

L'influence de l'atrium ventilé des centres commerciaux sur le comportement thermo-aéraulique, «cas de la ville nouvelle Ali Mendjli à Constantine».

Khaoula FEKKOUS ^{#1}, Yasmina BOUCHAHM ^{*2}.

^{#1} Magister ,Laboratoire ABE ,Université de Constantine 03 .

^{*2} Professeur ,Laboratoire ABE ,Université de Constantine 03 .

Ville nouvelle Ali Mendjli , Constantine 25000 Algérie

¹khaoulaarchitecte@gmail.com

²ybouchahm2@gmail.com

Abstract— Recently in Algeria, several prestigious buildings have integrated an atrium that has a significant impact on the aesthetics of the building. To ensure thermal performance. This is the same case for the shopping center "Sans Visa" which was chosen as a case study subject to the conditions of a semi-arid climate like that of Constantine. This article assesses summer and spring thermo-aeraulic comfort, and highlights the different strategies that determine its effectiveness. For this purpose, a measurement campaign is made to evaluate the effectiveness of the mobile roof. In situ measurements were made during the spring and summer of 2016 with and without roof opening. However, the use of digital simulation using the TAS software has become necessary to better control the effectiveness of the roof to exploit natural ventilation and thermal draft.

Key words - Atrium, Moving roof, Thermo-aeraulic behavior, Thermal stratification, Natural ventilation, TAS simulation.

I. INTRODUCTION

Les atriums sont actuellement intégrés à la conception de nombreux grands bâtiments modernes afin de profiter de l'éclairage naturel, le chauffage solaire, et la ventilation naturelle [1]. Tandis que, les aspects négatifs de l'atrium sont souvent négligés tout au long du processus de conception, Ces grands volumes vitrés sont caractérisés par leurs aspects énergivores. Cela est dû à la surface de leurs toits vitrés, qui porte la lumière naturelle et des apports solaires directs ,qui sont connus comme une source de surchauffe qui provoque l'inconfort manifesté sous forme d'une surchauffe et stratification thermique.

I. DESCRIPTION DU CAS D'ETUDE LA METHODOLOGIE

La présente étude s'est déroulée dans le centre commercial « SANS VISA » qui se trouve dans la ville nouvelle Ali Mendjli à Constantine (Nord- Est de l'Algérie (36° 17' de latitude Nord, et à 6° 37' de longitude Est), caractérisée par un climat semi-aride. il est conçu en date de 2011 sur une superficie de 1 117.63 m².caractérisé par un atrium ventilé (un toit ouvrant rétractable).L'espace atrium représente le hall central, il est de forme rectangulaire de (5.70 x11.00) m, Le

toit d'atrium est sous forme d'un berceau de 1.50 m de hauteur, couvert par le polycarbonate transparent de 10 mm d'épaisseur. Cette technique est considérée comme une nouvelle tendance dans le domaine de bâtiment ici en Algérie.



Fig. 1 Toit d'atrium

II. OBJECTIF DE LA CAMPAGNE DE MESURES (INVESTIGATION)

Cette recherche s'appuie donc sur une méthode de mesures de température de l'air et d'humidité relative , dans le but de vérifier l'effet de l'atrium ventilé ainsi que ses performances thermiques, notamment sa capacité d'assurer un renouvellement d'air et d'atténuer convenablement la surchauffe, sachant évidemment qu'il est exposé à un climat caractérisé par des étés très chauds et un hiver froid ,durant deux périodes printanière et estivale.

III. MATERIEL UTILISE

La méthodologie de travail est basée sur la collecte des données paramétriques de l'ambiance interne de l'espace atrium à travers les différentes stations de mesures (18 points de mesures), à l'aide des instruments mobiles (pistolet et anémomètre) et d'autres fixes (USB data logger).



Fig. 2 Matériel utilisé pour la campagne de mesure

Les résultats sont limités à l'étage supérieur car il représente un état ultime d'inconfort.

IV. INTERPRETATION DES RÉSULTATS

A. Température de l'air de la journée de 07 Mars 2016

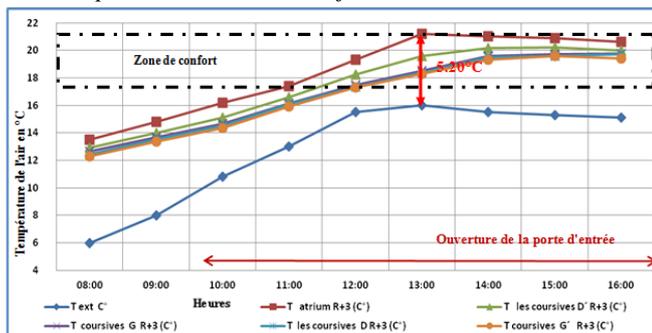


Fig. 3 Température de l'air au niveau R+3 de la journée 07 Mars 2016.

On constate une hausse des températures de l'air intérieur est remarquée à partir de 12 :00h jusqu'à 16h, Avec un écart de 5.20 °C à 13:00h au dernier niveau dans l'espace atrium, ceci est justifié par l'éloignement de cet étage de toute sollicitation de ventilation et coïncidence avec une période de forte fréquentation des visiteurs. Donc, Les bâtiments d' atrium servent à réduire les pertes d'énergie et augmenter le confort de l'environnement bâti grâce à son vitrage supérieur car il peut agir comme une zone tampon entre l'environnement intérieur et les conditions climatiques extérieures dures par l'effet de serre et l'accumulation de chaleur au niveau supérieur. C'est le même cas du travail de Marveh Jaberansari et Hisham Elkadib en 2016 [2] qui ont montré également que le cas sans atrium a le moins de gains de chaleur par rapport aux autres cas avec atrium. Où, L'atrium sert à fournir un gain solaire: Les rayons du soleil peuvent fournir de la chaleur dans cet espace et la chaleur peut être capturée [3].

B. Humidité relative en % de la journée de 07 Mars 2016

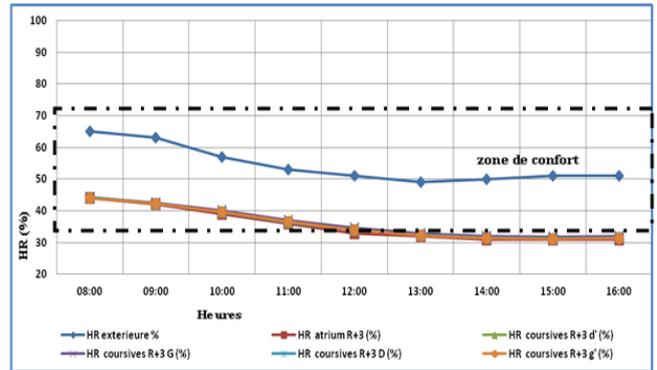


Fig. 4 Humidité relative au niveau R+3 de la journée 07 Mars 2016

Cet étage est caractérisé par des valeurs humidités relatives qui se trouvent sur la limite inférieure du confort. Donc cette journée est caractérisée par un confort hygrothermique.

C. Température de l'air de la journée de 18 Juillet 2016

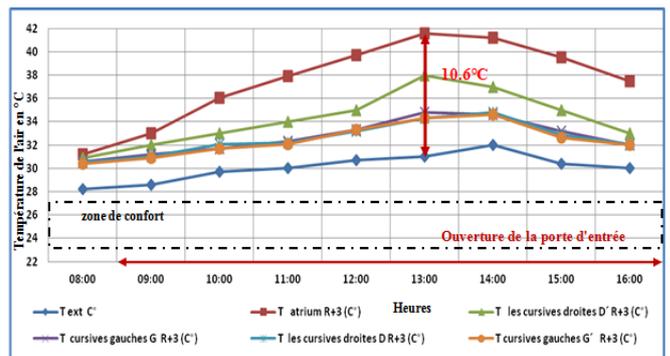


Fig. 5 Température de l'air au niveau R+3 de la journée 18 Juillet 2016

On remarque que les courbes de ces espaces suivent la même allure de la courbe de la température extérieure, dont le phénomène de stratification thermique est toujours présent, Où l'ensemble des courbes de température sont en dehors de la zone de confort dans la majorité des points de mesure pendant la durée d'expérimentation. avec une valeur maximale atteinte 41.6°C à 13 h et un écart de température entre elle d'atrium de R+3 et celle de l'extérieur aboutissant une valeur 10.6°C à 13h .Ceci est dû aux sollicitations des radiations solaires directs et au gain thermique. où le niveau supérieur reçoit la grande quantité par transmission et pénétration à travers la couverture transparente du toit induit une augmentation de la température de l'air interne. Cependant, la hauteur importante d'un atrium ainsi que les apports d'énergie localisés des flux solaires accentuent les variations verticales des températures d'air [4].

D. Température de l'air de la journée de 19 Juillet 2016 (ouverture du toit à 100% à 16:00heures).

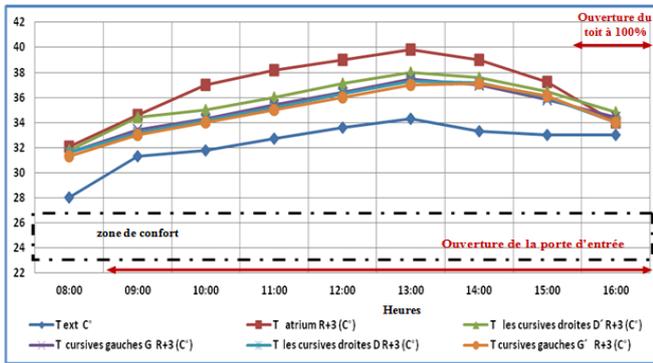


Fig. 6 Température de l'air au niveau R+3 de la journée 19 Juillet 2016

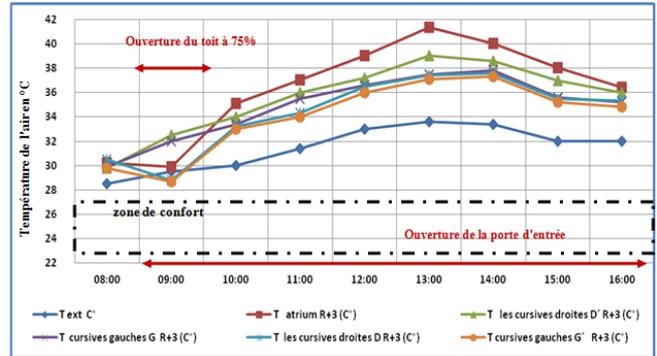


Fig. 8 Température de l'air au niveau R+3 de la journée 20 Juillet 2016

A travers les résultats des mesures acquies dans les différents stations durant la tranche horaire de 08h à 15h, on constate que ces courbes de températures se trouvent au dessus de celle de l'extérieur. Ainsi que le phénomène de stratification thermique est toujours présent dans les différents étages. Ceci revient au phénomène d'accumulation de chaleur à l'intérieur d'espace atrium notamment au dernier étage. Mais avec l'ouverture du toit à 100% à 16h, on constate une diminution de température accumulée au dernier étage avec un écart entre l'atrium du R+3 et l'extérieur atteint une valeur de 2°C. Ceci est justifié par la combinaison entre l'ouverture du toit à 100% et l'ouverture de la porte d'entrée favorise une ventilation naturelle de l'air par le biais du tirage thermique avec l'existence d'une entrée d'air et une sortie pour échapper l'air vicié vers l'extérieur avec une vitesse de l'air interne atteignant 0.3m/s.



Fig. 7 Vitesse de l'air à 16 h de la journée 19 Juillet 2016

D'une part, Nicholas Mak (1991) [5] a montré que le tirage thermique en résulte de différentes pressions des masses d'air interne et externe, ce qui entraîne une différence de pression qui varie avec la hauteur. Dans le même contexte, Joanne M. Holford & Gary R. Hunt, (2000) [6] ont conclu que l'existence d'une grande ouverture supérieure et une autre petite inférieure dans l'atrium est nécessaire. Ainsi que Ahmed Qadir Ahmed (2013)[7] montre que la ventilation naturelle dans l'atrium est déterminée comme la meilleure solution qui peut réduire les impacts négatifs de surchauffe dans les espaces internes. En effet, elle peut être atteinte en créant des ouvertures appropriées dans des lieux particulièrement dans les niveaux supérieurs et inférieurs d'atrium pour fournir des déplacements d'air pour avoir une ventilation naturelle.

E. Température de l'air de la journée de 20 Juillet 2016 avec ouverture du toit à 75% à 09:00 heures

En général, les profils de température de l'air dans les différents points de mesure suivent la même allure que celle de l'extérieur avec une stratification thermique prononcée à travers les étages. Ceci revient au phénomène d'effet de serre accompagné de forte fréquentation puisque c'est les vacances d'été.

Avec l'ouverture du toit à 75% à 09h, on constate une diminution de température avec un écart de température entre l'atrium du R+3 et celle d'extérieur atteint une valeur de 0.40°C. Ceci est justifié par la combinaison entre l'ouverture de la porte d'entrée et l'ouverture du toit pour échapper l'air vicié. Cela favorise une ventilation naturelle. Où Moosavi Leila et al (2014) [8] affirment fortement que «la ventilation naturelle est le principal atout potentiel pour l'environnement des atriums».

F. Humidité relative de la période estivale

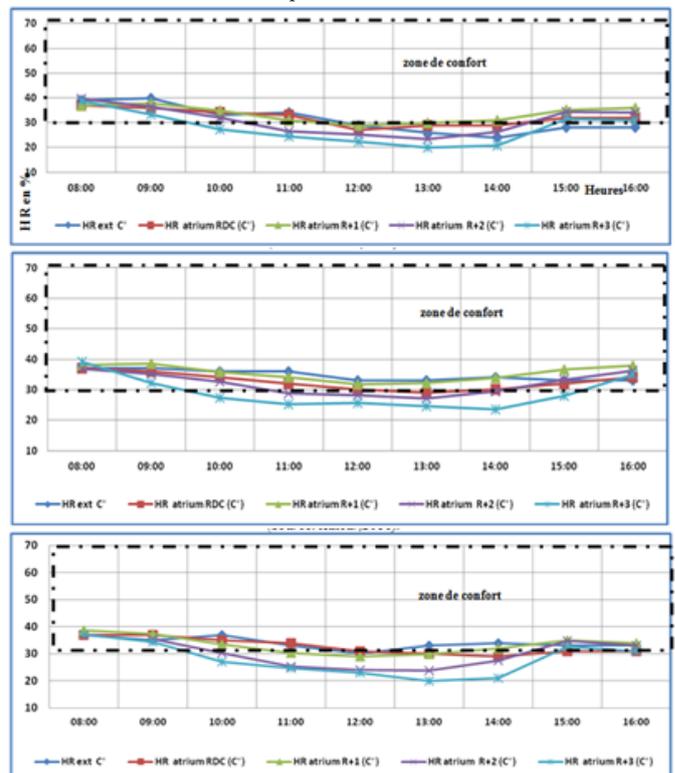


Fig. 9 Humidité relative des journées 18, 19 et le 20 Juillet 2016

Ce qui nous amène à confirmer que les valeurs des humidités relatives augmentent au fur et à mesure que la température baisse. Ou la ventilation naturelle par le biais du tirage thermique ayant un effet positif sur l'ambiance interne par un renouvellement d'air pour lutter contre la surchauffe.

V. SYNTHÈSE DE L'INVESTIGATION

Les résultats retenus de l'investigation montrent que l'espace atrium durant la période printanière sert à augmenter les valeurs de température de l'air interne où elles dépassent celle de l'extérieur par des apports solaires en minimisant le recours vers les moyens de pointe. Donc, L'espace atrium est utilisé comme capteur solaire passif durant les journées froides. Tandis que la période estivale est caractérisée par une ambiance thermique désagréable causée par les gains solaires excessifs. Accompagnée avec une stratification thermique. Où le recours à la ventilation naturelle par le tirage thermique à travers l'ouverture de la porte d'accès et le toit ouvrant révélé un rafraîchissement significatif bien senti accompagner d'une évacuation de l'air chaud accumulé sous le toit.

VII. SIMULATION NUMÉRIQUE

Dans le but de compléter les scénarios que nous ne pouvons pas faire à cause des contraintes sur terrain, en fais appel à une simulation numérique à l'aide du logiciel « EDSL Tas », qui permet la possibilité de faire des changements de scénarios pour déterminer éventuellement la technique optimale afin de créer une ambiance thermique interne optimale.

A. Température de l'air de la journée de 07 Mars 2016

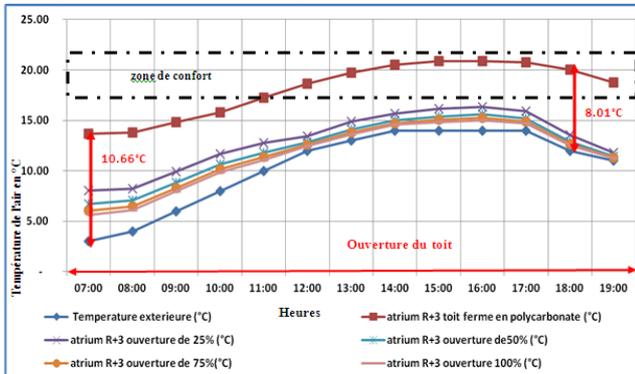


Fig. 10 Température de l'air dans l'atrium R+3 de la journée 07mars 2016

Les variations de température de l'air intérieur pendant cette journée montre que les profils journaliers des gains internes sont prédéfinis dans le cas d'un atrium avec un toit fermé, avec un Max atteint 21,61 °C à 13h. Tandis que les autres cas connus des valeurs de température de l'air basses se rapproches à celles de l'extérieur notamment celle de l'ouverture du toit à 100%. Ceci s'explique par le facteur de transmission du matériau qui couvre le toit et le gain thermique intérieur caractérisé par l'effet de serre. Cela est confirmé selon les résultats de plusieurs chercheurs comme Zhang (2009) [9] qui explique que l'atrium peut être une source de chaleur directe et qui pourrait être un avantage en hiver mais peut être un inconvénient en été.

Donc, l'atrium avec un toit fermé durant cette période a été plus performant que celui ouvert, puisqu'il minimise les déperditions thermiques. Donc, L'atrium avec un toit fermé peut être une source de chaleur qui pourrait être bénéfique durant la période froide.

B. Température de l'air de la journée de 18 Juillet 2016

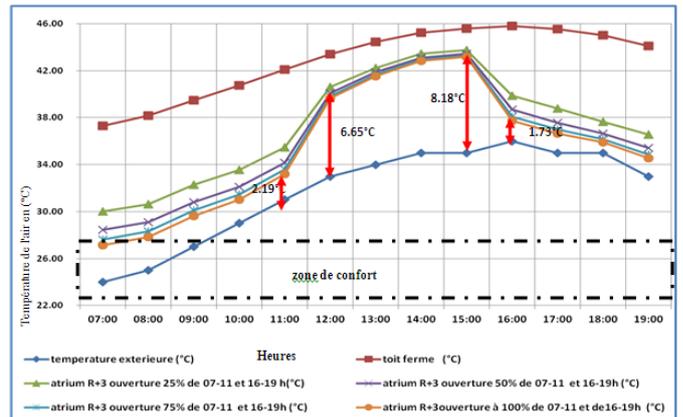


Fig. 11 variation de température de l'air dans l'atrium R+3 avec une ouverture de toit de 07-11h et de 16-19h de la journée de 18 Juillet 2016

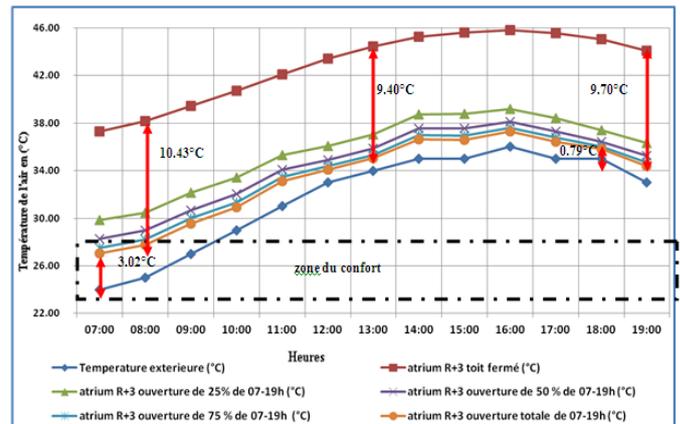


Fig. 12 variation de température de l'air dans l'atrium R+3 avec une ouverture de toit de 07-19h. de la journée de 18 Juillet 2016

D'après la comparaison entre la figure 11 et 12 on peut dire que la courbe d'ouverture du toit à 100% durant la tranche horaire de 07-19h est caractérisée par des valeurs de température basses par rapport aux autres cas.

Ce phénomène s'explique par l'évacuation de la chaleur vers l'extérieur par l'effet du tirage thermique grâce à l'ouverture du toit afin d'échapper l'air chaud vicié. Donc, La température diminue en fonction du pourcentage d'ouverture du toit, plus le pourcentage augmente plus la température diminue.

C. Humidité relative de l'air de la journée de 18 Juillet 2016

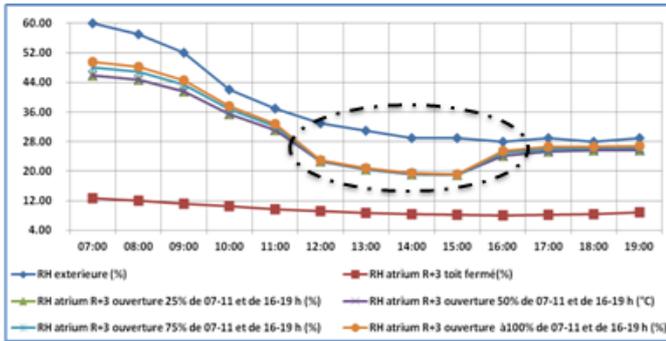


Fig. 13 Humidité relative dans l'atrium R+3 avec une ouverture du toit de 07-11h et de 16-19h de la journée de 18 Juillet 2016

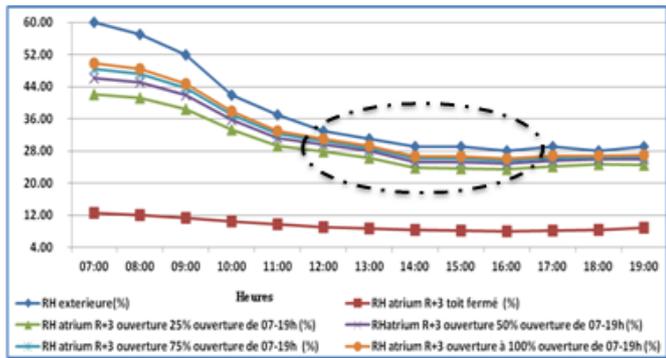


Fig. 14 Humidité relative dans l'atrium R+3 avec une ouverture du toit de 07-19h. de la journée de 18 Juillet 2016

Lorsque le toit est fermé durant la tranche horaire qui s'étale de 11h à 16h, on constate une diminution des valeurs des humidités relatives. Cela est justifié par l'effet des apports internes sur le degré hygrométrique intérieur ainsi que l'effet de serre et l'absence d'une source de fraîcheur.

E. Simulation des ambiances thermo-aéraulique internes

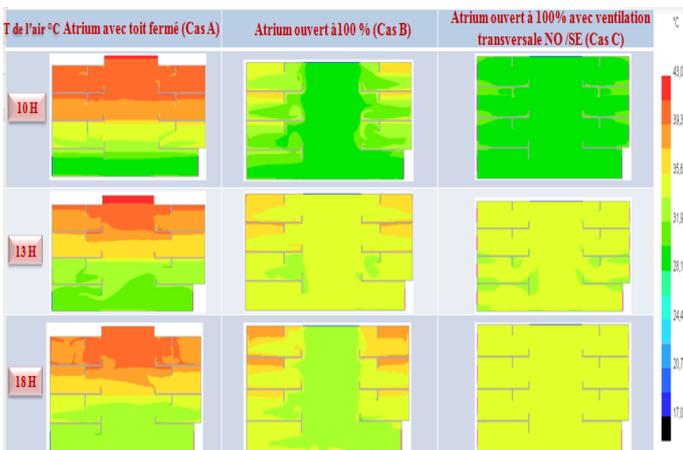


Fig. 15 Champs des températures correspondants aux cas A, B et C ainsi que les températures surfaciques

Cette partie est consacrée pour une analyse comparative entre les résultats acquis:

D'abord Le cas A, est caractérisé par une variation de température de l'air entre la partie basse et haute où le

phénomène de stratification thermique est bien prononcé. L'ambiance thermique à 13 :00h est considérée la plus critique caractérisée par une accumulation de chaleur sous le toit de l'atrium. A propos le cas B caractérisé par l'ouverture du toit à 100%. On observe un abaissement de température de l'air intérieur avec une stratification moins prononcée. Cela peut être justifié que l'ouverture du toit est considéré comme une échappatoire de l'air vicié. Dans le but de consolider cette ouverture une ventilation transversale a été établie, ou ce couplage a approuvé son efficacité par une diminution remarquable des températures de l'air par un bon balayage de l'air chaud. Où, l'atrium considéré comme accumulateur de chaleur puis l'évacuation de l'air vicié vers l'extérieur par le biais du tirage thermique.

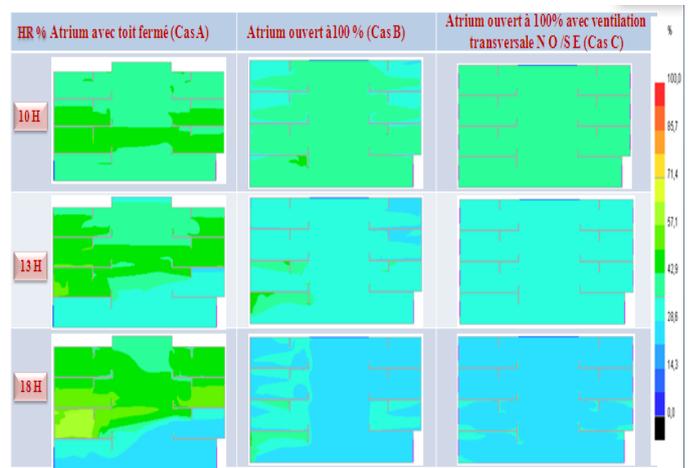


Fig. 16 Champs des humidités relatives correspondants aux cas A, B et C.

La comparaison entre température de l'air et HR montre qu'il y avait une corrélation inversée entre ces deux paramètres. Lorsque la température augmente, elle accompagne une baisse des humidités relatives internes. Dans le cas A, une stratification des humidités relatives au long d'atrium, en présence d'une ventilation naturelle, on constate une distribution presque équilibrée de RH dans le bâtiment mais avec des degrés qui diffèrent suivant la configuration de la ventilation naturelle.

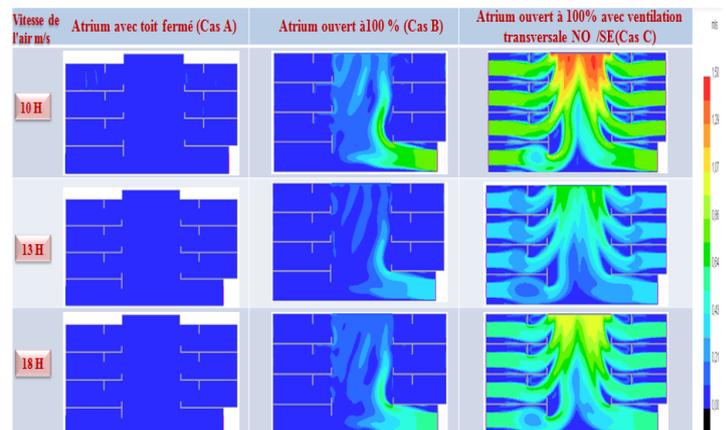


Fig. 17 champs de la vitesse de l'air correspondants aux cas A, B et C

Le cas A est caractérisé par une vitesse de l'air négligeable à cause de présence d'une seule entrée d'air c'est la porte d'accès au niveau inférieur. Le cas B est défini par une ouverture inférieure, c'est l'entrée du centre commercial et une autre supérieure définie comme sortie d'air, elle assure le balayage de l'air vicié est aspiré vers l'extérieur en créant un flux en ascendant. On peut remarquer ici l'impact de la convection naturelle renforcée par les entrées et sorties d'air sur les températures d'air. Cependant, l'ajout de la ventilation transversale à travers les différents étages (Cas C) a un impact significatif sur les mouvements d'air, qui se rejoignent au centre de l'atrium et s'échappent verticalement. Cela est traduit par l'évacuation de l'air par le tirage thermique de la partie basse vers la partie haute. Cependant le cas C, illustre l'effet de cheminée entre l'ouverture basse et le toit découvert avec des vitesses d'air qui s'accroissent progressivement à proximité du dernier étage et qui assure un bon balayage de l'air chaud sur tout le volume de l'espace atrium en l'éjectant vers l'extérieur.

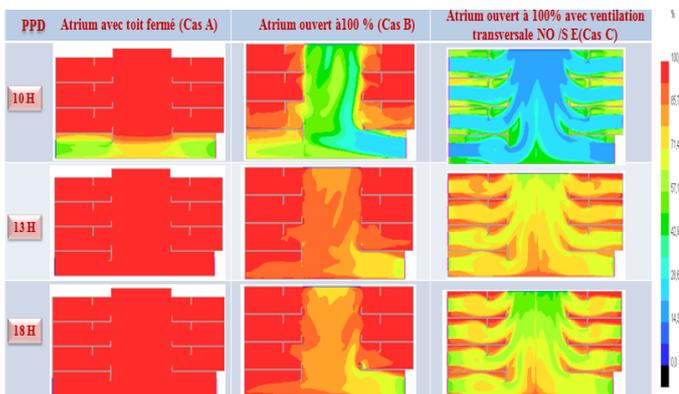


Fig. 28 PPD correspondants aux cas A , B et C.

En constate que le Cas A est caractérisé par un inconfort traduit par un pourcentage élevé de PPD à cause des températures élevées enregistrées notamment dans les niveaux supérieurs. Mais l'ouverture du toit d'atrium à 100% (Cas B) sert à diminuer la sensation d'inconfort dans l'espace atrium, manifesté par une diminution des pourcentages de PPD. Tandis que ces pourcentages restent un peu élevés dans les espaces adjacents au niveau supérieur. Les meilleurs résultats de PPD, sont obtenus à travers la combinaison entre les deux types de ventilation (Cas C), manifestée par une diminution remarquable des températures d'air donnant lieu à un rafraîchissement passif qui va agir sur la sensation du confort et le bien être.

VIII.CONCLUSION

La présente recherche vise à promouvoir un meilleur confort thermo-aéraulique d'atrium sous notre climat semi-aride ou nous avons montré à travers les simulations que le rafraîchissement passif dans l'atrium est possible si en agissant sur le pourcentage d'ouverture du toit .Cela par la suite va garantir une ventilation naturelle caractérisée par une diminution des températures d'air intérieur. Le cas le plus performant illustré lorsque le toit est ouvert à 100% durant la

tranche horaire qui s'étale de 07h à 19h. A cet effet là, on pense à consolider cette ventilation manifestée par le tirage thermique par une stratégie qui est la ventilation transversale NO-SE. Ce couplage révèle les meilleurs résultats. Du fait qu'il assure un renouvellement d'air qui englobe tout le volume interne de l'espace atrium, coursives et ses espaces adjacents luttant ainsi contre la surchauffe excessive qui tend à stagner au niveau supérieur.

IX. RECOMMANDATIONS

Il est recommandé d'avoir un atrium naturellement ventilé, qu'il doit être fermé durant la période froide , dans le but de bénéficier du chauffage solaire passif, et à conduire à la réduction de la période de chauffage à quelques jours. Tandis que durant la période chaude , il recommandé d'ouvrir le toit à 100% accompagné par une ventilation transversale NO-SE durant la tranche horaire qui s'étale de 7 heures à 19h .

L'adoption des dispositifs d'ombrage interne sous forme d'occultations suspendues, Surélevées à différentes hauteurs. Déposées d'une façon permettant de créer un espace tampon ventilé naturellement, admet une circulation de l'air (thermosiphon) et l'échange convectif. Disponibles en été même si le toit est ouvert à 100%.

L'emploi d'une stratégie de pulvérisation, pour réduire les températures des surfaces par le dégagement de chaleur latente en raison de l'évaporation d'eau.

L'adoption d'une fontaine à l'intérieur sert à agir sur la régularisation du confort hygrométrique interne avec des plantes à l'intérieur d'atrium offre l'ombre en été, comme elles réduisent la surchauffe par l'évaporation, elles peuvent modérer l'environnement intérieur vers la zone de confort thermique pendant toute l'année.

REFERENCES

- [1] Shafqat ,H., & Oosthuizen ,P. H.(2012). Numerical investigations of buoyancy-driven natural ventilation in a simple atrium building and its effect on the thermal comfort conditions . *Applied Thermal Engineering*.(40), 358e372.
- [2] Jaberansari, M., & Elkadi , H.(2016). Influence of different atria types on energy efficiency and thermal comfort of square plan high-rise buildings in semi-arid climate . International conference on Energy, Environment and Economics.
- [3] Abdullah , A. H.,& Wang,F.(2012). Design and low energy ventilation solutions for atria in the tropics. *Sustainable Cities and Society*.(2), 8-28.
- [4] Belmaaziz,M.(2003). Les ambiances thermo-aérauliques dans les atriums linéaires. Contribution à la constitution de règles expertes utilisables dans la conception du projet.(these de doctorat), Ecole polytechnique de l'Université de Nantes.
- [5] Nicholas, M.(1991). Thermal stratification in atria. the university of wollongong department of engineering.
- [6] Holford, J. M. & Hunt , G. R. (2000). When Does An Atrium Enhance Natural Ventilation . *Proceedings 21st AIVC Annual Conference*, "Innovations in Ventilation Technology.
- [7] Ahmed ,Q. A.(2013). Energy Performance of Courtyard and Atrium in Different Climates. *Research Methodologies*, K14RMS.
- [8] Moosavin, L. , Mahyuddin, N., AbGhafar ,N., & Azzam ,M. I.(2014). Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation effective designs. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.(34), 654-670.
- [9] Wanga, X., Huang, C. ,& Cao ,W.(2009). Mathematical modeling and experimental study on vertical temperature distribution of hybrid ventilation in an atrium building. *Energy and Buildings* .(41), 907-914.