

# Séchage et conservation de l'ail



**Geneviève Legault, agr., M. Sc.**  
21 février 2019

# Introduction : séchage et conservation

- Défi majeur pour les producteurs du Québec ([sondage CRAAQ, MAPAQ, Ail Québec, décembre 2017](#))
- Impact majeur sur la qualité
- Critères de qualité recherchés : fraîcheur (apparence), saveur, calibre ([AQDFL, 2018](#))
- Actions : observations, échanges entre producteurs, mobilisation des ingénieurs, acquisition de connaissances des agronomes, prises de données!

# Développements : conditionnement, séchage et conservation

- **Hiver-Printemps 2018** : projet financé par l'Association Ail Québec et le MAPAQ : Revue de littérature et recommandations par Clément Vigneault, Ph. D., ingénieur, postrécolte des produits horticoles frais (PADAAR)
- **Été 2018 : suivi terrain**
  - MAPAQ : portrait *Fusarium spp.* et maladie café au lait (*Pseudomonas salomonii*) au Québec (SLSJ, Mauricie, Laurentides, Montérégie, Estrie, CDQ, Bas-St-Laurent)
  - Jenny Leblanc, agr., Jocelyn Marceau, ing., Yves Bédard, ing. (MAPAQ Québec et Chaudière-Appalaches) : plan de séchoir-conditionneur à air forcé aspiré et suivi (PADAAR)
  - Laboratoire diagnostic et MAPAQ de l'Estrie : conditionnement thermique pour le contrôle des maladies de l'ail
  - Clément Vigneault : validation de la littérature et hypothèses en collaboration avec des producteurs

# Chantiers de récolte et post-récolte

- Récolte
- Pré-séchage au champ (optionnel)
- Coupage des tiges et racines
- Séchage
- Entreposage
- Brossage et classement
- Emballage
- Vente



**Conditionnement**

# Temps de travail

## Temps de travail : Ail, opérations semi-mécanisées

Opérations de récolte et postrécolte	Temps (h/ha)	Temps/temps total (%)
Récolte bulbes (souleuse tractée)	107	6%
Pré-séchage au champ (optionnel)	-	
Transport des plants	319	17%
Coupage tiges et racines (manuel)	123	6%
Séchage	-	
Nettoyage, triage, entreposage	420	22%
Emballage en sachets de 115 g	383	20 %
Ventes	Variable	
<b>Total</b>	<b>1352</b>	<b>70%</b>
<b>Temps total de production (ail semi-mécanisé)</b>	<b>1919</b>	

# Ail séché : quel produit, quel marché ?



# Qualité et conservation de l'ail

**Le potentiel de conservation de l'ail dépend principalement de :**

- La variété,
- L'état phytosanitaire des plants et des bulbes,
- La maturité de l'ail à la récolte,
- Les conditions climatiques de croissance et de maturation,
- Les conditions de conditionnement et de séchage,
- Les conditions d'entreposage.



## L'ail : comment le sécher et le conserver

Mario Leblanc, M.Sc., agr.

L'ail n'a pas que son goût de singulier; c'est également une plante dont la physiologie est très particulière. Tout comme son proche parent l'oignon, ce légume est, durant son développement, fortement influencé par plusieurs facteurs environnementaux tels que la longueur du jour, la température ou l'humidité. Même les conditions requises pour sa conservation sont particulières. Alors que la majorité des légumes racines nécessitent des taux d'humidité très élevés et des basses températures, l'ail a besoin d'une humidité ni trop élevée, ni trop basse, et bien que l'on puisse aussi le conserver au froid, une température avoisinant les 20 °C est couramment utilisée. Avant d'être entreposés, les bulbes doivent aussi être rapidement et soigneusement séchés afin de prévenir toute détérioration subséquente. Ce texte présente les informations de base permettant de bien sécher et conserver ce légume, qui n'a rien d'ordinaire.

### Le séchage

Dès que l'ail est récolté, il faut s'assurer de le sécher adéquatement et rapidement. Ce séchage, en plus de permettre à la variété utilisée de développer sa coloration caractéristique, a pour but de prévenir le développement des maladies. Il est particulièrement utile pour le contrôle de la pourriture du col, une maladie commune qui progresse de la base des feuilles extérieures vers l'intérieur du bulbe. Si le séchage est suffisamment rapide, le pathogène n'aura pas le temps de se rendre à la partie commercialisable et restera piégé dans les enveloppes extérieures. Un séchage rapide permet également de stopper le développement des taches noires attribuables à *Embellisia* (suie de l'ail). Le développement de la moisissure verte (*Penicillium*), une maladie qui survient pendant l'entreposage, est généralement relié à un séchage incomplet.

On considère qu'un bulbe d'ail est sec lorsque toutes ses pelures, incluant le collet, sont parfaitement sèches de même que la structure interne (les restes du plateau racinaire) sur laquelle sont fixés les caïeux. Seuls ces derniers doivent demeurer humides et turgescents. Un bulbe d'ail après séchage devrait avoir perdu 35 à 40 % de son poids initial. Si le feuillage a été conservé au moment de la récolte, il doit bien entendu être sec et cassant. À ce stade, il n'y a plus de risque d'introduction de maladies via l'extérieur des bulbes puisqu'il n'y a plus de tissu humide propice à la croissance des pathogènes. Étant donné que les pelures rétrécissent en séchant, un bulbe dont le collet est sec devient aussi relativement étanche à l'humidité et aux gaz (oxygène et CO<sub>2</sub>). Cette étanchéité est également essentielle pour assurer la conservation à long terme du bulbe.

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour sécher l'ail. Comme pour l'oignon, on peut le pré sécher au champ en andains pour une période d'une à deux semaines. Cette méthode est





# Rappel : l'ail, bien différent des autres légumes

- L'ail doit être séché pour assurer sa conservation
- L'ail doit être entreposé à une humidité relative de 50 à 70 %
- La température d'entreposage ne doit pas se situer entre 5 et 15 °C, ce qui fait lever la dormance et germer l'ail

# Problématiques phytosanitaires rencontrées en entreposage au Québec :

Diagnostic	Origine	Présent	Températures de croissance optimale et limite de développement
<p><i>Fusarium spp.</i>  <i>Fusarium proliferatum</i> (60 %)  <i>Fusarium oxysporum</i> (30 %)  <i>F. acuminatum</i>, <i>F. commune</i>,  <i>F. solani</i> (Lab diagno. 2018)</p>	Blessures, semences, spores dans le sol (maladie de faiblesse)	Champ, entrepôt	25 à 28 °C (Pas de développement: $\leq 5$ à $10$ °C et $\geq 40$ °C ) (Ctifl, 2012; Vigneault, 2018)
<p><i>Botrytis porri</i>            Pourriture du col</p>	Sol contaminé (sclérotés), blessures, semences	Champ, entrepôt	Températures froides et humidité très élevée ( <i>Botrytis</i> sp. pas de développement $\geq 36$ °C) (Ctifl, 2012; Ellerbrock et Lorbeer, 1976; Magarey et al, 2005)
<p><i>Botrytis cinerea</i></p>	Spores dans l'air	entrepôt	Températures fraîches et humidité très élevée
<p><i>Botrytis allii</i>            (pas de confirmation de présence au Québec)</p>	Blessures, semences, ne peut pas infecter les tissus sains	Champ, entrepôt	Peut se développer à une température aussi basses que $-4^{\circ}\text{C}$ , HR élevée, <i>Botrytis</i> sp. pas de développement $\geq 36$ °C

# Problématiques phytosanitaires rencontrées en entreposage au Québec :

Diagnostic	Origine	Présent	Températures de croissance optimale et limite de développement
<i>Embellisia allii</i> Maladie de la tache de suie	Spores dans l'air à partir des résidus végétaux, sol et caïeux	Entrepôt	20 à 25 °C (Aucun développement : $\leq 8$ °C et $\geq 30$ à 40 °C) (Ctifl, 2012; Vigneault, 2018)
<i>Penicillium sp.</i> Moisissure bleue verte	Par contact avec le matériel contaminé, blessures, semences, pas de persistance dans le sol	Champ à l'émergence, entrepôt	Peut sporuler à des températures aussi basses que -2 °C, <i>Penicillium allii</i> max 32 °C, d'autres espèces peuvent résister jusqu'à 40 °C.
Acarien <i>Aceria tulipae</i> (rare)	Champ, semences	Champ, entrepôt	25 °C ( $\leq 6$ °C et $\geq 45$ °C)
Bactéries	Champ, semences	Champ, entrepôt	Températures optimales variables selon l'espèce: entre 25 et 35 °C

# Autres causes affectant la qualité de l'ail

- **Virus** : transmis par vecteurs (pucerons, acariens, thrips), se répandent avec une semence contaminée. Une fois infecté, le plant ne peut pas s'en débarrasser.
- **Nématodes** *Ditylenchus dispaci* : traitement thermique à l'eau chaude 49 °C pendant 20 minutes
- Principale maladie destructrice de l'ail : *Sclerotium cepivora* (pourriture blanche), peu présente au Québec, peu d'info
- Bactéries : absence de *Pseudomonas salomonii* (Maladie café au lait) au Québec, autres espèces peu documentées dans l'ail au Québec

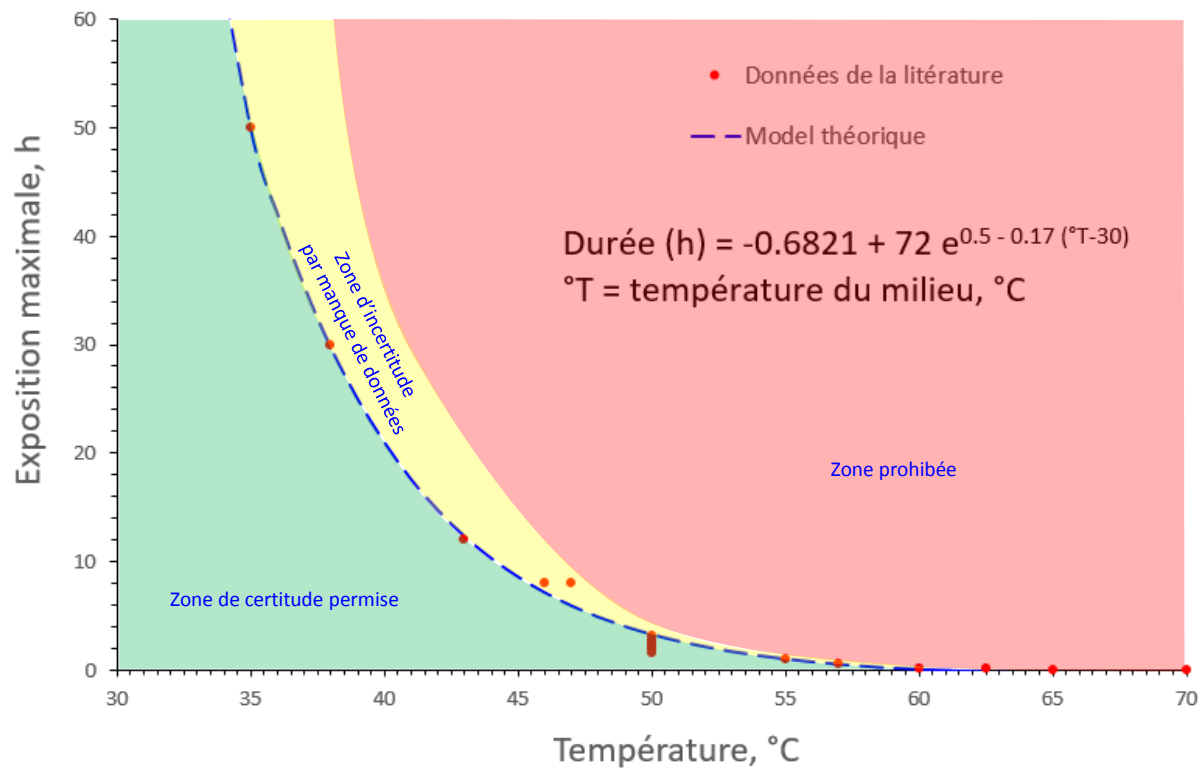
# Traitement thermique à l'air chaud

- Objectif : diminuer le développement de *Botrytis*, *Fusarium*, *Embellisia*, *Penicillium* pendant l'entreposage
- Traitement thermique à la récolte + séchage adéquat
- L'air sec assèche l'ail au lieu de le réchauffer, c'est donc plus efficace de chauffer la masse d'ail avec de l'air humide. Le traitement thermique doit donc se faire avant le séchage.
- Effet sur les pathogènes à valider (aucun, progression stoppée ou mortalité)
- Selon la théorie, viser les températures les plus élevées possibles sans endommager l'ail (résistance thermique de l'ail)
- Plus le temps d'exposition à des températures élevées augmente, plus il y a de risques de perte de composés aromatiques (Bayat *et al.* 2010)

# Tolérance thermique de l'ail (air chaud)

- Essais traitement thermique à l'air chaud à la récolte (2018) :
  - 34 à 37 °C pendant 18 à 24 h (4 essais en 2018)
- En théorie, l'ail serait résistant à 40 °C pendant 18 h et 47 °C pendant 8 h selon une courbe de tolérance thermique (Vigneault, 2018, non publié)
- Essai sur 50 caïeux 47 °C pendant 8 h : 98 % germination (Vigneault, 2018, non publié)
- Pas de pertes jusqu'à 45 °C pendant 7 jours (Bayat *et al.* 2010)
- Max. : 50 °C pendant 2 h (Schulz, Hänsel and Tyler, 2001)

## Tolérance thermique de l'ail



Source: Vigneault, 2018, non publié.

# À quelle température sécher?

- **Leblanc, 2014** : 3 semaines : 30 °C les premiers jours; puis 20 à 25 °C, air 0,13 m·s<sup>-1</sup>
- **Ware, 2015** : 2 à 3 semaines, 27 °C, HR<55 %, air 1 m·s<sup>-1</sup>
- **Agratechniek (Hollande)** : 21 jours, 22 °C, HR< 45 %
- **Proposition de Vigneault, 2018** pour le Québec :

Phase	Température	Temps	Humidité relative
1- Traitement thermique	38 °C	1 jour (24 h)	Non contrôlée
2- Séchage	20 à 22 °C	20 jours	60 à 65 %



# Séchage au frais ou au chaud ?

	Avantages	Inconvénients
Séchage au frais : 20 à 22 °C	<ul style="list-style-type: none"><li>- Séchage plus lent : translocation des sucres et fermeture du collet (demande de 10 à 12 jours)</li><li>- Pas de multiplication des bactéries</li><li>- Température basse aide à conserver les composés aromatiques de l'ail</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Effet sur <i>Embellisia allii</i> ?</li><li>- Nécessite d'abaisser la température de l'air d'entrée extérieur le jour et chauffer l'air d'entrée la nuit</li><li>- Demande de gérer l'humidité (déshumidificateur, climatiseur, unité réfrigération)</li><li>- Installation plus onéreuse</li></ul>
Séchage au chaud : 27 à 32 °C	<ul style="list-style-type: none"><li>- Réduction du <i>Botrytis</i></li><li>- Effet sur <i>Fusarium?</i> et <i>Penicillium?</i></li><li>- En chauffant, facile d'assécher l'air extérieur et l'air de recirculation</li><li>- Acquisition d'équipements plus économiques</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Augmente l'acarien <i>Aceria tulipae</i> et bactéries (si présents)</li><li>- Séchage trop rapide : attention à la perte de poids des bulbes</li><li>- Une température élevée (35 °C maintenu pendant 7 jours) a influencé le contenu en composés aromatiques (Bayat <i>et al.</i> 2010)</li></ul>

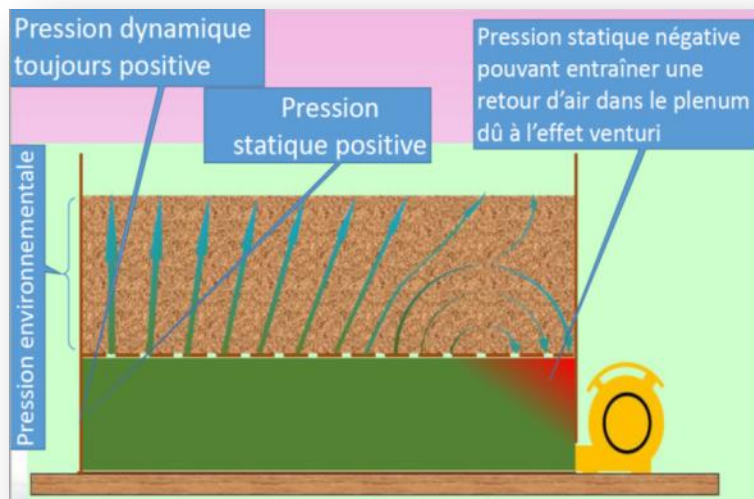
# Comment sécher?

- Séchage passif

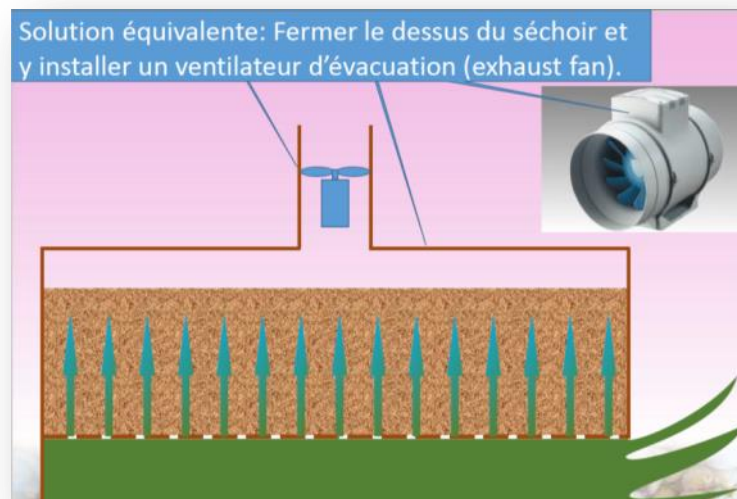


# Comment sécher?

**Air forcé : pulsé (pression positive)**

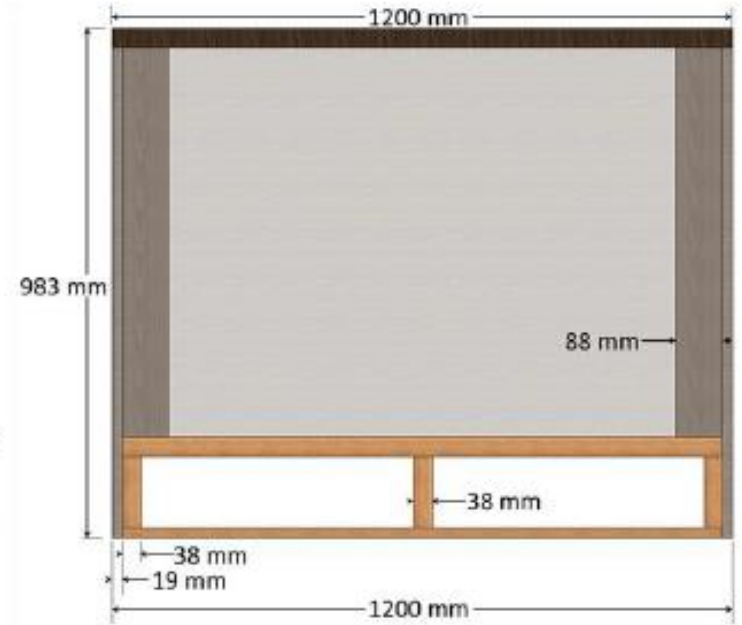
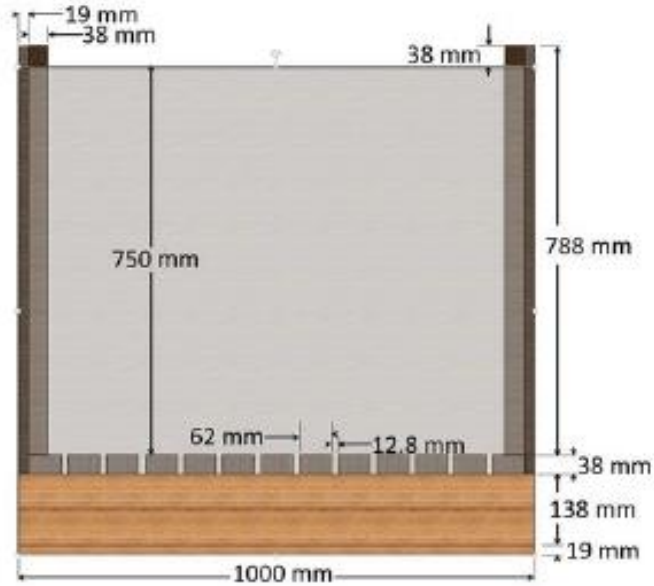


**Air forcé : aspiré (pression négative)**



Tiré de la présentation de Clément Vigneault « Comment bien sécher sa récolte d'ail », Journée provinciale sur l'ail 2018.

# Systeme en palox



Jocelyn Marceau, ing. ,MAPAQ (2018)

# Essai de traitement thermique à l'air chaud

- **Traitement thermique à la récolte** : 37 °C pendant 24 h
- Séchage: 22 à 24 °C; HR 45 à 57 %; 21 jours
- Entreposage : 17 °C; HR 55 à 60 %

Méthodologie : 5 échantillons de 6 bulbes coupés (portion plateau racinaire + caïeux), analysé à 4 périodes = 20 échantillons (30 bulbes)



# Ferme Marydan, Estrie





Conditionneur



Séchoir

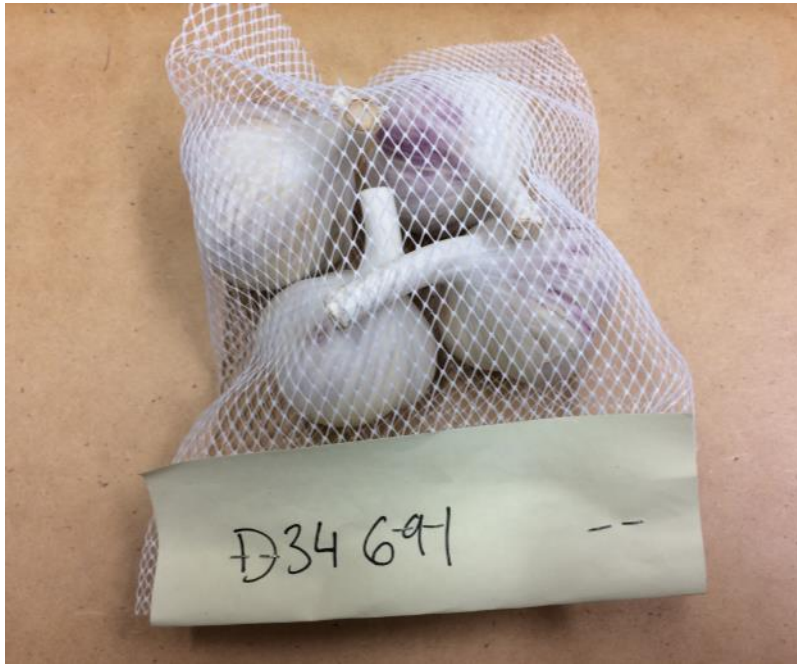


Photos : MAPAQ

Fin août (après séchage)

Québec 





Photos : MAPAQ

Fin novembre (3 mois entreposage)

Québec 

# Essai traitement thermique à l'air chaud

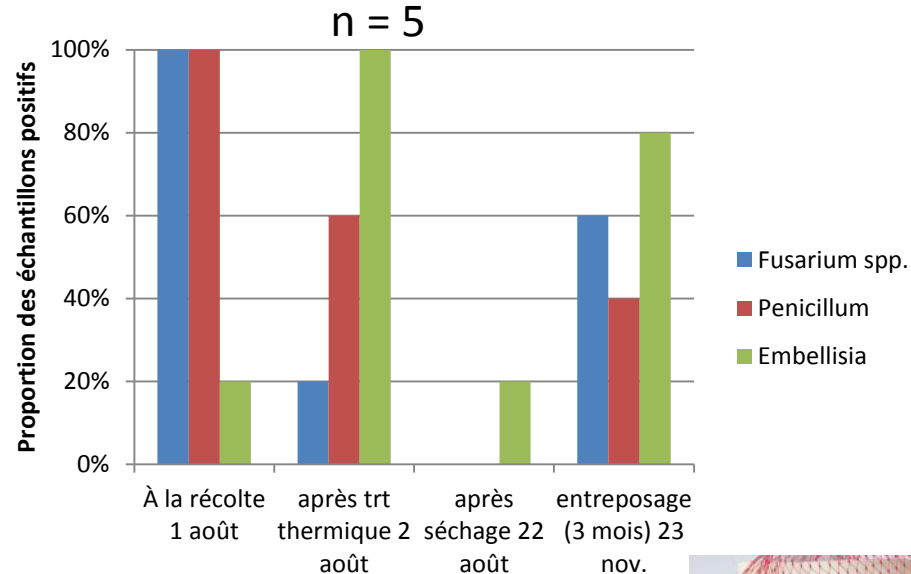
- Après trt thermique et séchage :  
disparition *Fusarium* et *Penicillium*
- Après 3 mois, réapparition *Fusarium* et *Penicillium*, augmentation *Embellisia* mais apparence visuelle très belle

*Fusarium* spp:

80 % *F. proliferatum*, 20 % *F. oxysporum*

Absence: *Botrytis*

Présence: bactéries\* (90 % échantillons à la récolte) et 1 *Ditylenchus* (5 % des échantillons)



↑  
Délai 15 jours entre  
prélèvement et analyse  
(conservé au frigo à 4 °C)



\* *Enterobacter cloacae* et *Pantoea agglomerans*

# Quand l'ail est-il sec?

1. Au toucher : plateau racinaire sec, absence d'humidité entre les caïeux, faciliter à séparer les caïeux du plateau (craquage)
  2. Stabilisation du poids : moins de 0,2 % de perte de poids sur 2 jours (ex. : perte de moins de 20 g/kg en 2 jours sur une moyenne de 3 pesées)
- Perte de poids attendue : 25 à 40 % du poids du bulbe humide (taux MS 40 à 50 %)

# Combien de temps pour sécher l'ail ?

- Temps dépend du taux d'humidité au départ (Bayat *et al.* 2010)
- Temps dépend de la température et de l'humidité relative du procédé
- Maturation physiologique : 10 à 12 jours (Ctifl, 2012)
- Viser 21 à 25 jours à l'air forcé à 22 °C
- Séchage passif : 4 semaines et plus

# Entreposage en fonction de la mise en marché

Au chaud  
(15-21 °C- viser 17-18 °C)

- Ventes : août à février, baisse de qualité par la suite
- Perte de poids de 20 % en 7 à 9 mois d'entreposage
- Maintien de la dormance (ne germe pas)
- Maladies et acariens continuent à se développer

Au froid  
(-1 °C à 0 °C )

- Ventes pendant 10 à 12 mois
- Levée de la dormance au retour au chaud
- Certaines maladies peuvent poursuivre leur développement (*Penicillium*, *Botrytis allii*)
- Pertes de poids estimée 7 % après 9 mois en raison de la respiration de survie de l'ail

Surrefroidissement\*  
(-4 °C à -0,8 °C )

- Ventes pendant 10 à 12 mois (plus ?)
- Levée de la dormance au retour au chaud
- Aucune perte de poids, pas de développement de maladies

\*supercooling (James et al, 2009; 2011)

Humidité relative entre 50 et 65 %

# Important : période d'entreposage

- Ne jamais laisser condenser l'humidité sur les bulbes (occasionné par les variations de température)
- Maintenir une ventilation pendant l'entreposage (discontinue) ce qui assure l'uniformité de la température et de l'humidité, changer l'air chargé de CO<sub>2</sub> autour des bulbes
- Distancer les boîtes des bords de murs et entre elles de 10 à 15 cm
- Salubrité (dangers chimiques, bactériologiques, physiques)

# Conclusion

- Diagnostiquer les problématiques causant les pertes
- Assainir la semence
- Ajouter un traitement thermique à la récolte
- Contrôler l'environnement de séchage et d'entreposage



Prendre des données

Phase	Température	Temps	Humidité relative
1- Traitement thermique	38 °C	1 jour (24 h)	Non contrôlée
2- Séchage	20 à 25 °C	15 à 25 jours	50 à 65 %
3- Entreposage	17 à 18 °C	7 mois	60 à 65 %

# Remerciements

- Clément Vigneault, ing. postrécolte des produits horticoles frais
- Jocelyn Marceau, ing., Yves Bédard, ing., Jenny Leblanc, agr., MAPAQ
- Association des producteurs Ail Québec
- Entreprises : Ferme Marydan, Potager Marcoux, Le Petit Mas, La Chatouilleuse, Ferme gastronomique chez Anouk, Ferme aux p'tits oignons et autres participants
- Laboratoire de diagnostic en phytoprotection (Nancy Shallow, Ann-Marie Breton, Julien Vivancos, Antoine Dionne)
- Collègues au MAPAQ (Sam Chauvette, Philippe-Antoine Taillon, Mario Leblanc, Marie-Pascale Beaudoin, Isabelle Couture, Jonathan Roy)
- Marie-Thérèse Charles, AAC
- Françoise Rodrigue



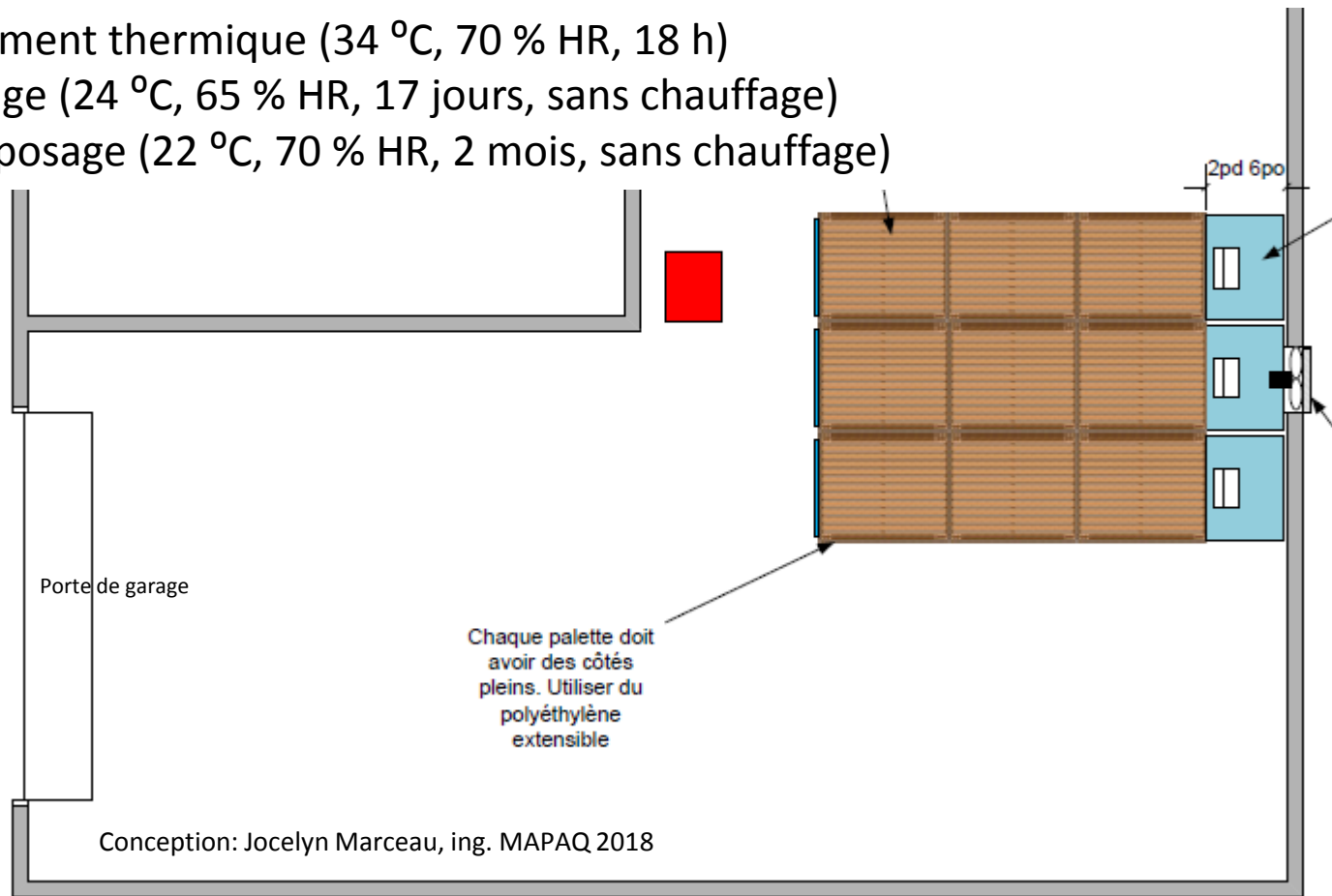
# Exemples de systèmes de conditionneurs et/ou séchoirs

# Conditionneur/séchoir en pression négative (3000 kg d'ail humide)

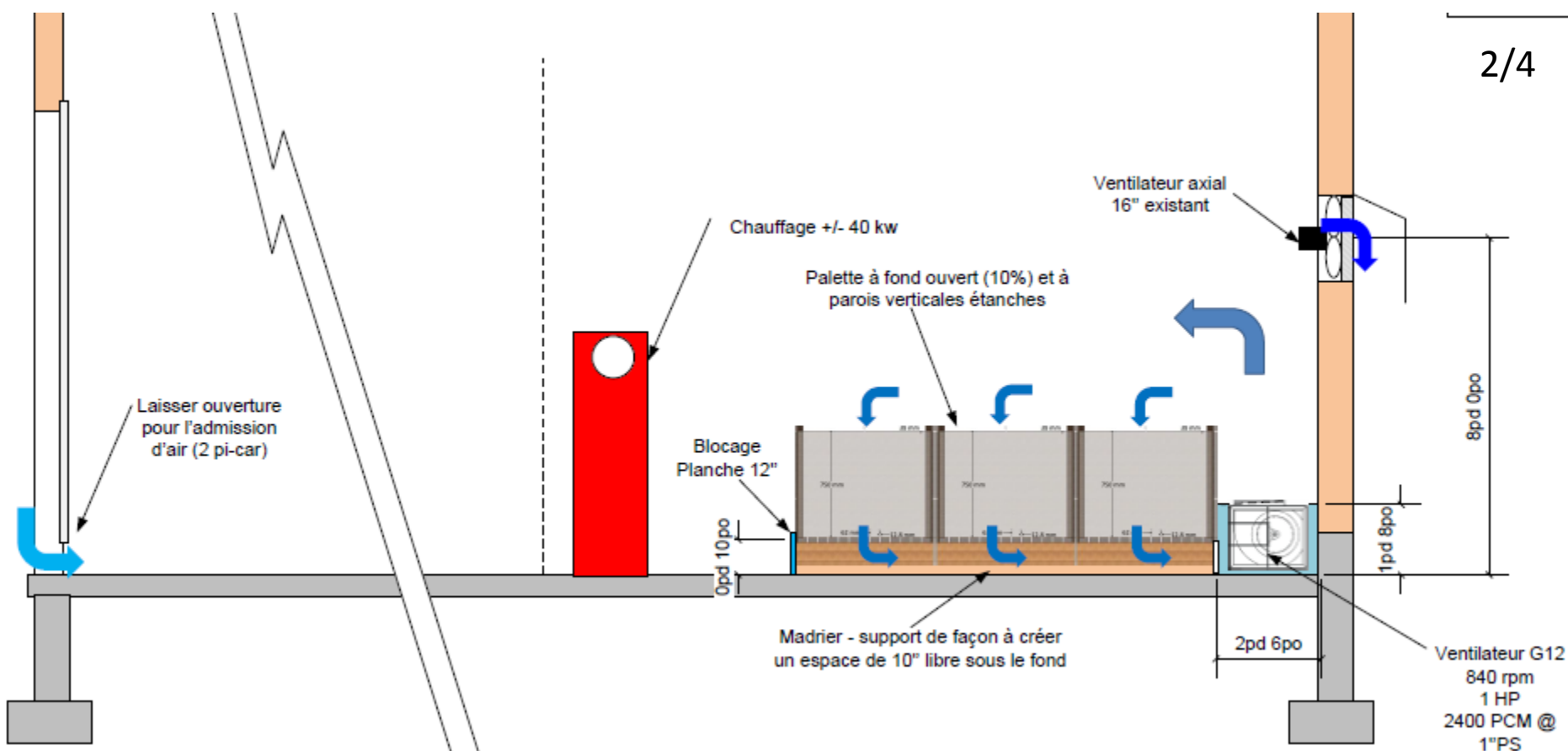
1/4

Paramètres testés :

- 1- Traitement thermique (34 °C, 70 % HR, 18 h)
- 2- Séchage (24 °C, 65 % HR, 17 jours, sans chauffage)
- 3- Entreposage (22 °C, 70 % HR, 2 mois, sans chauffage)



Conception: Jocelyn Marceau, ing. MAPAQ 2018



Conception: Jocelyn Marceau, ing., MAPAQ (2018)



Photos : MAPAQ



## Séchoirs à air forcé pulsé (pression positive)





Séchoir à air forcé pulsé avec système de ventilation de serre : 30°C 3 à 4 jours, puis 25 °C . Total 15 jours

1/3

# Séchoir à air forcé pulsé avec chauffage, empilable





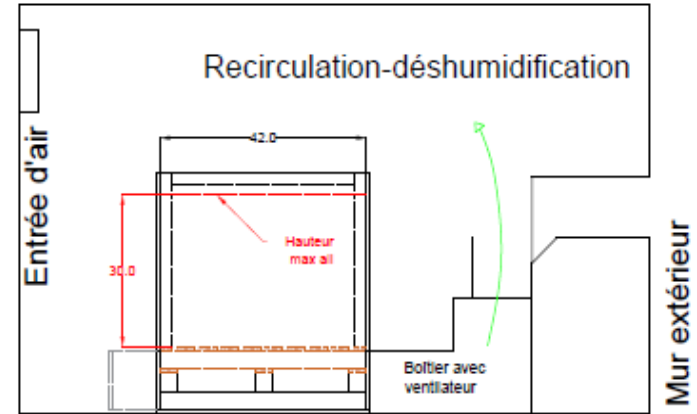
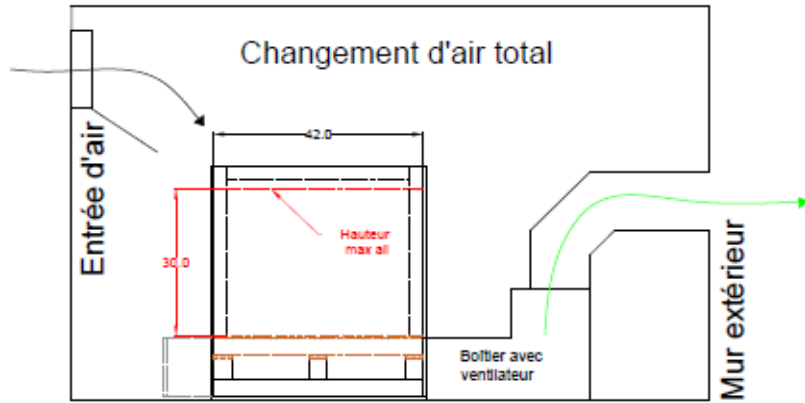


Conduit de ventilation



Séchoir à air forcé pulsé avec chauffage, empilable, capacité 30 bennes : 30°C 3 à 4 jours, puis 25 °C . Total 15 jours

# Schémas conditionneur/ séchoir à air forcé aspiré (pression négative)



Yves Bédard, ing., MAPAQ (2018)

# Conditionneur conception C. Vigneault

- Traitement thermique à air chaud à la récolte seulement
- Pas pour le séchage
- Pression négative (air forcé aspiré)
- Capacité : 900 kg ail humide
- 18 bacs 16"x 24" (50 kg chacun)

F. séparateur

I. ouverture à volet gravitaire

J. Ventilateur de renouvellement d'air

K. Ventilateur de circulation d'air dans la masse

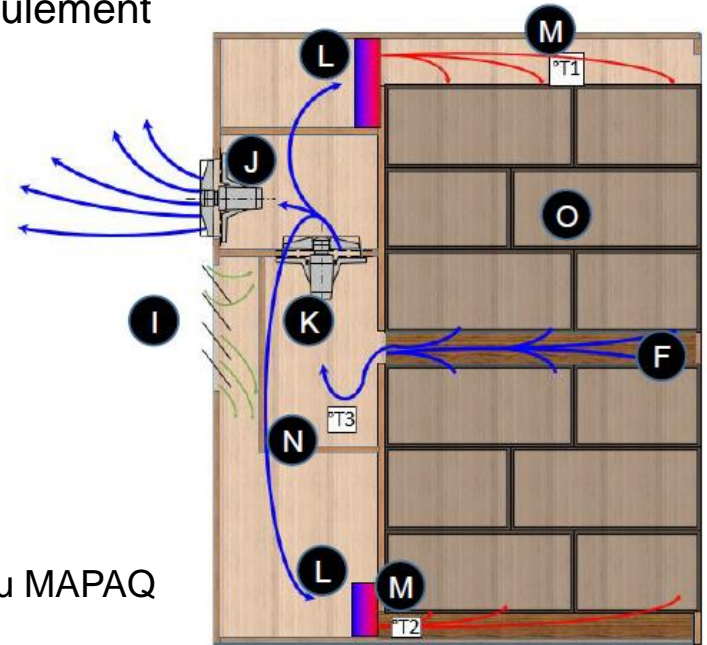
L. Système de chauffage (2)

M. Thermostat chauffage (2)

N. Thermostat air sortant- ventilateur renouvellement

O. Ail

- Plans complets disponibles auprès de Ail Québec ou du MAPAQ (à venir sur Agri-Réseau)





## Conditionneur C. Vigneault à air forcé aspiré (pression négative)

# Design du séchoir : valeurs clés

- Débit (CFM ou m<sup>3</sup>/heure) = dépend de la masse d'ail à sécher
- Pression statique (pression en mm d'eau) : en fonction de la hauteur d'ail à sécher et le design du système (coudes, etc.)
- Épaisseur de la couche d'ail : max. 0,90m
- Pas de règle du pousse : il faut calculer!
- Densité de l'ail humide (65 % humidité) : 578 kg/m<sup>3</sup>

# Références principales

Érard P. et Villeneuve F. 2012, L'ail, Ctifl, 192 p.

[Leblanc, M. 2014. L'ail : comment le sécher et le conserver](#)

Marcoux, F, Bédard, Y, Leblanc J. 2019. Rapport: Suivi post-récolte dans la production d'ail, avec la conservation des fanes pour une mise en marché de proximité (PADAAR 17-18-4051-014CN)

Vigneault, Clément. 2018. Projet : Recherche et diffusion des meilleures pratiques de séchage et conservation de l'ail (PADAAR-4073-5656690). Requérant : Association des producteurs Ail Québec

Livrable: Revue de littérature

Livrable: Traitement thermique de l'ail: conditionneur d'une capacité de 900 kg d'ail humide

Vigneault, Clément. 2018 Présentation: [Comment bien sécher sa récolte d'ail](#) . Journée provinciale sur l'ail 2018.

# Références scientifiques citées

- Bayat F., S. Rezvani, A.E. Nosrati. 2010. Effect of Harvesting Time and Curing Temperature on Some Properties of Iranian White Garlic. Proceeding of the 6th international postharvest Symposium. Acta Horticulturae 877, ISHS 2010. 869-875
- Ellerbrock L.A., J.W. Lorbeer. 1976. Survival of Sclerotia and Conidia of *Botrytis squamosa*. Phytopathology. 62:870-876.
- James, C., Hanser, P. & James, S. J. 2011. Super-cooling phenomena in fruits, vegetables and seafoods. 11th International Congress on Engineering and Food (ICEF 2011), Athens, Greece, 22-26 May 2011. AFT658. [PPT](#)
- James C., V. Seignemartin, S.J. James. 2009. The freezing and supercooling of garlic (*Allium sativum* L.). International Journal of Refrigeration. 32(2): 253-260
- Magarey, R. D., Sutton, T. B., and Thayer, C. L. 2005. A simple generic infection model for foliar fungal plant pathogens. Phytopathology. 95:92-100.
- Schulz, Hänsel and Tyler. 2001. Rational Phytotherapy. Springer. 391 pp.
- Ware, L. 2015. [Growing Garlic](#). AGIA (Australian Garlic Industry Association).



MERCI!