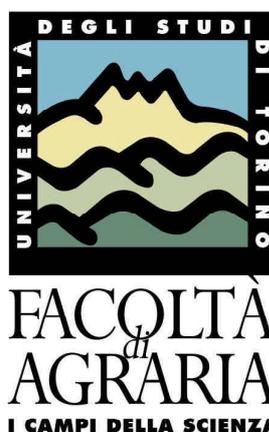


Icaro: séchoir solaire à ventilation forcée pour aliments

MANUEL POUR LA CONSTRUCTION ET LA UTILISATION



Dipartimento di Economia e Ingegneria agraria, forestale e ambientale

Università di Torino - ITALIA

**Programma regionale per la sicurezza alimentare nei Paesi in via di sviluppo
Progetto co-finanziato dalla Regione Piemonte ai sensi della L.R. 67/1995**

**Programme régional pour la sûreté alimentaire dans les Pays en voie de développement
Projet co-financé par la Région Piemont selon la Loi Régionale n.67/1995**



PREAMBULE

On sait aujourd'hui que la disponibilité de produits alimentaires représente dans certains pays un problème d'importance capitale. Cela peut être facilement constaté lorsqu'on visite n'importe quel marché sahélien peu de temps après la saison des récoltes; on s'aperçoit alors du manque ou même de l'absence de certains produits et, quand ceux-ci sont disponibles, de leur mauvaise qualité de conservation.

Cette situation représente un problème pour la sécurité alimentaire et se répercute négativement au plan économique local et mondial.

La stricte corrélation qui existe entre les périodes climatiques subtropicales et la production agricole sont à l'origine de cette situation. La saison des pluies a une durée comprise entre 90 et 120 jours selon les années. Il convient de rappeler que des saisons d'une durée inférieure à 75 jours n'ont pas de signification pratique sur le plan agronomique.

C'est durant la saison humide que l'on cultive la quasi totalité des produits alimentaires agricoles destinés à la population locale. Dès la mi août on trouve les denrées sur les marchés à des prix abordables pour la population locale, mais cela durant un laps de temps trop court, insuffisant pour couvrir les besoins globaux annuels. La situation est aggravée par la progressive diminution des pluies avec toutes les conséquences qui en dérivent, voire, certaines années, le manque total de précipitations et donc de production agricole. A cela s'ajoute l'absence de structures de transformation et de conservation de la production à une échelle dépassant l'exploitation individuelle, le tout lié aux difficultés de communication et donc de commercialisation entre les différentes régions.

Le développement souhaité des cultures de contre saison, c'est à dire de cultures obtenues en saison sèche avec l'irrigation, qui est effectuée avec l'eau qui est extraite et soulevée des puits, pose les mêmes problèmes, avec des quantités produites qui tendent à augmenter mais sur un laps de temps très court, ce qui requiert encore une fois la transformation et la conservation de la production pour accroître la disponibilité sur des périodes plus importantes.

Actuellement les végétaux et les fruits (et aussi, particulièrement au Niger, la viande sous forme de kilichi) sont séchés en plein air au soleil sans aucune protection contre les polluants externes (insectes, poussières, etc.). Il en résulte une qualité médiocre sinon mauvaise, une piètre conservation dans le temps et des pertes très importantes.

Cela démontre l'importance des études sur le séchage solaire pour parvenir à proposer des séchoirs qui puissent assurer une continuité dans la disponibilité de produits alimentaires de qualité, voire une certaine baisse des prix par une disponibilité plus importante dans le temps. Le séchage des produits agricoles représente donc une réponse valide au problème de la production saisonnière qui crée des excès dans certains périodes de l'année et des carences dans les autres.

C'est dans ce cadre que s'est développée la collaboration entre le Dipartimento di

Economia e Ingegneria agraria, forestale e ambientale de l'Università de Turin (Italie), le CNES (Centre National d'Énergie Solaire, ex ONERSOL) de Niamey (Niger) et le PROFORMAR (Programme de Formation Modulaire en faveur de l'Artisanat Rural - FED / BIT) de Niamey pour la réalisation d'une unité de séchage pour aliments fonctionnant à l'énergie solaire indirecte avec ventilation forcée.

Cette collaboration a été possible grâce à un financement de la Regione Piemonte (Région Piémont) de Turin, dans le cadre de ses activités en faveur de la coopération internationale et notamment vers les pays de la région du Sahel.

Prof. Pietro Piccarolo
Directeur de la Section de Mécanique
agricole du DEIAFA

INDEX

Partie A - Généralités	5
1. INTRODUCTION	5
1.1 INFORMATIONS GENERALES SUR LE PROJET.....	5
1.2 PRESENTATION DES PARTENAIRES.....	6
1.3 PETITE HISTOIRE DU PROJET.....	9
2 LE MODELE ET LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION	10
2.1 LES LIENS ET LES OBJECTIFS EN PHASE DE PROJET DE L'UNITE ICARO.....	10
2.2 LES MATERIAUX QU'ON PEUT UTILISER	11
2.3 FORME ET DIMENSIONS DE L'UNITE ICARO	13
2.4 INFORMATIONS GENERALES SUR LE FONCTIONNEMENT DU SECHOIR.....	14
Partie B - Construction	15
3 REALISATION DU SECHOIR	15
3.1 DESCRIPTION GENERALE DES PARTIES ET LEUR FONCTIONNEMENT	15
3.2 DESCRIPTION DE LA FABRICATION.....	24
Partie C - Utilisation	27
4 UTILISATION - CONSEILS PRATIQUES	27
4.1 A QUI EST DESTINE LE SECHOIR.....	27
4.2 COMMENT INSTALLER LE SECHOIR.....	27
4.3 QUELQUES INDICATIONS SUR LA PREPARATION DES ALIMENTS AU SECHAGE	28
4.4 COMMENT REMPLIR LES CLAIES.....	32
4.5 CYCLE DE SECHAGE AVEC ICARO - PERFORMANCES.....	33
4.6 LE NETTOYAGE.....	36
4.7 ENTRETIEN DU SECHOIR.....	37
BIBLIOGRAPHIE.....	38
REMERCIEMENTS	40
CONTACTS:.....	41

Partie A - Généralités

1. INTRODUCTION

Les programmes de développement internationaux, et particulièrement les italiens, ont fait des efforts importants pour augmenter la production agricole dans les pays du Sahel. Les projets qu'on pourrait mentionner ont aussi foré des centaines de puits pour l'irrigation des cultures de contre-saison.

Le but a été atteint dans bien de régions, la production augmente et maintenant le problème se situe au niveau de la conservation / transformation de la récolte.

En effet, en certaines périodes de l'année les produits alimentaires (produits maraîchers, fruits) arrivent sur les marchés en grande quantité, et l'offre est plus importante que la demande. Par contre, en d'autres saisons, il est difficile, sinon impossible, de trouver certains produits. Cette situation se traduit par des grandes oscillations des prix, et parfois, si la saison de production est peu favorable, par des famines.

On s'aperçoit donc qu'il serait très important de bien conserver les aliments quand la production est élevée et la population ne peut pas consommer tout ce qui est produit. Si on ne dispose pas de moyens de conservation, toute la production en excès va être perdue.

Avec une bonne conservation, on peut consommer les denrées alimentaires tout au long des saisons où la production n'est pas suffisante à satisfaire la demande d'aliments de la population.

En outre l'offre plus équilibrée a une influence positive sur les prix du marché, dans le sens d'une stabilisation, avec un effet positif sur le revenu des producteurs.

1.1 INFORMATIONS GENERALES SUR LE PROJET

Le projet Icaro se propose de mettre à disposition des populations rurales et des entrepreneurs du marché alimentaire un nouveau modèle de séchoir solaire.

Ce séchoir fonctionne selon un principe que sous certains aspect est nouveau, en fait il fait partie du groupe des séchoirs solaires à lumière indirecte et à ventilation forcée.

La nouveauté est constituée par le fait que l'énergie de ventilation forcée est fournie par un panneau photovoltaïque, l'unité est donc complètement autosuffisante en ce qui concerne

l'énergie.

Le séchoir à été étudié de façon à pouvoir être réalisé en Afrique par des artisans en tenant compte des matières d'œuvre disponibles localement, et même d'une technique de construction adaptée à ateliers de menuiserie métallique moyennement équipés.

Le projet prévoit aussi que la construction de l'unité se fera localement et sa diffusion sera assurée par le marché conventionnel et le secteur privé.

Pour atteindre cet objectif, après l'étude et la mise au point du séchoir (qui a été faite en Italie et sur place au Niger), le projet à prévu la diffusion d'un manuel sur sa réalisation avec plusieurs dessins et informations pratiques pour faciliter la construction et son utilisation. Ce manuel sera destiné non seulement aux fabricants, mais aussi à tous ceux qui voudront mieux connaître cette technologie (chercheurs universitaires, chefs village, producteurs, projets, coopérations, etc.).

1.2 PRESENTATION DES PARTENAIRES.

PRESENTATION DU CNES (EX- ONERSOL)

L'Office de l'Energie Solaire (ONERSOL) crée en 1965, était un établissement public de l'Etat Nigérien à caractère industriel et commercial ayant pour missions de:

1. Faire de la recherche appliquée en énergie solaire.
2. Fabriquer et vulgariser des prototypes d'appareils fonctionnant à l'énergie solaire (chauffe-eau, cuisinières, séchoirs, distillateurs ..).

Depuis le 15 Juin 1998, l'ONERSOL est devenu un établissement public à caractère administratif dénommé Centre National d'Energie Solaire (CNES) placé sous la tutelle du Ministère des Mines et de l'Energie et dont la nouvelle mission est :

1. De conduire des recherches sur l'utilisation des énergies renouvelables notamment l'énergie solaire et d'assurer la vulgarisation des résultats.
2. De participer à la réalisation d'études prospectives et diagnostiques en matière d'utilisation des énergies renouvelables pour tous les secteurs de l'économie nationale.
3. De participer à la formation en matière d'énergies renouvelables.
4. De participer à la promotion de la diffusion des équipements en énergie renouvelable.

PRESENTATION DU DEIAFA-MA

Le Dipartimento di Economia e Ingegneria agraria, forestale e ambientale (Département de Economie et Ingénierie agricole, forestière et de l'environnement) de l'Université de Turin, compte un total de 37 employé subdivisé en enseignants, chercheurs et techniciens. D'autres 14 personnes travaillent à ce moment chez le DEIAFA sous contrats temporaires. Le Département est articulé en quatre sections: Economie agraire, Hydraulique agraire, Mécanique agraire, Topographie et construction ruraux.

En particulier ce projet à été conduit par la Section de Mécanique agraire (Meccanica agraria) qui s'occupe d'ailleurs depuis les années 80 de l'application de l'énergie renouvelable dans les milieux ruraux, et dès le début des années 90 à entamé l'étude et l'expérimentation de prototypes de séchoirs solaires adressés aux PVS.

Les autres activités de la section sont les suivantes:

- recherche dans le domaine de la mécanisation agricole et forestière
- définition et construction de prototypes de machines agricoles
- contrôle et amélioration des procédés de transformation des produits
- production de logiciels pour projet et gestion de systèmes agricoles, forestiers et énergétiques

La Section de Mecanique agraire est aussi un des deux centres italiens pour la certification des machines pour la protection des cultures (nébuliseurs).

PRESENTATION DU BIT-PROFORMAR

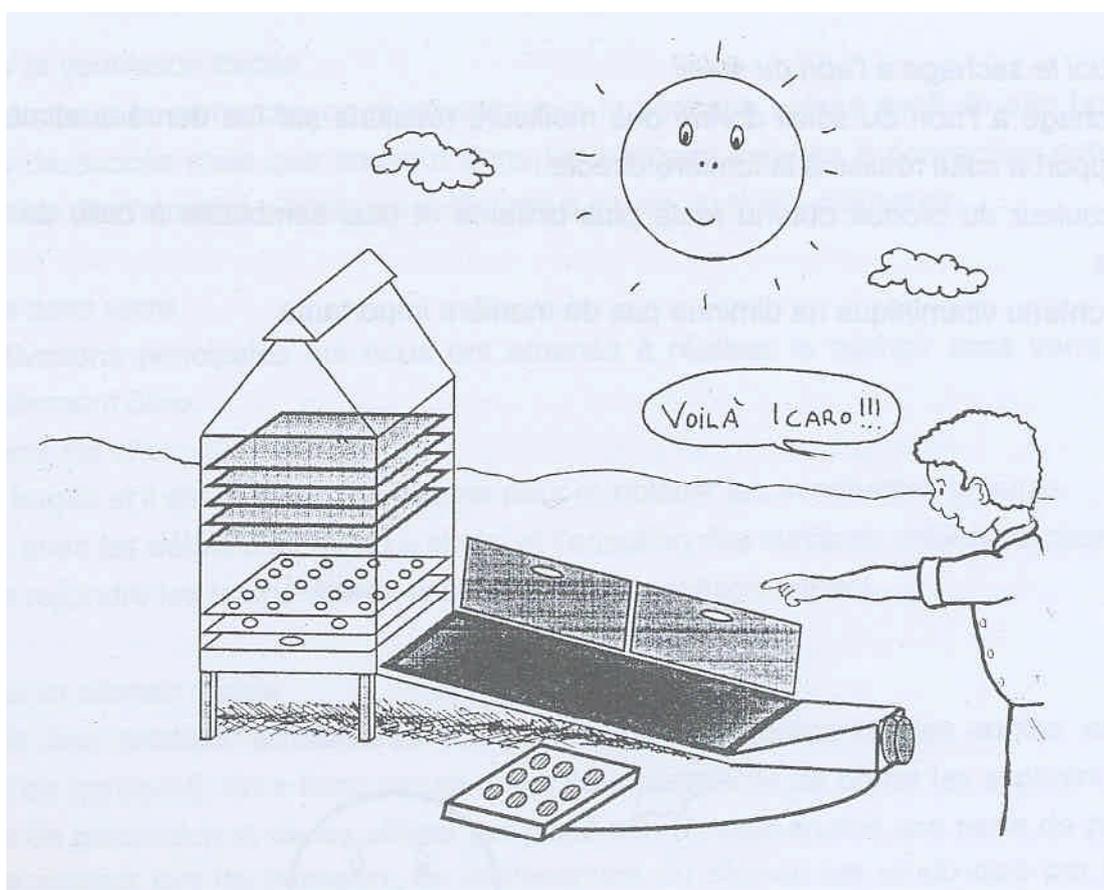
Le Programme de Formation Modulaire en faveur de l'Artisanat Rural - PROFORMAR, a été financé par l'Union Européenne, pour relancer l'appui au secteur privé, ce dernier étant un des secteurs de concentration du 7ème FED. Ce programme est exécuté par le BIT (Bureau International du Travail) qui est chargé d'apporter l'expertise.

D'une manière générale, l'intervention de PROFORMAR s'articule autour de deux points :

- au niveau de l'amélioration des performances de la micro entreprise à travers des actions de formation,
- au niveau du cadre législatif par un appui à la mise en œuvre de la Politique Nationale

de Développement de l'Artisanat (PNDA).

Ce projet a récemment fait l'objet d'une évaluation. Il en ressort que PROFORMAR, tout en étant en phase avec les orientations de la politique gouvernementale, a su apporter des réponses rapides et adaptées aux besoins exprimés par les artisans en terme de formation, d'introduction de nouvelles technologies et de conseil. De plus, les évaluateurs envisagent une potentielle viabilisation et pérennisation des fonctions développées par PROFORMAR à travers des structures privées nationales. Une deuxième phase de trois ans a ainsi débuté en septembre 1998.



1.3 PETITE HISTOIRE DU PROJET.

Le développement d'Icaro a commencé avec une recherche sur les séchoirs solaires existants. En particulier, c'est grâce au travail de collecte de données sur les types de séchoirs solaires conduit au Brace Research Institute de Montréal (Canada) dont on a réalisé une publication (A survey of solar agricultural dryers) qu'on a pu intégrer une grande quantité d'idées et de résultats obtenus par de nombreux chercheurs qui ont travaillé sur le séchage solaire.

Une considération particulière a été apportée aux résultats du travail des docteurs Muehlbauer et Lutz, de l'Université d'Hockenheim (Allemagne) qui avaient développé un intéressant type de séchoir à ventilation forcée. Ce séchoir de Muehlbauer et Lutz était à lumière directe, et avait la ventilation forcée réalisée avec des sources d'énergie conventionnelles.

Après avoir étudié et mûri toutes ces expériences précédentes, on a développé l'idée d'un séchoir solaire léger à ventilation forcée avec un panneau photovoltaïque pour fournir l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement du ventilateur. Le séchoir ne devait pas avoir des parties en verre parce que ce matériel, dans les aires où le séchoir est destiné, n'est pas facile à trouver, est fragile et son coût est souvent excessif.

A partir de 1992 quatre différents modèles de séchoir du type à ventilation forcée ont été projetés, construits et testés par l'équipe du DEIAFA-MA. En particulier le deuxième a été objet d'un premier petit projet de coopération financé par la Regione Piemonte en 1993 - 1994, avec la conduction de tests en collaboration avec le CNES, dont on peut retrouver de la documentation comme indiqué dans la bibliographie de ce manuel. Il y a deux unités de ce deuxième prototype à Niamey en fonction: une est l'unité construite en Italie et envoyée au Niger à mars 1994, et se trouve chez l'aire de recherche du CNES, l'autre a été construite directement par le CNES pour l'INRAN (Institut National pour la Recherche Agronomique au Niger) et se trouve dans l'aire de recherche de ce dernier Institut. Ce deuxième séchoir présente quelques différences par rapport à Icaro: il a une chambre de séchage horizontale et le ventilateur travaille en aspiration à la sortie du séchoir.

Après les bons résultats obtenus par le deuxième modèle et vu l'écho favorable qu'il avait rencontré parmi plusieurs sujets en Afrique, on a continué à travailler pour développer différentes idées pour rendre l'unité plus efficace, surtout au niveau de la chambre de séchage, du moment que le collecteur simplifié a dès du début obtenu des performances

très bonnes.

Icaro est donc le quatrième séchoir développé et le plus performante, du moment qu'il est le résultat d'un travail important d'étude et perfectionnement des solutions précédents.

Aujourd'hui (octobre 1998) il est possible de voir deux unités à Niamey: la première toujours dans l'aire de recherche du CNES, la seconde chez PROFORMAR.

2 LE MODELE ET LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION

2.1 LES LIENS ET LES OBJECTIFS EN PHASE DE PROJET DE L'UNITE ICARO

Comme résumé général, les données de projet à satisfaire ont été fixées en la façon suivante:

- séchage à l'abri du soleil
- ventilation forcée
- complète autosuffisance énergétique
- pas de verre
- possibilité de déplacer l'unité, donc séchoir léger et costeau
- simplicité de réalisation
- simplicité de utilisation
- bonne capacité de séchage
- prix modéré

pourquoi le séchage a l'abri du soleil

Le séchage à l'abri du soleil donne des meilleurs résultats sur les denrées alimentaires par rapport à celui réalisé à la lumière directe :

- la couleur du produit obtenu reste plus brillante et plus semblable à celle du produit frais
- le contenu vitaminique ne diminue pas de manière importante

pourquoi la ventilation forcée

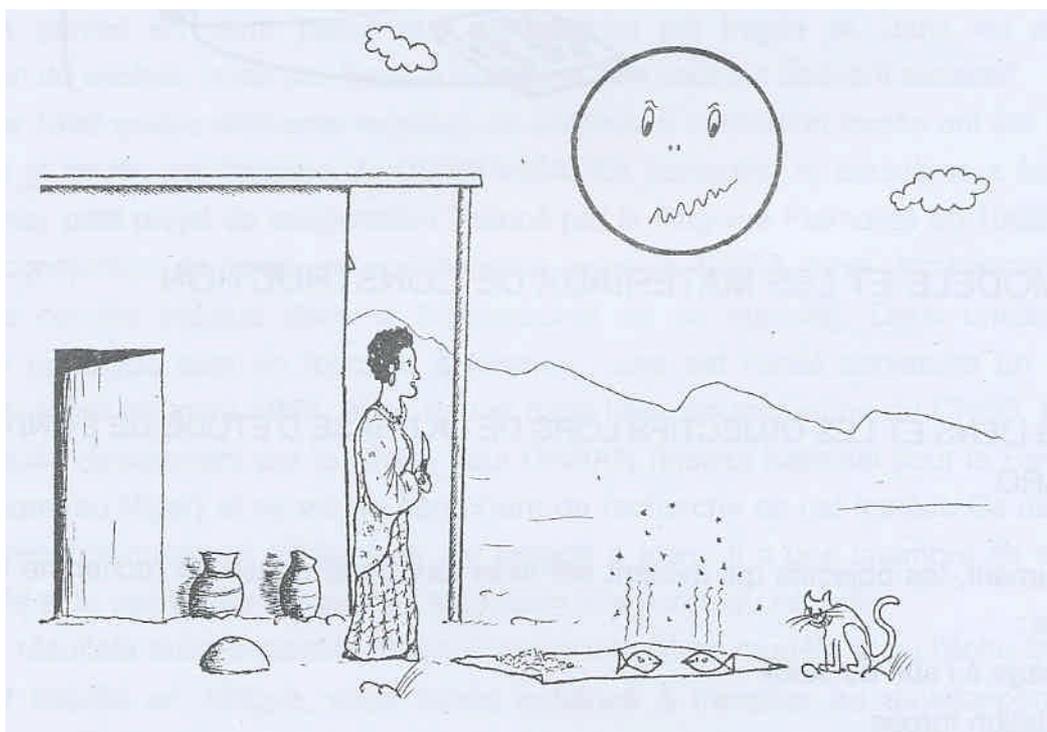
En développant la recherche on a constaté que le séchage solaire avait de très bonnes chances de succès mais que souvent dans les séchoirs solaires à convection naturelle on n'avait pas une importante capacité d'expulsion de l'humidité à cause du faible débit d'air.

pourquoi sans verre

Les motivations principales qui nous ont amenés à réaliser le séchoir sans verre sont essentiellement deux:

- Le verre est cher
- Il est fragile et il est difficile d'en trouver pour remplacer les éventuelles brisures.

En plus, avec les débits d'air qu'on a choisi et l'adoption des surfaces réfléchissantes il est facile de rejoindre les températures voulues pour un séchage correct.



pourquoi un séchoir mobile

Déplacer des produits alimentaires est parfois difficile, (précarité des routes et des moyens de transport), on a donc pensé que c'était plus facile de porter les séchoirs dans les lieux de production et de les utiliser sur place afin d'éviter aussi une perte de produit due à la chaleur lors du transport. Le déplacement du séchoir est rendu aisé par le fait qu'on peut facilement le séparer en deux grands pièces.

2.2 LES MATERIAUX QU'ON PEUT UTILISER

LA TOLE NOIRE

La tôle noire est un acier non galvanisé, en fait c'est le métal le plus disponible sur le marché Nigérien. Une grande partie de la tôle noire utilisée au Niger est produite au Nigeria et doit donc être importée.

Elle est plus lourde que l'aluminium et, avant de la peindre en noir, on doit la recouvrir avec un antirouille, pour éviter que la pluie et l'humidité l'endommagent.

LE BOIS

Il peut être utilisé pour réaliser quelques parties du séchoir (mais pas la partie supérieure du capteur!) s'il est disponible à un bon prix là où exécute la fabrication. Dans ce cas, on ne peut que conseiller d'utiliser un genre de bois assez lourd et capable de bien supporter la chaleur et l'eau, c'est à dire qu'il ne doit pas gonfler avec l'humidité et il ne doit pas se restreindre avec un climat sec.

L'ALUMINIUM

L'aluminium donne les meilleurs résultats par rapport à la transmission de la chaleur et donc il est particulièrement indiqué pour la construction du séchoir solaire.

Malheureusement le prix élevé et le peu de disponibilité sur le marché local, limite grandement ses possibilités d'utilisation.

L'aluminium est sans doute recommandé pour la réalisation des surfaces réfléchissantes, car ces parties du séchoir doivent bien réfléchir les rayons du soleil sur le capteur.



2.3 FORME ET DIMENSIONS DE L'UNITE ICARO

La chambre de séchage est un parallélépipède avec une largeur de chaque côté d'environ 1 mètre (pour les mesures exactes voir les dessins techniques). La hauteur de la chambre est de 165 cm.

La chambre est surmontée par un toit incliné sur quatre côtés, ouvert en correspondance de deux trous pour laisser sortir l'air.

On glisse les cinq claies dans la chambre de séchage, chacune ayant une dimension de 97 x 94 cm. Si on veut, pour avoir des claies plus petites, on peut aussi prévoir deux claies à chaque étage, cela si on pense qu'elles sont plus faciles à remplir, déplacer, etc. Si on choisit cette deuxième solution, qui augmente légèrement le coût de l'ensemble, les claies seront au nombre de 10 et de dimension 48 x 94 cm chacun.

La construction des claies peut être réalisée de différentes façons, il suffit d'utiliser comme support un filet métallique ou un grillage plus gros sur lequel placer un filet plastique type moustiquaire (ce dernier est plus facile à nettoyer). Les trous doivent être de dimension pas trop petite pour éviter une résistance au passage de l'air. Le filet ou le grillage de support doivent être encadrés de 4 barres métalliques soudées pour garantir solidité et rigidité.

L'accès à la chambre se fait à travers la porte, qui est la paroi opposée à laquelle le capteur est attaché. La porte peut être montée sur charnières du côté droit ou gauche (porte à battant) ou être placée dans deux glissières, une en haut, l'autre en bas (porte coulissante).

Une attention particulière sera portée à l'étanchéité à l'air extérieur des différentes pièces, et particulièrement la porte.

A la base de la chambre de séchage on a le diffuseur formé par un pièce avec les mêmes mesures des claies: 97 cm x 94 cm.

La pièce a 39 trous de 30 mm de diamètre chacun.

La chambre se raccorde au capteur solaire au niveau du diffuseur. Le capteur est en forme de parallélépipède, avec une hauteur très réduite. Les dimensions du capteur solaire sont: largeur 100 cm, longueur 200 cm, hauteur 3,0 cm. Les deux ventilateurs sont placés devant le capteur, à l'intérieur d'un tétraèdre. La fonction du tétraèdre est de fixer les ventilateurs et de rendre le courant d'air créé par les ventilateurs d'une forme adaptée à une bonne distribution de l'air dans le capteur. Les ventilateurs 12 V en courant continu, prennent leur énergie du panneau photovoltaïque.

Le panneau photovoltaïque (puissance 12 W au minimum) est posé sur le terrain ou sur des supports à côté du ventilateur et doit pouvoir être déplacé pour suivre le mouvement du soleil pendant la journée (voir à ce propos le chapitre relatif). Il peut aussi être placé sur le toit de la cabine de séchage, mais seulement dans la partie centrale de la journée, c'est à dire de 10 h 30 jusqu'à 13 h 30.

2.4 INFORMATIONS GENERALES SUR LE FONCTIONNEMENT DU SECHOIR

Ce modèle de séchoir vertical est le résultat de l'évolution du précédent séchoir, qui par contre était horizontal. Cela lui donne une efficacité de séchage plus importante due à la combinaison de l'air chaude qui circule avec une meilleure distribution dans la chambre de séchage et au fait que le flux est perpendiculaire à la surface (plus grande) où sont posés les produits. Il en résulte des meilleurs coefficients d'échange d'humidité entre le produit et l'air de séchage. En outre il est plus facile pour l'opérateur de mettre et enlever les claies avec le produit à sécher et / ou les déplacer dans la chambre de séchage.

Le fonctionnement de l'unité est simple :

1. Le panneau photovoltaïque capte les rayons solaires et produit de l'énergie électrique.
2. L'énergie générée est transmise aux ventilateurs.
3. Les ventilateurs poussent l'air à travers le collecteur.
4. Le collecteur capte les rayons solaires et chauffe l'air qui lui passe à travers.
5. L'air passe à travers le diffuseur.
6. L'air circule dans la chambre de séchage (du bas vers le haut).
7. Pendant le passage à travers le produit l'air se charge d'humidité.
8. L'air sort par la cheminée.

Partie B - Construction

3 REALISATION DU SECHOIR

Cette partie du manuel est destinée presque uniquement au personnel des ateliers et aux menuisiers métalliques qui veulent construire le séchoir solaire. Ici de suite seront illustrés toutes les parties nécessaires à la réalisation du séchoir avec leur nom, leur dimension et la façon la plus correcte de les assembler. On donnera aussi des informations utiles pour le bon fonctionnement de l'unité.

3.1 DESCRIPTION GENERALE DES PARTIES ET LEUR FONCTIONNEMENT

A) LE DIFFUSEUR DE FLUX

Cet important élément est placé au-dessous de la chambre de séchage et intercepte le flux d'air chaud après que celui-ci a traversé le capteur solaire. Le but du diffuseur est de distribuer uniformément l'air dans la cabine de séchage. En effet l'air arrive du capteur solaire comme un flux qui a la section du capteur même, c'est-à-dire rectangulaire. En plus, l'air se déplace à une vitesse d'environ 2 mètres par seconde en direction presque horizontale. Pour un séchage convenable et uniforme il faut que ce flux rectangulaire, subtil comme le capteur et presque horizontal, devienne carré, large comme la cabine et vertical. Pratiquement, le diffuseur est composé par une surface trouée, à travers de laquelle l'air arrivant du capteur solaire passe et, en sortant par les 39 trous de la surface crée un flux uniforme et également distribué.

Afin d'avoir une diffusion efficace on recommande de respecter exactement les dimensions et la disposition des trous et de placer le plateau à la distance indiquée dans les dessins.

Voici en détail le principe de fonctionnement du diffuseur: quand le courant d'air du collecteur arrive dans l'antichambre, il est obligé de passer à travers le rang de trous du plateau. Le flux horizontal et arrivant latéralement devient ainsi vertical. Le courante d'air à cause da sa vitesse, a une pression plus forte en correspondance de la porte du séchoir, du moment qu'elle arrive à ce niveau directement du collecteur. Pour contraster ça et permettre une diffusion uniforme dans la chambre de séchage, on a disposé sur le diffuseur vers la porte seulement six trous par rang, et sept trous par rang en correspondance de la

côté opposée, vers le capteur, ou la pression de la courante d'air est inférieure.

Le résultat final est donc que le courant d'air rectangulaire presque horizontal qui sort du capteur est transformé par ce diffuseur en 39 petits courants ronds diffusés sur toute la surface de la base de la cabine de séchage, chacun avec un débit qui est 1/39 du débit d'air total du séchoir.

Ce système est très simple, et du point de vue théorique, et du point de vue de la réalisation. Ses résultats sont excellents, du moment que les mesures effectuées ont donné une différence moyenne de vitesse de l'air à travers les 39 trous à la sortie du diffuseur entre 4% et 6%.

Cependant il faut faire attention, en phase de réalisation, à minutieusement respecter les mesures données dans le projet.

En effet, le système marche bien si les trous sont percés exactement là où ils doivent être. On peut en effet facilement comprendre que si par exemple la distance entre les rangs n'est pas la même, le courant d'air ira de préférence à travers les rangs de trous les plus proches, et comme résultat on n'obtiendra pas des flux égaux, mais des courants plus forts que l'autres, c'est à dire une mauvaise diffusion. Les dimensions des trous aussi sont importantes, parce qu'elles ont une influence sur la vitesse de l'air qui passe à travers, et cette vitesse est importante pour assurer le bon fonctionnement du diffuseur.

Une mauvaise diffusion de l'air à l'intérieur de la chambre de séchage cause différentes vitesses de séchage du produit, avec, à la fin de la journée, des zones où le produit est trop sec et d'autres où le produit est trop humide. Nous rappelons ici, a ce propos, qu'un produit trop humide à la fin de la journée peut moisir ou pourrir durant la première nuit avant le deuxième jour de séchage.

Pour l'hygiène, les plateau qui compose le diffuseur devrait être amovible, pour pouvoir l'extraire du séchoir pour le nettoyage quand nécessaire.

Une dernière notice importante: le plateau du diffuseur doit bien adhérer à la paroi externe de la cabine pour éviter que de l'air s'échappe sur les côtés.

B) LA CHAMBRE DE SECHAGE

La chambre de séchage a la forme d'un parallélépipède avec une hauteur de 165 cm, une largeur et une profondeur d'environ 97 cm (voir les dessins pour les mesures exactes).

En son intérieur trouve place en bas, le diffuseur de flux (voir le point " A "), et au-dessus de celui-ci trouvent place les claies, chacune posée sur ses supports métalliques.

Les supports sont placés sur les parois latérales, soudés ou fixés avec des boulons. Il faut faire attention à ne pas laisser de la place libre sur les côtés, entre le support des claies et la paroi de la chambre, à travers laquelle de l'air puisse passer sans traverser les claies.

La chambre est fermée par une porte, attaché à l'extérieur par des charnières ou coulissante. La porte doit se fermer d'une façon étanche, pour que l'air de séchage ne puisse pas sortir par des fentes sans avoir traversé le produit, donc elle doit être bien droite et précise, et, si nécessaire, on utilisera du caoutchouc sur les bords pour parfaire l'étanchéité. La même attention à l'étanchéité doit être mise lors que on réalise la liaison entre le capteur et la chambre.

L'ensemble de la chambre de séchage est soutenu par 4 pieds métalliques, dont la hauteur est en stricte relation avec l'inclinaison du capteur.

C) LA CHEMINEE

A partir de 165 cm de hauteur les parois opposées deviennent inclinées, donc la cabine de séchage se restreint progressivement en formant une sorte de toit. Ce toit est ouverte en deux parts opposées près du sommet. Les ouvertures d'évacuation sont surmontée par le sommet du toit afin d'éviter que la pluie puisse tomber dans la chambre et abîmer les produits placé sur les claies.

Le but de la cheminée est de faciliter l'expulsion vers l'extérieur de l'air, une fois que celle-ci a complété son parcours.

D) LES CLAIES

Les claies ont le but de soutenir le produit tout en permettant le passage de l'air. Elles sont

réalisées avec 4 barres métalliques soudées entre elles qui forment un rectangle.

Le fond de ce rectangle est constitué par un grillage de fer soudé aux barres latérales, sur lequel on étalera les produits à sécher. On peut utiliser un grillage fin et mettre directement le produit sur celui-ci, ou employer un grillage plus gros sur lequel déposer un filet type moustiquaire avec les produits.

Le grillage et le filet ne doivent pas être trop fins, afin de ne pas ralentir le flux de l'air.

E) LE CAPTEUR SOLAIRE

Le capteur solaire est un parallélépipède long 200 cm, haut 3,0 cm et large 100 cm.

Il est lié à une extrémité à la chambre de séchage au niveau de l'antichambre, sous le diffuseur, et à l'opposé au tétraèdre qui porte le ventilateur.

L'air, poussée par le ventilateur, est dirigée dans le capteur, se réchauffe et se dirige vers le diffuseur par une ouverture de 3,0 cm de hauteur pour 100 cm de largeur.

Sur les deux côtes du capteur sont soudés 8 anneaux pour soutenir les surfaces réfléchissantes, sortes de ridelles miroirs.

Pour le bon positionnement du capteur (voir l'illustration ci-dessus) celui-ci aura une pente de 10-15° environ entre l'extrémité solidaire avec le diffuseur et la partie opposée liée au tétraèdre .

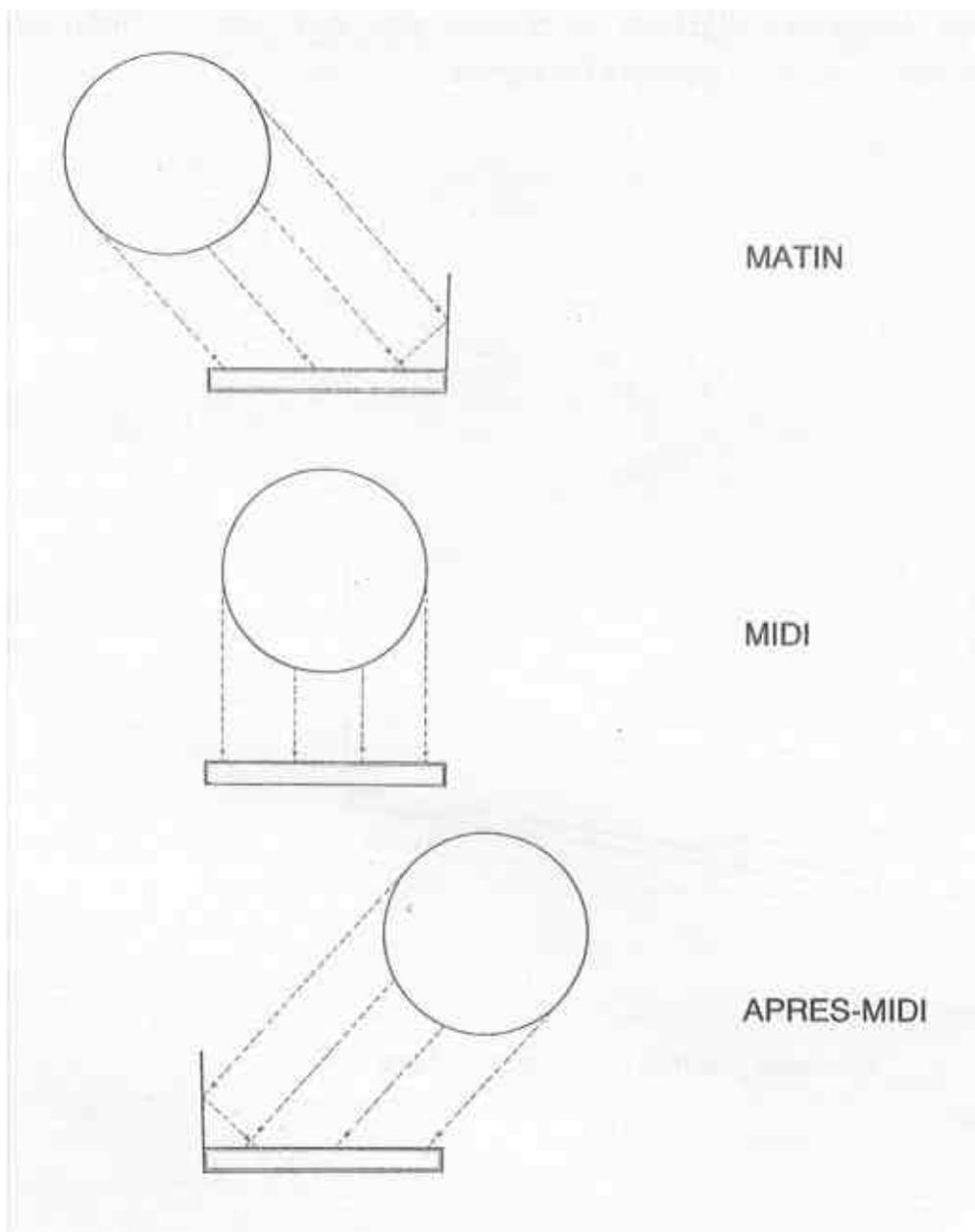
Pour éviter le fléchissement de la tôle, des tubes rectangulaires peuvent être insérés dans le sens de la longueur à l'intérieur du capteur (jamais dans le sens de la largeur pour ne pas bloquer le passage de l'air).

F) LES SURFACES REFLECHISSANTES

Elles sont constituées simplement de deux tôles de 100 x 50 cm, avec une poignée supérieure (la poignée peut être réalisée de plusieurs façons) et deux tuyaux soudés en bas et à l'arrière qui s'enfilent dans ceux soudés sur les côtés du capteur solaire comme une ridelle. Les surfaces réfléchissantes ont le but d'augmenter le rayonnement solaire sur le capteur, surtout jusqu'à 10 h 30 heures et à partir de 13 h 30. Elles ont aussi la fonction de limiter les mouvements d'air sur la surface du capteur, ce qui pourrait en diminuer la

température.

Les surfaces réfléchissantes doivent être mises de façon à ce que le capteur soit toujours entre les surfaces même et le soleil. Naturellement, vers midi il faut les déplacer de l'autre côté. Ne pas oublier ce point ! Si on ne déplace pas les surfaces réfléchissantes à midi elles vont projeter leur ombre sur le capteur dans l'après-midi !



Position correcte du capteur solaire.

G) LE TÉTRAÈDRE LOGEMENT DES VENTILATEURS

Le tétraèdre est placé à l'extrémité du capteur solaire. La fonction du tétraèdre est de supporter les deux ventilateurs et distribuer uniformément dans le capteur le courant d'air crée par ces mêmes. Cela est obtenu grâce à la forme du tétraèdre: celui-ci a deux parois plus grandes, la supérieure et l'inférieure, qui se resserrent pour diriger le flux de l'air, deux plus petites, la droite et la gauche, qui sont verticales et une paroi frontale avec les ouvertures pour les ventilateurs. Ainsi, la section que l'air doit traverser se modifie graduellement, pour arriver à un rectangle très large et très peu haut (100 x 3,0 cm) qui sont les dimensions de la section du capteur solaire.

H) LE PANNEAU PHOTOVOLTAÏQUE

Il est recommandé l'usage d'un panneau photovoltaïque d'au moins 12 W de puissance. Le prix encore assez élevé des panneaux photovoltaïques requiert qu'on tente d'exploiter au maximum la quantité d'énergie qu'il peut fournir.

La puissance nominale des panneaux photovoltaïques est fournie lorsque la position du panneau est perpendiculaire aux rayons du soleil. Si on ne déplace pas le panneau pour suivre le cours du soleil, on obtient la puissance maximale seulement quand le soleil est en direction perpendiculaire au panneau, à savoir vers midi.

On ne peut pas non plus penser de déplacer le panneau en continu, techniquement possible mais trop cher! Alors, pour obtenir un bon résultat, on conseille d'orienter le panneau trois fois par jour :

- **en début matinée** (vers 8 heures) mettre le panneau incliné sur une position qui reçoit bien le soleil naissant mais aussi un peu en direction du futur chemin solaire dans la matinée (disons pratiquement sur la position où le soleil sera perpendiculaire au panneau vers 9 h 30).
- **à la fin de la matinée** (vers 10 h 30): mettre le panneau peu incliné (presque horizontal) en direction du soleil à midi.
- **en début d'après midi** (vers 13 h 30): mettre le panneau incliné en direction du soir, disons en la position où le soleil sera perpendiculaire vers 15 h 30.

On aura ainsi trois maximums de rayonnement sur le panneau au lieu d'un seul, et on aura

toujours la direction des rayons solaires raisonnablement proches à la direction optimale, la perpendiculaire. En effet, même quand le soleil est un peu déplacé de la perpendiculaire la quantité d'énergie qui rejoint le panneau est d'environ 90% - 95% du maximum. Il faut éviter de faire travailler le panneau photovoltaïque avec les rayons très loin de la perpendiculaire, sinon, au lieu d'avoir 12 W on pourrait en avoir seulement 2 W ou 3 W. Par exemple, une heure avant le coucher du soleil, si le panneau est sur la direction que le soleil avait à midi, l'énergie fournie n'est pas suffisante à faire marcher le ventilateur.

L'énergie qui peut fournir un panneau de 12 W est donc parfaitement suffisante à obtenir un bon séchage, mais il faut positionner le panneau trois fois dans la journée comme on a dit.

Si cette opération n'est pas exécutée, l'énergie fournie par le panneau sera moins importante, et la ventilation insuffisante. On risquera alors d'avoir les aliments trop humides à la fin de la journée, avec possibilité de pourritures pendant la nuit.

Le panneau photovoltaïque a une polarité: il faut par conséquent faire attention à correctement brancher le positif du panneau au positif du ventilateur. Si on inverse la polarité, le ventilateur ne tournera pas ou tournera à l'envers (dans certains cas, le moteur du ventilateur peut s'abîmer si la polarité + et - n'est pas respectée et les branchements sont faits à l'opposé de ceux préconisés par le constructeur). Contrôler donc la polarité avant le branchement et vérifier que, après le branchement, le ventilateur tourne dans le bon sens.

Pour les unités Icaro produites au Niger on utilise un panneau en silicone amorphe de 12 W fabriqué en Hollande par Free Energy Europe qui donne de très bon résultats. Il est sûr que un panneau plus puissante peut augmenter les performances du séchoir, mais il faut aussi considérer que le prix d'achat est plus haut. La dimension minimale conseillée peut être considéré comme un bon solution technique et économique dans le même temps. Si on trouve sur le marché des panneaux jusqu'à 20 - 22 W à un prix très convenable on peut penser de augmenter de quelques kilos la capacité de séchage par jour de Icaro. Des panneaux plus puissantes ne sont pas souhaitables parce que les ventilateurs conseillés arrivent à marcher à environ 15 W de puissance (branché à un panneau de la puissance nominale de 22 W) et pas de plus. Si on utilise par exemple un panneau de 40 W le ventilateur en utilisera toujours seulement environ 16.

I) LES VENTILATEURS

Les ventilateurs jouent un rôle très important pour le fonctionnement du séchoir. Il est recommandé l'usage de deux ventilateurs avec châssis carré (120 x 120 mm) et épaisseur de 38 mm, d'au moins 6 W de puissance chacun. En vue du fonctionnement avec panneau photovoltaïque les moteurs doivent être en courant continu à 12 V.

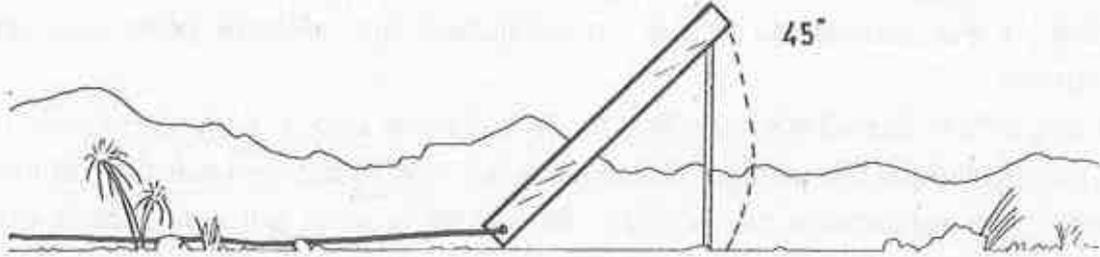
Cet type de ventilateur est recommandé aussi parce que, même si le courant fourni par le panneau photovoltaïque baisse (à cause d'un nuage, ou naturellement quand le soleil est bas) il tourne moins vite mais il ne s'arrête pas. Avec seulement 3 - 4 W il commence à tourner un peu. Naturellement les 4 W ne sont pas suffisant pour obtenir le séchage du produit, mais il faut considérer qu'il est mieux d'utiliser un ventilateur qui possède cette élasticité de fonctionnement.

Il ne faut pas utiliser des ventilateurs trop puissants parce que si l'énergie fournie par le panneau photovoltaïque descend au-dessous de 6 - 7 W ils peuvent s'arrêter de tourner. Par exemple, les ventilateurs de radiateur de voiture et ceux qui sont utilisés pour le système de ventilation d'origine dans les véhicules, ne sont pas adaptés aux exigences du séchoir, parce qu'ils absorbent beaucoup de courant et ils s'arrêtent de tourner si la puissance fournie est en dessous de 8 - 10 W. Certains modèles ne démarrent même pas. Il faut donc utiliser le type de ventilateur conseillé pour un bon fonctionnement de l'unité de séchage.

1^{ERE}
PHASE



8h00
10h30



2^{ERE}
PHASE

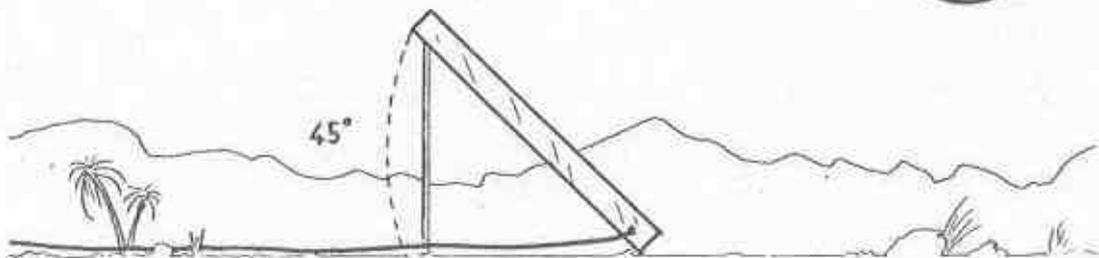


10h30
13h30



3^{ERE}
PHASE

13h30
17h00



3.2 DESCRIPTION DE LA FABRICATION

Ici sont reportés quelques conseils pratiques sur la construction du séchoir solaire Icaro. Pour chaque partie qui compose le séchoir, on donne une petite description des opérations à exécuter.

I. Capteur

1. Couper les barres intercalaires aux dimensions indiquées
2. Tailler sur les 2 panneaux le coulisseau
3. Pointer les barres d'équerre sur l'un des panneaux
4. Poser le deuxième panneau tout en prêtant attention aux entailles et souder. Pointer avant de souder et faire attention aux déformation de la tôle au soudage.
5. Couper les pieds et les souder

II. Chambre de séchage

1. Monter l'ossature des façades, porte, étagères.
2. Couper les pieds de la face arrière et les assembler aux pieds des portes étagères.
3. Préparer et monter les barres d'encadrement puis les étagères afin de stabiliser la structure. Les supports des étagères peuvent aussi être fabriqués à partir de tôle pliée à L soudée à l'intérieur des panneaux. De toutes façons, à la fin de la réalisation, on ne doit pas avoir des parties où l'air puisse passer hors des claies ou hors des côtés des supports du plateau diffuseur. Si les étagères ou le diffuseur n'adhèrent pas parfaitement aux parois, il faut fermer ces passages d'air.
4. Préparer les cadres de la porte et du chapeau (toit).
5. Poser les panneaux.

III. Tétraèdre d'aération

1. Tracer le tétraèdre sur une tôle en suivant minutieusement les mesures et les formes des entailles.
2. Mettre les ventilateurs à leurs place dans les ouvertures de la paroi frontale
3. Assembler les trois pièces.

IV. Le plateau diffuseur d'air

1. Couper le tôle et forer les trous aux endroits précis.
2. Encadrer et renforcer le plateau pour éviter toute flexion

V. Les panneaux réflecteurs

La fabrication des réflecteurs est très simple, mais il faut faire très attention au choix de la matière.

Pour ce faire, il est recommandé d'utiliser de la tôle aluminium ou à défaut de la tôle galvanisée de faible épaisseur.

Ainsi, il suffit de couper les panneaux aux dimensions requises, éliminer toutes les bavures (mesures de sécurité) et souder les supports à la place indiquée.

Pour les tubes soudés au collecteur et devant porter les panneaux, il est préférable de souder ceux-ci en présentant les panneaux afin d'éviter toute erreur qui provoquerait après des difficultés d'emboîtement.

VI. Les grilles de séchage

Il y a plusieurs façons de réaliser les claies. Il est possible de réaliser une claie pour chaque étage (total: 5 ou plusieurs claies) où même deux claies plus petites pour chaque étage (total: 10 claies ou plusieurs).

Une des façons de construction est d'utiliser du métal déployé, mécano soudé de maille moyenne et à surface assez lisse. Dans ce cas, il faut encadrer les grilles de fer plat pour assurer un bon coulissement. Pour disposer les aliments à sécher sur ce type de claie il faut prévoir l'utilisation d'un filet plastique amovible, type moustiquaire. Le filet permet aussi de ramasser les denrées séchées très vite, en l'utilisant comme un sac. De plus le filet moustiquaire peut être facilement lavé.

VII. Peinture

1. Polir tout l'extérieur du système à la meuleuse, ôter les bavures et bien nettoyer avec un dégraissant.
2. Utiliser de la peinture antirouille et après de la peinture noire mate additionnée à un diluant.
3. Peindre au pistolet en faisant au moins deux couches.

VIII. Pour toutes les parties

En vue de remédier à des défaillances dues à la qualité des matières utilisées, certaines améliorations peuvent s'avérer nécessaires. Cela peut concerner les cas suivants:

1. Manque de stabilité du système
2. Jeux pas assez ou trop grands
3. Fragilité du système

L'ossature du séchoir peut être faite avec du profilé carré ou rectangulaire à la condition expresse de tenir compte de différentes dimensions.

Partie C - Utilisation

4 UTILISATION - CONSEILS PRATIQUES

4.1 A QUI EST DESTINE LE SECHOIR

Selon nos expériences, le séchoir pourra être utilisé principalement par trois catégories d'utilisateurs:

1. les coopératives, qui pourront les mettre a disposition des communautés, soit à travers la location soit gratuitement à travers les coopérateurs;
2. les familles qui ont une production agricole d'une certaine importance;
3. les promoteurs de micro entreprises qui pourront vendre leurs produits une fois séchés.

4.2 COMMENT INSTALLER LE SECHOIR

Lorsqu'on installe le séchoir, on doit tout d'abord faire attention à ce que le terrain sur lequel il va être posé soit assez régulier (sans cailloux ou dénivellements trop importants qui peuvent faire basculer ou incliner la chambre de séchage).

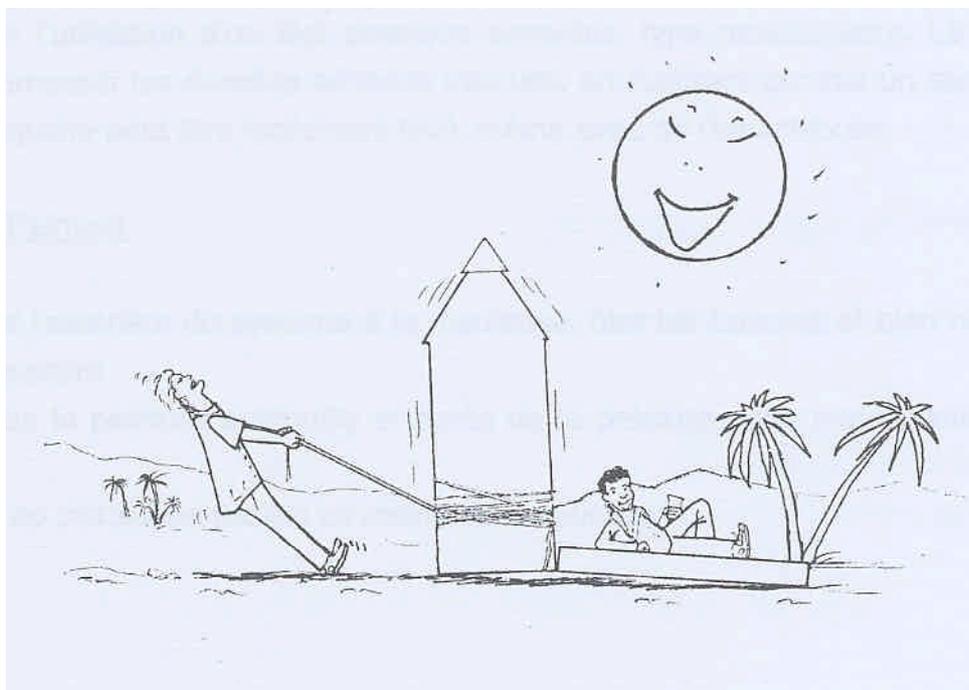
En utilisant la méthode qu'on aura retenue lors de la fabrication (boulons ou élastiques - comme la chambre à air de camion ou véhicule) on accroche le tétraèdre au capteur solaire, et ce dernier à la chambre de séchage. Ensuite, on peut placer les claies avec les aliments sur leurs supports. On installe alors le panneau photovoltaïque sur la direction qui aura le soleil à la moitié de la matinée. A ce propos il serait souhaitable de toujours débiter le séchage très tôt le matin, pour que le processus complet puisse se faire en deux journées.

Le séchoir doit être installé en plein soleil, il ne doit pas être mis à l'abri de tout objet (arbre, maison, hangar, etc.) pouvant projeter son ombre sur Icaro à un moment ou à un autre de la journée. Lorsque l'installation est terminée, on s'assure que:

1. le diffuseur est bien monté
2. les claies sont toutes à leur place

3. la porte est bien fermée
4. le panneau photovoltaïque est correctement branché et orienté (au matin en direction de la position que soleil aura vers 9 h 30).

Le capteur solaire doit être placé de préférence avec une inclinaison de 10-15 degrés.



4.3 QUELQUES INDICATIONS SUR LA PREPARATION DES ALIMENTS AU SECHAGE

On vous donne ici quelques renseignements sur comment préparer correctement les aliments pour un séchage efficace avec Icaro.

Du moment qu'Icaro fait le séchage à l'abri du soleil, la préparation des aliments est une condition essentielle au bon déroulement du séchage.

Tous les produits maraîchers et les fruits doivent être réduits en tranches. La viande donne de bons résultats quand elle est préparée en tranches fines comme le kilichi.

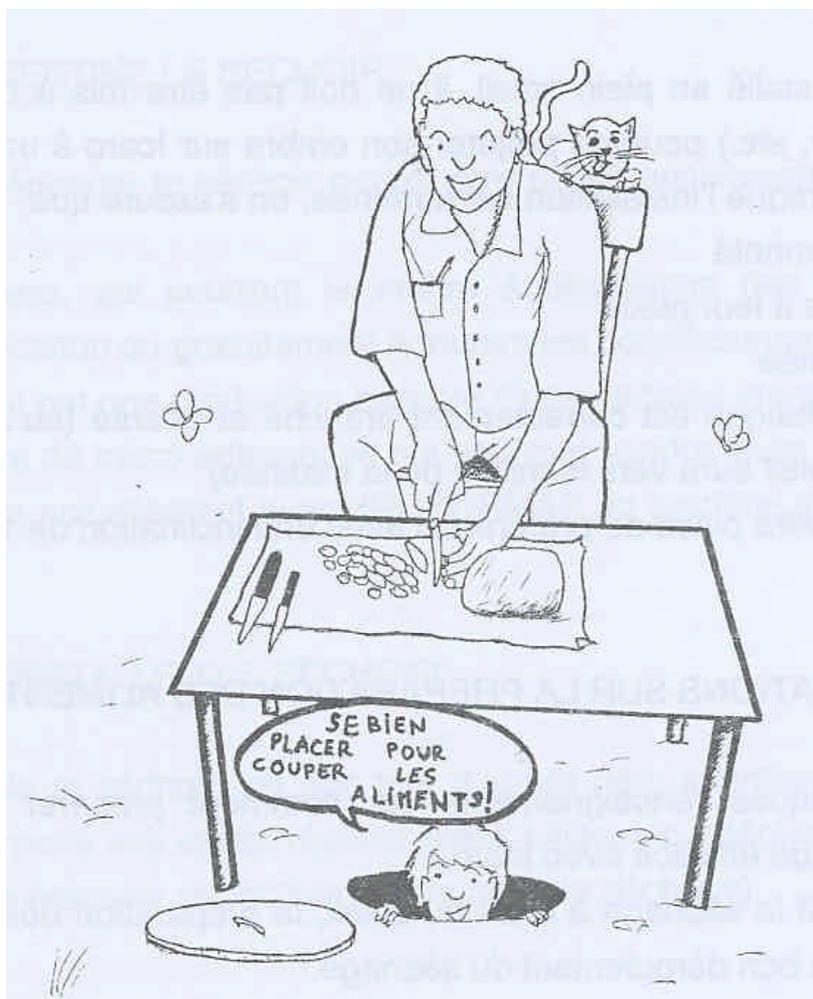
De manière générale, il faut que les tranches des aliments ne soient pas trop épaisses. Pour certains aliments faciles à sécher, comme le gombo, l'épaisseur peut arriver jusqu'à 5 millimètres. Par contre, pour les aliments plus difficiles à sécher l'épaisseur doit être réduite, comme dans le cas de la tomate, qui doit être coupée en tranches de 2 mm seulement.

Disons que l'épaisseur moyenne des tranches de fruits et légumes à sécher avec Icaro ne

devrait pas dépasser 2 - 3 mm.

Pour obtenir un séchage uniforme il faut aussi que l'épaisseur des tranches soit le plus possible uniforme, c'est-à-dire que les tranches doivent être coupées avec attention, pour ne pas mettre à sécher un mélange de tranches fines et de tranches épaisses.

Cet dernier point est très important, parce que s'il y a des tranches pas bien coupées, elles peuvent ne pas sécher suffisamment le premier jour et commencer à s'altérer et à pourrir pendant la nuit. Si le jour après, à la fin du séchage, on met ensemble du bon produit avec quelques tranches pourries la conservation de tout le produit sera difficile, parce que l'humidité des tranches trop épaisses et pourries et les micro-organismes qui se sont développés dans ces mêmes tranches auront une mauvaise influence sur la totalité du produit, avec comme résultats une piètre qualité générale et un temps de conservation réduit.



D'une manière plus précise, nous suggérons:

I. Oignon

1. Prendre l'oignon, enlever la peau extérieure.
2. Couper et enlever les parties en haut et en bas (on enlève toutes les parties dures et on les sèche à part).
3. Couper l'oignon en tranches transversales épaisses 2 - 3 mm, ou en 4 - 8 gousses épaisses.
4. Défeuiller les tranches pour obtenir nombreuses anneaux (rondelles) ou gousses subtiles
5. Disposer sur les quatre claies en mesure d'environ 1,5 kg pour chaque claie.

Pour préparer les oignons vite il faudrait travailler en 3 - 4 personnes, dont 2 - 3 coupent et 1 apprête les rondelles.

II. Chou

1. Prendre le chou et le couper en quatre ou en six parts.
2. Couper chaque partie en tranches de 1- 1,5 cm. d'épaisseur.
3. Defeuiller chaque tranche et la disposer sur les claies.

III. Tomate

1. Prendre la tomate et la couper en moitié.
2. Prendre chaque moitié et la pressée afin de faire couler le jus en plus.
3. Couper la tête de chacune partie.
4. Couper des tranches de 2- 3 mm. d'épaisseur
5. Huiler les claies avant de disposer les tranches de tomate, afin d'éviter que les tranches mêmes se attachent à les claies.

IV. Carotte

1. Prendre la carotte et la peler.
2. Enlever les deux extrémité.
3. Couper des tranches de 3 mm d'épaisseur.
4. Les disposer sur les claies.

V. Banane

1. Peler la banane.
2. Enlever les deux extrémité.
3. Couper des tranches de 5 mm environ d'épaisseur.
4. Plonger les tranches dans une solution contenant de l'acide citrique, par exemple du jus de citron, afin d'éviter leur le rembrunissement.
5. Disposer les tranches sur les claies.

VI. Gombo

1. Nettoyer.
2. Enlever la partie finale.
3. Couper des tranches épaisse environ 4-5 mm.
4. Disposer les tranches sur les claies.

VII. Viande

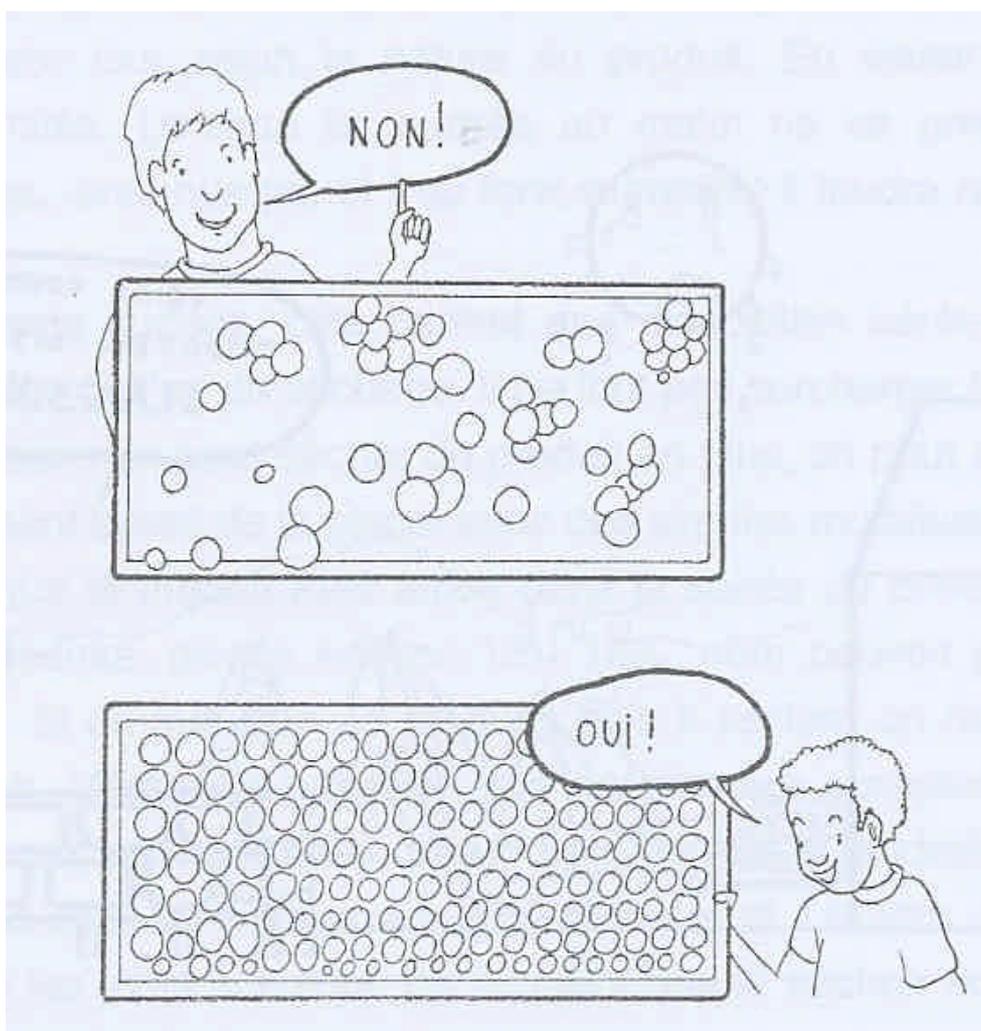
1. Couper la viande comme on fait d'habitude pour le Kilichi.
2. Disposer les tranches sur les claies.

VIII. Poivron vert

1. Nettoyer le poivron et enlever les deux bouts
2. Vider l'intérieur (graines etc.)
3. Couper en rondelles de 3 – 5 mm ou en fines tranches
4. Disposer sur les claies

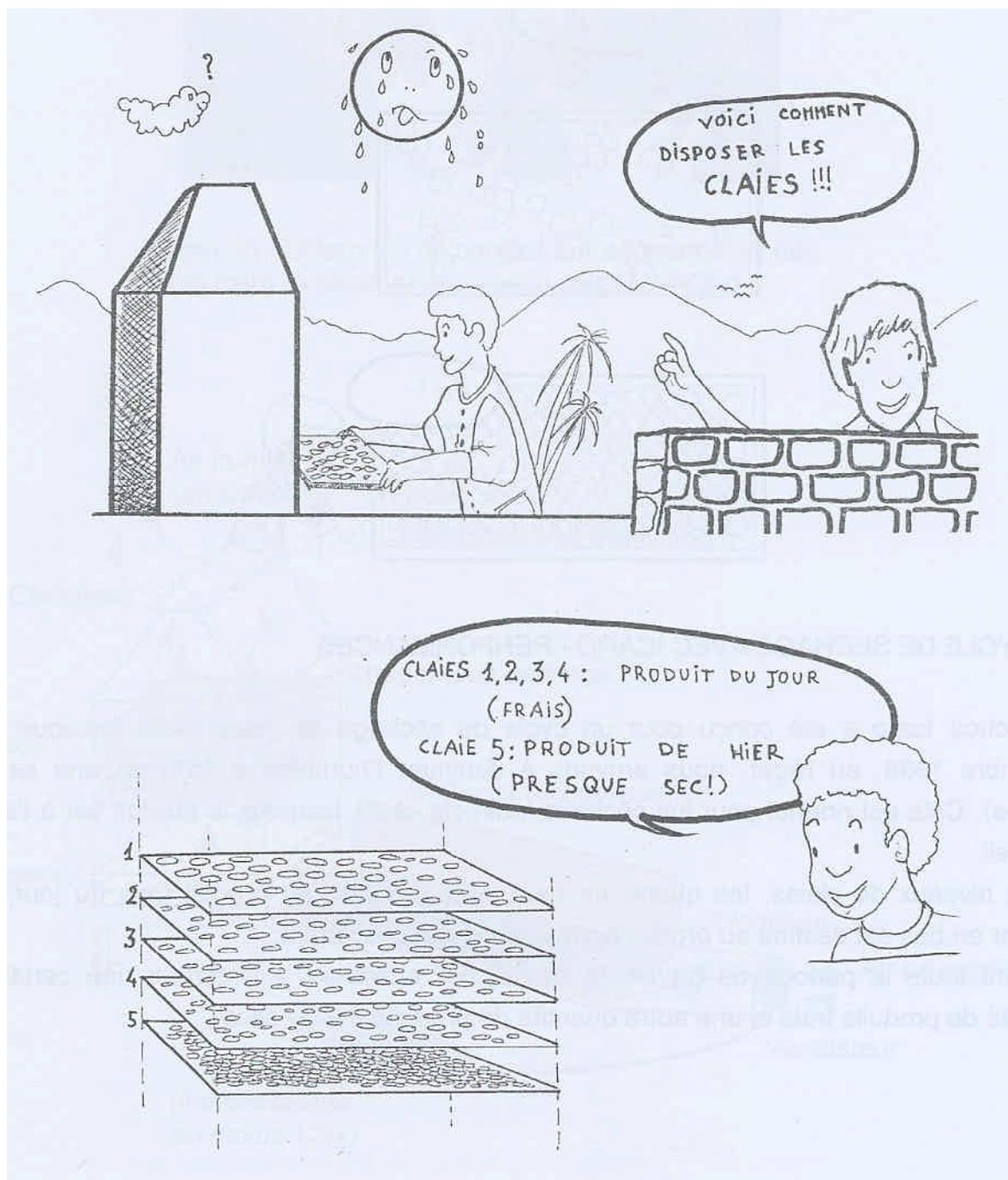
4.4 COMMENT REMPLIR LES CLAIES

Après avoir préparé les produits alimentaires en les coupant d'une façon correcte et avoir enlevé les claies du séchoir, il faut d'abord disposer les produits sur chaque claie en faisant attention à ne pas mettre les tranches l'une sur l'autre, ou même sur le bord de la claie, la disposition devant être la plus régulière possible. Pour faciliter cette disposition, on peut faire des alignements comme montre l'image.



4.5 CYCLE DE SECHAGE AVEC ICARO - PERFORMANCES

Le séchoir Icaro a été conçu pour un cycle de séchage de deux jours (quoique en novembre 1998, au Niger, nous arrivons à diminuer l'humidité à 15% en une seule journée). Cela est normal pour les séchoirs indirects, dans lesquels le produit est à l'abri du soleil.



Des 5 niveaux de claies, les quatre en haut sont destinés au produit frais du jour, le premier

en bas est destiné au produit demi-sec du jour précédent.

Pendant toute la période de travail de l'unité, on retrouvera à l'intérieur une certaine quantité de produits frais et une autre quantité de produits demi - secs.

Les opérations à faire chaque matin vers 8 heures sont les suivantes:

1. ouvrir le séchoir
2. enlever le produit sec de la première claie en bas
3. déplacer le produit demi - sec des quatre claies en haut sur la première claie en bas
4. remplir les quatre claies en haut de produit frais
5. fermer le séchoir et orienter correctement le panneau photovoltaïque (voir chapitre spécifique)
6. emboîter les réflecteurs de manière à ce que le soleil matinal se reflète sur le capteur.

Il est possible aussi d'enlever le produit déjà sec le soir avant, de façon à ce qu'il ne passe pas la nuit dans le séchoir; dans ce cas seulement le produit demi - sec sur les quatre claies en haut qui passe la nuit dans le séchoir.

Il est très important que la quantité de produit frais mise à sécher soit la quantité indiquée comme techniquement correcte. Le séchoir est conçu pour un cycle de séchage de 2 jours. La quantité de produits qu'on peut sécher est variable en fonction de la saison (plus ou moins chaud, plus ou moins humide), de l'épaisseur des tranches et de la nature du produit. En général en saison humide (octobre) on peut sécher environ de 5 à 10 kg de produit frais par jour selon la nature du produit. En saison sèche on pourra augmenter ces quantités. Lorsque la journée au matin ne se présente pas comme favorables au séchage, avec nuages et / ou forte humidité, il faudra réduire les quantités indiquées.

Les claies ont une large surface: cela permet une disposition aérée des produits pour garantir un bon passage de l'air de séchage. Il ne faut pas surcharger les claies. Si on voit qu'en certaines conditions on peut sécher du produit en plus, on peut ajouter une claie en haut (on a expressément laissé de la place) avec des simples modifications.

Il est très important que le produit frais arrive dans la soirée du premier jour à atteindre une humidité assez réduite, disons environ 12 - 18%, pour pouvoir passer la nuit sans risques de pourriture. Si on met trop de produits frais à sécher, on risque d'avoir encore trop d'humidité le soir. Même s'il passe la nuit de manière acceptable, on risque que les deux jours prévus ne soient pas suffisants à atteindre un bon résultat. Il faudrait alors un troisième jour de séchage, mais ainsi on aura une qualité moindre et il faudra diminuer la quantité de produits frais pour les jours suivants, du moment que le séchoir sera toujours

occupé par un produit pas encore sec.

Il faut donc faire attention à ne pas surcharger le séchoir. Les quantités de 5 - 10 kg pour les produits maraîchères et de 6 kg pour la viande (voir la Table 1) indiqués sont une garantie de bon séchage, mais elles peuvent être augmentés selon l'expérience pratique et les résultats obtenus en différentes situations, en respectant le principe d'obtenir un produit de bonne qualité en deux jours.

Pour terminer on peut rappeler aussi aux utilisateurs du séchoir de ne pas ouvrir la porte de la chambre pendant le séchage des produits, afin d'éviter une dispersion inutile d'air chaud et conjurer donc une plus longue permanence des aliments dans le séchoir.

Table 1 - Produit séché par jour en saison posthumide (température maximale du jour: 36 degrés, humidité moyenne du jour: environ 45%) selon les premiers tests conduits au CNES et au PROFORMAR dans le mois d'octobre.

La capacité de séchage est aussi destiné à augmenter en dans l'utilisation en saison sèche.

Produit	kg de produit
Banane	5,0
Carotte	5,0
Chou	8,0
Gombo	5,0
Haricot	5,0
Oignon	10,0
Poivron vert	5,0
Tomate	4,8
Viande (kilichi)	5,0

Table 2 - séchage des produits avec Icaro au R.D.F.N. (Niamey) du 20 mars au 8 avril 2000 (saison sèche)

Produit	kg de produit frais	poids séché
Banane	10	1,500
Carotte	10	1,400
Chou	12	1,200
Gombo	10	1,175
Mangue	13	2,275
Oignon	17	1,700
Poivron	15	0,750
Tomate	16	1,150
Viande (kilichi)	10	1,600

Le séchoir a aussi été utilisé pour le séchage d'herbes médicinales. Parmi les autres, des expériences sur feuilles de Sabara, conduites à Niamey ont donné des bons résultats en séchant de 19 à 30 kg de produit frais pour obtenir de 1,875 à 2,950 kg de produit sec.

4.6 LE NETTOYAGE

Il est vivement conseillé de nettoyer chaque claie avec de l'eau après l'avoir enlevé de la chambre de séchage. Avant de disposer les produits sur les claies s'assurer que le filet soit bien sec.

Tous les matins il faut impérativement épousseter la surface du panneau photovoltaïque et du capteur solaire, parce que la poussière est un obstacle fort aux rayons du soleil. La poussière très fine du Sahel déposée sur l'absorbeur et le panneau baisse l'efficacité de ces derniers et limite les performances si n'est pas enlevé tout les jours.

De temps en temps, il faut aussi regarder que dans le capteur et l'antichambre il n'y a pas d'insectes, de résidus végétaux ou poussières et que des substances alimentaires ne soient pas tombées dans le diffuseur de flux.

Un nettoyage correct et régulier du séchoir est indispensable pour garantir dans le temps la qualité des produits alimentaires et même pour une meilleure conservation de l'unité.

4.7 ENTRETIEN DU SECHOIR

Le conseil le plus important que l'on puisse donner aux menuisiers métalliques et, plus en général, à tout le personnel travaillant dans les ateliers de fabrication, avant de commencer l'assemblage du séchoir, c'est de peindre la tôle avec de l'antirouille, afin d'éviter que la pluie puisse endommager considérablement l'ensemble. La peinture devra être reprise de temps en temps pour garantir une protection efficace.

Aux utilisateurs, on peut recommander de ne pas laisser le séchoir en plein air en saison des pluies, particulièrement en ce qui concerne le ventilateur et le panneau photovoltaïque.

Si on respecte quelques petites règles élémentaires, d'ailleurs analogues à celles qu'on pourrait préconiser pour tout équipement de ce type, la durée de vie maximale de l'unité sera garantie.

Nous n'avons pas de données sur la durée de vie du séchoir, celui-ci étant en service depuis trop peu de temps, mais, compte tenu des matériaux de construction, on peut estimer la durée du séchoir à 15 ans. Naturellement les parties en mouvement, comme le ventilateur, peuvent s'user ou casser. Une unité similaire à Icaro est en fonction depuis 1993 dans l'aire de recherche du CNES à Niamey et au moment de la préparation de ce manuel (1998) elle n'a pas encore eu de problèmes, même au niveau du ventilateur (dont le prix d'achat, au Niger, est actuellement de l'ordre de 4000 FCFA).

BIBLIOGRAPHIE

- AA. VV. - A survey of solar agricultural dryers (1975), Brace Research Institute, Québec, Canada
- Piccarolo P. - Solar energy systems for drying agricultural by- products - EUR 8816 EN/IT Commission of European Communities - Brussels (1983)
- Daguenet M. - Les séchoirs solaires: theorie et pratique, (1985) UNESCO
- Yaou Y., Radjikou Z., Durant J. M. - Conception et essais de séchoirs solaires pour aliments au Niger, Colloque de Dakar (21 - 24 july 1986)
- Mkpadi M.C. - Energy for agriculture in Nigeria-a future problem - Energy in Agriculture vol 6, n.3 (1987)
- Muhlbauer W., Lutz K. - Solar drying of fruits and vegetables in developing countries - International conference on agricultural engineering 2-5 march Paris (1988)
- Themelin A., Griffon D., Hebert J.P. - Design, setting up and experimentation of solar dryers for tropical products in hot areas - 6th international drying symposium 5-8 september (1988)
- AA. VV. - Actes du seminaire international sur le sechage solaire - Ouagadougou, Burkina Faso 5-10 june (1989)
- Sankat C.K., Rolle R.A. - The performance of natural convection solar dryers for copra production. Canadian Agricultural Engineering vol 33 n.1 85-91 (1991)
- Bechis S., Piccarolo P. - Impianti mobili fotovoltaici al servizio di aree marginali - Actes du V convegno nazionale AIGR Maratea (PZ), Italie, 7-11 juin 1993.
- Abac-Geres - Coquillages sahéliens. Systèmes Solaires 110, 1994.
- Bechis S., Piccarolo P. - Simplified solar dryer for food with extract ventilation designed for Sahel - Proceedings of the conference AgEng 94, Milano, 29 August - 1 September 1994, vol. 2 processing, storage and packaging 443-450
- Bechis S., Piccarolo P., Fodé M., Hamadou A. - Experiments on meat drying by means of natural and forced convention dryers - Nigerian Journal of Renewable Energy Vol.4, No.1, 1996. 37-41
- Bechis S., Piccarolo P., Fodé M., Hamadou A. - Premiers resultats sur l'experimentation de séchoirs solaires en milieu tropicale, Rivista di Ingegneria Agraria (1997), 2, 65-72
- Bechis S., Piccarolo P. De Andreis F. - simplified solar dryer for sahel with forced

ventilation powered by a pv module - Actes de la 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, Vienne, Autriche, 6 - 10 juillet 1998

REMERCIEMENTS

On veut bien remercier Mr. Thomas A. Lawand et tout l'Institut de Recherches Brace pour les précieux conseils techniques et la disponibilité démontré en occasion d'une semaine de permanence d'une mission du DEIAFA chez leur Institut.

Un remerciement particulier va à Paolo Giglio, chef de projet PROFORMAR qui a co-financé le projet et a très activement participé au développement de l'unité notamment du point de vue des matériaux à utiliser et de la définition de la façon de construire Icaro la plus proche à les possibilités des atelier moyens de la région du Sahel.

L'équipe du DEIAFA-MA qui a travaillé sur ce projet a été composé par:

Prof. Pietro Piccarolo - supervision

Dr. Stefano Bechis - idéation, projet, construction, conduction des tests, écriture manuel

Dr. Remigio Berruto - projet, réalisation des dessins techniques avec ProEngineer

D.ssa Angela Calvo - organisation

collaborateurs:

Dr. Filippo De Andreis - construction, conduction des tests

Eric Olivier Bonora - réalisation dessins à main libre, écriture manuel, pochette

CONTACTS:

DEIAFA Sez. Meccanica agraria

via Leonardo da Vinci 44

10095 GRUGLIASCO (TO) - ITALIE

tél. +39 011 6708589

fax +39 011 6708591

e-mail stefano.bechis@unito.it

CNES

B.P. 621

NIAMEY - NIGER

tél. et fax +227 723923

e-mail cnes@intnet.ne

SYRENE (Systèmes Ruraux et Micro entreprises) FED, 8 ACP NIR 056

Agence de Contrepartie Nationale: Direction de la Promotion de l'Artisanat - MA/T

B.P. 10.388

NIAMEY - NIGER

tél. +227 723005

fax +227 741355

e-mail profor@intnet.ne