



Etude des performances d'une centrale de rafraîchissement solaire par dessiccation pour des climats chauds et semi-arides

Nabil LABED*, Patrice JOUBERT, Michel BURLLOT**

*Université Larbi Benm'hidi, Oum-El-Bouaghi, Algérie, ** LaSIE, Université de La Rochelle
nabil_lab@yahoo.fr, patrice.joubert@univ-lr.fr, michel.burlot@univ-lr.fr

Résumé : Si la technique de traitement d'air par dessiccation et régénération solaire fait l'objet de nombreuses recherches, peu d'études se sont intéressées à des régions à fort ensoleillement avec des climats semi-arides. On présente ici les résultats expérimentaux obtenus sur une centrale de rafraîchissement solaire de l'air par dessiccation, de taille réelle et dans des conditions proches de climats semi-arides. Les protocoles d'essais mis en place consistent à imposer des conditions contrôlées pour l'air de process en entrée de la roue dessiccante ainsi que du côté régénération, pour caractériser le potentiel de dessiccation en fonction de la température de régénération, et la capacité de la centrale à assurer des conditions de soufflage satisfaisantes. Plusieurs séries de mesures ont été réalisées en faisant varier les températures de process et de régénération, avec des résultats encourageants. La roue dessiccante a toujours permis d'assécher l'air, créant ainsi un potentiel de rafraîchissement conséquent. Ces résultats sont promoteurs quant à la pertinence de cette technique pour ces climats austères tels que ceux rencontrés dans le nord de l'Algérie.

Mots clés : Rafraîchissement, air humide, dessiccation, caractérisation expérimentale, régénération par énergie solaire.

1. Introduction

Le traitement de l'air par dessiccation est un procédé de refroidissement alternatif potentiel en raison de sa capacité à utiliser l'énergie disponible et à appliquer le processus de déshumidification et de sorption naturelle (Enteria et Mizutani, 2010). Des efforts de recherche sont actuellement menés dans plusieurs régions du monde pour tester l'applicabilité de ce type de système avec différentes conceptions et méthodes.

En Asie de l'est, avec un climat tropical, ce type de technique constitue un système alternatif potentiel (Hirunbalabh et al., 2007, Enteria et al., 2010-2012[1][2], Fong et al. 2010[3]). Ces auteurs ont en outre montré que le système de refroidissement solaire par dessiccation est un système viable dans différents climats de la région Asie-Pacifique tant que le dimensionnement et les spécifications seront déterminés. Pour un climat subtropical, Beniyounes et al. ont également publié une étude, 2012 [4] alors que Heidarinejad et al., 2011[5] ont effectué une recherche comparative avec une machine conventionnelle pour différents climats. Join et al., 1995[6], ont déjà testé cette technologie sur les climats chauds et humides. Pour le climat méditerranéen, Beccali et al (2012) [7] ont présenté un système spécialement conçu pour les charges d'humidité élevées et des conditions météorologiques typiques. L'économie d'énergie est d'environ 50% par rapport à une centrale de traitement d'air classique.

Dans les pays du Maghreb, la consommation énergétique des bâtiments augmente considérablement à cause de l'accroissement significatif de la population, du développement économique rapide et de l'urbanisation galopante. Ceci conduit à une forte demande en énergie pour un meilleur confort thermique avec en conséquence des problèmes liés à des ressources énergétiques limitées. La technique de refroidissement de l'air par dessiccation peut être une alternative sérieuse, en particulier dans cette région à fort potentiel solaire et dans des conditions climatiques semi-arides. Cette solution est particulièrement intéressante car les exigences de refroidissement coïncident habituellement avec la disponibilité du rayonnement solaire.

Nous présentons ici les résultats d'une étude expérimentale sur le potentiel de rafraîchissement et de performance d'un système de refroidissement par dessiccation soumis à des climats chauds et semi-arides. L'installation d'essai, basée au LaSIE (Université de La Rochelle), a déjà fait l'objet de plusieurs travaux expérimentaux [8][9][10]. Si pour les régions tempérées, la Centrale de Traitement de l'Air par dessiccation et

régénération solaire semble capable d'atteindre un niveau de confort suffisant [11], la question est d'évaluer expérimentalement l'applicabilité de ce type d'installation pour les climats très chauds et ensoleillés.

2. Présentation de l'installation

La Centrale de Traitement de l'Air (CTA) par dessiccation et régénération solaire, basée au LaSIE de l'Université de La Rochelle, est de taille réelle (débit de 3200 m³/h) et a déjà fait l'objet de nombreux travaux. Son couplage, en amont à une centrale de prétraitement d'air et en aval à une batterie de chauffage électrique de simulation de la charge thermique, permet de réaliser des essais dans des conditions diverses et variées. La partie captation, stockage et utilisation de l'énergie solaire est aussi intéressante. On peut, en outre, l'utiliser pour étudier le potentiel de refroidissement et l'impact des conditions climatiques sur la performance de ce type d'installation.

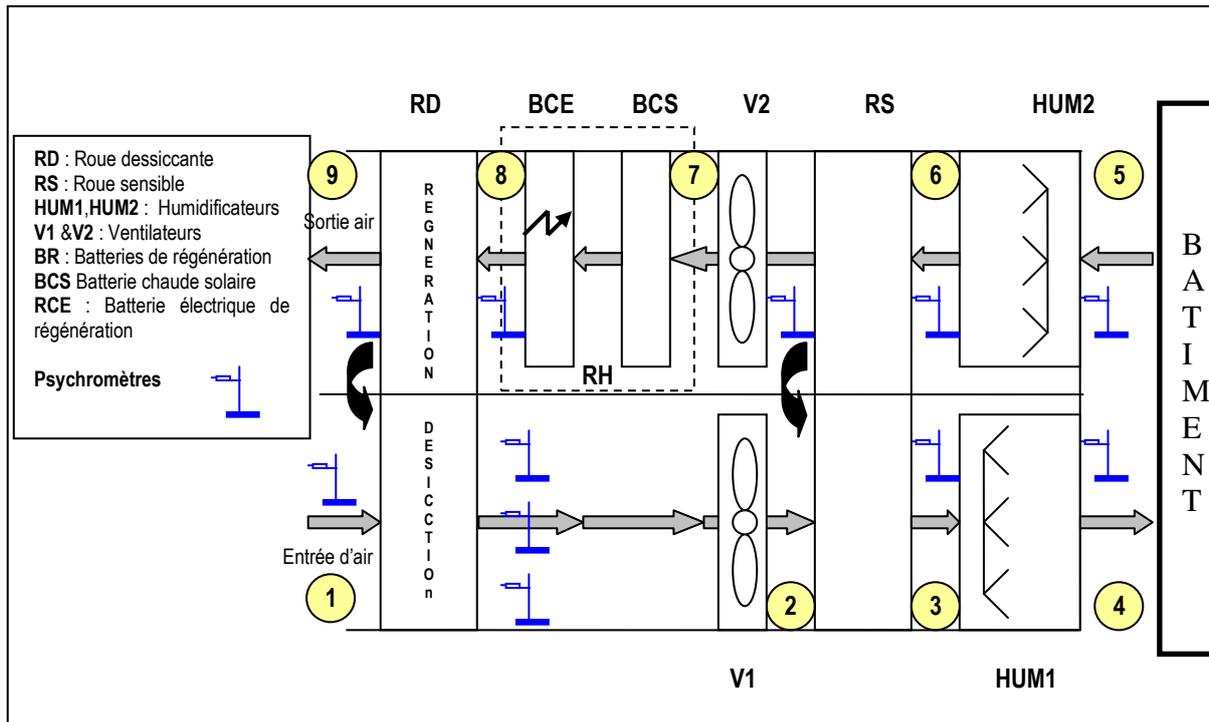


Figure 1 : Schéma de principe de la centrale de traitement de l'air par dessiccation

L'air d'admission ① (frais ou recyclé) traverse la partie inférieure de la roue dessiccante "RD" où il est déshumidifié à enthalpie constante ②. Sa température étant sensiblement augmentée, l'air est ensuite refroidi par la roue sensible RS ③. L'air sec est ensuite refroidi et humidifié par humidification adiabatique pour atteindre les conditions de soufflage requises ④. Il subit ensuite un réchauffage à son passage par la batterie chaude de simulation de charge enthalpique du bâtiment (point ⑤) avant son retour vers le bloc supérieur de la Centrale. Il va subir respectivement, une humidification isenthalpique ⑥ puis un échauffement dans la RS ⑦. Il est ensuite chauffé ⑧ par la batterie solaire (ou la batterie chaude électrique le cas échéant), pour permettre la régénération de la RD avant d'être finalement rejeté vers l'extérieur ⑨. Un logiciel dédié permet de contrôler manuellement ou automatiquement le fonctionnement de chaque élément de l'installation.

Une unité de traitement d'air classique est couplée en amont à la CTA à dessiccation. Si les conditions extérieures ne sont pas satisfaisantes pour l'étude, elle est mise en marche pour réaliser des conditions requises pour notre étude. Des capteurs de température et l'humidité, contrôlés par un ordinateur, sont placés à sa sortie et permettent la régulation automatique de la température et l'humidité de l'air sortant.

Le circuit solaire utilisé pour la régénération est composé de deux parties. La première comprend des tubes solaires sous vide et un circuit alimentant un échangeur de chaleur à plaques. La seconde comprend un stock thermique de 2750 litres qui permet d'alimenter en eau chaude la batterie de régénération de la CTA à dessiccation. La régulation du circuit solaire est assurée par des contrôleurs qui ont un double rôle de protection de l'installation et d'optimisation de la gestion du stock d'eau chaude solaire. Un système de traitement de l'eau alimentant les humidificateurs fait partie également de l'installation.

Une description plus détaillée de l'installation est disponible [7].

3. Caractérisation de la roue dessiccante RD aux conditions des climats chauds et semi-arides

Pour arriver à caractériser la centrale à dessiccation, nous avons effectué des essais en forçant le fonctionnement de certains éléments hors des consignes définies pour un fonctionnement normal. Le but, bien sûr, est d'en définir les caractéristiques et de les isoler de l'influence des autres éléments. Bien évidemment, la principale composante est la roue dessiccante RD. Des protocoles précis ont été définis pour ces essais. Le but final étant la vérification de la capacité de cette installation à assurer des conditions de confort satisfaisantes pour le type de climat étudié.

Il s'agit d'imposer des conditions précises à l'entrée de la RD du côté dessiccation : point ① (t_1, X_1) et du côté régénération : point ⑧ (t_8, X_8), pour en déduire l'influence sur le potentiel de dessiccation : $\Delta X = X_1 - X_2$ de la RD. Deux variantes ont été retenues pour le point ⑧ : ($55^\circ\text{C}, 10\text{g/kg}_{\text{as}}$ et $75^\circ\text{C}, 15\text{g/kg}_{\text{as}}$) alors que pour le point ① quatre conditions ont été sélectionnées.

Pour aller du point ① au point ⑧, nous avons opté pour une humidification suivie d'un réchauffage puis une seconde humidification suivie d'un réchauffage dans la batterie chaude électrique (figure 2).

Il faut noter que les résultats présentés ici sont le fruit d'un nombre important d'essais et qu'ils ont été obtenus en régime établi, ce qui nécessite jusqu'à 3 heures de manipulation pour chaque mesure. Nous avons également fait varier l'ordre de succession des protocoles afin de confirmer la reproductibilité des résultats.

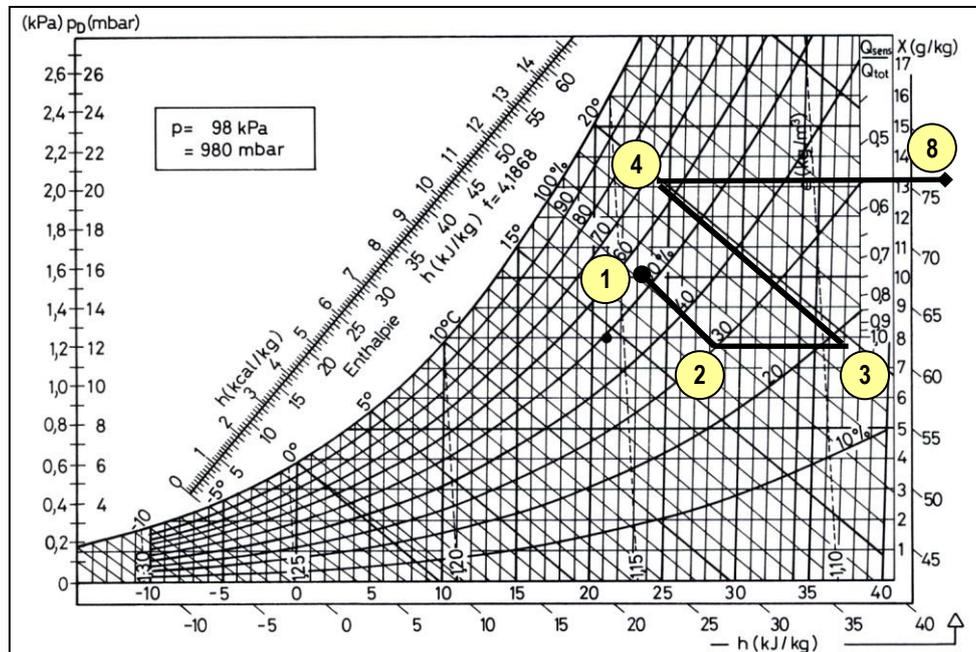


Figure 2 : Exemple de représentation sur le diagramme psychrométrique

Pour le point ①, la régulation de t et ϕ à la sortie de la CTA de prétraitement permet d'atteindre rapidement les conditions requises. Pour le point ⑧, le réglage de l'humidificateur et des puissances de chauffe est manuel et peut nécessiter beaucoup de temps et de doigté.

3.1. Protocoles de Bourdoukan

Comme l'installation était à l'arrêt depuis quelque temps, nous avons commencé nos manipulations par la reprise des protocoles expérimentaux réalisés par Bourdoukan [11] afin de vérifier l'état de la CTA par rapport à une perte de performance éventuelle.

Nos résultats (tableau 1) montrent clairement que la performance de la CTA s'est légèrement dégradée puisque le taux de dessiccation mesuré est, en général, plus bas que celui obtenu par Bourdoukan. L'écart maximal est obtenu pour la troisième variante du protocole 3 alors que le plus faible a été obtenu pour la deuxième variante du protocole 2.

Tableau 1 : Résultats de caractérisation de la RD suivant les protocoles de Bourdoukan [11]

Protocole	Entrée d'air		Régénération		Dessiccation		Différence [g/kg _{as}]
	t ₁ [°C]	X ₁ [g/kg _{as}]	t ₈ [°C]	X ₈ [g/kg _{as}]	(X ₁ -X ₂)* [g/kg _{as}]	(X ₁ -X ₂)** [g/kg _{as}]	
1	25,73	11,58	55,02	10,15	3,56	4,80	-1,24
			54,43	14,93	3,16	3,60	-0,44
			73,07	10,38	6,56	6,80	-0,24
			75,21	15,02	5,51	5,80	-0,29
2	25,17	14,24	55,12	10,26	4,80	5,40	-0,60
			55,34	14,85	4,19	4,30	-0,11
			75,22	10,13	6,69	8,00	-1,31
			75,95	15,03	7,09	7,00	0,09
3	34,92	11,03	55,04	10,26	2,29	2,90	-0,61
			54,84	14,81	1,16	1,70	-0,54
			75,48	9,98	3,09	5,20	-2,11
			74,88	15,31	2,31	4,10	-1,79
4	35,07	14,28	54,78	11,55	3,96	4,10	-0,14
			54,18	14,93	3,31	2,95	0,36
			74,83	10,72	6,48	6,70	-0,22
			74,88	14,81	5,82	5,60	0,22
4	35,07	14,28	54,59	10,76	3,63	4,10	-0,47

- * : résultats dans le cadre de cette étude
- ** : résultats obtenus par Bourdoukan

Comme on pouvait le prévoir, la logique est respectée puisque la RD prélève plus d'humidité à l'air si celle-ci est élevée au départ et si la température de régénération est importante. La valeur maximale obtenue est de $\Delta X = 7,09$ g/kg_{as} et la valeur minimale est de $\Delta X = 1,16$ g/kg_{as}. Les valeurs présentes sur le tableau 2 ont été calculées comme des moyennes de températures et d'humidité après établissement du régime de mesure.

3.2. Protocoles spécifique aux climats chauds et semi-arides

Afin de vérifier l'applicabilité de ce type de CTA aux climats chauds et semi-arides, nous avons procédé à l'établissement de protocoles expérimentaux spécifiques sur la base de ceux cités plus haut.

Si l'obtention d'une température élevée de l'air est assez aisée grâce à la CTA de prétraitement, l'obtention d'une faible humidité absolue était problématique. Les conditions climatiques de la ville de La Rochelle, même en plein été, ont été souvent défavorables et l'humidité est restée souvent trop forte pour réaliser des essais concluants ($X_{ext} \geq 11$ g/kg_{as}). Malgré tout, nous avons eu pendant quelques jours des conditions favorables à notre étude.

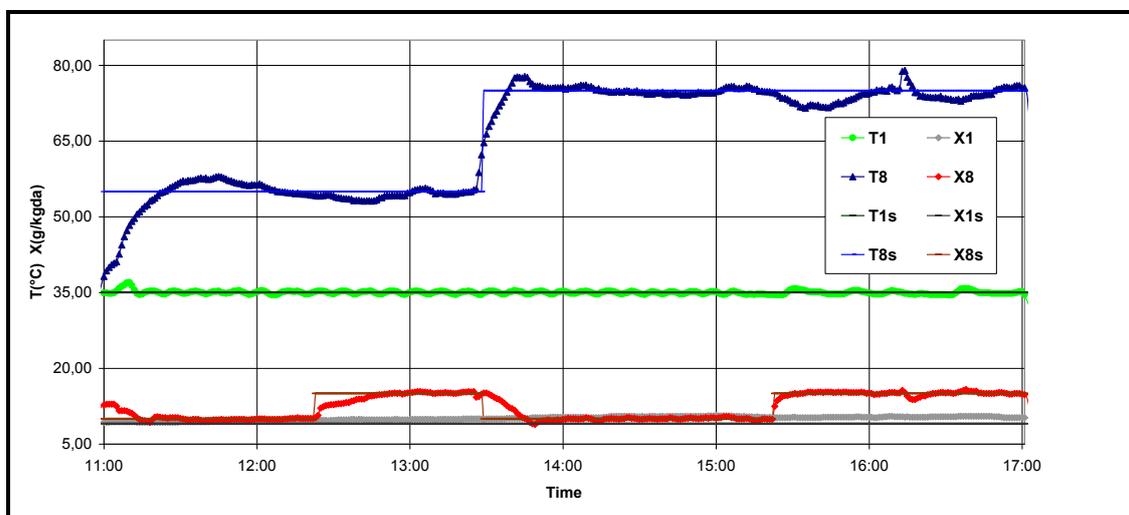


Figure 3 : Déroulement du Protocole II. s : valeur de consigne

La multiplication des manipulations avec les conditions imposées nous a permis d'obtenir une bonne reproductibilité des expériences. Cela donne une différence maximale de moins de 1g/kg_{as} sur la partie process (séchage) de la RD.

Le protocole commence par la mise en marche de la CTA de prétraitement afin de fixer les conditions d'entrée de l'air ($T_{1\text{moy}}=37,30^{\circ}\text{C}$, $X_{1\text{moy}}=9,07\text{g/kg}_{\text{as}}$). La centrale à dessiccation est ensuite sollicitée, à travers son programme de pilotage et manuellement, pour fixer les conditions de régénération suivant le processus décrit sur la figure 2. Comme présenté sur la figure 3, les protocoles se suivent en recherchant à chaque fois un régime stationnaire.

Les performances de la RD sont calculées par différentes efficacités [12], [13] :

$$\eta_{\varphi} = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{\varphi_1 - \varphi_8} \quad (1)$$

$$\eta_H = \frac{H_1 - H_2}{H_1 - H_8} \quad (2)$$

$$\eta_X = \frac{X_1 - X_2}{X_1 - X_8} \quad (3)$$

En dehors de quelques valeurs singulières (Tableau 2), les efficacités η_{φ} et η_H restent relativement raisonnables : $\eta_{\varphi} \in [0,44 - 0,89]$, $\eta_H \in [0,16 - 0,50]$. Elles sont tout à fait comparables à celles calculées par [9].

η_X fluctue considérablement et présente souvent des valeurs négatives (valeurs en rouge sur le tableau). La troisième variante du protocole III, par exemple, peut refléter la nature instable de la dessiccation par le RD et son non uniformité sur l'ensemble de la surface d'échange. La fréquence de l'acquisition des mesures (1 minute) est peut être trop petite pour représenter le phénomène de façon exploitable.

Tableau 2 : Résultats de caractérisation de la RD pour les climats chauds et semi-arides

Protocole	Entrée d'air		Régénération		Dessiccation $\Delta X = X_{\text{①}} - X_{\text{②}}$ g/kg _{as}	Efficacité		
	$t_{\text{①}}$ °C	$X_{\text{①}}$ g/kg _{as}	$t_{\text{②}}$ °C	$X_{\text{②}}$ g/kg _{as}		η_{φ}	η_H	η_X
I	37,35	8,24	54,55	10,23	1,12	0.44	0.31	0.21
2			55,54	14,79	0,87	0.00	0.18	0.21
3			76,18	6,28	3,63	0.57	0.46	-0.31
4			74,75	10,13	3,43	0.49	0.36	0.59
5			75,10	15,01	2,87	0.47	0.31	0.21
II	37,23	9,07	54,10	10,56	0,90	0.58	0.05	0.10
2			52,88	15,14	-0,67	-0,33	-0,13	0.18
3			74,64	10,24	2,96	0.69	0.09	-0.35
4			75,00	15,11	1,89	0.88	0.50	0.96
III	37,30	9,48	54,79	10,15	1,82	0.86	0.16	-1.81
2			54,82	15,24	0,61	0.74	0.09	-0.11
3			74,98	9,74	3,41	0.84	0.15	-16.73
4			74,97	15,14	2,46	0.79	0.11	-0.48
IV	24,99	8,58	55,18	9,99	4,04	0.88	0.22	-1.51
2			55,80	13,54	2,39	0.60	0.12	-0.19
3			77,65	7,508	3,22	0.87	0.24	3.21
4			75,11	14,94	4,66	0.80	0.16	-0.29

Pour une température d'entrée d'air relativement élevée (35-37 ° C) avec une faible humidité, le taux de séchage est relativement faible et ne dépasse pas 3,63 g/kg_{as} (protocole I.3). Si la température de régénération est trop basse (53 °C pour le protocole III), la RD humidifie l'air au lieu de le sécher.

Nous pouvons affirmer que ces protocoles spécifiques aux conditions de cette étude confirment les résultats précédents sur les capacités de la RD. Ils montrent en particulier que la RD est capable de sécher l'air même si son humidité initiale est faible, et donc, en théorie, d'augmenter le potentiel d'humidification et de refroidissement. Aux faibles humidités, il est impératif de garantir des températures de régénération suffisamment élevées pour obtenir un taux raisonnable de dessiccation.

4. Etude de la CTA avec les conditions de climats chauds et semi-arides

4.1. Présentation

Pour les climats tempérés et assez humides comme c'est le cas de la ville de La Rochelle, ($X_{\text{moy}} > 10 \text{ g/kg}_{\text{as}}$), la CTA à dessiccation est une technique adaptée pour obtenir un confort satisfaisant dans les bâtiments [8][11]. Nous avons entrepris une campagne de mesure afin de tester expérimentalement la viabilité de cette technique dans des climats chauds et semi-arides. Ce sujet a déjà fait l'objet de travaux antérieurs pour fixer l'applicabilité de ce type d'installation et ses limites [10][14].

Les essais se sont déroulés sur deux jours en continu. L'humidité était faible ($X \sim 6 \text{ g/kg}_{\text{as}}$) et l'utilisation de la CTA de prétraitement nous a permis d'obtenir des températures élevées de l'air à l'entrée de la CTA à dessiccation ($T_1 = 37^\circ\text{C}$) et donc des conditions typiques des climats chauds et semi-arides. L'ensemble des éléments de la CTA a été mis en contribution selon le processus de traitement décrit dans [10].

Deux types de mesures ont été réalisés. Le premier jour, l'ensoleillement été excellent (figures 4 et 5) ce qui nous a permis d'utiliser la BCS pour la régénération. La température T_8 était donc variable dans le temps. Le lendemain, c'est la BCE qui a été sollicitée avec des températures de régénération très élevées et constantes (figure 6). Nous avons donc pu tester l'influence de cette condition sur l'efficacité de régénération de la RD.

4.2. Résultats de mesures

Grâce à une régulation efficace de la CTA de prétraitement, nous avons conservé la température $T_1 = 37^\circ\text{C}$ constante à l'entrée de la CTA. L'humidité n'est pas régulée mais elle est restée relativement faible : $X_1 = 4.7 \sim 6.5 \text{ g/kg}_{\text{as}}$. Ces conditions sont encore plus sévères que celles des journées chaudes du nord algérien.

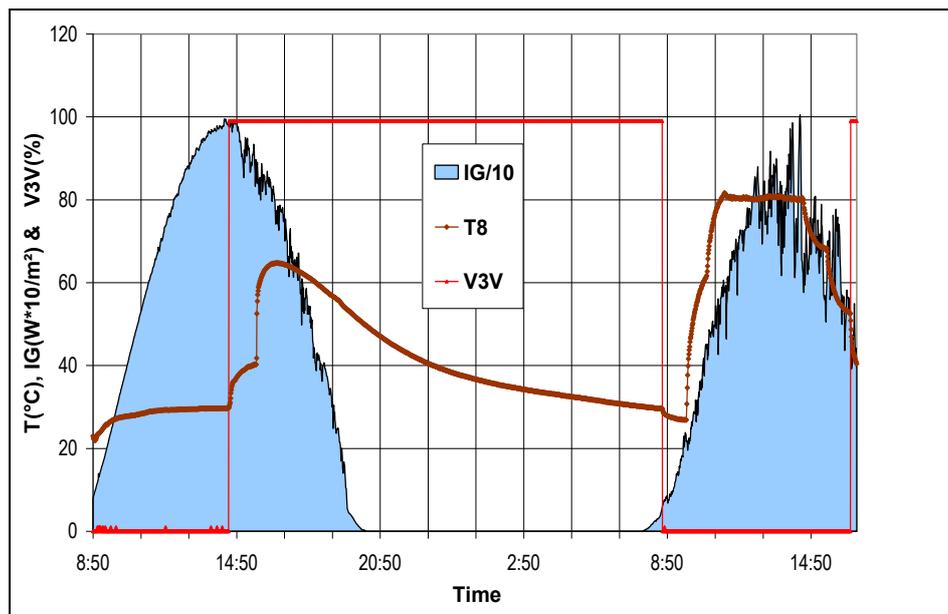


Figure 4 : Evolution du flux solaire I_G , de la température de régénération T_8 et de l'ouverture de la vanne V3V durant les 2 jours de manipulation

Durant le premier jour (figure 5), la température T_8 a atteint 65°C avant l'ouverture de la vanne V3V et le début de la régénération. Elle a ensuite baissé modérément. Nous avons obtenu une température de soufflage de l'ordre de $T_4 \approx 18^\circ\text{C}$ ce qui est remarquable pour ce type d'installation. La RD réussit dans ces conditions à soustraire jusqu'à $1,7 \text{ g}$ d'eau par kg d'air sec malgré la faible humidité de l'air d'entrée.

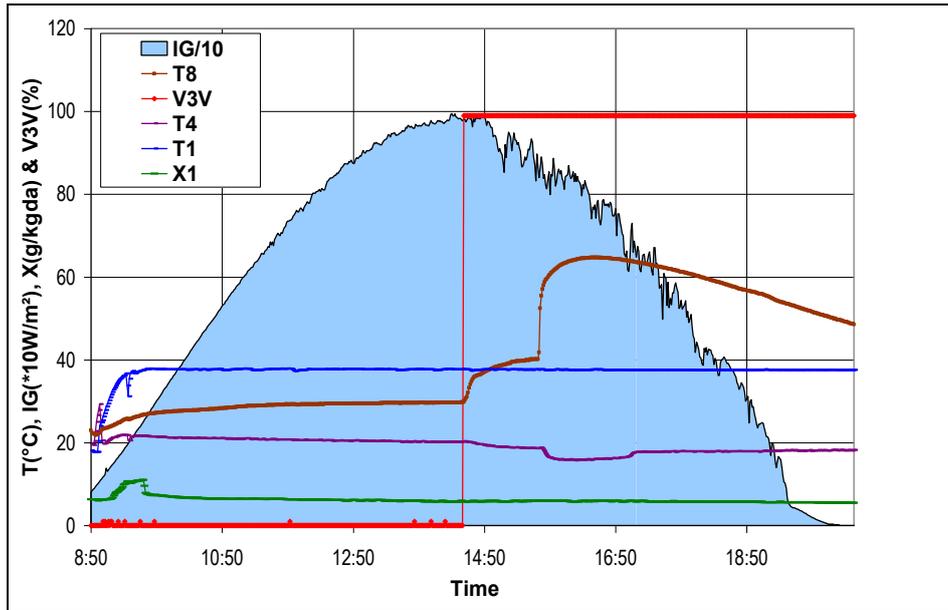


Figure 5 : 1^{er} jour de manipulation avec utilisation de la BCS pour la régénération

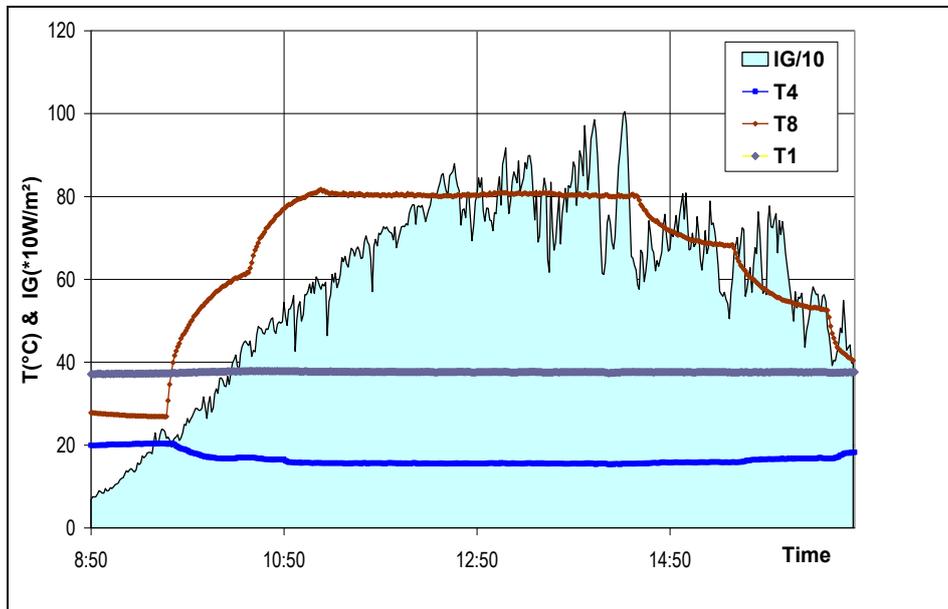


Figure 6 : 2^{ème} jour de manipulation avec utilisation de la BCE pour la régénération

Pour le deuxième jour (figure 6), T_8 a été fixée à une valeur élevée et constante (80°C). On voit clairement que la dessiccation est quasi-constante dans le temps avec une valeur moyenne de $\Delta X = 1,5 \text{ g/kg}_{\text{as}}$ malgré un air d'entrée déjà sec ($X_1 = 5 \text{ g/kg}_{\text{as}}$). Pour une température $T_8 = 70^\circ\text{C}$, la capacité de séchage de la RD baisse à $\Delta X = 0,7 \text{ g/kg}_{\text{as}}$. Pour le soufflage de l'air, on a obtenu une température $T_4 \approx 16^\circ\text{C}$ malgré une température d'entrée de l'air de $T_1 = 37^\circ\text{C}$ ce qui est suffisant pour réaliser des conditions de confort thermique dans un climat chaud.

4.3. Analyse des résultats

La figure 7 montre clairement l'influence de la température de régénération T_8 sur la température T_4 de soufflage de l'air dans le bâtiment. Plus T_8 est élevée, plus la température de soufflage T_4 est basse.

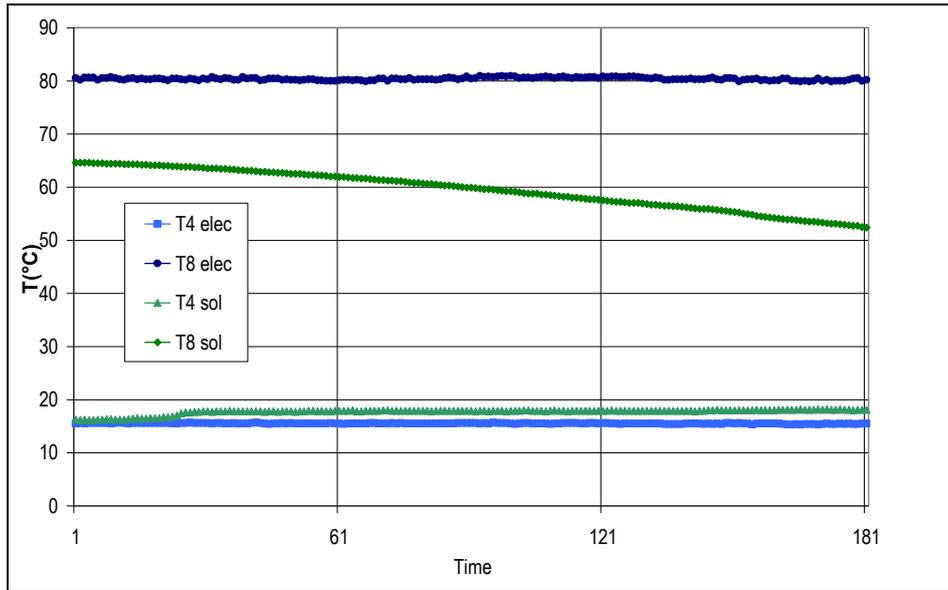


Figure 7 : Comparaison entre les températures de soufflage de l'air obtenues pour une régénération solaire et électrique

Dans la BCS, la décroissance de la température est due au puisage de l'eau chaude dans le stock et l'insuffisance de l'apport par ensoleillement pour le réchauffer. Nous avons cependant réussi à obtenir une température de soufflage $T_4=18^\circ\text{C}$. Comme attendu, la BCE, avec une température élevée et stable dans le temps, donne de meilleurs résultats. Nous avons ainsi obtenu des conditions de soufflage de $\text{Q}(15,5^\circ\text{C}, 85\%)$, avec un air de reprise $\text{S}(25^\circ\text{C}, 42\%)$ et une charge sensible de 11,5 kW pour un débit d'air de $3200 \text{ m}^3/\text{h}$.

Il est enfin intéressant de souligner ici (figure 7) que l'augmentation de la température de régénération (65°C pour le solaire et 80°C pour l'électrique) n'a permis de diminuer la température de soufflage que d'environ 2°C . Ceci montre les limites d'utilisation de ce type de technique de rafraîchissement.

Plusieurs indicateurs d'efficacité peuvent être utilisés pour décrire la performance du système :

- Effet de refroidissement :

$$Q_{ref} = \dot{m}_s (h_5 - h_4) = \dot{m}_s \Delta h_{ref} \quad (4)$$

- Chaleur consommée par la régénération :

$$Q_{reg} = \dot{m}_{reg} (h_8 - h_7) = \dot{m}_s (h_8 - h_7) = \dot{m}_s \Delta h_{reg} \quad (5)$$

- Coefficient de performance thermique (COP_T) :

$$\text{COP}_T = \frac{Q_{ref}}{Q_{reg} + Q_{ev}} = \frac{\eta_{ch} \cdot \dot{m}_s \cdot \Delta h_c}{(\dot{m}_s \cdot \Delta h_{reg}) + Q_{ev}} \quad (6)$$

Dans notre cas, le débit massique de l'air de soufflage est le même que celui de la régénération. On peut supposer que $\eta_{BC} \approx 1$. L'énergie consommée pour l'évaporation peut être négligée par rapport à l'énergie totale. Le COP_T du système de refroidissement de la CTA peut alors être exprimé par :

$$\text{COP}_T = \frac{Q_{ref}}{Q_{reg}} = \frac{\rho_c \cdot \Delta h_{ref}}{\rho_{reg} \cdot \Delta h_{reg}} \quad (7)$$

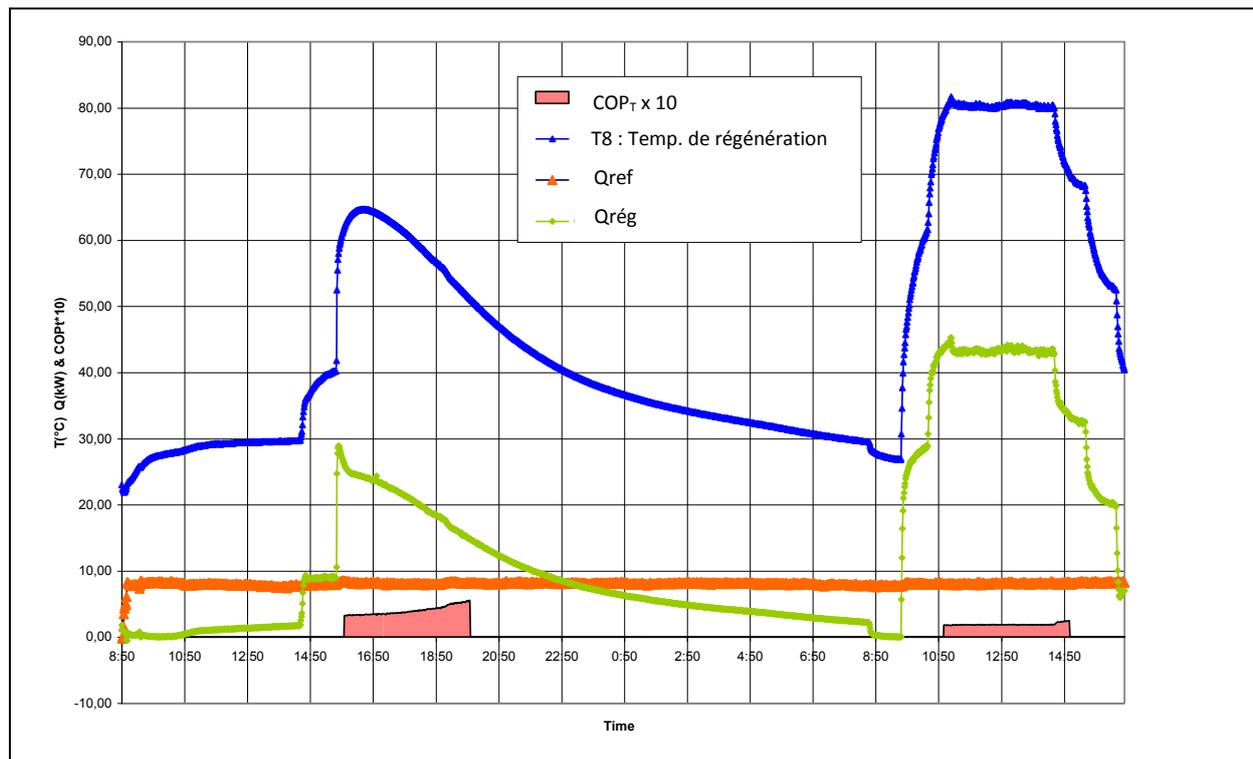


Figure 8 : Variation du COP_T durant les 2 jours de manipulation

Le premier jour, pendant la phase où la régénération est active (vanne V3V ouverte), on obtient $COP_T \in [0,32 - 0,59]$. Pour une température de régénération $T_8=80^\circ\text{C}$, on obtient à peine $COP_T=0,19$. Le COP_T varie de manière inversement proportionnelle à l'augmentation de la température de régénération.

Malgré sa faible valeur, le coefficient de performance reste dans les limites de ce qu'on trouve généralement dans la littérature. Pour un système similaire, Beccali [7] trouve un $COP_{Tmoy} \sim 0,8$. Comparé à ceux des centrales utilisant des machines frigorifiques conventionnelles ($COP > 1,5$) ou à absorption ($COP \sim 0,5$) [15]. On peut dire que l'efficacité d'une machine utilisant « desiccant cooling » est certes moins importante, mais que cette technologie présente d'autres avantages comme l'emploi de l'eau comme frigorigène et le recours à une énergie renouvelable.

Conclusion

Les résultats positifs de cette étude expérimentale, menée dans des conditions contrôlées, ouvrent la voie à la réalisation d'une installation similaire dans la ville d'Oum-el-Bouaghi (nord de l'Algérie) et sera fonctionnelle dans des conditions réelles.

Lorsque la température de régénération est élevée, même avec une température extérieure de 37°C , nous avons obtenu une température de soufflage de 16°C ce qui peut créer des conditions de confort tout à fait acceptables. L'humidité relative de l'air soufflé reste quant à elle toujours à un niveau élevé ($\sim 80\%$), ce qui peut poser des problèmes de confort pour des locaux à fortes charges hydriques.

On peut estimer que pour les pays à climats chauds comme l'Algérie, le potentiel solaire sera suffisant pour obtenir une température de régénération de 80°C . L'optimisation de la gestion de l'eau chaude du stock solaire assurera la bonne alimentation de la BCS et allongera la durée de fonctionnement de l'installation. L'efficacité de la RD n'en sera que meilleure même à faible humidité.

Une simulation numérique de la partie solaire de l'installation (captation et stockage), avec les conditions climatiques du nord algérien, permettra de fixer les limites énergétiques.

Le coefficient de performance de l'installation reste faible comparé aux centrales classique mais cette technologie relativement récente présente d'autres avantages.

Nomenclature

BCE	Batterie chaude électrique		ϕ	Humidité relative de l'air	%
BCS	Batterie chaude solaire		Δ	Différence	
CTA	Centrale de traitement d'air		η	Efficacité	
h	Enthalpie massique	kJ/kg	ρ	Masse volumique	kg/m ³
I	Intensité du rayonnement solaire	W/m ²			
m	Débit massique	kg/s	as	Air sec	
RD	Roue dessiccante		ch	Chauffage	
RS	Roue sensible		ext	Air extérieur	
t	Température	°C	G	Global	
V3V	Vanne à trois voies		moy	Valeur moyenne	
X	Humidité absolue de l'air	g/kg _{as}	ref	Refroidissement	
			rég	Régénération	
			s	Soufflage	

Références

- [1] N. Enteria, H. Yoshino, A. Mochida, A. Satake, R. Yoshie, R. Takaki, H. Yonekura, T. Mitamura, Y. Tanaka, Performance of solar-desiccant cooling system with Silica-Gel (SiO₂) and Titanium Dioxide (TiO₂) desiccant wheel applied in East Asian climates, *Solar Energy* 86, 1261–1279, 2012.
- [2] N. Enteria, H. Yoshino, R. Takakia, H. Yonekurab, A. Satake, A. Mochida, *First and second law analyses of the developed solar-desiccant air-conditioning system (SDACS) operation during the summer day*, *Energy and Buildings* 60, 239–251, 2013.
- [3] K.F. Fong, T.T. Chow, C.K. Lee, Z. Lin, L.S. Chan, Advancement of solar desiccant cooling system for building use in subtropical Hong Kong, *Energy and Buildings* 42, 2386–2399, 2010.
- [4] A. M. Baniyounes, G. Liu, M.G. Rasul, M. M. K. Khan, Analysis of solar desiccant cooling system for an institutional building in subtropical Queensland, Australia, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 6423–643, 2012
- [5] G. Heidarinejad, H. Pashdarshahri, *Potential of a desiccant-evaporative cooling system performance in a multi-climate country*, *International Journal of Refrigeration* 34, 1251-1261, 2011.
- [6] S. Join, P. L. Dhar, S. C. Kaushik, *Evaluation of solid-desiccant-based evaporative cooling cycles for typical hot and humid climates*, *International Journal of Refrigeration*, Vol. 18, No. 5, 287-296, 1995.
- [7] M. Beccali, P. Finocchiaro, B. Nocke, Energy performance evaluation of a demo solar desiccant cooling system with heat recovery for the regeneration of the adsorption material, *Renewable Energy*, 44, 40-52, 2012
- [8] P. Bourdoukan, E. Wurtz, P. Joubert, Experimental investigation of a solar desiccant cooling installation, *Solar Energy*, vol. 83, pages 2059–2073, 2009
- [9] P. Bourdoukan, E. Wurtz, P. Joubert, Comparaison between the conventional and recirculation modes in desiccant cooling cycle and deriving critical efficiencies of components *Energy*, Vol. 35, Pages 1057-1067 2010
- [10] N. Labed, P. Joubert, M. Burlot, Etude expérimentale de l'évaluation du potentiel de rafraîchissement des bâtiments à l'aide d'une centrale de traitement d'air à dessiccation et régénération solaire pour les climats semi-arides, *Journées Internationales de Thermique*, Marrakech, 2013.
- [11] P. Bourdoukan, Etude numérique et expérimentale destinée à l'exploitation des techniques de rafraîchissement par dessiccation avec régénération par énergie solaire. *Thèse de Doctorat, Université de La Rochelle*, 2008.
- [12] C. R. Ruivo, A. Carrillo-Andrés, J. J. Costa, F. Dominguez-Munoz, A new approach to the effectiveness method for the simulation of desiccant wheels with variable inlet states and airflow rates, *Applied Thermal Engineering* 58, 670-678, 2013.
- [13] C. R. Ruivo, M. Goldsworthy, M. Intini, Interpolation method to predict the influence of inlet airflow states on desiccant wheel performance at low regeneration temperature, *Energy*, Vol. 68, Pages 765-772 2014
- [14] M. Zerouali, N. Labed, Etude de faisabilité d'une installation de rafraîchissement solaire par dessiccation avec des conditions climatiques algériennes. *2^{ème} Congrès de l'Ass. Marocaine de Thermique*, Casablanca, 2012.
- [15] A. Al-Alili, Y. Hwang, R. Radermacher, Review of solar air conditioning, *International journal of refrigeration* 39, 4-22, 2014