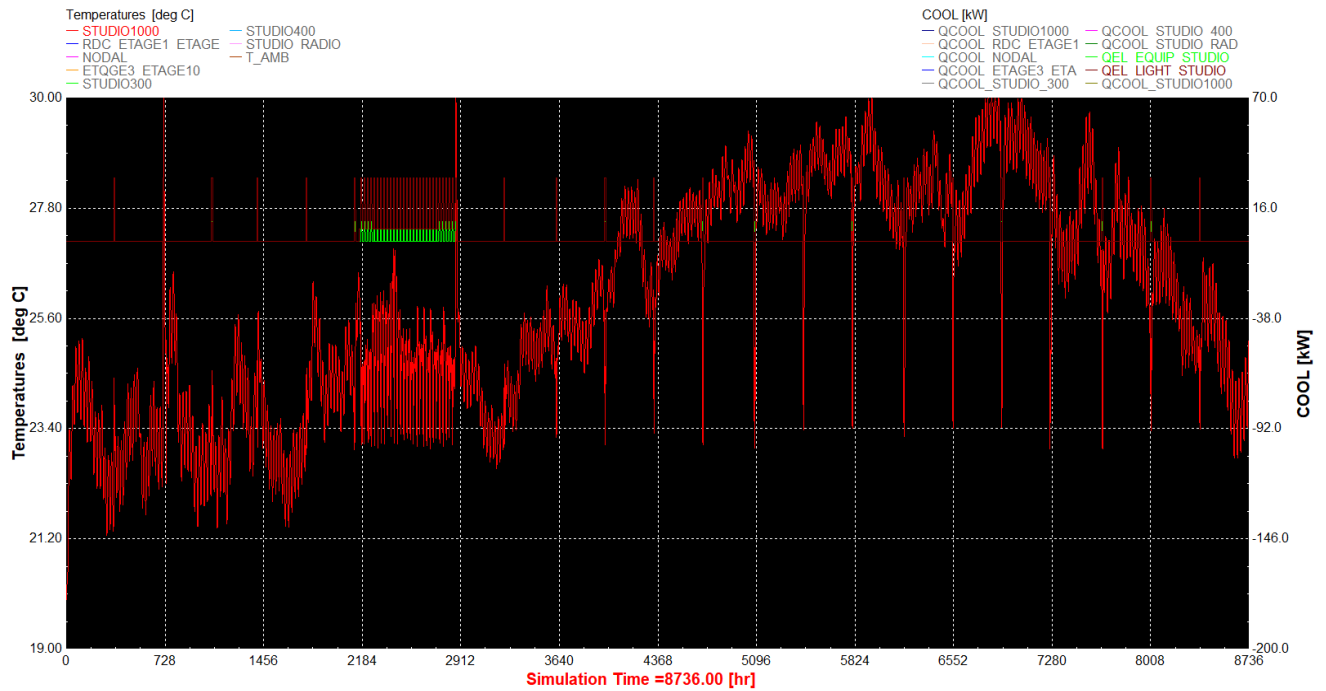


Figure 9 : Evolution de la température de l'air intérieur du studio 1000 avec le système de climatisation pendant l'année

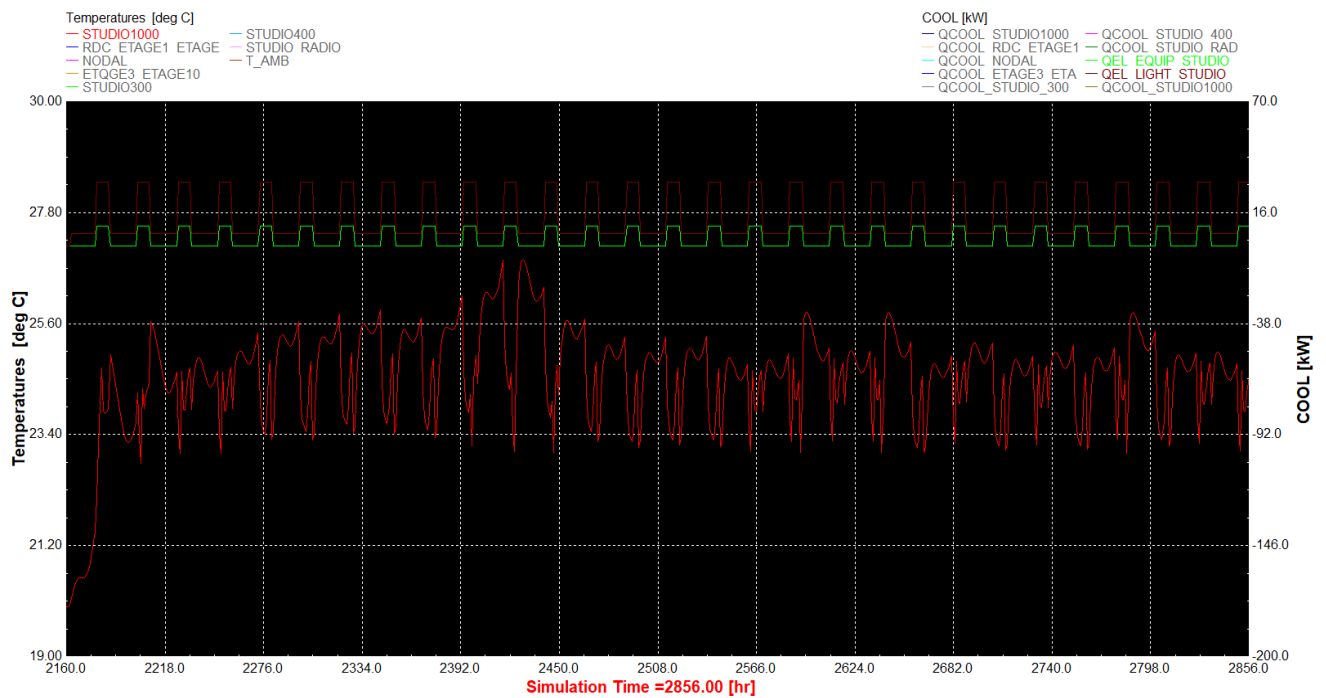


Figure 11 : Evolution de la température de l'air intérieur du studio 1000 avec le système de climatisation au mois d'avril

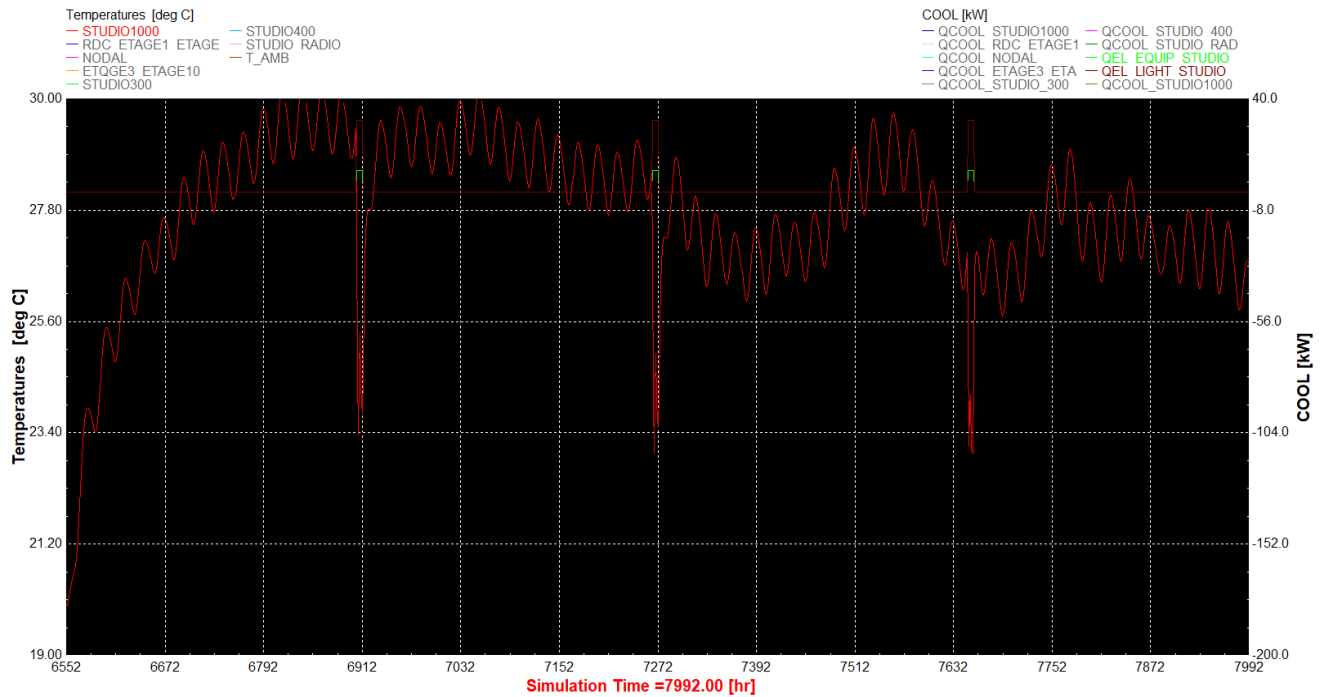


Figure 11 : Evolution de la température de l'air intérieur du studio 1000 avec le système de climatisation au mois octobre-novembre

- Studio 400

Le studio 400 est utilisé chaque jour de 10h à 22h. Après analyse des courbes de la température intérieure de la zone (figure 12 et figure 13), il est remarqué qu'en hors production la température augmente considérablement. En production, la CTA est allumée et cette dernière régule la température à 24 °C.

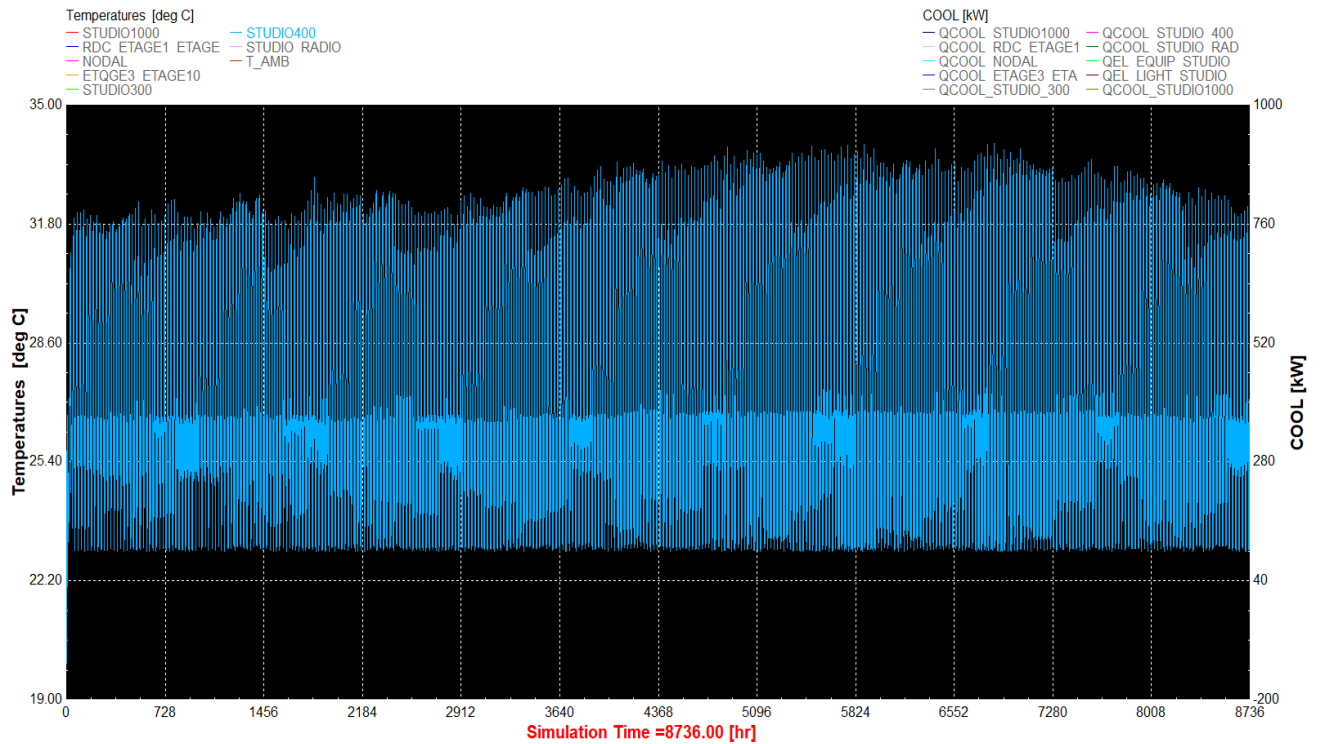


Figure 12 : Evolution de la température de l'air intérieur du studio 400 avec le système de climatisation pendant l'année

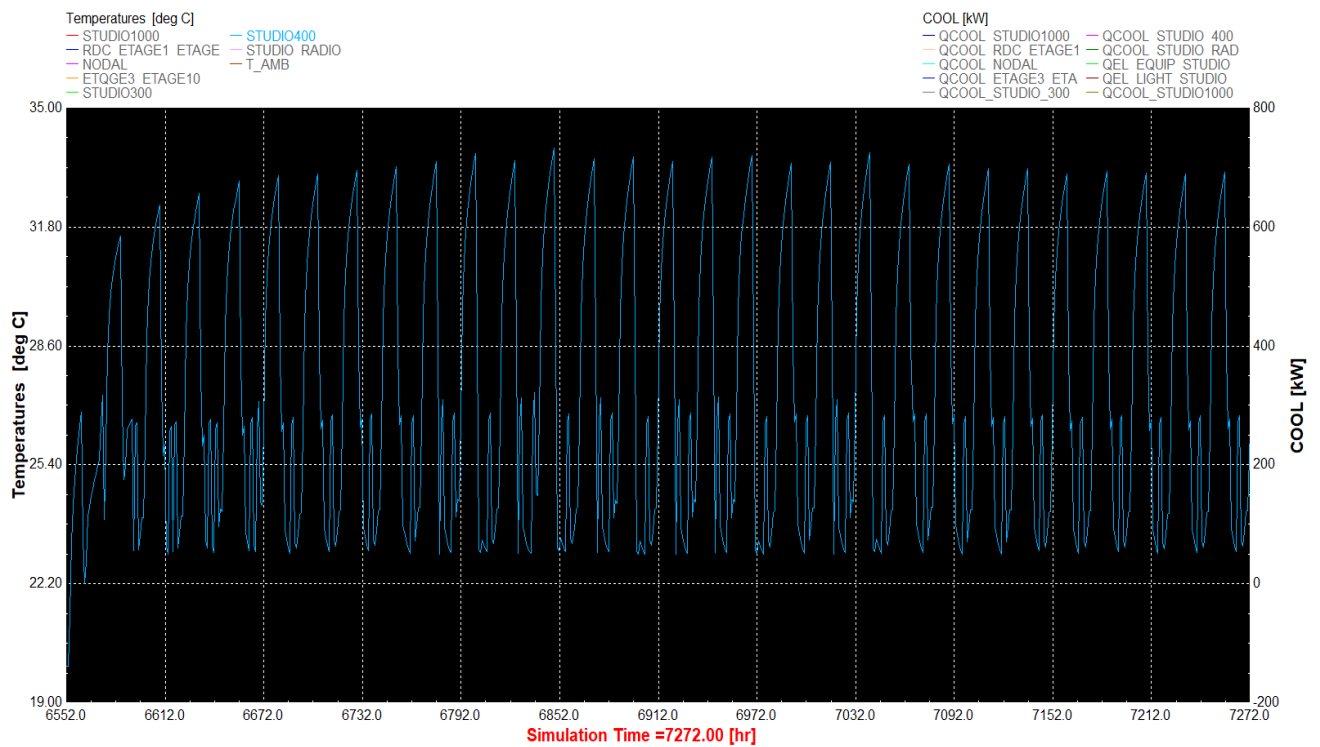


Figure 13 : Evolution de la température de l'air intérieur du studio 1000 avec le système de climatisation au mois d'octobre

• R+3_R+10

La zone des bureaux est fonctionnelle chaque jour de 08h à 18h. La visualisation de la température intérieure (fig.14 et fig.15) montre que cette dernière tourne au tour de 24 °C.

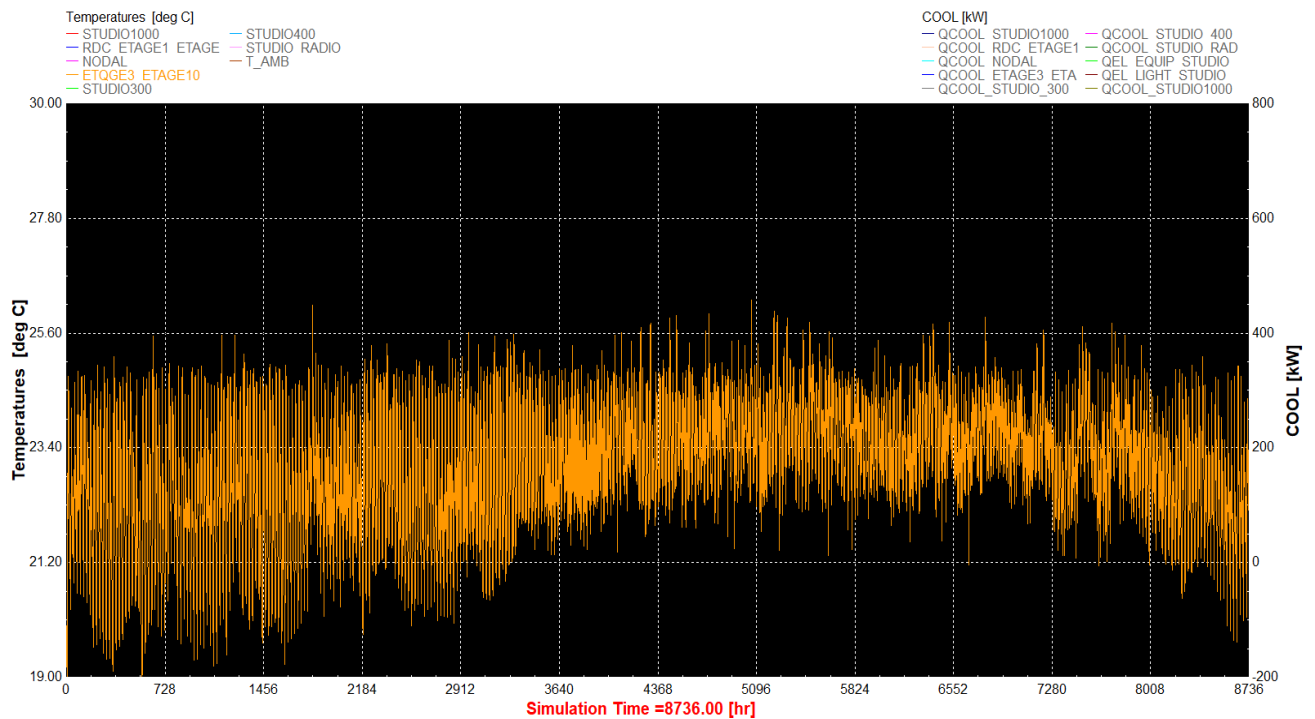


Figure 14 : Evolution de la température de l'air intérieur de la zone R+3_R+10 avec le système de climatisation pendant l'année

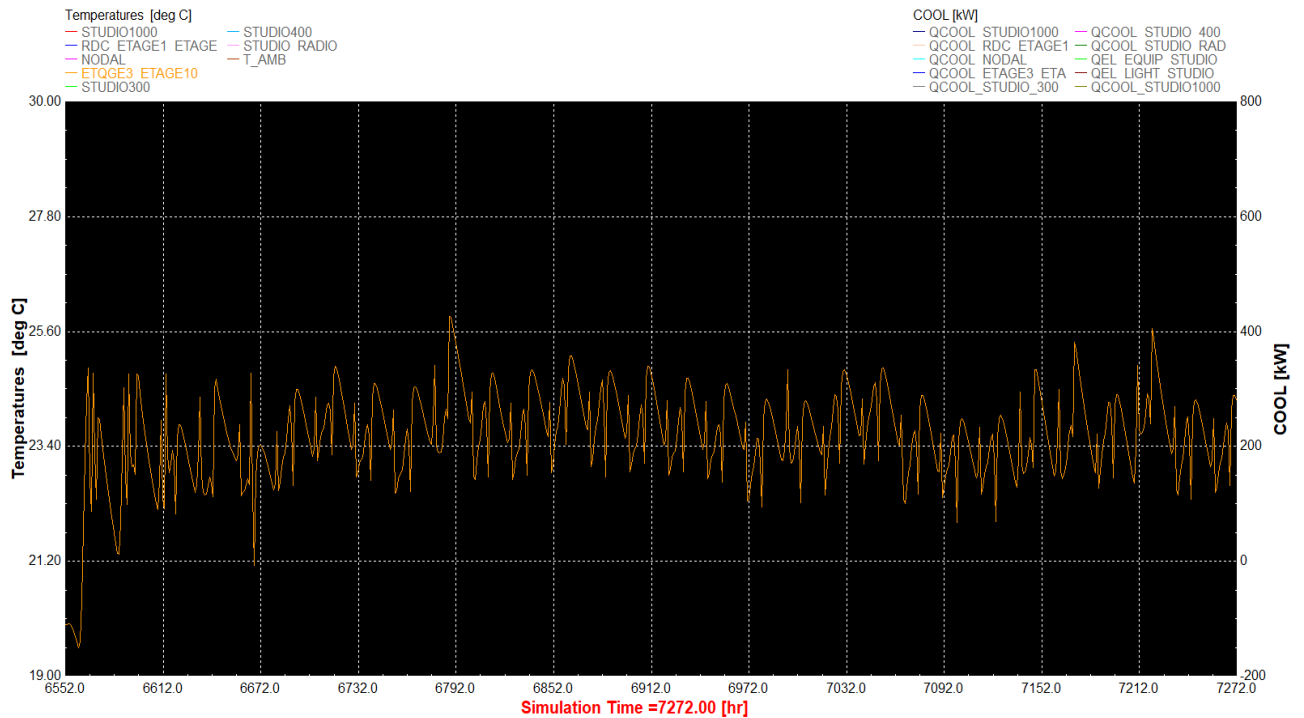


Figure 15 : Evolution de la température de l'air intérieur de la zone R+3_R+10 avec le système de climatisation au mois d'octobre

4. Conclusion

Dans cet article, nous avons effectué une simulation dynamique d'un bâtiment dont le nouveau siège de la Radiotélévision Sénégalaise (RTS). L'utilisation de logiciels tels que Sketchup, Meteonorm et TRNsys 18 a permis, respectivement, de modéliser le bâtiment en 3D, d'étudier les conditions climatiques et de déterminer à l'avance les performances énergétiques pour, le cas échéant, les améliorer et ainsi réduire le TCO (Total Cost of Ownership) du projet. Ainsi, plusieurs paramètres dont les besoins de refroidissement, la consommation énergétique globale, l'évaluation du confort thermique des occupants et l'impact de différentes stratégies d'efficacité énergétique envisageables sont déterminés. Cela a permis d'améliorer le confort des occupants et de réduire l'impact environnemental du bâtiment.

Bibliographie

- [1] SECK, A. Rapport sur la feuille de route avec recommandations pour les décideurs au Sénégal sur l'établissement d'un système de mesure, notification et vérification (MNV) national robuste pour les actions et politiques relatives au changement climatique. Mars 2021.
- [2] Réglementation énergétique et environnementale dans le secteur du bâtiment au senegal. Janvier 2021.
- [3] Bruyère, I. (2021). *Simulation thermique dynamique du batiment*.
- [4] Tiendredeogo, B. L. (2016). *ETUDE COMPARATIVE DE SYSTEMES DE CLIMATISATION POUR LE PROJET DE CONSTRUCTION DU SIEGE DE LA BANK OF AFRICA (BOA)-BURKINA FASO. OUAGADOUGOU - BURKINA FASO : s.n., 2016*.
- [5] Béllaiche, P. (2008). *Les secrets de l'image vidéo*.
- [6] Energietechnik, T. (2004-2023). *Multizone Building Modeling with Type56 and TRNBuild*.
- [7] (2011). *Débit d'air d'infiltration à travers l'enveloppe Vinf,i EN 12831*.
- [8] <https://unece.org>.
- [9] <https://labetudesclim.fr/2021/01/08/ventilation-mecanique-controlee-double-flux-choix>.
- [10] <https://www.monkitsolaire.fr/blog/fonctionnement-panneau-solaire-n307>.

- [11] <https://pro.sony.fr/lu/products/4k-and-hd-camera-systems/hxc-fz90>.
- [12] <https://www.visualsfrance.com/enregistreur-video/9515-hyperdeck-studio-hd-plus-9338716007121.html>.
- [13] https://mediakwest.com/mk-34_ibc_melangeurs-les-tendances-2020.
- [14] <https://www.missnumerique.com/hollyland-mars-t1000-station-intercom-p-49474.html>.
- [15] <https://www.directindustry.fr/fabricant-industriel/serveur-industriel-144281.html>.