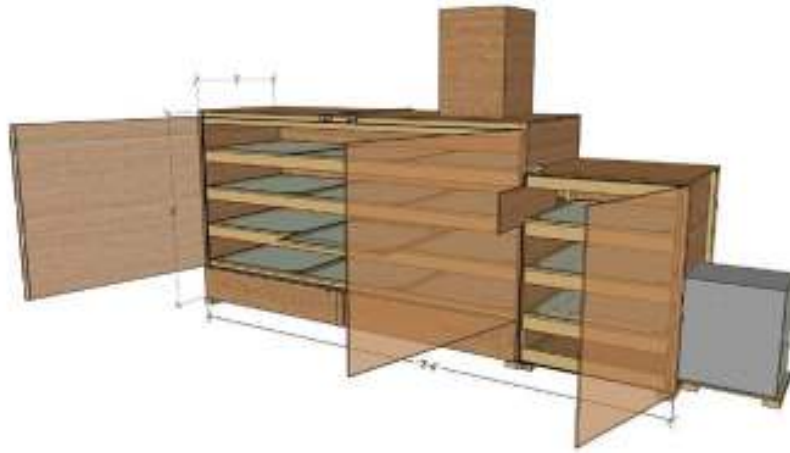


*SÉCHAGE DES PLANTES MÉDICINALES
À LA FERME
Documentation et plan d'un séchoir artisanal
Ressources et références*



*Coordination
Filière des plantes médicinales biologiques du Québec*

*Projet réalisé dans le cadre du
Programme de soutien
au développement de l'agriculture biologique
du ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec*

Janvier 2008

Le présent document a été produit sous la supervision de la Filière des plantes médicinales biologiques du Québec, dans le cadre du Programme de soutien au développement de l'agriculture biologique du MAPAQ.

Rédaction et recherche

Camille Dufresne, coordonnatrice de projets, FPMQ

Dessin technique

Luc Lemieux, technicien agricole, MAPAQ Estrie

Consultant et expert

Alain Gagnon, ingénieur, MAPAQ Estrie

Collaboration

Jacqueline et Simon Halde, producteurs agricoles, Ferme Halde, Saint-Mathias-sur-Richelieu

Révision technique

Christine Ouellet, agronome

Alain Rioux, consultant Groupe PGP inc.

Révision linguistique

Magali Blein, Mots de passe inc.

Utilisation du document

L'utilisation des données présentées dans le présent guide doit être adaptée à la situation de chaque entreprise au Québec. La Filière des plantes médicinales biologiques du Québec décline toute responsabilité sur le résultat ou les conséquences de la mise en pratique des renseignements contenus dans ce document.

La reproduction totale ou partielle de cet ouvrage, par quelque procédé que ce soit, tant électronique que mécanique, ou par photocopie, est permise à condition que la source soit indiquée.

La source des données doit être citée dans tous les documents et toutes les communications de la façon suivante :

Source : DUFRESNE, Camille (2008). Documentation d'une technologie simple pour le séchage de plantes médicinales à la ferme, Filière des plantes médicinales biologiques du Québec, Magog, 35 p.

Le document est disponible dans le site Web de la Filière à l'adresse suivante : <http://www.plantesmedicinales.qc.ca>

Dépôt légal

Bibliothèque nationale du Québec, janvier 2008

Table des matières

Introduction	4
But et présentation du document	4
Avertissement	5
Remerciements	5
La production de plantes médicinales au Québec	5
Chapitre I Séchoir artisanal pour plantes médicinales et aromatiques	6
1.1 Description du séchoir	6
1.2 Fonctionnement et principes d'utilisation.....	8
Chapitre II Construction du séchoir artisanal	13
2.1 Caractéristiques, plan et devis.....	13
Chapitre III Informations complémentaires sur le séchage	16
3.1 Guides techniques.....	16
3.2 Caractéristiques de plantes séchées.....	20
3.3 Données techniques de l'ITEIPMAI.....	21
Chapitre IV Ressources et références	26
4.1 Autres modèles de séchoirs.....	26
4.2 Autres technologies et projets de recherche.....	29
4.3 Entreprises qui commercialisent des équipements de séchage.....	31
4.4 Références.....	32
4.5 Personnes-ressources.....	35

Introduction

Ce projet s'inscrit dans la liste des actions prioritaires qui avaient été mentionnées dans le plan de développement stratégique 2000-2007 du secteur des plantes médicinales biologiques au Québec.

Le projet découle directement de l'axe 2 de ce plan stratégique sur le développement de la transformation. Il fait référence à la cible stratégique 1 de cet axe qui vise à *trouver des moyens d'assurer la première transformation des produits en regroupant l'expertise disponible quant aux séchoirs développés au Québec et ailleurs.*

Par ailleurs, la Filière des plantes médicinales biologiques a été interpellée à plusieurs reprises par des producteurs de plantes médicinales biologiques et des entreprises en démarrage qui souhaitaient se procurer ou construire un séchoir à plantes simple et peu coûteux, afin d'être en mesure d'effectuer un séchage qui réponde aux besoins des marchés.

Finalement, le projet a pu bénéficier de l'expérience d'une entreprise agricole qui a construit et utilisé avec succès un modèle de séchoir répondant aux besoins spécifiés précédemment. Au fil des ans, cette entreprise a également développé une expertise dans le domaine et les propriétaires ont accepté de partager le fruit de leur travail.

But et présentation du document

La publication du présent document a pour but de fournir l'information de base aux personnes qui désirent construire et utiliser un séchoir simple et peu coûteux pour sécher de petites quantités de plantes, de variétés différentes en même temps.

Le document comporte trois volets. Dans un premier temps, il présente un modèle de séchoir construit par une productrice agricole et la façon de l'utiliser en se basant sur l'expérience acquise au cours des années. La deuxième section présente le dessin technique et les spécifications pour la construction d'un séchoir du même type que celui qui fait l'objet de ce projet mais avec des améliorations apportées à la suite de consultations auprès de spécialistes.

Enfin, la troisième section présente un ensemble d'informations sur le séchage qui ont été recueillies grâce à une recherche documentaire et des rencontres avec différents intervenants et experts en la matière. Les lecteurs y trouveront des références, des projets de recherche et des données techniques sur le séchage qui seront utiles, nous le souhaitons, pour réaliser un projet de séchoir qui répondra adéquatement à leurs besoins.

Avertissement

Toute personne qui démarre un projet de production de plantes médicinales impliquant le séchage de plantes doit s'attendre à effectuer ses propres expériences et à développer une méthode qui convient à sa production. Un petit séchoir, comme celui qui est présenté, permet donc de faire des essais avec de petites quantités de plantes, sans pour autant exiger un investissement de départ trop important.

Les informations regroupées dans le document découlent de l'expérience personnelle d'une productrice et de l'utilisation précise que celle-ci souhaitait faire du séchoir. Elles ne constituent en aucun cas une théorie sur le séchage des plantes. De plus, le dessin technique qui est présenté comporte des modifications par rapport au séchoir qui a servi de base à ce projet. En effet, la collaboration avec des professionnels du MAPAQ en Estrie a permis d'améliorer la flexibilité du séchoir, mais surtout de rendre l'équipement conforme aux normes de sécurité.

Remerciements

La Filière tient à remercier chaleureusement Jacqueline et Simon Halde de la Ferme Halde pour leur étroite collaboration. Cette entreprise a accepté de partager son expertise de plus de sept ans dans le séchage des plantes médicinales et a consacré du temps précieux à nous accueillir et à répondre à nos questions.

Nous tenons à souligner la collaboration du MAPAQ Estrie, alors que Luc Lemieux, technicien agricole, a réalisé le plan du séchoir et que Alain Gagnon, ingénieur, appuyé par Sébastien Dupont de l'entreprise *Beaudin Le Prohon*, ont adapté le séchoir pour le rendre conforme aux normes de sécurité. Nous les remercions sincèrement.

La production de plantes médicinales au Québec

La culture des plantes médicinales est en émergence au Québec. On trouve actuellement quelques dizaines d'entreprises sous régie biologique et la production demeure toujours faible au regard des besoins des transformateurs et des distributeurs québécois qui doivent souvent s'approvisionner en grande partie dans d'autres pays.

Plusieurs observations sur le plan commercial confirment que les besoins du marché pour des plantes de qualité cultivées sous régie biologique sont en forte croissance. Pourtant, afin que les producteurs québécois puissent prendre la part du marché qui leur revient, ils doivent être en mesure de produire de façon rentable des volumes de plantes plus importants et d'assurer les opérations de conditionnement exigées par les acheteurs, que ces derniers soient manufacturiers, distributeurs ou courtiers. Étant donné les distances souvent importantes à parcourir entre le site de production et celui de la transformation, les producteurs doivent assurer au minimum le séchage des matières premières sur leur ferme. Cette opération délicate doit être effectuée avec les équipements et la technologie adéquats pour conserver les propriétés organoleptiques des plantes et respecter les standards de qualité exigés par l'industrie.

Chapitre I Séchoir artisanal pour plantes médicinales et aromatiques

1.1 Description du séchoir

Le séchoir décrit ci-dessous a été construit par une entreprise agricole à la suite de diverses expérimentations. Il s'agit d'un séchoir artisanal qui utilise des équipements et des matériaux simples et peu coûteux qui sont facilement disponibles sur le marché. Les détails de sa construction qui sont présentés avec les photos sont donnés à titre d'exemple seulement. Pour la construction d'un modèle similaire, il faut se référer au chapitre II du document et tenir compte des améliorations qui ont été apportées et des spécifications à respecter pour rendre le projet conforme aux normes de sécurité en vigueur.

Le séchoir est composé de trois parties. À droite, on observe le petit séchoir qui communique avec le grand séchoir à gauche. Au-dessus, on trouve une aire de séchage supplémentaire où est logé un deuxième ventilateur qui sert aussi à l'évacuation de l'air chargé d'humidité. Cette section n'a pas été retenue dans le plan final.



Détails du petit séchoir avec porte à pentures. À l'intérieur, on voit l'aérotherme orange qui alimente le séchoir en air chaud. Le modèle est non conforme aux normes de sécurité. Une trappe dans le mur de gauche permet à l'air de circuler vers le séchoir principal. On peut utiliser le petit séchoir seul en fermant cette trappe à guillotine. Dans le plan, elle a été remplacée par plusieurs petites trappes coulissantes.



Détails du séchoir principal. On remarque quatre étages de trois claies. Les deux grandes portes à pentures permettent le travail aisé de deux personnes en même temps.



Les claies sont faites de cadres de bois sur lesquels sont tendus des moustiquaires de nylon de grade alimentaire.



Détail du deuxième ventilateur pour l'extraction de l'air. Il n'était utilisé que lorsque le matériel était très humide. En temps normal, le ventilateur de la chaufferette suffit à la tâche. Utilisé très rarement, cet ajout n'a pas été retenu dans le plan présenté au chapitre II.



1.2 Fonctionnement et principes d'utilisation

Ce séchoir a été conçu de manière à permettre le séchage de petites quantités de plantes de différentes espèces en même temps. Cette souplesse permet à une productrice qui cultive plus de trente espèces et variétés de plantes de gérer adéquatement ses récoltes, de les répartir dans le temps et d'obtenir des produits séchés de haute qualité.

Il est à noter que les explications qui suivent sont le fruit de sept années d'expérience, avant d'arriver à l'efficacité obtenue aujourd'hui. Une personne qui débute dans ce domaine aura à faire ses propres expériences pour apprivoiser la méthode et l'adapter aux différentes plantes qui seront séchées, mais elle pourra s'appuyer sur les informations qui suivent.

1.2.1 Cueillette

La cueillette de plantes s'effectue par temps sec, à partir du matin, dès que la rosée s'est évaporée. Une plante humide peut demander jusqu'au double du temps de séchage. L'alchemille, par exemple, ne doit pas être récoltée avant midi, car elle garde l'humidité plus longtemps. Il est donc préférable de cueillir les fleurs entre 11 h et 15 h, par temps ensoleillé.

Les parties aériennes (sommités fleuries et feuilles) sont récoltées à la main et triées sur place avant d'être déposées dans des paniers. On enlèvera les parties séchées, ou malades, en portant une attention particulière aux insectes, œufs ou chenilles qui peuvent s'y trouver.

1.2.2 Préparation

Les racines seront lavées et brossées et, au besoin, coupées en morceaux avant d'être placées dans le séchoir. Les parties aériennes, fleurs et feuilles ne doivent pas être lavées à moins d'y être obligé par la présence de terre sur les plants, car ceci augmente le temps de séchage. Le matériel est transporté dans la pièce du séchage le plus rapidement possible pour l'éloigner de la lumière et de la poussière et ainsi éviter le flétrissement causé par la chaleur. Les plantes doivent toujours être séchées à la noirceur.

Chaque espèce est placée à la main individuellement sur les claies en prenant soin d'étaler les fleurs. Une fois séchée, la plante doit rester entière et avec une certaine élasticité, sans s'émietter. Cette étape est importante lorsque le marché visé est celui des tisanes de haute qualité.

Les grandes portes du séchoir permettent à deux personnes de travailler ensemble aisément. Les claies sont numérotées et chaque plante est notée avec sa position dans le séchoir. On détermine la place d'une plante en fonction de son contenu en eau au départ, de sa sensibilité à la chaleur et du temps de séchage requis.

Par exemple, la calendule est résistante à la chaleur et peut être placée très près de la source de chaleur, car elle prend entre 36 et 48 heures pour sécher. Les pétales de rose sont parmi les plantes les plus fragiles à sécher, ils sont placés le plus loin possible de la source de chaleur. La place initiale de la plante dans le séchoir est cruciale, car c'est au début du processus qu'il est important de bien doser la chaleur. Le tableau ci-dessous présente la disposition de quelques plantes dans le séchoir selon les expériences qui ont été effectuées par la productrice.

	Grand séchoir*			Petit séchoir
	chaleur plus faible	chaleur moyenne	chaleur plus intense	
1 ^{re} rangée	1 Camomille (fl), Églantier (fl), Mauve (fl), Millepertuis (fl) Onagre (fl) Pensée sauvage (fl) Rose (fl)	5 Agastache (fl+f), Bourrache (sf), Cataire (f) Centaurée (fl), Lavande (fl) Mélisse (f), Menthe (f) Molène (fl), Monarde (fl+f) Ortie (f), Saugue (f) Verveine (sf), Verge d'or (sf)	9 Achillée mill.(sf) Calendula (fl) Guimauve (f) Thym (f) Trèfle rouge (fl)	13 Calendula (fl) Framboisier (f) Prêle (tige)
2 ^e rangée	2 Camomille (fl) Églantier (fl) Mauve (fl) Millepertuis (fl) Onagre (fl) Pensée sauvage (fl) Rose (fl)	6 Agastache (fl+f) Bourrache (sf), Centaurée (fl), Lavande (fl) Menthe (f), Molène (fl) Monarde (fl+f) Ortie (f), Saugue (f) Verveine (sf), Verge d'or (sf)	10 Achillée mill. (sf) Alchémille (f) Calendula (fl) Guimauve (f) Thym (f) Trèfle rouge (fl)	14 Calendula (fl) Prêle (tige)
3 ^e rangée	3 Camomille (fl) Églantier (fl) Mauve (fl) Millepertuis (fl) Onagre (fl) Pensée sauvage (fl) Rose (fl)	7 Agastache (fl+f) Bourrache (sf), Centaurée (fl), Lavande (fl) Menthe (f), Molène (fl) Monarde (f), Ortie (f) Saugue (f), Verveine (sf) Verge d'or (sf)	11 Achillée mill. (sf) Alchémille (f), Calendula (fl), Églantier (f) Framboisier (f), Fraisier (f) Guimauve (f), Romarin (f) Thym (f)	15 Calendula (fl) Prêle (tige)
4 ^e rangée	4 Melilot (sf) Bourrache (sf) Agastache (fl+f) Centaurée bleue (fl) Monarde (fl+f) Saugue (f)	8 Achillée mill. (sf) Trèfle rouge (fl) Romarin (f) Thym (f) Ortie (f)	12 Achillée mill. (sf) Alchémille (f), Églantier (f) Framboisier (f), Fraisier (f) Guimauve (f)	Calendula (fl)

*Les chiffres correspondent à chacune des claies * fleur (fl), feuille (f), sommités fleuries (sf).

On prendra soin de placer sur une même claie les plantes qui ont à peu près les mêmes caractéristiques de séchage afin d'éviter des manipulations pendant le processus de séchage.

Le matériel est pesé avant d'être déposé sur les claies. Il sera à nouveau pesé à sa sortie pour évaluer la perte d'humidité par le séchage. Le tableau ci-dessous présente un exemple des résultats obtenus.

Réduction de quelques plantes au séchage

Espèce	Poids frais (kg)	Poids sec (kg)	Réduction*
Achillée millefeuille	13,06	4,20	3,10
Angélique	14,40	2,90	5,00
Bourrache	259,50	34,30	7,55
Calendula	388,00	38,90	9,90
Marrube	12,24	3,60	3,40
Molène	281,90	44,86	6,28

*Poids frais divisé par le poids sec.

1.2.3 Séchage

Le séchoir a été construit au deuxième étage d'un entrepôt non isolé pour bénéficier de la chaleur qui est naturellement présente en été. La température de la pièce peut facilement atteindre plusieurs degrés de plus que la température extérieure ambiante.

Une fois le séchoir rempli, la chaufferette est démarrée. Avec ce système et la capacité de la chaufferette en place, la température ne dépasse pas 50 °C en tout temps pour un usage continu pendant plusieurs heures. Le séchage peut prendre de quelques heures à plus de quarante heures selon les espèces. Il faut cependant se référer au chapitre II du présent document pour obtenir les spécifications sur l'équipement de chauffage.

Au cours de la période de séchage, il faut vérifier l'état des plantes deux à trois fois par jour. Il faudra alors déplacer certaines claies pour les rapprocher ou les éloigner de la chaleur. Il faut donc bien connaître ses plantes et leurs caractéristiques de séchage.

La plupart des plantes vont sécher à une chaleur moyenne (entre 29°C et 39°C). Le déplacement des claies permet, entre autres, de saisir certaines espèces au départ par une chaleur plus forte (>40°C) et de leur fournir une chaleur moins intense pour terminer le séchage ou, au contraire, de fournir une chaleur plus douce et régulière à une plante fragile.

Par exemple, les fleurs comme la monarde, la mauve, l'églantier et la violette sont placées loin de la source de chaleur au début pour éviter le noircissement et la fermeture des fleurs. Lorsqu'elles sont fanées ou qu'elles ont perdu la moitié de leur humidité, on peut les rapprocher de la source de chaleur sans problème.

La camomille, lorsqu'elle est à moitié sèche, peut prendre une chaleur plus intense pour terminer le processus. L'alchemille et le framboisier peuvent supporter une température de 40°C tout au long du processus et demeurer à la même place dans le séchoir, réduisant ainsi le temps de séchage et libérant l'espace pour d'autres plantes par la suite.

Ce système permet aussi de manipuler moins souvent les plantes pour les sortir par petites quantités, puisque plusieurs plantes seront prêtes en même temps selon l'endroit où elles sont placées au départ.

Lorsque certaines plantes sont sèches et qu'on les retire du séchoir, il est alors possible de remettre d'autres plantes fraîches à sécher sans attendre que tout le séchoir soit vide. À ce moment, les nouvelles plantes sont placées dans la zone la moins chaude pour commencer à perdre leur humidité. Ainsi, on maximise l'utilisation du séchoir qui peut fonctionner sans arrêt pendant quelques jours à pleine capacité.

La chaleur qui entre par le côté droit au bas du petit séchoir n'est pas uniforme dans toutes les parties du grand séchoir comme nous l'avons expliqué précédemment. C'est ce qui permet de procéder au séchage de plusieurs espèces de plantes en même temps.

1.2.4 Utilisation du petit séchoir

Le séchoir est composé de deux parties qui forment un grand et un petit séchoir. Le petit séchoir, qui comprend trois claies, peut être utilisé seul quand de petites quantités de plantes doivent être séchées. On ferme alors la section par des panneaux coulissants (voir le dessin technique).

1.2.5 Utilisation de la partie supérieure du séchoir

Une autre section a été aménagée au-dessus du grand séchoir. Cet espace était utilisé à l'occasion pour faire sécher certaines espèces suspendues en bottes. Cet aménagement n'a pas été retenu dans le dessin technique car il était peu utilisé.

1.2.6 Opérations post-séchage

Les plantes sont retirées du séchoir à mesure qu'elles ont atteint le degré de séchage voulu. L'évaluation se fait manuellement, le but étant d'obtenir une plante sèche mais non cassante qui ne sera pas réduite en poudre à la moindre manipulation. On parle habituellement d'un maximum de 10 % d'humidité. Au chapitre III, on trouve un tableau de certaines normes de la Pharmacopée française.

Les plantes sont ensuite pesées afin de déterminer leur poids sec. Ces données sont importantes, car elles servent à déterminer la quantité de plantes à produire pour respecter les exigences des acheteurs. Par exemple, une récolte de 13 kg d'achillée millefeuille fraîche donnera 4 kg sec.

1.2.7 Entreposage

Un entreposage adéquat du matériel séché est important pour conserver la qualité et l'intégrité jusqu'à la commercialisation. Une plante qui a pris l'humidité ou développé des moisissures, qui est noircie ou jaunie n'a aucune valeur sur le marché. Les acheteurs sérieux demandent toujours un échantillon de la récolte avant de procéder à un achat.

Certains producteurs utilisent des barils de carton pour entreposer les plantes séchées. Selon leur expérience, le carton peut absorber une certaine humidité qui resterait encore dans la plante et facilite sa conservation à long terme. D'autre part, ils trouvent que le plastique aurait tendance à faire pourrir les plantes en présence d'un peu d'humidité. En tout temps, il faut s'assurer que la pièce d'entreposage des barils est tempérée et exempte d'humidité. Il est recommandé d'ajouter un déshumidificateur de type résidentiel dans la pièce d'entreposage.

Le plus souvent, les producteurs préfèrent des sacs de polypropylène garnis de plastique à l'intérieur, car ceux-ci empêchent les plantes de reprendre de l'humidité du milieu ambiant ou d'être contaminées lors de l'entreposage.



Chapitre II Construction du séchoir artisanal

2.1 Caractéristiques, plan et devis

Le séchoir apparaissant au plan présenté en annexe est de conception simple. Il ne possède aucun dispositif pour distribuer l'air chaud de façon uniforme. Le débit d'air et la température varient donc selon l'emplacement des plantes dans le séchoir. Pour bien connaître le fonctionnement du séchoir, il faut se référer aux résultats obtenus par le concepteur qui sont présentés au chapitre I. Un second plan de séchoir devrait être produit ultérieurement pour les producteurs qui désirent faire sécher uniformément une seule variété de plantes à la fois. Et, si on regarde plus loin, un séchoir plus sophistiqué, mais également plus coûteux à construire, pourrait être conçu de façon à améliorer le rendement énergétique (diminution des coûts de séchage). Des techniques comme la recirculation de l'air de séchage et la déshumidification par condensation sont envisageables.

Au départ, le concepteur du séchoir a choisi une unité de chauffage d'une puissance de 4800 watts non modulables et qui ne répondait pas aux normes de sécurité. Cet équipement a été remplacé par une unité conforme, disponible facilement sur le marché. Le système offre plusieurs paliers de chauffage et de ventilation à un coût guère plus élevé, ce qui donne une plus grande flexibilité. L'accès à un palier de ventilation et de chauffage supérieur permet, entre autres, de diminuer le temps de séchage, de sécher un plus grand volume de plantes ou d'augmenter la température de séchage (pour le séchage des racines, par exemple).

2.2 Choix de l'unité de chauffage

Le concepteur du séchoir a choisi l'électricité comme source de chauffage puisqu'il s'agit d'un petit séchoir. D'autres sources de chauffage (propane, huile, etc.) peuvent également être utilisées, mais sont habituellement envisagées pour de plus gros séchoirs. Bien sûr, tout système de chauffage doit être installé par un professionnel qualifié pour des questions de sécurité et d'assurances. Les principaux critères à considérer pour choisir l'unité de chauffage à installer pour ce séchoir, sont les suivants :

1. L'unité de chauffage doit être approuvée par un organisme de certification reconnu (CSA, ULC, Intertek, ETL, Warnock Hersey, etc.) pour les conditions d'utilisation suivantes :
 - a) permet la présence de matériaux combustibles à la sortie de l'unité de chauffage (plenum et séchoir fabriqués en bois, plantes à sécher);
 - b) peut supporter un chauffage continu pendant plusieurs heures.

Important : Les aérothermes vendus habituellement dans les quincailleries ne sont pas homologués pour une utilisation continue, ni pour pousser de l'air dans une conduite. De plus, aucun matériau ou produit combustible ne doit se trouver près de la sortie d'air chaud. Ces aérothermes ne sont pas acceptés par les compagnies d'assurances pour être utilisés comme unité de chauffage dans un séchoir ou pour toute autre utilisation du genre.

2. Pour une efficacité et une flexibilité améliorées, une puissance de chauffage modulable est recommandée : un palier aux environs de 4000 watts et un palier aux environs de 8000 watts.
3. Pour une efficacité et une flexibilité améliorées, on recommande également une soufflerie (ventilateur) à vitesses variables ou à plusieurs paliers de ventilation. Pour des puissances de 4000 et de 8000 watts, au moins deux paliers de ventilation sont recommandés : un premier aux environs de 350 pi³/min (CFM) et un second aux environs de 700 pi³/min (CFM).
4. L'unité de chauffage doit pouvoir supporter des températures pouvant atteindre 65°C (149°F). L'échelle de température du thermostat qui est relié à l'élément chauffant doit couvrir minimalement des températures entre 10 et 65°C.
5. Le contrôle de la vitesse du ventilateur, donc du débit d'air, doit pouvoir se faire manuellement.

2.3 Modèle d'unité de chauffage proposé

L'unité de chauffage proposée est, en fait, la partie « soufflerie » d'un système de conditionnement d'air vendu pour les habitations résidentielles à laquelle sont ajoutés les éléments suivants : un élément électrique chauffant (offert habituellement en option), un thermostat et un contrôle manuel de la vitesse du moteur de la soufflerie (ventilateur). Ces composantes sont disponibles chez la plupart des entrepreneurs en climatisation. En voici un exemple :

Marque : York

Module de soufflerie (ventilateur et boîtier)

Modèle MA08B de York

Choix parmi trois vitesses de moteur. Débit à 0,4 PCE (IWC) de pression statique : max. 732 PCM (CFM), inter. 461 PCM (CFM) et bas 299 PCM (CFM)

Température max. : 71°C (160°F)

Élément électrique

Modèle 4HK*6500806 de York (composante optionnelle). Deux puissances de chauffage : 3750 W et 7500 W

Thermostat

Thermostat couvrant une échelle minimale de température entre 10 et 65°C

Modèle suggéré: A28AA37C de Johnson

Contrôle manuel

Un sélecteur trois positions (basse, médium et haute). Le contrôle manuel de la vitesse du moteur de la soufflerie (ventilateur) permet de sélectionner manuellement une des trois vitesses du moteur.

Important : L'installation doit être faite par un entrepreneur électricien certifié.

2.4 Liste des matériaux

- 10 feuilles de contreplaqué en bois d'une épaisseur de ½ po
- 18 morceaux en épinette de 2 po x 4 po x 10 pi
- 14 planches en épinette de 1 po x 4 po x 10 pi
- 135 pi² de grillage moustiquaire de nylon de grade alimentaire
- 6 charnières de porte
- 50 pi de ruban d'étanchéité type mousse
- clous, vis, scellant en tube

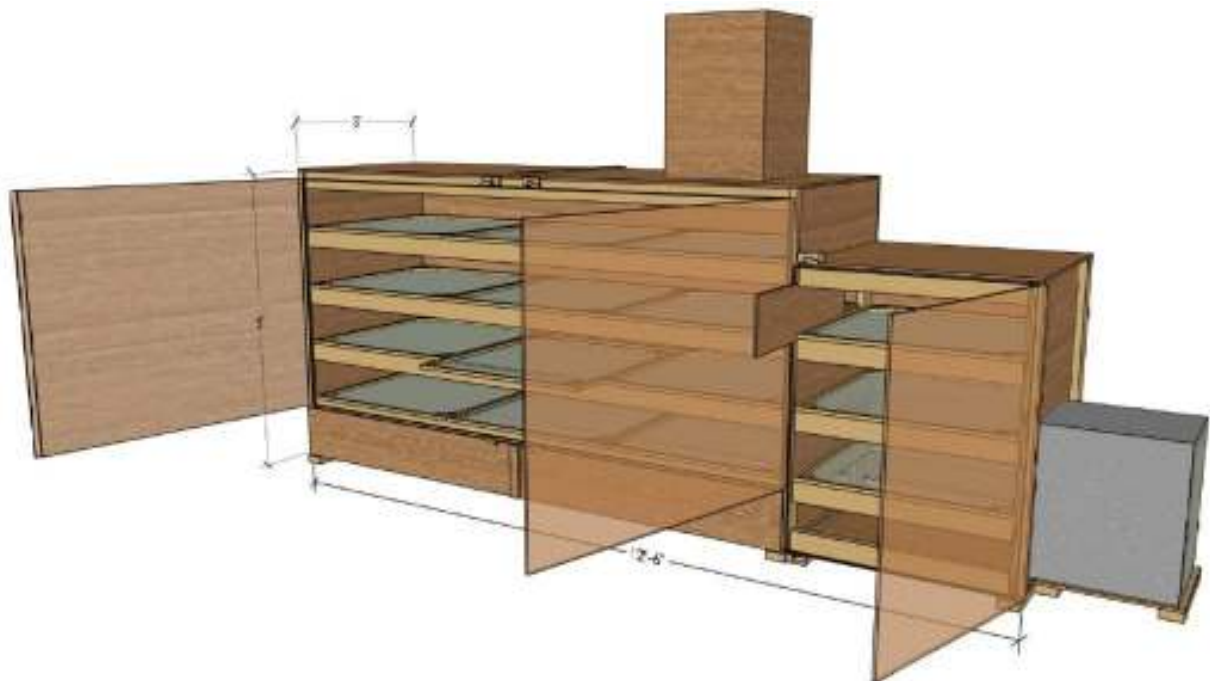
Remarque : Utiliser du bois séché.

2.5 Prix du séchoir

Bois et quincaillerie	450 \$ (matériaux seulement)
Unité de chauffage	715 \$
TOTAL :	1165 \$ + frais d'installation de l'unité de chauffage + taxes

2.6 Plan et détails de construction

Le plan ainsi que tous les détails techniques permettant la construction du séchoir artisanal qui est présenté ci-dessous se trouvent en annexe.



Chapitre III Informations complémentaires sur le séchage

3.1 Guides techniques

Au cours des années 2004 à 2006, la Filière des plantes médicinales biologiques du Québec a rédigé des documents techniques sur la production de huit plantes médicinales sous régie biologique. Les sections qui traitent du séchage des plantes sont reproduites ci-dessous à titre d'information complémentaire.

3.1.1 L'Avoine fleurie *Avena sativa*

La structure ajourée et la minceur des épillets permettent un séchage efficace et rapide en moins de 48 heures. Les inflorescences destinées au séchage peuvent être passées sur une table de tri pour que soit retirée toute matière végétale étrangère. La nécessité de cette opération augmente considérablement les coûts de production.

Pour le séchage des sommités fleuries sur des claies dotées de mailles de 1 cm, il faut débiter par une phase rapide de mise en température maximale de 40°C, suivie d'un séchage à vitesse constante, qui devrait se compléter en moins de 24 heures. Suit une phase de séchage à température décroissante ramenée graduellement à la température ambiante, jusqu'à une teneur en eau de la plante de 10 %. Enfin, suit immédiatement le hachage, le tamisage et la mise en contenants à l'aide d'équipements spécialisés qui assurent la qualité requise par l'acheteur.

3.1.2 La Valériane officinale *Valeriana officinalis*

Afin de diminuer le temps de séchage, une étude australienne suggère deux étapes avant de mettre les racines au séchoir. La première est de laisser égoutter les racines, préalablement lavées, quelques jours à une température de 20°C, avec un taux d'humidité entre 40 et 60 %. Puis, de couper les mottes de racines en petits morceaux avant de les placer au séchoir à une température ne dépassant pas 40 °C. Ces deux techniques ne modifient pas la concentration des racines en acide valérénique et diminuent considérablement le temps de séchage. Durant les 48 premières heures de séchage, la température doit monter graduellement de 20 à 40°C. Le séchage complet prend une bonne semaine. Les racines fraîches contiennent entre 75 et 85 % d'eau. Au terme du séchage, l'humidité maximale sera autour de 15 %.

3.1.3 L'Achillée millefeuille *Achillea millefolium*

Les sommités florales de l'achillée doivent être séchées immédiatement après la récolte. Il faut d'abord enlever les parties mortes et étaler les plantes, le plus vite possible, en une seule couche. L'achillée ayant tendance à brunir, le séchage doit se faire à la noirceur et à une température entre 35 et 40°C. Il faut aussi éviter le tassement, car il provoque l'oxydation et le brunissement. Les fleurs contiennent entre 65 et 70 % d'eau.

Dans de bonnes conditions, le séchage devrait être complété à l'intérieur de 48 heures et le produit final devrait contenir environ 10 % d'eau.

Il ne doit subsister aucune trace d'humidité qui provoquerait des moisissures et rendrait la récolte impropre à la consommation. Au terme du séchage, les fleurs doivent être encore blanches, alors que les feuilles et les tiges doivent être vertes. Le rapport de séchage est de 2,4 à 2,6 kg de plantes fraîches pour donner 1 kg de matière sèche contenant 5 à 8 % d'humidité.

3.1.4 Le Millepertuis commun *Hypericum perforatum*

Après la récolte, il faut enlever les parties mortes et rapidement étaler les plantes en une seule couche sur des claies. Il est également important de ne pas laisser la récolte au soleil, afin de garder le taux de principes actifs de la plante le plus élevé possible. Les sommités florales et les feuilles du millepertuis doivent être séchées dans le noir, immédiatement après la récolte, à une température entre 30 et 40°C. Il faut éviter le tassement qui provoque l'oxydation et le brunissement. Les fleurs contiennent entre 65 et 75 % d'eau. Dans de bonnes conditions, le séchage devrait être complété dans une période qui varie de 3 à 7 jours.

Au terme du séchage, il ne doit pas rester plus de 5 à 8 % d'humidité. Un taux d'humidité trop élevé risque de provoquer des moisissures et de rendre la récolte impropre à la consommation. Par ailleurs, à la fin du séchage, les bourgeons et les pétales doivent être encore jaunes et les feuilles et les tiges doivent être d'un vert tendre. Pour obtenir 1 kg de plantes sèches, il faut récolter entre 2,4 et 3,3 kg de plantes fraîches.

3.1.5 L'Ortie dioïque *Urtica dioica*

D'une façon générale, il faut sécher rapidement les plantes après leur récolte afin de préserver leurs principes actifs et leur couleur. Il faut des conditions ambiantes adéquates, une chaleur et une circulation d'air constantes. Avant de placer les plantes au séchoir, il faut faire le tri des parties mortes, brunies ou jaunies. La plus grande difficulté lors du séchage de l'ortie est de conserver sa couleur qui est d'un vert foncé, car elle a tendance à noircir. Pour l'éviter, il faut avoir des conditions idéales de séchage, manipuler les feuilles doucement, éviter de les brasser inutilement et de trop les tasser.

Les parties aériennes de l'ortie doivent être séchées dans le noir, à une température variant entre 35 et 45°C. Il y a deux façons de procéder : on peut utiliser des séchoirs à claies ou la technique de fagots suspendus. La durée du séchage est de 2 à 5 jours, selon la performance du séchoir. Le produit final devrait contenir environ 10 % d'eau et avoir conservé sa couleur. Le rapport de séchage est de 6,2 à 6,8 kg de sommités fraîches pour donner 1 kg de produit sec contenant 5 à 8 % d'humidité.

3.1.6 La Guimauve *Althaea officinalis*

Le séchage des racines en vrac dans un caisson de séchage, ou dans un séchoir avec chariots de claies peut être fait à 40°C. Selon la grosseur des morceaux, la turbulence de l'air et l'humidité relative dans le séchoir, le temps requis est d'environ trois jours.

Le pourcentage d'humidité des racines doit passer d'environ 70 % à l'entrée à 6 % à la sortie du séchoir. Les racines bien sèches ne doivent pas courber mais bien casser sous la pression. Une fois cette opération complétée, il faut laisser les racines encore trois heures au séchoir à 40°C.

3.1.7 Le Trèfle rouge *Trifolium pratense*

Le séchage des sommités de trèfle rouge se déroule en trois phases : la mise en température, le séchage à vitesse constante et le séchage à vitesse décroissante.

Phase 1 : La mise en température du produit

La longueur de cette phase dépend de l'épaisseur des couches de produit mis à sécher, de la température de l'air et du rapport entre le volume de l'air et sa surface de contact avec la masse de matière végétale à sécher. La mise au séchoir se fait dans l'état où le trèfle rouge a été récolté. La mise en claies ou l'étalement initial sur un convoyeur ajouré pour le séchage doit avoir au plus 7 cm d'épaisseur, selon la turbulence de l'air. Le séchage se conduit à une température initiale de 25°C, s'élevant rapidement jusqu'à un maximum de 35°C. L'activité des enzymes de décomposition est intense et il est nécessaire de procéder à une mise en température rapide. Au terme de cette phase, le produit végétal est mort et sa teneur en eau a légèrement diminué.

Phase 2 : Le séchage à vitesse constante

L'air est maintenu à une température constante de 35°C et doit être brassé constamment pour créer une grande turbulence au contact de toute la masse végétale. L'air doit circuler constamment pour permettre l'évacuation de l'humidité. Cette phase est celle où l'efficacité de séchage est la plus grande, puisque l'eau migre de l'intérieur du produit vers l'extérieur, créant un film d'humidité en contact avec l'air en mouvement non saturé. Cette température est maintenue jusqu'à déshydratation complète des tiges (cassure sans avoir à cisailer le point de rupture).

Phase 3 : Séchage à vitesse décroissante

À partir de la déshydratation complète des tiges, on amorce une baisse graduelle de la température jusqu'à 20°C en maintenant le brassage de l'air. Cette phase est critique pour la dégradation du produit et le sur-séchage, ce qui peut occasionner des pertes par égrenage, surtout des feuilles. Les fleurs et surtout les tiges sont des structures qui mettent plus de temps à sécher que les feuilles du trèfle rouge. Ainsi, vers la fin du processus, une certaine réhydratation est nécessaire en ventilant avec l'air ambiant, de sorte que les feuilles ne s'égrènent pas trop au moment de la sortie du séchoir.

3.1.8 La Mélisse *Melissa officinalis*

Les séchoirs à claies horizontales grillagées, en nylon (mailles de 5 mm) montées sur des chariots mobiles, conviennent pour les gros volumes de mélisse. L'épaisseur d'empilement des plantes entières sur les claies peut être de 2 à 5 cm, une épaisseur moindre permettant un séchage plus rapide (objectif de 48 heures). D'après K. Ebert (1982), la surface totale des claies devrait représenter environ 1/9 de la surface à récolter. Les conditions ambiantes et la circulation de l'air doivent être uniformes.

Le séchage en fagots suspendus convient mieux pour de petites quantités de mélisse sèche vendue non hachée. Il nécessite plus de main-d'œuvre et moins d'investissements que le séchage en couches. La température de séchage peut varier entre 20 et 30°C. Il est préférable, pour le maintien de la qualité du produit, de débiter le séchage à 20°C pour ensuite élever la température à 30°C. Le feuillage au départ est à environ 80 % d'humidité. La durée du séchage est de 2 à 5 jours selon la performance du séchoir. Le taux d'humidité maximal après le séchage est de 11 à 12 %.

Un séchage excessif entraîne une dégradation indésirable des feuilles. Le rendement au séchage est de 1 pour 5 en poids. En cours de séchage, l'humidité relative de l'air ambiant doit être maintenue basse, soit entre 25 et 30 %, en installant un déshumidificateur ou en procédant à un changement d'air régulier. La surface requise pour sécher 1 800 kg de mélisse verte (densité 250 à 300 kg/m³) récoltée sur 0,25 ha en 2 à 3 jours est d'environ 200 m² avec une épaisseur moyenne de plantes vertes de 3,5 cm.

3.1.9 Tableau résumé des conditions de séchage

Nom de la plante	Température de séchage	Temps	% d'humidité final
* <i>Avena sativa</i>	40°C	moins de 48 h	10 %
* <i>Valeriana officinalis</i>	40°C max.	7 jours	15 %
* <i>Achillea millefolium</i>	35 à 40°C	48 h	5 à 8 %
* <i>Hypericum perforatum</i>	30 à 40°C	3 à 7 jours	5 à 8 %
* <i>Urtica dioica</i>	35 à 45°C	2 à 5 jours	5 à 8 %
* <i>Althaea officinalis</i>	40 °C	3 jours	6 %
* <i>Trifolium pratense</i>	Phase 1 25 à 35°C Phase 2 35°C Phase 3 35 à 20°C		
* <i>Melissa officinalis</i>	20 à 30°C	2 à 5 jours	11 à 12 %

3.2 Caractéristiques de plantes séchées

Les acheteurs de matériel séché ont des spécifications qui leur assurent une qualité de produit constante. Le tableau ci-dessous donne des exemples de ces exigences qui nous ont été fournis par une entreprise qui fabrique des tisanes en sachets.

Identification de la plante	Caractéristiques physiques	Caractéristiques organoleptiques	Conditions d'entreposage
<i>Sambucus nigra</i> Sureau noir fleur	Apparence : petites fleurs jaunes et particules brunes Densité : >60gr/500ml Humidité : < 12 %	Couleur : jaune Odeur : florale Goût : floral	Conserver dans son emballage d'origine bien fermé, à l'abri de la chaleur, de la lumière, de l'humidité
<i>Avena sativa</i> Avoine tige	Apparence : fibres beiges Densité : >60g/500ml Humidité : <12 %	Couleur : jaune Odeur : herbacée Goût : herbacé	<i>idem</i>
<i>Ribes nigrum</i> Cassis feuille	Apparence : flocons de feuilles vertes Densité : >60g/500ml Humidité : <12 %	Couleur : jaune Odeur : feuille Goût : feuille	<i>idem</i>
<i>Urtica dioica</i> Ortie feuille	Apparence : particules vertes foncées Densité : <60g/500ml Humidité : <12 %	Couleur : vert Odeur : feuille Goût : feuille	<i>idem</i>

3-3 Données techniques de l'ITEIPMAI

Normes de la Pharmacopée française concernant la teneur en eau et huile essentielle

(Document sur le séchage, ITEIPMAI, p. 17)

Plantes à huiles essentielles		Parties considérées	Teneur en eau (%)	Teneur en HE	
				minimale	maximale
absinthe	<i>Artemisia absinthium</i>	feuille + sommité fleurie	12	0,3	1,3
armoise	<i>Artemisia vulgaris</i>	feuille + sommité fleurie	10	0,1	-
achillée	<i>Achillea millefolium</i>	sommité fleurie	11	0,3	-
calament	<i>Calamintha officinalis</i>	sommité fleurie	10	0,6	-
coriandre	<i>Coriandrum sativum</i>	fruit	10	0,3	-
camomille	<i>Anthemis nobilis</i>	capitule	10	0,7	-
angélique	<i>Archangelica officinalis</i>	racine	12	0,4	-
lysoppe	<i>Hyssopus officinalis</i>	feuille + sommité fleurie	12	0,3	1,5
mélisse	<i>Melissa officinalis</i>	feuille	12	0,05	-
genièvre	<i>Juniperus communis</i>	fruit	15	0,75	-
romarin	<i>Rosmarinus officinalis</i>	sommité fleurie	10	1,5	-
sauge	<i>Salvia officinalis</i>	feuille	10	2	3
thym	<i>Thymus vulgaris</i>	feuille + fleur	10	1,2	-
matricaire	<i>Matricaria chamomilla</i>	capitule	-	0,4	-
menthe poivrée	<i>Mentha piperita</i>	feuille	11	1,2	-
verveine odorante	<i>Lippia citriodora</i>	feuille	10	0,4	-

Tableau L3

Normes de la Pharmacopée française concernant la teneur en eau et en huile essentielle (HE) de quelques plantes médicinales
(source : Pharmacopée française, Xe édition)

Teneur en eau à la récolte de 20 plantes

(Document sur le séchage, ITEIPMAI, p. 19)

Plante	Partie considérée	Ratio F/S ⁽¹⁾	Ratio E/F ⁽²⁾	Humidité à la récolte (en %)
grande absinthe	partie aérienne	2,5	0,6	72
basilic	feuilles	5,0	0,8	82-89
camomille	fleurs	2,9	0,65	75-84
estragon	feuilles	2,5	0,6	74
gentiane	racines	2,5	0,6	77
hysope	feuilles	2,5	0,6	77-78
mélisse	feuilles	2,9	0,65	63-82
menthe douce	feuilles	3,3	0,7	74-87
origan	sommités fleuries	2,5	0,6	74-78
persil	partie aérienne	4,0	0,75	82-83
reine des prés	partie aérienne	2,5	0,6	70-80
romarin	feuilles	2,2	0,55	70
sarriette	feuilles	2,0	0,5	53-72
sauge officinale	feuilles	2,9	0,65	75-80
thym	feuilles	2,5	0,6	72-75
tilleul	bractées	2,2	0,55	70
verveine	feuilles	2,5	0,6	72-80

⁽¹⁾ **Ratio F/S (frais/sec)** : masse de produit frais récolté pour obtenir un kg de produit sec

⁽²⁾ **Ratio E/F (eau/frais)** : masse d'eau à évaporer au cours du séchage pour un kg de produit frais à sécher

Tableau I.6

Teneur en eau à la récolte de 20 plantes
(source : iteipmai/SOLAGRO)

Conditions de séchage de plusieurs espèces cultivées

(Document sur le séchage, ITEIPMAI, p. 20 et 21)

Voir les deux pages suivantes.

Dénomination de la plante		partie considérée (1)	Hf (2) * AFNOR 92 ** Pharmacopée Xe Ed.	t° de séchage recommandée	observations
aneth	<i>Anethum graveolens</i>	SF	10 % **	80°C	/
		Pt	12 % **	45°C maxi	/
ballote fétide	<i>Ballota nigra</i>	PA	-	35 à 40°C	tronçonnage préalable (hache paille)
bardane	<i>Arctium major</i>	Ra	10 % **	35 à 45°C	lavée et coupée (tronçons 2 à 3 cm) avant séchage
basilic	<i>Ocimum basilicum</i>	PA	13 % * - 10 % **	40°C maxi	une température plus élevée entraîne un noircissement des feuilles et une perte en huile essentielle
bleuet	<i>Centaurea cyanus</i>	Ca	-	jusqu'à 55°C	aussitôt la récolte ; séchage délicat
bourrache	<i>Borrago officinalis</i>	SF	9 % **	35 à 40°C	séchage aussitôt la récolte
camomille	<i>Anthemis nobilis</i>	Ca	10 % **	40°C maxi	/
carvi	<i>Carum carvi</i>	Pt	blond : 12 % * noir : 13 % **	40°C maxi	humidité des fruits à la récolte = 20 %
digitale laineuse	<i>Digitalis lanata</i>	Fe	6 % **	jusqu'à 80°C	traditionnellement = 30°C
estragon	<i>Artemisia dracunculus</i>	PA	7 % *	55 à 75°C	température plus élevée en début de séchage. Un séchage rapide évite le noircissement des feuilles
fenouil doux	<i>Foeniculum dulce</i>	Pt	8 % **	35 - 40°C maxi	/
		Ra	-	40 - 45°C	lavée et coupée avant séchage
livèche	<i>Levisticum officinale</i>	Fe	6 - 8 %	55 à 60°C	/
		Ra	-	35 à 45°C	lavée et coupée pour faciliter le séchage
matricaire	<i>Matricaria chamomilla</i>	SF/Ca	-	35 à 45°C	le séchage doit être rapide car le capitule a tendance à poursuivre sa maturation (graines)
mélisse	<i>Melissa officinalis</i>	PA	12 % **	35°C	/
menthe poivrée	<i>Mentha piperita</i>	PA	13 à 14 % * - 11 % **	45°C maxi	à une température supérieure, les feuilles noircissent, la teneur en huile essentielle n'est affectée qu'à partir de 55°C

Dénomination de la plante		partie considérée (1)	Hf (2) * AFNOR 92 ** Pharmacopée Xe Ed.	t° de séchage recommandée	observations
millepertuis	<i>Hypericum perforatum</i>	PA	10 % **	35 à 40°C	pour l'herboristerie, coupée (1 cm) avant séchage
origan	<i>Origanum vulgare</i>	PA	10 % *	30 à 40°C	/
persil	<i>Petroselinum sativum</i>	Fe	10 à 13%	100°C puis 50°C	une température trop basse altère l'arôme
petite absinthe	<i>Artemisia pontica</i>	PA	-	30 à 35°C maxi	à une température supérieure : perte en huile essentielle
piloselle	<i>Hieracium pilosella</i>	Pe	-	40°C	nettoyage préalable
pyrèthre de Dalmatie	<i>Chrysanthemum cinerariaefolium</i>	Ca	10 % **	progressivement, jusqu'à 60 - 80°C	fanage préalable à une température < 40°C
reine des prés	<i>Spiraea ulmaria</i>	PA	12 % **	40°C	séchage aussitôt la coupe
romarin	<i>Rosmarinus officinalis</i>	PA	11 % * - 10 % **	30 - 40°C	/
rue officinale	<i>Ruta graveolens</i>	PA	-	35 à 40°C	tronçonnage préalable (hache paille) pour favoriser le séchage
safran	<i>Crocus sativus</i>	St	12 % * - 12 % **	30 à 35°C	séchage en couche mince (étuve)
souci des jardins	<i>Calendula officinalis</i>	Ca	13 % **	45°C (maxi 60°C)	aussitôt la récolte ; séchage délicat
thym	<i>Thymus vulgaris</i>	PA	12 % * - 10 % **	30 - 40°C	/
valériane	<i>Valeriana officinalis</i>	Ra	15 % **	40°C maxi	laver avant séchage
verveine odorante	<i>Lippia citriodora</i>	PA	10 % **	40°C	/

(1) Ca : capitule - Fe : feuille - Ft : fruit - PA : partie aérienne - PE : plante entière - Ra : racine - SF : sommité fleurie - St : stigmate

(2) humidité finale maximale

Tableau 1.7

Recommandations pour le séchage de 30 espèces couramment cultivées
(source : fiches techniques Itelpma)

Démarches préalables à l'installation d'une unité de séchage

(Texte extrait du document de l'ITEIPMAI, p. 139)

Avant de choisir une installation, il est nécessaire de poser quelques questions pour éviter d'importantes erreurs techniques et financières :

- Quelles sont les plantes à sécher? (Consignes de séchage)
- Quels volumes commerciaux sont espérés?
- Quelles sont les formes commerciales? (État : plante entière, coupée, brisée. Normes : teneur en principes actifs, couleur, qualité microbienne)
- Quels sont les prix du marché?
- Des équipements sont-ils déjà présents? (Récolte, coupe, séchage, triage)
- Quelle est ma capacité financière? (Investissement et trésorerie)
- Y a-t-il d'autres produits à sécher? (Légumes, fruits, grains, foin)
- Quelles évolutions sont possibles dans les années à venir?
- Le projet est-il individuel ou collectif?
- Mes connaissances en séchage sont-elles suffisantes?

Toutes ces questions simples qui peuvent paraître ennuyeuses vont permettre de cibler au mieux l'installation.

Une structure de séchage mal adaptée par faute de vigilance et par manque d'effort lors de l'étude prévisionnelle peut s'avérer très coûteuse.

Ces démarches préalables doivent donc être objectives et déboucher sur :

- un plan de séchage prévisionnel,
- une étude des marges permises par les cultures,

pour définir :

- la capacité de séchage nécessaire,
- les paramètres thermiques et aérauliques,
- le seuil économique pour conserver une marge de rentabilité intéressante,
- le financement de la structure.



Chapitre IV Ressources et références

4.1 Autres modèles de séchoirs

4.1.1 Séchoir pour plantes médicinales du projet Matol

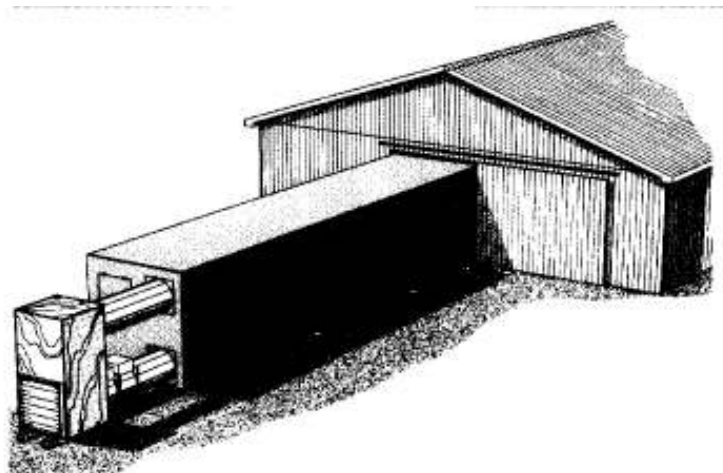
Ce séchoir a été conçu dans le cadre d'un projet de recherche initié par la compagnie Matol en collaboration avec le MAPAQ dans les années 1990. M. Gilbert Belzile, agronome et ingénieur, avait conçu les plans d'un séchoir d'une grande capacité, à partir d'unités chauffantes utilisées dans le séchage du grain et d'un conteneur maritime. D'abord conçu pour sécher le thym, le marrube, la camomille, le pissenlit et l'angélique, il pouvait aussi servir à d'autres plantes médicinales. Les plantes étudiées avaient toutes une teneur en eau de 80 % ou plus à la récolte, ce qui rendait l'opération de séchage difficile et délicate surtout durant les premières heures. La teneur en eau finale devait être aux environs de 12 %. La température de séchage était limitée à 40°C afin ne pas dégrader les principes actifs recherchés. Le plan et le devis technique sont disponibles sur le site Web d'Agri-réseau à l'adresse suivante :

<http://www.agrireseau.qc.ca/navigation.aspx?r=séchoir%20plantes>

Un document sur les procédures d'utilisation des séchoirs Matol a été rédigé par M. Serge Grenier en 1993 pour les Laboratoires de recherche Bioplant inc. On y trouve des explications détaillées sur les étapes du séchage, l'étiquetage et la salubrité* (voir la section références).

En 1994, un rapport de ce projet a été rédigé par les organismes participants. Il s'agit de *La culture de plantes à usage thérapeutique**.

En 2004, dans le cadre du colloque de la Filière des plantes médicinales biologiques du Québec, une conférence a été présentée par M. Jean-Michel Valiquette, agronome, sur le projet Matol. Le texte de la conférence permet de découvrir l'historique de ce projet qui a été important pour l'industrie. Le document est disponible sur le site Web de la FPMQ.



4.1.2 Séchoirs du projet *Medicinal Herbs for commerce*

En 2004, l'Université de l'État de la Caroline du Nord a démarré un projet de réseau de producteurs destiné à diversifier la production agricole dans cet État et à trouver une alternative à la culture du tabac. En 2006, le regroupement comprenait 35 entreprises. Parmi les réalisations du projet, on trouve la mise en place et l'expérimentation de deux modèles de séchoirs sur 12 fermes. Un document technique est en élaboration pour la construction d'un petit séchoir de 2,4 m sur 1,35 m sur 1,35 m et d'un grand séchoir de 3 m sur 4,8 m. En attendant, des photos donnent un aperçu d'un de leur prototype. La Filière devrait obtenir les documents techniques lorsque ceux-ci seront terminés.

On peut consulter le site Web de *North Carolina Cooperative Extension Service* de l'Université de la Caroline du Nord pour obtenir plus de détails sur le projet. On y trouve aussi un bulletin électronique qui présente le suivi du projet et des références.



4.1.3 Séchoirs de l'ITEIPMAI en France

L'Institut technique interprofessionnel des plantes à parfums, médicinales et aromatiques (ITEIPMAI) est un organisme de recherche appliquée, d'appui technique et d'information spécialisé dans les domaines de l'amélioration génétique des plantes, de la maîtrise technique de conduite des cultures et de la connaissance de la qualité des produits. Leur site Web est <http://www.iteipmai.asso.fr>

En 1995, l'Institut a publié un guide sur le séchage des plantes médicinales et aromatiques*. Le but poursuivi était de pallier le manque de références dans ce domaine en France. Ce document très détaillé contient tout ce qu'il faut savoir sur le séchage avant de s'engager dans un projet. On y traite les aspects fondamentaux et les technologies du séchage de même que les méthodes de calculs des besoins en énergie et ventilation de différents systèmes.

On trouve, au chapitre VI, les types de séchoirs selon les besoins des entreprises. On y observe des schémas et des photos d'armoires à claies, de chambres et de caissons avec les spécifications techniques. Les photos ci-dessous donnent un aperçu des séchoirs présentés dans le document.



Détails des équipements
d'une chambre de séchage



Séchoir à caisson

4.2 Autres technologies et projets de recherche

4.2.1 La zéodratation

Ce procédé est utilisé en France pour sécher les herbes aromatiques et médicinales, les champignons, les algues, la spiruline, les truffes et certains fruits pour une utilisation cosmétique, alimentaire ou parapharmacie. Il utilise l'action d'une argile spéciale, la zéolithe, pour fixer la vapeur d'eau. L'entreprise compare son procédé à la lyophilisation et à la déshydratation. Site Web de l'entreprise : www.millennium-energy.fr

4.2.2 Séchoir solaire

En 1999, à Venthônes en Suisse, deux exploitants, soit Maurice et Marie-Christine Masserey, ont réalisé un projet de séchoir solaire pour les plantes médicinales en collaboration avec l'entreprise Énergie solaire SA. Le projet est décrit dans le site Web de l'entreprise Masserey plantes : <http://www.massereyplantes.ch/>

Au Québec, on peut trouver de l'information sur l'énergie solaire et ses applications en consultant les sites suivants :

Énergie solaire Québec

Organisme sans but lucratif qui souhaite promouvoir l'énergie solaire au Québec. Il publie un répertoire des intervenants pour les ressources énergétiques renouvelables.

Site Web : <http://www.energie-solaire.com/fr/bienvenue.htm>

Article du magazine *La Maison du 21^e siècle* de mars-avril 1999.

Quatre fournisseurs d'énergie solaire.

Site Web : <http://www.21esiecle.gc.ca/4vendeurspv.html>

4.2.3 Projet de séchoir tunnel au Tchad en Afrique

Au cours d'un voyage en Afrique, il a été possible d'obtenir des photos d'un projet expérimental de séchoir solaire réalisé par le Centre de formation artisanale de Fianga. Le principe et la construction simple peuvent susciter un certain intérêt. Données techniques : surface de captage : 2,25 m². Capacité de produit frais : 20 kg.



4.2.4 Séchoir à lit à jet rapide de particules inertes* (référence chapitre IV)

Dans le cadre d'un projet de recherche, Ressources naturelles Canada a mis au point un séchoir pour la production de poudres alimentaires à partir de liquides. Cette technologie devrait être facile à intégrer dans les chaînes de production des petites et moyennes entreprises en raison de son coût abordable et de sa petite configuration. Une entreprise (Thermosan) commercialisera le système sous le nom « séchoir inerjet ». Cette technologie sera implantée au Centre de recherche et de développement sur les aliments (CRDA) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada.

4.2.5 Nouvelle génération de séchoir à basse température et sous atmosphère modifiée* (référence chapitre IV)

Dans le cadre d'un projet subventionné par le CORPAQ, un prototype de séchoir a été conçu afin de sécher à basse température et sous atmosphère modifiée des produits sensibles à des températures élevées et à l'oxydation (fruits, plantes médicinales, fines herbes, entre autres). Les expérimentations ont été effectuées sur la canneberge et le bleuet. Il est ressorti de cette étude que le développement d'un séchoir de ce type est très prometteur pour le séchage de produits conservant une grande partie de leurs composés nutraceutiques, bioactifs et aromatiques.

4.2.6 Procédé de transformation et de produits séchés à partir de canneberges séchées et d'autres petits fruits du Québec* (référence chapitre IV)

Avec le soutien du CORPAQ, l'Université Laval a réalisé un projet dont le but était de développer un procédé économique de transformation de canneberges qui produit des fruits séchés de grande qualité nutritionnelle et organoleptique. Le procédé comportait trois volets : utilisation et préparation des fruits, déshydratation osmotique optimisée et séchage à basse température.

4.3 Entreprises qui commercialisent des équipements de séchage

États-Unis

Les produits BRY-AIR

Déshumidificateurs et dessiccateurs

Ce fournisseur américain distribue des appareils destinés aux besoins de l'industrie pharmaceutique et alimentaire.

Site Web : <http://www.bry-air.com/>

Au Québec, on peut trouver ces produits chez Daigle Consultants-combustion inc., St-Antoine-de-Tilly.

Ontario

Entreprise De Cloet

Cette entreprise fournit une vaste gamme de séchoirs pour différents usages. On trouve des modèles et des technologies adaptés aux besoins des producteurs de tabac et de plantes médicinales. Des systèmes sur mesure y sont également conçus. Des équipements usagés sont aussi affichés dans leur site Web.

Site Web : http://www.decloet.com/product_pages/kiln_pages/lgspecialty_page.html

Hollande

AGRATECHNIEK

Cette entreprise est spécialisée dans la création, la production et la commercialisation de systèmes de traitement de l'air destinés aux producteurs de bulbes et de plantes médicinales (séchoirs à palox, à tiroirs, séchage et chauffage d'air).

Site Web : <http://www.agratechnik.nl/index.php>

4.4 Références

4.4.1 Références sur les séchoirs

ARUL, Joseph et al. (2000). *Développement d'un procédé de transformation et de produits séchés à partir de canneberges séchées et d'autres petits fruits du Québec*. Projet n° 4729 du CORPAQ, réalisé par l'Université Laval. Pour obtenir la liste des projets subventionnés et le rapport, consulter le site Web :

<http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Ministere/Info/rechercheinnovation/RDagroalimentaire/>

Auteur inconnu, (2007). *Séchoir à lit à jet rapide de particules inertes*. Projet réalisé par Ressources naturelles Canada pour le Centre de recherche et de développement sur les aliments (CRDA) d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Pour obtenir le document, consulter le site Web :

<http://www.agribionet.com/client/page1.asp?page=1886&clef=19&clef2=11>

Auteur inconnu, (1994). *Culture expérimentale de plantes à usage thérapeutique*. Rapport produit par l'Université Laval, le Centre de recherche en horticulture de Agriculture et Agroalimentaire Canada à Saint-Jean-sur-Richelieu pour Laboratoire de recherche Bioplant inc. (document disponible au centre de documentation de Saint-Jean-sur-Richelieu).

CASTAIGNE, François et al. (2004). *Développement d'une nouvelle génération de séchoirs pour la production de fruits, de plantes médicinales, de fines herbes et d'autres matériels biologiques séchés à basse température et sous atmosphère modifiée*. Projet n° 200063 du CORPAQ, réalisé par l'Université Laval. Pour obtenir la liste des projets subventionnés et le rapport, consulter le site Web :

<http://www.mapaq.gouv.qc.ca/Fr/Ministere/Info/rechercheinnovation/RDagroalimentaire/>

DAVIS, Jeanine M. (2007). *Medicinal herb dryers, «How to guide» to constructing medicinal herb dryers*, Department of Horticultural Science, North Carolina Cooperative Extension Service, North Carolina State University. (Document préliminaire disponible au centre de documentation de la FPMQ.)

GRENIER, Serge, (1993). *Procédures d'utilisation des séchoirs Matol*, Les Laboratoires de Recherches Bioplant inc., 12 p. (rapport au centre de documentation de la Filière).

ITEIPMAI (1995). *Le séchage, des principes à la définition de votre installation*, ITEIPMAI publications, Chemillé, France, 166 p. Le document peut être commandé sur le site Web de l'organisme à l'adresse suivante : <http://www.iteipmai.asso.fr/general/default.htm>

VALIQUETTE, Jean-Michel, (2004). *Matol : un géant aux pieds d'argile*. Texte de la conférence sur le projet Matol tenue dans le cadre du colloque 2004 de la FPMQ.

http://www.plantesmedicinales.qc.ca/colloques/2004/conf_03.html

4.4.2 Références documentaires

ANTON, Robert et Annelise LOBSTEIN (2005). *Plantes aromatiques. Épices, aromates, condiments et huiles essentielles*, Édition française, Éditions Tex & Doc, Paris, 560 p. (document au centre de documentation du CRDA).

Ce document récent est une source de renseignements très complète. Les différents chapitres traitent, entre autres, des constituants des plantes aromatiques, de leurs usages pharmaceutiques, de la culture, de la préparation, de la contamination et des techniques de préparation. Tout près de 100 plantes aromatiques y sont aussi décrites avec une attention sur la composition et l'analyse des composés actifs et la description organoleptique.

CHEN, Guohua and Arun S., MUJUMBAR. *Drying of herbal medicines and tea*. Article n°26 tiré de Handbook of industrial drying, 3^e édition, CRC Press, p. 635 à 646 (document disponible à la bibliothèque de l'Université Laval).

Ce document présente des informations pertinentes sur le séchage de petites quantités de plantes et sur le séchage des racines de ginseng. Différentes technologies y sont expliquées.

FILIÈRE DES PLANTES MÉDICINALES BIOLOGIQUES DU QUÉBEC (2004 et 2006). *Guides techniques pour la production de plantes médicinales sous régie biologique*. Huit titres : la Mélisse officinale, le Trèfle rouge, l'Avoine fleurie, la Guimauve, la Valériane officinale, l'Ortie dioïque, l'Achillée millefeuille et le Millepertuis commun.

Chaque document présente les informations sur la biologie de l'espèce, ses propriétés et sa culture au Québec. On trouve aussi des informations sur la transformation et la mise en marché. Les documents sont disponibles sur le site Web : www.plantesmedicinales.qc.ca

GREENFIELD, Jackie and Jeanine DAVIS (2004). *Medicinal Herb Production Guide*. Série de 12 fiches sur des plantes médicinales variées. Documents réalisés par University of North Carolina, School of Medecine, pour North Carolina Consortium on Natural Medecines and Public Health.

Chaque fiche comprend des informations sur les ingrédients actifs, l'utilisation, la culture, la récolte et le séchage, de même que des données économiques lorsque disponibles. Quelques plantes intéressantes pour le Québec : hydraste du Canada, actée à grappes noires, ginseng à cinq folioles et sanguinaire du Canada.

Site Web : <http://www.med.unc.edu/phyrehab/ncomedicinalherbs/Growers%20Guides/>

MÜLLER, Joachim et Albert HEINDL. (2005). *Drying of medicinal Plants*, chapter 17, Institute of Agricultural engineering, University of Hohenheim, Germany. Document publié dans le cadre d'ateliers qui se sont tenus en Europe dans les Pays-Bas.

Le chapitre 17 traite d'une recherche sur le séchage des plantes médicinales qui avait pour but de trouver la température optimale de séchage pour différentes plantes en termes de qualité de produits et de coûts. Différents types de séchoirs y sont décrits. Le document complet se trouve sur Internet.

http://library.wur.nl/frontis/medicinal_aromatic_plants/17_muller.pdf

ÖZTEKIN, Serdar and Milan MARTINOV (2007). *Medicinal and aromatic crops. Harvesting, Drying and Processing*, Haworth Food & Agricultural Products Press, 307 p.

Le chapitre 3 traite du séchage. On parle des principes, de l'influence des différents paramètres sur la qualité. Différents modèles de séchoirs sont illustrés par des schémas et des photos.

RATTI, Christina et al. (2007). *Drying of Garlic (*Allium sativa*) and its effect on allicin retention*. Article publié dans *Drying Technology*, 25, p. 349 à 356. Projet de recherche réalisé par l'Université Laval et l'INAF.

La recherche compare deux technologies de séchage afin de vérifier la conservation et la concentration de l'allicine dans l'ail. Il s'agit du séchage par convection et du séchage à froid.

SHNEIDER, Any et Danielle LABERGE (2007) *Ces fleurs qui soignent*, Publistar, Québec, 296 p.

Cet ouvrage relate l'origine et l'histoire du monde floral. Il présente la composition chimique, les techniques de culture, les modes d'utilisation et les procédés de conservation de plusieurs espèces de fleurs aux propriétés médicinales. On y traite du séchage de ces plantes.

4.5 Personnes-ressources

M. Gilbert Belzile, ingénieur, consultant.

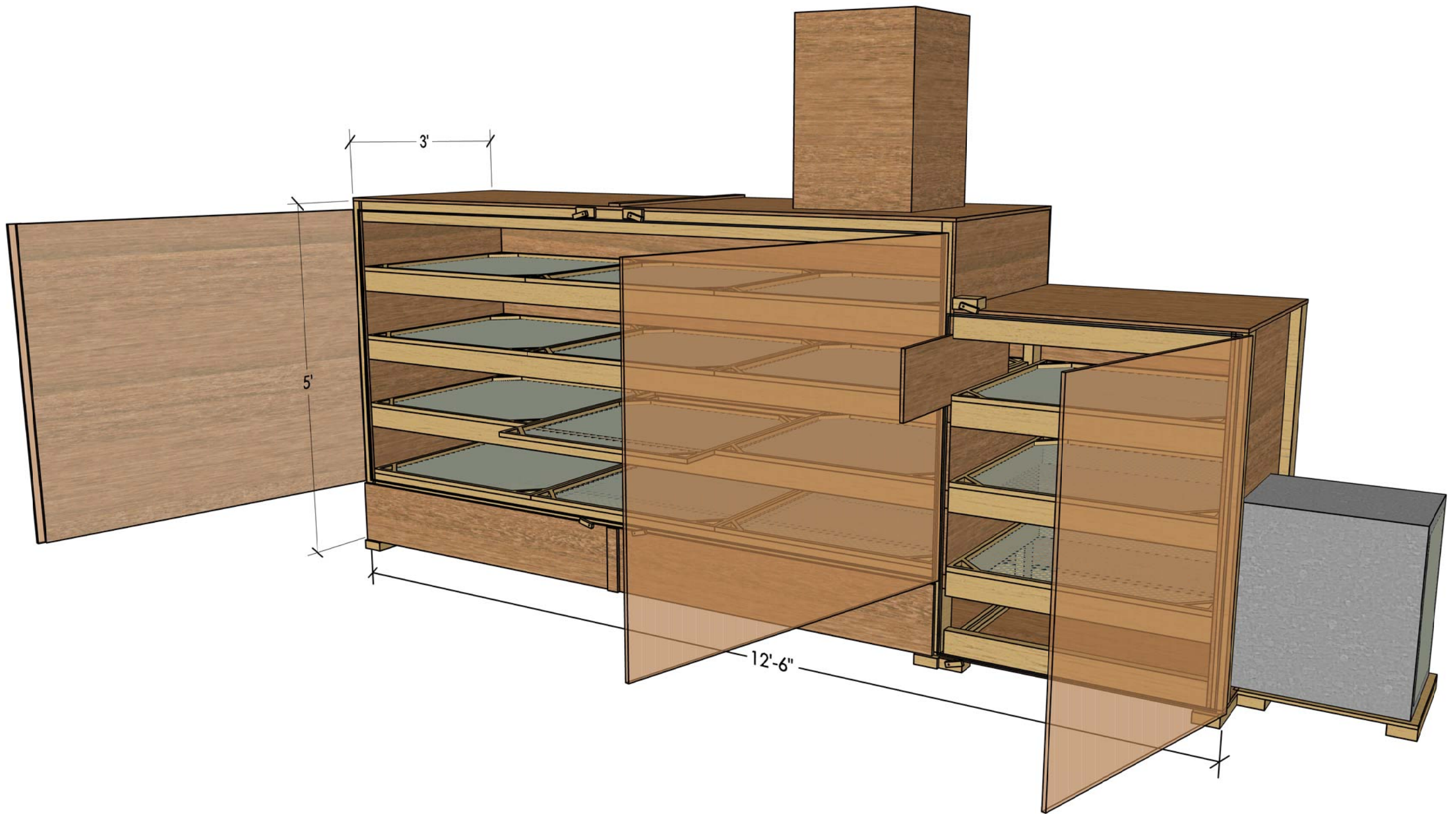
M. Belzile a conçu le séchoir Matol dans le cadre de ses fonctions au MAPAQ. Il peut agir à titre de consultant dans le cadre d'un projet de construction d'un séchoir adapté à différents besoins. Coordonnées : téléphone : 418 650-2754.

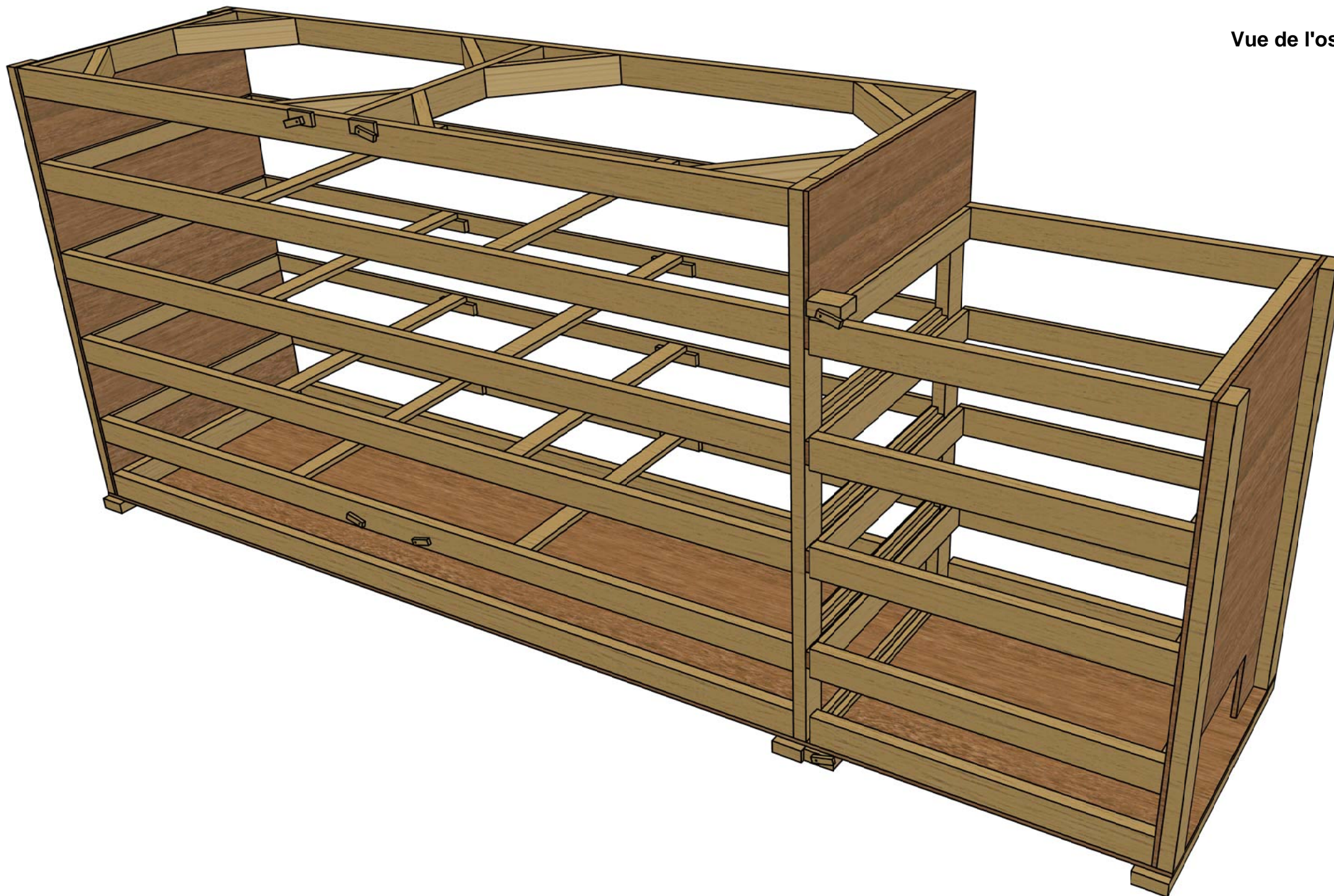
M. Arun S. Mujumdar, chercheur à l'Université McGill. Champ d'expertise : les technologies de séchage industriel. Plusieurs publications, rapports et livres sont disponibles au Centre de documentation du Centre de recherche et de développement sur les aliments (CRDA) de Saint-Hyacinthe.

M^{me} Cristina Ratti, ingénieure en génie chimique, chercheuse à l'Université Laval en génie alimentaire. Spécialités : séchage, lyophilisation, déshydratation osmotique et technologies de préservation. Ses domaines de recherche touchent les technologies et les procédés. Coordonnées : courriel cristina.ratti@sga.ulaval.ca.



ANNEXE
PLAN ET DEVIS DU SÉCHOIR ARTISANAL

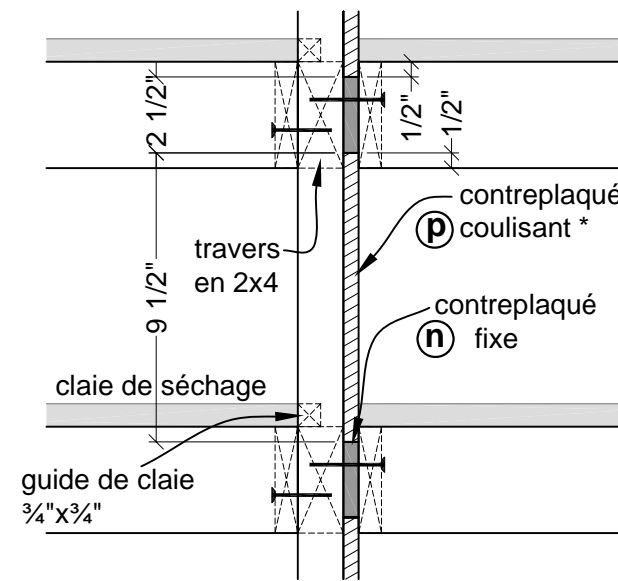




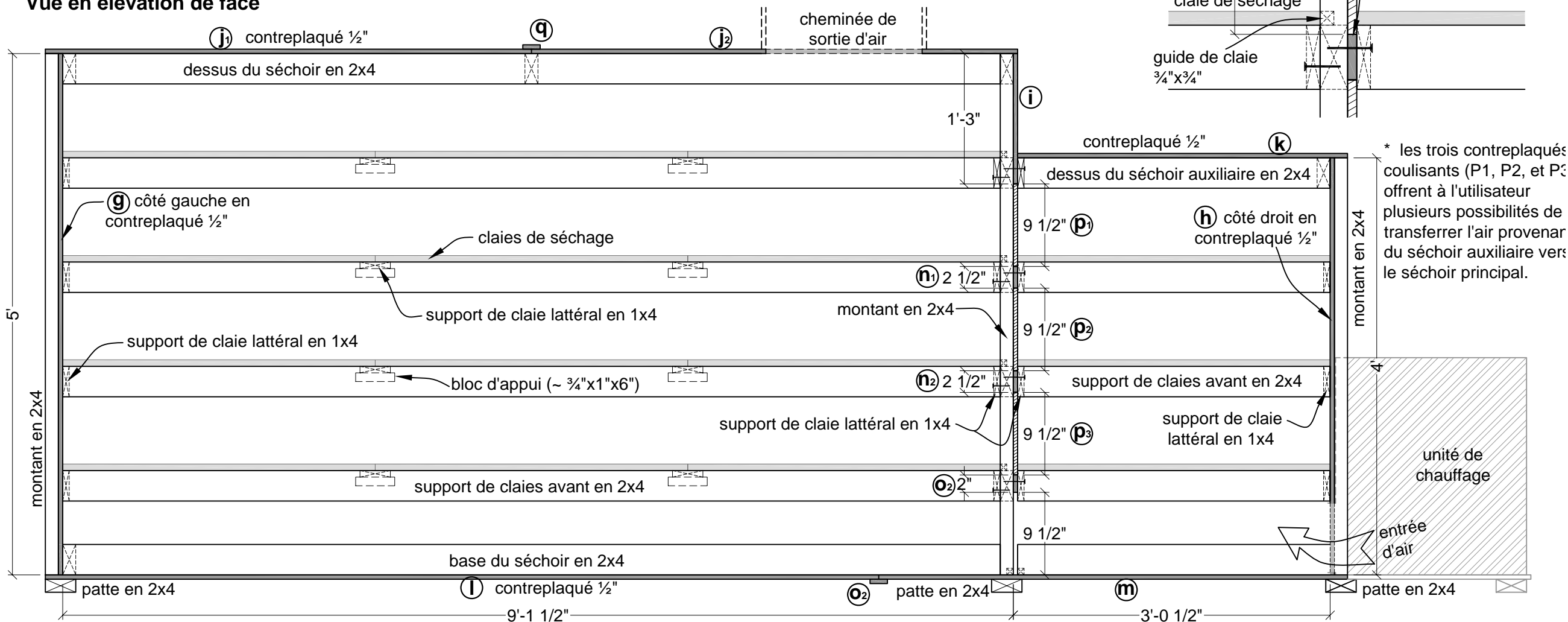
Plan de séchoir pour plantes médicinales

page 1 Vue en 3 dimensions
 page 2 Vue de l'ossature
 page 3 Vue en élévation de face
 page 4 Identification des coupes, coupe A-A
 page 5 Coupe B-B, coupe C-C
 page 6 Coupe D-D, coupe E-E, coupe F-F

page 7 Vue avant
 page 8 Vue arrière
 page 9 Vue côté gauche, détails des claies de séchage, vue côté droit
 page 10 Découpage du contreplaqué
 page 11 Choix de l'unité de chauffage et liste des matériaux

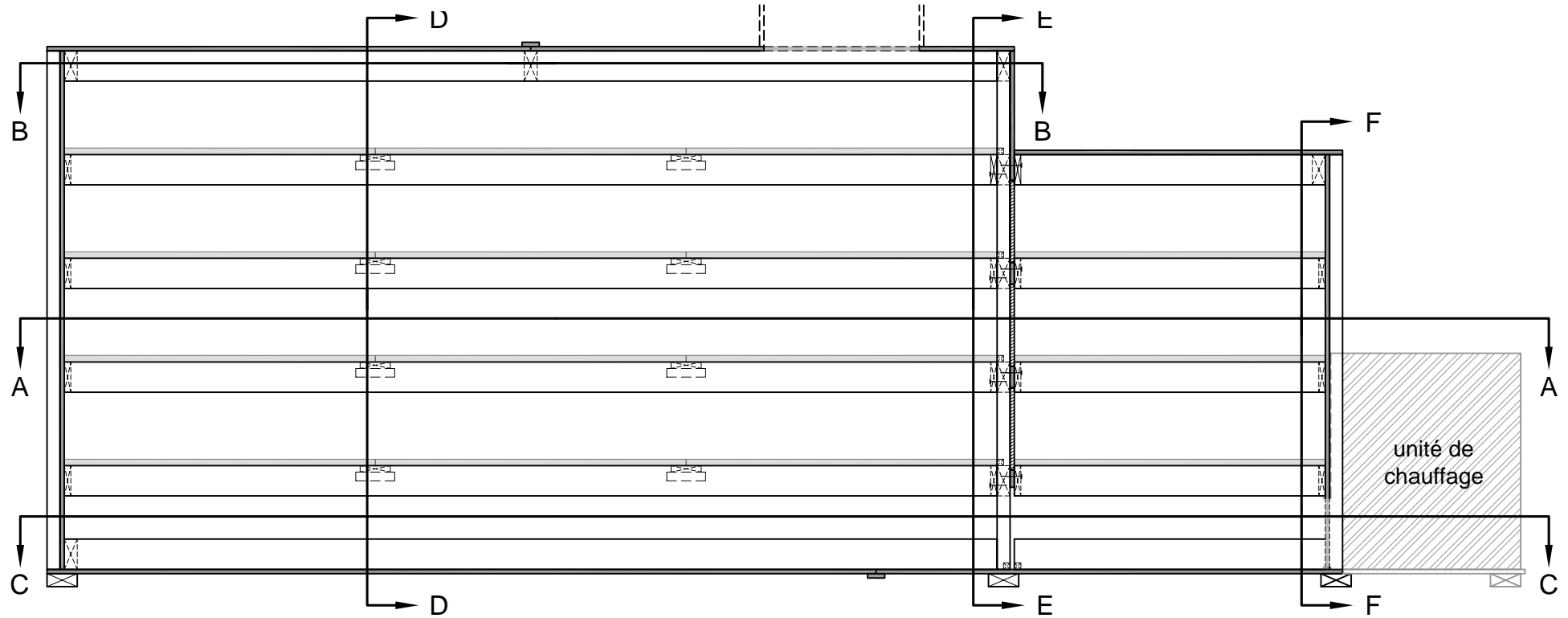


Vue en élévation de face

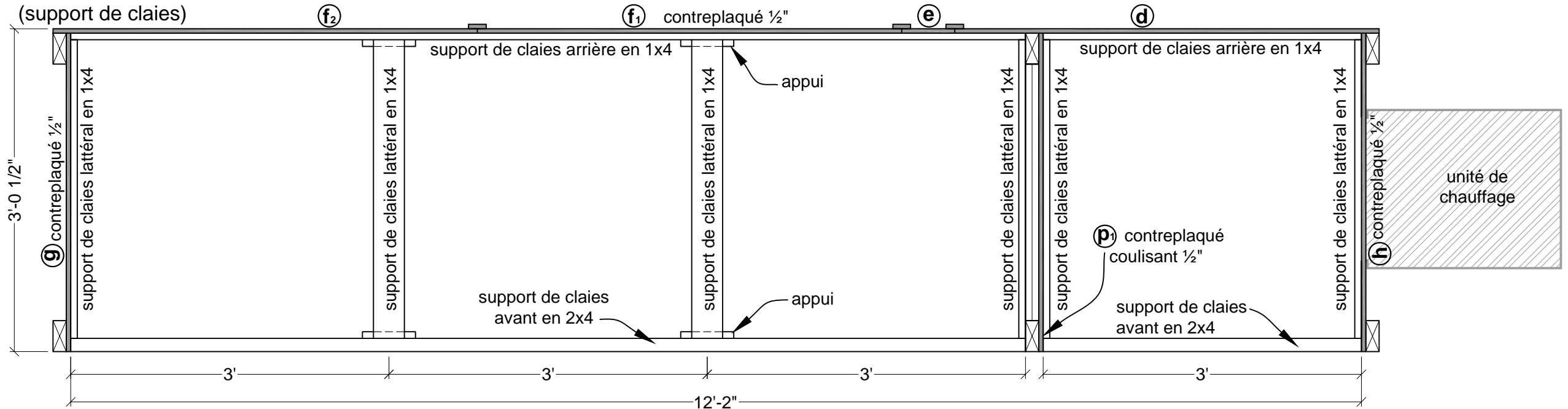


* les trois contreplaqués coulissants (P1, P2, et P3) offrent à l'utilisateur plusieurs possibilités de transférer l'air provenant du séchoir auxiliaire vers le séchoir principal.

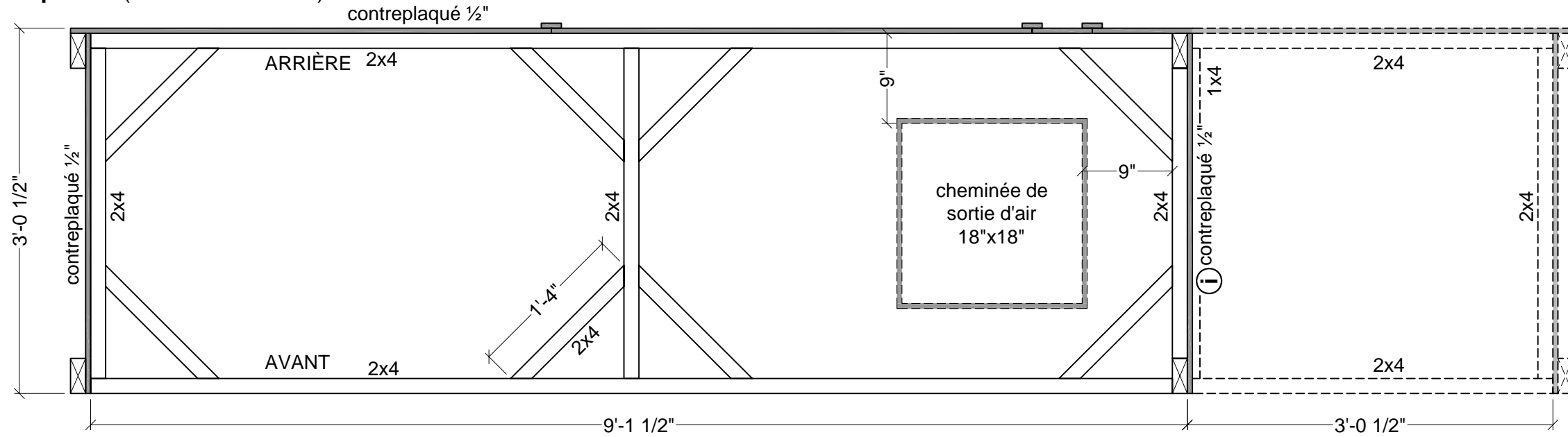
Vue en élévation
identification des coupes



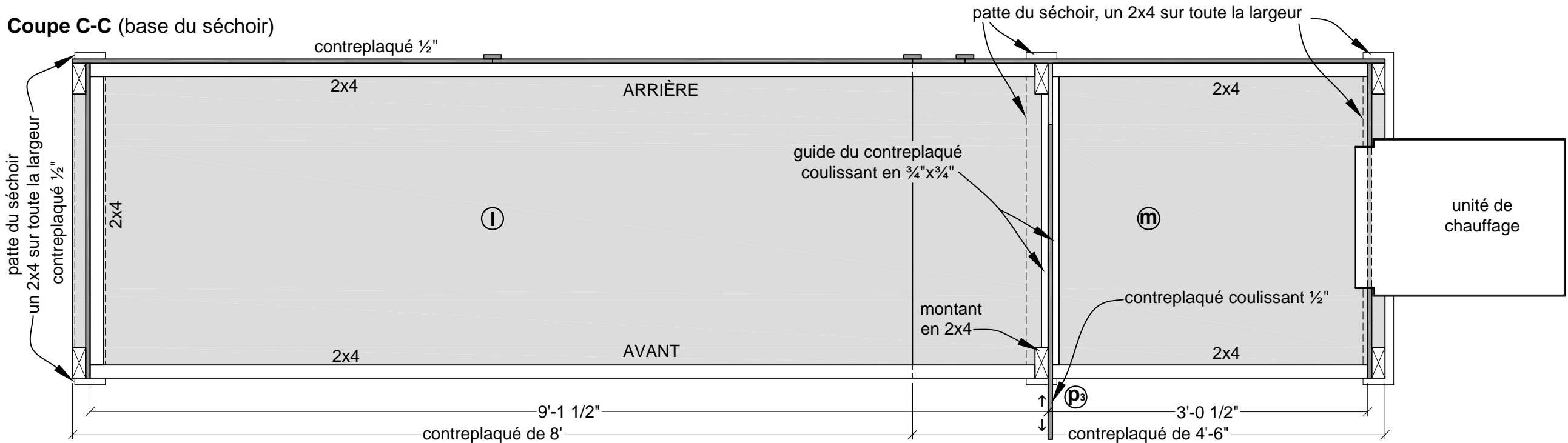
Coupe A-A
(support de claies)



Coupe B-B (dessus du séchoir)

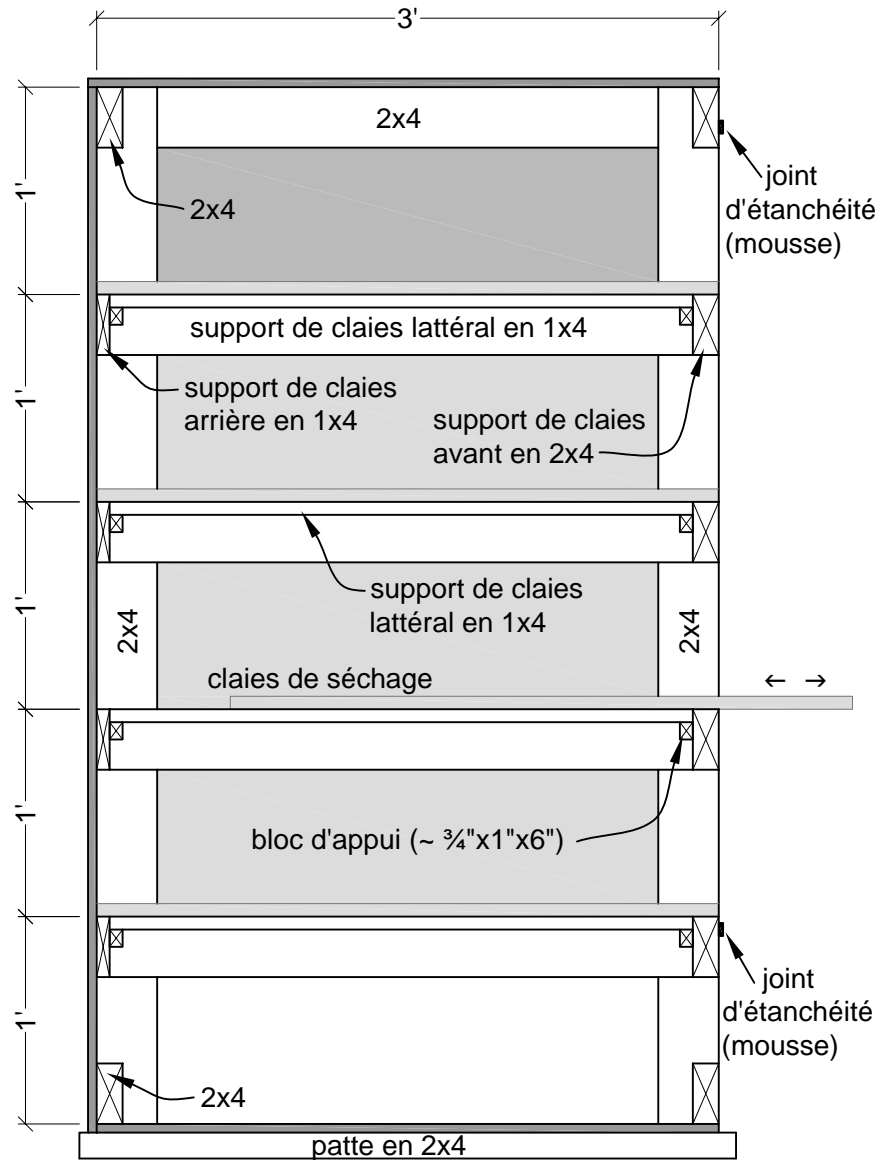


Coupe C-C (base du séchoir)



Coupe D-D

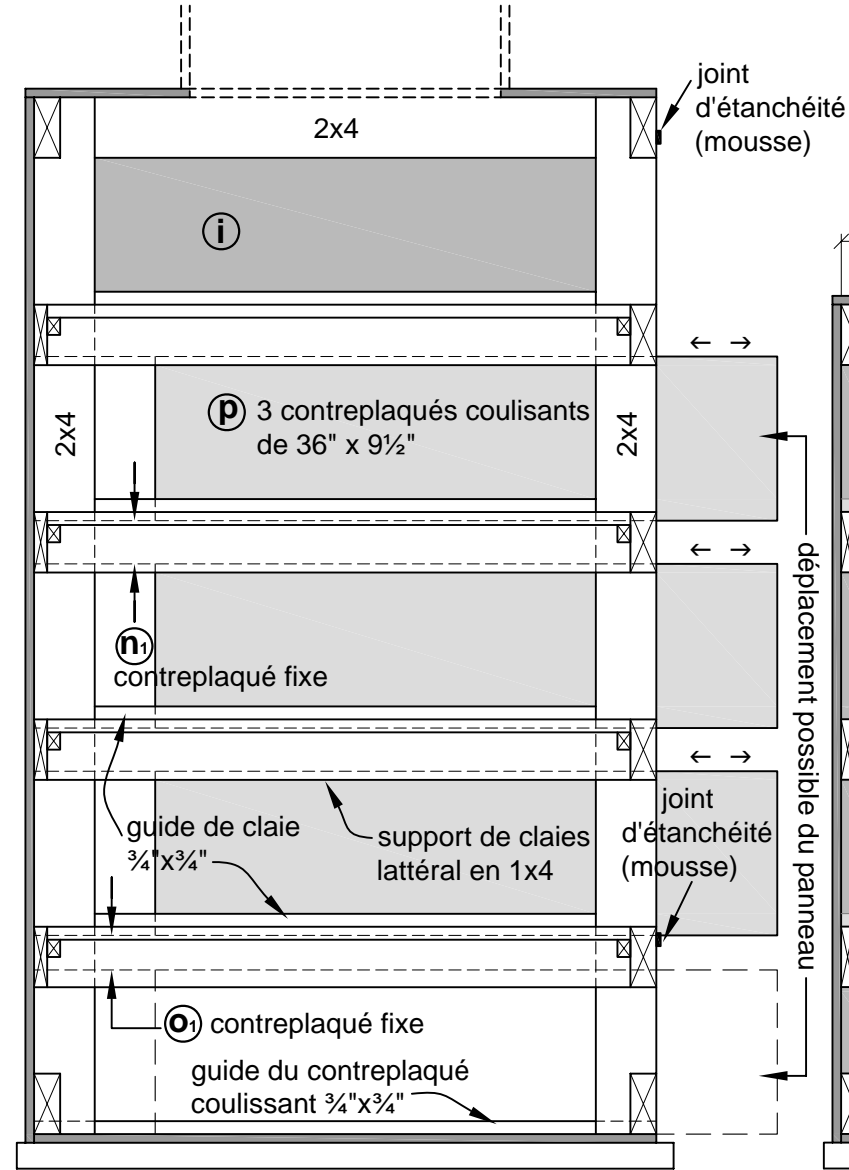
(support des claies du séchoir principal)



Coupe E-E

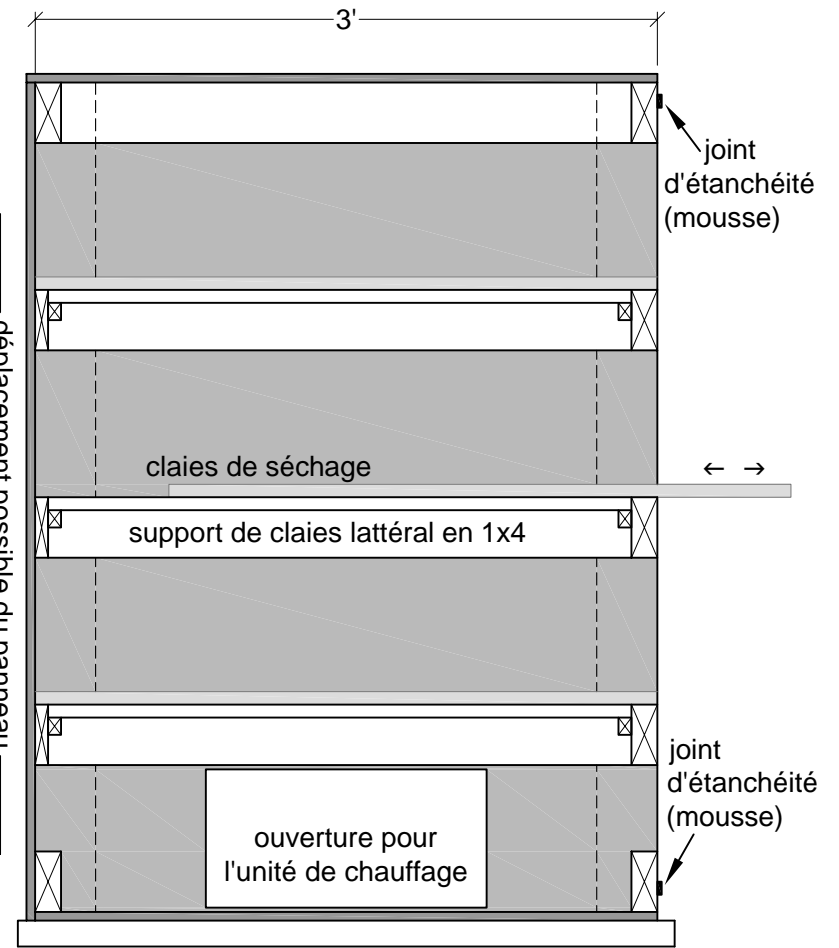
(entre le séchoir principal et le séchoir auxiliaire)

contreplaqué coulissant offrant diverses possibilités de transférer l'aire entre le séchoir auxiliaire et le séchoir principal.



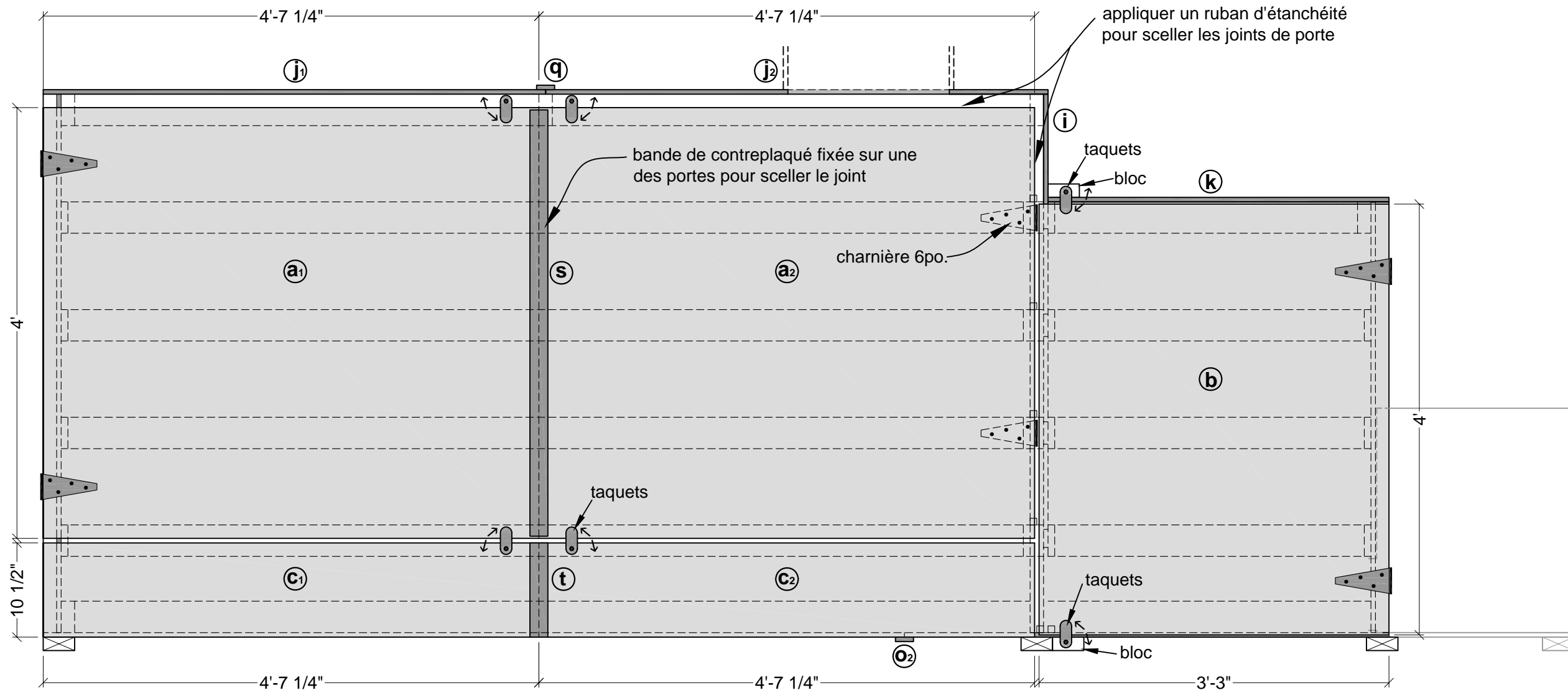
Coupe F-F

(support des claies du séchoir auxiliaire)



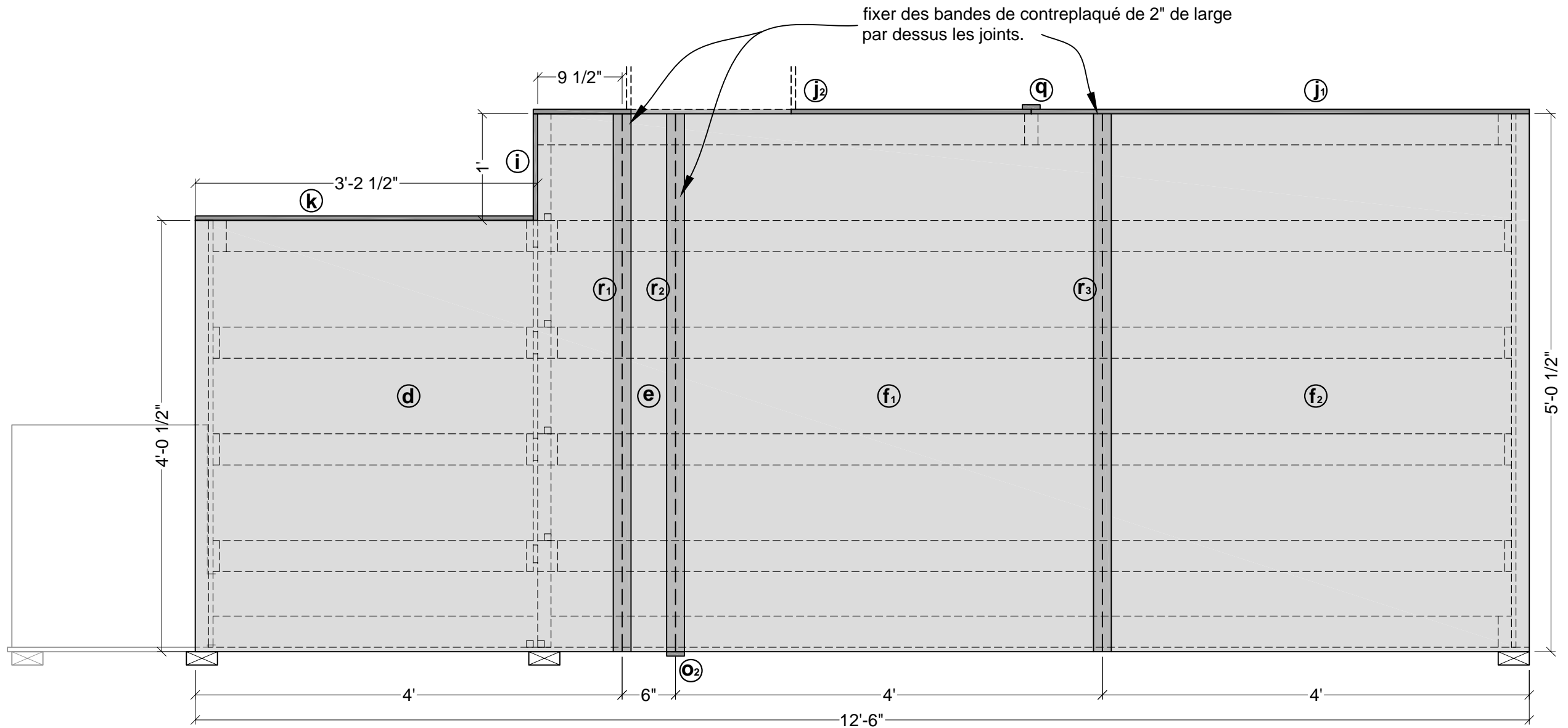
Vue avant

portes, dimension des contreplaqués

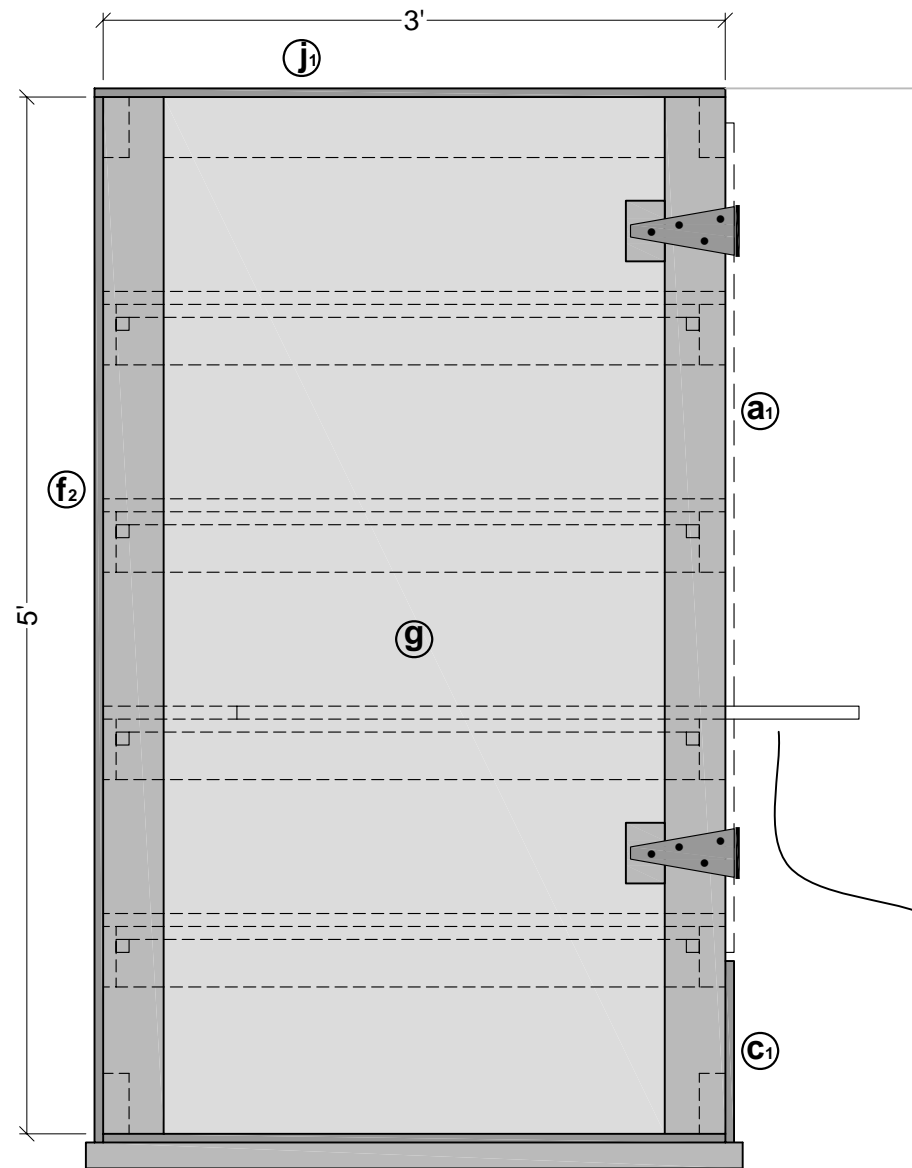


Vue arrière

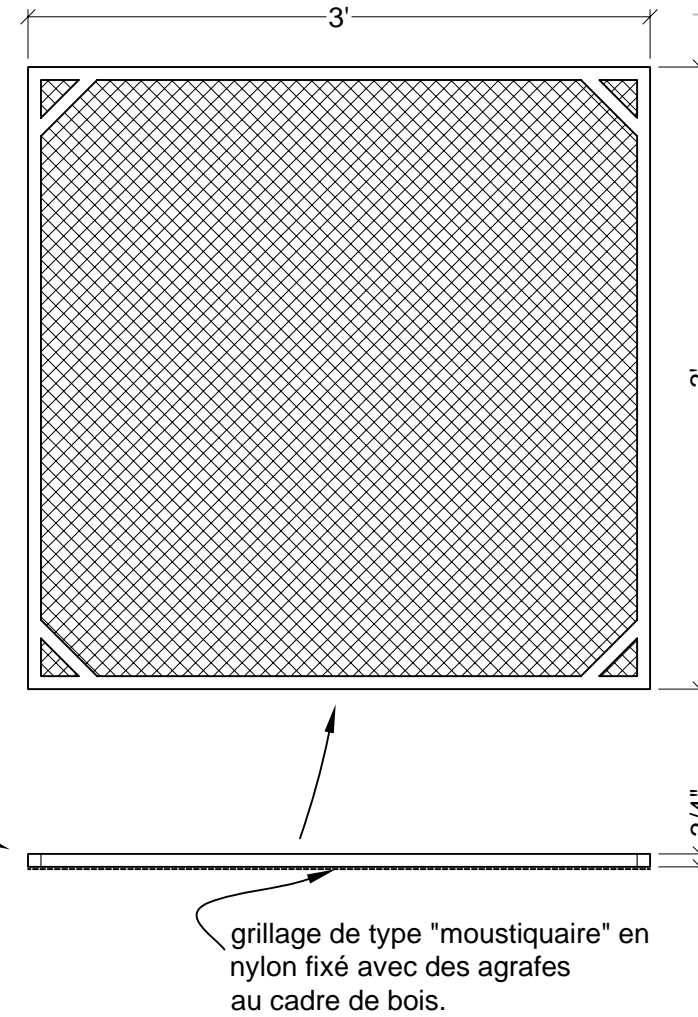
dimension des contreplaqués



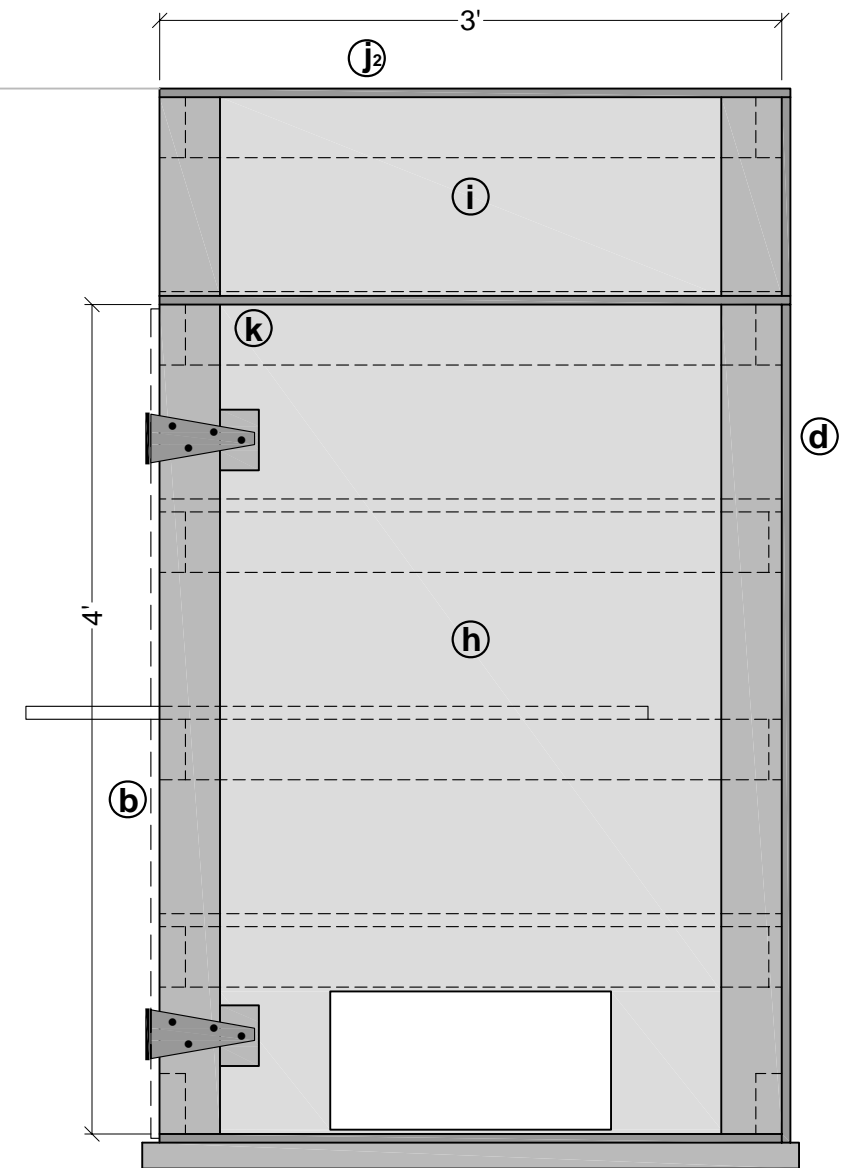
Vue du côté gauche



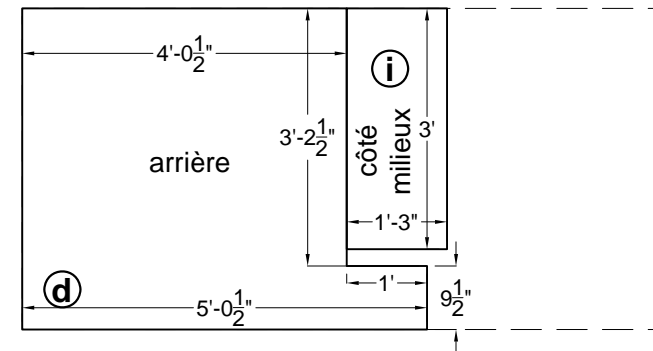
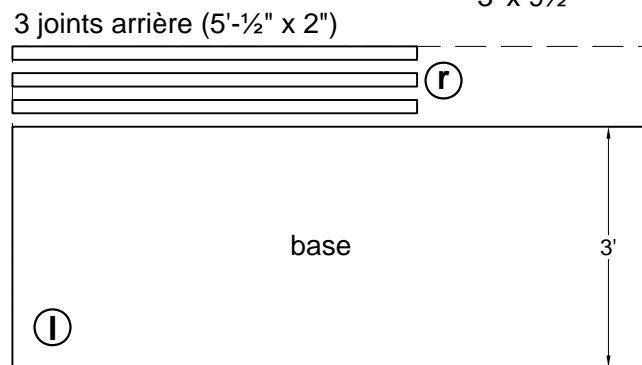
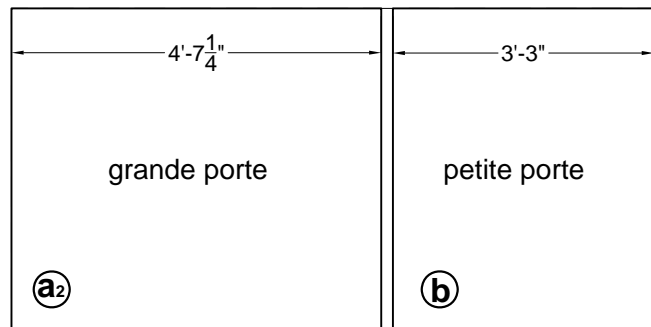
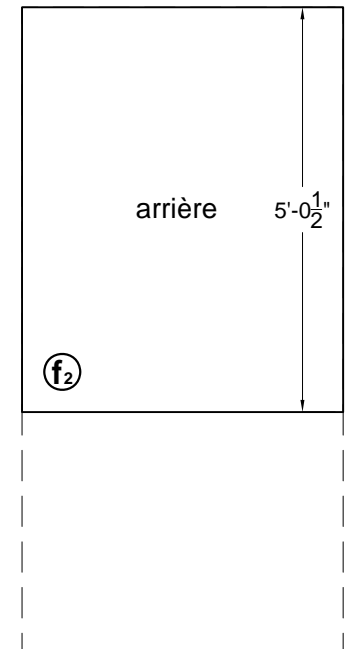
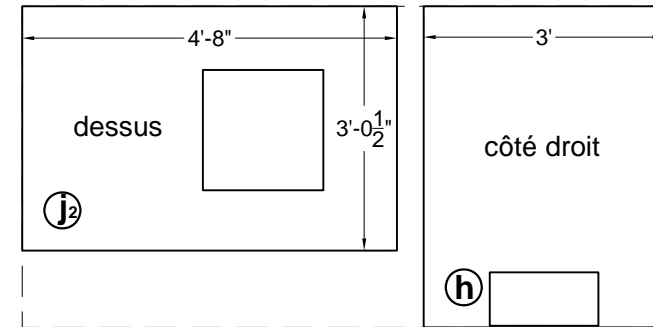
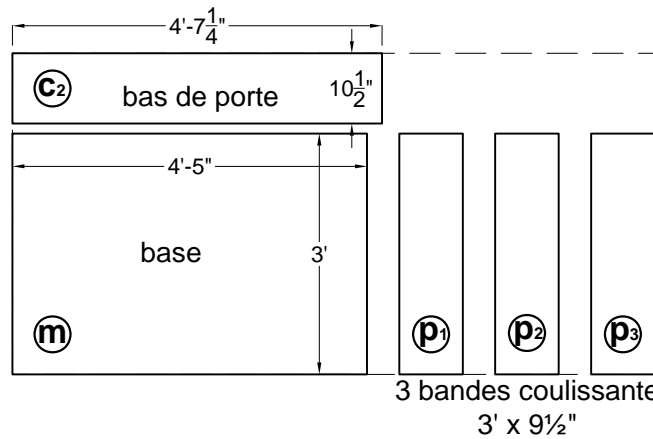
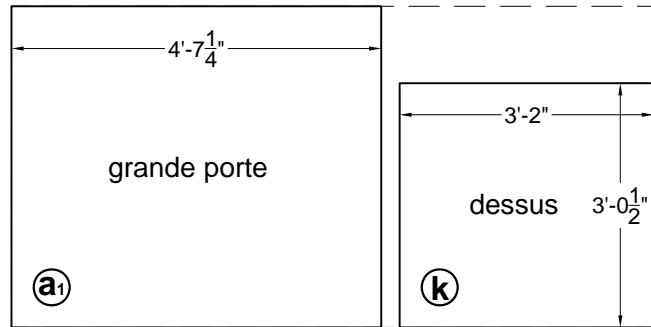
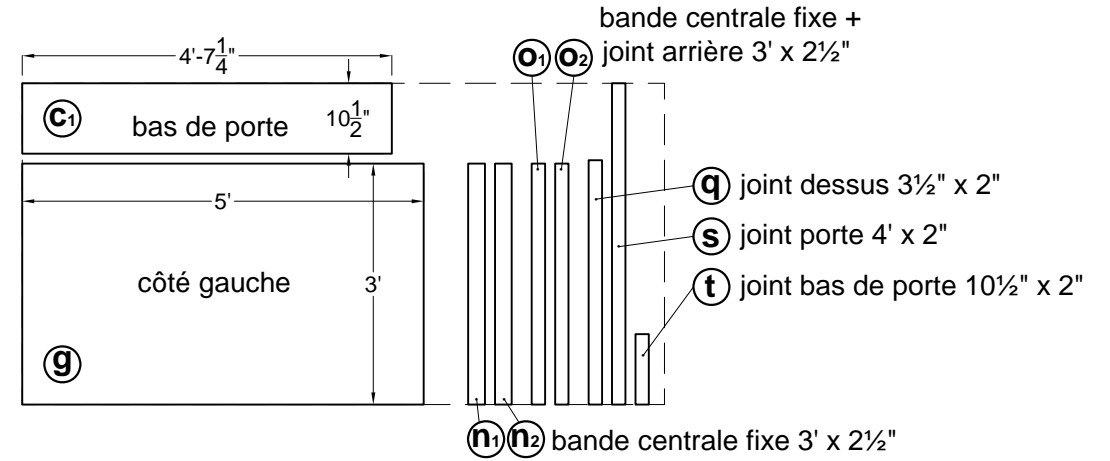
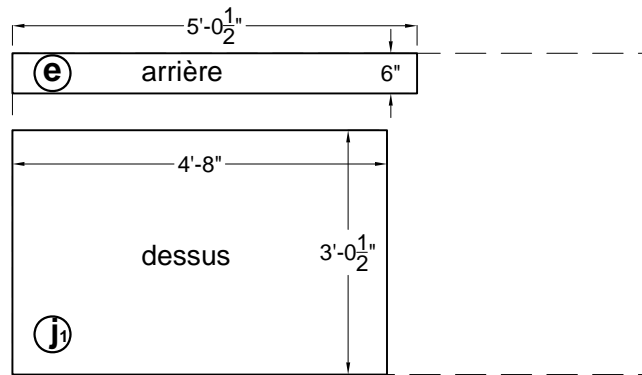
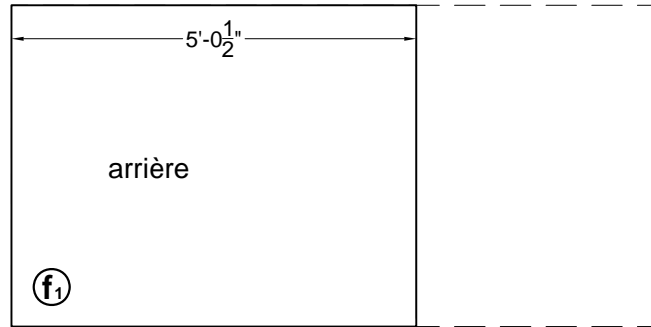
Détails des claies de séchage



Vue du côté droit



Feuille d'aide au découpage des 10 feuilles de contreplaqué de 1/2" d'épaisseur, 4' x 8'



Le séchoir apparaissant au plan présenté en annexe est de conception simple. Il ne possède aucun dispositif pour distribuer l'air chaud de façon uniforme. Le débit d'air et la température varient donc selon l'emplacement des plantes dans le séchoir. Pour bien connaître le fonctionnement du séchoir, il faut se référer aux résultats obtenus par le concepteur qui sont présentés dans la partie I. Un second plan de séchoir devrait être produit ultérieurement pour les producteurs qui désirent faire sécher uniformément une seule variété de plantes à la fois. Et, si on regarde plus loin, un séchoir plus sophistiqué, mais également plus dispendieux à construire, pourrait être conçu de façon à améliorer le rendement énergétique (diminution des coûts de séchage). Des techniques comme la recirculation de l'air de séchage et la déshumidification par condensation sont envisageables.

Au départ, le concepteur du séchoir a choisi une unité de chauffage d'une puissance de 4800 watts non modulables et qui ne répondait pas aux normes de sécurité. Cette unité a été remplacée par une unité conforme aux normes. De plus, cette nouvelle unité disponible facilement sur le marché, offre plusieurs paliers de chauffage et de ventilation ce qui donnent une plus grande flexibilité de séchage.. L'accès à un palier de ventilation et de chauffage supérieur permet, entre autres, de diminuer le temps de séchage, de sécher un plus grand volume de plantes, ou d'augmenter la température de séchage (pour le séchage des racines, par exemple).

Choix de l'unité de chauffage

Le concepteur du séchoir a choisi l'électricité comme source de chauffage puisqu'il s'agit d'un petit séchoir. D'autres sources de chauffage (propane, huile, etc.) peuvent également être utilisées, mais sont habituellement envisagées pour de plus gros séchoirs. Bien sûr, tout système de chauffage doit être installé par un professionnel qualifié pour des questions de sécurité et d'assurances. Les principaux critères à considérer pour choisir l'unité de chauffage à installer pour ce séchoir, sont les suivants :

1. L'unité de chauffage doit être approuvée par un organisme de certification reconnu (CSA, ULC, Intertek, ETL, Warnock Hersey, etc.) pour les conditions d'utilisation suivantes :
 - a) permet la présence de matériaux combustibles à la sortie de l'unité de chauffage (plenum et séchoir fabriqué en bois, plantes à sécher);
 - b) peut supporter un chauffage continu pendant plusieurs heures.**Important** : Les aérothermes vendus habituellement dans les quincailleries ne sont pas homologués pour une utilisation continue, ni pour pousser de l'air dans une conduite. De plus, aucun matériau ou produit combustible ne doit se trouver près de la sortie d'air chaud. **Ces aérothermes ne sont pas acceptés par les compagnies d'assurances pour être utilisés comme unité de chauffage dans un séchoir ou pour tout autre utilisation du genre.**
2. Pour une meilleure efficacité et flexibilité, une puissance de chauffage modulable est recommandée : un palier aux environs de 4000 watts et un palier aux environs de 8000 watts.
3. Pour une meilleure efficacité et flexibilité, on recommande également une soufflerie (ventilateur) à vitesses variables ou à plusieurs paliers de ventilation. Pour des puissances de 4000 et de 8000 watts, au moins deux paliers de ventilation sont recommandés : un premier aux environs de 350 pi³/min (CFM) et un second aux environs de 700 pi³/min (CFM)
4. L'unité de chauffage doit pouvoir supporter des températures pouvant atteindre 65 °C (149°F). L'échelle de température du thermostat qui est relié à l'élément chauffant doit couvrir minimalement des températures entre 10 et 65 °C.
5. Le contrôle de la vitesse du ventilateur, donc du débit d'air, doit pouvoir se faire manuellement.

Modèle d'unité de chauffage proposé

L'unité de chauffage proposée est, en fait, la partie « soufflerie » d'un système de conditionnement d'air vendu pour les habitations résidentielles à laquelle sont ajoutés les éléments suivants : un élément électrique chauffant (offert habituellement en option), un thermostat et un contrôle manuel de la vitesse du moteur de la soufflerie (ventilateur). Ces composantes sont disponibles chez la plupart des entrepreneurs en climatisation. En voici un exemple :

Marque : York

Module de soufflerie (ventilateur et boîtier)

Modèle MA08B de York. Choix parmi trois vitesses de moteur. Débit à 0,4 PCE (IWC) de pression statique : max 732 PCM (CFM), inter. 461 PCM (CFM) et bas 299 PCM (CFM). Température max. : 71 °C (160 °F)

Élément électrique

Modèle 4HK*6500806 de York (composante optionnelle). Deux puissances de chauffage : 3750 W et 7500 W.

Thermostat

Thermostat couvrant une échelle minimale de température entre 10 et 65 °C.

Modèle suggéré: A28AA37C de Johnson

Contrôle manuel

Un sélecteur 3 positions (basse, médium et haute). Le contrôle manuel de la vitesse du moteur de la soufflerie (ventilateur) permet de sélectionner manuellement une des trois vitesses du moteur.

Important : L'installation doit être faite par un entrepreneur électricien certifié.

Liste des matériaux

- 10 feuilles de contreplaqué en bois d'une épaisseur de ½"
 - 18 morceaux en épinette de 2x4x10'
 - 14 planches en épinette de 1x4x10'
 - 135 pi² de grillage moustiquaire
 - 6 charnières de porte
 - 50 pi de ruban d'étanchéité type mousse
 - clous, vis, scellant en tube
- Note : Utiliser du bois séché.

Prix du séchoir

- bois et quincaillerie	450 \$ (matériaux seulement)
- unité de chauffage	715 \$
TOTAL 1165 \$ + frais d'installation de l'unité de chauffage + taxes	