

# **AT** MICROFICHE REFERENCE LIBRARY

A project of Volunteers in Asia

Fichier Encyclopedique du Developpement Rural  
No. 24 (sample issue); and Catalogue des fiches  
disponibles au 1er Mars 1982

Published by:

Groupe de Recherche sur les Techniques Rurales  
34, rue Dumont d'Urville  
75116 Paris  
France

In French only. Paper copies of this periodical,  
printed four times each year, are 60 French francs  
per year.

Available from:

Groupe de Recherche sur les Techniques Rurales  
34, rue Dumont d'Urville  
75116 Paris  
France

Reproduced by permission of the Groupe de  
Recherche sur les Techniques Rurales.

Reproduction of this microfiche document in any  
form is subject to the same restrictions as those  
of the original document.

POUR LE DÉVELOPPEMENT  
RÉSEAU DE COMMUNICATION

Fichier technique  
du  
développement

Catalogue des fiches disponibles  
au 1er Mars 1982

**G.R.E.T.** GROUPE DE RECHERCHE ET D'ÉCHANGES TECHNOLOGIQUES  
34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

## QU'EST-CE LE FICHIER TECHNIQUE DU DEVELOPPEMENT ?

### LES FICHES TECHNIQUES

Les fiches techniques que publie le GRET depuis 1977 couvrent de nombreux secteurs (agriculture, énergie, eau, habitat, santé...). Elles décrivent, schémas à l'appui, une technique, une machine, un outil, une plante cultivable, un matériau de construction, etc... Près de 600 fiches ont été produites jusqu'ici.

#### POUR UNE CULTURE TECHNIQUE ALTERNATIVE :

Les fiches donnent à tous ceux qui font le développement une idée de la multiplicité des choix techniques. Confronté à un problème, on ne pense encore trop souvent qu'à une ou deux solutions, par manque d'informations. Les fiches que nous proposons facilitent l'accès à d'autres techniques, différentes de celles proposées par les systèmes éducatifs et les organisations commerciales. Ainsi les fiches peuvent aussi bien décrire une technique moderne qu'une traditionnelle.

#### UN VASTE RESEAU DE COMMUNICATION :

Les fiches proposent des techniques qui ont été appliquées dans d'autres pays, ou d'autres continents, ou à 50 km... Elles contribuent à mettre en contact ceux qui connaissent ces techniques et ceux qui veulent les connaître. Une fiche n'apporte jamais toute l'information nécessaire à la solution d'un problème. Mais vous trouvez en haut et à gauche le nom et l'adresse de l'organisation qui a, la première, publié cette information. Vous trouvez aussi dans le cadre "Compléments d'information" des adresses ou des références. N'hésitez pas à écrire, à demander de plus amples informations.

### LES FICHES-REPERTOIRES

Les fiches-répertoires sont bleues et vous proposent des listes d'adresses de centres de recherche, de fabricants de tel ou tel matériel, de lieux où certaines expériences ont été tentées. Certaines présentent aussi des bibliographies.

#### IL EXISTE DES FICHES SIMILAIRES EN ESPAGNOL ET PORTUGAIS :

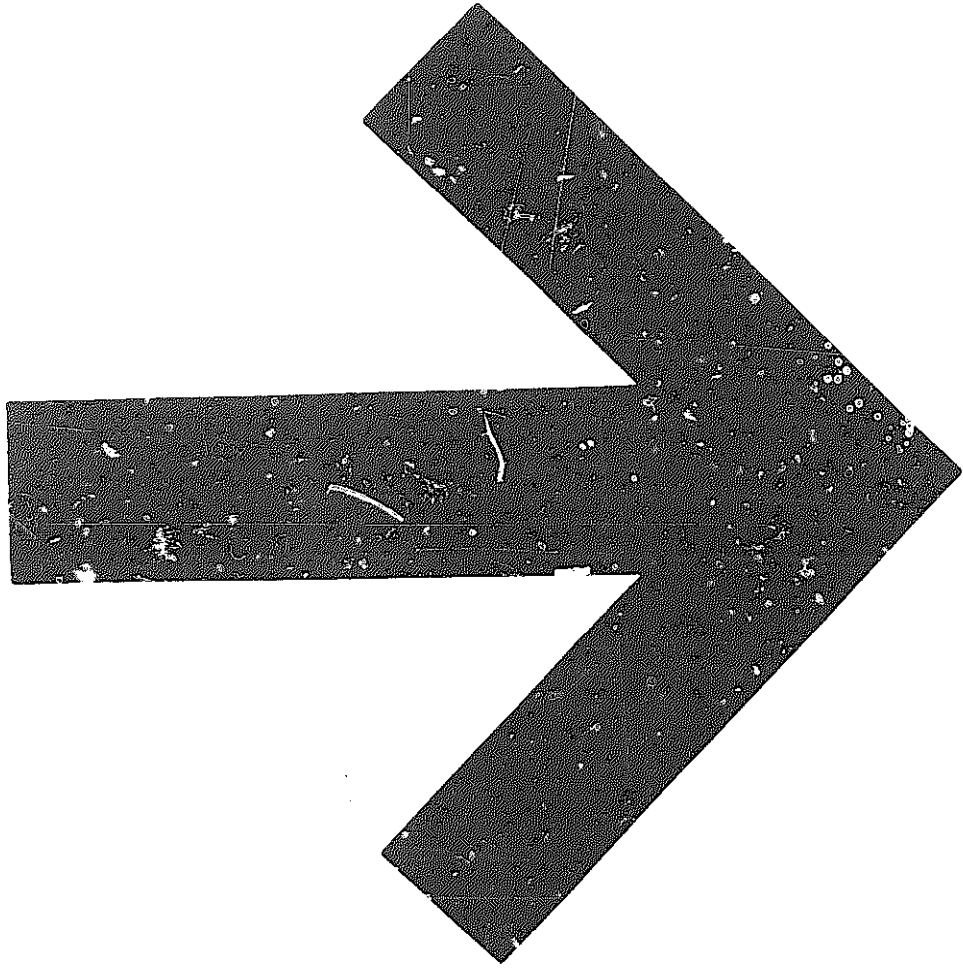
Certains organismes publient des fiches dans d'autres langues. Ils traduisent librement les fiches publiées par le GRET et celui-ci peut traduire également les fiches qu'ils publient.

Pour le Portugais :

EMBRATER (PCDTA)  
Av. W3 Norte, Q. 515  
CEP 70770 BRASÍLIA  
Brésil

Pour l'Espagnol :

CETAL Chile  
Casilla 197-V  
VALAPARAISO  
Chili



SOMMAIRE

Qu'est-ce que le fichier technique du développement.....	2
Comment classer les fiches.....	4
Plan de classement SATIS.....	5
Liste des fiches techniques.....	6
Liste des fiches "répertoire".....	20
Comment se procurer les fiches.....	22
Bulletin d'abonnement/de commande.....	23

## COMMENT CLASSER LES FICHES TECHNIQUES ?

Le plan de classement SATIS<sup>(1)</sup> est né de la rencontre, dès 1976, de plusieurs groupes de "technologie appropriée" de nationalités différentes. Tous rencontraient plus ou moins de problèmes de classement de leur documentation. Les plans de classement utilisés habituellement étaient trop vastes (CDU, Dewey) ou trop spécialisés.

Aussi ont-ils décidé de mettre en commun leurs efforts pour arriver à un plan original et adapté. La version complète de ce plan tient en plusieurs dizaines de pages. Nous utilisons pour classer les fiches techniques la version abrégée ci-contre, qui suffit pour le moment.

Chaque fiche reçoit une "cote SATIS" formée de trois chiffres. Le premier désigne le macro-groupe auquel elle appartient, le second le groupe, le troisième le sous-groupe. Cette cote est indiquée dans le cadre "classification" pour les fiches éditées récemment.

Pour classer une collection de fiches, il suffit de réaliser des intercalaires en carton portant les cotes retenues dans le plan ci-contre. La fiche cotée 448 a sa place entre les intercalaires cotés 44 et 45. La fiche cotée 532 se place entre les intercalaires 532 et 533.

(1) S A T I S : Socially Appropriate Technology  
Information System  
(Système d'information sur les techniques socialement appropriables)

PLAN DE CLASSEMENT SATIS

(version abrégée utilisée pour le classement des fiches techniques)

1. HOMME ET SOCIÉTÉ

- 14 Etablissements humains
- 15 Transports et distribution
- 16 Communication et information
- 17 Éducation
- 18 Santé

2. ÉNERGIE

- 22 Biomasse
- 221 Biogaz
- 225 Combustibles solides
- 23 Énergie solaire directe
- 232 Chaleur solaire
- 233 Réfrigération solaire
- 234 Cuiseurs solaires
- 235 Distillation et dessalement solaire
- 236 Pompes solaires
- 237 Séchoirs solaires
- 24 Énergie éolienne
- 25 Énergie hydraulique
- 27 Énergie musculaire

3. EAU ET ASSAINISSEMENT

- 30 Généralités
- 31 Eau de surface
- 32 Eau du sous-sol
- 33 Exhaure
- 332 Pompes à main
- 333/337. Autres pompes
- 34 Approvisionnement en eau
- 35 Traitement de l'eau
- 36 Assainissement

4. AGRICULTURE

- 41 Équipement général
- 42 Travail au sol
- 423 Irrigation et drainage
- 424 Fertilisation
- 425 Travaux du sol
- 43 Techniques et équipements par opérat.
- 431 Semis et traitement des graines
- 433 Protection des cultures
- 434 Récolte et post-récolte

- 44 Productions spécifiques
- 45 Élevage
- 455/6 Lapins et volailles
- 457 Apiculture
- 47 Aquaculture et pêche

5. PRODUCTION ALIMENTAIRE

- 52 Techniques de préparation alimentaire
- 521/2 Cuisine (ustensiles) et cuisson
- 523-527 Traitement des aliments (déshydratation, concentration, réfrigération, distillation, stérilisation)
- 528 Mouture et décorticage (trituration)
- 53 Opérations techniques par produit
- 531 Céréales et féculents
- 532 Fruits et légumes
- 533 Traitement des plantes à huile et production d'huile
- 534 Sucre et miel
- 535 Boissons et liquides
- 536 Produits animaux
- 54 Emballage, transport et stockage

6. INDUSTRIE, ARTISANAT, SERVICES

- 62 Transformation des textiles et du cuir
- 63 Transformation du bois
- 64 Production et transformation du papier
- 65 Produits chimiques
- 67 Production et travail des métaux

7. CONSTRUCTION, HABITAT

- 71 Techniques architecturales
- 72 Matériaux de construction
- 721 Terre, briques, tuiles
- 723 Ciment, ferrociment, béton
- 724 Chaux, gypse, plâtre, soufre
- 725 Bois, bambou, herbes, chaume
- 73 Éléments de construction (murs, toits)
- 74 Services techniques (plomberie, élect.)
- 75 Autres constructions (routes, ponts...)

## Liste des fiches techniques parues dans les fascicules 1 à 24

### 1. HOMME ET SOCIÉTÉ

#### 14. Etablissements humains, généralités

- T190 *Fabrication d'appareils simples de visées topographiques* (7)  
T295 *Fabrication d'appareils simples de visées topographiques* (11)  
T491 *Appareil permettant de mesurer les distances* (20)

#### 15. Transports et distribution

- T319 *Téléphérique gravitaire pour marchandises* (12)  
T377 *La charrette bovine*  
T397 *Essai d'utilisation de la sciure pour le "gonflage" des pneus* (16)  
T420 *Charrette pouvant être tirée par un animal (300 kg)* (19)  
T421 *Charrette à boeufs utilisant des roues de voiture* (19)  
T422 *Charrette à boeufs de type "Wananchi" (600 kg)* (19)

#### 16. Communication et information

#### 17. Education

(voir fiches méthodes)

#### 18. Santé

- T498 *Lutte contre les mouches domestiques* (20)  
T399 *Plantes médicinales : récolte* (16)  
T400 *Plantes médicinales : séchage et conservation* (16)  
T401 *Plantes médicinales : propriétés thérapeutiques* (16)  
T402 *Constitution d'un herbier : collecte des plantes* (16)  
T403 *Constitution d'un herbier : collecte des données ethnobotaniques* (16)

### 2. ENERGIE

#### 22. Biomasse

##### 221. Biogaz

- T53 *Bio-gaz - gaz de fumier : chargement en continu (pays tempéré)* (6)  
T54 *Bio-gaz - gaz de fumier : chargement en continu grande capacité* (6)  
T55 *Bio-gaz - gaz de fumier : chargement discontinu* (6)  
T56 *Bio-gaz - gaz de fumier : chargement en continu petite capacité* (6)  
T57 *Bio-gaz - gaz de fumier : fermenteur à déplacement expérimental* (6)  
T124 *Bio-gaz - gaz de fumier : principe et facteur de la méthanisation de la matière organique* (6)  
T125 *Bio-gaz - gaz de fumier : fermenteur rotatoire. La maison au méthane* (6)  
T344 *Culture d'algue : Spirulina et production de bio-gaz* (14)  
T429 *Bio-gaz : digesteur continu simplifié (Thaïlande)* (17)  
T434 *Bio-gaz : digesteur simple en continu (Népal)* (17)  
T435 *Bio-gaz de fumier : digesteur simple en continu (Népal)* (17)  
T458 *Bio-gaz : critères de choix d'un type de fermenteur* (18)  
T459 *Bio-gaz - gaz de fumier : réalisation d'un fermenteur sphérique, type chinois* (18)  
T460 *Bio-gaz - gaz de fumier : réalisation d'un digesteur type chinois (forme soucoupe)* (18)  
T461 *Bio-gaz - gaz de fumier : réalisation d'un digesteur type chinois (toit en béton)* (18)  
T462 *Bio-gaz - gaz de fumier : réalisation d'un digesteur type chinois, avec dalles de pierres et pierres* (18)  
T463 *Bio-gaz - gaz de fumier : réalisation d'un digesteur type chinois (parallélépipédique)* (18)



- T464 Bio-gaz - gaz de fumier : vérification de l'étanchéité à l'air et à l'eau, du digesteur (18)
- T465 Bio-gaz - gaz de fumier : installation expérimentale en discontinu (type Boigneville) (18)
- T466 Bio-gaz - gaz de fumier : production de compost enrichi et d'énergie en milieu rural (Haute Volta) (18)
- T486 Biogaz : brûleur à flamme réduite pour réfrigérateur (20)
- T487 Biogaz : dispositifs limitateurs de pression (20)
- T488 Biogaz : dispositif de sécurité : l'arrêt de flamme (20)
- T489 Biogaz : collecte de l'eau de condensation dans les tuyaux de gaz (20)
- T516 Biogaz : une installation en Mayenne (France) 1 (22)
- T517 Biogaz : une installation en Mayenne (France) 2 (22)
- T538 Biomasse : un nouveau couvercle gazométrique (type indien) (23)
225. Combustibles solides
- T183 Utilisation de la sciure de bois comme combustible domestique de longue durée (5)
- T233 Transformation des produits agricoles : combustion des balles de riz (9)
- T333 Le charbon de bois : approche générale de la carbonisation partie I (14)
- T334 Le charbon de bois : approche générale de la carbonisation partie II (14)
- T335 Carbonisation du bois : les meules forestières (14)
- T336 Carbonisation du bois : four à charbon de bois fixe (14)
- T337 Carbonisation du bois : four métallique transportable type "Magnein" (14)
- T490 Dispositif simple pour confection de fagots (20)
23. Energie solaire
232. Chaleur solaire
- T52 Energie solaire : traitement de l'eau, chauffe-eau solaire (Brace Institute) (2)
- T87 Traitement de l'eau : petits chauffe-eau solaire (deux) (1)
- T221 Energie solaire : installation du capteur solaire CATADAS (1) (8)
- T222 Energie solaire : capteur solaire CATADAS (2) (8)
- T232 Energie solaire : entretien du capteur CATADAS
- T279 Construction d'un simple chauffe-eau (12)
- T266 Energie solaire : prototype de four solaire à moyenne et haute température (13)
- T539 Energie solaire : le capteur plan à eau (1) (23)
- T540 Energie solaire : le capteur plan à eau (2) (23)
- T561 Le chauffe-eau solaire : principe d'installation (24)
- T562 Terminologie de la thermique solaire (1) (24)
- T563 Terminologie de la thermique solaire (2) (24)
233. Réfrigération solaire
- T512 Glacière naturelle "Yakh Tchal" (21)
234. Cuiseurs solaires
- T499 Réalisation du cuiseur solaire Lassalle-Sugier (21)
- T500 Réalisation de l'autocuiseur sahélien Lassalle-Sugier (21)
235. Distillation solaire
- T134 Traitement de l'eau : appareil simple pour la distillation solaire (8)
- T136 Production d'eau douce à partir d'eau saumâtre. Distillation solaire : éléments devaluation (11)
- T188 Energie solaire : distillateur solaire (7)
236. Pompes solaires
- T51 Energie solaire. Examen de l'eau. Pompes solaires SOFRETES (2)

237. Séchage solaire
- T176 *Conditionnement pour la conservation des produits : séchoir solaire basculant* (10)
  - T177 *Conditionnement pour la conservation des produits : séchoir solaire (Brace)* (7)
  - T236 *Séchage de céréales : construction d'un séchoir solaire à partir de caisses en bois* (9)
  - T467 *Séchage solaire : principes généraux sur le séchage* (18)
  - T468 *Séchage solaire : le capteur à air* (18)
  - T469 *Séchage solaire : typologie des capteurs à air* (18)
  - T470 *Séchage solaire : les couvertures transparentes de capteurs solaires : fonctions et choix* (18)
  - T471 *Séchage solaire : unités de mesure, définition* (18)
24. Energie éolienne
- T175 *Exhaure de l'eau : éolienne Eolienne Sahores (Modèle 1973)* (7)
  - T564 *Energie éolienne : le vent-énergie fournie par le vent généralités* (24)
  - T565 *Energie éolienne : mesure des caractéristiques du vent sur un site* (24)
  - T566 *Les éoliennes : généralités* (24)
  - T567 *Energie éolienne : les aérogénérateurs de petite puissance* (24)
  - T568 *Eoliennes de pompage* (24)
  - T569 *Energie éolienne : le rotor Savonius* (24)
  - T570 *Eoliennes à axe vertical (autres que Savonius)* (24)
25. Energie hydraulique
- T90 *Energie hydraulique : transmission de l'énergie d'une roue hydraulique* (1)
  - T91 *Energie hydraulique : grande roue hydraulique* (2)
  - T327 *Energie hydraulique : mini-centrale hydraulique "Hydrolec"* (12)
  - T514 *Moulin iranien à roue horizontale et à hauteur de chute entretenue* (21)
  - T515 *Moulin iranien à roue verticale animant un pilon* (21)
27. Energie musculaire
- T154 *Energie humaine : palan très simple* (4)
- 3. EAU**
30. Généralités
- T37 *Mesure des débits* (7)
  - T326 *Energie hydraulique : mesure du débit d'une chute d'eau* (12)
31. Eau de surface
- T21 *Système d'économie de l'eau : réservoirs ensablés* (8)
  - T39 *Utilisation des eaux de ruissellement : système d'accumulation saisonnière. Réservoirs type Botswana* (2)
  - T107 *Utilisation des eaux de ruissellement : système de collecte de l'eau de pluie (Arizona)* (1)
  - T230 *Utilisation des eaux de ruissellement. Utilisation des toitures. Collecte et stockage des eaux de pluie* (9)
  - T258 *Récupération de l'eau de pluie* (10)
32. Eau du sous-sol
- T38 *Utilisation des eaux souterraines. Construction d'un puits profond par creusement manuel* (2)
  - T49 *Utilisation des eaux souterraines : buses pour puits* (2)
  - T50 *Utilisation des eaux souterraines : puits busés Rasulia et Barpoli* (2)
  - T127 *Utilisation des eaux souterraines : aménagement de sources* (1)
  - T171 *Approvisionnement en eau : comment aménager son puits* (6)
  - T229 *Exhaure de l'eau. Idées générales pour l'aménagement des abords d'un puits* (9)

- T357 *Utilisation des eaux souterraines : construction d'un puits en Afrique Tropicale. I. Nord du Mono* (15)
- T358 *Utilisation des eaux souterraines : construction de puits en Afrique Tropicale. II. Sud du Mono* (15)
- T444 *Choix d'un puits ou forage : critères à prendre en considération* (18)
- T518 *Technique de forage d'un puits. Le coffrage articulé* (22)
33. Exhaure
332. Pompes à main
- T20 *Exhaure de l'eau : pompe à chapelets* (8)
- T425 *Exhaure de l'eau : pompe à bouchons (1) fabrication* (17)
- T426 *Exhaure de l'eau : pompe à bouchons(2) suite. Utilisation pour une rive (exemple) et pour un puits* (17)
- T43 *Exhaure de l'eau : pompe à tube* (2)
- T84 *Exhaure de l'eau : pompe à cordes* (2)
- T86 *Exhaure de l'eau : fabrication d'un bras de pompe* (1)
- T101 *Exhaure de l'eau : pompe Salawe* (1)
- T128 *Exhaure de l'eau : pompe improvisée* (1)
- T231 *Exhaure de l'eau : pompe à commande manuelle par câble* (9)
- T437 *Exhaure de l'eau : pompe traditionnelle en bambou (Indonésie)* (17)
- T445 *Élévation de l'eau : pompes manuelles : divers types* (18)
- 333/337. Autres pompes
- T85 *Élévation de l'eau : hydro-pompe Vergnet* (2)
- T129 *Pompe Humphrey* (1)
- T142 *Pompage de l'eau : bélier hydraulique* (7)
- T325 *Exhaure de l'eau : construction d'une pompe actionnée par un manège entraîné par des animaux* (13)
- T492 *Exhaure de l'eau à traction animale : le Délou* (20)
- T506 *Pompe à diaphragme IRRI* (21)
34. Approvisionnement en eau
- T17 *Transport de l'eau : canalisation en bambou* (7)
- T23 *Utilisation des eaux de ruissellement : citernes en ciment* (8)
- T79 *Transport de l'eau : prise d'eau et de fontaine publique en bambou* (1)
- T80 *Transport de l'eau : canalisation en bambou : embranchements et couées à 90°, dérivations et supports de tuyauterie* (1)
- T81 *Transport de l'eau. Construction d'un aqueduc à partir de canalisations en bambou. Chambres de dépression* (1)
- T94 *Utilisation du bambou. Traitement du bambou (1) : âge requis pour la coupe, soins à la coupe, séchage* (1)
- T95 *Utilisation du bambou (2). Traitements préventifs contre les insectes et les champignons* (4)
- T243 *Transport de l'eau : le baril roulant* (10)
- T278 *Construction d'une cruche d'eau de 300 litres* (10)
- T324 *Stockage : construction d'une citerne* (13)
- T511 *Jarre de stockage en mortier armé de fibres de sisal* (21)
35. Traitement de l'eau
- T22 *Eau de boisson : filtre à sable à flux montant* (22)
- T42 *Traitement de l'eau : chloration* (2)
- T251 *Traitement de l'eau : filtre d'eau à base de sable* (10)
- T263 *Utilisation rationnelle des eaux usées* (13)
- T267 *Traitement de l'eau : chloration de l'eau, précautions d'utilisation* (10)
36. Assainissement
- T40 *Traitement des déchets : dalle à la turque avec siphon hydraulique (type Philippines)* (2)
- T41 *Traitement des déchets : le cabinet à compost et le "Biopot"* (2)
- T44 *Traitement des déchets : latrine à trou foré* (2)

T45	Traitement des déchets : cabinet à eau (Aqua-Privy)	(2)
T46	Traitement des déchets : puits perdu et irrigation subsuperficielle	(2)
T47	Traitement des déchets : dalles à la turque simples	(2)
T48	Traitement des déchets : dalle à la turque avec siphon hydraulique (Chiengmai)	(2)
T89	Traitement des déchets : le cabinet à fosse	(2)
T169	Traitement des déchets : dalle en banco	(6)
T170	Traitement des déchets : dalle en béton	(6)
T240	Approvisionnement en eau : lutte contre le gaspillage et la stagnation de l'eau	(12)
T241	Evacuation des matières fécales dans les collectivités rurales	(12)
T260	Construction d'un incinérateur de grande capacité	(13)
T262	Incinérateurs pour ordures ménagères	(13)
T433	Traitement des déchets : latrine à fosse, puits ventilé (Rhodésie)	(17)

#### 4. AGRICULTURE, SYLVICULTURE ET PECHERIES

##### 41. Equipement agricole

T9	Techniques culturales : niveleuse à lame	(4)
T10	Les techniques culturales : matériel de culture. Machine à traction animale la K-NOL	(10)
T11	Techniques culturales : niveleuse à godet	(4)
T14	Techniques culturales : niveleuse à deux lames	(4)
T97	Fabrication de bacs pour la culture des légumes en région saharienne	(1)
T223	Matériel de culture : utilisation de motoculteurs	(8)
T224	Matériel de culture : les motoculteurs légers	(9)
T225	Matériel de culture : motoculteur tropical Bouyer spécialement conçu pour la riziculture irriguée intensive	(9)
T265	Matériel de culture : le tracteur agricole simplifié Pangolin	(10)
T290	Matériel de culture : multiculteur Sine	(11)
T291	Matériel de culture : multiculteur Ariana	(11)
T292	Matériel de culture : tropiculteur Mouzon Nolle	(11)
T376	Matériel de culture : multiculteur Arara	(15)
T413	La charrue à traction animale : principe, différents types réglage	(17)
T414	La charrue à traction animale : principe, différents types, réglage	(17)
T441	Matériel de culture attelée : le joug de garrot pour boeufs de trait	(17)
T483	Matériel de culture : tracteur agricole Tinkabi	(20)
T541	Instrument de mesure des hauteurs et profondeurs	(23)

##### 42. Exploitation du sol

T100	Les techniques culturales : protection des palmeraies contre le vent	(1)
T355	Maintien de la fertilité : végétaux anti-érosion en milieu tropical	(19)

##### 423. Irrigation et drainage

T63	Amélioration des sols : fabrication de drains pour réseau d'irrigation et de drainage	(5)
T77	Viticulture en milieu tropical : irrigation appliquée. Système dérivé du goutte à goutte en bambou	(3)
T93	Transport de l'eau : siphon pour l'irrigation	(2)
T160	Système d'économie d'eau. Contrôle de l'approvisionnement des plantes : jarres enterrées	(6)
T161	Système d'économie d'eau en irrigation. Irrigation par canari enterré	(6)

T213	Eaux de ruissellement. Micro-parcelles "Negarin" de retenue des eaux de ruissellement	(8)
T288	Eaux de ruissellement. Système des "Meskats" du Sahel de Sousse	(11)
T338	Système d'économie d'eau. Irrigation par succion. Principes	(14)
T339	Système d'économie d'eau. Irrigation par succion. Fabrication de capsules	(14)
T542	Système d'irrigation au goutte-à-goutte	(23)
T571	Irrigation au goutte à goutte - généralités	(24)
424. Fertilisation		
T31	Entretien de l'humus : technique de compostage en cordons	(17)
T35	Entretien de l'humus : la méthode Pain ou le compostage de broussaille	(15)
T36	Entretien de l'humus : construction d'une aire de compostage en cordons	(4)
T153	Entretien de l'humus : technique de compostage en couloir avec parois de soutien	(5)
T158	Entretien de l'humus : Choix de la méthode de compostage	(6)
T180	Le choix des espèces végétales : l'azolle	(5)
T184	Entretien de la fertilité. Compostage en tas : "le fumier de paille de riz"	(8)
T185	Entretien de la fertilité. Compostage de matières organiques avec la fosse fumière	(8)
T193	Maintien de la fertilité : engrais vert	(7)
T194	Maintien de la fertilité : engrais verts	(7)
T195	Maintien de la fertilité : engrais verts	(7)
T196	Maintien de la fertilité : fertilisation par roches siliceuses broyées	(8)
T197	Maintien de la fertilité : fertilisation par roches siliceuses broyées	(8)
T215	Maintien de la fertilité : les sources d'azote	(10)
T238	Maintien de la fertilité. Compost : théorie et pratique	(9)
T239	Maintien de la fertilité. Compost : utilisation générale	(9)
T321	Maintien de la fertilité. Entretien de l'humus. Utilisation des matériaux pour la fabrication du compost	(13)
T322	Maintien de la fertilité. Entretien de l'humus. Utilisation des matériaux pour la fabrication du compost	(13)
T323	Maintien de la fertilité. Entretien de l'humus. Utilisation des matériaux pour la fabrication du compost	(13)
T342	Maintien de la fertilité. Techniques de compostage : Bangladesh	(14)
T354	Maintien de la fertilité. Légumineuses amélioratrices des sols en milieu tropical : le Kudzu	(19)
425. Travail du sol : méthodes et équipement		
T373	Désherbage des cultures. Bineuse à arachide "IAR.SRW"	(15)
T378	Entretien des cultures : binage, sarclage, buttage	(19)
T446	Le labour en traction bovine	(19)
T479	Matériel de culture : houe à expansion	(20)
T480	Matériel de culture : sarcleuse : "Weeder-mulcher"	(20)
T481	Matériel de culture : herse triangulaire	(20)
T543	Matériel de culture et de terrassement : niveleuse FRESNO	(23)
T572	Billonnage cloisonné (Tie-Ridging)	(24)
43. <u>Techniques agricoles et équipement par opération</u>		
431. Semis et traitement des graines		
T78	Viticulture en milieu tropical. Lutte antiparasitaire. Désinfection des graines de petites tailles	(3)
T156	Inoculation des semences de légumineuses	(5)

- T289 Matériel de culture : semoir-épandeur Manuel SAFIL (12)  
T293 Matériel de culture : semoir de culture attelée Super-éco (12)  
T449 Semoir pour le maraîchage (application au semis de carottes) (19)  
T450 Instrument pour aplanir les planches de maraîchers (19)  
T451 La canne à planter. Application à la plantation de boutures de  
potates douces (19)  
T477 Arboriculture. Gabarit pour le marquage des trous de plantation (19)  
T478 Matériel de culture : semoir à oignons (19)  
T482 Méthode pour séparer les grains d'orge sains (20)  
T484 Matériel de culture : semoir-canne manuel CEDECO (20)  
T519 2 modèles de semoir à main (22)
433. Protection des cultures
- T73 Viticulture en milieu tropical. Lutte contre les guêpes, fourmis,  
chauve-souris fructivores (3)  
T143 Protection des cultures. Comment se débarrasser des porc-épics ? (4)  
T152 Lutte biologique : le pyrèthre insecticide (4)  
T207 Le piège à rongeurs de Kornaka (7)  
T252 Conservation des produits. Techniques simples de protection contre  
les rongeurs (11)  
T255 Techniques culturales : appareil à répandre la poudre insecticide (10)  
T294 Lutte antiparasitaire : pulvérisateur artisanal (11)  
T379 Matériel de traitement : les pulvérisateurs à pression entretenue (19)  
T381 Matériel de traitement : les poudreuses (19)  
T380 Matériel de culture : les pulvérisateurs pneumatiques à dos (15)  
T436 Plantes insecticides. Pyrèthre : culture et utilisation domestique  
(Ethiopie) (17)  
T454 Protection des récoltes : piège à rat "Kraze" (18)  
T476 Culture d'heveas : rouleau applicateur d'herbicides en culture de  
jeunes planis ("Rodinho" ou "petit râteau") (19)  
T494 Protection des cultures : pièges à oiseaux (Caraban) (20)  
T544 Méthode chimio-biologique de lutte contre un parasite du haricot :  
diabrotica speciosa (23)
434. Récolte et post-récolte
- T25 Stockage et conservation : silo "Pusa" (8)  
T27 Conditionnement pour la conservation des produits : décortiqueur  
d'arachides (5)  
T29 Conditionnement pour la conservation des produits : presse à foin (4)  
T148 Stockage et conservation des produits : techniques traditionnelles  
de stockage des céréales ou sahara (5)  
T181 Dessiccation de grains par incorporation de corps desséchants (5)  
T226 Lutte antiparasitaire. Utilisation d'insecticides en poudre dans  
le stockage d'épis de maïs (9)  
T227 Lutte antiparasitaire. Utilisation de la poudre insecticide dans  
le stockage de grains en vrac (9)  
T228 Lutte antiparasitaire. Utilisation d'insecticide en poudre dans  
le stockage d'une grande quantité de grains battus (9)  
T242 Matériel : égreneur manuel en bois pour épis de maïs (10)  
T253 Conservation des produits : grenier de conservation en terre  
séchée (11)  
T285 Egreneuse traditionnelle à coton (11)  
T286 Conservation : silo à maïs de confection artisanale (11)  
T341 Matériel de culture : machine à traction animale. Egrenage  
traditionnel de céréales (14)  
T343 Mesure de l'humidité : construction d'un appareil simple de  
contrôle de l'humidité (14)  
T391 Matériel de culture : batteuses à mil (16)  
T392 Matériel de culture : batteuses à arachides (16)  
T393 Matériel de culture : égousseuses à arachides (plusieurs modèles) (16)

T394	Matériel de culture : petites batteuses polyvalentes (différents modèles)	(16)
T395	Matériel de culture : batteuses à riu	(16)
T416	Matériel de post-récolte : égreneuse à maïs	(17)
T417	Matériel de nettoyage des grains (Tarare)	(17)
T475	Balance rustique	(19)
T485	Matériel de post-récolte. Tarare simple à entraînement manuel	(20)
T545	Silo à céréales en briques de banco	(23)
T546	Méthodes de séchage du foin sur support de bois (Heutzen)	(23)
T547	Batteuse rustique pour le riz	(23)
T549	Moyens de lutte préventive contre les rats	(23)
T550	Moyens de lutte directe contre les rats	(23)
<b>44. Cultures spécifiques</b>		
T68	Viticulture en milieu tropical : taille de production. Les différentes manières de produire des raisins	(3)
T69	Viticulture en milieu tropical. Taille de formation. Système en espalier	(3)
T70	Viticulture en milieu tropical. Taille de formation. Système Pergola	(3)
T71	Viticulture en milieu tropical. Technique de multiplication de la vigne par boutures	(3)
T72	Viticulture en milieu tropical. Pépinière : croissance des boutures de vigne	(3)
T159	Méthode de prospection : abricotier, amandier	(8)
T174	Les techniques culturales : pépinières, semis. Paillasse du maraîcher	(9)
T328	Trois champignons alimentaires cultivables en Asie	(21)
T329	Le champignon de couche : méthodes de culture en Europe	(21)
T412	Choir des espèces végétales : le Margousier ( <i>Azadirachta indica</i> Juss.)	(19)
T482	Choir des espèces végétales : <i>Leucaena leucocephala</i>	(19)
T495	Culture d'Héveas : utilisation du "Quiao" adapté au déracinement des jeunes plants	(20)
T505	Deux techniques andines de transformation de la pomme de terre	(21)
T513	Le champignon de couche : une technique de culture au Brésil	(21)
<b>45. Elevage</b>		
T165	Pisciculture : association pisciculture-agriculture-élevage	(6)
T442	Traitement sanitaire : construction d'un bain antiparasitaire	(19)
T443	Traitement sanitaire : organisation d'un chantier de bain antiparasitaire	(19)
T496	Bovins : silo citerne sans revêtement	(20)
T497	Bovins : appareil pour ouvrir la bouche des bovins	(20)
T551	Hacheur manuel à fourrage	(23)
<b>455/456. Lapins et volailles</b>		
T178	Bâtiments d'élevage : poulailler en bambou ou en lattes de bois	(5)
T269	Petit élevage : clapiers simples et améliorés	(11)
T270	Petit élevage : clapier en bois et bambou	(11)
T271	Petit élevage : clapier à lapin avec plancher en grillage	(11)
T272	Petit élevage : construction des portes de clapier	(11)
T273	Petit élevage : équipement du clapier : ratelier, mangeoire, abreuvoir	(11)
<b>457. Apiculture</b>		
T5	Apiculture : protection des ruches contre les termites, fourmis et autres prédateurs tropicaux	(4)
T104	Apiculture : alimentation des abeilles	(4)
T105	Apiculture : abreuvoirs pour abeilles	(8)
T106	Apiculture : nourrisseurs pour abeilles	(4)

T107	Apiculture : essaimage artificiel	(4)
T108	Apiculture : essaimage naturel des abeilles	(4)
T109	Apiculture : comment attirer un essaim ? Comment faire accepter de nouvelles ruches aux abeilles	(4)
T110	Apiculture : transvasement d'une colonie d'abeilles d'un habitacle naturel à une ruche à cadres	(5)
T113	Apiculture : précautions à prendre pour le transport des ruches	(4)
T117	Apiculture : construction d'une ruche à cadres	(8)
T121	Apiculture : maladies du couvain et traitements préconisés	(5)
T348	Apiculture : construction d'un extracteur à miel	(14)
T367	Apiculture en Afrique du Nord : - L'abeille <i>Apis Mellifica</i> <i>Intermissa</i> , - Principales plantes mellifères et pollinifères	(17)
T368	Apiculture : la ruche Arabe ou djébah	(15)
T369	Apiculture : construction de ruche avec de la tôle et des matières isolantes	(15)
T427	Apiculture : extracteur à miel très simple	(17)
T432	Apiculture : Ruche-panier (Grèce)	(17)

#### 47. Aquaculture et pêche

T1	Pisciculture : construction d'étangs	(1)
T162	Pisciculture : conditions d'implantation d'une pisciculture familiale	(5)
T163	Pisciculture : construction d'étangs	(6)
T164	Pisciculture : les différentes étapes de l'élevage	(6)
T166	Pisciculture : pisciculture et santé publique	(6)
T167	Pisciculture : économie piscicole	(6)
T168	Pisciculture : construction d'un moine	(6)
T346	Plantes aquatiques : possibilités d'utilisation des plantes aquatiques d'eau douce (Jacinthe d'eau)	(14)
T520	Pisciculture en cage flottante	(22)

### 5. PRODUCTION ALIMENTAIRES

#### 52. Techniques de la production alimentaire

##### 521/522. Cuisine et cuisson

T172	Energie solaire : four solaire pour la cuisson d'aliments courants	(8)
T173	Energie solaire : four solaire pour la cuisson des aliments courants. (2) Utilisation	(8)
T186	Energie solaire : cuiseur solaire (Brace)	(7)
T187	Energie solaire : four solaire basculant	(7)
T261	Construction d'une cuisinière artisanale	(13)
T280	Construction d'un four à pain villageois	(12)
T340	Cuisson des aliments : le fourneau en terre modèle "LORENA"	(17)
T428	Four à pain traditionnel amélioré (Ghana)	(17)
T431	Energie solaire : four-cuiseur solaire (Inde)	(17)
T501	Réalisation d'une cuisine "tous combustibles" L.S.	(21)
T509	Cuisinière à bois type "Koulikoro"	(21)

##### 523/527. Traitement, déshydratation, concentration, réfrigération, congélation, distillation, stérilisation

T28	Conditionnement pour la conservation des produits : séchoir roulant	(4)
T99	Le conditionnement pour la conservation des produits : fabrication de fumoirs	(1)
T264	Conditionnement pour la conservation des produits : séchoir solaire à fruits (Brésil)	(13)
T298	Prétraitement des fruits en vue de leur conservation par séchage	(12)
T300	Séchage direct des fruits au soleil	(12)
T301	Séchage : séchoir artisanal	(12)
T302	Séchage des fruits et légumes : séchoir solaire avec ventilateur	(12)
T359	Séchage : séchoir simple (bois ou fuel) pour récolte	(14)
T364	Techniques traditionnelles et modernes de séchage des prunes	(15)



- T365 Séchage de prunes à l'énergie solaire (A) (15)  
T366 Séchage de prunes à l'énergie solaire (B) (15)  
T472 Séchage solaire : conditions liées au séchage du poisson (18)  
T473 Séchage solaire : méthodes traditionnelles de séchage du poisson (18)  
T474 Séchage solaire : le séchage solaire du poisson (18)  
T552 Salage et séchage du poisson (22)
526. Mouture et décorticage  
T283 Conditionnement - conservation : décortiqueur à mil et sorgho (13)  
T284 Transformation - stockage : décortiqueur à rouleaux de caoutchouc (13)  
T306 Riziculture : construction d'un décortiqueur simple (12)  
T349 Transformation : moulin à grain Népalais (14)  
T415 Matériel de post-récolte (17)  
T418 Matériel de post-récolte : broyeurs à marteaux. Principes et champ d'application (17)  
T419 Matériel de post-récolte : moulins à grains à meules de fabrication industrielle. Principe et différents types (17)  
T424 Céréales : décortiqueur à riz (Népal) (17)  
T440 Arachide : décortiqueur d'arachide fabriqué à partir de pièces d'automobile (18)  
T448 Arachide : décortiqueur manuel à arachides (19)  
T553 Concasseur manuel de grains de maïs (23)
53. Transformation des produits
531. Céréales et féculents  
T147 Transformation des produits : l'utilisation traditionnelle des céréales au Sahara (5)  
T234 Transformation de produits agricoles : stabilisation du son de riz (9)  
T307 Technique d'amélioration d'un produit fini : l'étuvage (12)  
T308 Riziculture : choix d'une micro-rizerie moderne (12)  
T439 Manioc : machine à raper le manioc (19)  
T507 Machine Bertin pour coupe, épluchage, broyage du manioc (21)  
T508 Ligne Bertin de fabrication de farine de manioc (21)
532. Fruits et légumes  
T98 Transformation des produits : technologie de fabrication de la pâte de dattes (1)  
T137 Le conditionnement pour la conservation des produits : organisation d'un atelier de conditionnement des dattes (5)  
T138 Transformation des produits : produits dérivés de la datte (4)  
T150 Le conditionnement pour la conservation des produits : traitement des figues (4)  
T256 Conditionnement des produits : traitement des noix d'anacarde. Petite installation de traitement (10)
533. Plantes à huile et production d'huile  
T133 Transformation des produits : traitement artisanal de l'huile de palme : stérilisateur à feu nu petit clarificateur continu (5)  
T237 Extraction de l'huile d'arachide à l'aide de presses artisanales (9)  
T430 Extraction de l'huile : presse à huile traditionnelle chinoise (17)  
T 548 Presse nouvelle à vis pour extraction de l'huile de palme (23)  
(T.C.C.)
534. Sucre, miel (café, thé, chocolat)  
T103 Transformation des produits : technologie de fabrication du sucre de la sève de palmier (1)  
T130 Transformation des produits : sucrerie artisanale. Fabrication du GUR (3)  
T131 Transformation des produits : sucrerie artisanale : "Petit broyeur à cannes" (3)  
T132 Transformation des produits. Sucrerie artisanale : "Bels à pan unique" (3)

- T247 Transformation des produits. Sucrerie artisanale : "Clarification du jus ou défécation (11)
- T248 Transformation des produits. Sucrerie artisanale : "Concentration du jus (10)
- T249 Conditionnement des produits. Sucrerie artisanale : "Blanchiment partiel du sucre" (10)
- T250 Conservation et stockage des produits. Sucrerie artisanale : "Stockage du gur" (10)
- T296 Techniques artisanales : fabrication de bonbons au miel (11)
- T303 Transformation des produits. Sucrerie : "la khandsari améliorée (O.P.S.)" (13)
- T304 Transformation des produits. Sucrerie : "le dési-khandsari" (13)
- T305 Transformation des produits. Sucrerie : "Clarification par sulfichaulage" (13)
535. Boissons et liquides
- T74 Viticulture - Oenologie. Préparation d'un levain sélectionné en l'absence d'anhydride sulfureux et de levains commerciaux (3)
- T75 Viticulture - Oenologie. Fabrication d'une petite cuve de réfrigération (3)
- T76 Viticulture - Oenologie. Matériel rudimentaire de vinification et conservation des vins jus de fruits fermentés (3)
- T146 Transformation des produits. Préparation traditionnelles de vin et de bière de banane (4)
536. Produits animaux
- T149 Transformation des produits : diagrammes de fabrication des beurres et fromages dans les oasis (5)
- T287 Culture de Spirulina en bassin à respiration (11)
- T510 Séchage hygiénique de la viande à l'air libre (21)
54. Emballage, stockage et transport
- T179 Conservation des aliments : garde-manger simple (5)
- T244 Stockage et conservation des produits. Construction d'entrepôts pour le stockage des céréales (10)
- T245 Stockage et conservation des produits : construction d'entrepôts pour le stockage des céréales (10)
- T246 Stockage et conservation des produits : amélioration de l'étanchéité des entrepôts de stockage pour céréales (10)
- T573 Technologies simples pour la fabrication de boîtes de conserves (24)

## 6. INDUSTRIE, ARTISANAT, SERVICES

62. Transformation des textiles et du cuir
- T151 Utilisation des sous-produits : utilisation des peaux (5)
- T211 Artisanat de la fibre d'agave (I. Fabrication de cordes) (9)
- T212 Utilisation des fibres végétales : artisanat de la fibre d'agave (II. Fabrication de tapis) (9)
- T320 Fabrication de brosses à laver et balais (12)
- T447 Traitement des fibres végétales : délanièreuse à Dah et Roselle (18)
- T456 Matériel simple pour le défibrage du sisal (19)
- T493 Fibres textiles : utilisation de la fibre de bananier (20)
- T574 Utilisation des fibres végétales : fabrication de cordes (24)
63. Transformation du bois
- T96 Meubles : construction de meubles en bambou. Union d'éléments de meubles (1)
- T388 Travail du bois. Tour à bois à pédale. I. Construction (16)
- T389 Travail du bois. Tour à bois à pédale. II. Utilisation (16)

T554	<i>Le bois (1) : son anatomie ; la terminologie du sciage</i>	(23)
T555	<i>Le bois (2) : les caractéristiques physiques du matériau</i>	(23)
T556	<i>Conservation du bois (1) : généralités, protection des bois verts</i>	(23)
T557	<i>Conservation du bois (2) : protection des sciages et des bois mis en oeuvre</i>	(23)
T558	<i>Conservation du bois (3) : durabilité de quelques essences</i>	(23)
T559	<i>Séchage solaire : conditions liées au séchage du bois (1)</i>	(23)
T560	<i>Séchage solaire : conditions liées au séchage du bois (2)</i>	(23)
T575	<i>Opérations annexes au séchage du bois (1) : les contrôles</i>	(24)
T576	<i>Opérations annexes au séchage du bois (2) : avant et après séchage</i>	(24)
T577	<i>Le séchage à l'air du bois (1)</i>	(24)
T578	<i>Le séchage à l'air du bois (2)</i>	(24)
T579	<i>Méthodes de séchage artificiel du bois par convection d'air</i>	(24)
T580	<i>Le séchage solaire du bois : aperçu des principaux types de séchoirs</i>	(24)

#### 64. Production et utilisation du papier

T191	<i>Fabrication artisanale de pâte à papier : données générales</i>	(7)
T192	<i>Fabrication artisanale de pâte à papier : unité artisanale villageoise</i>	(7)
T281	<i>Construction d'un miméographe de bois</i>	(14)

#### 65. Produits chimiques

T3	<i>Apiculture : purification et blanchiment de la cire</i>	(4)
T88	<i>Assainissement : fabrication de savon</i>	(1)
T208	<i>Fabrication de colle à base de peaux</i>	(7)
T370	<i>Utilisation des déchets de cire d'abeilles pour la fabrication d'un savon</i>	(15)

#### 67. Production et transformation des métaux

T189	<i>Fabrication de marmites en aluminium</i>	(8)
T330	<i>Travail des métaux. Construction d'un soufflet de forge (I) : · Principe de fonctionnement · Construction de la forge</i>	(13)
T331	<i>Travail des métaux. Construction d'un soufflet de forge (II). Matériaux et outils nécessaires</i>	(13)
T332	<i>Travail des métaux. Construction d'un soufflet de forge (III). Différentes étapes de la construction</i>	(13)
T398	<i>Confection d'une scie à métaux</i>	(16)
T438	<i>Entretien d'outils : meule à aiguiser à pédale</i>	(19)

### 7. CONSTRUCTION ET HABITAT

#### 71. Techniques architecturales

T205	<i>Renforcement antisismique de maçonnerie en briques d'adobe à l'aide de roseaux (A)</i>	(14)
T206	<i>Renforcement antisismique de maçonnerie en briques d'adobe, à l'aide de roseaux</i>	(14)
T209	<i>Construction en terre : Pisé. Facteurs intervenant dans le choix d'un pisolir</i>	(14)
T210	<i>Construction de murs en terre façonnée directement sans moule ni coffrage</i>	(14)

**72. Matériaux de construction**

**721. Terre, briques, tuiles**

T58	Fabrication de briques. Présentation de la machine CINVARAM	(3)
T59	Fabrication de briques. Utilisation de la machine CINVARAM	(3)
T60	Fabrication de briques. Choix de la terre : préparation de la pâte	(3)
T199	Construction en terre crue. Reconnaissance des sols sans l'aide d'un laboratoire	(5)
T200	Construction en terre crue : essais sur les composants fins et interprétation	(5)
T201	Construction en terre crue : stabilisation et essais sur les blocs sans l'aide d'un labo	(6)
T202	Construction en terre crue : stabilisation du sol à la chaux et chaux + ciment	(6)
T203	Construction en terre crue : stabilisation au ciment	(6)
T204	Construction de terre crue. Stabilisation : le bitume et les autres stabilisants	(9)
T359	Préparation de la terre pour la fabrication des briques d'adobe	(15)
T360	Adobe : moulage à "coup d'eau"	(15)
T361	Adobe : Moulage à "coup de sable"	(15)
T362	Moulage des briques d'adobe sur une table	(15)
T363	Appareil pour tester des briques de terre	(15)
T383	Presse à brique de terre : conception	(16)
T384	Presse à brique de terre : construction	(16)
T385	Construction en terre : Pisé. Banchage des angles	(16)
T386	Construction en terre : appareillages de briques de terre	(16)
T387	Construction en terre : systèmes d'accrochage des enduits	(16)

**723. Ciment, ferrociment, béton**

T274	Construction en béton de ciment. Abaque de dosage des matériaux	(11)
T275	Fabrication artisanale de tuiles en ciment (Pakistan)	(10)
T276	Fabrication de coffrages simples pour la fabrication par compression de blocs de béton de terre ou de ciment	(11)
T277	Construction en béton de ciment : généralités sur l'utilisation du béton	(11)

**724. Chaux, gypse, plâtre, soufre**

T521	Préparation du béton de soufre	(22)
T522	Techniques d'utilisation du soufre	(22)
T523	Ateliers de fabrication de blocs de béton de soufre	(22)
T524	Maisons construites en soufre	(22)
T525	Transformation du gypse en plâtre	(22)
T526	Extraction du gypse, concassage	(22)
T527	Principes techniques de la cuisson du plâtre	(22)
T528	Fabrication du plâtre : fours pour chauffage direct	(22)
T529	Fabrication du plâtre : fours pour chauffage indirect	(22)
T530	Fabrication du plâtre : broyage	(22)
T531	Utilisation du plâtre : phénomène de prise	(22)
T532	Utilisation du plâtre : effets des modificateurs de prise	(22)
T533	Utilisation du plâtre : les fondations et le mur porteur	(22)
T534	Utilisation du plâtre : les murs franchisseurs	(22)
T535	Utilisation du plâtre : les enduits intérieurs	(22)
T536	Utilisation du plâtre : techniques de remplissage	(22)
T537	Utilisation du plâtre : les enduits extérieurs	(22)

725. Bois, bambou, herbes, chaume

- T82 *Matériaux de construction. Unions d'éléments en bambou (1) : conseils. Unions de poutres et de colonnes.* (1)
- T83 *Matériau de construction. Unions d'éléments en bambou (2). Unions en bout et par intersection. Unions d'éléments superposés* (1)
- T139 *Construction en bambou : planchers, structures de murs* (4)
- T140 *Construction en bambou : toit à deux pentes* (4)
- T141 *Construction en bambou : toit à quatre pentes, détails de montage* (4)

73. Eléments de construction

- T144 *Matériaux de construction pour la toiture. Confection des planchettes de bois. Tranchage* (5)
- T182 *Fabrication des bardeaux de toiture, en chaume et en terre* (14)
- T259 *Construction d'un évier en ciment* (10)

74. Services techniques

- T345 *Système de refroidissement par évaporation d'eau : "La Maziara"* (14)

75. Autres constructions

- T145 *Lutte contre la formation de la tôle ondulée. 1) Tôlard du Soudan* (4)
- T371 *Transport : ponts suspendus* (15)
- T372 *Transport : ponts routiers voûtés en maçonnerie (Zaïre)* (15)

## Liste des fiches "répertoire" parues dans les fascicules 1 à 24

### R-I : Présentation d'organismes

R-I-1	VITA (USA)	(7)	:	R-I-18	CIREC (France)	(16)
R-I-2	TOOL (Pays-Bas)	(7)	:	R-I-19	COCOP (Bolivie)	(17)
R-I-3	ENDA (Sénégal)	(7)	:	R-I-20	IPM (Sénégal)	(17)
R-I-4	ATOL (Belgique)	(8)	:	R-I-21	CIEH (Afrique francophone)	(18)
R-I-5	TTL (RFA)	(9)	:	R-I-22	CIRTAD (Belgique)	(18)
R-I-6	GRET (France)	(2)	:	R-I-23	AICF (France)	(20)
R-I-7	GERES (France)	(11)	:	R-I-24	Brace (Canada)	(20)
R-I-8	MAB (Canada)	(11)	:	R-I-25	Dello (France)	(20)
R-I-9	PACT (USA)	(11)	:	R-I-26	PAD (France)	(21)
R-I-10	FIS (International)	(12)	:	R-I-27	Organismes de TA au Nigéria	(21)
R-I-11	GASGA (France)	(12)	:	R-I-28	Organismes de TA au Ghana et du Sierra Léone	(21)
R-I-12	ADAUA (Suisse)	(13)	:	R-I-29	CETAL (Chili)	(22)
R-I-13	ECTI (France)	(13)	:	R-I-30	FSEAB (Suisse)	(23)
R-I-14	IMEPLAM (Mexique)	(14)	:	R-I-31	ARES/ENVIPACT (France)	(24)
R-I-15	SIDO (Tanzanie)	(14)	:	R-I-32	TSINJOEZAKA - CAPR (Rép. Malgache)	(24)
R-I-16	SMECMA (Mali)	(15)	:	R-I-33	NERD (Sri-Lanka)	(24)
R-I-17	FUL (Belgique)	(16)	:			

### R-II: Lieux d'information

R II 1	Energie solaire	(3)
R II 2	Le gaz biologique	(7)
R II 3	Mini-sucreries	(3)
R II 4	Mini-sucreries	(12)
R II 5	Séchoirs solaires pour produits agricoles	(12)
R II 6	Phytopharmacopée	(13)

### R-III: Bibliographies, documentation

R III 1	Compostage aérobie	(7)
R III 2	Compostage anaérobie	(7)
R III 3	Energie et agriculture	(10)
R III 4	Mini-centrales hydrauliques	(12)
R III 5	Charbon de bois	(14)
R III 6	Energie solaire	(15)
R III 7	Energie éolienne	(15)
R III 8	Valorisation des sous-produits du riz	(9)
R III 9	Mini-sucreries	(10)
R III 10	Apiculture	(3)
R III 11	Riz	(12)
R-III-12	Le champignon de couche	(24)
R-III-13	Le soufre	(22)
R-III-14	Le plâtre	(22)
R-III-15	Le bois	(23)

R-IV: Adresses de constructeurs

R IV 1	Béliers hydrauliques	(2)
R IV 2	Outillage à main	(7)
R IV 3	Matériel de culture attelée	(7)
R IV 4	Motoculteurs	(8)
R IV 5	Motoculteurs pour rizicultures	(8)
R IV 6	Tarares	(7)
R IV 7	Moulins à grains	(2 et 10)
R IV 8	Moulins à mil manuels	(2)
R IV 9	Fouloirs pneumatiques	(6)
R IV 10	Machines à fabriquer les briques	(3)
R IV 11	Presses à briques de terre	(10)
R IV 12	Micro-centrales hydrauliques	(12)
R IV 13	Appareils pour riziculture	(12)
R IV 14	Eoliennes et aérogénérateurs	(16)
R IV 15	Appareils utilisant le biogaz	(18)
R-IV-16	Matériel d'irrigation par goutte à goutte	(24)

M: Méthodes

M 3	L'atelier de transfert technique	(3)
M 4	L'étude de cas	(3)
M 5	Méthodes de travail en groupe	(5)
M 6	L'efficacité d'un groupe de tâche	(3)
M 7	L'organisation du travail dans un groupe de discussion	(3)
M 8	Evaluation de la discussion en petit groupe	(3)
M 12	Jeu de la vie	(3)
M 16	Jeu de simulation	(5)
M 22	Un exemple de grille de présentation de projet de développement	(5)
M 30	L'investissement humain	(8)
M 31	Règles de conception et d'élaboration de fiches pédagogiques	(9)

C: Cas

C 1	Le projet agro-pastoral de Nyabisindu (Rwanda)	
C 2	Le projet "food from Wind"	
C3	- Le système chinois de biométhanisation et son adaptation au Kenya	(24)

COMMENT SE PROCURER LES FICHES ?

Vous pouvez vous procurer les "fiches" du GRET de trois façons :

- en commandant la collection complète,  
(580 fiches publiées au 1er février 1982, fiches du fascicule 24 incluses)

prix..... 550 F

- en vous abonnant pour recevoir les fiches à paraître par fascicule de 25,

l'abonnement pour 4 fascicules (100 fiches)  
par an..... 100 F

- en commandant les fiches qui vous intéressent et que vous avez sélectionnées sur la liste classée,

prix pour 1 à 5 fiches.....	2 F	la fiche
" " 6 à 15 " .....	1,50 F	"
" " 16 à 30 " .....	1,20 F	"
" au-delà de 30 fiches.....	1 F	"

TOUS CES PRIX S'ENTENDENT TOUTES TAXES COMPRISES ET FRAIS DE TRANSPORT AERIEN INCLUS. NOUS VOUS DEMANDONS DE REGLER DES LA COMMANDE AFIN DE SIMPLIFIER NOTRE TRAVAIL ET DE MAINTENIR CES CONDITIONS.

Si vous n'avez réellement aucun moyen de payer les fiches et que vous pensez en avoir absolument besoin, expliquez-nous votre situation, nous essaierons de faire quelque chose.

---



BULLETIN D'ABONNEMENT/DE COMMANDE

M.....

Adresse postale.....

Localité et code postal.....

Pays.....

1/désire recevoir la collection complète des fiches techniques et paie.....

2/désire s'abonner au Fichier Technique du Développement à partir du numéro.... et paie.....

3/désire recevoir les fiches portant les numéros suivant et paie.....

Inscrivez ici les numéros des fiches que vous souhaitez recevoir : (par exemple T 123, T 144 etc...)

.....  
.....  
.....  
.....

Les fiches sont disponibles à l'unité au G.R.E.T.  
Pour des raisons d'ordre pratique, nous ne pouvons pas assurer l'envoi postal de commandes inférieures à 10 F (moins de 5 fiches).

Les chèques sont à libeller à l'ordre du G.R.E.T.

# G.R.E.T.

**GROUPE DE RECHERCHE ET D'ÉCHANGES TECHNOLOGIQUES**

**34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10**

*Le Groupe de recherche et d'échanges technologiques est une association fondée en 1976 selon la loi de 1901 par quelques personnes spécialistes de la coopération avec le Tiers-Monde.*

*Dès sa création, et de façon alors très novatrice, il a mis l'accent sur l'importance des choix techniques dans les processus de développement et d'élaboration des projets sociaux. Il a constaté la pauvreté des réponses apportées par les techniques les plus répandues aujourd'hui dans le monde industrialisé aux problèmes qui se posent dans les contextes écologiques et sociaux très différents du Tiers-Monde, et plus généralement dans les situations de crise que connaît le monde actuel. Il a choisi de mener un travail concret favorisant l'émergence de solutions alternatives. Convaincu que le manque de solutions à l'heure actuelle tient en particulier en l'absence de mise en relation des ressources scientifiques et techniques et de certains besoins qui s'expriment mal, il cherche à favoriser l'échange entre utilisateurs et producteurs de technique, comme entre hommes de terrain, hommes de technique, et hommes de décision. Le GRET est attaché à l'idée de réseau, qui mise sur des relations souples, évolutives, volontaires, aisément mobilisables. Grâce à de très nombreux contacts divers, il peut trouver des axes et des lieux de collaboration avec des partenaires très différents et complémentaires.*

## **AUJOURD'HUI, LE GRET PROPOSE :**

- un centre de documentation sur les techniques alternatives comptant 5 000 documents, ouvert au public (énergies renouvelables, artisanat, agriculture écologique, soins de santé primaire, etc.) ;
- diverses publications techniques (énergie, techniques agricoles, matériaux de construction...)
- le Fichier Technique du Développement diffusé par abonnement et à l'unité ;
- un bulletin trimestriel d'information : "Réseaux" (la Lettre du GRET) ;
- la possibilité de collaborer à des groupes de travail par thème technique appelés "cellules" : sur la santé, l'habitat, la technologie alimentaire, le séchage solaire, les énergies renouvelables...)

# G.R.E.T.

GRUPE DE RECHERCHE ET D'ÉCHANGES TECHNOLOGIQUES

34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

Paris, le 29 Janvier 1982

Cher Correspondant,

Le fichier technique du développement ne comportait jusqu'ici qu'une seule feuille sur l'énergie éolienne (1). Nos amis d'I.T. DELLO ont entrepris de nous aider à combler cette lacune avec les sept fiches que vous trouverez dans ce fascicule. Vous saurez apprécier, nous en sommes certains, la subtilité du vent qui s'engouffre ainsi entre nos pages ce mois-ci.

Le vent souffle aussi, sagement canalisé, entre les planches humides empilées dans le travail d'Alain ANGLADE qui continue de nous instruire sur le bois avec six nouvelles fiches techniques sur le séchage du bois. A la fin de la fiche T.580, Alain lance un appel à ceux d'entre vous qui sont le plus au courant des problèmes de séchage, à propos des séchoirs solaires à capteur à eau. Soyez assez aimables pour répondre à cet appel si vous le pouvez: au risque de nous répéter, nous insistons à nouveau sur la vocation d'instrument d'échange de ce fichier, que nous ne demandons qu'à améliorer grâce à votre contribution.

Vous trouverez enfin dans cette enveloppe un nouveau catalogue récapitulatif des fiches parues, qui vient après celui que vous avez reçu avec le fascicule n° 21. Nous vous rappelons que toutes les fiches peuvent être commandées à l'unité ou en bloc. Nous pensons éditer un tel catalogue tous les ans, en espérant que cela correspond à un réel besoin de votre part.

Très amicalement,



Michel SAUQUET  
Responsable des Publications

(1) fiche T.175 sur l'éolienne Sahores dans le fascicule 7.

SOMMAIRE DU FASCICULE N° 24 DU  
FICHER TECHNIQUE DU DEVELOPPEMENT

Fiches techniques (blanches)

- T 561 Le chauffe-eau solaire:principe d'installation  
T 562 Terminologie de la thermique solaire (1)  
T 563 Terminologie de la thermique solaire (2)  
T 564 Energie éolienne : le vent-énergie fournie par le vent  
généralités  
T 565 Energie éolienne : mesure des caractéristiques du vent  
T 566 Les éoliennes : généralités sur un site  
T 567 Energie éolienne : les aérogénérateurs de petite  
puissance  
T 568 Eoliennes de pompage  
T 569 Energie éolienne : le rotor Savonius  
T 570 Eoliennes à axe vertical (autres que Savonius)  
T 571 Irrigation au goutte à goutte - généralités  
T 572 Billonnage cloisonné (Tie-Ridging)  
T 573 Technologies simples pour la fabrication de boîtes de  
conserves

- T 575 Opérations annexes au séchage du bois (1) : les  
contrôles  
T 576 Opérations annexes au séchage du bois (2) : avant et  
après le séchage  
T 577 Le séchage à l'air du bois (1)  
T 578 Le séchage à l'air du bois (2)  
T 579 Méthodes de séchage artificiel du bois par convection  
d'air  
T 580 Le séchage solaire du bois : aperçu des principaux  
types de séchoirs

Fiches répertoire (bleues)

- R-I-31 Organisme : ARES/ENVIPACT (FRANCE)  
R-I-32 Organisme : TSINJOEZAKA - CAPR (Rep. Malgache)  
R-I-33 Organisme : NERD (Sri-Lanka)  
R-IV-16 Constructeurs : matériel d'irrigation par goutte à  
goutte  
C3 - Etude de cas : Le système chinois de biométhanisation  
et son adaptation au Kenya

FICHER TECHNIQUE DU DEVELOPPEMENT, FASCICULE N° 24  
(QUATRIEME ET DERNIER FASCICULE DE L'ANNEE 1981)

# GRET . GERES

34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

A la demande :

du COMMISSARIAT A L'ENERGIE SOLAIRE  
et du MINISTERE DE LA COOPERATION  
ET DU DEVELOPPEMENT

Prototype ou essai	
Experimentation large	
Utilisation courante	X

ENERGIE

ENERGIE SOLAIRE

Le chauffe-eau solaire :  
principe d'installation

CLASSIFICATION

Fiche N° 561  
Fascicule N° 24  
SATIS 232

## PRINCIPE

Les chauffe-eau solaires se différencient par leur mode de circulation (sans circulation, à circulation naturelle ou forcée), leur type de régulation et par l'énergie d'apport choisie.

Le chauffe-eau est dit sans circulation lorsque le ballon de captation est également le réservoir de stockage.

La circulation naturelle utilise le processus de thermosiphon : l'eau chaude est plus "légère" que l'eau froide, à volume égal. De façon naturelle s'établit donc une circulation de l'eau qui voit l'eau chaude s'élever et l'eau froide descendre. La capacité de circulation naturelle du fluide caloporteur est évidemment limitée ; outre les contraintes qu'elle impose (circuit toujours ascendant du fluide chaud), les frottements et les obstacles rencontrés (pertes de charge) par le fluide dans son déplacement le freinent considérablement jusqu'à l'interrompre.

Pour les installations plus importantes, la circulation forcée devient nécessaire. On utilise alors un "circulateur" qui doit animer le mouvement du fluide caloporteur lorsque ce fluide est suffisamment chaud dans l'insolateur, et pas assez dans le réservoir. Une régulation différentielle entre la température du capteur et celle du réservoir commande la mise en marche de cette pompe au moment approprié.

## COMPLEMENT'S D'INFORMATION

GERES - Groupement pour l'Exploitation Rationnelle de l'Energie Solaire  
Université de Provence - Centre de Saint Jérôme - Département Héliophysique -  
13397 MARSEILLE CEDEX 13  
Tél. : 16 (91) 98 71 15

Un chauffe-eau solaire est généralement constitué de deux circuits :

UN CIRCUIT PRIMAIRE :

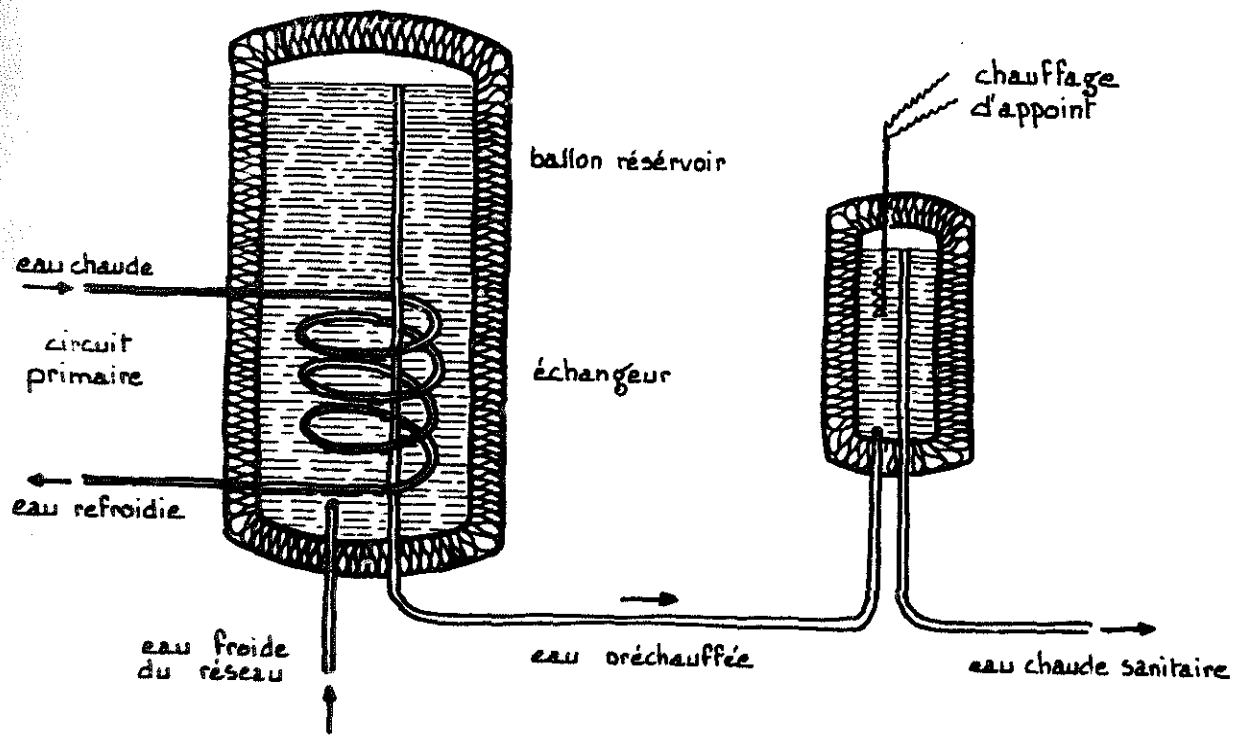
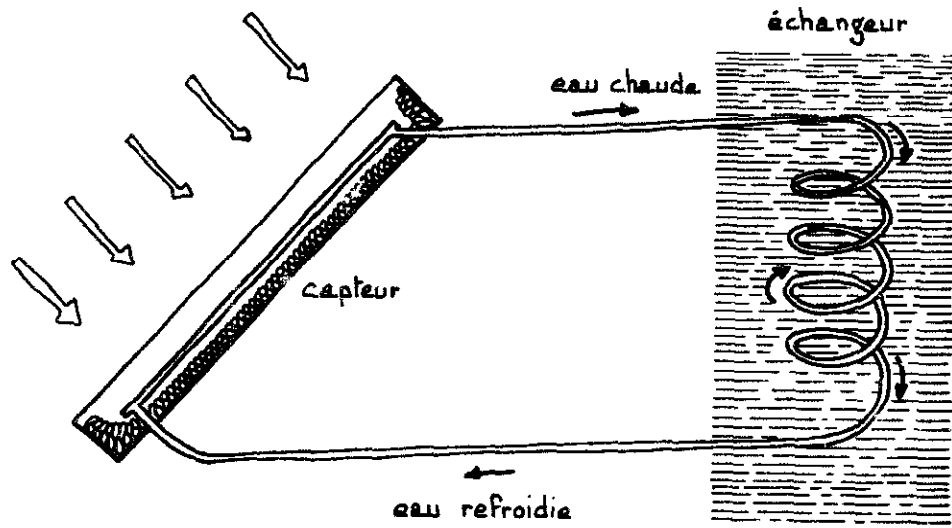
Le fluide caloporteur (ici, de l'eau) arrive par le bas du capteur ; au contact de l'absorbeur, elle s'échauffe, et par le phénomène de thermosiphon, se déplace vers le haut du capteur, en se chargeant de plus en plus de calories. Arrivée à l'orifice supérieur, l'eau chaude est dirigée (par circulation naturelle ou forcée) vers un échangeur : c'est un réservoir où les canalisations d'eau chaude entrent en contact avec un liquide froid et perdent par "échange" une partie de leur chaleur. Refroidie, l'eau du circuit primaire arrive à nouveau dans l'orifice bas du capteur et recommence le cycle.

UN CIRCUIT SECONDAIRE :

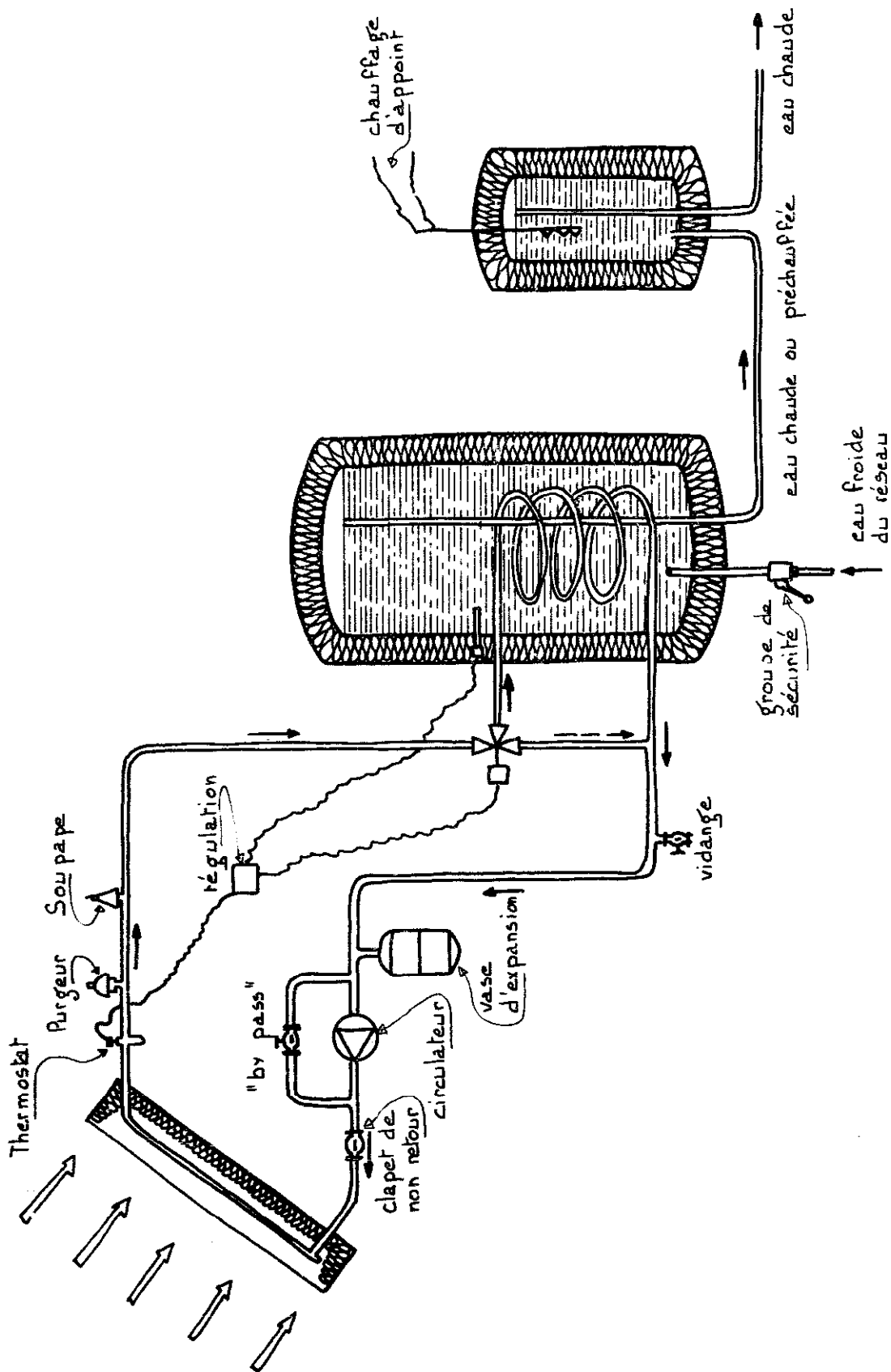
L'eau froide du réseau est injectée dans le bas du ballon réservoir : au contact de l'échangeur (du circuit primaire), l'eau se réchauffe et monte (thermosiphon). L'eau la plus chaude est stockée naturellement dans le haut du réservoir où elle est puisée à la demande.

Le chauffage d'appoint sera placé soit directement dans le stockage, soit dans un deuxième ballon en série hydraulique avec le premier qui sert alors de préchauffeur. Si la première solution est moins coûteuse, la seconde permet à l'évidence d'obtenir un meilleur rendement, car elle utilise au mieux toutes les calories solaires emmagasinées.

Pour les installations individuelles, l'électricité est l'énergie d'appoint la plus souvent utilisée : une résistance chauffante est immergée dans le ballon ; cependant, toutes les autres énergies peuvent être employées.



*Schéma d'installation d'un chauffe-eau solaire alimenté par le réseau, en circulation forcée :*





# GRET . GERES

34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

A la demande :

du COMMISSARIAT A L'ENERGIE SOLAIRE  
et du MINISTERE DE LA COOPERATION  
ET DU DEVELOPPEMENT

ENERGIE

ENERGIE SOLAIRE

Terminologie de la thermique  
solaire (1)

Prototype ou essai	
Expérimentation large	
Utilisation courante	X

CLASSIFICATION

Fiche N° 562  
Fascicule N° 24  
SATIS 232

Cette fiche et la suivante donnent une définition simple des termes employés dans la plupart des ouvrages traitant des applications thermiques de l'énergie solaire.

**ABSORBEUR :**

Surface noire ou foncée dans un capteur solaire dont la fonction est d'absorber le rayonnement incident pour le transformer en chaleur.

**ALBEDO :**

Fraction du flux incident, direct ou diffus, renvoyée dans toutes les directions par réflexion-diffusion sur la surface exposée.

**ANGLE D'INCIDENCE :**

Angle compris entre la direction des rayons solaires et la perpendiculaire à la surface insolée.

**AZIMUT :**

Angle entre le Sud solaire et le point de l'horizon directement sous le soleil.

## COMPLEMENTS D'INFORMATION

GRET - Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques.  
34, rue Dumont d'Urville - 75116 PARIS  
Tél. : 16 (1) 502 10 10

GERES - Groupement pour l'Exploitation Rationnelle de l'Energie Solaire  
Université de Provence - Centre de Saint Jérôme - Département d'Héliophysique  
13397 MARSEILLE CEDEX 13  
Tél. : 16 (91) 98 71 15

#### **BILAN ENERGETIQUE :**

*Somme algébrique de tous les échanges d'énergie qui peuvent se produire par conduction, par convection, par rayonnement, stockage thermique, changement d'état... au niveau d'une surface ou au sein d'un matériau.*

#### **BILAN RADIATIF :**

*Somme algébrique des flux de rayonnement reçus et cédés par un corps.*

#### **BIOCLIMATISME :**

*Approche du problème de l'habitat solaire qui privilégie la conception architecturale (implantation sur le site, orientation, apports directs,...) de préférence au recours à l'ingénierie climatique.*

#### **B.T.U. (British Thermal Unit) :**

*Quantité de chaleur à fournir à une livre d'eau pour élever sa température de 1° F.*

#### **CALODUC :**

*Tube fermé permettant un transfert de chaleur d'une extrémité à l'autre, par vaporisations et condensations successives et déplacement d'un fluide par capillarité.*

#### **CALORIE :**

*Quantité de chaleur à fournir à un gramme d'eau pure pour élever sa température de 1°C (de 14,5 à 15,5°C, sous la pression atmosphérique).*

#### **CAPACITE THERMIQUE VOLUMIQUE :**

*Quantité de chaleur qu'il faut fournir à l'unité de volume d'un matériau ( $m^3$ ,  $dm^3$ ) pour élever sa température de 1°C. Elle caractérise la propriété d'un matériau à emmagasiner ou céder de la chaleur.*

#### **CAPTEURS SOLAIRES PLANS (ou insolateurs) :**

*Dispositifs interceptant directement le rayonnement solaire pour le transformer en chaleur, en utilisant l'effet de serre.*

#### **CAPTEURS SOLAIRES A CONCENTRATION (ou concentrateurs) :**

*(Voir fiche "Classification des convertisseurs héliothermiques"). Le rayonnement solaire n'est converti en chaleur par ces dispositifs qu'après une concentration optique ; ces capteurs n'utilisent que le rayonnement solaire direct. Ils sont donc équipés d'un système de poursuite automatique du soleil.*

#### **CAPTEURS SOUS VIDE :**

*Capteurs dont l'espace entre le vitrage et l'absorbeur est vide d'air afin : - d'éviter les échanges convectifs, - de protéger la surface absorbante sélective.*

## CHALEUR

*Une des formes de l'énergie.*

### CHALEUR LATENTE :

*Chaleur nécessaire pour changer l'état physique d'un corps à température constante, par fusion, évaporation, sublimation, condensation...*

### CHALEUR MASSIQUE :

*Quantité de chaleur nécessaire pour élever l'unité de masse d'un corps (un kg) de 1°C.*

### CHALEUR SENSIBLE :

*Chaleur nécessaire pour élever (ou diminuer) la température d'un corps sans modifier son état physique.*

### CHAUFFE EAU SOLAIRE :

*Appareil mettant en oeuvre un capteur solaire plan pour chauffer de l'eau sanitaire (et éventuellement la stocker dans un ballon).*

### CONDUCTION :

*Mode de transfert de chaleur à travers un matériau par excitation des molécules sans déplacement de matière.*

### COEFFICIENT "G" :

*Indique une déperdition thermique par unité de volume d'un local ; c'est le rapport entre les déperditions totales par degré d'écart entre la température intérieure et extérieure d'un local et le volume de ce local.*

### CONDUCTIVITE THERMIQUE :

*Quantité de chaleur qui traverse une unité d'épaisseur d'un matériau (1 mètre) par seconde quand on applique une différence de température de 1°C entre les deux faces. Elle caractérise l'aptitude physique d'un matériau à être traversé par la chaleur.*

### CONSTANTE SOLAIRE :

*Energie reçue par une surface d'un mètre carré, exposée perpendiculairement au rayonnement solaire, à l'extérieur de l'atmosphère de la Terre. Cette puissance varie très peu au cours de l'année et vaut :  $C = 1380 \text{ W/m}^2$ .*

### CONVECTION :

*Sous l'action de différences de température, certaines parties d'un fluide se déplacent dans la masse du fluide ; les parties chaudes, plus légères, ont tendance à s'élever. La convection est le phénomène physique par lequel la chaleur est transmise dans un fluide.*

**DEGRE-JOUR :**

Unité représentant pour une journée la différence entre la température de base requise à l'intérieur d'un bâtiment (généralement 18°C) et la température extérieure moyenne sur la journée. La somme des degrés-jours sur le mois ou l'année permet d'évaluer les besoins moyens en chauffage et en climatisation d'une habitation.

**DELTA T ( $\Delta T$ ) :**

Exprime une différence de température.

**DIFFUSIVITE :**

Propriété d'un matériau à transmettre de la chaleur.

**EAU CHAUDE SANITAIRE (ECS) :**

Eau chaude utilisée pour les besoins domestiques.

**ECHANGEUR DE CHALEUR :**

Appareil dans lequel s'effectue le transfert de chaleur d'un fluide à un autre.

**EFFET DE SERRE :**

Effet produit par certains matériaux (verre par exemple) qui sont transparents (laissent passer) au rayonnement solaire mais opaques (empêchent de passer) au rayonnement de grande longueur d'onde (chaleur). Or ce sont très souvent ces dernières qui sont émises par les absorbeurs (par exemple dans capteur); les calories sont ainsi "piégées".

**EQUINOXES :**

Ce sont les deux moments de l'année où le soleil passe par l'équateur. Le jour a une durée égale à celle de la nuit d'un cercle polaire à l'autre. Le soleil se lève exactement à l'Est et se couche à l'Ouest. Equinoxe d'automne : 22 ou 23 septembre ; équinoxe de printemps : 21 ou 22 mars.

**FACTEUR D'ABSORPTION :**

Il caractérise la capacité d'un matériau à transformer une partie du rayonnement solaire qui l'éclaire, en chaleur qu'il absorbe. Ce facteur établit, pour un matériau donné, la proportion d'énergie incidente transformée en chaleur.

**FACTEUR D'EMISSION :**

La surface d'un corps échauffé émet une énergie électromagnétique (un rayonnement) ; ce facteur établit la proportion d'énergie incidente réémise par le matériau considéré. Il dépend de la direction du rayonnement solaire incident et de sa longueur d'onde.

**FACTEUR DE TRANSMISSION :**

Fraction de l'énergie incidente traversant un vitrage ou un corps transparent.

*Suite : voir fiche T. 563*

# GRET . GERES

34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél : 502.10.10

A la demande :

du COMMISSARIAT A L'ENERGIE SOLAIRE  
et du MINISTERE DE LA COOPERATION  
ET DU DEVELOPPEMENT

ENERGIE

ENERGIE SOLAIRE

Terminologie de la thermique  
solaire (2)

Prototype ou essai	
Expérimentation large	
Utilisation courante	X

CLASSIFICATION

Fiche N° 563  
fascicule N° 24  
SATIS 232

Suite de la fiche T 562

FACTEUR "k" :

Coefficient qui exprime la quantité de chaleur transmise par conduction à travers une unité de surface ( $1 \text{ m}^2$ ) d'un matériau par seconde lorsqu'une différence de température de  $1^\circ\text{C}$  est appliquée entre ses deux faces. C'est l'inverse du facteur "R" (résistance thermique).

FLUIDE CALOPORTEUR :

Fluide servant au transfert de chaleur ; utilisé dans un capteur solaire (eau, air, huile...). Il véhicule la chaleur absorbée par l'absorbeur jusqu'à un échangeur.

FLUX ENERGETIQUE :

Quantité de chaleur par unité de temps.

FRACTION D'ENSOLEILLEMENT

Rapport entre le nombre d'heures de temps ensoleillé et le nombre d'heures pendant lesquelles le soleil est au-dessous de l'horizon.

## COMPLEMENTIS D'INFORMATION

GRET - Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques.  
34, rue Dumont d'Urville - 75116 PARIS  
Tél. : 16 (1) 502 10 10

GERES - Groupement pour l'Exploitation Rationnelle de l'Energie Solaire  
Université de Provence - Centre de Saint Jérôme - Département d'Héliophysique  
13397 MARSEILLE CEDEX 13  
Tél. : 16 (91) 98 71 15

#### GAIN (ou APPORT) DIRECT :

Dans l'habitat solaire "passif", le gain direct prend en considération l'énergie captée par la masse thermique du bâtiment exposée au rayonnement solaire, derrière les vitrages des fenêtres et autres ouvertures : le couplage "vitrage/mur" ou "vitrage/sol" agit en effet comme un capteur solaire par effet de serre.

#### HAUTEUR (angulaire) :

Angle mesuré dans un plan vertical entre le soleil et l'horizon.

#### INSOLATION :

Exposition au rayonnement solaire.

#### ISOLANT :

Matériau caractérisé par un faible coefficient de conductivité thermique ; il est utilisé pour diminuer les pertes ou les gains de chaleur dans une habitation ou un système solaire.

#### MASSE THERMIQUE :

Quantité de matière dans un corps (matériau, système, local, maison) susceptible d'accumuler de la chaleur.

#### MICRO-CLIMAT :

Climat particulier à un endroit ou une région de petite taille qui se distingue du climat des endroits environnants. Il dépend de la topographie, de l'exposition au soleil et au vent, de la végétation...

#### MIROIR :

Surface réfléchissant les rayons lumineux sans les diffuser.

#### MUR D'EAU :

Système de chauffage solaire passif où un mur rempli d'eau (bidons d'eau, sacs d'eau dans du béton) sert à la fois de capteur solaire et de stockage thermique.

#### MUR "TROMBE" :

Principe de mur capteur associant un procédé de chauffage instantané (par thermo-circulation d'air) et un procédé déphasé (utilisant la conduction à travers la masse thermique du mur). Il est composé, depuis l'intérieur du local jusqu'à l'extérieur :

- d'un mur massif 25 : 30 cm de béton, de briques pleines, ... peint de couleur sombre et percé en parties hautes et basses d'ouvertures pour la thermo-circulation de l'air,
- d'une "lame d'air", espace clos d'air de quelques centimètres d'épaisseur.
- d'un vitrage simple ou double, pour assurer un effet de serre.

#### PARE VAPEUR :

Membrane imperméable à la vapeur d'eau destinée à éviter la condensation d'eau sur les matériaux isolants qui engendreraient leur détérioration.

**PERTES THERMIQUES :**

*Abaissement de la quantité de chaleur contenue dans une habitation ou un stockage par échange avec le milieu extérieur.*

**PYRANOMETRE :**

*Appareil qui mesure et enregistre la quantité d'énergie solaire globale reçue par une surface.*

**RAYONNEMENT :**

*Un des trois moyens par lequel la chaleur est transformée. C'est un transfert d'énergie direct dans l'espace qui n'a pas besoin d'air ou autre milieu conducteur.*

**RAYONNEMENT DIFFUS :**

*Partie du rayonnement solaire (provenant de l'ensemble de la voûte céleste) qui a été dispersé dans toutes les directions par réflexion sur les nuages, le sol, la végétation et autres obstacles.*

**RAYONNEMENT DIRECT :**

*Partie du programme solaire qui vient directement du soleil sans avoir été réfléchi par des objets ou des particules présentes dans l'atmosphère.*

**RAYONNEMENT INCIDENT**

*Rayonnement solaire qui atteint une surface.*

**REFLEXION REFLECHI :**

*Partie du rayonnement incident renvoyé directement (sans diffusion) par un objet.*

**REFLEXION (facteur de) :**

*Rapport du rayonnement réfléchi au rayonnement incident.*

**REHABILITATION SOLAIRE :**

*Opération d'aménagement d'une habitation par adjonction de systèmes solaires ; l'utilisation de l'énergie solaire vise à satisfaire une partie des besoins de chauffage de l'habitation.*

**- RENDEMENT :**

*Dans les applications de l'énergie solaire, le rendement d'un capteur exprime le rapport entre la quantité d'énergie solaire captée et l'énergie solaire incidente (ne pas confondre avec la fraction d'économie solaire).*

**SERRE SOLAIRE :**

*Serre conçue pour dépendre essentiellement du soleil pour les besoins en chauffage diurne et nocturne. Elle doit donc combiner une bonne orientation et une protection du vent, avec l'utilisation de masse thermique pour rayonner la nuit l'excès de chaleur captée le jour.*

#### SOLSTICE :

Deux époques de l'année où le soleil atteint son plus grand et son plus petit éloignement angulaire du plan de l'équateur. Les deux solstices correspondent aux jours le plus long et le plus court de l'année, approximativement : solstice d'été : 21 juin ; solstice d'hiver : 21 décembre.

#### SUD GEOGRAPHIQUE :

C'est le vrai Sud, par opposition au Sud magnétique. C'est la direction opposée à celle de l'Etoile Polaire.

#### SUD MAGNETIQUE :

C'est le sud indiqué par la boussole. Il diffère plus ou moins du Sud géographique suivant les endroits.

#### SURFACE SELECTIVE :

Revêtement spécial sur l'absorbeur d'un capteur, qui lui donne un bon facteur d'absorption et un faible facteur d'émission ce qui augmente son rendement.

#### SYSTEME ACTIF :

Système qui fait appel à des composants spécifiques pour capter l'énergie solaire (capteur), stocker et distribuer la chaleur (réservoir, pompe, régulation...).

#### SYSTEME PASSIF :

Système utilisant les propriétés physiques de matériaux de construction pour capter l'énergie solaire, stocker et distribuer la chaleur par une mise en oeuvre appropriée (conception architecturale, mur trombe...).

#### T.E.P. (Tonne Equivalent Pétrole) :

Unité énergétique utilisée en économie politique qui équivaut à 4 500 Kwh.

#### THERMIE

Unité de quantité de chaleur égale à un million de calories.

#### THERMOSIPHON

Circulation de convection qui est amorcée par des différences de température entre plusieurs points d'un fluide (un fluide chaud est plus léger qu'un fluide froid, il a donc tendance à s'élever naturellement...).

#### TRANSLUCIDE

Capacité de transmettre le rayonnement incident en dispersant la lumière dans plusieurs directions de sorte qu'un objet vu au travers d'un corps présentant une telle propriété apparaît de manière floue.

#### VITRAGE

Corps transparent ou translucide en verre (ou par extension d'un plastique) utilisé pour réaliser l'effet de serre.



# GRET . GERES

34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

A la demande :

du COMMISSARIAT A L'ENERGIE SOLAIRE  
et du MINISTERE DE LA COOPERATION  
ET DU DEVELOPPEMENT

Prototype ou essai	
Expérimentation large	
Utilisation courante	X

ENERGIE

ENERGIE EOLIENNE

Le vent - énergie fournie  
par le vent - généralités

CLASSIFICATION

Fiche N° 564  
Fascicule N° 24  
SATIS 241

Les VENTS sont des déplacements d'air circulant des zones de haute pression vers les zones de basse pression. Ces différences de pression sont le résultat des différences de température créées par un ensoleillement inégalement réparti sur la surface du globe. Ces déplacements, déviés par la force de CORIOLIS (due à la rotation de la terre) constituent la circulation générale atmosphérique. En réalité, les conditions géographiques (continents, végétation, reliefs, zones côtières) modifient cette circulation générale en créant des vents régionaux, locaux ou saisonniers.

## L'ENERGIE EOLIENNE

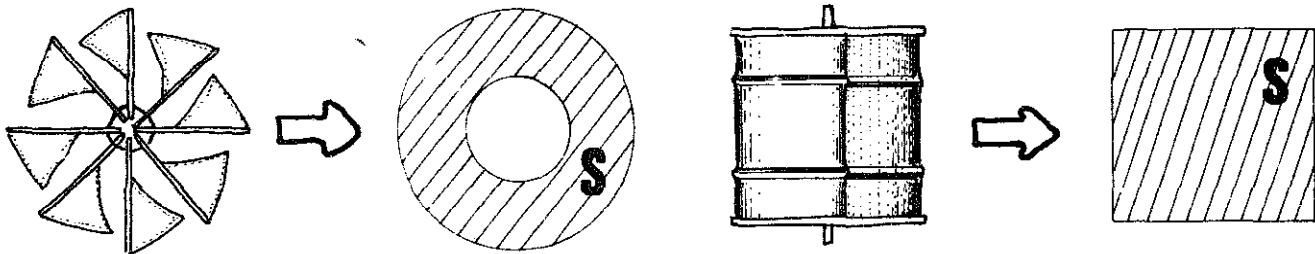
L'énergie fournie par le vent est due à la vitesse de déplacement de l'air et à sa masse ; c'est une énergie cinétique.

Le rôle d'une éolienne sera de transformer cette énergie pour la rendre exploitable ou stockable (pompage, force motrice, électricité ou chaleur)

La puissance d'une éolienne est proportionnelle à sa surface et au cube de la vitesse du vent :

$$P = 0.37 S V^3 \quad (\text{voir encadré page suivante})$$

- . Surface. C'est la surface balayée par les pales (S en m<sup>2</sup>). Dans le cas d'une hélice il s'agira d'un disque ou d'une couronne. Pour une éolienne à axe vertical, il s'agit le plus souvent d'un rectangle (voir figures ci-dessous)
- . Vitesse du vent : exprimée en m/s.
- . puissance : en watts.



## COMPLEMENT D'INFORMATION

I.T.DELLO :

Le Moulin Rouge de Saintines  
60410 VERBERIE - FRANCE  
Tél/ (4) 440.55.80.



L'énergie fournie par le vent s'exprime ainsi :  $E = \frac{1}{2} M V^2$   
 $M =$  masse d'air traversant la surface de l'éolienne (kg)  
 $V =$  vitesse du vent (m/s).

La puissance sera donc :

$$P = \frac{1}{2} m V^2 \quad (P \text{ en watts}) \quad m = \text{masse d'air traversant l'éolienne en 1 seconde (kg/s)}$$

La masse d'air par seconde est calculée par :

$$m = S \times \rho \times V \quad S = \text{Surface traversée par le vent (m}^2\text{)} \\ \rho = \text{masse volumique de l'air (relativement constante à 1,25 kg/m}^3\text{)}.$$

Le passage d'un volume d'air à travers une surface engendre donc une puissance :

$$P = \frac{1}{2} S \rho V^2$$

Les travaux de BET nous apprennent qu'une éolienne peut récupérer au maximum les 16/27èmes de cette puissance. La puissance maximum sera donc :

$$P_{\text{max.}} = \frac{16}{27} \times \frac{1}{2} S \times 1,25 \times V^3$$

ou encore

$$P_{\text{max}} = 0,37 S V^3$$

## ANALYSE DES CARACTERISTIQUES DU VENT SUR UN SITE

On peut souvent obtenir de la part des Services Météorologiques des relevés très précieux sur le gisement éolien. Mais la connaissance et le choix d'un site donné devront être faits en tenant compte de l'influence du relief et de la végétation, et quand cela est possible en faisant une campagne de mesures complémentaires.

### 1/ Relevés disponibles.

Réalisés par les Services de la Météorologie de la Marine ou des Aéroports, les plus importants de ces relevés pour connaître le vent sont: relevé quotidien, fréquence moyenne du vent, période de calme, vent maximal.

#### *Relevé quotidien*

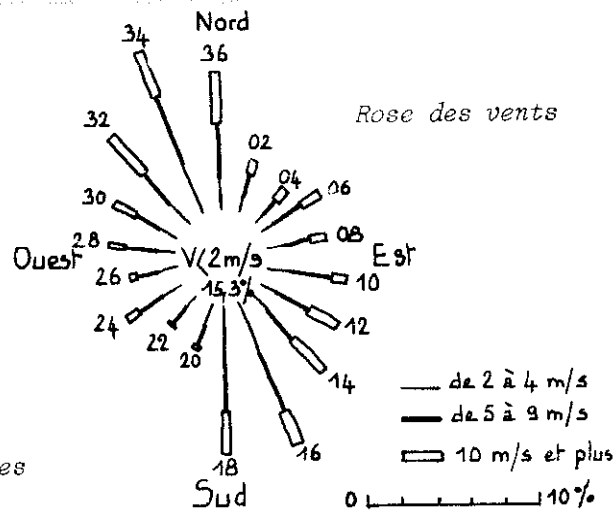
Plusieurs fois par jour, généralement toutes les 3 ou 6 heures. La vitesse et la direction du vent sont relevées. Les résultats sont portés sur un tableau mensuel. Cela permet de connaître, à une saison donnée, les variations du vent au cours de la journée.

#### *Tableau des fréquences moyennes du vent.*

Les observations quotidiennes permettent de dresser des tableaux faisant apparaître la répartition des fréquences de vents de vitesse comprise entre certaines limites.

Vitesse du vent en m/s						
Mois	<3	3à5	5à7	7à9	9à11	>11
Janvier	69	71	76	25	5	2
Février	36	65	82	36	5	2
Mars	26	62	101	47	9	3

THIES : Moyenne sur plusieurs années des 8 observations quotidiennes



Des tableaux de ce type donnent une idée des périodes de fonctionnement d'une éolienne et de la puissance qu'elle pourra fournir. Mais ces résultats doivent être interprétés avec précaution car les mesures sont faites le plus souvent en terrain dégagé et à 10 mètres d'altitude, conditions qui ne sont pas toujours celles dans lesquelles sont placées les éoliennes. Les moyennes annuelles sont parfois données graphiquement sous forme d'une rose des vents.

#### Périodes de calme

Le fonctionnement d'une éolienne est forcément discontinu, l'installation complète donc comportera un dispositif de stockage (bassin, batteries ou stockage thermique) suffisant pour répondre aux besoins pendant les périodes de calme probables. Il faut par conséquent connaître la durée et la répartition des périodes de calme ainsi que les conditions de vent dans l'intervalle les séparant. Ces renseignements sont parfois donnés par les stations de mesure. Quand il n'est pas possible de se les procurer on se base sur les observations faites sur le terrain par les habitants.

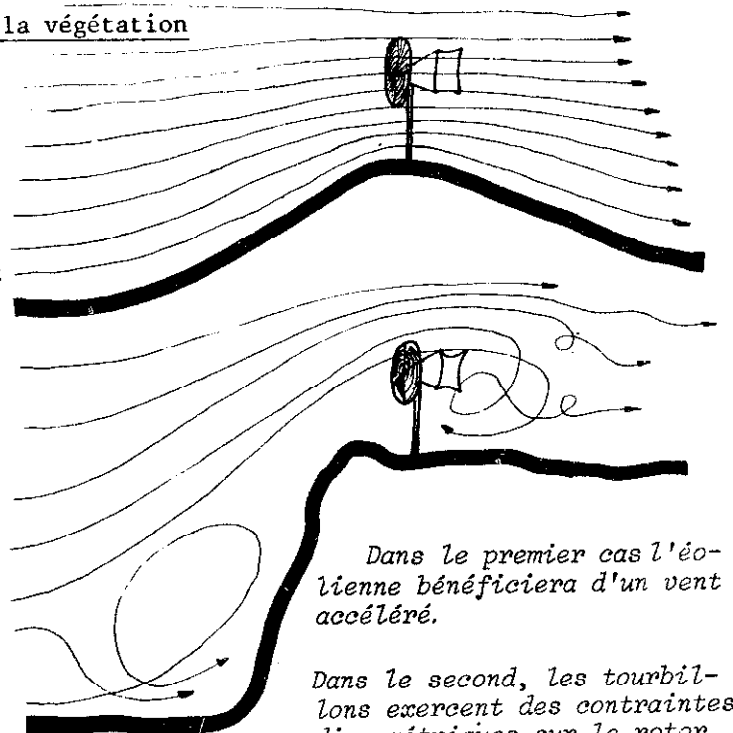
#### Vent maximal.

La connaissance du vent maximal (enregistré par les stations) est également importante pour déterminer le support et les dispositifs de sécurité.

## 2) Influence du relief et de la végétation

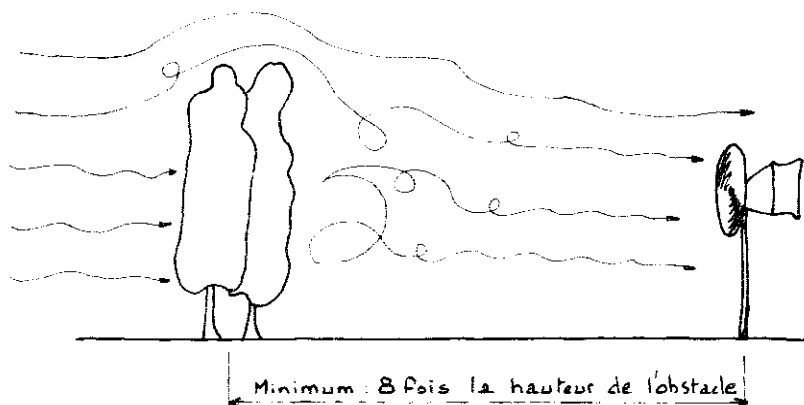
### Relief.

Certaines formes de relief sont favorables à une accélération des filets d'air : (colline à pente faible, rétrécissements de vallée). Si ces accidents de terrain sont convenablement orientés par rapport aux vents dominants ils constituent des sites de prédilection pour une éolienne. Par contre une colline abrupte ou une falaise constituent plutôt une gêne, par les turbulences qu'elles créent.



### Végétation

La nature et l'importance de la végétation influent de façon considérable sur la vitesse du vent. A 5 m d'altitude, (hauteur d'une petite éolienne) le vent est 2 fois plus fort en terrain dégagé qu'en zone de taillis ou de broussailles.



### Obstacles

Les arbres, les maisons constituent un obstacle qui dévie et freine le vent. En règle générale, une éolienne doit être placée à une distance minimum de 8 fois la hauteur de l'obstacle.

### EVALUATION DE L'ENERGIE FOURNIE

Pour évaluer correctement l'énergie que peut fournir une éolienne dans un site donné, plusieurs caractéristiques doivent être prises en compte, notamment :

- le seuil de démarrage (vent minimum)
- la vitesse nominale (vitesse du vent pour laquelle le rendement est maximum)
- la vitesse de mise en fonction des organes de sécurité (frein, mise "en drapeau").
- son rendement (généralement donné pour la vitesse nominale)

En se servant des résultats météorologiques obtenus il faudra établir un tableau donnant pour chaque mois :

- le nombre d'heures de vent inférieur au seuil de démarrage
- le nombre d'heures de vent compris entre le seuil de démarrage et la vitesse nominale (découpage en tranches de vitesse aussi précises que possible).
- le nombre d'heures de vent entre la vitesse nominale et la vitesse de mise en drapeau (dans cette plage, la puissance est généralement constante)

On pourra donc connaître le nombre d'heures de fonctionnement dans chaque tranche de vitesse et en déduire, en tenant compte du rendement, l'énergie moyenne fournie pendant le mois considéré.

Si l'on ne peut supporter de rupture dans l'approvisionnement en énergie, la connaissance de la durée probable des périodes de calme permettra de dimensionner le stockage. Il faudra vérifier que le vent précédant chaque période de calme sera suffisant pour recharger ce stockage. Le cas échéant cela permettra de prévoir un dispositif d'appoint ou de secours et de le dimensionner de façon adéquate.

# GRET. GERES

34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

A la demande :

du COMMISSARIAT A L'ENERGIE SOLAIRE  
et du MINISTERE DE LA COOPERATION  
ET DU DEVELOPPEMENT

Prototype ou essai	
Expérimentation large	
Utilisation courante	X

ENERGIE

ENERGIE EOLIENNE

Mesure des caractéristiques  
du vent sur un site

CLASSIFICATION

Fiche N° 565  
Fascicule N° 24  
SATIS 241

La fiche précédente (T 564) a montré l'importance de la connaissance du régime des vents sur un site, et donné une méthode d'interprétation des résultats que l'on peut obtenir auprès des services officiels (Météo, Navigation aérienne et maritime). Malheureusement dans bien des cas, les stations de mesures sont éloignées des sites d'implantation projetés. Il faut alors pouvoir évaluer le vent sur le site lui-même. De plus les relevés officiels sont seulement indicatifs ; les sites de mesure sont très dégagés et les anémomètres sont placés à au moins 10 mètres du sol.

## ORGANISATION D'UNE CAMPAGNE DE MESURE

Une campagne d'évaluation du gisement éolien doit s'étaler au minimum sur une année entière. En effet, les conditions de vent, en vitesse et direction varient de façon trop importante en fonction de la saison, pour que l'on puisse se permettre de ne faire des mesures que sur une partie de l'année. Les paramètres à relever sont :

- la direction du vent
- la vitesse du vent

### Intérêt de ces mesures

La mesure de la vitesse du vent permettra d'établir des moyennes représentatives des conditions réelles. On pourra aussi connaître la durée et la fréquence des périodes de calme, ainsi que le vent maximal.

La direction du vent relevée en même temps que la vitesse permet de connaître les vents dominants et par la suite de placer convenablement l'éolienne par rapport aux obstacles environnants.

## APPAREILLAGE DU COMMERCE

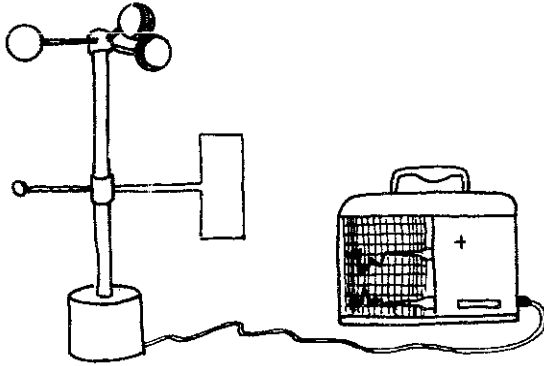
Tous les anémomètres du commerce sont basés sur le même principe : il s'agit d'un petit rotor comportant 3 ou 4 pales en forme de demi-sphères - la vitesse de rotation du rotor

## COMPLEMENTS D'INFORMATION

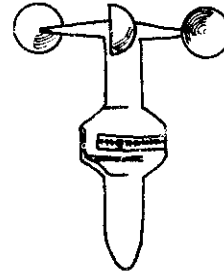
I.T. DELLO :  
Le moulin Rouge de Saintines  
60410 VERBERIE - FRANCE  
Tél. (4) 440.55.80



est fonction de la vitesse du vent. La lecture peut se faire directement sur l'appareil (cas de l'anémomètre à main), ou être transmise par impulsions électriques à une unité d'enregistrement. Les girouettes indiquant la direction du vent peuvent être également à lecture directe ou couplées à un enregistreur.



Anémomètre et girouette avec enregistreur



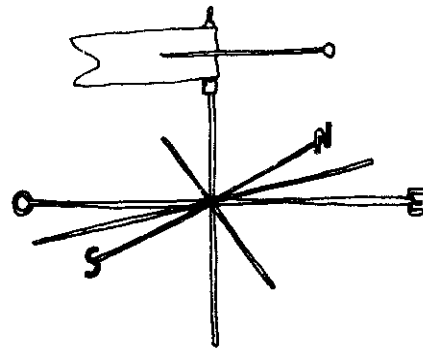
Anémomètre portatif à lecture directe

#### APPAREILLAGES RUDIMENTAIRES

Les appareils du commerce étant chers on aura parfois intérêt à construire soi-même son propre matériel de mesure.

##### 1) - Mesure de la direction - les girouettes

La construction d'une girouette ne pose pas de problèmes particuliers ; la mesure de la direction ne nécessite pas une grande précision : il suffit d'adjoindre à la girouette une rose des vents à 4 ou 8 directions pour pouvoir évaluer la direction du vent selon 16 orientations différentes.

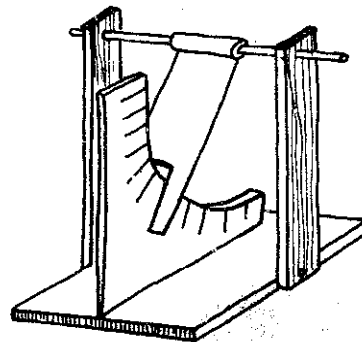


##### 2) Mesure de la vitesse :

Deux procédés simples peuvent être mis en oeuvre :

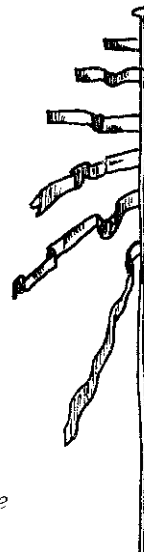
###### ● Anémomètre à palette

Il s'agit d'un appareil très rudimentaire, très simple à construire. Cependant, son étalonnage devra être fait avec précaution : on pourra utiliser pour cela un autre anémomètre, ou l'embarquer à bord d'une voiture et noter l'inclinaison de la palette en fonction de la vitesse à laquelle on roule. Se méfier tout de même des turbulences créées par la voiture elle-même et du vent naturel qui peut modifier la mesure.



● Pavillons de Hanov

En 1760, Hanov proposa, pour évaluer la vitesse du vent, de hisser des pavillons de longueur inégale, et de noter celui que le vent amène à l'horizontale. Il est encore nécessaire d'étalonner l'équipement grâce à un autre anémomètre.



*Pavillons de Hanov*

ECHELLE DE BEAUFORT

Si l'on n'a pas de moyen de mesure de la vitesse du vent, on peut toujours évaluer sa vitesse grâce à l'échelle de l'amiral BEAUFORT qui indique les phénomènes observables selon la force du vent.

Echelle BEAUFORT	noeuds	m/s	km/h	Phénomènes
0	> 1	0-0,2	< 1	- calme, la fumée s'élève verticalement.
1	1-3	0,3-9,5	1-5	- le vent incline la fumée mais ne fait pas tourner les girouettes.
2	4-6	1,6-3,3	6-11	- On perçoit le vent sur le visage. Les feuilles bruissent. Les girouettes obéissent au vent.
3	7-10	3,4-5,4	12-19	- Feuilles et petites branches sont en mouvement continuel. Le vent agite les drapeaux légers.
4	11-16	5,5-7,9	20-28	- Le vent soulève la poussière et les feuilles de papier ; les petites branches s'agitent.
5	17-21	8-10,7	29-38	- Les petits arbres feuillus commencent à se balancer. Des vaguelettes à crête se forment sur les étangs.
6	22-27	10,8-13,8	39-49	- Les grandes branches s'agitent, les fils électriques vibrent- il devient difficile de se servir d'un parapluie.
7	28-33	13,9-17,1	50-61	- Les arbres sont totalement agités. Il est désagréable de marcher face au vent.
8	34-40	17,2-20,7	62-74	- Les petites branches se brisent. Il devient difficile de marcher.
9	41-47	20,8-24,4	75-88	- De légers dégâts matériels peuvent se produire
10	48-55	24,5-28,4	89-102	- Se produit rarement à l'intérieur des terres - Arbres déracinés. Dégâts matériels considérables

*Correspondances entre les unités*

*Les fiches techniques des fabricants d'éoliennes emploient comme unité de vitesse du vent le mètre par seconde (m/s). Mais les mesures dans les*

services spécialisés sont parfois faites en noeuds ou en kilomètre/heure.  
Voici les correspondances entre ces unités

1 noeud (Nd ou Kt en anglais)	= 1,852 km/s
1 noeud	= 0,514 m/s
1 m/s	= 3,6 km/s

#### METHODE DE MESURE

##### 1) Contraintes

Pour que les résultats soient significatifs, il est nécessaire de faire plusieurs relevés par jour (par exemple toutes les 3 ou 6 heures), et toujours aux mêmes heures.

Le choix des heures est important. En effet si l'on peut en général négliger quelque peu les relevés de nuit (il y a peu de vent la nuit) il vaut mieux multiplier les observations aux heures où il y a du vent si par exemple le vent se lève vers 11 h pour faiblir vers 20 h, il est souhaitable de compléter les observations de midi et 18 h par une mesure à 15 h.

##### 2) Précautions

Le vent n'est pas régulier, nous l'avons vu, et il n'est l'est pas plus à l'échelle de la minute, que de la journée ou l'année. Les relevés instantanés n'ont donc pas une grande valeur. Il vaut mieux faire une série de mesures (5 ou 10) établies sur une période de 10 minutes par exemple et prendre la moyenne des résultats obtenus comme valeur de l'observation. Le vent varie beaucoup en fonction de la hauteur par rapport au sol. Il est donc nécessaire de placer si possible, l'appareil de mesure à la même hauteur qu'une éolienne (environ 5 à 6 mètres pour une petite éolienne de pompage ou une machine à axe vertical - 8 à 10 mètres pour un aérogénérateur ou une grosse éolienne de pompage).

EXPLOITATION DES RESULTATS - Voir fiche précédente (N°564)

Les résultats bruts obtenus pendant la campagne de mesure permettront de dresser des tableaux indiquant :

- pour chaque vitesse de vent, le nombre d'heures, ou le pourcentage de temps correspondant. Le tableau sera fait mois par mois (ou s'il y a d'importantes variations par quinzaine)
- les périodes de calme, correspondant à un grand nombre d'observations successives de vent très faible
- le vent maximal, si l'on a pu l'évaluer en dehors des heures normales d'observations.



# GRET . GERES

34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

A la demande :

du COMMISSARIAT A L'ENERGIE SOLAIRE  
et du MINISTERE DE LA COOPERATION  
ET DU DEVELOPPEMENT

Prototype ou essai	
Expérimentation large	
Utilisation courante	X

ENERGIE

ENERGIE EOLIENNE

Les éoliennes : généralités

CLASSIFICATION

Fiche N° 566  
Fascicule N° 24  
SATIS 241

## LES EOLIENNES - GENERALITES

Une installation éolienne, quelque soit son utilisation est généralement composée des éléments suivants :

- un capteur : c'est un rotor.
- un dispositif d'orientation permettant d'adopter la position la plus favorable selon la direction du vent.
- un dispositif de régulation ou de sécurité pour protéger des vents violents le capteur ou les autres organes de l'installation.
- un système de transmission : destiné à transmettre ou modifier le mouvement du capteur jusqu'au dispositif de transformation de l'énergie.
- un dispositif de transformation de l'énergie : chargé de convertir l'énergie mécanique en énergie utilisable. Il s'agit le plus souvent d'une pompe, d'un générateur électrique ou d'un convertisseur thermique.
- un support : (pylône, mat haubanné, portique souvent complété par une embase de maçonnerie)
- un stockage réalisant un amortissement entre la production et l'utilisation

## CLASSIFICATION DES EOLIENNES

Les éoliennes sont généralement classées selon le type de leur capteur. Les pales qui le constituent peuvent se déplacer parallèlement au vent ou perpendiculairement.

### 1- Axe horizontal

Dans le cas des hélices, les pales se déplacent perpendiculairement au vent. Elles dévient le vent, mais ne se font pas traîner par lui. La vitesse de leur déplacement pourra être beaucoup plus grande que la vitesse du vent. La vitesse de rotation sera fonction

## COMPLEMENTS D'INFORMATION

I.T. DELLO :  
Le Moulin Rouge de Saintines  
60410 VERBERIE - FRANCE  
Tél. (4) 440.55.80



- de la vitesse du vent
- du rendement aérodynamique
- du nombre et de la surface des pales. Plus une éolienne a une grande surface réelle de pales, moins elle tourne vite.
- du poids du rotor.

## 2 - Axe vertical

Dans ce cas, les pales en rotation ne se déplacent pas toujours dans la même direction par rapport au vent. Cependant la force qu'elles utilisent peut être parallèle au vent (trainée) ou perpendiculaire à celui-ci (poussée). A titre d'exemple, les caravelles de Ch. COLOMB utilisaient la force de trainée et ne pouvaient donc se déplacer que dans le même sens que le vent à une vitesse inférieure à celui-ci. Les dérivateurs et les voiliers modernes dévient le vent et utilisent donc la force de poussée (ils "remontent" au vent). Ils peuvent se déplacer dans presque toutes les directions par rapport au vent (sauf de face). Les éoliennes à axe "vertical" peuvent utiliser la force de trainée ou la force de poussée.

Les principaux types sont :

- Les ROTORS SAVONIUS ; il s'agit de 2 demi cylindres de tôle fixés en opposition sur 2 flasques. Ces machines utilisent la force de trainée. La vitesse de déplacement en bout de pale sera inférieure à la vitesse du vent (voir fiche N° 570).
- Les panémons utilisent des pales profilées ("en aile d'avion") disposées en couronne autour de l'axe de rotation. Elles utilisent la force de poussée ; leur vitesse peut être très supérieure à la vitesse du vent.
- Les turbines multipales sont en fait des machines mixtes ; selon leur position, les pales se déplacent sous l'effet de la trainée ou de la poussée. Leur vitesse n'est jamais très élevée.

## MATÉRIAUX ET TECHNOLOGIE

Les matériaux utilisés pour la construction des éoliennes sont très variés. Pour le capteur on peut utiliser des matériaux sophistiqués : fibre de carbone, alliages d'aluminium, matières plastiques, des matériaux courants : tôle galvanisée, résines polyester, des matériaux ordinaires : bois, toile, vannerie.

La technologie utilisée peut être industrielle ou artisanale. Technologie et matériaux sont en fait intimement liés et dépendent de quelques facteurs communs :

- vitesse de rotation de la machine
- niveau de performance attendu
- taille
- durée de vie espérée.

Quand les conditions météorologiques se prêtent à l'installation d'éoliennes, le choix technologique devra s'appuyer largement sur des considérations d'ordre social et économique, pour définir un équilibre entre la simplicité de construction et d'utilisation, et d'autre part la fiabilité et le rendement.

Le tableau ci-contre donne pour les 5 types d'éoliennes les plus répandues, les principales caractéristiques.

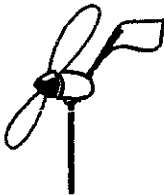

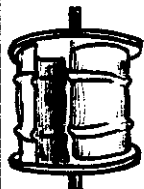
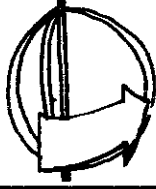

## UTILISATIONS PRÉFÉRENTIELLES

Le choix du type d'éolienne sera fait en fonction de l'utilisation prévue, du coût, de la technicité. Une éolienne multipale (moulin américain) possédant une importante surface physique de pales fournira un couple élevé ; à puissance égale elle tournera donc moins vite qu'une hélice bi- ou tripale. La vitesse de rotation sera généralement comprise entre 30 et 120 t/mn. Ce type d'éolienne sera donc plutôt utilisé pour le pompage de l'eau, couplée à une pompe à piston ou à diaphragme, sans démultiplication. Une éolienne rapide bi- ou tripale sera plutôt employée pour la production d'électricité. Sa vitesse de rotation permettra d'actionner un générateur d'électricité avec un faible rapport de multiplication.

## NECESSITE D'UN DISPOSITIF D'ORIENTATION

Dans le cas d'une éolienne à axe horizontal, la roue (capteur) ne tournera que si elle est placée face au vent ; elle sera donc libre de pivoter autour du mât, son orientation face au vent étant fixée par des dispositifs variés (dérive, rose des vents, éolienne "sous le vent").

Les éoliennes à axe vertical sont insensibles aux changements de direction du vent ; elles n'ont donc pas besoin de dispositif d'orientation. Cependant, certains concepteurs, soucieux d'améliorer le rendement de ces machines leur ont adjoint un déflecteur qui, lui, doit être orientable. Dans certaines conditions, les éoliennes à axe vertical peuvent être placées avec leur axe à l'horizontale ; en effet si les vents locaux sont toujours de même direction (ou de 2 directions diamétralement opposées) le rotor convenablement orienté aura le même comportement que si son arbre était vertical. Cela permettra en outre certaines simplifications techniques.

CLASSIFICATION DES EOLIENNES LES PLUS COURANTES					
AXE HORIZONTAL	Moulin hollandais rapide 2-4 pales		Production d'électricité ou pompage	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rotation rapide</li> <li>-Faible couple</li> <li>-Bon rendement</li> <li>-Vent mini: 4-5m/s</li> </ul>	Technologie assez avancée-coût élevé - quelques réalisations artisanales ont cependant été testées.
	Moulin américain multiple		Pompage	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rotation lente</li> <li>-Couple élevé</li> <li>-Rendement moyen</li> <li>-Vent mini: 2-3m/s</li> </ul>	Technologie simple voire rustique-principe très ancien-nombreuses réalisations artisanales-coût généralement faible
VERTICAL	Rotor "Savonius"		Pompage ou Electricité	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rotation lente</li> <li>-Couple élevé</li> <li>-Rendement faible</li> <li>-Vent mini: 2-3m/s</li> </ul>	Technologie très simple et peu coûteuse-souvent choisi par les autoconstructeurs. Il existe de très nombreuses variantes.
	"Darrieus" et panemones		Electricité ou chaleur	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rotation rapide</li> <li>-Couple faible</li> <li>-Bon rendement</li> <li>-Ne démarre pas seul</li> </ul>	Coût variable selon la technologie employée. Très grande diversité de formes et de matériaux employés.
AXE	Turbine multiple		Pompage ou Electricité	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rotation moyenne</li> <li>-Couple élevé</li> <li>-Rendement moyen</li> <li>-Vent mini: 3-4m/s</li> </ul>	Le coût est généralement faible en autoconstruction. Il existe de nombreuses versions dont certaines avec un déflecteur orientable.

## LA REGULATION

Lorsque le vent devient plus violent, la pression qu'il exerce sur la roue augmente considérablement - Ceci a 2 conséquences principales :

- augmentation des efforts sur la voilure et le pylône support.
- augmentation de la vitesse de rotation.

La vitesse de rotation doit être limitée à une valeur supérieure pour rester dans la plage normale d'utilisation des transformateurs d'énergie (pompe ou générateur). En outre une vitesse de rotation exagérée entraîne l'apparition de vibrations destructrices à moyen terme.

Dans le cas des éoliennes dont la surface de voilure est importante (multipale par exemple) on doit, par vent violent, diminuer la surface d'interaction avec le vent afin que la voilure elle-même et le pylône n'aient pas à supporter des contraintes mécaniques trop importantes.

Les systèmes de régulation peuvent être de plusieurs types et agir par :

- diminution de la surface exposée au vent
- diminution du rendement aérodynamique.
- limitation de la vitesse par :
  - frein aérodynamique
  - frein mécanique ou électrique
  - augmentation de l'inertie du rotor

En règle générale, la régulation commence à agir vers 6 à 7 m/s pour une éolienne de pompage, la mise en drapeau totale intervenant vers 10 à 12 m/s. Le démarrage lui, a lieu dès 2 à 3 m/s. Pour les éoliennes rapides, le démarrage n'a lieu que vers 4 à 4 m/s, la puissance nominale est obtenue vers 7 à 8 m/s parfois plus. Une telle éolienne peut encore fonctionner dans des vents forts (parfois jusqu'à 25 m/s).

# GRET. GERES

34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

A la demande :

du COMMISSARIAT A L'ENERGIE SOLAIRE  
et du MINISTERE DE LA COOPERATION  
ET DU DEVELOPPEMENT

Prototype ou essai	
Expérimentation large	
Utilisation courante	X

ENERGIE

ENERGIE EOLIENNE

Les aérogénérateurs de petite puissance

CLASSIFICATION

Fiche N° 567  
Fascicule N° 24  
SATIS 244

## LES AEROGENERATEURS DU COMMERCE

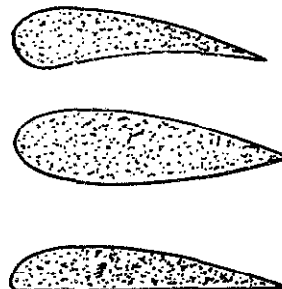
### • Les moulins hollandais :

Possédant un petit nombre de pales, pour bénéficier d'une grande vitesse de rotation, ces machines entraînent par l'intermédiaire d'une multiplication de faible rapport un générateur électrique. Le générateur est placé dans un carter qui supporte l'hélice et s'il y a lieu, la dérive (ou tout autre système d'orientation). Cet ensemble est disposé au sommet d'un mât haubanné ou d'un pylône.

### • Les rotors Darrieus.

Les pales droites ou courbes sont disposées autour d'un axe vertical. Une transmission, aussi directe que possible entraîne le générateur électrique placé à la base de la machine. L'arbre principal portant en son sommet un palier est haubanné pour assurer sa stabilité.

La construction d'un aérogénérateur industriel relève d'une technologie assez poussée. Les profils utilisés pour la réalisation des pales sont soigneusement étudiés en soufflerie; Les matériaux employés doivent être à la fois légers et résistants : alliage d'aluminium, fibre de carbone, résines polyester. La grande vitesse de rotation oblige à avoir un équilibrage parfait du rotor ; l'usinage des parties mécaniques doit être fait avec une grande précision.



Exemples de profils utilisés pour les aérogénérateurs

## COMPLEMENTES D'INFORMATION

- Eolienne DARRIEUS : Eole 80 192 Bd Victor Hugo 59 000 LILLE Tél. (20) 54.04.25
  - Groupe ENEOLE - ADER LANGUEDOC ROUSSILLON Université des Sciences et Techniques du Languedoc 34 000 MONTPELLIER
  - Groupe de recherche éolienne : J.C. PIQUARD - Saint Vincent 07 700 GRAS  
Construction d'éolienne avec récupération aéronautique
- I.T.DELLO, Le Moulin Rouge de Saintines 60 410 VERBERIE - FRANCE  
Tél. (4) 440.55.80



L'orientation face au vent est obtenue par plusieurs procédés :

- le système classique avec une dérive;
- un autre procédé consiste à placer l'éolienne "en aval" du pylône (sous le vent);
- pour les machines de grande taille on utilise des dispositifs plus complexes, mais moins sensibles aux turbulences : rose des vents ou servo-moteurs.

Rose des vents : deux petites hélices, perpendiculaires au rotor, captent le vent de travers et obligent, par l'intermédiaire d'engrenages, l'éolienne à se placer face au vent.

Servo-moteurs: une pirouette à proximité de l'éolienne transmet les informations sur la direction du vent à une "boîte noire" qui commande des servo-moteurs orientant la machine.

### Régulation

Dans le cas d'un aérogénérateur, la régulation sera simplement chargée de limiter la vitesse de rotation, et ceci pour 2 raisons :

- limitation des contraintes (vibrations et force centrifuge)
- respect de la vitesse nominale du générateur électrique.

Plusieurs principes sont utilisés :

- *variation de calage des pales* : On cherche à écarter la pale de sa position de rendement optimum. Le pivotement de la pale est commandée par des ressorts et des masselottes soumises à la force centrifuge.
- *Frein aérodynamique* : de petits ailerons solidaires du rotor, prennent, au fur et à mesure que la vitesse augmente, une position qui tend à freiner la rotation.
- *Frein par le générateur électrique* : La dynamo (ou l'alternateur) peut, s'il est bien dimensionné, freiner la vitesse de rotation. Cependant, ce système devra être complété par un autre dispositif pour les vents violents.
- "Unité en drapeau". Certains aérogénérateurs utilisent ce principe généralement employé pour les éoliennes de pompage (voir fiche N° 568).

### LES AÉROGÉNÉRATEURS D'AUTOCONSTRUCTION.

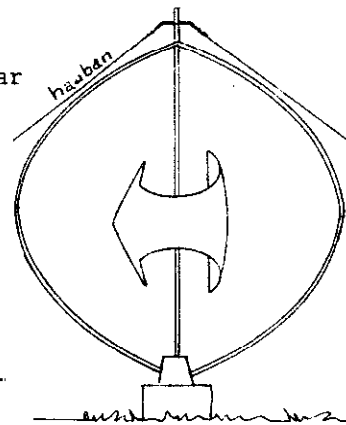
Le choix d'un type d'aérogénérateur est souvent guidé par les critères suivants :

- simplicité de fabrication
- coût de construction et d'entretien
- fiabilité
- performances.

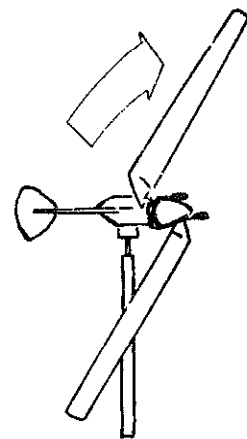
Pour les moyennes et grandes puissances, au delà de 800 watts, c'est l'hélice tripale qui s'impose généralement, alors que pour les petites installations la préférence va plutôt à des éoliennes à axe vertical (SAVONIUS ou turbine multipale). (voir fiches 569 et 570).

#### ● Hélices tripales :

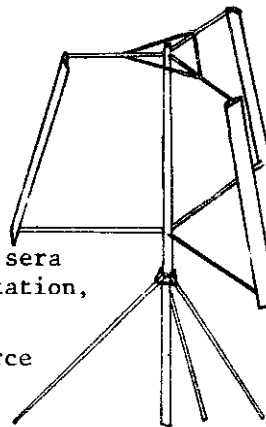
Généralement de construction assez simple ces machines comportent des pales en toile ou en fibre de verre. Les parties mécaniques sont généralement des pièces d'automobiles : paliers, moyeux, cardans, boîte de vitesse. Une solution simple consiste à récupérer des pales d'hélicoptère pour fabriquer le rotor.



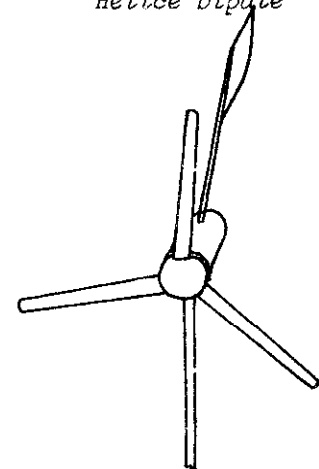
"Darrieus" bipale



Hélice bipale



"Darrieus" tripale



Hélice tripale

● Savonius et autres éoliennes à axe vertical

Voir Fiches N° 569 et N° 570

LES GENERATEURS ELECTRIQUES

Ils sont de deux types : les dynamos produisant du courant continu, et les alternateurs qui eux produisent du courant alternatif.

● Les dynamos :

Elles sont peu utilisées sur les aérogénérateurs du commerce en raison de leur poids et de leur échauffement important à grande vitesse.

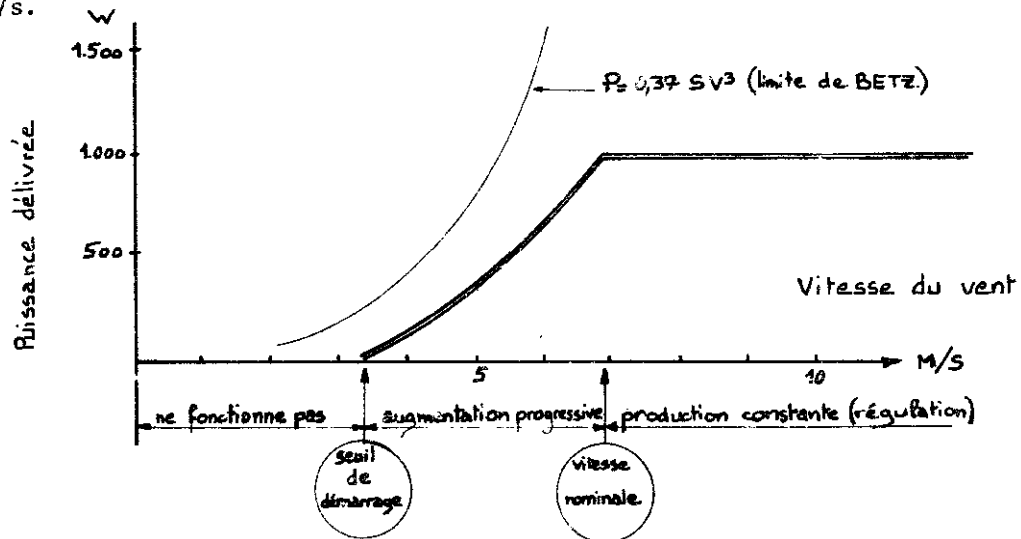
● Les alternateurs :

Ils sont plus légers, chauffent moins que les dynamos, leur usure est moins importante donc la durée de vie plus grande. Cependant, leur vitesse nominale est souvent supérieure à celle des dynamos. Pour stocker l'énergie produite dans des batteries il sera nécessaire d'ajouter un redresseur pour obtenir du courant continu. La plage de fonctionnement d'un alternateur étant réduite, la régulation de la vitesse de l'éolienne devra être très précise.

PERFORMANCES-ENERGIE PRODUITE

- Les performances des aérogénérateurs industriels (hélices ou Darrieus) sont généralement bonnes (rendement toujours supérieur à 50 % de la limite de BETZ pour la vitesse nominale).
- Pour évaluer l'énergie produite, il faut connaître la courbe de fonctionnement de l'éolienne et les caractéristiques du vent sur le site (voir fiche N° 565).

Si l'éolienne démarre par exemple par un vent de 4 m/s et que sa puissance nominale est atteinte à 7 m/s, il sera important de connaître : le nombre d'heures de vent supérieur à 7 m/s (par jour ou par mois) et la répartition des fréquences du vent entre 4 et 7 m/s.



Si par exemple on peut disposer en moyenne chaque jour

- de 4 h de vent de 7 m/s et plus
- de 2 h de vent de 6 m/s
- de 1 h de vent de 5 m/s
- de 2 h de vent de 4 m/s

il suffira de prendre sur la courbe les puissances correspondantes à ces vitesses de vent et de faire le calcul suivant pour évaluer l'énergie moyenne journalière (voir courbe)  $(2 h \times 1000 w) + (1 h \times 250 w) + (2 h \times 600 w) + (4 h \times 1000 w) = 5650 wh$ .

## EVALUATION DES BESOINS

Les besoins électriques sont évalués en multipliant la puissance consommée par le nombre d'heures de fonctionnement :

*Exemple :*

<i>Eclairage : 2 lampes de 100 w pendant 3 h :</i>	<i>600 wh</i>
<i>Réfrigérateur : 100 w moyenne sur la journée :</i>	<i>2400 wh</i>
<i>Radio : 30 w, 3 h par jour :</i>	<i>90 wh</i>
	<hr/>
	<i>3090 wh</i>

## STOCKAGE

L'énergie électrique n'est pas consommée au moment même où elle est produite, il est donc nécessaire de prévoir des batteries d'accumulateurs. Celles-ci sont caractérisées par leur possibilité de stockage appelée CAPACITE et exprimée en Am-pères-heures.

Cette capacité est fonction de l'énergie journalière fournie, de la consommation du nombre de jours sans vent, du nombre de jours de vent compris en la vitesse de démarrage et la vitesse nominale, de la tension de la batterie. En pratique on pourra calculer la capacité de façon simple :

$$C = \frac{W \times N}{U} \times 2$$

C = capacité de la batterie en Ah.

W = énergie consommée par jour en Wh (watts/heure)

U = tension de la batterie en Volts (12, 24 ou 36)

N = nombre de jours de vent inférieur à la vitesse de démarrage.

2 = coefficient qui tient compte du rendement des batteries et de la proportion moyenne des jours de vent moyen par rapport aux vents faibles.

Les principaux inconvénients des batteries d'accumulateurs sont

- leur poids
- leur prix (souvent de 20 % du prix total de l'installation)
- leur rendement assez faible
- l'obligation d'alimenter les appareils en courant continu (ou d'utiliser un onduleur pour "fabriquer" du courant alternatif)



# GRET . GERES

34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

A la demande :

du COMMISSARIAT A L'ENERGIE SOLAIRE  
et du MINISTERE DE LA COOPERATION  
ET DU DEVELOPPEMENT

Prototype ou essai	
Expérimentation large	
Utilisation courante	X

ENERGIE

ENERGIE EOLIENNE

Eoliennes de pompage

CLASSIFICATION

Fiche N° 568  
Fascicule N° 24  
SATIS 245

Le pompage de l'eau est avec la mouture du grain une des plus anciennes applications de l'énergie éolienne. C'est dire, si la technologie en est parfaitement maîtrisée. Il existe aujourd'hui plus d'un million d'éoliennes de pompage. Pourtant presque toutes sont du même type : éolienne multipale (moulin américain) couplé à une pompe à piston, inspirée de l'éolienne crétoise connue 4 siècles avant notre ère. Il existe cependant quelques alternatives tant au niveau du capteur que de l'équipement de pompage.

## DIFFERENTS TYPES D'EOLIENNES UTILISEES POUR LE POMPAGE

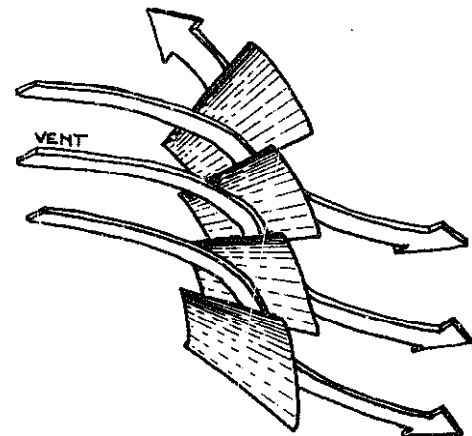
Les éoliennes qui se prêtent plus particulièrement à une utilisation pour le pompage de l'eau sont celles qui ont :

- une vitesse de rotation lente pour commander, sans démultiplication, une pompe (à piston ou à diaphragme)
- un couple de démarrage élevé car une pompe demande un effort important pour être actionnée
- un seuil de démarrage faible de façon à assurer un approvisionnement aussi régulier que possible même par petit vent.

L'éolienne multipale répond bien à ces exigences et c'est pourquoi elle est (de loin) la plus utilisée.

### 1) Eoliennes multipales - Moulins américains.

- La roue de 1,60 à 6,00 m de diamètre est composée d'un nombre variable de pales (minimum 6, la plupart des éoliennes diffusées en ont 12 à 16. Ces pales généralement en tôle fine sont assez larges (pour offrir une surface maximum au vent) et sommairement profilées (pour ne pas créer de turbulences dans les filets d'air). L'axe horizontal de rotation de la roue transmet le mouvement à un système



## COMPLEMENTS D'INFORMATION

I. T. DELLO : Le Moulin Rouge de Saintines  
60 410 VERBERIE - FRANCE  
Tél. (4) 440.55.80



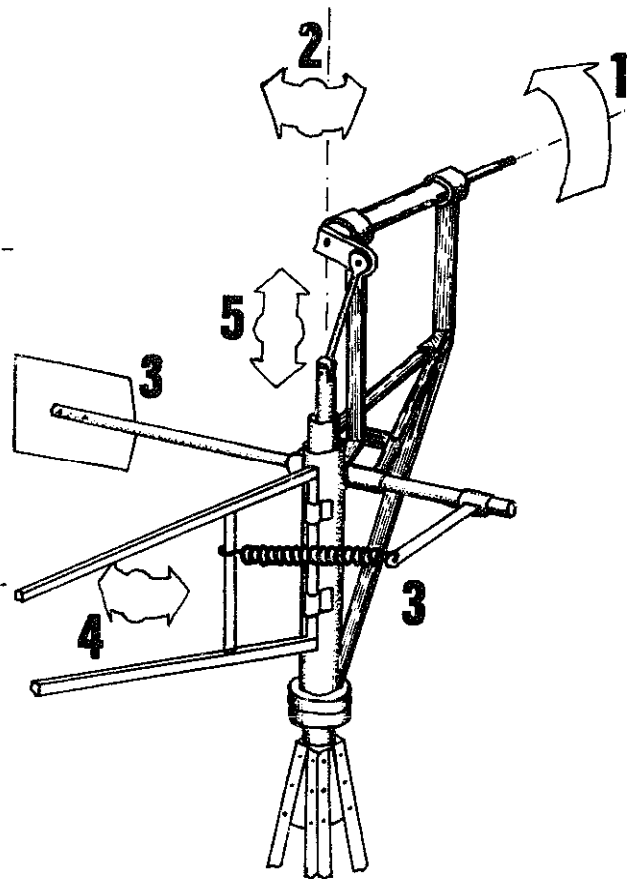
bielle-manivelle qui actionne une tige de commande répercutant le mouvement à la base du mât.

- La tête (ou bâti) supporte les paliers de l'axe horizontal ainsi que ceux assurant l'orientation de l'ensemble. Ce bâti sert aussi de support pour la dérive et le système de sécurité (mise en drapeau).
- La régulation est obtenue en diminuant la surface d'interaction avec le vent. Cela a pour effet de réduire la vitesse de rotation et de limiter les efforts sur le capteur et le support.

**Principe :** La dérive est articulée sur le bâti de façon à permettre à l'ensemble roue-bâti de pivoter de 90°. Cette rotation est commandée par le vent ; deux dispositions sont possibles :

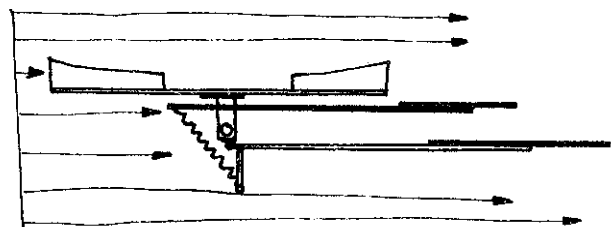
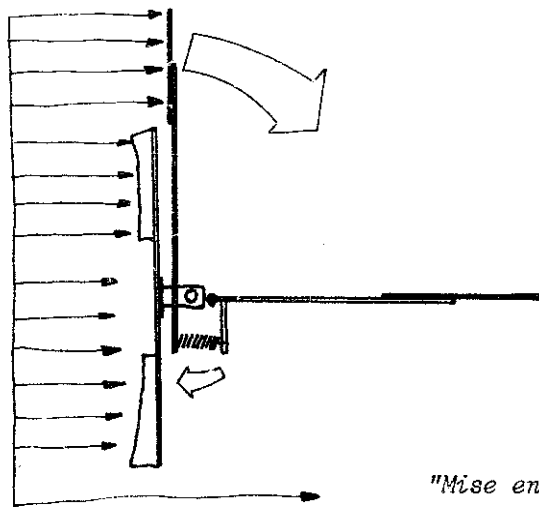
- une pale fixe, solidaire du bâti et perpendiculaire au vent entraîne la roue dans le lit du vent.
  - L'axe de rotation de la roue est déporté par rapport à l'axe de pivotement. La roue se placera donc d'elle-même parallèlement au vent.
- Dans les deux cas un ressort (ou un contrepoids) rend le mouvement progressif et oblige le retour à la position d'origine dès que le vent faiblit.

Certaines éoliennes artisanales utilisent un autre système de régulation : Chaque pale est articulée sur son rayon. La pression du vent tend donc à la faire pivoter, jusqu'à l'amener dans une position parallèle au vent, en aval du rayon. Ici, aussi, des ressorts d'appel jouent le rôle d'amortisseurs. Le système est employé sur les éoliennes VITA et SAHORES.



TETE D'EOLIENNE MULTIPALE : SES FONCTIONS

- 1) Supporter la roue et permettre sa rotation
- 2) Permettre l'orientation de l'ensemble
- 3) Supporter le dispositif de régulation
- 4) Supporter la dérive et assurer son articulation
- 5) Guider la tige de commande



"Mise en drapeau" par pale transversale

## 2) Les éoliennes crétoises

Sans doute parmi les plus anciennes machines à axe horizontal. La roue comporte généralement 6 à 8 pales en toile de forme triangulaire. La régulation est souvent manuelle : on supprime les voiles chaque fois que la vitesse du vent augmente. La rotation de la tête par rapport au pylône est parfois obtenue de façon originale : un chemin de roulement circulaire est disposé horizontalement au sommet du mât ; la tête repose sur ce chemin de roulement par l'intermédiaire de galets qui assurent la rotation de l'ensemble.

## 3) Les éoliennes "rapides".

Quelques éoliennes à 3 ou 4 pales ont été utilisées pour le pompage. Outre le bois et le fer, on emploie une toile tendue sur une structure métallique pour les pales. Le plus souvent de grand diamètre (6 m et plus) ces machines utilisent des pièces de récupération automobile (pont arrière de camion, roulements).

## 4) Eoliennes à axe vertical.

Le type le plus connu est le ROTOR SAVONIUS (fiche N° 569). Selon le type de pompe utilisée, le mouvement de rotation de l'axe vertical pourra être transformé en mouvement rectiligne alternatif ou transmis directement par l'intermédiaire de poulies ou d'engrenage à une pompe rotative.

### PERFORMANCES DES EOLIENNES DE POMPAGE

#### 1) Multipales

Le seuil de démarrage est satisfaisant (3 m/s). Quelques ordres de grandeur :

- Pour une élévation d'eau de 10 mètres avec un vent de 4 m/s une éolienne fournira environ 200 l/h par m<sup>2</sup> de voilure.
- Dans un site moyennement venté, une éolienne débitera 1 à 2 m<sup>3</sup>/jour par m<sup>2</sup> de surface.
- Le rendement maximum est de l'ordre de 25 % de la limite de Betz (voir fiche N° 565).

#### 2) Crétoises

Les performances des crétoises sont un peu inférieures à celles des multipales.

#### 3) Les éoliennes rapides

Leur seuil de démarrage n'étant pas très favorable (4-5 m/s) on aura tout intérêt à utiliser ce type de machines dans des sites bien ventés. Dans ces conditions, elles concurrencent les éoliennes multipales.

#### 4) Rotor Savonius

Les performances sont plus modestes que pour les éoliennes à axe horizontal. Le rendement se situe aux environs de 10 % de la limite de BETZ. Cependant sa simplicité de fabrication et son faible coût assurent une bonne rentabilité à ce type de machines.

### LES POMPES

#### 1) Critères de choix de la pompe.

- construction robuste (travail intensif)
- auto-amorçage
- cadence de pompage compatible avec la vitesse de l'éolienne.
- débit nominal correspondant à la puissance de l'éolienne.

La puissance absorbée par une pompe se calcule ainsi :

$$P = \frac{Q \times h \times g}{0,65} \text{ watts.}$$

$Q$  = débit en l/s

$h$  : hauteur totale d'élévation de l'eau en mètres

$g$  : accélération de la pesanteur =  $9,81 \text{ m/s}^2$

0,65 = rendement moyen d'une pompe

Le débit est égal à la cylindrée en litres multipliée par la cadence de pompage en coups par seconde.

## 2) Pompes les plus utilisées avec une éolienne

- Les pompes à piston : à simple ou double effet, elles pourront être aspirantes ou refoulantes. Si l'on veut refouler en hauteur il faudra adapter un presse-étoupes (voir fiches pompes)
- Les pompes à diaphragme : généralement placées au sol. Leur possibilité d'aspiration est limitée à 6 mètres. Par contre elles permettent de refouler sans presse étoupe.
- Les pompes rotatives (ou centrifuges) elles peuvent valoriser les éoliennes à axe vertical en utilisant directement le mouvement.

# GRET. GERES

34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

A la demande :

du COMMISSARIAT A L'ENERGIE SOLAIRE  
et du MINISTERE DE LA COOPERATION  
ET DU DEVELOPPEMENT

Prototype ou essai	
Expérimentation large	
Utilisation courante	X

ENERGIE

ENERGIE EOLIENNE

Le rotor Savonius

CLASSIFICATION

Fiche N° 569  
Fascicule N° 24  
SATIS 24

Le rotor Savonius est le modèle le plus répandu d'éolienne à axe vertical ; c'est aussi l'un des plus simples à fabriquer soi-même. Son rendement restant assez faible, les constructeurs industriels n'ont pas jugé utile de s'y intéresser. Pourtant, malgré ses performances modestes, son faible coût et sa simplicité ont suscité l'intérêt des autoconstructeurs et des organismes de technologie appropriée.

## PRINCIPE

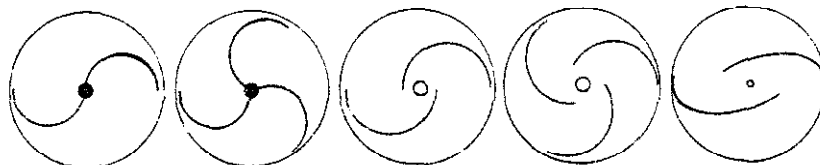
Deux ou trois pales courbes (demi-coquilles) sont placées entre 2 flasques horizontales. Chaque pale, au cours de la rotation, présente successivement au vent son côté concave puis son côté convexe. La différence du coefficient de pénétration dans l'air oblige le rotor à tourner.

## DIFFERENTES VARIANTES

Il existe un grand nombre de versions. Les différences portant sur :

- le nombre de pales (2 ou 3)
- la forme de ces pales
- la position relative des pales
- le rapport hauteur/diamètre (compris entre 1 et 2)

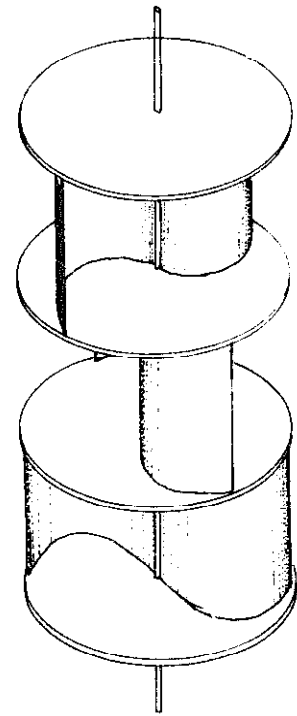
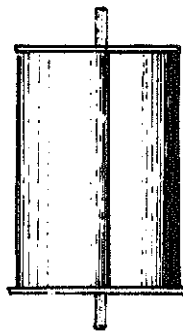
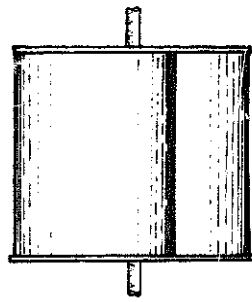
Les rotors à pales non jointives sont plus performants : en effet cette disposition crée moins de turbulences et la pale active détourne une partie du vent sur la pale résistante. Dans le meilleur des cas cependant la vitesse de déplacement en bout de pale ne dépasse pas de beaucoup la vitesse du vent (1,5 fois au maximum). Un autre inconvénient réside dans le fait que le couple de démarrage n'est pas le même selon la direction de l'axe des pales par rapport au vent. Trois rotors superposés, décalés de 120° améliorent ce démarrage par petit vent et assurent une puissance régulière à basse vitesse.



## COMPLEMENTS D'INFORMATION

I.T. DELLO : Le Moulin Rouge de Saintines  
60410 VERBERIE - FRANCE  
Tél. (4) 440.55.80

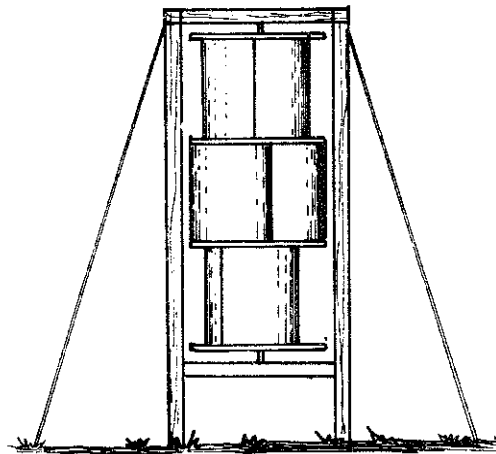
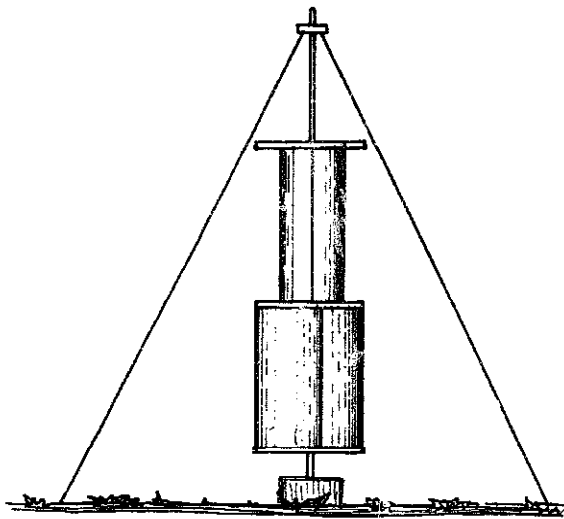




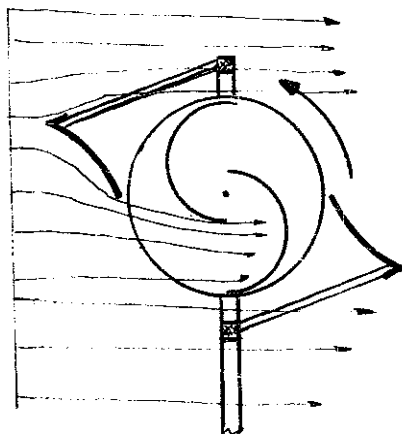
### SUPPORT

Le support est le plus souvent un portique, et dans certains cas un simple haubannage de l'axe de rotation en son sommet.

*Disposition de trois rotors superposés*



### CAS DES VENTS UNIDIRECTIONNELS



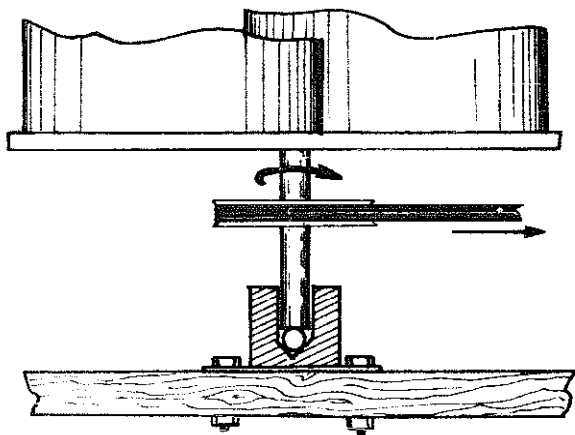
*Rotor horizontal avec déflecteurs*

Sur certains sites règne un vent nettement dominant en direction ou encore 2 vents de directions opposées, autorisant à disposer horizontalement l'axe du rotor. Cela permettra, entre autres, de diminuer la hauteur du support. Le rendement est augmenté en équipant l'éolienne d'un (ou deux) déflecteurs fixes, masquant la pale résistante et dirigeant les filets d'air sur la pale active. Les problèmes de transmission en seront souvent simplifiés.

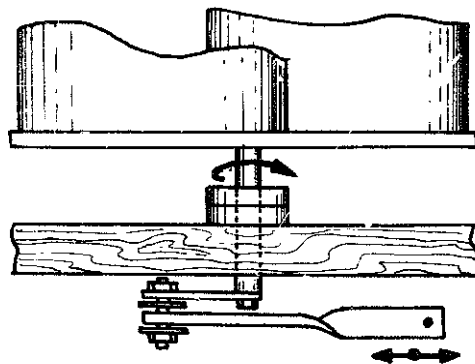
## TRANSMISSION

Le mouvement de rotation du rotor vient actionner soit une machine tournante (ex : générateur électrique) soit une machine alternative (ex. pompe à piston). La transmission sera assurée :

- par un jeu de poulies qui permettront la multiplication
- par un système bielle manivelle.



*Transmission par courroie : Pivot crapaudine*



*Transmission par bielle  
Butée à bielle*

## PALIER DE ROTATION

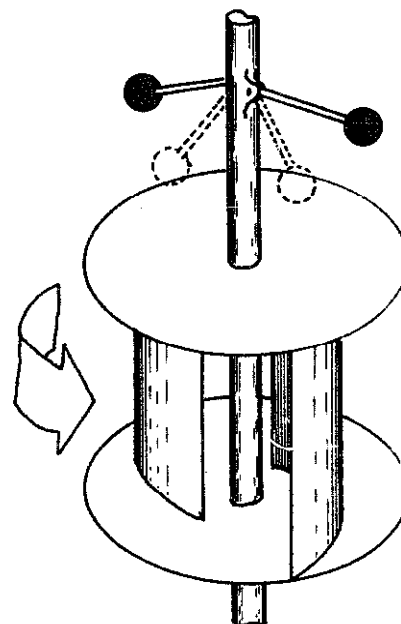
- 1) Le palier bas : dans le cas général c'est lui qui supporte le poids du rotor. Ce sera donc soit un pivot du type crapaudine (l'axe ne débouchant pas) soit une butée à bielles qui permettra à l'axe de dépasser le support.
- 2) Le palier haut : celui-ci, ainsi que les éventuels paliers intermédiaires, n'ont à assurer que la cotation de l'arbre. Ils pourront donc être fort simples (roulements coussinets ou paliers bois).

## REGULATION

Quel que soit l'utilisation (pompage ou électricité) il sera nécessaire de limiter la vitesse pour protéger les équipements transformateurs d'énergie, et pour limiter les effets de la force centrifuge et des vibrations sur le rotor lui-même.

- 1) Régulation grossière : on pourra obtenir une régulation sommaire par la mise en place sur l'axe de bras portant des masselottes. Soumises à la force centrifuge ces masselottes s'éloigneront progressivement de l'arbre et, créant une inertie supplémentaire, limiteront la vitesse du rotor. Pour plus de sécurité, on pourra prévoir que les masselottes en s'écartant, actionnent un frein agissant directement sur l'arbre.

*Régulation par masselottes  
augmentant l'inertie*



- 2) Une régulation plus précise pourra être obtenue, dans le cas d'un aérogénérateur, en faisant travailler la génératrice en frein au-dessus d'une certaine vitesse.

#### PERFORMANCES

En règle générale, les rotors SAVONIUS, ont un bon couple de démarrage. Leur rendement est, par contre, modeste, voisin de 10 à 15 % de la limite de BETZ. La puissance maximale pourra donc être évaluée ainsi.

$$P = 0,15 \times 0,37 \times S \times V^3$$

$$P = 0,05 \times S \times V^3$$

$$\text{Watts} \quad \text{m}^2 \quad \text{m/s}$$

#### TECHNOLOGIE ET MATERIAUX

Les matériaux utilisables pour la réalisation d'un rotor Savonius sont très variés. Pour les pales, par exemple, on utilise couramment des fûts d'huile de 200 l qu'il suffit de partager en deux, dans le sens de la longueur. Le bois est souvent employé pour le portique-support. La récupération de pièces de l'industrie automobile (roulements, moyeux) permet de réaliser à peu de frais des paliers de qualité.

On peut bien entendu, fabriquer une éolienne SAVONIUS à partir de tôles et de profilés standardisés. Cela permettra d'avoir plus de liberté dans le dimensionnement de la machine.

Dans tous les cas, il est difficile d'obtenir une surface importante d'interaction avec le vent. En effet les machines sont rapidement lourdes et volumineuses.



# GRET . GERES

34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

A la demande :

du COMMISSARIAT A L'ENERGIE SOLAIRE  
et du MINISTERE DE LA COOPERATION  
ET DU DEVELOPPEMENT

Prototype ou essai	
Expérimentation large	X
Utilisation courante	

ENERGIE

ENERGIE EOLIENNE

Eoliennes à axe vertical  
(autres que Savonius)

CLASSIFICATION

Fiche N°570  
Fascicule N° 24  
SATIS 24

Les EOLIENNES A AXE VERTICAL peuvent être classées en 3 grandes catégories :

- Les rotors SAVONIUS et leurs dérivés.
- Les panémons à pales profilées (dont les DARRIEUS)
- Les machines à clapets battants et à pales orientables.

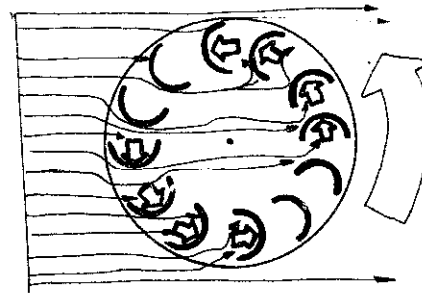
## LES DERIVES DES ROTORS SAVONIUS

Pour le rotor SAVONIUS lui-même on pourra se reporter à la fiche N° 569.

- Les turbines multipales.

Elles sont semblables aux rotors SAVONIUS ; seul le nombre de leurs pales est différent. Les filets d'air agissent 2 fois sur les pales. La vitesse de rotation est semblable à celle des SAVONIUS mais leur rendement est sensiblement supérieur. On peut pour augmenter le rendement placer autour du rotor un élément qui fera office de déflecteur, dirigeant les filets d'air sur les pales. Cependant ce déflecteur devra être orientable.

- Le groupe ENEOLE a mené une étude expérimentale sur un rotor en cage d'écureuil, machine voisine du rotor SAVONIUS et de la turbine multipale. Cette éolienne comporte 6 pales profilées ou non. La vitesse de rotation est plus faible que pour un SAVONIUS (la vitesse en bout de pale est d'environ 75 % de la vitesse du vent) mais le couple de démarrage est excellent.



Turbine multipale



Cage d'écureuil

## COMPLEMENTS D'INFORMATION

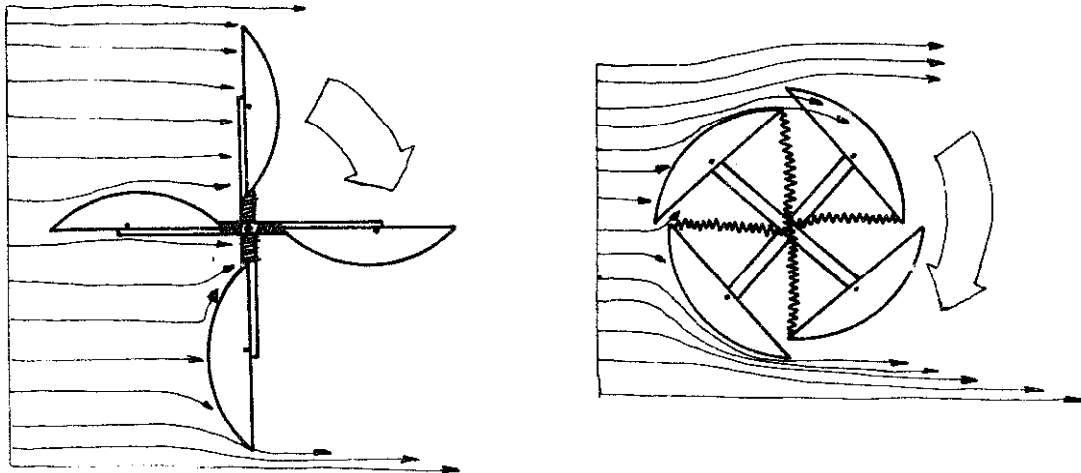
I.T. DELLO  
Le Moulin Rouge de Saintines  
60 410 VERBERIE - FRANCE  
Tél. (4) 440.55.80



Institut Technologique DELLO - Dec. 1981

### L'éolienne de Jean SCHNEIDER :

Il s'agit d'un rotor à 4 pales courbes dont l'originalité principale réside dans le système de régulation. Des masselottes soumises à la force centrifuge obligent les pales articulées à pivoter jusqu'à former un cercle presque fermé offrant ainsi une faible prise aux vents violents. Des ressorts de rappel régularisent ce mouvement et replacent les pales en position normale lorsque le vent faiblit.

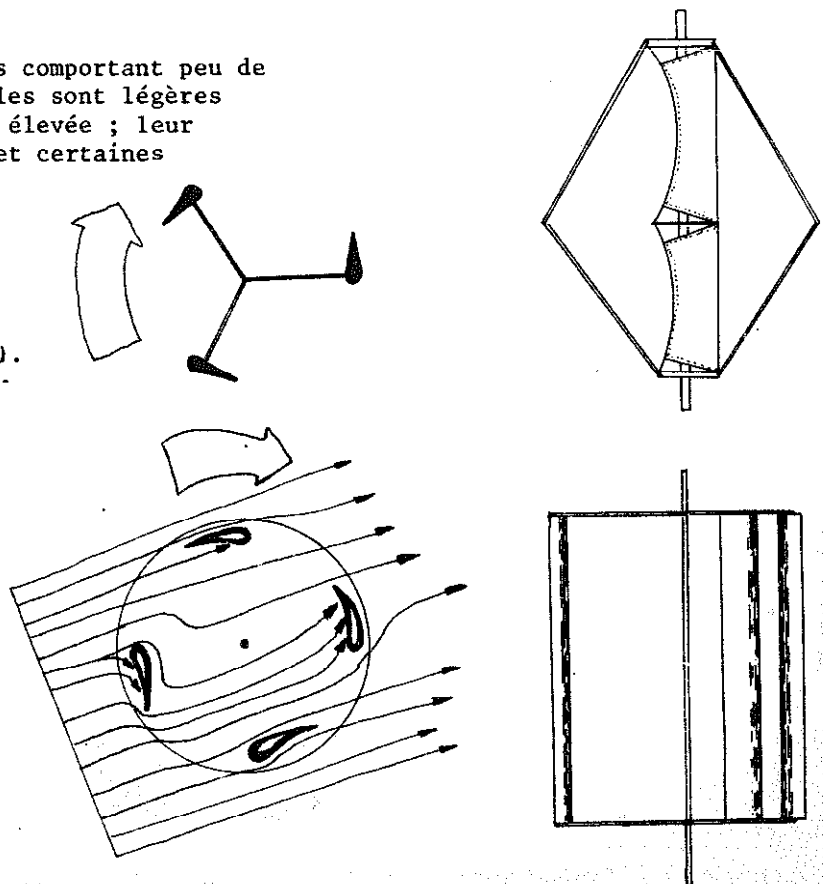


Ces types d'éoliennes étant proche du rotor savonius, on pourra consulter la fiche N° 569 pour les problèmes de support et de transmission.

### LES PANÉMONES

Les panémones sont des éoliennes comportant peu de pales, minces et profilées ; elles sont légères et leur vitesse de rotation est élevée ; leur couple de démarrage est faible et certaines ne peuvent pas démarrer seules.

Les pales profilées sont motrices dans presque toutes les positions. Elles sont le plus souvent rigides mais dans certains cas on peut trouver des pales souples (toile tendue). Dans ce cas leur profil se modifie suivant la position par rapport au vent.



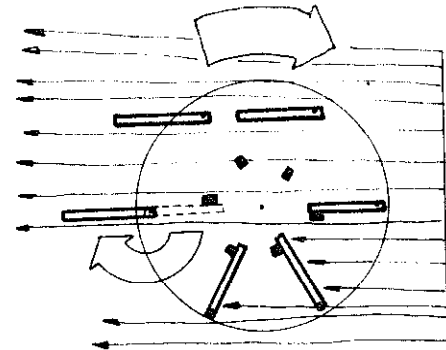
*Différents types de panémons  
(Voir aussi "Darrieus"  
Fiche aérogénérateurs)*

### LES MACHINES A CLAPETS BATTANTS

Parmi les plus anciennes éoliennes, ces machines étaient connues des Chinois il y a plus de 2000 ans.

Les pales plates et non profilées sont libres autour d'un axe. Pendant une fraction de tour, une butée maintient la pale en position motrice ; lorsqu'elles avancent face au vent les pales se présentent de face et n'opposent que peu de résistance.

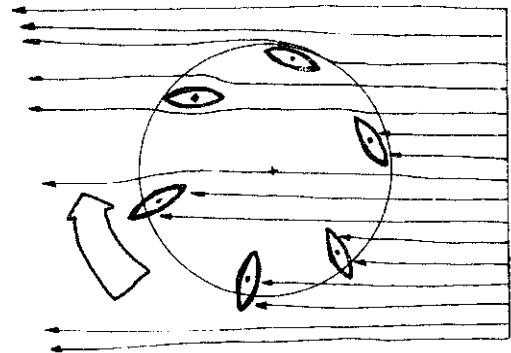
Cette machine est assez bruyante et à faible vitesse, les pales ont tendance à s'agiter de façon désordonnée. Le rendement est assez faible.



*Rotor à clapets battants*

### LES MACHINES A AUBES PIVOTANTES

Dans cette machine, les pales pivotent sur elles-même d'un demi-tour du rotor ; elles adoptent ainsi à chaque instant une position leur permettant d'être motrice. L'orientation des pales par rapport au vent est réglée par une dérive largement dimensionnée et une transmission assez complexe.



*Rotor à aubes pivotantes*

# G.R.E.T.

GROUPE DE RECHERCHE ET D'ÉCHANGES TECHNOLOGIQUES  
34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

AGRICULTURE

TRAVAIL DU SOL

Irrigation au goutte à goutte  
généralités

Prototype ou essai	
Expérimentation large	
Utilisation courante	X

CLASSIFICATION

Fiche N° 571  
Fascicule N° 24  
SATIS 423

## ORIGINE

La méthode du goutte à goutte s'est surtout développée à partir des années 1960 grâce au développement des polymères industriels pour la production de tuyaux de petit diamètre relativement économiques. Le goutte à goutte a été expérimenté et s'est largement développé dans un certain nombre de pays, particulièrement en Israël, au Royaume Uni, en France (Corse), au Danemark, aux Pays-bas, en Australie, aux Etats-Unis, en Afrique du Sud, en Italie, et à Hawaï.

## PRINCIPE

L'irrigation au goutte à goutte consiste essentiellement à mettre directement l'eau (et éventuellement les engrais) à la disposition de la zone racinaire, à l'aide d'un arroseur à débit très faible (1 à 10 l/h), le goutteur.

## AVANTAGES

Cette méthode est surtout utilisée en arboriculture (petits fruits), cultures légumières - Elle s'est révélée plus efficace dans les régions dépourvues de précipitations naturelles pendant la campagne d'irrigation et pour les cultures entièrement sous abri. Par rapport aux systèmes d'irrigation par aspersion ou submersion, le goutte à goutte présente les avantages suivants :

## COMPLÉMENTS D'INFORMATION

Sources . CTIFL-INRA - "memento goutte à goutte". 1980. 200 pages. Centre Technique interprofessionnel des fruits et légumes, 22, rue Berrère - 75 009 PARIS  
· INVULEC - Le matériel d'irrigation localisée. 1977. Même adresse.  
· F.A.O. "L'irrigation goutte à goutte"- 1973.  
Résultats d'expérimentation en France, Israël, Italie et U.K.

## LIEUX D'INFORMATION

- Institut de l'hydraulique agricole, Pise, Italie.
- Ministère de l'Agriculture. ISRAEL
- Centre national d'études techniques et de recherches technologiques pour l'agriculture, les forêts et l'équipement rural (C.E.R.A.F.E.R.) GAZINET - France
- INRA - station de sciences du sol et de bioclimatologie - MONTFAVET - France

- économie d'eau de 20 à 40 % (d'après Pietro Celestre, Pise, Italie)
  - économie de main d'oeuvre
  - meilleure réponse des cultures et produits de meilleure qualité.
  - utilisation optimale des engrais
  - réduction de la croissance des mauvaises herbes
  - économies de pesticides - possibilité d'utiliser des eaux salines
- A côté de ces nombreux avantages potentiels, l'irrigation goutte à goutte présente certains inconvénients tels que :
- risques d'obturation du matériel
  - risque de salinisation
  - problème de répartition de l'humidité (dépend du type de sol)
  - coût élevé comparé aux systèmes par aspersion
  - niveau élevé de compétences requises pour la conception, l'installation et l'exploitation du système

#### COMPOSANTES D'UN RESEAU

Un réseau d'irrigation goutte à goutte comprend les éléments suivants :

##### a) L'installation de tête :

Elle a pour but de fournir de l'eau propre, sous une pression régulée et de la distribuer successivement vers tous les secteurs à irriguer. Pour obtenir la pression nécessaire, on peut construire un réservoir surelevé (château d'eau) - par rapport au niveau de la parcelle à irriguer. La filtration de l'eau est particulièrement importante : selon l'origine de l'eau, on peut utiliser des filtres à tamis ou à lames (matière plastique ou acier inox), des filtres par décantation (on fait pénétrer l'eau tangentiellement dans un cylindre de façon à lui donner un mouvement tournant), des filtres à gravier, sables...  
 . Avec une eau de profondeur (puits...) il faut une filtration à tamis.  
 . Avec une eau de surface, il faut une double filtration à sable et à tamis.

La cuve de stockage qui alimente le réseau peut soit être alimentée par pompage individuel, soit reliée à un réseau collectif sous pression - Dans les deux cas, il est nécessaire de placer un régulateur de pression entre la borne ou la pompe et l'installation de tête.

##### b) Amenée d'eau à la parcelle : (canalisation primaires)

En cultures annuelles ou bisannuelles, elles sont en polyéthylène (P.E.) noir souple posé sur le sol pour pouvoir être déplacées facilement. En cultures pérennes (arboriculture), elles sont rigides. En Israël cependant on préfère dans les 2 cas les tuyaux de polyéthylène qui conservent plus longtemps leurs qualités mécaniques, sont neutres chimiquement et ne souffrent pas des effets de la corrosion. Leur prix est également plus élevé (20 à 30 % plus ch. qu'en PVC).

Les diamètres des canalisations d'amenée doivent être calculées de façon à ce que les pertes de charges soient tolérables et compatibles avec la pression disponible au départ. Pour le calcul des pertes de charge, on consultera l'abaque dit de TISON, où l'on lit la perte de charge en fonction de la longueur du tuyau, son diamètre intérieur, et du débit qui y circule (voir cette abaque sur la feuille intercalaire, à l'intérieur de la présente fiche).

c) Les distributeurs :

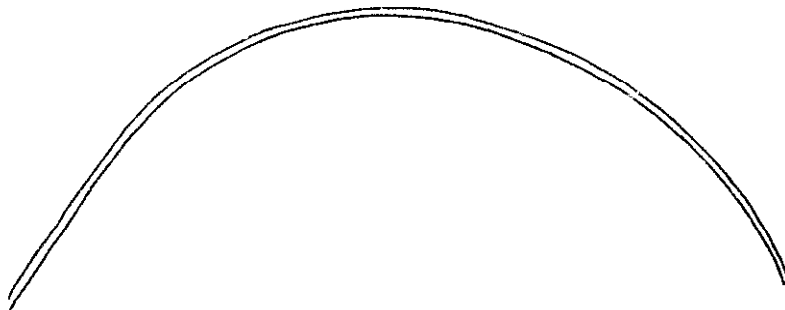
Le distributeur a pour rôle de faire passer l'eau de la rampe à l'extérieur en créant une perte de charge de façon à ce que la pression devienne nulle à la sortie.

On distingue dans la pratique :

Les goutteurs :

Les débits les plus utilisés sont 2 à 4 l/h à 1 kg de pression

- Les goutteurs à circuit long et à écoulement laminaire : ce type de goutteurs est très répandu: les capillaires (type Eurofiltres) sont constitués d'un simple micro-tube de section intérieure de 0,6 - 0,8 ou 1 mm. Ils sont peu coûteux (0,20 F à 0,40 F le m.), le diamètre extérieur doit être de 3 mm au moins. Ils sont assez sensibles à l'obstruction. Les fabricants ont cherché à diminuer la forte saillie du micro-tube qui dans la pratique va de 0,30 m à 0,70 m, ce qui aboutit aux goutteurs suivants : Gana, Key Clip, Pluidor, P34. Ces goutteurs sont fabriqués par moulage, en polypropylène, ce qui les rend plus chers que le capillaire. Certains sont démontables pour un éventuel nettoyage.

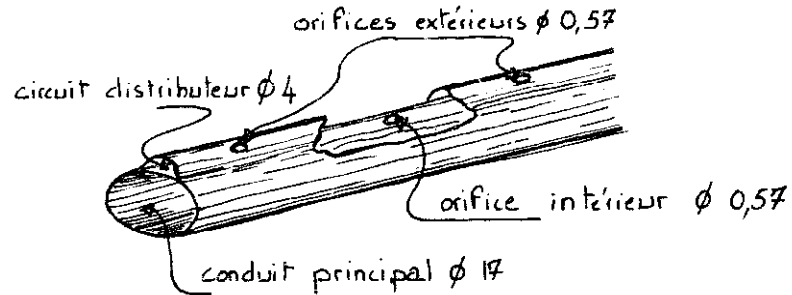


*Goutteur capillaire*

- Les goutteurs à circuit long à chicanes et à écoulement transitoire, moins sensibles à l'obstruction que les précédents car la section de passage est nettement plus importante (1 à 2 mm) pour un circuit aussi long. Ces goutteurs sont ronds, souvent munis de brides ou clips. Ce sont Lego, Netafim et Naam en ligne avec des circuits de l'ordre de 1 m de long. environ, Lego en dérivation, Netafim bouton, Stalax, Banias.
- Les goutteurs à circuit court et à écoulement turbulent : c'est le cas des goutteurs Tirosh et Vortex. Ce sont des goutteurs très petits (moins d'1 cm de diamètre) à très faible saillie. Cependant la section de passage faible les rend sensibles à l'obstruction.

D'autres systèmes de distribution sont utilisés :

Ce sont surtout les gaines et les diffuseurs.



#### APPROCHE DU COUT DES INSTALLATIONS

- La rampe de polyéthylène coûte (en France, fin 1979) environ 12,50 F le kg H.T. On aboutit donc selon les cultures aux coûts/ha suivants : (en tuyaux P.E. 14,5 x 17)

		coûts/ha - 1979
Arboriculture faible densité	1500 m	1 125 F
Arboriculture haute densité	2000 à 2500 m	1 500 F à 1 875 F
Culture légumière, petits fruits	5000 à 6000 m	3 750 F à 4 500 F
Fraisier	6000 à 7000 m	4 500 F à 5 250 F

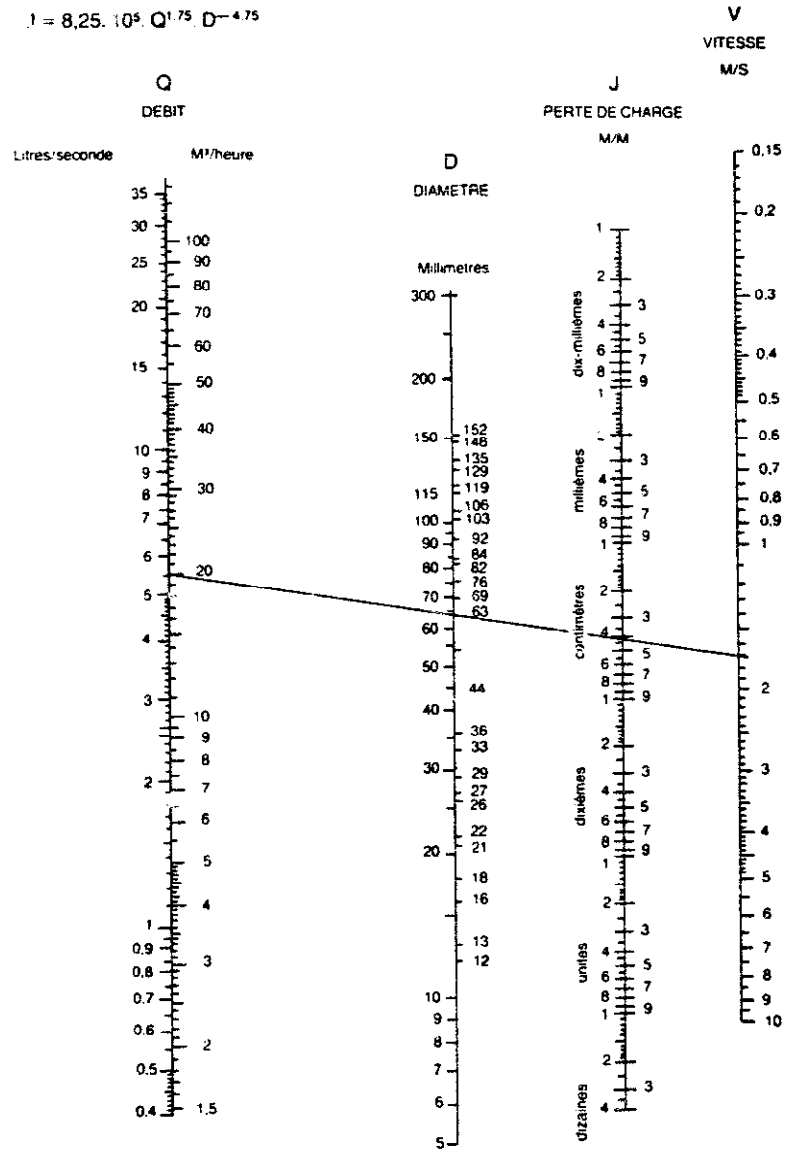
- En ce qui concerne les distributeurs (goutteurs), leur prix varie de 0,20 F à 2,70 F pièce sur catalogue. Le goutteur de type tuyau capillaire est le moins cher : 0,10 F à 0,25 F selon la longueur. Les goutteurs les plus chers sont les autorégulants de 1,30 F à 2,70 F pièce.  
Le nombre de goutteurs par hectare varie énormément selon le type de culture, et les caractéristiques du sol : 200 à 2 300/ha en arboriculture, 500 à 9000/ha en cultures légumières.

## ABAQUE DE TISON

(extrait de CTIFL-INRA, memento du goutte à goutte, 1980)

G.R.E.T. Fichier Technique du Développement  
 fascicule n° 24, 1981.  
 FEUILLE INTERCALAIRE. A INSERER DANS LA FICHE  
 N° T 571 (irrigation au goutte à goutte).

$$J = 8,25 \cdot 10^5 \cdot Q^{1,75} \cdot D^{-4,75}$$



*Exemple : Quelle est la perte de charge dans un tuyau de 120 m de long. de 63 mm de diamètre intérieur et où circule un débit de 20 m<sup>3</sup>/h ?*

*Q = 20 m<sup>3</sup>/h l'abaque donne J = 0,04 m/m*

*D = 63 mm (1 mètre de hauteur d'eau par mètre de tuyau)*

*L = 120 m La perte de charge H = 0,04 x 120 = 4,8 m = 0,48 kg.*



# ITDG

9 KING STREET LONDON WC 2E 8HN, U.K.  
TELEPHONE : 01-836 9434/39 ; 836 6379  
CABLES : IT DEV, LONDON WC2  
TELEX : 268312 WESCOM G ATTN INTEC

AGRICULTURE

EXPLOITATION DU SOL

Billonnage cloisonné ou  
sillonage cloisonné  
(Tie-ridging)

<i>Prototype ou essai</i>	
<i>Expérimentation large</i>	X
<i>Utilisation courante</i>	

CLASSIFICATION

Fiche N° 572  
Fascicule N° 24  
SATIS 425

## ORIGINE

Zambie. Afrique de l'Est

## PRINCIPE ET FONCTIONNEMENT

La Zambie est soumise pendant la principale période de culture à de longues périodes de sécheresse dues à une pluviométrie irrégulière, ce qui affecte considérablement les rendements des cultures. De plus, le peu d'eau qui tombe a tendance dans les sols lourds à s'infiltrer dans les dépressions et fissures du sol, laissant les parties de terrain plus élevées soumises à la sécheresse.

La méthode de "tie-ridging" ("sillonage cloisonné") expérimentée par le Département de l'Agriculture en Zambie, permet d'éviter le ruissellement de l'eau : Après un labour à plat normal, on ouvre des sillons de 20 à 30 cm de profondeur, cloisonné tous les 2 mètres par une butte transversale de 15-20 cm de haut : l'eau de pluie (ou d'irrigation) est retenue dans les dépressions ainsi formées et s'infiltré lentement dans le sol.

Des essais effectués sur le maïs, le sorgho, et le millet, sur 3 saisons ont donné des rendements près de deux fois plus élevés avec le tie-ridging, qu'avec la culture traditionnelle à plat. Cette pratique culturale convient mieux à des sols lourds qu'à des sols sableux.

## COMPLÉMENTS D'INFORMATION

Source : O. Honisch et L.G. Aked - "Better irrigation by Tie-ridging in Zambia" in *Appropriate Technology*. Vol 1. N° 3 1974.

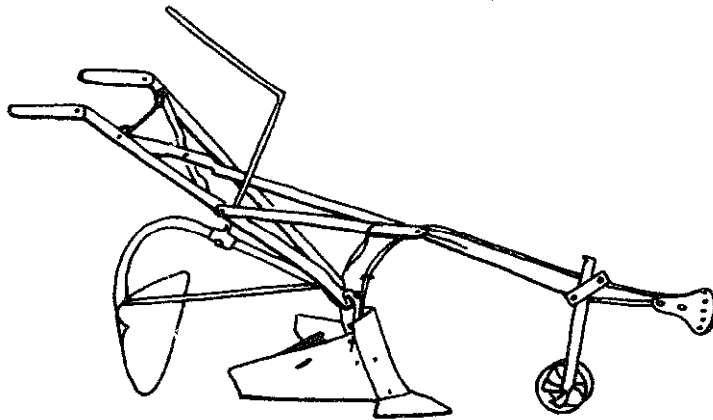
Plans du "tie-ridger" disponible auprès de Project Leader, ITDG - Box 11, Magoye - Zambia - et auprès I.T. publication Ltd. 9, King Street, London WC 2.

## DESCRIPTION DU CLOISONNEUR

L'unité de recherche en machinisme agricole de Magoye en Zambie, pour mécaniser la méthode, a mis au point un outil appelé cloisonneur "tie ridger" tiré par une paire de boeufs : il s'agit d'une charrue munie de soc billonneur comme beaucoup d'agriculteurs en ont, sur laquelle on a adjoint un outil aratoire en forme de pelle (on peut utiliser pour cela un disque de charrue coupé en 2) relié à l'âge par un étançon monté sur un axe de façon à pouvoir pivoter dans un plan vertical. Un levier monté sur l'étançon permet de lever ou de baisser l'outil.

L'étançon mobile, peut être fait à partir de barre de fer pleine, ou mieux à partir de tuyau d'acier, ce dernier étant plus léger.

L'utilisation de l'outil est très simple : lorsque la charrue avance, formant le billon, tous les deux mètres, on relève l'outil, puis on le rabaisse après 25 cm. En répétant ainsi l'opération, on obtient une série de dépressions séparées par des petites digues de terre, qui recueilleront l'eau de pluie.



## UTILISATION DU CLOISONNEUR

Il est préférable de cloisonner avant les premières pluies de la saison de façon à retenir toute l'eau possible afin d'assurer une alimentation en eau des plantes dès le début de la saison des pluies.

Il est recommandé de labourer le champ, d'épandre les engrais, disques ou herbes si nécessaire avant de cloisonner. On sème, ensuite sur le sommet des billons, à environ 3 cm plus profond qu'en culture à plat.

# ITDG

9 KING STREET LONDON WC 2E 8HN, U.K.  
TELEPHONE : 01-836 9434/39 ; 836 6379  
CABLES : IT DEV, LONDON WC2  
TELEX : 268312 WESCOM G ATTN INTEC

## PRODUCTION ALIMENTAIRE

EMBALLAGE, STOCKAGE ET TRANSPORT DES PRODUITS ALIMENTAIRES

Technologies simples pour la fabrication de boîtes de conserve

<i>Prototype ou essai</i>	
<i>Expérimentation large</i>	
<i>Utilisation courante</i>	X

## CLASSIFICATION

*Fiche N° 573*  
*Fascicule N° 24*  
*SATIS 541*

## ORIGINE

A la demande de divers pays non industrialisés, la Firme britannique Shemtec Packaging Ltd. a mis au point divers systèmes plus ou moins automatisés pour la fabrication de boîtes de conserve. Le système décrit ici, l'un des moins sophistiqués, a été mis au point à la demande d'un Centre de Formation Professionnelle au Soudan.

## ENVIRONNEMENT

Dans les pays non industrialisés, les boîtes de conserve peuvent rendre deux services essentiels :

- protéger le produit des prédateurs ou de la détérioration
- transporter le produit sans risque de perte et valoriser une production qui sinon ne pourrait pas être vendue à l'extérieur.

## PRINCIPE

Les composantes des boîtes (tôles coupées à dimensions, goulot et bouchon à vis) sont fabriquées en Angleterre et expédiées au Soudan où elles sont assemblées manuellement à l'aide de machines simples pour le cintrage des tôles, et le soudage.

## COMPLÉMENTS D'INFORMATION

- *The Shemtec Group, Export division, Bridge Street, Morley, LEEDS LS 27 OEN U.K.*
- *Référence originale : "Simple Technology for making cans" par Barrie Leppington dans "Appropriate Technology" vol. 7, N° 1, juin 1980.*

### Cahier des charges :

Système simple permettant de fabriquer 20 à 50 boîtes par heure pour contenir de l'huile végétale. Les boîtes (bidons) doivent avoir une contenance de 20 l et être munies d'un bec verseur et d'un bouchon à vis.

### Contraintes du projet :

- . Les quantités de boîtes à produire sont trop faibles pour justifier un investissement élevé.
- . Il n'y a pas sur place de compétence technique pour la fabrication de boîtes de conserve et le travail du métal.
- . Le budget disponible ne permet pas l'envoi sur place d'un technicien de la firme.
- . Les coûts élevés du transport ne justifient pas l'importation de boîtes de conserve (volume important pour une faible valeur/kg).

### Système choisi :

Comme il aurait été trop coûteux de fournir les machines nécessaires pour la fabrication des différentes composantes, on a choisi de fabriquer ceux-ci en Angleterre et d'expédier au Soudan ces différentes composantes qui sont :

- . Une tôle de fer-blanc coupée à la dimension.
- . Le fond circulaire de la boîte, fabriqué à la presse à partir de tôle de fer-blanc de 0,30 mm.
- . Le dessus de la boîte, idem que pour le fond. On pratique un trou de façon à recevoir un goulot de 40 mm de diamètre.
- . Goulot et bouchon à vis de diamètre 40 mm.

### Equipement nécessaire :

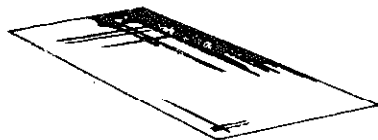
Etant donné le manque de compétence locale, les machines nécessaires pour la fabrication doivent être simples, de même que les instructions expliquant les opérations de fabrication.

En outre, comme les opérations de fabrication demandant un outillage important sont effectuées en Angleterre, il suffit pour l'assemblage de 2 machines simples à opération manuelle :

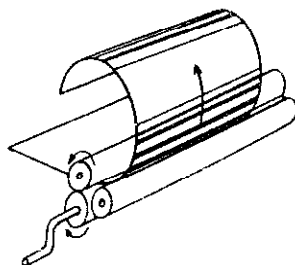
1. Une cintrreuse à rouleaux pour confectionner la forme cylindrique à partir de la tôle plate
2. Un mandrin permettant de positionner et de tenir le cylindre afin de souder le joint.

Avec ces 2 machines sont fournis également les appareils à souder, la soudure et une pâte pour l'étanchéité des joints internes.

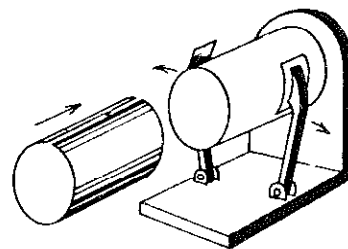
*Etapes de fabrication*



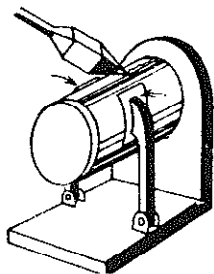
1. Tôle de fer blanc coupée à dimension



2. Confection du cylindre à l'aide de la cintruse à couteaux.



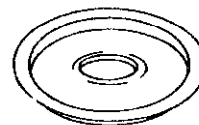
3. Mors ouverts, la tôle cintrée est placée sur le mandrin.



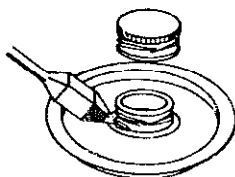
4. Mors fermés, soudage du cylindre (les bords se recouvrent de 3 mm).



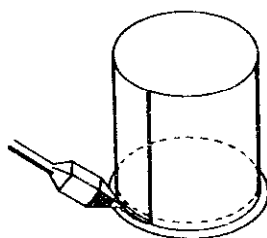
5. Mise en place du fond en fer blanc (fabriqué à la presse) et soudage sur la conférence



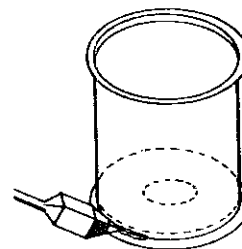
6. Dessus de la boîte avec trou pour le goulot.



7. Soudage du goulot fileté sur le couvercle



8. Mise en place et soudage du fond



9. Mise en place et soudage du couvercle

Avant de les remplir avec un produit alimentaire, il est indispensable de rincer les boîtes et de les stériliser.

Données économiques (prix en juin 1980)

Les données économiques varient considérablement d'un pays à l'autre et selon les caractéristiques techniques du projet. Le tableau suivant donne des évaluations de coût pour 3 projets différents :

	Ex.1. Soudan	Ex.2. Zambie	Ex.3. Nigéria
Caractéristiques	Bidon d'huile végétale contenance 20 l	Boîte de peinture cont. 5 l	Boîte de peinture cont. 4 l
Besoins	Production minimum : 20 boîtes/heure	300 à 500 boîtes/h.	jusqu'à 1000 b/h.
Système choisi	Assemblage manuel	Semi-automatique simplifié	ligne de fabrication semi-automatique
Equipement nécessaire	2 machines simples à opération manuelle	Système d'assem- blage à partir de composantes compre- nant la tôle coupée et mise en forme	Système d'assemblage
Coût des machines et accessoires (F.O.B.)	£ 3 400,00 (environ 34.000 FF)	£ 8 500,00 (environ 85 000 FF)	neuf : 29 000,00 (= 290 000 FF) remis à neuf 15 à 18.000 £ (150 000 à 180 000 FF)
Coût des composantes (F.O.B.)(* )	£ 850,00 pour 1000 boîtes (environ 8 500 FF)	£ 450,00 pour 1000 boîtes (environ 4 500 FF)	£ 425,00 pour 1000 boîtes (environ 4250 FF)
Nombre de personnes nécessaires pour le stockage des compo- sants ; fabrication et stockage du produit fini.	2 à 3	5 à 6	6 à 7

(\* ) F.O.E. = free on board : ces coûts s'entendent, marchandise chargée sur le navire d'embarquement (en Grande-Bretagne), les frais de transport étant à la charge de l'acheteur jusqu'à destination.

# G.R.E.T.

GRUPE DE RECHERCHE ET D'ÉCHANGES TECHNOLOGIQUES  
34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

INDUSTRIE, ARTISANAT, SERVICES

TRANSFORMATION DU BOIS

Opérations annexes au séchage  
du bois (1) : les contrôles

<i>Prototype ou essai</i>	
<i>Expérimentation large</i>	
<i>Utilisation courante</i>	X

## CLASSIFICATION

Fiche N° 575  
Fascicule N° 24  
SATIS 632

Note préliminaire : Cette fiche ainsi que les suivantes sont en continuité avec les fiches 554 à 560 parues dans le fascicule N° 23.

Dans tous les cas de séchage, il est nécessaire de connaître les caractéristiques de l'air (température, humidité relative), la teneur en eau du bois, et si possible les tensions existant dans les bois (important pour la détection des fentes).

## CONTROLE DES CARACTERISTIQUES DE L'AIR

Pour le contrôle de la température, on peut utiliser :

- le thermomètre à mercure (fragile, mais précis)
- le thermomètre bilame (robuste)

Pour l'humidité relative, on peut avoir recours :

- à l'hygromètre à cheveu (se dérègle facilement)
- au psychromètre : thermomètre + 1 thermomètre à mèche humide + diagramme de l'air humide (précis, nécessite une bonne humidification et ventilation de la mèche).

## CONTROLE DE LA TENEUR EN EAU DU BOIS

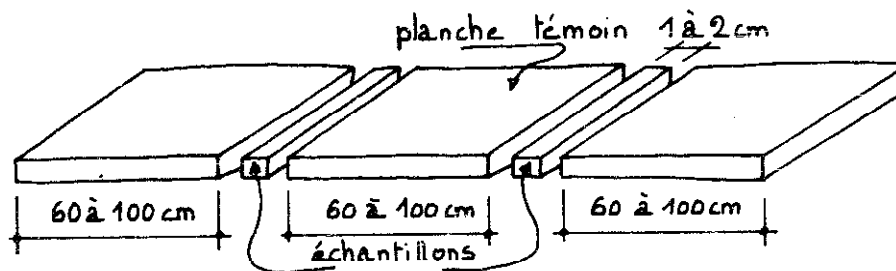
- Mesure destructive : balance plus four (méthode des pesées). Cette méthode est très précise. Cependant elle nécessite la découpe d'une planche du lot.

## COMPLEMENTIS D'INFORMATION

### BIBLIOGRAPHIE (voir fiche répertoire)

- Dossier séchage du CTB ; conseils pratiques pour le séchage des bois (Cahiers du CTB, N° 56)
- La Charpente - Tome 2 - Connaissances nécessaires à l'emploi du bois : le séchage
- Le séchage des bois tropicaux - C.T.F.T.
- Devices for drying - State of technology report on intermediate solutions for rural application - GATE (Traduction récente en français par COTA - Belgique)
- La conservation du matériau bois.

- Avant le séchage, on découpe un ou deux morceaux dans une planche du lot à sécher, suffisamment loin des extrémités pour que l'échantillon soit représentatif :



- On pèse le (ou les) échantillon(s) le plus rapidement possible, soit  $m_n$  la masse d'un échantillon. On passe celui-ci au four (100-105°C) quelques heures jusqu'à ce qu'il ne contienne plus d'eau (sa masse ne diminue plus). On pèse de nouveau l'échantillon ; soit  $m_o$  la nouvelle masse de l'échantillon (masse anhydre). L'humidité initiale de l'échantillon sera : 
$$h_i = \frac{m_n - m_o}{m_o} \times 100$$
- On aura procédé de même et en même temps avec l'autre échantillon. La moyenne des deux valeurs  $h_i$  trouvées sera l'humidité initiale  $H_i$ .
- On pèse ensuite la planche témoin (un des gros morceaux restant de la découpe du ou des échantillons) ; soit  $M_n$  sa masse. On détermine sa masse anhydre  $M_o$  par la formule 
$$H_i = \frac{M_n - M_o}{M_o} \times 100,$$
 l'humidité étant la même pour la planche témoin et  $M_o$  les échantillons ; d'où 
$$M_o = \frac{100 \times M_n}{100 \times H_i}$$
 masse anhydre de la planche témoin.
- On remet la planche témoin dans le lot à sécher, de préférence en milieu de pile du côté de l'entrée de l'air dans la pile, et on commence le séchage.
- Au cours de l'opération, pour connaître la teneur en eau du bois, il suffira de peser la planche témoin et d'appliquer la formule :

$$H = \frac{M - M_o}{M_o} \times 100$$

$M$  : Masse de la planche témoin  
 $M_o$  : Valeur de la masse anhydre de la planche témoin calculée avant séchage.

- Exemple : dans une planche d'un lot à sécher, on découpe une éprouvette que l'on pèse rapidement, sa masse est 53,5 g ( $m_n$ ). On la passe dans un four. On la pèse à nouveau rapidement ; sa masse est 33 g ; l'humidité initiale de l'échantillon (donc de la planche) est :

$$h_i = \frac{53,5 - 33}{33} \times 100 = 62 \%$$

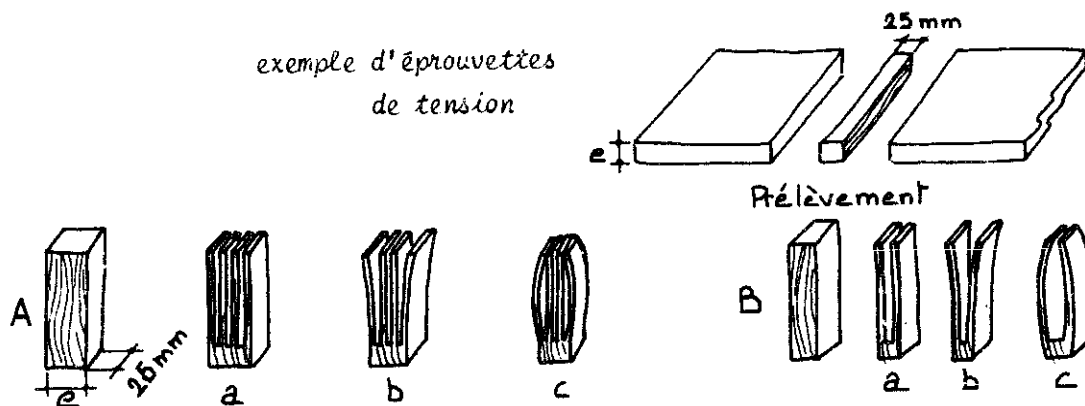


- Mesure non destructive : il existe des appareils électriques qui déterminent la teneur en eau du bois par contact avec la planche (application en surface ou enfoncement dans le bois pour mesure de la teneur en eau en profondeur). On lit la valeur de H sur un cadran. Ces appareils ont une gamme de lecture limitée (entre 5 à 30 %) et nécessitent un étalonnage en fonction de la température. Cette méthode est peu précise mais elle est pratiquée et permet d'effectuer des mesures à distance.

#### CONTROLE DES TENSIONS (voir tableau page suivante)

Le contrôle des tensions permet de modifier les conditions de séchage afin d'éviter la formation de fentes.








- Examen direct : si on utilise la méthode par pesée pour le contrôle de la teneur en eau, il suffit d'examiner la (ou les) planche(s) témoin(s).
- Contrôle par éprouvette : on scie, dans une planche du lot qui sèche, un petit morceau de bois (éprouvette) de 25 mm de largeur environ (longueur = largeur de la planche épaisseur = épaisseur de la planche) dans lequel on découpe deux à quatre languettes. Les tensions existants dans le bois vont alors se libérer suite au découpage des languettes. Si l'éprouvette ne se déforme pas, il n'y a pas de tensions, le séchage est uniforme et correct.



CONTROLE DES TENSIONS AVEC EPROUVETTES

(D'après le Forest Products Laboratory de Madison U.S.A.)

Etat des languettes

Immédiatement après séchage	Interprétation	Pendant le séchage	Moment du séchage où l'état des languettes est constaté	Interprétation, Observation
1.  Les dents s'ouvrent au séchage  	la surface est en traction et l'intérieur est en compression	1a.  les dents se ferment	Après 12 h. de séchage	Humidité inégalement répartie, la surface est plus sèche que le centre
		1b.  Pas de changement	Début du séchage	Augmenter le degré d'humidité de l'air du séchoir si la surface du bois a tendance à se fendiller
			Après 12 h. de séchage	Humidité également répartie
			se produit après une humidification	Humidification trop forte/ degré d'humidité de l'air trop élevé ou humidification trop longue
2.  Les dents se ferment au sciage  	la surface est en compression l'intérieur en traction	2a  Les dents se ferment encore davantage  	Après 12 h. de séchage	Humidité inégalement répartie. Surface plus sèche que le centre
			Séchage déjà bien avancé	L'intérieur commence à sécher au dessous du point de saturation des fibres. Veiller à supprimer les efforts internes (fentes internes, cémentation risquent de se produire
		2b  les dents deviennent droites ou s'ouvrent	Après 12 h. de séchage	Humidité intégralement répartie. Intérieur plus sec que la surface
			Après humidification et avant un nouveau séchage	Après un nouveau séchage les dents devraient rester pratiquement droites.
3.  Les dents restent droites  	Pas d'effets internes	3a Les dents restent droites	Après 12 h de de séchage	Humidité uniformément répartie
			Pendant le séchage	A atteindre en fin de séchage
		3b Les dents se ferment	Après 12 h. de séchage	Humidité inégalement répartie La surface est plus sèche que le centre
			Pendant le séchage	Une courte humidification supprime les tensions
			3c. Les dents s'ouvrent	Après 12 h. de séchage
Pendant le séchage	Une courte humidification supprime les tensions			

# G.R.E.T.

GROUPE DE RECHERCHE ET D'ÉCHANGES TECHNOLOGIQUES  
34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

INDUSTRIE, ARTISANAT, SERVICES

TRANSFORMATION DU BOIS

Opérations annexes au séchage  
du bois (2) : avant et après  
le séchage

<i>Prototype ou essai</i>	
<i>Expérimentation large</i>	
<i>Utilisation courante</i>	X

## CLASSIFICATION

Fiche N° 576  
Fascicule N° 24  
SATIS 632

## PERIODE D'ABATTAGE DES ARBRES

Peu de travaux de recherche ont été faits sur les traditions d'abattage respectant les phases de la lune et la montée de sève. De nos jours, avec les méthodes de séchage artificiel on ne s'occupe guère de ces traditions. Cependant en ce qui concerne le séchage naturel on respecte des calendriers d'abattage en fonction du séchage plus ou moins rapide des essences et des saisons (voir fiche séchage à l'air) qui reposent plus sur des considérations climatologiques que sur la physiologie des essences. On a remarqué, en climat tropical humide, que les bois abattus et séchés en début ou en fin de saison des pluies étaient plus soumis aux attaques d'insectes et de champignons que ceux abattus en pleine saison des pluies ou en pleine saison sèche. On voit qu'il reste encore à faire un travail important concernant la justification de ces traditions.

## COMPLEMENTIS D'INFORMATION

*BIBLIOGRAPHIE (voir fiche répertoire)*

- Dossier séchage du CTB ; conseils pratiques pour le séchage des bois (Cahiers du CTB N° 56)
- Manuel de préservation des bois en climat tropical - C.T.F.T.

**DESSEVAGE** : Opération qui consiste à éliminer la sève du bois en l'exposant à la vapeur d'eau (air quasi-saturé - température : 60 à 90° C)  
Durée : 18 h par cm d'épaisseur. Se pratique avant le séchage.  
Cette opération (non indispensable) ne peut s'effectuer que dans des séchoirs possédant un système d'humidification et une chaudière pouvant amener l'air à la température requise.

**ETUVAGE** : Opération visant à détruire les organismes nuisibles du bois (champignons, insectes) et limiter leur attaque future. Les conditions d'étuvage sont proches de celles du dessevage. Sa durée est plus courte et il se pratique avant le séchage.  
Cette opération (non indispensable) peut s'effectuer dans des séchoirs moins puissants que ceux utilisés pour le dessevage. Exemple : température 50°C, Humidité relative : 60 %, durée : 11 h. pour 50 mm d'épaisseur.

#### EQUILIBRAGE DU BOIS APRES SECHAGE

On sèche les bois pour les amener à une teneur en eau désirée ( $H_f$ ). Une des qualités recherchées du séchage est l'uniformité de la teneur en eau : uniformité dans le lot séché, et uniformité pour chaque planche. Le séchage à l'air permet d'obtenir une teneur en eau presque uniforme. La plupart des méthodes de séchage artificiel ne permettent pas d'obtenir un séchage uniforme. Pour une planche séchée artificiellement la teneur en eau à la surface de la planche sera inférieure à la teneur en eau au coeur de la planche. La teneur en eau moyenne de la planche (mesurée avec un appareil électrique à 1/5 cm de l'épaisseur de la planche) doit correspondre à la teneur désirée ( $H_f$ ). Afin d'uniformiser la teneur en eau dans l'épaisseur des planches, et donc d'éviter que le bois "travaille", on procède à l'équilibrage :

- Equilibrage hors séchoir : on laisse les piles à l'abri une semaine (bois tendres) à 15 jours (bois durs) avant d'utiliser le bois.
- Equilibrage dans le séchoir pour les séchoirs possédant un système d'humidification d'air : on maintient la température de fin de séchage et on injecte de la vapeur saturée (durée : 10 à 20 h pour les bois tendres, le double pour les bois durs). Le bois se réhumidifie en surface. Il faut le laisser se refroidir avant de le sortir et de l'utiliser.

#### STOCKAGE DU BOIS

On stocke le bois dans des locaux protégés des intempéries et avec une humidité relative de l'air inférieure ou égale à celle à laquelle il sera utilisé. Le bois est stocké pièce sur pièce, planche sur planche, pour éviter et rattraper les déformations et lui garder une teinte claire.

# G.R.E.T.

GRUPE DE RECHERCHE ET D'ÉCHANGES TECHNOLOGIQUES  
34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

INDUSTRIE, ARTISANAT, SERVICES  
TRANSFORMATION DU BOIS

Le séchage à l'air du bois(1)

Prototype ou essai	
Expérimentation large	
Utilisation courante	X

## CLASSIFICATION

Fiche N°577  
Fascicule N° 24  
SATIS 632

## DOMAINE D'APPLICATION DU SECHAGE A L'AIR

Ce mode de séchage ne permet d'obtenir, en climat tempéré (défini par une période de chauffage des locaux dans l'année) que des bois de charpente et de menuiserie extérieures (H entre 13 % et 17 %). En effet le chauffage des locaux pendant une période de l'année peut déformer le bois ainsi séché. Par contre, le séchage à l'air fournit, en climat tropical, des bois pour pratiquement toutes les applications (sauf dans les locaux avec climatisation) où le bois risque de se déformer. Il faut veiller à utiliser un bois "sec à l'air" dans des conditions climatiques comparables à celles du lieu de séchage (emploi local).

On peut aussi utiliser cette méthode comme pré-séchage rapide (ressuyage) jusqu'à une teneur en eau d'environ 25 % et terminer en séchage artificiel, pour éviter les déformations de certaines essences, et pour abaisser le prix de revient d'une opération de séchage artificiel.

## SECHAGE A L'AIR EN LITS HORIZONTAUX

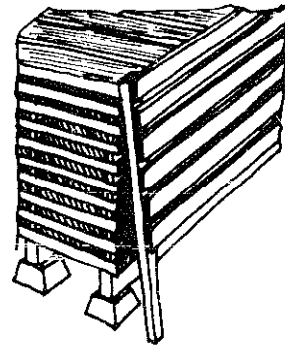
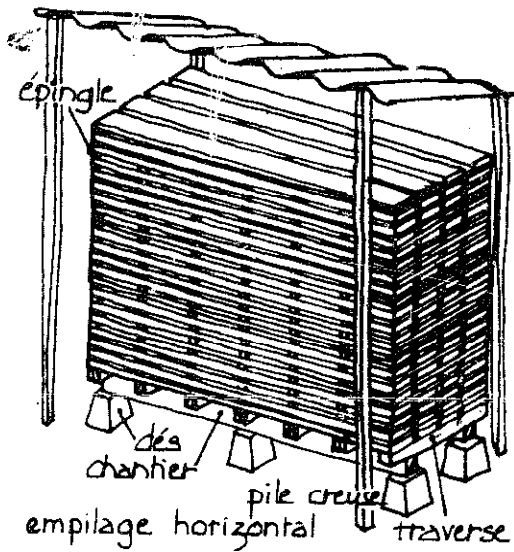
### Principe

On empile horizontalement les planches à sécher, en les surélevant du sol et en les espaçant les unes des autres par des baguettes. Une toiture est nécessaire pour protéger la pile des intempéries, ainsi que des écrans laissant passer l'air pour une protection latérale contre le soleil et la pluie.

## COMPLEMENTIS D'INFORMATION

### BIBLIOGRAPHIE (voir fiche répertoire)

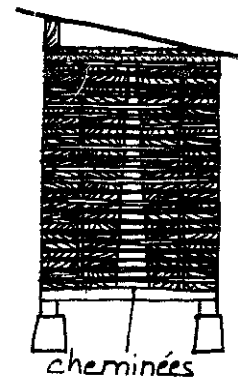
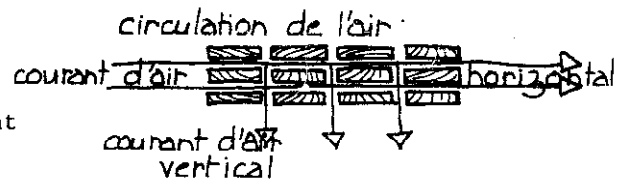
- Dossier séchage du C.T.B. - Le séchage à l'air (courrier de l'exploitant et du scieur) - Conseils pratiques pour le séchage des bois (Cahier du C.T.B. N° 56)
- Le Charpente - Tome 2 : Connaissances nécessaires à l'emploi du bois : le séchage.
- Technologie solaire et développement agricole des pays du tiers-monde. Evaluation économique et sociale des pompes, des serres et des séchoirs solaires.
- Le séchage des bois tropicaux - C.T.F.T.
- Le séchage naturel des bois en pays tropicaux - C.T.F.T.
- Prolonging life of wood in houses - Office of International Housing



Influence des conditions climatiques.

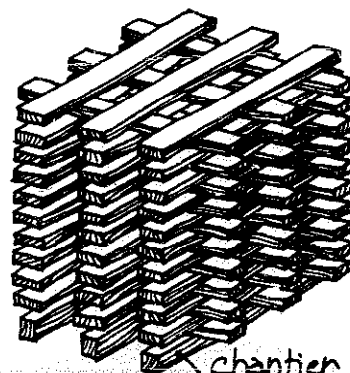
Avec cette méthode, deux des trois paramètres de séchage ne peuvent se choisir : température et humidité relative de l'air sont des contraintes naturelles. La teneur en eau du bois tend vers la valeur d'équilibre correspondant aux conditions d'air ( $T, H_r$ ) du moment.

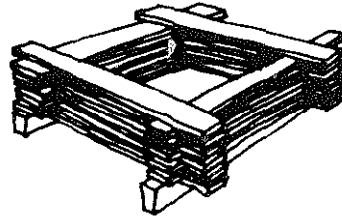
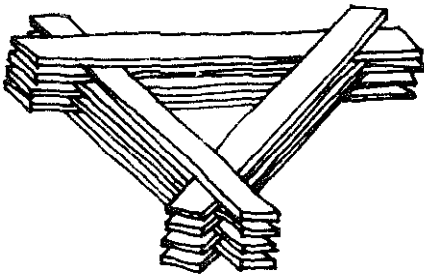
Le 3ème paramètre, la circulation de l'air, est le seul sur lequel on puisse intervenir en séchage naturel. La circulation horizontale due au vent peut s'optimiser en choisissant l'orientation des piles par rapport aux vents dominants et en variant l'espacement vertical des planches (augmentation du débit d'air entre les planches par augmentation de l'espace inter-planches). La circulation verticale (descente de l'air due à son refroidissement et son humidification au contact des planches) peut être facilitée en choisissant de sécher des avivées plutôt que des plots et en espaçant horizontalement et régulièrement les planches pour créer des cheminées.



Organisation

On empile les planches en lits horizontaux ou légèrement inclinés soit bois sur bois (résineux et bois tendres) soit avec des baguettes . Le sol doit avoir une bonne planéité afin d'éviter les déformations dans la pile et être solide afin de supporter le poids de la pile. De plus, le sol doit être nu sans herbe, bien dégagé.





### Empilage avec baguette

Une pile a pour dimensions : longueur = longueur des planches, largeur : 1,80 m à 2 m (au delà le séchage est considérablement ralenti), hauteur : dépend des moyens de manutention, une pile trop haute (supérieure à 4 m) peut ralentir le séchage des planches les plus basses et pose des problèmes de résistance des fondations, des baguettes et des planches en bas de pile.

- hauteur entre pile et sol : 50 à 60 cm pour permettre une bonne évacuation de l'air qui s'est humidifié et se retrouve sous la pile.
  - distance entre piles : 50 cm à plus (dépend des moyens de manutention).
- Les baguettes d'espacement vertical doivent être :

- en Bois tendre de coeur différent du lot à sécher
- sèches à l'air
- d'épaisseur constante sur un même lit horizontal
- alignées sur une même verticale et disposées perpendiculairement au fil du bois

L'épaisseur des baguettes dépend de l'épaisseur des planches à sécher et de la circulation d'air horizontal.

Epaisseur des bois (mm)	20	25	30	40	50	60	70	80	90	100
Epaisseur des baguettes (mm)	20	25	25	30	35	35	40	40	45	45

Une augmentation de l'épaisseur des baguettes (donc de l'espacement vertical) crée une augmentation du débit d'air horizontal améliorant la circulation d'air et donc accélérant le séchage. Inversement une diminution de l'épaisseur des baguettes ralentit le séchage.

L'écartement des baguettes ne doit pas être trop important pour éviter les déformations (flexion) des planches.

Planches d'épaisseur	inférieure à 30 mm	entre 30 à 50 mm	supérieure à 50 mm
Ecartement des baguettes	30 à 50 cm	60 cm	90 cm à 1 m

On obtient un séchage correct si les piles sont composées de bois de même essence, de même épaisseur et de même humidité initiale. On peut dans certains cas faire sécher des bois d'humidités initiales identiques mais d'essences et d'épaisseurs différentes : on associe alors des planches d'essence à séchage rapide mais épaisses avec des planches d'essence à séchage mais moins épaisses.

# G.R.E.T.

GROUPE DE RECHERCHE ET D'ÉCHANGES TECHNOLOGIQUES  
34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

INDUSTRIE, ARTISANAT, SERVICES

TRANSFORMATION DU BOIS

Le séchage à l'air du bois (2)

Prototype ou essai	
Expérimentation large	
Utilisation courante	X

CLASSIFICATION

Fiche N° 578  
Fascicule N° 24  
SATIS 632

## SECHAGE A L'AIR EN LITS HORIZONTAUX (SUITE)

### Conduite

Ce mode de séchage et sa durée dépendent :

- des conditions climatiques : se procurer les relevés météorologiques de température et d'hygrométrie de la région et utiliser les courbes d'équilibre air-bois pour trouver l'humidité d'équilibre finale du bois ;
- de l'essence et de sa coupe : voir les conditions liées au séchage du bois ;
- de la saison d'empilage :  
en climat tempéré on peut utiliser le tableau suivant :

Type de bois	Saison d'empilage	Secs à l'air
Bois feuillus durs ép. = 27 mm	Automne	au printemps suivant
Bois feuillus durs ép. = 50 mm	Automne	à l'automne suivant
Bois tendres et résineux ép. = 27 mm	Printemps	après 3 mois
Bois tendres et résineux ép. = 50 mm	Printemps	après 4 à 5 mois

### COMPLEMENTIS D'INFORMATION

*idem* fiche N° 577



- . en climat tropical chaud et humide (saison des pluies)
  - Bois tendres (Ilomba, Okoué, ...) secs 1 mois à 1,5 mois après sciage
  - Bois durs (Azobé) secs 2 à 3,5 mois après sciage
  - (épaisseur des planches 27 à 41 mm, largeur des planches 25 cm environ, humidité finale des bois 17 à 19 %)
- . en climat tropical chaud et sec (bordure de mer, saison sèche)
  - Bois mi-durs et mi-denses (Iroko) secs 2 à 3 mois après sciage
  - (épaisseur des planches 27 à 41 mm, largeur des planches 25 cm environ humidité finale des bois 9 à 11 %) ;

Rappelons qu'en climat tropical il a été constaté que les bois abattus en pleine saison sèche ou pleine saison humide étaient moins sujets aux altérations (champignons, insectes) que les bois abattus en début ou fin de saison humide.

- de l'expérience de l'utilisateur (consigner les résultats au cours du séchage).

Remarque : ne pas tenir compte de la règle empirique assez répandue qui établit la durée de séchage d'un an par cm d'épaisseur pour les bois durs et de 6 mois par an d'épaisseur pour les bois tendres. Elle ne s'applique généralement pas.

Incidents au cours du séchage : On peut craindre lors du séchage à l'air :

- les pourritures (champignons)
- les fentes superficielles et d'extrémité (en été en climat tempéré) ; utiliser des baguettes moins épaisses pour ralentir le séchage.
- les taches sous les baguettes pour certaines essences, ressuyer verticalement (voir plus loin) les bois pendant une quinzaine de jours au préalable
- les piqûres d'insectes, prévention : maintenir propre le dessous des piles, retirer déchets et copeaux.

Coûts : ce sont

- des coûts d'une mobilisation du capital (98 % du total)
  - . terrain (1,25 m<sup>2</sup> de surface au sol par m<sup>3</sup> de bois empilé environ)
  - . aménagement du terrain
  - . soubassements
  - . toiture
  - . baguettes (entre 60 à 100 baguettes pour 3 m<sup>3</sup> de bois)
- des coûts de fonctionnement (2 %)
  - . main d'oeuvre d'empilage et de désempilage
  - . surveillance et entretien

Durée d'utilisation moyenne : 10 ans.

Avantages - Les bois secs à l'air ont moins de tensions que les bois séchés artificiellement, ils se travaillent donc plus facilement ;

- les bois secs à l'air n'ont pas à être équilibrés, ils sont donc prêts à l'emploi ;
- ce mode de séchage est économique : pas de consommation d'énergie ;

- dans certains cas on peut utiliser une surface plane existante pour installer les piles (chantier de séchage démontable) ce qui réduit le coût d'immobilisation.

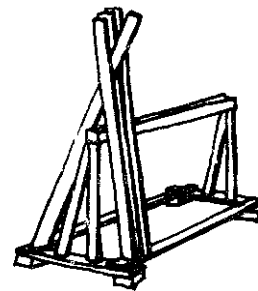
Inconvénients - La durée du séchage très importante (jusqu'à 2 ans) oblige à avoir des stocks immobilisés ;

- la teneur en eau des bois obtenue est limitée par les conditions de l'air ambiant, donc l'usage des bois secs à l'air est restreint ;
- les attaques biologiques restent possibles.

#### SECHAGE A L'AIR VERTICAL

On emploie ce mode d'empilage vertical en "X" ou "V" renversé (circulation verticale de l'air de séchage facilitée) pour ressuyer les bois légers et très numides.

Le ressuyage vertical peut être deux fois plus rapide que le ressuyage horizontal. Mais dans cette configuration les bois se déforment facilement. Il ne faut pas prolonger ce ressuyage et terminer le séchage en empilage horizontal. Il existe aussi un mode d'empilage avec baguettes fortement inclinées.



#### SECHAGE A L'AIR EN PLACE

Certaines utilisations du bois (toits en bardeaux) et du bambou (fabrication de meubles) nécessitent l'emploi du matériau fraîchement débité. Les bardeaux se clouent facilement quand le bois est vert, les liens des meubles en bambou se plient facilement. Une fois en place le matériau se rétrécit et sèche. Les bardeaux s'ils sont fendus suivant le fil ou taillés selon la méthode de la fiche T 144 (et non sciés) ne se fendent pas en séchant, ne se déforment pratiquement pas et assurent l'étanchéité du toit. Les liens des meubles en bambou se resserrent en séchant.

# G.R.E.T.

GRUPE DE RECHERCHE ET D'ÉCHANGES TECHNOLOGIQUES  
34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

INDUSTRIE, ARTISANAT, SERVICES

TRANSFORMATION DU BOIS  
SECHAGE SOLAIRE

Méthodes de séchage artificiel  
du bois par convection d'air

Prototype ou essai	
Expérimentation large	X
Utilisation courante	

CLASSIFICATION

Fiche N° 579  
Fascicule N° 24  
SATIS 632

Seules les méthodes de séchage du bois par convection d'air sont présentées dans cette fiche, le séchage sous vide et le séchage à haute fréquence étant des procédés très onéreux ou mettant en oeuvre une technologie et du matériel sophistiqués.

## PRINCIPE DU SECHAGE ARTIFICIEL DU BOIS PAR CONVECTION D'AIR

Le bois à sécher est empilé comme pour le séchage à l'air en lits horizontaux, mais dans une enceinte close et isolée thermiquement : le séchoir. On chauffe et on humidifie jusqu'à un degré hygrométrique donné l'air par des moyens artificiels (chaudière, ou pompe à chaleur, ou humidificateur). C'est l'air chaud et humide insaturé qui, en circulant dans la pile et en s'humidifiant, sèche le bois.

Si on fait circuler l'air dans l'enceinte grâce à un ou plusieurs ventilateurs, on parle de convection forcée : cas du séchage par air chaud, du séchage par déshumidification (appelé encore système frigorifique ou pompe à chaleur).

Si l'air circule naturellement, l'air chaud montant, l'air refroidi et humidifié descendant, on parle de convection naturelle : cas du séchage par chambres chaudes (ou chambre hollandaise).

L'air est renouvelé par des ouvertures ou des cheminées d'entrée d'air frais et de sortie d'air humide. Dans tous ces procédés on peut modifier les caractéristiques d'air conduisant le séchage : température, humidité relative, vitesse ou circulation d'air.

### COMPLEMENT D'INFORMATION

#### BIBLIOGRAPHIE

- Dossier séchage du C.T.B. : - Conseils pratiques pour le séchage des bois (Cahiers du CTB N°56) - Contrôles de séchage par chambres chaudes - La régulation des séchoirs à bois par pompe à chaleur - Contrôle de séchoirs par déshumidification de l'air - Généralités sur le choix d'un séchoir à bois massif - Caractéristiques des séchoirs à bois par pompe de chaleur distribués sur le marché français. - Séchage du bois par chambres chaudes.
- La charpente - Tome 2 - Connaissances nécessaires à l'emploi du bois : le séchage.
- Le séchage des bois tropicaux - C.T.F.T.

La durée du séchage est considérablement réduite par rapport au séchage à l'air, et les séchoirs permettent d'obtenir des teneurs en eau inférieures à celles des bois secs à l'air et que l'utilisateur peut choisir.

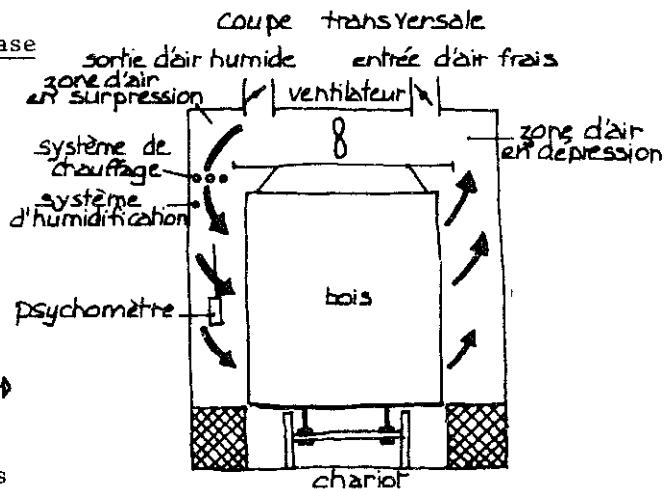
### SECHAGE PAR AIR CHAUD

Constitution des piles : on applique ici les mêmes règles d'empilage que pour le séchage à l'air. Les piles sont montées sur des chariots ou des wagonnets, le premier lit se trouvant sur le plateau du chariot.

#### Séchage discontinu - Séchoirs à case

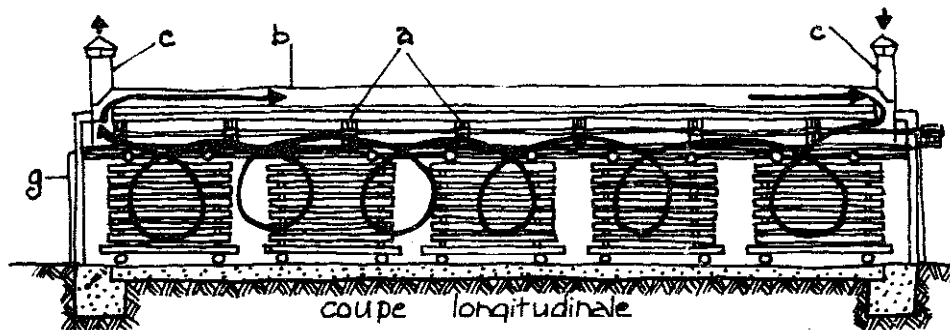
La charge de bois contenue dans l'enceinte séchante (case) n'est pas déplacée au cours de l'opération de séchage.

Séchoir par air chaud climatisé →

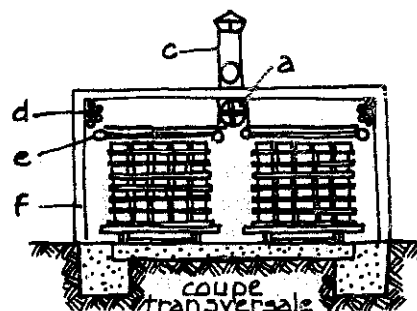


#### Séchage continu - Séchoirs tunnels

La charge de bois contenue dans l'enceinte séchante (tunnel) est déplacée au fur et à mesure du séchage. Les conditions de l'air (T, Hr) diffèrent tout au long du séchoir.



Séchoir en continu (ou séchoir-tunnel)  
 a. coupe longitudinale ; b. coupe transversale ; c. ventilateurs hélicoïdes à entraînement commun ; d. gaine de reprise d'air ; e. cheminée ; f. batterie de chauffe ; g. rampe d'humidification ; h. cellule ; i. porte.



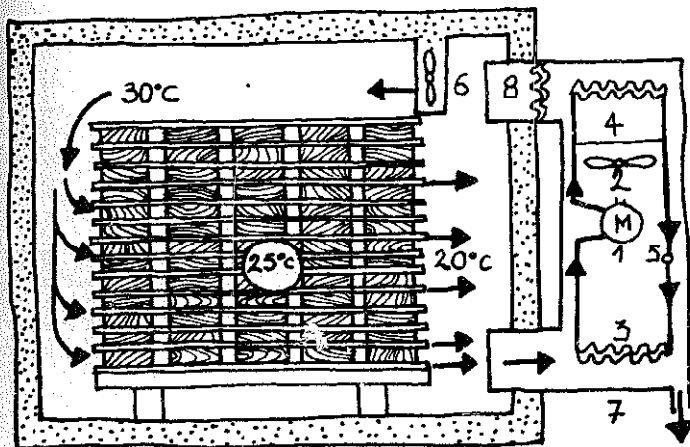
Conduite de séchage. Cette méthode de séchage nécessite une température élevée, le bois doit d'abord être porté à température du séchoir ; pour éviter qu'il se produise des pertes et pour faciliter le transfert de chaleur de l'air au bois, cette opération de préchauffage se fait avec une humidité relative élevée. On maintient une température élevée (60 à 80°C) pour les bois tendres, une température plus basse (40 à 50°C) pour les bois durs. L'humidité relative de l'air très élevée au début du séchage est progressivement diminuée. La vitesse de l'air doit être comprise entre 0,75 à 1 m/s pour les bois durs, et entre 1 à 1,5 m/s pour les bois tendres, ceci pendant la première phase de séchage (évacuation de l'eau libre). Pour homogénéiser le séchage des bois on inverse le sens de circulation de l'air (quand l'installation le permet). La ventilation est moins utile en fin de séchage, on peut alors la réduire.

Il existe des tables de séchage pour des essences de provenances diverses (se renseigner au C.T.B. et au C.T.F.T. en France). L'équilibrage après séchage est nécessaire.

#### SECHAGE PAR DESHUMIDIFICATION DE L'AIR

Dans ce mode de séchage le chauffage et la déshumidification sont assurés par une pompe à chaleur.

L'air circule dans le séchoir grâce à un ou plusieurs ventilateurs indépendants de la pompe à chaleur. L'installation d'un tel séchoir est souvent facile car les éléments de la pompe à chaleur présentés dans une armoire et la ventilation s'adaptent dans un local existant suffisamment étanche et calorifugé.



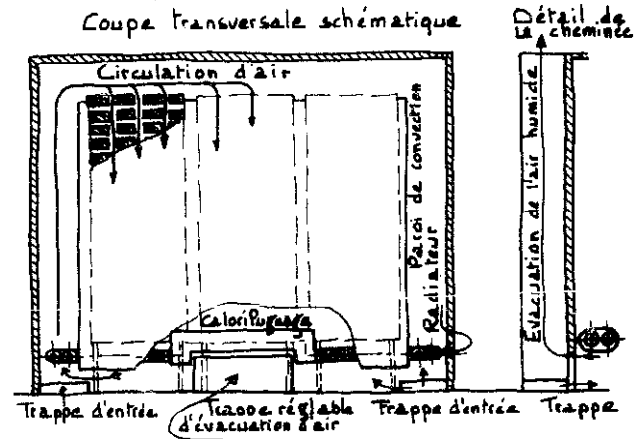
#### Coupe transversale d'un séchoir à déshumidification.

- 1.- Compresseur de fluide frigorigène.
- 2.- Ventilateur de circulation d'air à l'intérieur de l'appareil de déshumidification.
- 3.- Evaporateur (élément froid de l'appareil) : refroidissement de l'air chaud et humide et condensation de l'eau qu'il contient.
- 4.- Condensateur (élément chaud de l'appareil) : chauffage de l'air froid et sec.
- 5.- Détendeur de fluide frigorigène.
- 6.- Ventilateur de reprise de circulation d'air dans la cellule de séchage.
- 7.- Ecoulement de l'eau extraite des bois.
- 8.- Résistance électrique de chauffage utilisée si nécessaire.

#### SECHAGE PAR CHAMBRE CHAUDE (CHAMBRE HOLLANDAISE)

Ce système est très utilisé aux Pays-Bas où il a été mis au point. Les piles disposées dans l'enceinte sont constituées comme pour le séchage à l'air, cependant on doit y aménager des cheminées afin de faciliter la circulation de l'air qui est naturelle et essentiellement verticale dans ce procédé. L'ensemble des piles est entouré de parois parallèles aux murs de la chambre et de la hauteur des piles. En bas et autour de

ces parois se trouve un radiateur. L'eau provenant d'une chaudière et passant le radiateur échauffe l'air qui monte dans l'espace entre les murs et les parois défectives. En haut de la pile l'air se refroidit au contact du bois et redescend à travers les cheminées de la pile en se chargeant d'eau. Cet air est ensuite évacué par une cheminée au bas des piles. Le renouvellement d'air est assuré par des trappes réglables d'entrée d'air. Ces séchoirs possèdent pour la plupart une régulation maintenant les conditions de température et d'hygrométrie.



#### ELEMENTS DE COMPARAISON DES SYSTEMES DE SECHAGE ARTIFICIEL

Systeme de séchage	Air chaud	Déshumidification	Chambre chaude
Gamme de température d'air	50 à 90°C	30 à 45°C	30 à 45°C
Durée du séchage (avivés de chêne, ép. 27mm, H <sub>f</sub> = 8-10 %)	18-20 j	34 j	40-45 j
Avantages	Rapidité Grande capacité	Facilité d'installation Bons résultats pour bois délicats	Grande capacité Faible consommation d'énergie.
Inconvénients	Accidents de séchage plus fréquents qu'avec autres procédés	Difficulté de mise au point Teneur en eau finale limitée Pourriture possible	Teneur en eau finale limitée Pourriture possible
Rentabilité	Grosses productions (supérieures à 300 m <sup>3</sup> /mois)	Petites productions (inférieures à 300 m <sup>3</sup> /mois)	Grosses productions (supérieures à 300 m <sup>3</sup> /mois)
Durée de vie	10 ans	4-5 ans	10 ans

# G.R.E.T.

GROUPE DE RECHERCHE ET D'ÉCHANGES TECHNOLOGIQUES  
34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

INDUSTRIE, ARTISANAT,  
SERVICES

TRANSFORMATION DU BOIS

Le séchage solaire du bois :  
aperçu des principaux types  
de séchoir.

Prototype ou essai	X
Expérimentation large	
Utilisation courante	

CLASSIFICATION

Fiche N° 580  
Fascicule N° 24  
SATIS 632

## ECHELLE D'UTILISATION

Etant donné la taille des installations existantes, les séchoirs solaires conviennent aux exploitations de petite et moyenne importance (volume de bois à sécher inférieur à 300 m<sup>3</sup> par mois).

## PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DES DIFFÉRENTS SÉCHOIRS SOLAIRES À BOIS EXISTANTS

Chacune des deux méthodes qui ont été exposées dans les fiches précédentes (séchage à l'air et séchage artificiel) a ses avantages et ses inconvénients : le séchage à l'air a un fonctionnement intermittent (l'alternance jour-nuit implique des conditions d'air variables) et il demande nettement plus de temps que le séchage artificiel ; par contre il est plus économique et donne un produit de meilleure qualité pour des bois de teneur en eau comparables. Les séchoirs utilisant l'énergie solaire ont pour objectif d'allier les avantages des deux méthodes tout en évitant leurs inconvénients : rapidité de l'opération par rapport au séchage à l'air, prix de revient plus bas que celui du séchage artificiel).

Il existe deux classes de séchoirs solaires à bois :

- Les séchoirs n'utilisant que l'énergie solaire pour le chauffage de l'air, de conception simple et pour un surcoût faible (pour certains modèles) par rapport au séchage à l'air, ils semblent constituer une

## BIBLIOGRAPHIE (voir fiche répertoire)

- Analyse de l'utilisation de l'énergie solaire pour le séchage agricole - CNRS-PIRDES.
- A survey of solar agricultural dryers - Brace Research Institute.
- Technologie solaire et développement agricole des pays du tiers-monde. Evaluation économique et sociale des pompes, des serres et des séchoirs solaires. Mr. GIAP VAN DANG, Thèse de 3ème Cycle, Université de Paris I.
- Practical applications of solar energy to wood processing. Forest Products Society.
- Solar kilns ; Feasibility of utilizing solar energy for drying lumber in developing countries. U.S.D.A. Forest Service, Forest Products Laboratory.

solution intéressante économiquement : obtention de bois secs à des teneurs en eau comparables à celles de bois séchés artificiellement, pour un prix de revient comparable à celui de bois séchés à l'air - durée de séchage nettement plus courte que celle du séchage à l'air pour des régions à ensoleillement important et régulier.

- Les séchoirs utilisant plusieurs sources d'énergie, dont l'énergie solaire, pour le chauffage de l'air, la combinaison des énergies implique un surcoût d'investissement : chaudière ou pompe à chaleur, régulation éventuelle. Ce surcoût doit se justifier par l'économie d'énergie apportée à moyen ou long terme.

La plupart des séchoirs solaires à bois possèdent une ventilation forcée importante pour la conduite du séchage, car la circulation est le seul paramètre de l'air de séchage facilement modifiable dans ce cas.

### Séchoirs n'utilisant que l'énergie solaire pour le chauffage de l'air

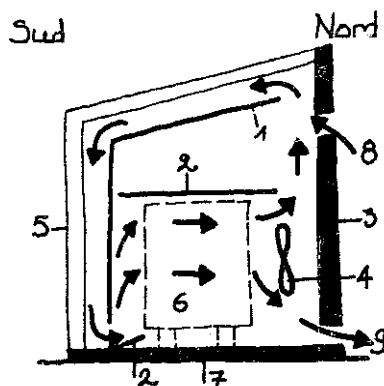
Comme dans le cas du séchage à l'air, ces séchoirs ont un fonctionnement intermittent qui peut être modifié par un stockage approprié de la chaleur. Parmi ces séchoirs on en distingue 2 types :

- Les séchoirs directs et mixtes (direct + indirect), dans lesquels la toiture et certaines parois exposées au rayonnement solaire, constituent un capteur intégré entourant le bois à sécher.

Il s'agit en fait d'une adaptation et une amélioration du séchage à l'air (réduction des pertes thermiques, meilleure utilisation de l'énergie solaire, ventilation forcée).

Pour les séchoirs mixtes, en plus des éléments déjà cités, un absorbeur placé à l'intérieur du séchoir capte le rayonnement incident et ainsi protège le bois de ce rayonnement.

- . Avantages : amélioration des taux de séchage pour un faible surcoût par rapport au séchage à l'air (bon rapport qualité - prix du bois séché).
- . Inconvénients : recours à l'électricité (ventilation), faible contrôle de l'humidité relative de l'air de séchage, différences de teintes et contraintes (dues au sur-séchage artificiel) possibles dans les séchoirs directs.



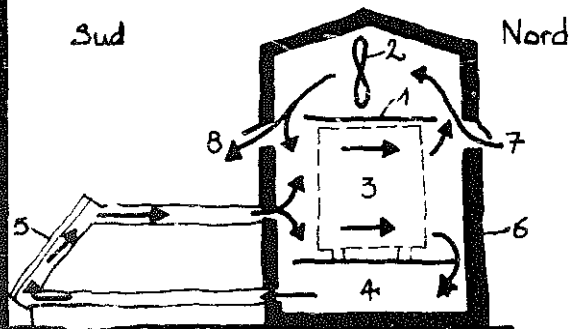
EXEMPLE DE SECHCIIR DIRECT (Hémisphère Nord)

- |                                |                                   |
|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1. absorbeur                   | 2. déflecteur                     |
| 3. mur Nord (isolé)            | 4. ventilation (vitesse variable) |
| 5. paroi transparente (double) | 6. pile de bois                   |
| 7. sol (isolé)                 | 8. entrée d'air frais             |
|                                | 9. sortie d'air (réglables)       |

La position relative des entrées et sorties d'air, des ventilateurs, le sens de circulation de l'air varient suivant les séchoirs. (Entre parenthèses les améliorations que l'on peut apporter.)



- Les séchoirs indirects pour lesquels cases et capteurs sont séparés et qu'on peut considérer comme des séchoirs artificiels à fonctionnement intermittent.
- . Avantages : choix de la position des cases indépendant des conditions climatiques, diminution possible des pertes thermiques (isolation, stockage, capteurs).
- . Inconvénients : recours à l'électricité (ventilation), faible contrôle de l'humidité relative de l'air de séchage, surtout dû aux capteurs par rapport aux séchoirs directs.



EXEMPLE DE SECHOIR INDIRECT A CAPTEUR A AIR (hémisphère Nord)

- |                            |                                  |
|----------------------------|----------------------------------|
| 1. déflecteur              | 2. ventilation (vitesse)         |
| 3. pile de bois            | 4. (stockage thermique)          |
| 5. capteur à air           | 6. cloisons (isolées)            |
| 7. sortie d'air (réglable) | 8. entrée d'air frais (réglable) |

(entre parenthèses les améliorations possibles)

- Séchoirs multi-énergies : La différence de principe essentielle avec les séchoirs précédents provient de la variété des sources de chauffage (et d'humidification) qui ne sont plus uniquement solaires. Le séchage n'est plus intermittent, la chaudière ou la pompe à chaleur étant mise en route dès que l'énergie solaire devient insuffisante (nuits, périodes d'ensoleillement insuffisant).

On peut reprendre la même classification en séchoirs mixtes et séchoirs indirects suivant que les capteurs sont intégrés au séchoir ou indépendants de celui-ci. Dans la plupart de ces séchoirs l'énergie solaire est la source principale d'énergie ; les méthodes de chauffage plus conventionnelles viennent en appoint. Cependant une mauvaise conception ou des considérations technico-économiques peuvent aboutir à une répartition inverse des énergies. Ce peut être le cas par exemple si le séchage s'intègre dans un processus de transformation du bois où l'on peut récupérer les déchets et copeaux, l'adjonction d'une chaudière mixte fuel-bois (ou déchets de bois) peut amener à des économies telles qu'il peut être rentable que le séchoir fonctionne en continu avec la chaudière alimentée en copeaux (sans même devoir utiliser l'énergie solaire !).

Les conduites de séchage en séchoirs multi-énergies sont assez souvent assurées par une régulation tenant compte des fluctuations climatiques.

### Séchoirs conventionnels à ressuyage solaire

La première phase du séchage (évacuation de l'eau libre) peut être faite soit en séchoir conventionnel soit en séchage à l'air. Si on effectue cette phase en séchoir solaire on obtient un ressuyage plus économique qu'en séchage artificiel et des bois ressuyés de meilleure qualité qu'en séchage naturel. La case ou le séchoir solaire peuvent être intégrés au séchoir conventionnel, mais il ne s'agit pas de séchoir multi-énergies à proprement parler car l'énergie solaire intervient uniquement pendant le ressuyage.

## REALISATIONS ET COMPARAISON DE SECHOIRS SOLAIRES

Différents séchoirs solaires seront présentés dans les fascicules suivants dans des fiches d'études de cas suivant des critères permettant une étude comparative.

### APPFL AUX LECTEURS POUR INFORMATIONS COMPLEMENTAIRES

*La plupart des séchoirs solaires à bois utilisent des capteurs à air intégrés ou indépendants, ce qui semble logique car l'agent dessicant est l'air. Cependant on trouve de rares exemples de séchoirs à capteurs à eau. Une des applications possibles des séchoirs à capteurs à eau pourrait être un séchoir à chambre chaude solaire (gamme de température compatible avec celle des capteurs à eau) ou tout au moins une économie d'énergie pourrait être obtenue dans les séchoirs à chambres chaudes par adjonction de chauffage solaire. Ce type d'installation existe-t-il ?*



# ARES

APPLICATIONS DE RECHERCHES SUR  
L'ÉNERGIE, L'ENVIRONNEMENT ET LA SOCIÉTÉ

39, rue Croix-Baragnon - 31000 TOULOUSE

Tél. (61) 52-02-05

ORGANISMES

FRANCE

ARES/ENVIPACT

CLASSIFICATION

*Fiche R.I. 31  
Fascicule N°24*

▷ **STATUT** : A.R.E.S. est constitué en Société Coopérative Ouvrière de Production (SCOP) à personnel et capital variable.

▷ **DOMAINE DE COMPETENCE** : A.R.E.S. participe aux recherches sur l'énergie et la société, ainsi qu'aux applications et réalisations qui en découlent.

## 1) Etudes :

Des organismes officiels commandent des recherches et des missions de consultance à A.R.E.S., tant en France qu'à l'étranger. Des groupes privés consultent l'équipe sur l'utilisation de leur énergie gaspillée.

La compétence d'A.R.E.S. est en effet reconnue dans les domaines suivants :

- économies d'énergie : agrément par l'Agence aux Economies d'Energie.
- énergies renouvelables : missions de consultance internationales.
- aspects socio-économiques de l'énergie : énergie et agriculture, énergie et aménagement rural, énergie et habitat, énergie et transports par exemple.
- technologies appropriées : missions de consultance internationales, participation à des colloques.

## 2) Réalisations

Des agriculteurs ont choisi de faire confiance à A.R.E.S. et construisent avec A.R.E.S. des équipements à faible consommation d'énergie extérieure : serres solaires passives, séchoirs solaires.

Des architectes demandent à A.R.E.S. de participer à la conception d'enceintes solaires (maisons individuelles, salles municipales polyvalentes, bâtiments industriels) sur le plan thermique. A.R.E.S. peut également assurer la maîtrise d'oeuvre de la partie "chauffage solaire".

Des brevets sont en préparation ou en cours de dépôt sur des équipements augmentant l'efficacité des systèmes de captage solaire.

### 3) Formation

A.R.E.S. estime que le développement des énergies renouvelables passe par une connaissance précise des techniques mises en oeuvre. En plus de la promotion par l'information et la sensibilisation, A.R.E.S. forme :

- des ingénieurs amenés par la suite à choisir des technologies appropriées de préférence aux techniques conventionnelles.
- des professionnels qui fabriquent, installent et entretiennent les équipements solaires.
- des utilisateurs des énergies renouvelables : personnel d'entreprises dans le cadre de la formation permanente, agriculteurs, particuliers.

### ▷ REFERENCES

#### 1) Etudes et recherches

Développement de petites exploitations agricoles par des technologies appropriées (traction animale) dans les pays du Sahel et en Inde : évaluation de projets, mise en place et suivi (depuis 70).

Participation à la mission BIRD-UNDP sur la politique énergétique de la Corée du Sud 1978-2000 : responsable énergies non conventionnelles (1978).

Prospective des économies de ressources dans les transports-Futuribles 1979.

Valorisation des chaleurs perdues dans une cimenterie-Synectics 1979.

Architecture bioclimatique et architecture traditionnel en Languedoc-Roussillon ; aspects, thermiques et sociologiques. Plan construction 1979-1980.

Energie et aménagement rural - ACEAR 1979.

Analyse et évaluation des innovations locales en matière de production agricole. En collaboration avec l'AREA-SESAME 1979.

Potentialités de l'héliothermie en Pays de Loire - 1981

#### 2) Formation et information

Formation d'ingénieurs et cadres coopérants : "énergie et agriculture" Ministère de la Coopération - 1977-78.

Formation d'artisans, d'installateurs et de technico-commerciaux aux utilisations de l'énergie solaire, dans le cadre du Pacte National pour l'Emploi - C.R.P. Midi Pyrénées - 1978-79.

L'énergie solaire, principes et applications dans l'habitat. Stage de formation continue dans l'entreprise COGEMA-CEA 1979.

L'énergie éolienne. Bilan des réalisations et des recherches actuelles. Institut National Polytechnique-Toulouse - 1979.

Formation de plombiers à l'énergie solaire par enseignement programmé. Conception d'un package sur le système PLATO. Collaboration A.R.E.S. - Control Data France 1979-1981.

Nombreuses conférences et journées de formation (ENSA Toulouse, ESA Purpan, ENITAH Angers, Ecole d'Agronomie de Gembloux, Ecole d'Agriculture d'Ath, Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts).

Publication d'un livre "Energie et agriculture - Ed. Debard 1978./J.R. Mercier.

"Innovations rurales aux Etats-Unis", C.I.I.S./A.R.E.S.

Publication "Produire son énergie" - Maison Rustique (1981).

Conseiller scientifique de la ville de Castres pour l'Exposition-colloque "Energies nouvelles pour notre région" - Ateliers d'enfants. En collaboration avec les associations locales (écologiques, consommateurs, protection de la nature) et le Comité d'Expansion du Tarn- 1978.

### 3) Ingénierie

Petites et moyennes stations de pompage et usines hydroélectriques (Brésil, France, Afrique). Depuis 1972.

Etude d'un refuge de haute montagne chauffé par énergie solaire et isolé par la neige - 1975.

Etude et réalisation d'un chauffage solaire en système actif - Rectorat de Dijon (20 mètres carrés de capteurs à eau, stockage : 1200 litres) - 1977.

Avant-projet de piscine solaire à Toulouse - 1977.

Conception et construction d'une serre de multiplication chauffée par énergie solaire pour un agriculteur de Mirandol (Tarn) - 1979.

Réhabilitation d'un habitat ancien des Corbières en maison solaire passive : les Perdrigals à Treilles (Aude) - 1978.

Chauffé-eau solaire dans le Tarn - 1979.

Application de l'énergie solaire au séchage des fruits et légumes, conception d'un prototype - CNEEMA 1979.

Chantier collectif d'auto-construction de chauffe-eau solaires (therm siphon, expérimentation de couvertures plastiques, intégration en toiture) 1979.

Conception et réalisation avec un agriculteur du Vercors d'un séchoir à foin par énergie solaire. 1979.

Conception d'une salle municipale polyvalente en solaire passif. Coopération avec les architectes d'ARCA. 1979.

Conception et réalisation d'un ensemble complet de digesteur d'effluents d'abattoir (Castres) - 1980-1981.

A.R.E.S. entretient des relations privilégiées avec la société d'architecture C.L.E.A. animée par Michel GERBER, ainsi qu'avec le bureau d'études HYDRO-M avec lequel A.R.E.S. est à même de traiter l'ensemble des problèmes de développement rural et d'environnement.

A.R.E.S. est par ailleurs ouverte à la collaboration avec tout organisme visant des buts similaires ou complémentaires. Les contacts suivants sont particulièrement étroits et suivis (liste alphabétique non limitative).

- AGORA : Bureau d'architectes et d'économistes.

- AIDA : Association pour l'intégration des données d'environnement dans le domaine de l'aménagement.

- GRET : Groupe de Recherches et d'Echanges Technologiques.

- IFOAM : Fédération Internationale des Mouvements d'Agriculture Organique

- IRAM : Vulgarisation et animation rurales.

- IREP/INRA de Grenoble.

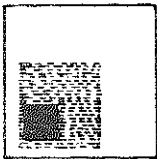
- IRI : Institut Rural d'Informations et le centre expérimental de Gorodka.
- SEDES : Bureau d'études de la Caisse des Dépôts et Consignations.
- TERRA : Bureau d'ingénieurs-conseils.

Un échange d'informations systématiques est pratiqué entre A.R.E.S. et divers organismes Nord Américains : - New Alchemy Institute, Small Farm Energy Project, Institute for local Seld Reliance, Worldwatch Institute, Brace Research Institute...

Les missions à l'étranger d'A.R.E.S. leur ont permis d'être reconnus auprès des organismes suivants : Banque Mondiale, Banque Africaine de Développement, Programme des Nations Unies pour le Développement, Programme des Nations Unies pour l'Environnement, F.A.O., Fond International pour le Développement Agricole, O.C.D.E.

#### L'EQUIPE PERMANENTE

*Elle comprend 8 personnes spécialistes dans plusieurs domaines : 1 ingénieur Arts et Métiers, 2 polytechniciens, 1 ingénieur hydraulique, 1 ingénieur agronome, une sociologue, 1 ingénieur INSA, 1 comptable. Plusieurs ont une expérience de développement rural dans les Pays en voie de développement.*



ENVIPACT

---

CENTRE DE DOCUMENTATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE spécialisé dans les questions d'environnement, 39, rue Croix Baragnon, 31 000 Toulouse.  
Tél. : (61) 52-02-05

ENVIPACT est une association à but non lucratif (loi 1901). Son objectif est de participer à toutes les actions, recherches et développements visant à une protection de l'environnement (faune, flore, eau, air, sol, paysages).

CENTRE DE DOCUMENTATION scientifique et technique, spécialisé dans les questions d'environnement et d'énergies renouvelables. Fonds documentaire comportant environ 10.000 documents appartenant en majeure partie à 2 bureaux d'études toulousains : A.R.E.S. et Hydro M. 1 Bureau d'études d'Aménagement des Eaux et de l'Environnement). Un service en cours de mise en place, permettra de fournir une assistance technique et une aide à la conception de projets d'énergies renouvelables. Son intérêt est lié à une prestation rapide, efficace et bon marché.

#### LA LETTRE D'ENVIPACT

La lettre de l'association trimestrielle traite dans chacun de ses numéros, d'un thème précis reliant des problèmes énergétiques à des problèmes environnementaux (Prix d'abonnement 20 F/an).

#### CENTRE D'EXPERIMENTATION

ENVIPACT dispose d'un domaine de 100 hectares à 15 km de Toulouse, comptant des forêts, des étangs (en cours de creusement) et une exploitation agricole.

Actuellement depuis avril 81, 2 expérimentations ont démarré :

- "Fabrication d'un aérogénérateur à partir de pièces de récupération de l'aéronautique" en collaboration avec l'ENSEEIH.
- "Faisabilité de l'élevage d'écrevisses allochtones dans des lacs collinaires et gravières de Midi Pyrénées".

(Novembre 1981)

# TSINJOEZAKA - CAPR

CENTRE DE FORMATION DE CADRES  
MALAGASY POUR UN DÉVELOPPEMENT  
RURAL INTÉGRÉ  
B.P. 40 FIANARANTSOA  
M A L A G A S Y

## ORGANISMES

REPUBLIQUE MALGACHE

TSINJOEZAKA / CAPR

## CLASSIFICATION

*Fiche R.I. 32*  
*Fascicule N°24*

Tsinjoezaka ("qui porte son effort en avant") est un organisme dont la démarche permanente est l'adaptation progressive aux besoins du paysannat malgache. Il cherche à appliquer au sein des collectivités villageoises des principes généralement reconnus indispensables à tout processus de développement.

## HISTORIQUE

L'expérience du Tsinjoezaka a commencé en 1963 dans la province de Fianarantsoa, à 400 km au sud de Antananarivo (ex. Tananarive) avec la création du Centre Artisanal de Promotion Rurale (C.A.P.R.). Le but de ce centre était de promouvoir un artisanat de service pour les besoins villageois et d'appuyer les opérations agricoles par la fabrication, l'entretien et la réparation du matériel aratoire.

En 1965, la formation des artisans était élargie à celle de Moniteurs ruraux préparés à l'artisanat et à l'agriculture pour la vulgarisation, d'un enseignement artisanal et agricole en milieu rural.

En 1968, la nécessité d'ouvrir plus encore les apprentis aux réalités rurales et de leur donner l'occasion d'appliquer plus souvent leurs connaissances sur le terrain donnait naissance à une institution originale : des "équipes jeunesse de Développement" (groupes mixtes encadrés par des formateurs du Centre) au service des collectivités rurales.

Un village communautaire AMBOHIMIEZAKA (cité de l'effort) sous la responsabilité du Centre, naissait aussi en 1968 du désir d'accueillir, des apprentis en plus grand nombre et de les préparer à la vie communautaire.

A partir de 1971, le Centre s'est ouvert à l'enseignement féminin : formation de monitrices, suivant avec les garçons les cours de formation rurale.

Il importait de procéder à la vulgarisation des cours, c'est pourquoi le personnel d'encadrement constitua alors un département "Publication" pour réviser et diffuser les travaux du moment, pour procéder à l'élaboration de nouveaux ouvrages et pour mener à bien la constitution d'un matériel pédagogique audio-visuel en cours pour l'éveil et la formation technique des apprentis et des populations villageoises.

En mars 1976 à la demande du ministère du Développement Rural et de la Réforme Agraire et du Fonds Européen de Développement le Tsinjozaka a constitué un groupe spécialisé, VONJY EZAKA (Aide à l'effort), composé de 9 membres formés au Centre, chargé du développement global d'une zone rurale déjà concernée par une opération théicole mal intégrée, à Sahambavy à 25 km de Fianarantso - Cette opération originale de développement rural intégré est aujourd'hui bien connue à Madagascar sous le nom d'Opération Régionale de Développement Economique et Social (OREDES - Sahambavy)

#### ACTIVITES DU TSINJOEZAKA EN 1978

Le Tsinjozaka se présente globalement comme un Centre d'intervention pédagogique et technique pour un développement rural intégré - ses activités se regroupent en 5 secteurs distincts :

- 1) "KAROKA EZAKA" - Recherches pédagogiques et technologiques
- 2) "TSINJOEZAKA - CAPR" - Formation rurale et technique d'éléments masculins et féminins
  - en artisanat rural polyvalent et en agriculture d'une part ;
  - en arts ménagers, en agriculture et en artisanat féminin d'autre part .Elle prépare aux états de vie active en campagne dans l'optique d'un service communautaire multiforme :

Artisans-agriculteurs-animateurs	Monitrices-animatrices d'enseignement
Moniteurs en artisanat	féminin
Animateurs de zone polyvalents	Animatrices rurales polyvalentes
- 3) "AMPERIN'EZAKA" (Hommes à l'Action) Soutien des anciens et des anciennes du Tsinjozaka au travail dans leur milieu et regroupés en Association.
- 4) "VONJY EZAKA"
  - Action directe en milieu rural pour l'éveil, la formation et l'appui technique
  - en permanence par une équipe spécialisée (Vonjy Ezaka)
  - et périodiquement par groupes de stagiaires (Equipes Jeunesse)
- 5) "TATITRA EZAKA"
  - Elaboration et Publication de documents de formation générale, humaine et technique
  - en langue malagasy pour Madagascar
  - en langue française pour d'autres pays intéressés.

#### REDEFINITION ACTUELLE DU PROGRAMME D'ACTION :

A partir de 1978, certaines contraintes extérieures à son système éducatif ont conduit le Centre à relativiser l'importance de son objectif initial (artisanat rural) et en 1979 à s'appliquer plus résolument à la préparation de cadres pour la formation rurale de base et l'appui technique des collectivités villageoises : en effet, loin de devoir répondre à de plus nombreuses demandes, les artisans formés au Centre ont connu le contrecoup d'une agriculture en stagnation : peu de demandes, pouvoir d'achat s'amenuisant...

C'est pourquoi une nouvelle redéfinition des besoins a conduit le Centre à travailler pour un développement rural intégré.

La pratique des sessions d'éveil en brousse et plus encore l'intervention permanente de son équipe (VONJY EZAKA) d'animation et d'appui technique dans l'Opération Régionale de Développement Economique et Social (OREDES - Sahambavy)



ont révélé :

- quel niveau de compétences les cadres devaient atteindre,
- la nature et l'importance du matériel pédagogique nécessaire.

#### Formation des cadres ruraux

Il doit s'agir :

- d'artisans polyvalents de métier ou ménagères-artisanes,
- mieux préparés aux responsabilités multiformes,
  - . plus au fait des problèmes de développement,
  - . mieux initiés aux sciences et aux techniques agricoles.

Le programme d'enseignement restait le même (voir page suivante), mais l'importance relative des matières enseignées réclame un nouvel ajustement.

#### Recherches pédagogiques et techniques

Elles sont appliquées en priorité à l'élaboration d'un matériel de formation de base :

- pour l'enseignement au Centre
- pour le service dans ses zones d'action
- pour sa vulgarisation à Madagascar et en Afrique

Les divers autres secteurs d'activité du Centre ne suspendent pas leurs recherches dans leurs domaines respectifs : artisanat, promotion féminine... mais ils doivent patienter pour ce qui concerne la présentation de leurs travaux par l'équipe de rédaction, au bénéfice de publications prioritaires. (dans le domaine agricole principalement).

L'aide apportée par la Fondation Konrad Adenauer permet de mener à bien la réalisation d'un matériel de première nécessité.

Par ailleurs, le centre a cherché à fournir à quelques uns de ses responsables autochtones un complément de formation d'un certain niveau pour la gestion du personnel, la gestion financière et la maîtrise des objectifs et des moyens pédagogiques définis.

Il faut signaler enfin qu'en 1982, grâce à un co-financement, ministère de la Coopération - CFCMCF - GRET seront reproduites et diffusées 28 séries de montage diapos avec commentaire sur le maraîchage à Madagascar. Ces montages seront disponibles au Centre.

#### PROGRAMMES

A titre d'exemple, le programme des cours et activités de formation générale (1ère année) comprend :

##### A. Enseignement technique

###### ● Formation artisanale polyvalente

(Travaux d'atelier, Technologie. Dessin industriel)

- Bâtiment : construction, menuiserie de bâtiment, mobilier, équipement ménager ;
- Outillage artisanal de façonnage : équipement pour le travail manuel d'un artisan rural polyvalent ;
- Matériel agricole : fabrication, entretien, réparation ;
- Travaux d'aménagement : ponts, adduction d'eau...
- Entretien-Réparation : outillage, machines à coudre, vélos...

- Travaux d'application en campagne (stages complémentaires)

● Formation agricole (Cours théoriques et travaux d'exploitation)

- Mise en valeur des sols - Cultures de plein champ.
- Riziculture - Jardinage.
- Elevage.

B. Enseignement général et formation humaine

- Education personnelle, familiale, sociale ;
- Démystification de la nature (introduction aux sciences agricoles, alimentaires, sanitaires et techniques)
- Connaissance du monde et Développement national (Géographie, Histoire, Sociologie, Enquête de milieu)
- Economie générale et domestique. Comptabilité-Gestion d'atelier et d'exploitation agricole.
- Mathématiques.
- Expression orale et écrite : correspondance, rapports, compte-rendus d'émissions radio et d'articles de presse, exposés en public.
- Hygiène alimentaire, cuisine, puériculture, soins et secourisme.

C. Formation pédagogique à l'enseignement technique et à l'animation villageoise

- Notions de pédagogie.
- Ecriture et dessin au tableau
- Confection d'affiches - Présentation d'expositions - Maquettes...
- Travaux d'applications :
  - . sessions d'animation villageoise pour tous
  - . stages d'enseignement artisanal pour les futurs moniteurs.

# NERD

NATIONAL ENGINEERING RESEARCH  
AND DEVELOPMENT CENTRE OF  
SRI LANKA  
EKALA, JAELA  
SRI LANKA

ORGANISME

SRI LANKA

NERD - CENTRE

CLASSIFICATION

*Fiche R.I. 33  
Fascicule N°24*

Le Centre NERD de SRI LANKA a été créé en 1974. Initialement situé dans la capitale, le Centre a déménagé en 1978 à Ekala afin de disposer des ateliers et laboratoires de base nécessaires à son action. Le directeur du Centre depuis 1977 est Dr. A.M.S. Kulasinghe.

## OBJECTIFS DU CENTRE

- 1 - Fournir la base institutionnelle nécessaire au développement progressif de la technologie autochtone, en encourageant la création et l'innovation technologique à Sri Lanka.
- 2- Aider à la coordination de la recherche technologique de différents secteurs publics et privés dans l'industrie et dans les services pour faire aboutir cette recherche à des résultats concrets.
- 3- Assurer l'adoption et l'adaptation des technologies compatibles avec le niveau de ressources et de développement du pays et avec les objectifs de la planification nationale.
- 4- Etudier les mécanismes de transferts de technologie, qu'ils soient directs ou non, et conseiller, à la demande, institutions publiques et privées sur ce sujet.
- 5- Promouvoir l'utilisation optimale des ressources humaines et physiques du pays, en favorisant le développement des technologies appropriées.
- 6- Concevoir, fabriquer et tester des prototypes de machines, d'usines pilotes répondant à la demande de l'industrie, du commerce et des autres secteurs.
- 7- Fournir un contrôle permanent de données techniques et de documentation relatives à la recherche et à l'innovation grâce à une coopération avec les organisations nationales et internationales.
- 8- Fournir des services suivis de conseil et d'assistance aux entreprises du secteur privé et public, entreprendre la recherche et promouvoir des activités de formation pour augmenter les capacités de recherche et d'innovation du pays.

## CHAMP D'ACTIVITES

### 1. Génie mécanique

- Usines de traitement
- Machines et Equipement

### 2. Energie

- Utilisation de l'énergie solaire : basse température (par exemple préchauffeurs d'eau, séchoirs, distillateurs) - haute température (par exemple chauffe-eau, fours), étang solaire etc...
- Utilisation de l'énergie éolienne : Eolienne à axe horizontal (exemple l'éolienne à roue de bicyclette), et à axe vertical (Darrieus et Savonius)
- Micro-centrale hydraulique
- Conversion de l'énergie thermique de l'Océan - études de faisabilité
- Digesteurs à bio-gaz : type Indien, gazomètre fait en ciment renforcé avec des fibres végétales.
- Méthanisation des déchets organiques
- Générateurs de force motrice non conventionnels
- Systèmes de récupération de chaleur.

### 3. Transport

- Vulgarisation de charrettes à traction animale pour transport des marchandises (à l'aide d'1 boeuf ou d'une paire de boeufs) et des personnes.
- Véhicules électriques : bicyclette électrique, voiture, trolley-bus électriques.

### 4- Electricité - Electronique

- Chargeurs à batterie
- Systèmes de fer de circulation pour le passage des piétons
- Emetteurs-récepteur à haute fréquence (U.H.F)
- Approvisionnement en eau automatique à niveau constant.
- Interphones de bureau
- Tachymètre électronique
- Transformateurs-convertisseurs électriques

### 5- Chimie

- Utilisation de son de paddy pour le ciment, etc...
- Peintures, vernis etc...

### 6- Construction

- Utilisation de "Kohutex", ferro-ciment.
- Utilisation de bois stratifiés pour la construction
- Construction de bâtiments à faible coût

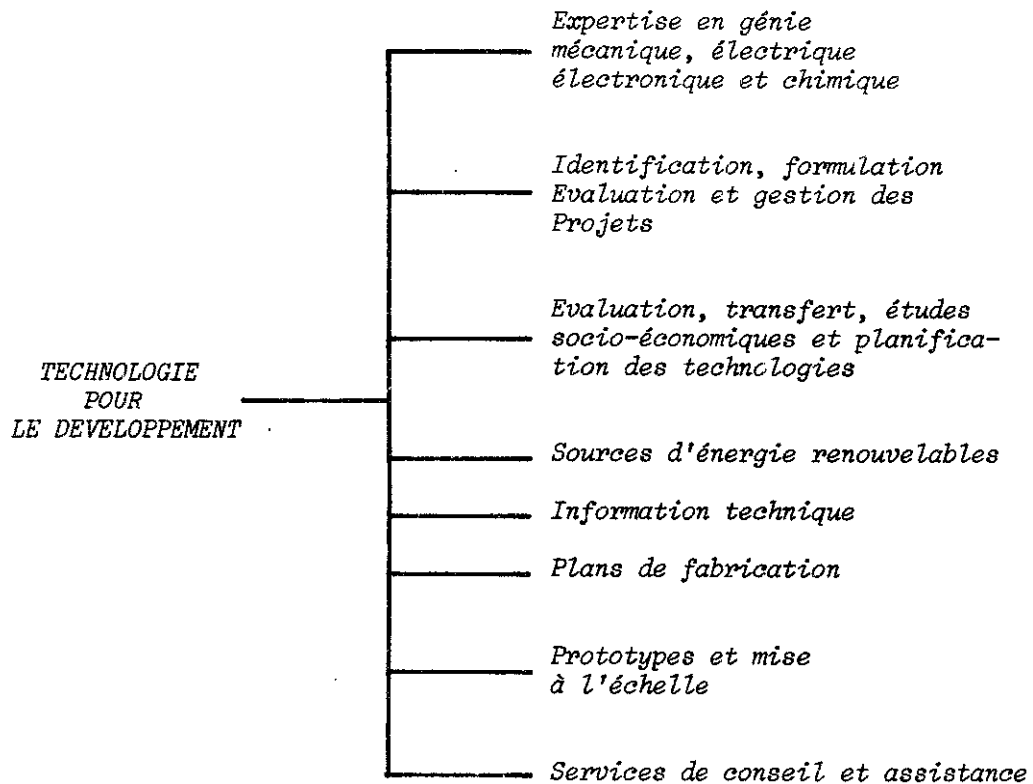
7- Agriculture

- Séchoirs
- Systèmes de stockage
- Outillage et machines agricoles

8- Techno-Economie

- Evaluations techno-économiques
- Etudes de faisabilité (rapports de projets)
- Planning et étude de marché pour l'innovation technique.

9- Services d'assistance et de conseil



# G.R.E.T.

GROUPE DE RECHERCHE ET D'ÉCHANGES TECHNOLOGIQUES  
34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél : 502.10.10

CONSTRUCTEURS/THEME

FRANCE

Matériel d'irrigation  
au goutte à goutte

CLASSIFICATION

Fiche R. IV. 16  
Fascicule N°24

*Les constructeurs et distributeurs de matériels sont do iés par ordre  
alphabétique :*

NOM DE LA SOCIETE	MATERIEL FABRIQUE	ADRESSE	TEL.
AGROTUB	Rampes Agrodrip, Filtres Arkal, Régulateurs Braukmann	La Grillatie, Blaye-les-Mines, 81 400 Carmeaux	(63)76.75. 30.
AGROTEC-REED	Gaines Biw all, Goutteurs P 34, Key Clip, Key Emitter, Filtres Cameron, Agrotec, Fertiliseurs Agrotec	Avenue Louis-Armand, Zone Industrielle, 13290 Milles	(42)26.59. 98
ARMOSIG	Tuyaux, raccords	Elysée 2, B.P. N° 2, 78170 La Celle-Saint-Cloud.	(1)969-90- 00.
CHABAS	Goutteurs Stalax, Raccords Alprène	Route nationale, Quartier des Plaines, Charleval 13640 La Roque-d'Entheron.	(91)28.41. 73.
CONTINENTAL HYDRAULIC CORP S.A.	Goutteur auto-régulant Turboflow	1, Chemin des Combes 06600 Antibes.	(93)33.44. 54.
CONTINENTAL IRRIGATION	Goutteurs 4 sorties	R.N. 20, Cercottes, 45400 Fleury-les-Aubrais	(38)80.18. 57.
CUNO	Filtres cf Gazéchim	Les Attaques, 62730 Marck.	(21)34.77. 44.
DECAT	Capillaires	8 Allée d'Issy, 92130 Issy-les-Moulineaux	(1)642.96. 74
DELAVAN	Vannes, régulateurs, pompes	12, avenue du 8-Mai-45, 95200 Sarcelles	(1)992.17. 02

DESBORDES	Régulateurs de pression	56, rue Massenat, 69006 Lyon	(78)52.29. 46
DITAM : M.I.N.	Microjets, programmation filtres auto-nettoyants Filtomat.	82000 Montauban	(63)03.28. 05
EDIL :	Automatismes. Goutteurs Banias. Diffuseurs Ein Tal	145, avenue du Bouchet, 74130 Bonneville	(50)97.20. 74
E.P.L.	Doseurs d'engrais Lesaint, Capillaires	12, rue de Mailly 78450 Villepreux	(1)056.21. 16.
ERAM/PROFILES:	Tuyaux cf Eria	B.P. N° 10, 49110 Saint- Pierre-Montlimar	(41)63.20. 07
ERIA	Capillaires et tuyaux	67, rue des Ponts-de-Cé, 49 000 Angers	(41)66.64. 13 66.70.58
ETERNIT : Divi- sion/canalisa- tion	Tuyaux	B.P. N°26, 78510 Triel-sur- Seine	(1)974.56. 78
EUROFILTRÉS	Capillaires, Filtres à net- toyage semi-automatique et automatique. Fertilisateurs	57, rue du Professeur-Lange- vin, B.P. N° 202, 51321 Epernay Cedex	(26)51.55. 44
GAZECHIM	Filtres Cuno. Séparateurs Lakos	15, rue Henri-Brisson 34504 Béziers Cedex	(67)76.53. 72.
GROS	Goutteurs, filtres, régula- teurs, automatisation (Ma- tériel Nétafim, Bermad et Arad).	674 avenue Jean-Moulin, 82000 Montauban	(63)03.18. 72
GRUNDFOS	Pompes	Route de Faulquemont, 57740 Longeville-les-Saint- Avold	(87)92.56. 65
GUINARD	Pompes	179 boulevard Saint-Denis 92400 Courbevoie	(1)788.50. 52
HARMSCO	Filtres à cartouche	36, rue Villeneuve 13001 Marseille	(91)62.62. 62
IRRIFRANCE	Goutteurs Gana, Vortex, Plastif. Diffuseurs Midjet Gaines Chapin, Automatisation Bermad. Filtres Irrifrance. Régulateurs Volga	34240 Paulhan.	(67)98.18. 64 98.01.62
JARMASSON	Engrais solubles. Hortal, Mairol	route d'Avignon, 13150 Tarascon	(90)91.09. 54
JOHNS MANVILLE FRANCE	Programmation électronique Electrovannes	9-11, rue du Colonel-de-Ro- quebrune, 92505 Rueil-Mal- maison	(1)749.13. 33
KULKER	Goutteurs Netafim ligne, bouton, auto-régulant, filtres, régulateurs, auto- matismes Bermad et Arad.	route d'Orléans, 45600 Sully-sur-Loire	(38)35.23. 03

LAULANIE-JOLIVET	Goutteurs Lego, ligne, dérivation	67, route de Paris, B.P. 31140 Aucambille	(61)70.07. 13
LEROY-SOMER	Pompes	boulevard Marcellin-Leroy B.P. 119, 16004 Angoulême Cedex	(45)92.92. 11
MAROGER	Pompes	23, rue Saint-Gilles, B.P. 11, 30011 Nîmes	(66)67.28. 77
MERIDIONALE DES PLASTIQUES	Tuyaux, Gaine Chapin	Zone Industrielle des Paluds 13400 Aubagne	(42)82.16. 09
MILGOUTT	Goutteurs punaise	rue de la Californie, Zone Industrielle, B.P. 54, 74103 Annemasse Cedex	(50)37.20. 18
M.P.A.	Tuyaux, raccords, capil- laires, filtres automa-	route d'Arles, 30800 Saint- Gilles	(66)87.31. 83
PAGES	Goutteurs. Bantias, Tirosh, Plastif.	rue Claude-Gonin, 31 000 Toulouse	(61)80.92. 03
PLUIDOR	Goutteurs, filtres, ferti- liseurs.	31, rue J.-Desmars, 4260	(40)72.30. 43
P.M.S.O. : P.U.M.	Capillaire, goutteurs, filtres, raccords, tuyaux	Station service irrigation Z.I. 33210 Langon	(56)63.06. 90
PONT-A-MOUSSON	Tuyaux	91, avenue de la Libération 54017 Nancy Cedex	(28)96.81. 21
PORTUBE	Rampes poreuses	45, boulevard Vauban, 59 000 Lille	(20)57.05. 54 57.50.31.
PRADEL	Firmin	5, chemin de la Treille 49000 Angers	(54)66.48. 88
RAIN-BIRD	Goutteurs, vannes, program- mation	Zone Industrielle, 13290 Les Milles	(91)26.54. 61
SALINGE	Régulateurs de pression Volga	86, boulevard Yves-Farges 69007 Lyon	(78)72.79. 50
SEDIC	Tuyaux, raccords, vannes	17, Grande-Rue, 60580 Coye-La-Forêt	(1)458.67. 75 63.86,60.92
SEDITAM	Goutteurs Eternomatic. Diffuseur Novojet	Paulhac, Cedex 1579, 31380 Montastruc-La-Conseil- lère	(61)84.23. 21
SIDAP	Filtres Arkal, Bermad, Amiad, Plastro ; Ferti- liseurs Plastro ; Goutteurs Tirosh, Plastif. Doseurs d'engrais TMB, Amiad ; Gaines Twin wall, Sid. Dif- fuseurs Ein Tall, Naan. Au- tomatismes Bermad. Raccords Plasson, Plastro, Plastiran	32, place Saint-Georges, 75442 Paris Cedex 12.	(1)878.61. 50



SIEBEC	Filtres	8, rue Guy-Mocquet, 38600 Fontaine-France	(76)96.11.04
SOLO REX	Temporisation	7, place de la Gare 57200 Sarreguemines	(87)98.48.32
SOVASER	Vannes	02000 Clacy et Thierret	(23)23.33.04
SYDEC	Automatisme Demeter	B.P.80, 6, rue Basile 84 000 Avignon	(90)86.65.36
VALDUCCI SPA	Système Irrisor	Via Emilia 992, 47032 Bertinord (FO) Italie	(0543) 448460

4

# GRET . GERES

34, rue Dumont d'Urville, 75116 PARIS - Tél. : 502.10.10

A la demande :

du COMMISSARIAT A L'ENERGIE SOLAIRE  
et du MINISTERE DE LA COOPERATION  
ET DU DEVELOPPEMENT

Prototype ou essai	
Expérimentation large	
Utilisation courante	

## ETUDE DE CAS

Le système chinois de biomé-  
thanisation et son adaptation  
au Kenya

## CLASSIFICATION

Fiche C3  
Fascicule N° 24

## ORIGINE

Le biogas s'est bien développé en Chine en partie parce que les conditions sociales, économiques, climatiques étaient à l'origine favorables.

Ces considérations sont extraites et adaptées d'un article de Ariane VAN BUREN : "The Chinese development of biogas and its applicability to east Africa", (Energy and environment in east Africa, Nairobi, March 1980, document UNDP). Elles illustrent les difficultés et les écueils inhérents aux processus de transfert de technologie.

Le principe du système chinois de biométhanisation est bien connu ; pour plus de détail on pourra se référer aux fiches publiées dans cette même collection.

## COMPLEMENTS D'INFORMATION

D. THERY, "Nouvelles de l'Ecodéveloppement", N° 18  
54, Boulevard Raspail - Bureau 309  
75270 PARIS Cedex 06

Sur le système chinois de biométhanisation :

- Fiche T 459 et T 460 à 463
- I.T.D.G., A Chinese Biogas Manual, Translated from the chinese by Michael CROOK and edited by Ariane Van Buren - 1979.
- ENDA/GRET, Manuel du Biogaz chinois, traduction française 1981, disponible au GRET

## L'ENVIRONNEMENT DU MODELE CHINOIS

En Chine, l'implantation et le développement de systèmes de biométhanisation s'est faite dans un environnement favorable. Parmi les facteurs de bonne adaptation il faut noter :

### a) Structures foncières et population :

Toutes les terres appartiennent à la collectivité (à l'exception des petits jardins). Toutes les terres communales sont cultivées. Sur ces terres la population est très dense, sédentarisée et socialement très structurée et très stable. Il n'y a pas d'autre option que l'intérêt commun. Aussi les ressources peuvent elles être bien localisées, connues et exploitées à leur maximum.

### b) Le fumier :

Le fumier est disponible en grande quantité ; il est réellement accessible. Ainsi, de nombreux cochons sont élevés dans des enclos ; ils sont surnommés "petites usines à fertilisant". Bien adaptés à ce type d'élevage, ils se nourrissent de déchets végétaux variés.

### c) Les excréments humains

Il y a en Chine une longue tradition d'utilisation des excréments humains en agriculture. Leur introduction dans un puits de fermentation ne va donc pas à l'encontre de tabous sociaux. Ce procédé sert à briser les cycles épidémiques des maladies véhiculées par l'eau.

### d) Climat et géographie :

En Chine, le climat et la géographie sont dans l'ensemble relativement favorables à la production de biogaz, comme le prouve la production naturelle de gaz des marais. Dans le Sud tropical, se trouvent, en effet, une végétation abondante toute l'année, des réserves d'eau importantes et une température ambiante élevée.

### e) Construction et entretien :

Le degré élevé d'organisation dans la Chine rurale permet l'obtention aisée de matériel et de matériaux. L'existence d'un financement collectif, d'une planification centrale et d'une discipline politique facilitent en effet considérablement la construction et l'entretien d'un digesteur.

Enfin, la pratique traditionnelle de la collecte des déchets et le souhait de l'intérêt commun contribuent favorablement au bon fonctionnement du digesteur collectif.

## L'ENVIRONNEMENT AU KENYA

La plupart des facteurs favorisant le développement de la biométhanisation en Chine ne se retrouvent hélas pas au Kenya.

### a) Structure foncière et population :

La population rurale n'a pas la structure très organisée et hiérarchisée des communes chinoises ; de plus elle est très dispersée sur de vastes territoires. Environ 80 % de la population kenyenne vit sur des propriétés de 2 à 3 has. Les revenus annuels sont faibles et la capacité d'investissement est extrêmement réduite.

b) Le fumier :

Le bétail est peu important par exploitation, ce qui est dû au manque de fourrage et parfois de main d'oeuvre. Toutefois, la quantité de fumier récolté semblerait suffisante pour une production de biogaz (parquage nocturne des animaux dans la plupart des régions du Centre). Mais par ailleurs, l'action microbienne commence avant d'arriver au digesteur ; elle ne permet donc pas d'avoir de bons rendements. Avec le déficit de main d'oeuvre voici deux obstacles majeurs au développement de la biométhanisation.

c) Les excréments humains :

Au Kenya, l'utilisation des excréments humains n'est pas pratiquée en agriculture. Des difficultés insurmontables pourraient surgir si on l'envisageait pour la production de biogaz. Toutefois, il ne faut pas s'arrêter trop sur ce facteur car l'utilisation des déchets humains n'est pas d'un apport essentiel pour le biogaz. De plus au Kenya, les cycles des maladies véhiculées par l'eau ne posent pas un problème aussi crucial qu'en Chine.

d) Climat et géographie :

Dans un climat semi-aride, l'eau et les végétaux ne sont pas facilement disponibles.

e) Construction et entretien :

Les facilités qu'offre la structure de vie collective de la Chine ne se retrouvent pas. Le manque de main d'oeuvre qualifiée pose le problème du bon fonctionnement des digesteurs ; l'indisponibilité de matériels nécessaires à l'entretien et aux réparations, due à des défauts d'approvisionnement du marché... voici des problèmes qui, sur le terrain, seront très difficiles à résoudre.

QUE CONCLURE ?

*"La Chine a démontré le potentiel indubitable du biogaz. L'attrait d'un programme similaire au Kenya s'impose, mais les circonstances sont différentes et les problèmes ne sont pas seulement techniques et économiques mais aussi sociaux. Il est essentiel d'intégrer la production de biogaz dans les modèles traditionnels d'exploitations agricoles de façon à ce que les résidus soient les intrants de la méthanisation et que la boue produite soit utilisée comme fertilisant. Si ces deux systèmes ne vont pas de pair, peu importe le perfectionnement de la technique au Kenya, un programme 'biogaz' ne survivra pas".*

Ariane VAN BUREN

*Tout transfert de technologie n'est pas simplement un problème de mise au point technique, il nécessite toute une prise en compte de l'écosystème dans lequel cette technologie devra prendre place, et une réflexion préalable à un niveau plus vaste du développement.*