



Contribution à l'amélioration énergétique d'un séchoir solaire hybride utilisant l'appoint d'énergie par cellules photovoltaïques

Samira Chouicha^{#1}, Abdelghani Boubekri^{#2}, Djamel Mennouche^{#3}, Mohamed Hafed Berrbeuh^{#4}

[#]Laboratoire de développement des Energies Nouvelles et Renouvelables en Zones Arides (LENREZA), Université Kasdi Merbah

BP. 511, Route de Ghardaïa, 30000 RP Ouargla, ALGERIE

¹samira.chouicha@gmail.com

²abdelgh@gmail.com

³djamel_mennouche@yahoo.fr

⁴hafedberbeuh@yahoo.fr

Résumé- Cette étude a été menée dans le but d'économiser le maximum d'énergie dans les applications du séchage solaire et ce par le moyen d'apport de chaleur supplémentaire via l'utilisation des panneaux à cellules photovoltaïques. Les dattes de variété deglet-nour ont été choisies comme produit d'étude à intérêt technico économique confirmé. L'objectif principal de cette étude étant d'une part la contribution à l'amélioration du fonctionnement du système de séchage solaire hybride par l'utilisation d'un nombre variable de panneaux solaires pour l'alimentation de l'appoint et d'autre part prévoir l'influence des paramètres opératoires de séchage solaire hybride sur la qualité des dattes ramenée à un niveau commercialisable. Les courbes de séchage hybride avec utilisation d'un panneau, deux panneaux, trois panneaux, et quatre panneaux solaires ont été obtenues et commentées. Les durées de séchages respectives étaient de 16h, 12h, 8h et 5.5h. La qualité du produit traité a été évaluée par mesure de couleur (système L, a, b) utilisant un colorimètre Minolta CR400. Les conditions opératoires assurant un meilleur rapport (optimisation du nombre de panneaux solaires connectés /durée de traitement /qualité) ont été choisis par séchage hybride avec une vitesse de circulation de l'air de 0.8m/s pendant une durée de 6.5h

Mots clés-- séchage solaire hybride ; photovoltaïque ; dattes ; qualité.

I. INTRODUCTION

Malgré son énorme étendue et ses avantages en faveur de l'économie et l'environnement, l'énergie solaire reste peu exploitée dans les pays du sud notamment les pays africains. Parmi les applications locales intéressantes on peut considérer les traitements thermiques post-récolte du fruit dattier largement produit dans la région du sud algérien où le climat saharien aride offre un bon rayonnement solaire durant toute l'année [1]. Selon les données de la FAO on peut lire pour l'Algérie une production dattière importante oscillant autour

de 500,000 tonnes par an durant la dernière décennie pour plus de douze millions de palmiers dattiers et dont presque 50% est de la variété « Deglet-Nour » préférée sur le marché. Par cette production, l'Algérie a occupé le sixième rang mondial parmi les pays producteurs de dattes. S'agissant de la variété Deglet Nour, l'Algérie est classée comme le premier producteur mondial. Cette variété de datte, au goût très doux, juteuse et quasi-transparente, est très appréciée par les consommateurs aussi bien sur le marché national qu'international [2]. La variété « Deglet-Nour » est une datte propre aux pays maghrébins et est un fruit climatérique à maturation échelonné sur le même régime dont la production est assurée par une récolte dans l'année. Cette situation fait que le traitement post-récolte de ce fruit devient nécessaire afin de minimiser les pertes et éviter les accidents de conservation et stockage notamment par année pluvieuse ou par climat excessivement chaud.

Traditionnellement les dattes naturellement trop humides et les dattes sèches réhumidifiées étaient ramenées à l'humidité normale par exposition directe au soleil pendant quelques jours [2]. Actuellement en regardant les exigences du consommateur moderne le séchage solaire indirect serait plus convenable par le fait qu'il permet d'écourter le temps de séchage et de préserver la qualité du produit.

L'introduction des séchoirs solaires dans les pays en voie de développement peuvent réduire des pertes de récoltes et améliorer sensiblement, la qualité du produit sec comparé aux méthodes traditionnelles de séchage [3], [4]. Sur le plan comportement physique lié à la qualité du produit, le séchage solaire présente l'inconvénient que les paramètres d'opération (température, humidité relative et vitesse de l'air asséchant) ne sont pas constants ce qui pose un problème majeur quant à la prédiction des résultats attendus du traitement. Le présent travail consiste à exposer les résultats d'une étude expérimentale du



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



séchage solaire hybride des dattes Deglet-Nour triées parmi la catégorie sèche, dite communément « frezza ». La procédure de séchage s'est déroulée dans un séchoir solaire hybride à convection forcée fonctionnant en association avec un réseau photovoltaïque. L'objectif principal de cette étude étant d'une part la contribution à l'amélioration du fonctionnement du système par l'introduction des panneaux solaires photovoltaïques pour l'alimentation de l'appoint en essayant toutefois à rechercher des conditions opératoires à paramètres quasi-stables. La technique proposée consiste à mettre en œuvre des panneaux photovoltaïques actionnés différemment en nombre et durée afin d'alimentant des résistances électriques installées dans la chambre de séchage. D'autre part cette étude vise à prévoir l'influence des paramètres opératoires sur la qualité des dattes ramenées à un niveau commercialisable, particulièrement par détermination de l'état de couleur comparée à un échantillon référentiel de bonne qualité.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

A. Description du Système de Séchage

Dans cette étude nous avons utilisé un séchoir solaire indirect à convection forcée (figure 1) conçu et réalisé par l'équipe de conversion d'énergie du laboratoire LENREZA, auquel nous avons apporté quelques améliorations dont particulièrement la connexion du système avec des panneaux solaires photovoltaïques afin d'augmenter la température de la chambre de séchage. Les caractéristiques du panneau photovoltaïque utilisé sont :

- Puissance maximale: 75W
- Tension à puissance maximale : 17V
- Courant à puissance maximale : 4.4A

Les principaux éléments constitutifs sont

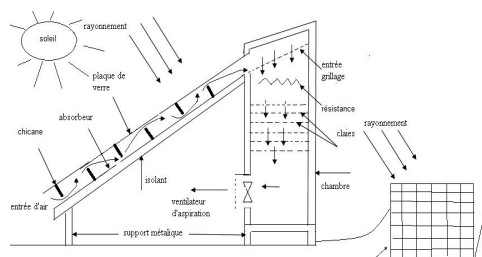


Figure 1 Schéma descriptif du système de séchage

a- Unité de production d'air chaud : constituée d'un capteur solaire plan à air à simple circulation et à simple vitrage, de surface 2.5 m² incliné de 31° (latitude de la ville de Ouargla, Algérie) par rapport au plan horizontal et orienté vers le sud. L'absorbeur, en tôle galvanisée, est peint en noir. L'isolation

thermique, d'épaisseur 50 mm, est faite en polystyrène et le vitrage est en verre ordinaire.

b- Chambre de séchage :

La chambre de séchage est de forme parallélépipédique de hauteur 1.60m, de longueur 0.7 m et de largeur 0,6 m. Les parois extérieures sont en tôle galvanisée avec une isolation interne en polystyrène. A l'entrée de la chambre de séchage sont placées des résistances électriques de puissance 1500 W pilotées par un thermostat. Un ventilateur d'aspiration de marque (KFA-30A) (vitesse 1400 tours/min, débit volumique 19,5 m³ / min) permet la circulation forcée de l'air avec un débit réglable. Une claie de forme rectangulaire en grillage galvanisé sert de support pour le produit à sécher.

B. Fonctionnement du Système

L'air frais provenant de l'ambiance extérieure est préalablement chauffé dans le capteur solaire ; le contact air absorbeur ainsi que le transfert convectif permet d'élever la température de l'air. Ce dernier arrive à l'entrée de la chambre de séchage et avant de traverser la claie, l'air est chauffé par une résistance électrique qui fournit, en cas de besoin, un appoint en énergie permettant d'assurer l'augmentation de la température de séchage. L'aspirateur aspire l'air de séchage qui traverse le produit et l'évacue vers l'extérieur.

C. Mesure effectuées

A l'aide du thermostat la température de séchage a été réglée pour chaque expérience mettant en œuvre 65°C, 60°C, 55°C, 50°C et 45°C.

L'étude expérimentale, entreprise sur ce séchoir, consistait en la mesure systématique

- du rayonnement global reçu sur le plan du capteur à l'aide d'un solarimètre à affichage numérique.
- des températures à l'aide des thermocouples de type K à l'entrée, à la sortie du capteur solaire, du milieu ambiant (extérieur), au niveau du produit à sécher et avant la claie portant le produit.
- de l'humidité relative à l'intérieur du séchoir solaire et du milieu extérieur à l'aide d'un hygromètre à affichage numérique connecté à un appareil de marque testo 645.
- des pesées du produit séché, à l'aide d'une balance de précision 0.01g, à intervalles de temps équidistants.

D. Matériel végétal

Les échantillons de dattes utilisés dans les essais sont de la variété Deglet-Nour récoltée au mois d'octobre 2009 dans les palmeraies de Ghardaïa. Le choix de cette variété se justifie par son abondance au niveau du marché national et sa qualité gustative appréciée par le consommateur. La préparation des échantillons avant les essais de séchage comprend trois étapes:



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



- (a) Un triage pour éliminer manuellement tous les fruits écrasés ou noircis, ce qui permet d'homogénéiser le lot définissant au mieux l'état initial du produit.
- (b) Une hydratation par trempage du produit dans un bain thermostaté contenant de l'eau distillée ($T=25^{\circ}\text{C}$) jusqu'à atteindre une teneur en eau approximativement égale à 0.5kg d'eau par kg de matière sèche.
- (c) Stockage du produit dans un endroit sec au froid de $+4^{\circ}\text{C}$ afin d'éviter toute réhydratation ou réactions des sucres.

E. Protocole expérimental

Le suivi de la perte de masse du produit au cours du séchage est assuré par des pesées effectuées à intervalles de temps réguliers de 30 minutes utilisant une balance de précision à 0.01g près. La durée de séchage étant le temps nécessaire pour sécher un produit jusqu'à atteindre la teneur en eau finale souhaitée, à une température inférieure ou égale à la température maximale tolérée par celui-ci. Pour la variété de dattes étudiée la teneur en eau finale est de 0,35 kg eau/kg de matière sèche qui représente l'humidité standard de stockage et de commercialisation de la dattes Deglet Nour [5], [6]. Les mesures de température, du rayonnement, et de la vitesse de l'air sont effectuées régulièrement chaque 30 minutes.

Le protocole expérimental consiste à réaliser quotidiennement le séchage du produit entre 9h et 17h soient huit heures de traitement en continu. A la fin de chaque journée le produit est emballé sous film plastique et stocké dans un endroit sec au froid de $+4^{\circ}\text{C}$ afin prévenir toute réhydratation. La manipulation est arrêtée lorsque la teneur en eau souhaitée est atteinte.

F. Série d'Expériences

Les échantillons préparés comme exposé ci-dessus sont introduits dans le séchoir solaire aux différents modes de fonctionnement selon les applications suivantes :

- ❖ La 1^{ère} application était consacrée pour l'étude du comportement du séchoir solaire sans produits en régime variable dans les deux cas de fonctionnement du système (sans et avec utilisation d'un apport supplémentaire d'énergie). Période de travail expérimental : 13/03/2011 à 28/04/2011
- ❖ La 2^{ème} partie de l'étude est basé sur l'amélioration de processus de séchage solaire en mode de fonctionnement alimenté via le réseau photovoltaïque.

Les essais présentés dans ce travail ont été effectués dans la période du 09/05/2011 au 13/06/2011 avec l'utilisation d'un nombre de panneaux d'ordre croissant (1 panneau solaire, 2 panneaux, 3 panneaux, 4 panneaux)

- ❖ Afin d'étudier l'influence du traitement thermique par séchage hybride sur l'amélioration de la qualité finale des dattes aux différentes conditions opératoires (1 panneau,

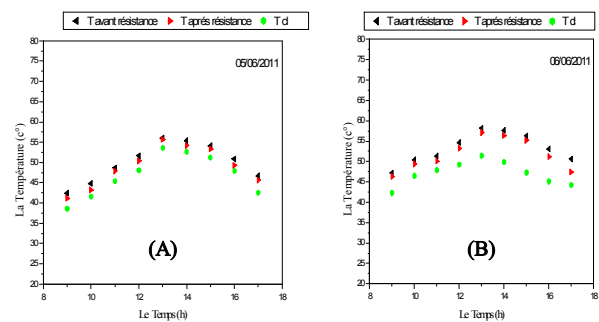
2 panneaux, 3 panneaux, 4 panneaux), nous avons évalué les paramètres de la couleur à l'aide d'un Colorimètre Minolta de type CR400:

III. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

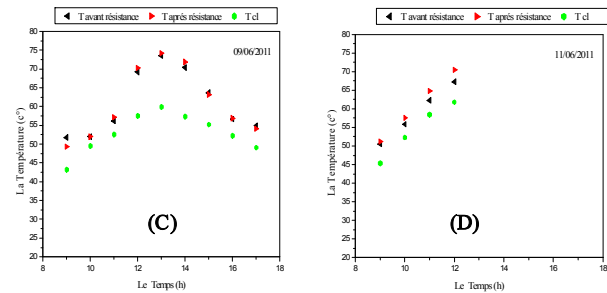
A. Séchage solaire hybride en régime variable (solaire, panneaux solaires)

1) Influence du nombre des panneaux associé sur la température de l'air asséchant au niveau de la chambre de séchage

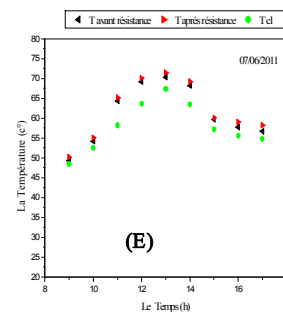
a. Association d'un seul panneau solaire



b. Association de deux panneaux en parallèle



c. Association de trois panneaux en parallèle



d. Association de quatre panneaux en parallèle



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012

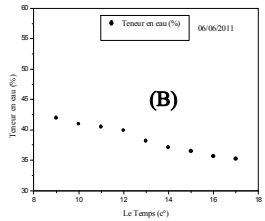
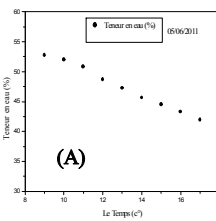
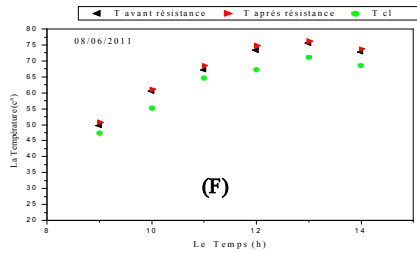


Figure 3 (A, B, C, D, E, F) Variations des températures en fonction du temps au niveau de la chambre de séchage

Sur la figure 3 nous avons représenté l'évolution des températures de l'air asséchant, près de la résistance, avant la claie et la température intérieure d'un échantillon de datte, en fonction du temps de séchage, pour les différentes expériences réalisées en fonction du nombre des panneaux solaires utilisés. On peut voir qu'après une augmentation rapide et continue de la température de l'air asséchant, la température du produit croît rapidement. L'élévation de la température peut être expliquée par l'augmentation de l'énergie thermique fournie par l'air de séchage en présence de l'appoint électrique qui sert à réchauffer la chambre de séchage

D'après les courbes, on constate qu'il existe un gradient de température qui devient de plus en plus faible au cours du temps jusqu'à la fin de l'opération du séchage.

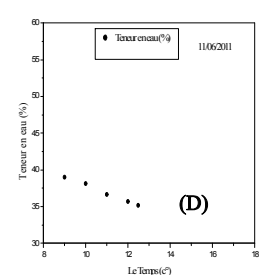
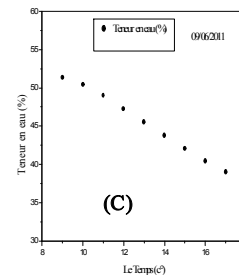
La température près de la résistance alimentée par les panneaux photovoltaïques croît avec l'augmentation du nombre de panneaux associé en parallèles, ce qui augmente l'intensité du courant électrique et par la suite l'augmentation de la température dans la chambre de séchage par effet joule. Cette augmentation influe sur la température de l'air asséchant avant la claie supportant le produit et par la suite sur l'élévation de la température de celui-ci.

Dans le cas d'utilisation d'un seul panneau solaire, la différence de température air/produit commence assez élevée (5-7°C) durant les deux premières journées de séchage mais cette différence diminue ensuite pour se stabiliser à environ 3°C. Cette évolution serait due au taux d'évaporation important au début du séchage, le produit étant encore riche en humidité.

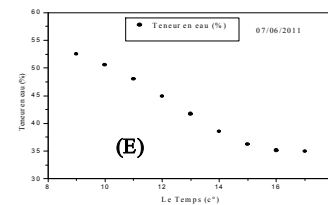
2) Variation de la teneur en eau en fonction du temps de séchage pour différentes conditions opératoires

a. Un seul panneau solaire

b. Deux panneaux solaires



c. Trois panneaux solaires



d. Quatre panneaux solaires

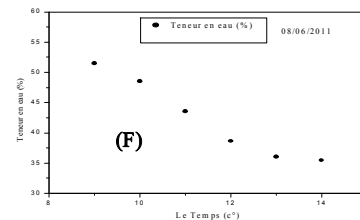


Figure 4 (A, B, C, D, E, F) : Variation de teneur en eau en fonction du temps

TABEAU 1 : VARIATION DE LA TENEUR EN EAU PENDANT LES DIFFERENTES CONDITIONS OPERATOIRES

	1 panneau solaire	2panneaux solaires	3panneaux solaires	4 panneaux solaires
X_i (kg eau / kg m.s)	0,53	0,51	0,52	0,51
X_f (kg eau / kg m.s)	0,35	0,35	0,34	0,34
Durée de séchage (H)	16	12	8	5,5



La figure 4 montre la variation de la teneur en eau en fonction du temps de séchage. Les variations de la teneur en eau initiale et finale pour les 4 conditions variables de séchage solaire sont données dans le tableau suivant 1.

La durée de séchage pour avoir une teneur en eau finale

$X_f = 0,35$ kg d'eau /kg de matière sèche, varie en fonction des conditions opératoires variables dans la chambre de séchage. En cas d'utilisation d'un seul panneau solaire, le temps de séchage pour atteindre la teneur en eau finale (standard) était de 16 heures. L'opération de séchage pour le premier et le deuxième jour est marquée par une diminution importante de la teneur en eau de (0.520 kg eau / kg m.s à 0.419 kg eau / kg m.s) et de (0.419 kg eau / kg m.s à 0.352 kg eau /kg m.s) respectivement; ce qui explique l'évaporation d'une grande quantité d'eau. Il a été remarqué que dans le cas d'utilisation de deux panneaux solaires, le temps de séchage des dattes humides était sensiblement réduit seulement 12 heures de traitement. Cette durée a été encore réduite pour atteindre 8h et 5.5h respectivement dans les cas de trois et quatre panneaux solaires montés en parallèle.

Ces constatations mènent à confirmer que l'évolution de la teneur en eau du produit dépend du nombre des panneaux associés. L'influence de la température de l'air paraît très logique dans les courbes de la figure 4. Cela peut être expliqué par l'augmentation de l'effet Joule dans la chambre qui sert à évaporer une quantité d'eau très importante d'une part et de l'accélération de la migration interne de l'eau d'autre part. Plus la température est élevée en fonction du nombre des panneaux connectés en parallèles plus le temps de séchage est réduit. Il est important de noter ici que l'élévation de la température de l'air, donc du produit, n'est pas toujours désirée mais elle doit être dans les limites de tolérées par la qualité du produit traité. Dans le cas de la variété de dattes étudiée, une élévation de température de l'air dépassant 65°C peut induire des phénomènes de noircissement et de caramélisation des sucres [6], [7].

3) Choix du nombre de panneaux adéquat

A Optimisation de la température de l'air asséchant en fonction du nombre de panneaux solaires utilisés

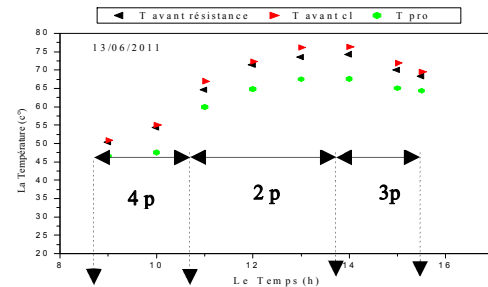


Figure 5 : Variation des températures en fonction du temps au niveau de la chambre de séchage

La figure 5 représente la variation de la température en fonction du temps au niveau de la chambre de séchage. L'expérience en question a été menée dans un sens de tentative de régulation « manuelle » de la température sur la journée de séchage. La technique utilisée consistait à varier le nombre de panneaux photovoltaïques connectés selon des paliers de température répartis sur la journée et selon le besoin en appoint thermique répondant aux tolérances du produit. Une meilleure lecture de la figure 5 est traduite sur le tableau 2. A titre de détail, nous pouvons lire sur ce tableau que :

-Pour avoir une température de l'ordre de 50.9 °C à 67°C, on utilise pratiquement 4 panneaux pendant deux heures de séchage (9 H à 11 H)

-Pour avoir une température de l'ordre de 60 °C à 65°C, on utilise pratiquement 3 panneaux pendant deux heures de séchage (11 H à 14 H)

-Pour avoir une température de l'ordre de 69°C à 76.4°C, on utilise pratiquement 2 panneaux pendant deux heures de séchage (14 H à 15.5H)

On peut donc constater que les limites maxi et mini de la température de l'air peuvent refléter des enthalpies spécifiques et donc des capacités évaporatoires acceptables dès le début jusqu'à la fin de l'opération de séchage. En outre la figure 5 montre qu'avec cette technique, aisée à pratiquer, la température du produit a pu conserver des valeurs dans la moyenne de 62°C ce qui permettrait d'éviter les risques d'altération de la qualité de cette variété de dattes traitées [1], [6].



Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et Renouvelables

The 2nd International Seminar on New and Renewable Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012



TABLEAU 2 INFLUENCE DU NOMBRE DES PANNEAUX SUR LA TEMPERATURE

Nombre de panneaux	4	2	3
Temps (heure locale)	9H--11H	11H--14H	14H--15H30
T _{air-min} (°C)	50.9	60	69
T _{air-max} (°C)	67	65	76.4

B. Optimisation du nombre de panneaux solaires en parallèle

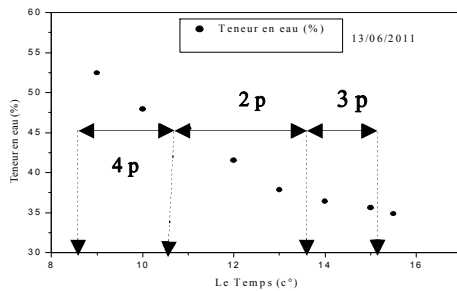


Figure 6 Variation de la teneur en eau en fonction du temps

La figure 6 montre la variation de la teneur en eau en fonction du temps par un essai d'optimisation de l'opération de séchage. L'utilisation d'un nombre de panneaux solaires différents influe sur la durée de traitement des dattes humides en fonction.

Le temps de séchage pour ramener le produit à la teneur en eau commerciale de 35% à base sèche est de 6.5 heures, Cette durée est limitée par le nombre des panneaux utilisés et répartis sur la journée selon le besoin. Il est à noter que cette durée inférieure à 8h présente l'avantage que l'on peut achever l'opération de séchage en continu dans une seule journée, évitant ainsi les problèmes de conservation nocturne imposés par un procédé discontinu.

TABLEAU 3 : INFLUENCE DU NOMBRE DES PANNEAUX SOLAIRES SUR LA TENEUR EN EAU

Le nombre des panneaux Utilisés	Variation de la teneur en eau (%)	
	X _{initiale}	X _{finale}
4 panneaux	52.46	45.53
2 panneaux	45.53	36.4
3 panneaux	36.4	34.85

On peut lire sur la figure 6 que :

-Avec l'utilisation de 4 panneaux solaires la variation de la teneur en eau est de (52.46% à 45.53 %) ; ce qui représente un taux d'évaporation de 6.93%

-Avec l'utilisation de 2 panneaux solaires la variation de la teneur en eau est de (45.53 % à 36.4%) ; ce qui représente un taux d'évaporation de 8.95%

-Avec l'utilisation de 3 panneaux solaires la variation de la teneur en eau est de (36.4% à 34.85 %) ; ce qui représente un taux d'évaporation de 1.55%

C. Influence du traitement thermique par séchage hybride sur l'amélioration de la qualité finale des dattes séchées

La quantification des changements de couleur des échantillons traités a été déterminée en utilisant un colorimètre Minolta CR-400 permettant l'acquisition des paramètres L , a , b , dans le système Hunter-Lab où L représente le paramètre d'échelle Noir/blanc, a le paramètre d'échelle rouge/vert et b le paramètre d'échelle jaune/bleu. Pour chaque prélèvement d'échantillon, les paramètres de couleur de la surface de cinq différentes dattes entières ont été mesurés (à raison de dix mesures par fruit) puis ramenés à une moyenne. Le changement de couleur global est alors exprimé par la quantité ΔE dite distance de couleur. ΔE est calculée en utilisant l'équation 1, où L_0 , a_0 et b_0 se rapportent aux valeurs de couleur mesurées pour un échantillon de quinze dattes de variété Deglet-Nour commercialisée au rang de premier choix.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta A^2 + \Delta B^2} \dots \dots \dots (1)$$

Afin d'évaluer l'effet du séchage sur le changement de couleur des dattes nous avons choisi d'utiliser la distance de couleur ΔE comme paramètre de distinction entre les différents états. Les mesures de référence étant les suivantes : $L_0=27.62$, $a_0=8.89$ et $b_0=9.36$. Le calcul de la distance de couleur ΔE a été fait sur la base des valeurs moyennes calculées par 10 mesures faites pour chaque échantillon. Plus ΔE est petit plus le produit s'approche de la meilleure qualité. Les valeurs de ΔE ainsi calculées sont données par la figure 7.

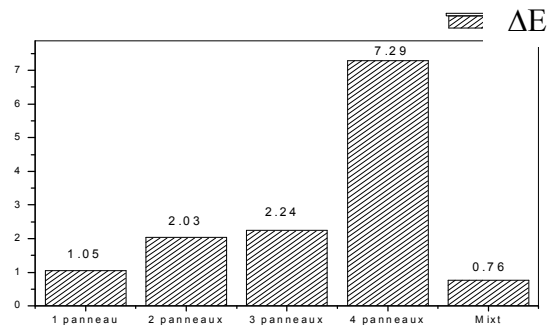


Figure 7: variation de l'indice de qualité pour différentes

Configurations de séchage

On remarque que cette variation de différence de couleur ΔE dépend de plusieurs paramètres notamment climatiques tels que les températures aux quels les échantillons sont



**Le 2^{ème} Séminaire International sur les Energies Nouvelles et
Renouvelables**
**The 2nd International Seminar on New and Renewable
Energies**

**Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,
Ghardaïa – Algérie 15, 16 et 17 Octobre 2012**



directement exposés, la température de l'air de séchage et la durée de l'opération. En effet la différence de couleur la plus grande $\Delta E = 7.29$ a été observée dans le cas de 4 Panneaux, chose probablement due à une élévation de température intolérable. Par ailleurs la plus petite valeur de différence $\Delta E = 0.76$ a été trouvée avec l'échantillon séché dans l'essai avec nombre variable des panneaux où nous avons enregistré une durée de séchage de 6.5h. Pour les cas de d'application de 2 et 3 panneaux, la distance de couleur était respectivement égale à $\Delta E = 2.03$ et $\Delta E = 2.24$ avec un temps de séchage moyen de un jour. De ce fait on peut conclure que le séchage solaire hybride des dattes avec variation des panneaux photovoltaïques selon le besoin d'appoint dans la journée pourrait être défini comme un état de traitement optimal qualité/durée de séchage.

Conclusion

Dans le présent travail nous avons procédé à l'étude expérimentale du séchage solaire hybride des dattes algériennes de variété Deglet Nour par convection forcée dans un séchoir solaire indirect utilisant une technique d'appoint énergétique via un chauffage par effet joule généré par des modules à cellules photovoltaïques connectés en parallèles. La méthode essayée a montré l'intérêt de renforcer les performances du séchoir solaire par un gain en énergie de la même source renouvelable à savoir économique et non polluante. D'autre part le cas d'application d'un nombre variable de panneaux a prouvé, du moins pour une première tentative, des résultats très satisfaisants tant sur le plan du temps de séchage que sur le plan qualité du produit fini. A l'issue des résultats obtenus dans cette étude on peut confirmer la possibilité d'aller vers une conception de séchoirs solaires régulés dont les paramètres de fonctionnement pourraient être constants.

RÉFÉRENCES

- [1] Barreveld W.H., 1993. Date palm products, FAO agricultural service bulletin n°101, Rome.
- [2] A. Boubekri, H. Benmoussa, D.Menouche, "Solar drying kinetics of date palm fruits assuming a step-wise air temperature change". Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 4, No. 3 pp.292 – 304, 2009
- [3] H. Iibert, C. Iaam. Produits du terroir méditerranéen : conditions d'émergence, d'efficacité et modes de gouvernance. Rapport. Institut de la méditerranée. Juin 2005
- [4] S, Hamdi, M,Hamdi, « Maturation artificielle et séchage des dattes Deglet Nour », Fruits, 465, pp.587-592, 1991
- [5] P. Duzez. Le séchage solaire à petite échelle des fruits et légumes : expériences et procédés. Edition du Gret. France (1999).

[6] A. Boubekri, H. Benmoussa, F. Courtois, C. Bonazzi, Influence of drying on Deglet Nour date quality. AFSIA, Biarritz, May 2007

[7] A. Belarbi, « Stabilisation par séchage et qualité de la datte Deglet Nour » Thèse de Doctorat de l'ENSIA, Massy, France, 2001