

La journée annuelle technico-économique des plantes à parfum, aromatiques et médicinales bio 9 octobre 2008 dans le Puy de Dôme

LE SECHAGE

Cette journée a accueilli plus de 60 professionnels de la filière (producteurs, techniciens, entreprises, formateurs, stagiaires...) venus de toute la France.



Pour nous parler du séchage des ppam, différents professionnels sont intervenus.

✓ **Les généralités sur le séchage par Bert Candaele (CRIEPPAM)**

Définition du séchage : le séchage consiste à extraire l'eau contenue dans la plante. Généralement, le séchage se fait par évaporation de l'eau de la plante dans l'air. L'eau de la plante est évaporée et l'air se charge de cette même quantité d'eau.

Le séchage fait intervenir à la fois des transferts de matière (eau), et aussi des transferts d'énergie (chaleur). Ces échanges ont lieu du fait des écarts de température et d'humidité à la périphérie du produit.

Approche théorique

- Les notions d'échange air / plante.

L'eau, pour être évaporée nécessite de l'énergie, cette énergie est apportée par l'air.

L'énergie contenue dans l'air est convertie en évaporation, donc l'air se refroidit en même temps qu'il se charge en eau.

L'évaporation se produit à cause d'un déséquilibre entre l'eau et l'air à la surface de la plante.

- Séchage par ventilation

La ventilation permet de renouveler l'air qui se sature en eau. L'air ventilé apporte l'énergie nécessaire et évacue l'eau sous forme de vapeur d'eau (invisible).

- La caractérisation des plantes

Le taux d'humidité, exprimé en %, est le rapport entre la masse d'eau totale contenue dans la plante, et la masse totale initiale.

L'eau dans la plante se situe dans les cellules, jusqu'au cœur de la plante. L'eau doit donc migrer à la surface de la plante pour pouvoir être évaporée. Il existe des forces superficielles de capillarité qui retiennent l'eau, elles sont très faibles tant que l'eau est abondante, elles deviennent de plus en plus fortes au fur et à mesure que la disponibilité de l'eau diminue. Ces forces sont d'autant plus élevées que les pores sont petits.

Un produit est dit sec quand il est stabilisé dans l'air et qu'il ne risque plus aucune dégradation. Généralement, cela correspond à un taux d'humidité autour de 12 %.

Les plantes sont dites hygroscopiques. Cela signifie que pour une plante sèche, il s'établit un équilibre entre l'air ambiant et le taux d'humidité de la plante. Le taux d'humidité d'une plante en équilibre avec l'air varie donc en fonction de l'air.

Attention : une plante stabilisée peut reprendre de l'eau de façon réversible, et donc ne plus être stable (développement de moisissures...).

→ **Attention aux conditions de stockage et aux caractéristiques de l'air ambiant après séchage.**

- La caractérisation de l'air

L'air est composé d'air sec et de vapeur d'eau. L'air est caractérisé par sa température (T°C) et son taux d'humidité relative (HR%).

Le **taux d'humidité relative** est le pourcentage de vapeur d'eau contenu dans un m³ d'air par rapport au maximum que ce même m³ pourrait contenir à cette température.

L'**humidité absolue**, est la quantité totale de vapeur contenue dans l'air, elle peut s'exprimer en g/m³.

Exemple :

- L'air à 20°C et à 60 % d'humidité relative contient 10,5 g/m³ de vapeur d'eau.
- L'air à 35°C et à 60 % d'humidité relative contient 24 g/m³ de vapeur d'eau.

Lorsque l'air est réchauffé, l'humidité absolue ne varie pas, mais l'humidité relative diminue.

- Les phases de séchage rencontrées

- Phase d'évaporation rapide
- Phase d'évaporation lente, liée soit aux caractéristiques de l'air, soit aux caractéristiques de la plante.
- Phase d'évaporation négative.
- Phase de mise en température.

En théorie la phase de mise en température précède l'évaporation. En pratique la température extérieure n'est jamais fixe, la mise en température est donc permanente, même en cas de réchauffage. Le produit est toujours en train de se refroidir ou de se réchauffer.

- La progression du séchage

Le séchage progresse de l'arrivée d'air vers la sortie. Généralement le séchage progresse donc du bas vers le haut.

Les différentes zones :

- Zone sèche.
- Zone d'échange.
- Zone où le séchage n'a pas commencé. Dans la pratique, on fera en sorte d'éviter d'avoir une telle zone.

Les différentes zones peuvent être dans des phases différentes. Ex: le bas se ré humidifie alors que le haut sèche.

Les différents matériels et leur dimensionnement

- Les ventilateurs

Caractérisation :

- Débit en m^3/h .
- Pression statique et dynamique, en mmCE, millimètres de colonne d'eau.
- Puissance électrique en kW.
- La courbe caractéristique.
- Le point de fonctionnement : il varie tout au long du séchage.

Les différents types :

- Ventilateur hélicoïde.
- Ventilateur centrifuge.
- Variateurs de vitesse.

- Le dimensionnement du ventilateur

La pression p nécessaire : généralement 25 à 50mmCE. La perte de charge se calcule en fonction de l'état et du type de plante, de la hauteur, et de la vitesse de l'air.

Le débit D nécessaire à cette pression est de 300 à 1 000 m^3/h par m^2 selon l'avancement de séchage.

Le ventilateur sera dimensionné pour le débit maximal, un dispositif de variation de débit pourra être prévu.

- Les réchauffeurs

Rôle : le réchauffage de 1°C permet d'augmenter le pouvoir évaporant de $0,25 \text{ g}/\text{m}^3$ et d'abaisser l'humidité relative de 4 à 5 %.

Caractéristiques :

- La température optimale conseillée, la température maximale.
- Les énergies peuvent être le fuel, le gaz, le solaire, ou la biomasse.
- Notion de PCI, rendement thermique des différentes énergies.
- Comment comparer le coût des énergies.
- Présence d'un échangeur ou non (attention aux risques de pollution et d'incendie).

- Le dimensionnement du réchauffeur

- La puissance du réchauffeur est exprimée en kW.
- La puissance utile du réchauffeur nécessaire est fonction du débit d'air (D) et de l'échauffement souhaité (ΔT).
- Il faut $1,25 \text{ kJ}$ pour réchauffer 1 m^3 d'air de 1°C . Soit une puissance nécessaire de 17 kW pour réchauffer $10\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ de 5°C .
- Le fuel fournit $35\,000 \text{ kJ/l}$, le gaz propane fournit $46\,000 \text{ kJ/kg}$.

Conduite de séchage

- Récolter aux heures les plus chaudes (végétal le plus sec possible).
- En début de séchage, ventiler 24h/24 avec le maximum de débit. Ventilation avec air ambiant, sauf si nécessité d'une certaine température liée à la plante, ou nécessité d'aller très vite, mais même dans ce dernier cas, débit maximal.
- Après 36h de séchage, ne ventiler qu'aux meilleures heures de la journée, ou sinon réchauffer en permanence.
- En fin de séchage, réchauffage systématique, avec un débit d'air faible.
- Retourner le végétal permet d'améliorer l'efficacité de séchage.
- Ne pas confondre efficacité de séchage et vitesse de séchage.
- Bien respecter les températures maximales de séchage de chaque plante.
- Mesurer la vitesse de séchage et l'efficacité à l'aide de deux thermo hygromètres.
- Les effets de mise en température et restitution lors du réchauffage.
- Après réchauffage, il faut ventiler à froid pour récupérer cette énergie investie, sauf avant battage.

✓ Le séchage solaire par Sébastien Dufour (ADHUME)

L'Aduhme

L'Aduhme, **association pour un développement urbain harmonieux par la maîtrise de l'énergie**, est née d'une volonté conjointe de l'Europe, de la Ville de Clermont-Ferrand et de l'ADEME d'agir localement pour la **maîtrise de l'énergie**.

L'agence anime un réseau de partenaires techniques privilégiés avec lequel elle développe localement des projets sur le thème de l'utilisation rationnelle de l'énergie, du développement des énergies renouvelables et par extension du développement durable.

Quelques définitions

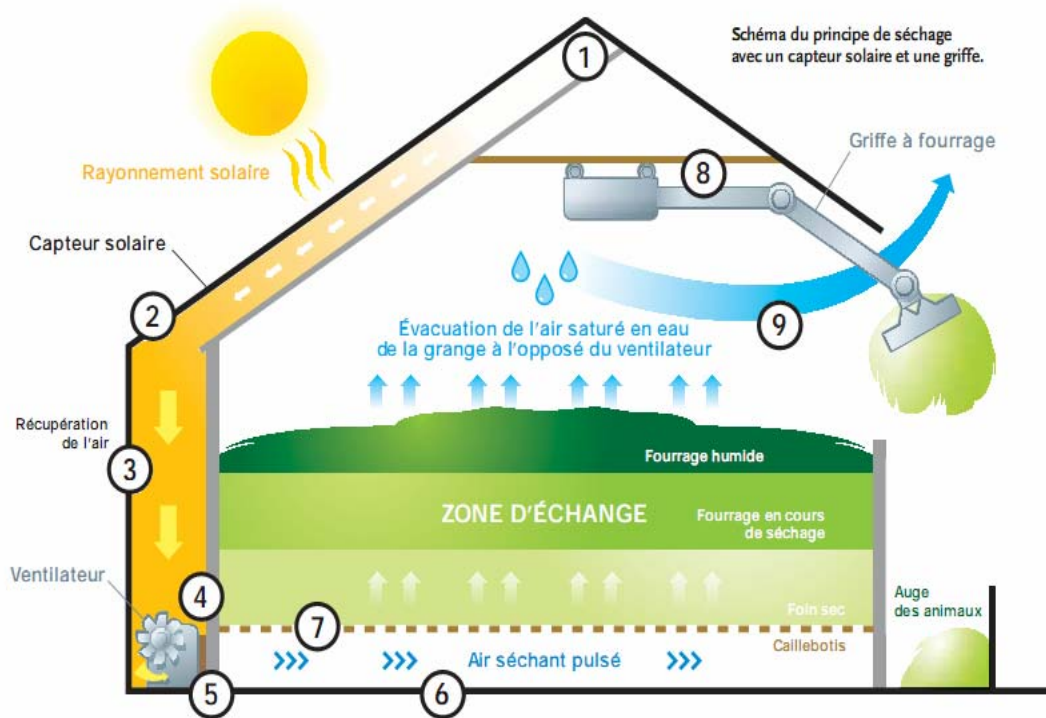
Les niveaux de rayonnement sont élevés lorsque le ciel est dégagé (ceci dépendant aussi de l'époque de l'année), et peuvent atteindre 800 à 1 000 W/m², tandis que, par temps très couvert, la surface ne reçoit plus que 200 W/m², voire moins.

L'irradiance solaire représente la puissance du rayonnement solaire par unité de surface. Elle s'exprime en W/m².

L'irradiation solaire représente l'énergie du rayonnement solaire sur un intervalle de temps déterminé. Elle s'exprime en J/m² et en kWh/m². Un jour de grand soleil estival, l'irradiation peut atteindre des valeurs de l'ordre de 7 kWh/m².

Les principes du séchage solaire

- Cette technique allie protection de l'environnement, maîtrise de l'énergie et utilisation d'une énergie renouvelable.
- L'énergie solaire est récupérée par des gaines sous toit puis ventilée à travers des caillebotis afin de sécher le matériel végétal.
- Le séchage solaire se base sur la capacité de l'air chaud à emmagasiner de l'humidité.
- L'air venant de l'extérieur circule sous la toiture qui capte les rayons solaires et chauffe l'air.
- Cet air chaud est transporté par une gaine de collecte jusqu'à un ventilateur qui l'envoie sous des caillebotis.
- L'air chaud va se charger en humidité et sécher le matériel végétal.



- 1 - Entrée d'air
- 2 - Capteur solaire
- 3 - Gains de récupération
- 4 - Ventilateur
- 5 - Divergent
- 6 - Gains ventilateur
- 7 - Caillebotis
- 8 - Griffe hydraulique à fourrage
- 9 - Sortie d'air chargée en eau

Le système de réchauffage comprend :

- L'aménagement des entrées d'air,
- La construction et l'isolation d'un caisson sous toiture,
- L'aménagement de la toiture (coloration foncée...),
- La construction et l'isolation de la gaine de collecte d'air chaud,
- La construction d'un caisson étanche pour raccorder la gaine au ventilateur.

Les installations pour récupérer l'énergie solaire se placent selon des inclinaisons et des orientations différentes lorsqu'elles ne disposent pas de moyens de mesure du rayonnement solaire. Pour cette raison, des procédés de calcul de l'irradiance et du rayonnement (énergie solaire au cours d'une période d'une heure, d'un jour, d'un mois, etc.) ont été développés à partir des valeurs mesurées, puis adaptés statistiquement à la surface horizontale.

En général, mieux vaut adapter les capteurs à la toiture de l'édifice correspondant. Si l'orientation et l'inclinaison de cette toiture ne sont pas optimales, des variantes d'orientation et d'inclinaison sont admises.

Dans les applications destinées à une consommation de préférence saisonnière, il faut envisager des inclinaisons adaptées à ces circonstances. Ainsi par exemple, dans un hôtel plus occupé l'été, les capteurs devront être moins inclinés ; s'il est plus occupé l'hiver, il faudra accroître l'inclinaison.

Chaque jour, le soleil décrit une trajectoire décrite par l'azimut et la hauteur. L'azimut et la hauteur des obstacles possibles se dressant devant une installation solaire déterminée sont

également à prendre en compte. Il faut déterminer les périodes de temps et les jours au cours desquels l'installation solaire ne recevra pas le rayonnement solaire direct.

Ne pas oublier que les arbres grandissent et qu'ils peuvent à plus ou moins long terme faire de l'ombre aux capteurs.

Les avantages du séchage solaire

- Economies d'énergie
- Bonnes conditions de séchage
- Technique permettant de réduire et maîtriser son impact sur l'environnement

✓ **L'adaptation des fours à tabacs pour le séchage des plantes par Philippe Gallotte (Iteipmai)**

L'Anitta (Association Nationale Interprofessionnelle Technique du Tabac) souhaite évaluer la possibilité de transférer la technologie de séchage du tabac blond à d'autres secteurs de la production végétale. Dans cet objectif, l'Anitta a pris contact avec l'iteipmai pour valider la faisabilité technique du séchage des plantes médicinales avec ce type de four.

Suite à la première phase visant à évaluer la fonctionnalité générale du séchoir à tabac, la seconde phase de l'étude s'attachera à optimiser le séchage par test de cycles de déshydratation (70°C, puis 40°C) que permettent les séchoirs à tabac blond. En effet, la possibilité de mettre en place des cycles de séchage à températures variables (attaque à température élevée) est intéressante sur le plan économique ; cette étude a pour finalité de valider économiquement l'intérêt des séchoirs "four à tabac" pour le séchage des plantes médicinales et des températures d'attaque élevées en début de séchage sans compromettre la qualité du produit sec.

Intérêt du four à tabac :

- Possibilité de recyclage de l'air
- Gestion des températures
- Réduction des coûts de séchage (aujourd'hui, 0,5 à 1 kg de gaz / kg de poids sec, 10 à 15 % du coût de production)
- Matériel disponible pour un coût abordable (1 500 à 2 000 euros pour une unité)
- Bien adapté aux petites structures

Inconvénients :

- Chargement
- Mal adapté aux grosses structures ?

- ✓ **Des exemples chez les producteurs : Vincent Segretain et Bernard Prévault présentent respectivement leur système de séchage, le déshumidificateur et le séchoir caisson.**

Après un buffet convivial « tout bio », la journée se poursuit par une visite de l'installation de séchage de Bernard Prévault (ferme ressource du Comité Bio).

Bernard Prévault dispose d'un séchoir caisson sous un tunnel à côté d'une serre. L'air chaud de la serre est ainsi utilisé comme source d'énergie pour sécher les plantes médicinales.



Caractéristiques de l'installation :

- Surface séchoir : 18 m²
- Ventilateur : 15 000 m³/h
5 kW
78 décibels
- Tunnel vert : 135 m²
- Serre de chauffe : 500 m²

Coûts de l'installation (en 2003) :

- Tunnel vert :	4 000 €
- Ventilateur :	1 500 €
- Variateur :	1 000 €
- Maçonnerie + matériaux :	1 500 €
- Main d'œuvre :	1 000 €
<u>TOTAL</u>	<u>9 000 €</u>

Les organisateurs de l'édition 2008 de la journée PPAM BIO tiennent à remercier l'ensemble des intervenants ainsi que tous les participants venus nombreux.