

<b>Zeitschrift:</b>	Technique agricole Suisse
<b>Herausgeber:</b>	Technique agricole Suisse
<b>Band:</b>	55 (1993)
<b>Heft:</b>	7
<b>Artikel:</b>	Séchage en grange avec capteur solaire - jour et nuit? : Réalisable du point de vue technique, problématique du point de vue économique
<b>Autor:</b>	Baumgartner, Jürg
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-1084772">https://doi.org/10.5169/seals-1084772</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 05.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Rapports FAT

Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural (FAT)

CH-8356 Tänikon TG

Tel. 052-62 31 31

## Séchage en grange avec capteur solaire – jour et nuit?

### Réalisable du point de vue technique, problématique du point de vue économique

Jürg Baumgartner, Station fédérale de recherches d'économie d'entreprise et de génie rural (FAT), CH-8356 Tänikon

Le séchage en grange risque de ne plus pouvoir se mettre au pas de la récolte du foin préfané qui devient de plus en plus performante. Il serait possible d'agrandir la surface du tas de foin pour augmenter la capacité de séchage, mais cela demanderait bien souvent des travaux de construction importants. On utilise donc de préférence un capteur solaire,

une pompe à chaleur ou un poêle à mazout.

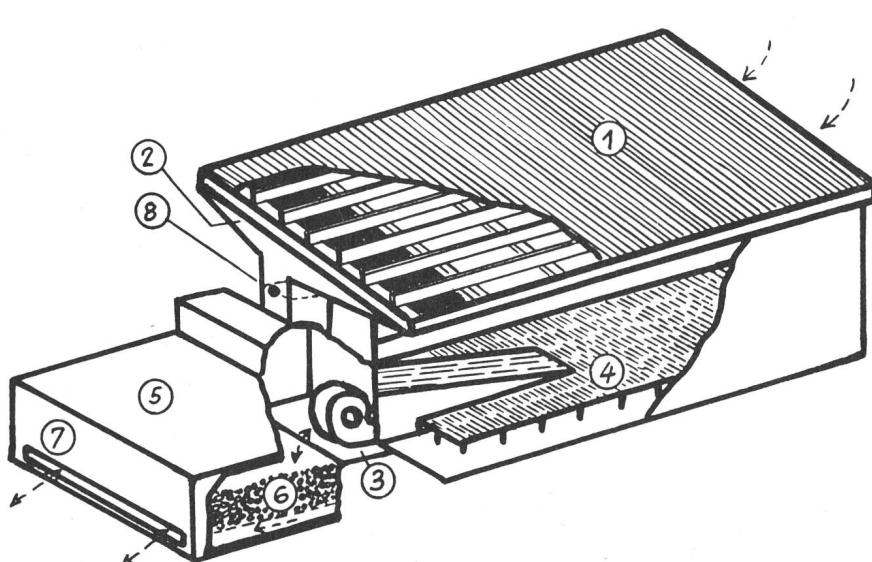
Les pompes à chaleur de déshumidification nécessitent une puissance nominale élevée et augmentent la consommation d'énergie électrique nécessaire au séchage du foin au moins du double (Rapport FAT no. 370). Les poêles à mazout consomment beaucoup de mazout, mais leur

rendement est peu élevé. Les deux systèmes permettent de sécher le foin 24 heures sur 24.

Dans une grange équipée d'un capteur solaire, la durée de ventilation peut aller jusqu'à douze heures par une journée de beau temps. Afin d'obtenir une capacité de séchage encore meilleure, il faut faire marcher l'installation aussi pendant la nuit. Il a été examiné dans quelle mesure un accumulateur de chaleur sous forme d'un lit de cailloux pouvait servir à cet effet.

Les résultats de l'essai montrent que l'énergie excédentaire du capteur solaire peut en effet être emmagasinée et utilisée pour le service de nuit.

Ce procédé est cependant peu économique puisque le chargement et le déchargement de l'accumulateur de chaleur exigent beaucoup de travail de réglage et de contrôle. Une installation automatisée occasionnerait d'autres frais supplémentaires.



- 1 = capteur solaire
- 2 = canal collecteur
- 3 = ventilateur principal
- 4 = grille

- 5 = accumulateur de chaleur
- 6 = lit de cailloux
- 7 = entrée/sortie d'air
- 8 = clapet à moteur

Fig. 1: Schéma d'une installation de ventilation du foin avec capteur solaire et accumulateur de chaleur.

Sommaire	Page
Problème	13
Accumulateur de chaleur	13
Résultats	15
Les buts ont-ils été atteints?	15
Besoins d'investissement	15
Conclusions	16

## Problème

Le soir, lorsque la rosée commence à tomber, l'humidité relative de l'air monte généralement à plus de 90%. Dans ces conditions, le foin ne sèche plus, au contraire: le foin déjà séché risque de se réhumidifier.

Pendant les journées de beau temps, la chaleur de l'air de séchage est absorbée par le foin entassé (matière sèche et eau liée). Le soir, cette énergie emmagasinée sert à chauffer l'air, ce qui réduit l'humidité relative. Grâce à ce processus, la durée de ventilation peut être prolongée d'une à trois heures, suivant le volume du tas, et cela sans aucun risque de réhumidification. Cette observation se confirme avant tout dans les granges équipées d'un capteur solaire.

Il était donc logique de construire un accumulateur de chaleur et d'emmageriser la chaleur excédentaire du capteur solaire afin de l'utiliser pour la ventilation du foin pendant la nuit. Les buts étaient les suivants:

- emmagasiner la chaleur excédentaire du capteur solaire;
- augmenter la capacité de séchage;
- réduire les pertes de conservation;
- profiter du courant de nuit bon marché.

## Accumulateur de chaleur

L'accumulateur de chaleur a été planifié et réalisé dans le cadre d'un travail de fin d'études (A. Elheggach, Stockage de la chaleur solaire, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Belgique).

Selon la littérature, il faut 0,15 à 0,25 m<sup>3</sup> de volume d'emmagerisage par m<sup>2</sup> de capteur solaire. La surface du capteur solaire étant de 96 m<sup>2</sup>, on a choisi 20 m<sup>3</sup> de cailloux pour emmagasiner la chaleur (= 0,21 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de capteur solaire).

## Données techniques et physiques de l'accumulateur de chaleur

Dimensions:

longueur: 5 m

largeur: 4 m

surface: 20 m<sup>2</sup>

hauteur: 1 m

Volume: 20 m<sup>3</sup>

Poids: 36 000 kg

Densité en vrac: 1800 kg/m<sup>3</sup>

Poids spécifique: 2800 kg/m<sup>3</sup>

Volume des pores:

env. 35% (cailloux de 32 à 40 mm)

Capacité thermique: 0,88 kJ/kg·°C

mulateur par la grille (5), puis par des ouvertures (7). Des clapets (3, 8) et la bonne isolation (4) empêchent une perte excessive de chaleur après le chargement de l'accumulateur. Le chargement est commandé par un appareil mesurant la température de l'air à l'entrée et à la sortie de l'accumulateur (9). Le ventilateur auxiliaire reste en marche jusqu'au moment où la température de l'air sortant s'approche de celle de l'air entrant.

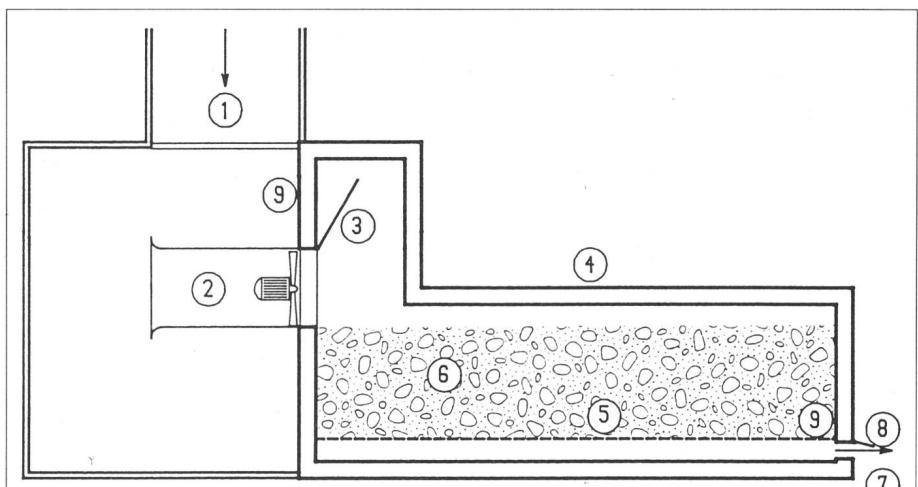
## Service de nuit (fig. 3)

A 22 heures (passage au tarif de nuit), le ventilateur principal de l'installation (10) a été mis en marche manuellement. Au début, la quantité à air globale a été aspirée à travers le lit de cailloux chauds et les ouvertures (7). Cela avait pour conséquence que l'accumulateur refroidissait dans un délai de deux à trois heures. On a donc installé un clapet à moteur (11, fig. 4) permettant de mélanger l'air de séchage avec de l'air extérieur. Dès lors, il était possible de régler l'échauffement de l'air de séchage de 1 à 10°C à l'aide d'un appareil de commande (fig. 5).

L'ouverture (3) située à côté de la bouche du ventilateur auxiliaire (2) sert à réduire la perte de pression. Celle-ci est due à l'aspiration de l'air à travers le lit de cailloux et dépend du débit d'air (fig. 6).

## Chargement de l'accumulateur de chaleur (fig. 2)

A 10 heures du matin environ, le ventilateur auxiliaire (2) a été mis en marche manuellement. Celui-ci aspire un flux d'air partiel d'environ 5 m<sup>3</sup>/s du capteur solaire (1) et le fait passer à travers le lit de cailloux (6). L'air sort de l'ac-



- 1 = air chaud du capteur solaire  
 2 = ventilateur auxiliaire  
 3 = clapet  
 4 = isolation thermique  
 5 = grille porteuse

- 6 = lit de cailloux  
 7 = ouvertures  
 8 = clapet  
 9 = capteurs de température

Fig. 2: Coupe de l'accumulateur de chaleur lors du chargement.

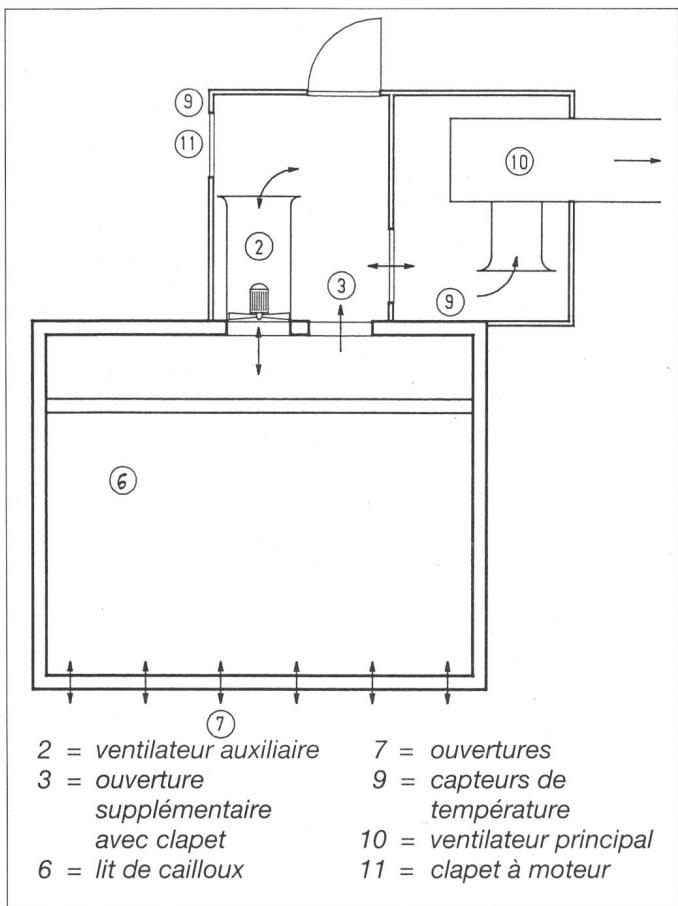


Fig. 3: L'accumulateur de chaleur lors du déchargement.

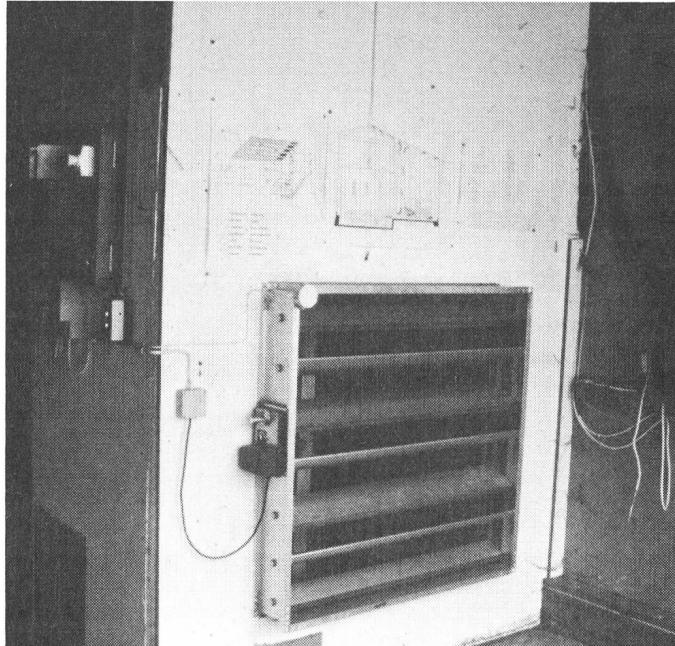


Fig. 4: Clapet réglable à moteur.

Le clapet à moteur et un appareil de commande combinés empêchent que l'accumulateur de chaleur ne refroidisse trop rapidement. Cette combinaison représente un investissement de l'ordre de Fr. 3000.-, indépendamment de la grandeur de l'accumulateur de chaleur ou de l'installation de ventilation.

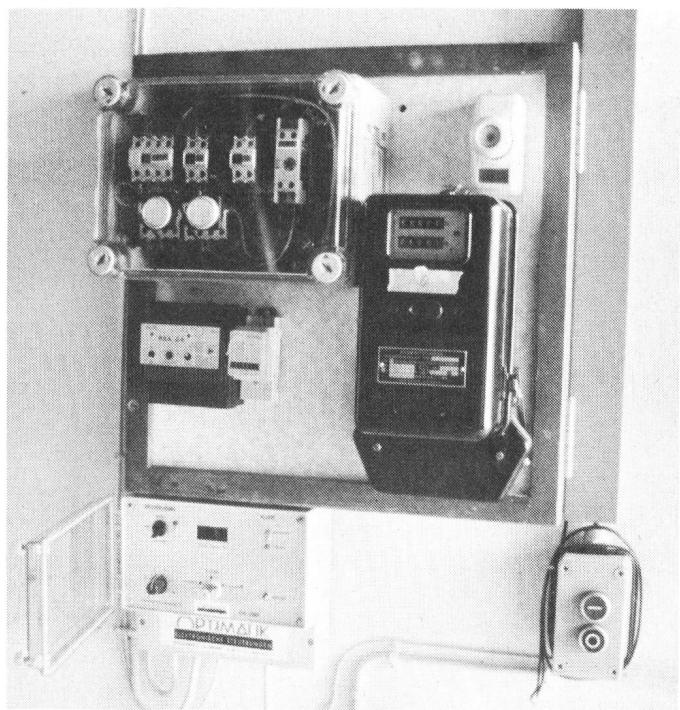


Fig. 5: Appareil de commande combiné pour le chargement et le déchargement de l'accumulateur de chaleur. Etant donné qu'un modèle standard n'était pas disponible, la FAT a fait construire un appareil spécial.

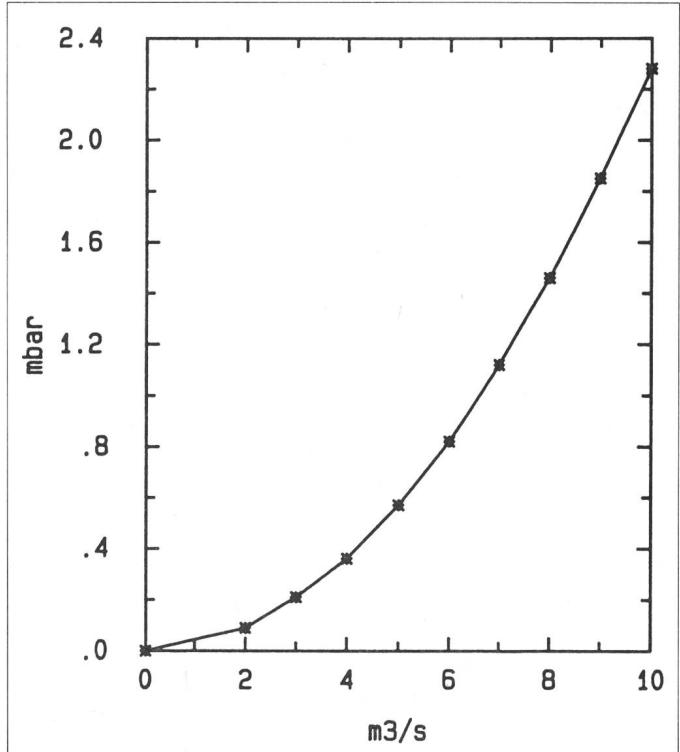


Fig. 6: La pression (mbar) qui est nécessaire pour faire passer l'air à travers le lit de cailloux, haut d'un mètre, augmente en fonction du débit d'air ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

## Résultats

Il fallait 4,7 h en moyenne pour charger l'accumulateur de chaleur. La durée de chargement variait entre 2,0 et 7,3 h, suivant la température des cailloux et celle de l'air aspiré du capteur solaire. Le ventilateur auxiliaire a consommé 14,3 kWh d'énergie électrique en moyenne. Avec un prix de Fr. -18 par kWh (tarif de jour), il faut donc compter Fr. 2.55 pour chaque chargement de l'accumulateur.

Le tableau 1 renseigne sur le séchage pendant la journée, le séchage pendant la nuit (Fr. -11/kWh entre 22 et 6 heures) et le séchage final (d'environ 85 à 88% de MS).

Bien que les frais d'énergie ne se soient élevés qu'à Fr. 3.45 pendant la nuit, c'est-à-dire à 66% par rapport au séchage de jour (la durée de ventilation étant la même), un kg d'eau éliminée coûtait 0.9 cts ou 30% plus cher. La capacité de séchage moyenne était deux fois plus grande pendant la journée que pendant la nuit.

## Les buts ont-ils été atteints?

### Emmagasinage de la chaleur excédentaire du capteur solaire

La quantité de chaleur pouvant être emmagasinée et dégagée par l'accumulateur de chaleur dépend de la différence de température entre les cailloux et l'air aspiré du capteur solaire. Cette différence s'élève à 10–15°C.

**Tableau 2: Capacité thermique de 20 m<sup>3</sup> de cailloux**

Différence de température °C	5	10	15	20	25
Quantité de chaleur MJ	158	317	475	634	792
Quantité de mazout l	4,4	8,8	13,2	17,7	22,1

Le tableau 2 montre la capacité thermique en fonction de la différence de température. Il présente, en outre, les quantités de mazout correspondantes, c'est-à-dire celles avec le même contenu d'énergie.

Pendant la fenaison, la température de l'accumulateur de chaleur monte jusqu'à 32°C si le capteur solaire n'est pas utilisé en même temps pour la ventilation du foin. Au début du séchage de nuit, la température de l'air extérieur est encore supérieure à 20°C, de sorte que la différence de température est faible lors du décharge de l'accumulateur.

En automne, la température de l'accumulateur atteint 25°C au maximum, et la température de l'air tombe à environ 15°C pendant la nuit. Les différences de température de plus de 20°C sont exceptionnelles.

### Réduction des pertes de conservation

Le séchage continu avec de l'air chauffé ou déshumidifié occasionne des pertes de conservation de 1 à 2%. Ces pertes s'élèvent à 2 – 3% lorsque l'on utilise un capteur solaire. Elles n'ont été réduites que dans une mesure très restreinte par la ventilation additionnelle pendant la nuit.

### Profiter du tarif de nuit

Dans la région de Tänikon, le courant électrique coûte 18 cts/kWh pendant la journée et 11 cts/kWh pendant la nuit (de 22 à 6 heures). Ainsi 1 kg ou 1 l d'eau éliminée est revenu à 3.0 cts pendant la journée et à 3.9 cts pendant la nuit. Au niveau des frais d'énergie, le séchage de nuit était donc de 30% plus cher, et cela malgré le tarif meilleur marché.

### Augmentation de la capacité de séchage

140,9 kg d'eau ont en moyenne été éliminés pendant la nuit. 256,0 kg ou 82% de plus se sont évaporés au cours de la journée, pendant la même durée de ventilation. La capacité de séchage était deux fois plus élevée pendant la journée puisque l'élimination spécifique d'eau atteignait 2,20 au lieu de 1,10 g/m<sup>3</sup>.

### Besoins d'investissement

Les besoins d'investissement se composent des frais de matériel et des frais de main-d'œuvre.

#### Frais de matériel

Ventilateur auxiliaire (occasion, n'a pas dû être acheté)	
Bois et isolation	Fr. 4400.–
Grille, 20 m <sup>2</sup>	Fr. 3000.–
Cailloux calibrés, 20 m <sup>3</sup>	Fr. 1100.–
Appareil de commande pour le chargement et installation électrique	
	Fr. 500.–
	Fr. 9000.–
Réglage automatique et clapet à moteur	Fr. 3000.–
Total	Fr. 12 000.–

#### Temps de travail

Menuisier (y compris travaux supplémentaires dus aux essais)	242 h
Etablir le lit de cailloux	10 h
Total	252 h

**Tableau 1: Séchage de jour et séchage de nuit – valeurs résultant des essais**

	Durée h	Consommation de courant kWh	Frais d'énergie Fr.	Eau éliminée kg	Frais d'énergie/kg d'eau Cts/kg	Elimination spécifique d'eau g/m <sup>3</sup>
Ø jour ± 1 <sup>1)</sup>	7,5 4,2 min. max.	29,3 16,3 5,0 50,0	5,25 2,95 0,90 9,00	256,0 184,2 15,0 704,0	3,0 2,8 0,7 13,2	2,20 1,35 0,35 5,35
Ø nuit ± 1 <sup>1)</sup>	7,5 3,6 min. max.	31,5 15,3 1,0 51,0	3,45 1,70 0,10 5,60	140,9 144,0 - 42,0 532,0	3,9 2,9 0,9 12,2	1,10 0,85 - 0,40 3,2
Ø Séchage final	44,5	178,0	32,05	294,0	7,8	0,65

<sup>1)</sup> = écart-type

## Rapports FAT no 430: Séchage en grange

### Frais de main-d'œuvre

252 h x Fr. 20.- Fr. 5 000.-

Besoins d'investissement au total  
Fr. 17 000.-

Les frais fixes se composent de l'amortisation (4,0%), des intérêts sur le capital moyen immobilisé (3,8%), des réparations (1,5%) et de l'assurance (0,1%). Cela donne 9,4% au total ou Fr. 1598.- par année.

### Conclusions

Les buts visés ont été partiellement atteints: l'accumulateur de chaleur réalisé par la FAT permet d'emmageriner la chaleur excédentaire du capteur solaire, et il augmente la capacité de séchage de l'installation de ventilation du foin. Le service de nuit occasionne des frais d'énergie plus élevés par kg d'eau éliminée que le séchage pendant

la journée. S'y ajoutent des frais d'investissement de Fr. 17 000.-. Les frais fixes supplémentaires de Fr. 1598.- ne peuvent être compensés ni par des économies d'énergie, ni par une réduction des frais de séchage, ni par une diminution des pertes de conservation. Le chargement et le déchargement de l'accumulateur de chaleur demandent beaucoup de travail de réglage et de contrôle. Il faut deux appareils de commande: l'un pour la ventilation du foin pendant la nuit, l'autre pour l'emmagerinage et le dégagement de chaleur.

**Des demandes concernant les sujets traités ainsi que d'autres questions de technique agricole doivent être adressées aux conseillers cantonaux en machinisme agricole indiquée ci-dessous. Les publications et les rapports tests peuvent être obtenue directement à la FAT (CH-8356 Tänikon). Tél. 052/62 31 31, Fax 052/61 11 90.**

<b>BE</b>	Furer Willy, Ecole d'Agriculture, 8732 Loveresse	Tél. 032/ 91 42 71
<b>FR</b>	Berset Roger, Institut agricole, 1725 Grangeneuve	Tél. 037/ 41 21 61
<b>GE</b>	AGCETA, 15, rue des Sablières, 1214 Vernier	Tél. 022/341 35 40
<b>JU</b>	Chevillat Philippe, Institut agricole, 2852 Courtemelon	Tél. 066/ 21 71 11
<b>NE</b>	Fahrni Jean, Département de l'Agriculture, 2001 Neuchâtel	Tél. 038/ 22 36 37
<b>TI</b>	Müller Antonio, Office de l'Agriculture, 6501 Bellinzona	Tél. 092/ 24 35 53
<b>VD</b>	Pfister Max, Ecole d'Agriculture, 1110 Marcellin-sur-Morges	Tél. 021/801 14 51
	Hofer Walter, Ecole d'Agriculture, 1520 Grange-Verney	Tél. 021/905 44 21
<b>VS</b>	Pitteloud Camille, Ecole d'Agriculture, 1950 Châteauneuf	Tél. 027/ 36 20 02
	SRVA, Mouchet Pierre-Alain, CP 247, 1006 Lausanne	Tél. 021/617 14 61

Les «Rapports FAT» paraissent environ 20 fois par année. Abonnement annuel: Fr. 50.-. – Commande d'abonnements et de numéros particuliers: FAT, CH-8356 Tänikon. Tél. 052/62 31 31, Fax 052/61 11 90. – Les Rapports FAT sont également disponibles en allemand (FAT-Berichte). – ISSN 1018-502X.