



EXPÉRIENCE EN SÉCHAGE DE L'AIL EN CAPITALE-NATIONALE ET EN CHAUDIÈRE- APPALACHES

Par: Yves Bédard, ing., MAPAQ

MANDAT

- Présenter la manière d'aborder le conditionnement et le séchage de l'ail* en Chaudière-Appalaches et Capitale-Nationale (CN-CA).
Approche préconisée auprès:
 - De la relève agricole (Entreprises agricoles de 1 hectare et moins).
 - Accompagnement des productrices et producteurs établis.

*Le tout adapté des travaux de: Clément Vigneault PhD, Ing.

Ref - Conditionnement et entreposage court et long terme (2019).

PLAN DE PRÉSENTATION

- Retour sur quelques éléments touchant le conditionnement thermique et le séchage.
- Types de systèmes de conditionnement thermique/séchage existants.
- Conditionnement thermique/séchage privilégié en CN-CA.
- Conduite du conditionnement thermique/séchage.
- Résultats d'un essai réalisé chez Potager France Marcoux (Beauport).

CONDITIONNEMENT THERMIQUE ET SÉCHAGE

- **Conditionnement thermique de l'ail (rapide, 24 h)**
 - Le conditionnement thermique a pour objectif de neutraliser un ou plusieurs pathogènes (*Botrytis sp.*, *Fusarium sp.*, *Embellisia*, *Penicillium*), potentiellement présents sur ou dans les couches superficielles de l'ail, dans ses racines ou dans la terre résiduelle qui l'accompagne.
- **Séchage de l'ail (lent, 20 jrs)**
 - Le but du séchage est d'enlever l'excès d'eau que l'ail contient pour lui permettre de se conserver longtemps. Une haute teneur en eau à l'entreposage favorise la prolifération de pathogènes et la germination de l'ail.

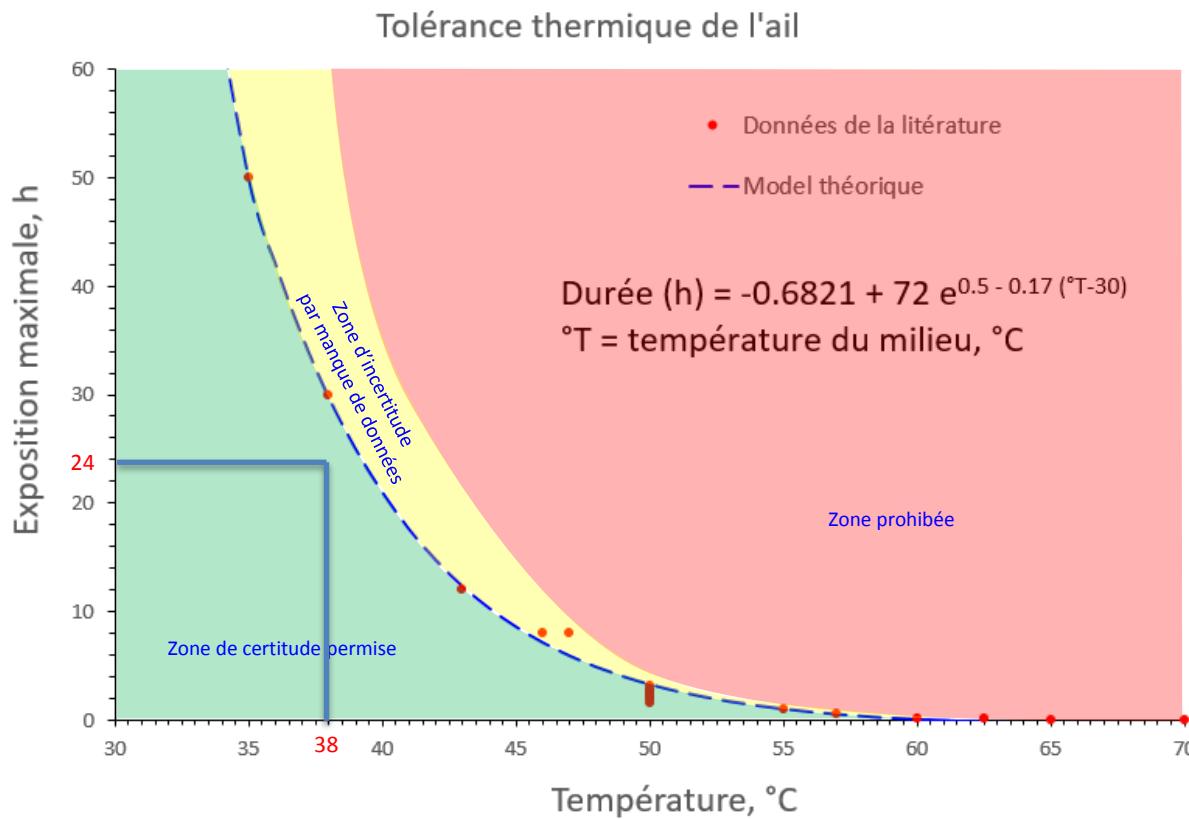
CONDITIONNEMENT THERMIQUE ET SÉCHAGE

Consignes:

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 %

Clément Vigneault, ing. PhD, 2018.

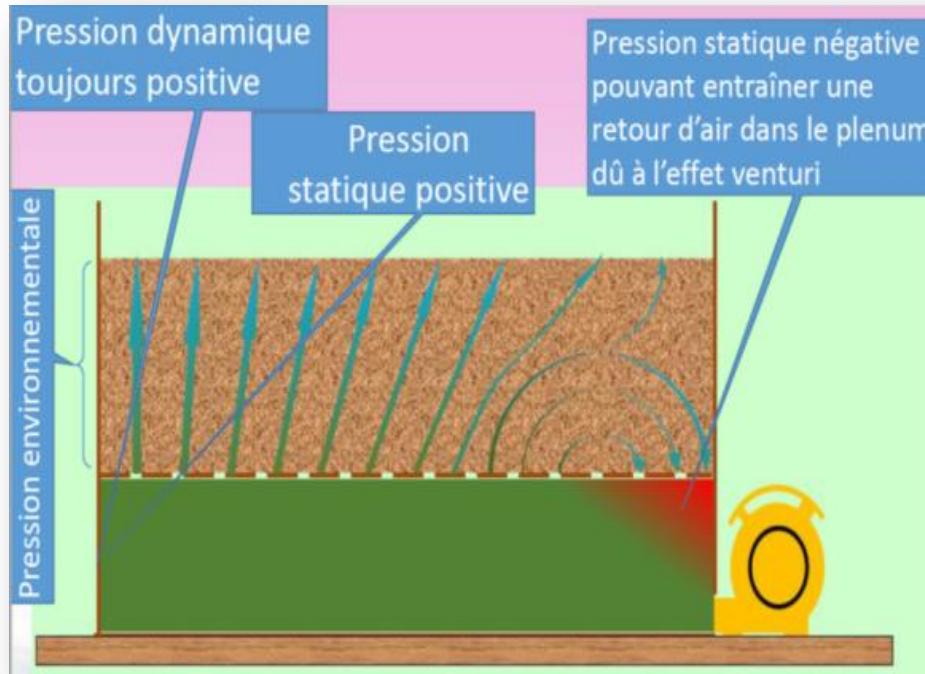
CONDITIONNEMENT THERMIQUE ET SÉCHAGE



Clément Vigneault, ing. PhD (2018).

TYPES DE SYSTÈME DE CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE EXISTANTS

- Par air pulsé (pression positive)



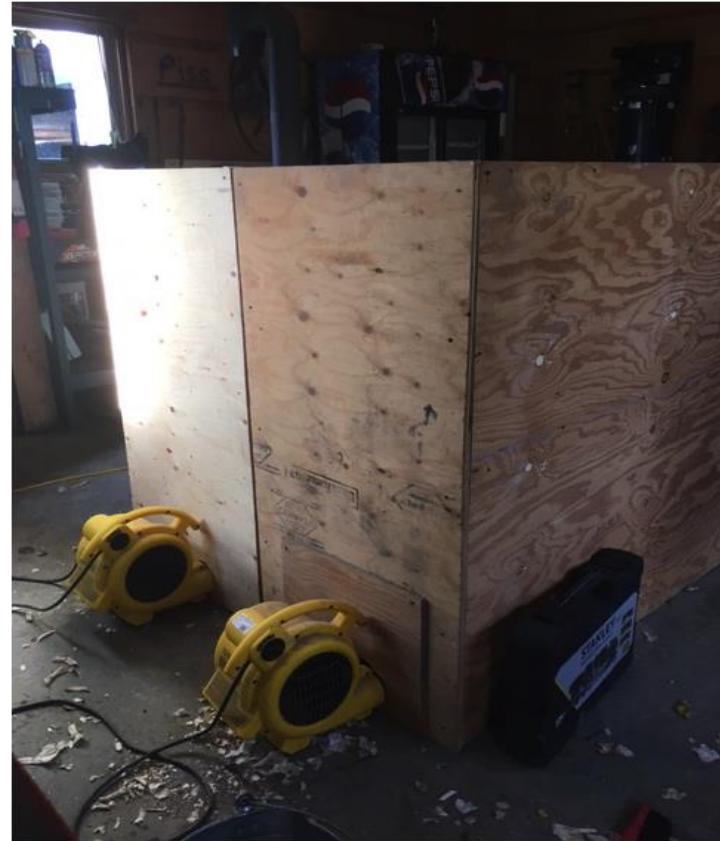
Présentation de Clément Vigneault « Comment bien sécher sa récolte d'ail », Journée provinciale sur l'ail 2018.

TYPES DE SYSTÈME DE CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE EXISTANTS

Séchage mécanique: Pulsé en caisettes ajourées et en caisses-palettes en parallèle



Photos : MAPAQ



TYPES DE SYSTÈME DE CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE EXISTANTS

Séchage mécanique: Air pulsé en caisses-palettes placées en série



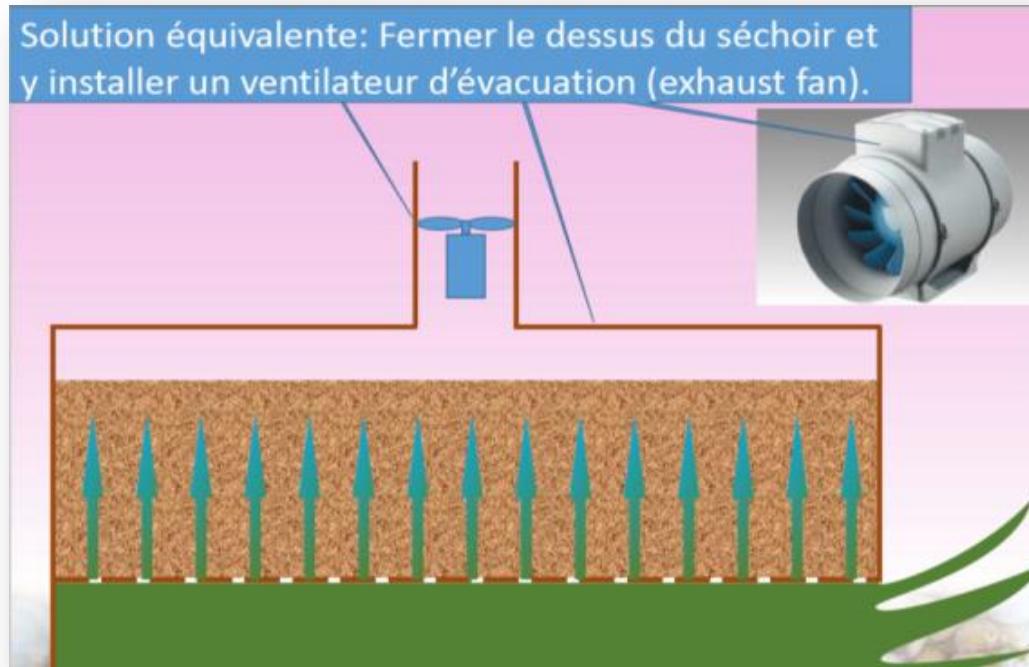
Photo: Ghislain Jutras et François Handfield

TYPES DE SYSTÈME DE CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE EXISTANTS

- **Séchage en série**
 - Manque de données tangibles sur le séchage avec caisses-palettes placées en série.
 - Questionnement :
 - Montée de la masse d'ail en température lors du traitement thermique.
 - Uniformité lors du séchage par déséquilibre entre les caisses-palettes (formation d'un front séchant).

TYPES DE SYSTÈME DE CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE EXISTANTS

- Par air aspiré (pression négative)



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

TYPES DE SYSTÈME DE CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE EXISTANTS

Séchage mécanique: Dépression en caisses-palettes en parallèle



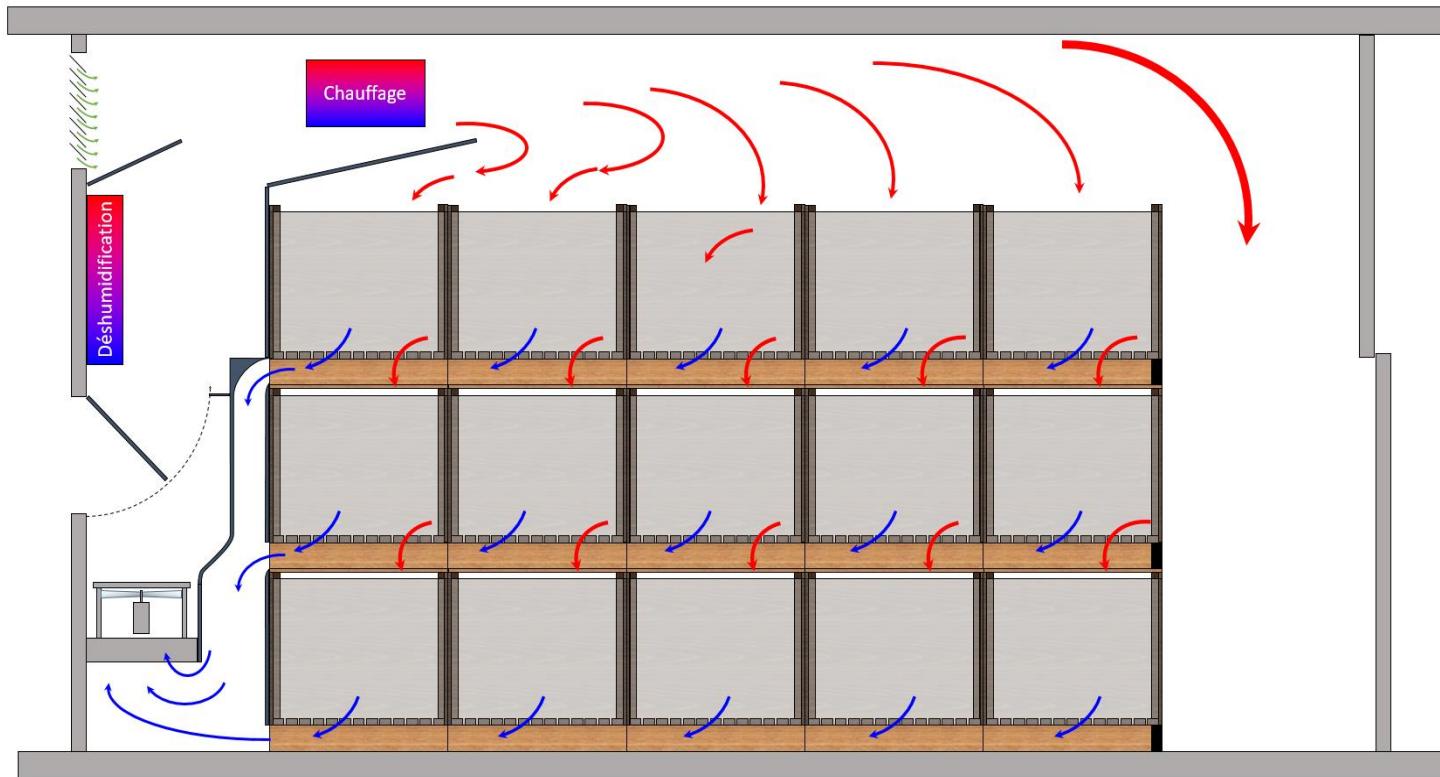
Photos : MAPAQ

CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE PRIVILÉGIÉ EN CHAUDIÈRE – APPALACHES ET CAPITALE – NATIONALE

Confiné et intensif en système ouvert. **Mécanisé avec agencement en parallèle.**

Ail placé dans une ou des caisses-palettes sur 0,9 m d'épaisseur. Séchage réalisé par air aspiré. Traitement thermique (24h) et séchage (20 jrs). Système évolutif avec capacité de 7 à 8 tonnes humides par conditionneur/séchoir.

CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE PRIVILÉGIÉ EN CN-CA



Clément Vigneault (2018). Conditionneur/séchoir (7000 kg).

CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE PRIVILÉGIÉ EN CN-CA

- **Travailler dans un espace minimal**
 - Aménagement du conditionneur/séchoir dans une portion d'un garage ou d'un bâtiment.
 - Le conditionneur/séchoir doit donner sur un mur extérieur afin de permettre les échanges d'air.
 - Isolation des murs (R-10) et plafond (R-15) du conditionneur/séchoir nécessaire si $\Delta T > 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ (int. vs ext.).

CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE PRIVILÉGIÉ EN CN-CA

- **Travailler dans un espace minimal**
 - Espace de 600 mm entre les rangées de caisses-palettes et avec les murs (circulation, entretien, prise de mesures).
 - Groupe maximum de 15 caisses-palettes par ventilateur. Hauteur maximale d'empilement de 3 caisses-palettes.
 - Espace minimal de 900 mm au dessus des caisses-palettes (manutention et équipements).

CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE PRIVILÉGIÉ EN CN-CA

Équipements flexibles et performants

- **Caisses-palettes types (Possibilité de 1,2,...,15)**
 - Modulables
 - Ventilation appropriée ($Q_{\text{therm}}(X_h)$, P.S. $f(h_{\text{ail}}, \text{friction})$; $V < 5 \text{ m/sec}$), pour 0,9 m d'ail à 578 kg/m}^3.
 - $Q_{\text{therm}}(4h) = 600 \text{ CFM/(cp)}$ et P.S. = 1"
 - $Q_{\text{therm}}(6h) = 499 \text{ CFM/(cp)}$ et P.S. = 1"
 - $Q_{\text{therm}}(8h) = 389 \text{ CFM/(cp)}$ et P.S. = 1" = $Q_{\text{séch}}$

Clément Vigneault PhD, Ing. (2019).

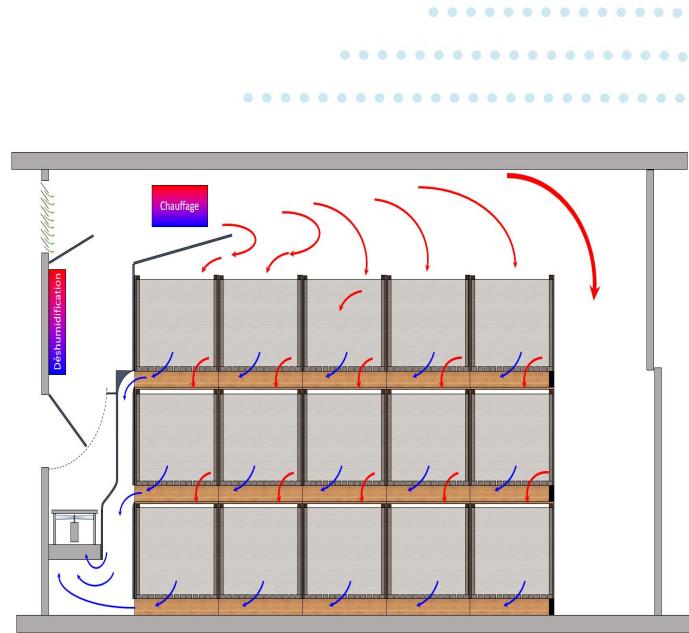
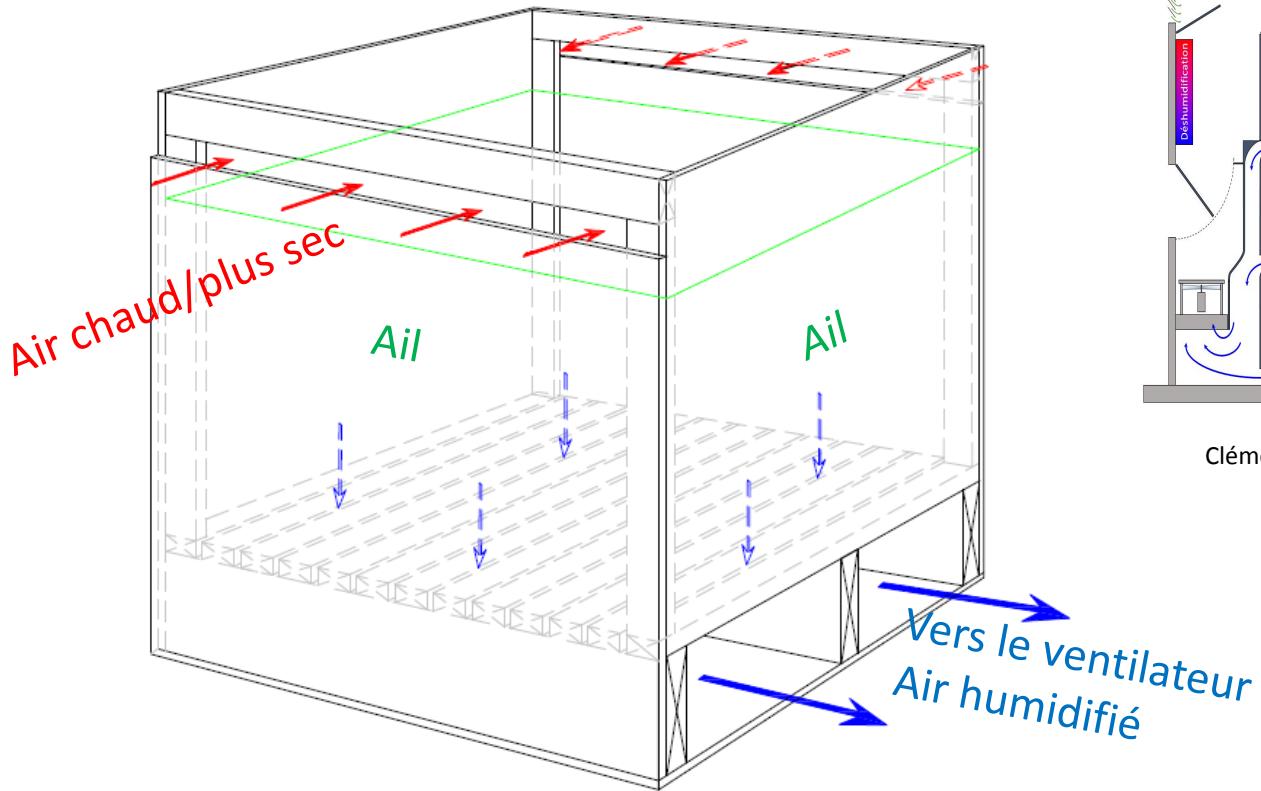
CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE PRIVILÉGIÉ EN CN-CA

Équipements flexibles et performants

- **Caisses-palettes types (Possibilité de 1,2,...,15)**
 - Modulables pour les entreprises avec moins de 5 tonnes humides de production.
 - Ventilation appropriée ($Q_{\text{therm}}(X_h)$, P.S. $f(h_{\text{ail}}, \text{friction})$; $V < 5 \text{ m/sec}$), pour 0,9 m d'ail à 578 kg/m}^3.
 - $Q_{\text{therm}}(4h) = 600 \text{ CFM}/(\text{cp})$ et P.S. = 1"
 - $Q_{\text{therm}}(6h) = 499 \text{ CFM}/(\text{cp})$ et P.S. = 1"
 - $Q_{\text{therm}}(8h) = 389 \text{ CFM}/(\text{cp})$ et P.S. = 1" = $Q_{\text{séch}}$

Clément Vigneault PhD, Ing. (2019).

Caisse-palette



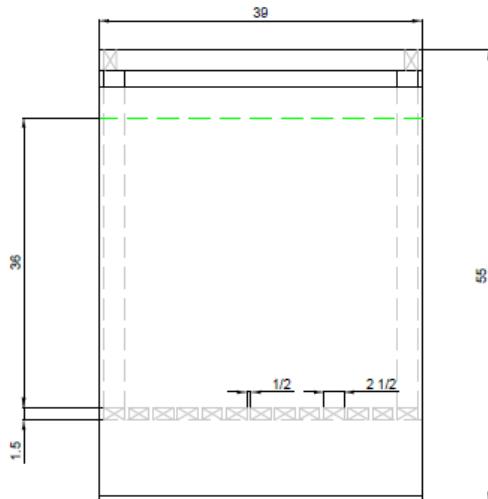
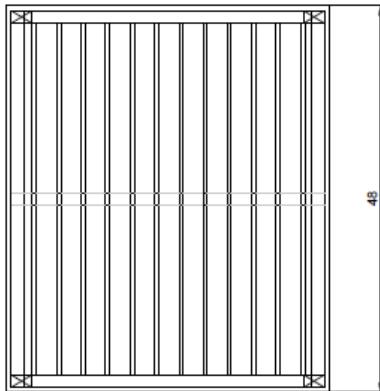
Clément Vigneault (2018).



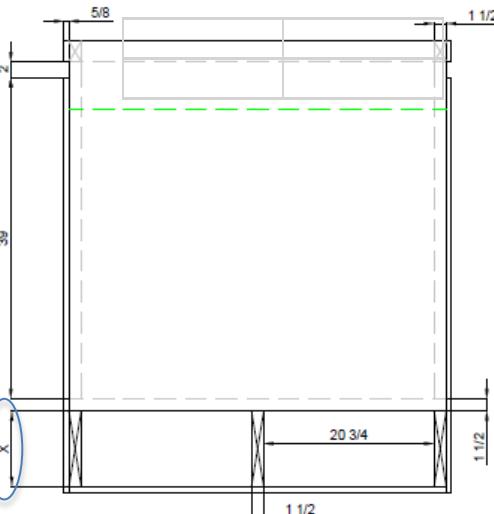
Photo Mapaq

Caisse-palette

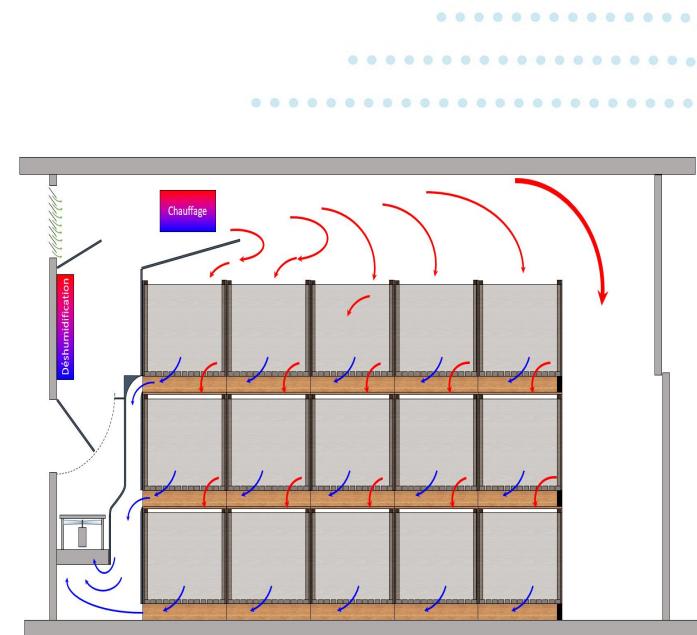
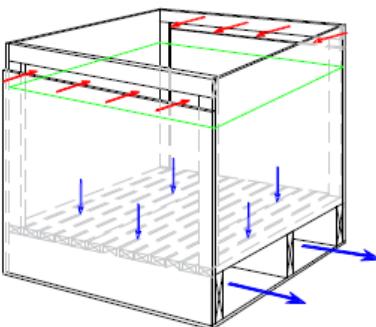
Vue de dessus



Vue de côté



Vue de face

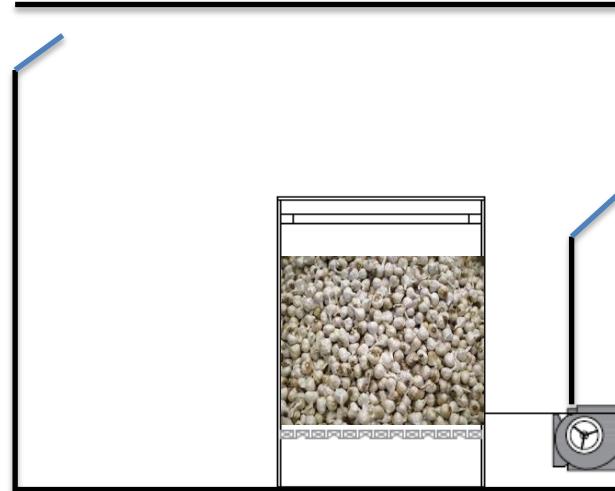


Clément Vigneault (2018).

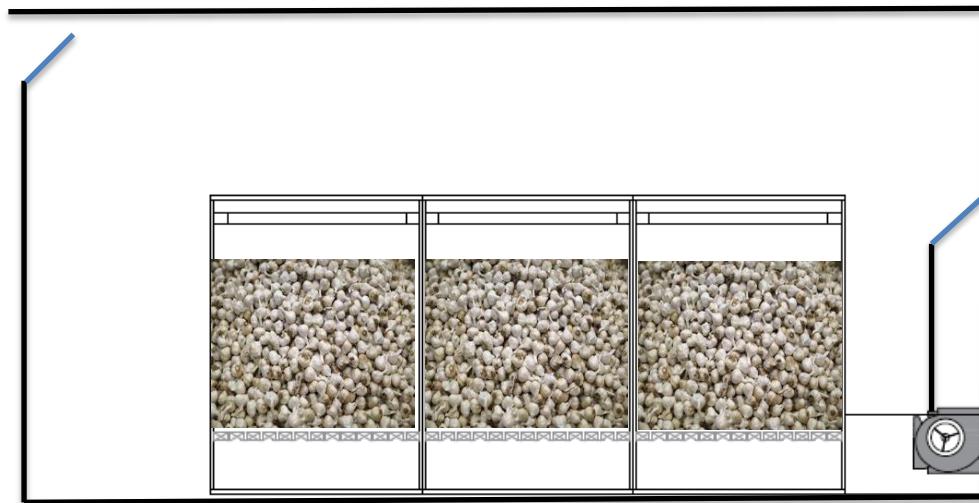
Boîte palette (Nombre)	Débit total requis (CFM)	Profondeur plenum (pouce)	Bois d'œuvre S-P-F (pouce)
1	600	2 1/8	2 x 3 (2 1/2)
2	1200	4 1/16	2 x 6 (5 1/2)
3	1800	6 1/4	2 x 8 (7 1/4)
4	2400	8 5/16	2 x 10 (9 1/4)
5	3000	10 7/16	2 x 12 (11 1/4)

Concevoir le conditionneur
Séchoir en fonction d'une
Augmentation de production

Année 1 : 500 kg

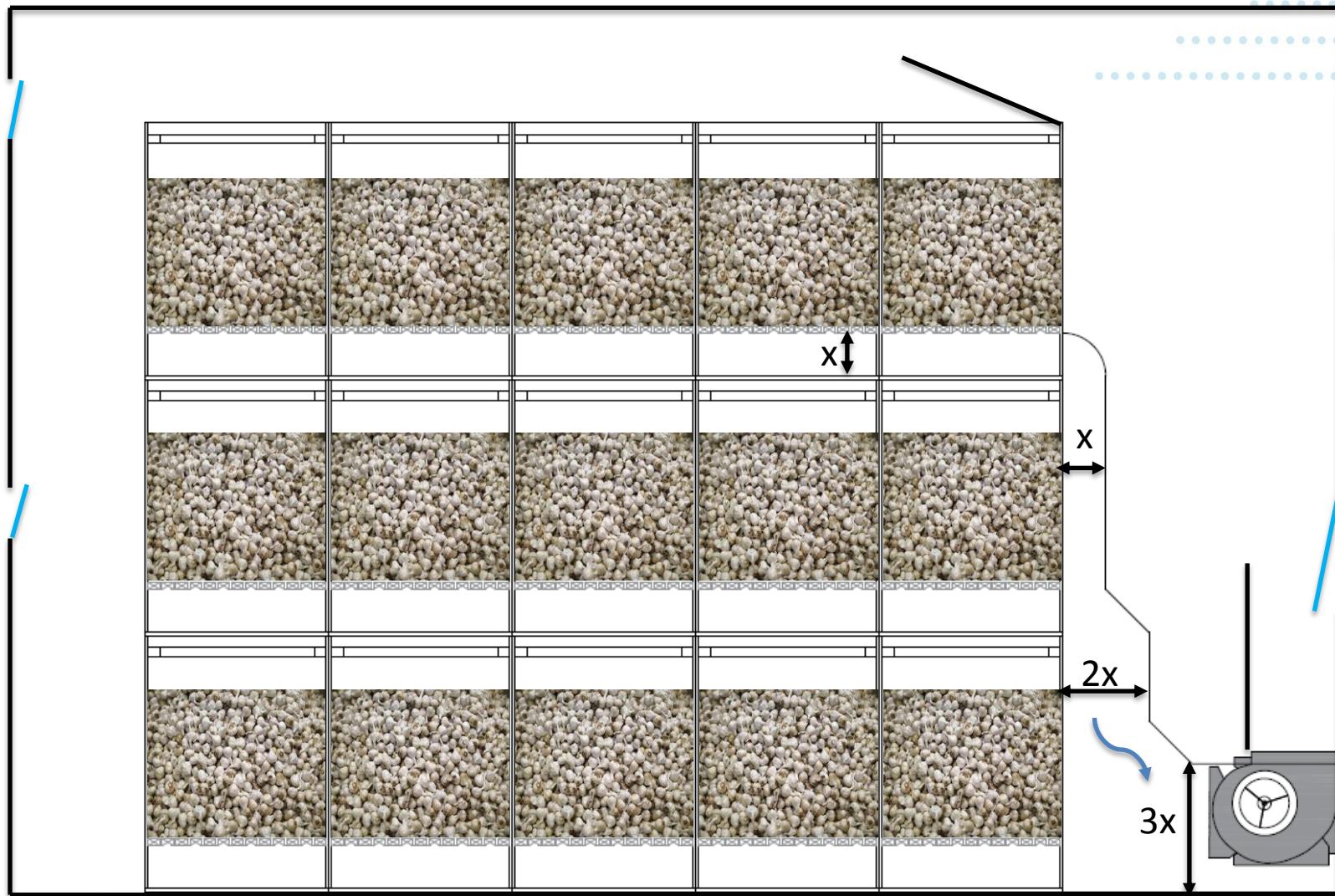


Année 2 : 1 500 kg...



Adapté de Clément Vigneault PhD, Ing. (2019).

Année 5 : 7 500 kg



Adapté de Clément Vigneault PhD, Ing. (2019).

CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE PRIVILÉGIÉ EN CN-CA

- **Ventilateur(s) du séchoir**

$$\rightarrow Q_T = Q_{\text{therm (4h)}} \times \text{Nbre de caisses-palettes}$$

- Options : ventilateur neuf vs ventilateur de seconde main

Boite palette (Nombre)	Débit total requis (CFM)	P.S. (Pouce)
1	600	1
2	1200	1
3	1800	1
4	2400	1
5	3000	1
10	6000	1
15	9000	1

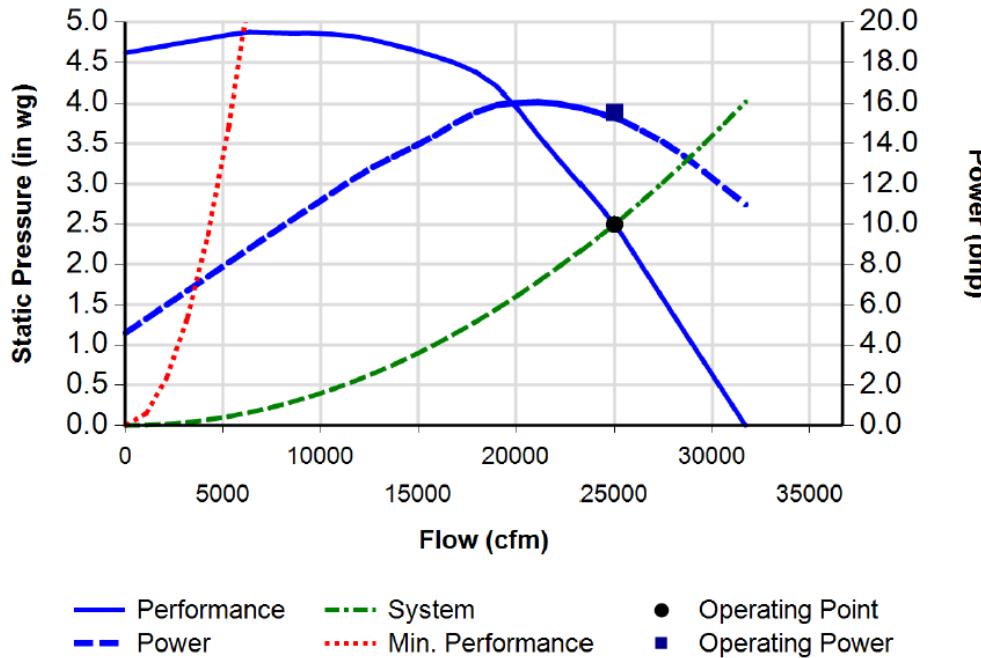
Adapté de Clément Vigneault PhD, Ing. (2019).

Manufacturiers: Débit d'air et pression statique désirés

Qty	Model Size
1	8140 CL/1

Volume (cfm)	SP (in wg)	Power (bhp)	Speed (rpm)	TS (fpm)	OV (fpm)	Weight (lbs)
25000	2.500	15.566	911	9600	2674	1579.00

Motor Info.		Fan Rating: UL762 CUL762				
HP	Volts	Phase	Hz	Encl	RPM	Sp/Wdg
20	575	3	60	TEFC	1750	1SPD



Kijiji, LesPAC, Marketplace et autres



60,00 \$

Plusieurs blowers 115 v fournaise ventilation ventilateur

Longueuil/Rive Sud | hier



60,00 \$

Plusieurs blowers 220 / 240 v fournaise ventilation ventilateur

Longueuil/Rive Sud | hier

e+fournaise&geographicAreaId=17567&latitude=45.516136&longitude=-73.585555

Chaudière-Appalaches / St-Benoît-Labre (230 km) Parue depuis 34 jours

Type : Offre de particulier

Moteur et ventilateur pour chauffage ou air climatisé Neuf, sans le contrôle.
Détails du moteur : • Cie : US Motors • Modèle : M055PWDRR-0738...

8 photos

VENTILATEUR DE FOURNAISE 50 \$

Chaudière-Appalaches / St-Benoît-Labre (230 km) Parue depuis 65 jours

Type : Offre de particulier

Fan (cage d'écurail) de fournaise
Ouverture 15½" de large x 13½" de profond;
Hors-tout 15½" de large x 20" de haut et 23" de profond.

5 photos

Ventilateur de fournaise 50 \$

Chaudière-Appalaches / St-Benoît-Labre (230 km) Parue depuis 65 jours

Type : Offre de particulier

Fan (cage d'écurail) de fournaise
Ouverture 15½" de large x 13½" de profond;
Hors-tout 15½" de large x 20" de haut et 23" de profond.

5 photos

VENTILATEUR POUR FOURNAISE À AIR CHAUD 45 \$

Chaudière-Appalaches / St-Damien-de-Buckland (262 km) Parue depuis 45 jours

Type : Offre de particulier

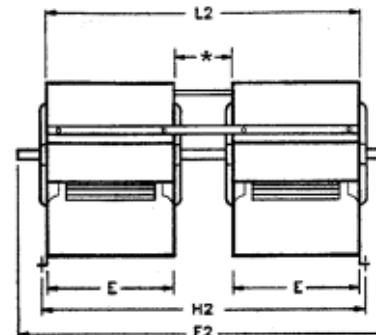
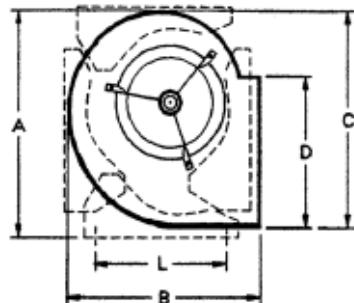
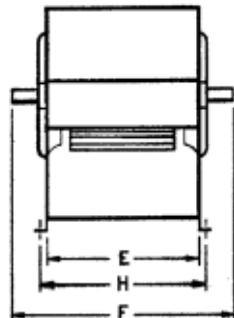
Ventilateur pour fournaise à air chaud à l'huile avec moteur. Très bonne condition.

3 photos

"G" SERIES DOUBLE INLET BELT DRIVE BLOWERS



Source : Jenny Leblanc, MAPAQ



"G" SERIES TWIN UNITS

* Spacing will determine "L2" and "F2" dimensions

DIMENSIONS (inches)

MODEL	A	B	C	D	E	F	H	L	SHAFT DIAMETER	WHEEL DIAMETER	WHEEL WIDTH	WT. (LBS.)
G7-5	14-5/16	12-5/16	12-11/16	8-1/4	6-7/8	11-1/2	7-7/8	9-5/8	3/4	8-1/16	4-15/16	15
G7	14-5/16	12-5/16	12-11/16	8-1/4	9-3/16	14-3/16	10-3/16	9-5/8	3/4	8-1/16	7-3/16	17
G9-7	16-15/16	15-1/16	15-9/16	10-1/4	9-3/16	14-3/16	10-3/16	11-3/4	3/4	10-1/4	7-3/16	21
G9	16-15/16	15-1/16	15-9/16	10-1/4	11-13/16	16-5/16	12-13/16	11-3/4	3/4	10-1/4	9-9/16	23
G10-8	19	16-3/4	17-3/8	11-3/8	10-1/2	15	11-1/2	13-3/8	3/4	11-1/8	8-1/16	25
G10	19	16-3/4	17-3/8	11-3/8	13-1/8	17-5/8	14-1/8	13-3/8	3/4	11-9/16	10-13/16	28
G12-9	22-1/8	19-1/2	20-5/8	13-7/16	12-1/4	17-1/4	13-1/4	16-1/8	3/4	12-7/8	9-9/16	32
G12	22-1/8	19-1/2	20-5/8	13-7/16	15-5/8	20-1/2	16-5/8	16-1/8	3/4 or 1	12-7/8	12-13/16	38
# G15-10	25-3/4	22-11/16	24-1/4	15-7/8	14-11/16	22	15-11/16	19-1/2	1	15-1/2	10-13/16	52
G15	25-3/4	22-11/16	24-1/4	15-7/8	18-5/8	25	19-5/8	19-1/2	1	15-1/2	15-1/16	62
G18-13	30-1/2	27	29	18-7/8	17-3/8	23-7/8	18-3/8	24	1	18-1/2	15-1/16	67
G18	30-1/2	27	29	18-7/8	21-7/8	30-1/8	22-7/8	24	1	18-1/2	18-1/2	99

REFER TO PAGES 9 TO 12 FOR PERFORMANCE DATA.

NOTE: MODEL G15-10 WAS PREVIOUSLY DESIGNATED MODEL G15-12.

FOR COMPLETE ENGINEERING AND APPLICATION DETAILS, REQUEST DELHI'S "OEM" APPLICATION GUIDELINES MANUAL



Source : Jenny Leblanc, MAPAQ

Model G9, 809 & 909				SHAFT DIAMETER				MAXIMUM BHP			
				G9		3/4"		3/4"		3/4"	
				809	3/4"	909	3/4"	*	3/4"		
CFM	OUTLET VELOCITY	1/8" SP	1/4" SP	1/2" SP	3/4" SP	1" SP	1-1/2" SP	2" SP	2-1/2" SP		
CFM	FPM	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP	RPM	BHP
750	891	392	0.04	531	0.06	780	0.13	965	0.21	1112	0.28
875	1040	410	0.05	537	0.08	757	0.14	960	0.23	1115	0.32
1000	1189	438	0.07	547	0.10	749	0.16	943	0.25	1109	0.36
1125	1337	471	0.10	562	0.12	754	0.19	918	0.27	1094	0.39
1250	1486	506	0.13	583	0.16	760	0.23	918	0.31	1067	0.40
1375	1635	543	0.16	611	0.19	770	0.27	923	0.35	1059	0.45
1500	1783	581	0.21	642	0.24	783	0.32	929	0.41	1062	0.50
1625	1932	621	0.26	675	0.29	799	0.37	938	0.47	1067	0.56
1750	2081	661	0.32	710	0.35	821	0.43	950	0.53	1074	0.64
1875	2229	702	0.39	746	0.42	848	0.50	964	0.60	1083	0.72
2000	2378	744	0.46	784	0.50	877	0.58	980	0.68	1094	0.80
2125	2527	785	0.55	823	0.59	908	0.67	1002	0.77	1108	0.90
2250	2675	828	0.64	863	0.70	941	0.77	1028	0.88	1124	1.00
2375	2824	870	0.75	902	0.81	976	0.89	1056	0.99	1142	1.11
2500	2973	912	0.87	943	0.93	1011	1.01	1087	1.12	1166	1.24
2625	3121	955	1.00	984	1.07	1048	1.15	1118	1.26	1193	1.38
2750	3270	998	1.14	1025	1.21	1085	1.30	1152	1.42	1221	1.54
2875	3419	1041	1.30	1067	1.37	1124	1.48	1186	1.58	1252	1.71
3000	3567	1084	1.47	1109	1.54	1162	1.67	1221	1.76	1283	1.90

FOR COMPLETE CFM & SP RANGE AVAILABLE
REFER TO PERFORMANCE CURVES IN DELHI'S "OEM" APPLICATIONS GUIDELINES MANUAL

TWIN BLOWERS HAVE DOUBLE THE CFM FOR THE SAME RPM & SP AND REQUIRE DOUBLE THE BHP. CHECK FACTORY FOR MAX. BHP ON TWIN UNITS.

CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE PRIVILÉGIÉ EN CN-CA

- **Unités de chauffage (selon masse ail + bilan thermique du bâtiment)**
 - Chauffage nécessaire pour l'ail ($W_{(4h)} = f(\text{masse d'ail}, C_p, \Delta T)$)
→ $P_{\text{cal}} (4h) = 0,00413 \text{ KW/kg}$ ail humide

Adapté de Clément Vigneault PhD, Ing. (2019).

Boite palette (Nombre)	Masse ail (kg)	P_{cal} (KW)
1	634,6	2,6
2	1269,3	5,3
3	1903,9	7,9
4	2538,6	10,5
5	3173,2	13,1
10	6346,4	26,3
15	9519,7	39,4



4,8 KW



21 KW



29 KW et plus

CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE PRIVILÉGIÉ EN CN-CA

- **Déshumidificateur**

- Possibilité de travailler en déshumidification ($^{\circ}\text{C}$, kg_{air})

$$\rightarrow C_{\text{dhum } 21^{\circ}\text{C}} = 0,012 \text{ L/jr}\cdot\text{kg}_{\text{air humide}} \text{ (Déshumidification d'appoint et fin de séchage)}$$

Adapté de Clément Vigneault PhD, Ing. (2019).



45 L/jr

Boite palette (Nombre)	Masse air (kg)	$C_{\text{dhum } 21^{\circ}\text{C}}$ (L/jr)
1	634,6	7,6
2	1269,3	15,2
3	1903,9	22,8
4	2538,6	30,5
5	3173,2	38,1
10	6346,4	76,2
15	9519,7	114,2

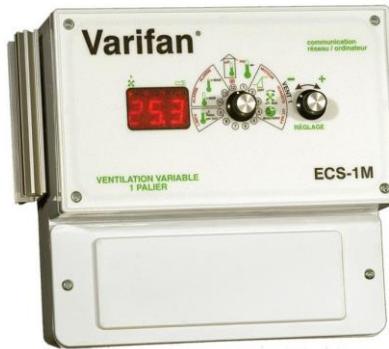


19 L/jr

CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE PRIVILÉGIÉ EN CN-CA

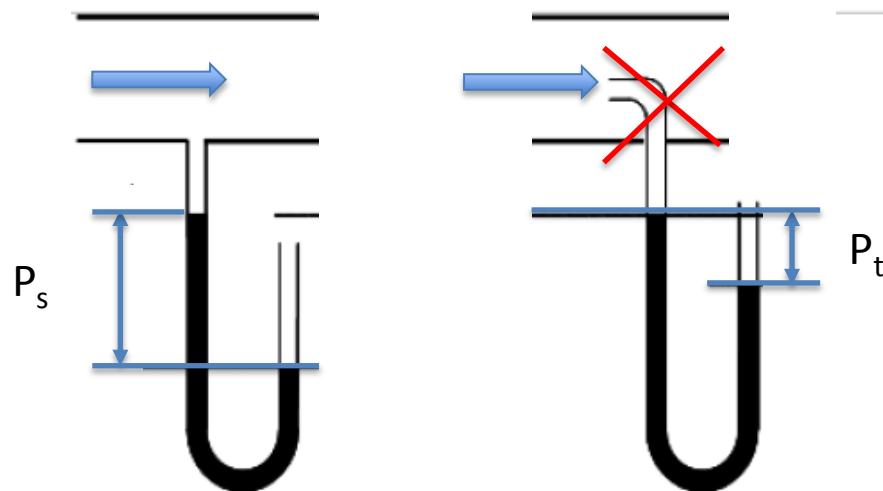
- **Contrôleurs et manomètre**

- Équipements de contrôle (Changements d'air extérieur, chauffage, pression statique etc.)

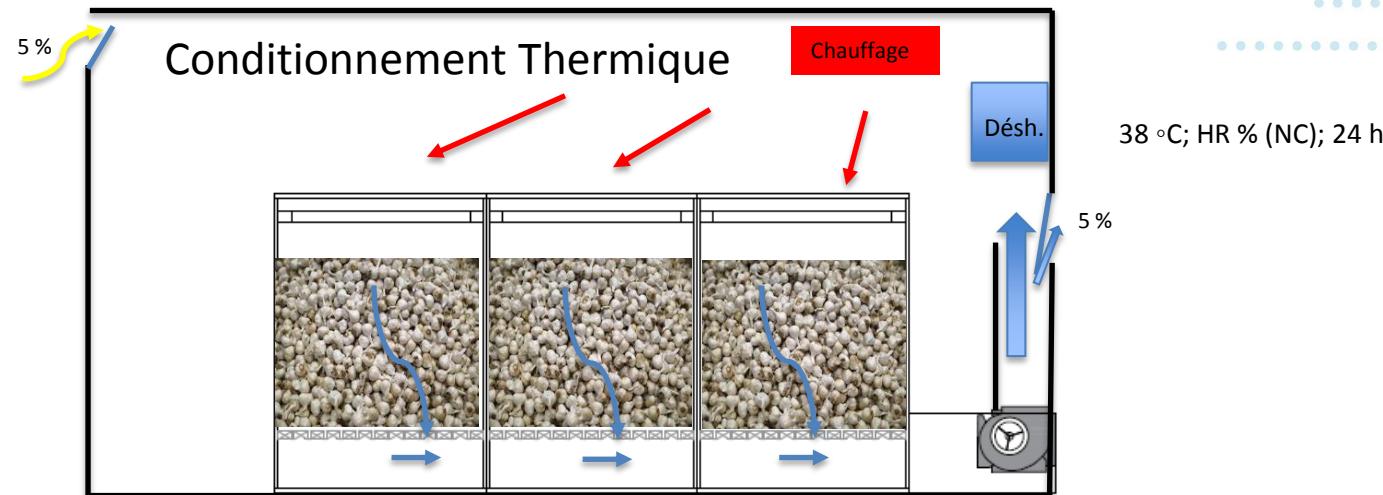


CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE PRIVILÉGIÉ CN-CA

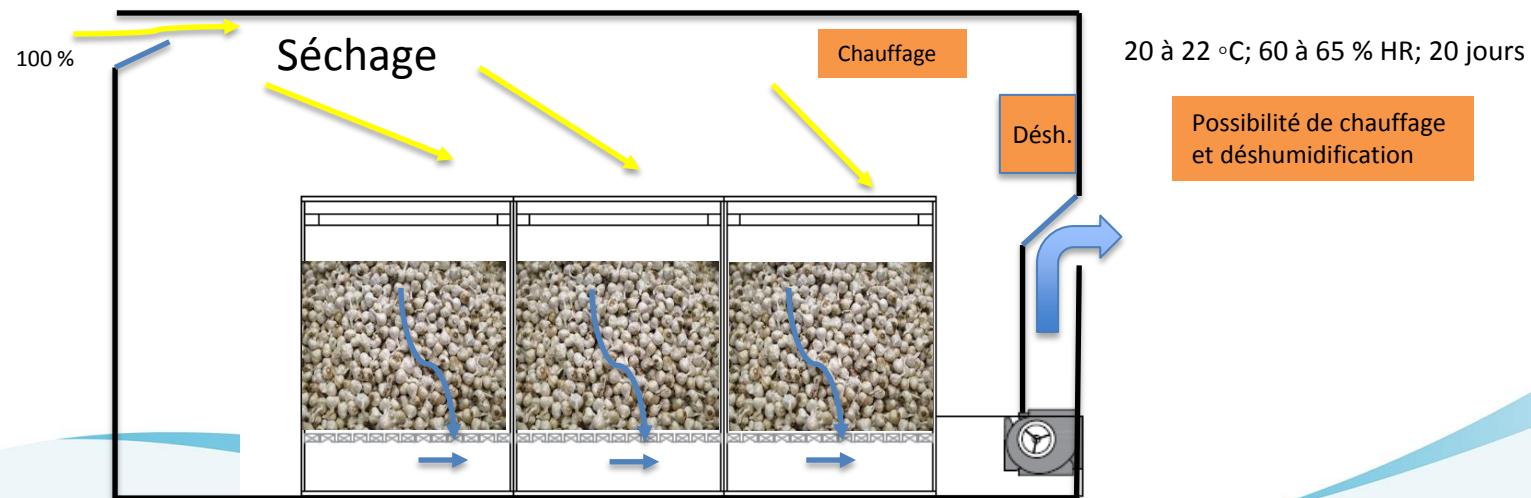
Positionnement: Tube placé perpendiculaire à la direction de l'air



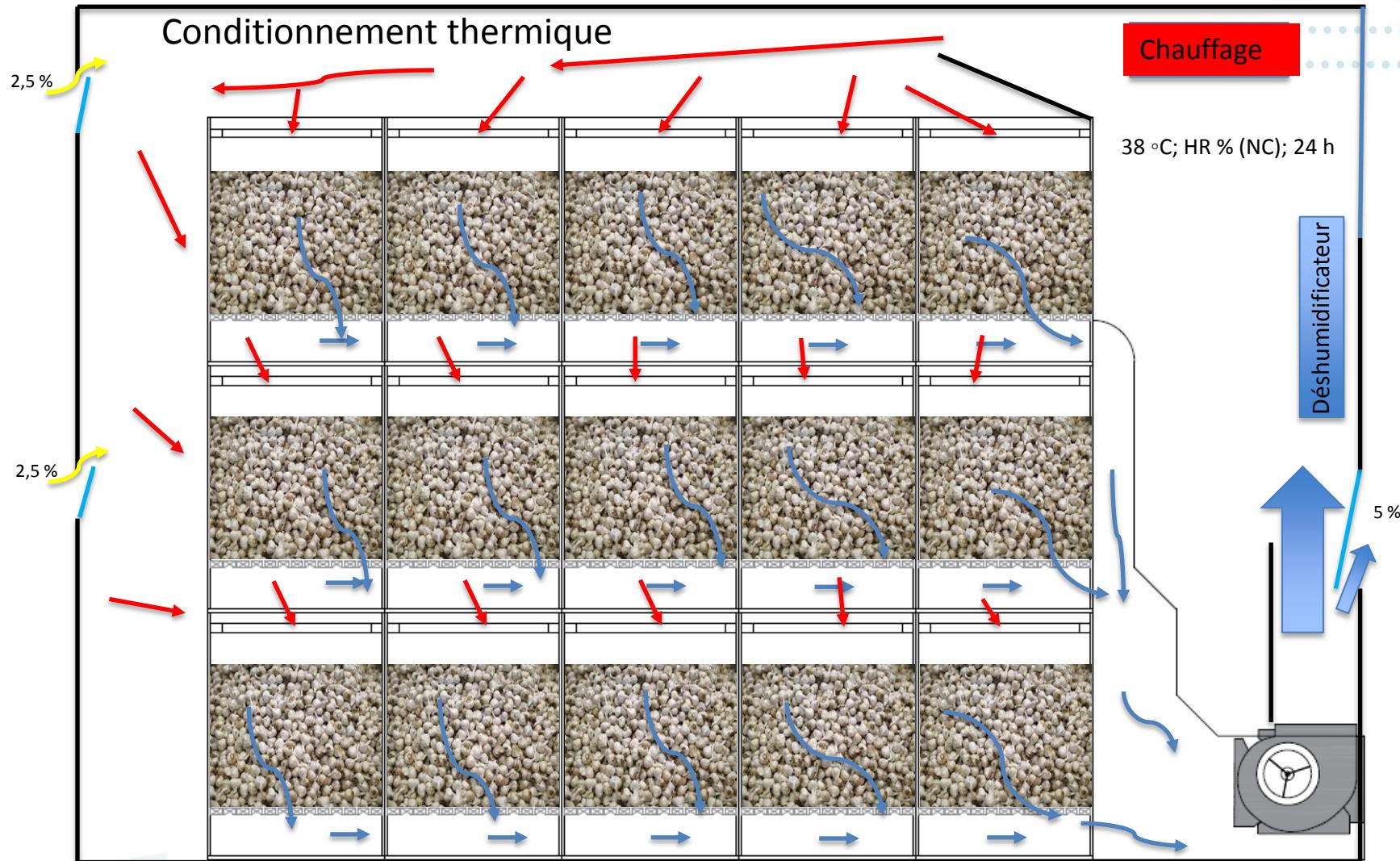
CONDUITE DU CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE



Adapté de Clément Vigneault PhD, Ing. (2019).



CONDUITE DU CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE



Adapté de Clément Vigneault PhD, Ing. (2019).

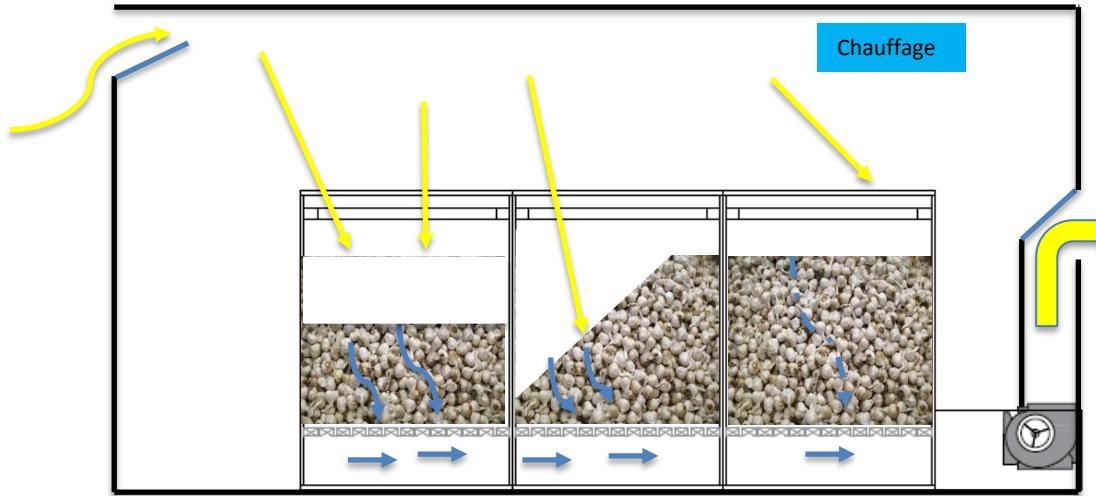
CONDUITE DU CONDITIONNEMENT / SÉCHAGE

Influence sur le séchage et qualité du produit

- Potentiel de séchage de l'air tout au long de la période (courbes d'équilibre entre l'air et l'ail).
- Porosité ail humide vs ail séché (avantage).
- Séchage des bulbes avec les fanes ou non.
- Répartition du matériel sur le plancher ajouré (uniformité) et entre chacune des caisses-palettes (hauteur du matériel)

CONDUITE DU CONDITIONNEMENT/SÉCHAGE

Répartition du matériel à l'intérieur de la caisse palette (uniformité). Éviter le "court-circuitage",
L'air c'est paresseux !



RÉSULTATS D'UN ESSAI: POTAGER FRANCE MARCOUX (BEAUPORT)

Projet PADAAR (1 500 kg avec les fanes) initié par :

- Jocelyn Marceau, ing., M. Sc., MAPAQ
- Jenny Leblanc, agronome, MAPAQ

Objectifs du projet :

- Construire un séchoir pour l'ail adapté des plans types (C. Vigneault, ing., Ph. D., et Jocelyn Marceau, ing., M. Sc.).
- Mettre en pratique les recommandations de conditionnement de l'ail formulées (C. Vigneault).
- Évaluer les bénéfices obtenus grâce au conditionnement et au séchage de l'ail selon les recommandations.



Source: Jenny Leblanc, MAPAQ

Le séchoir

Critères de conception:

- Ail frais avec fanes @ 578 kg/m³ et 65 % de teneur en eau
- Masse d'ail à sécher par palox : 250 kg
- Hauteur d'ail avec fanes de 0,75 m
- Température de consigne en conditionnement avec chaleur : 37 °C
- Q_s : 800 CFM (378 l/sec)
- Vitesse d'air verticale: 1 pied/sec (0,3 m/sec)

Sélection des composantes à notre disposition:

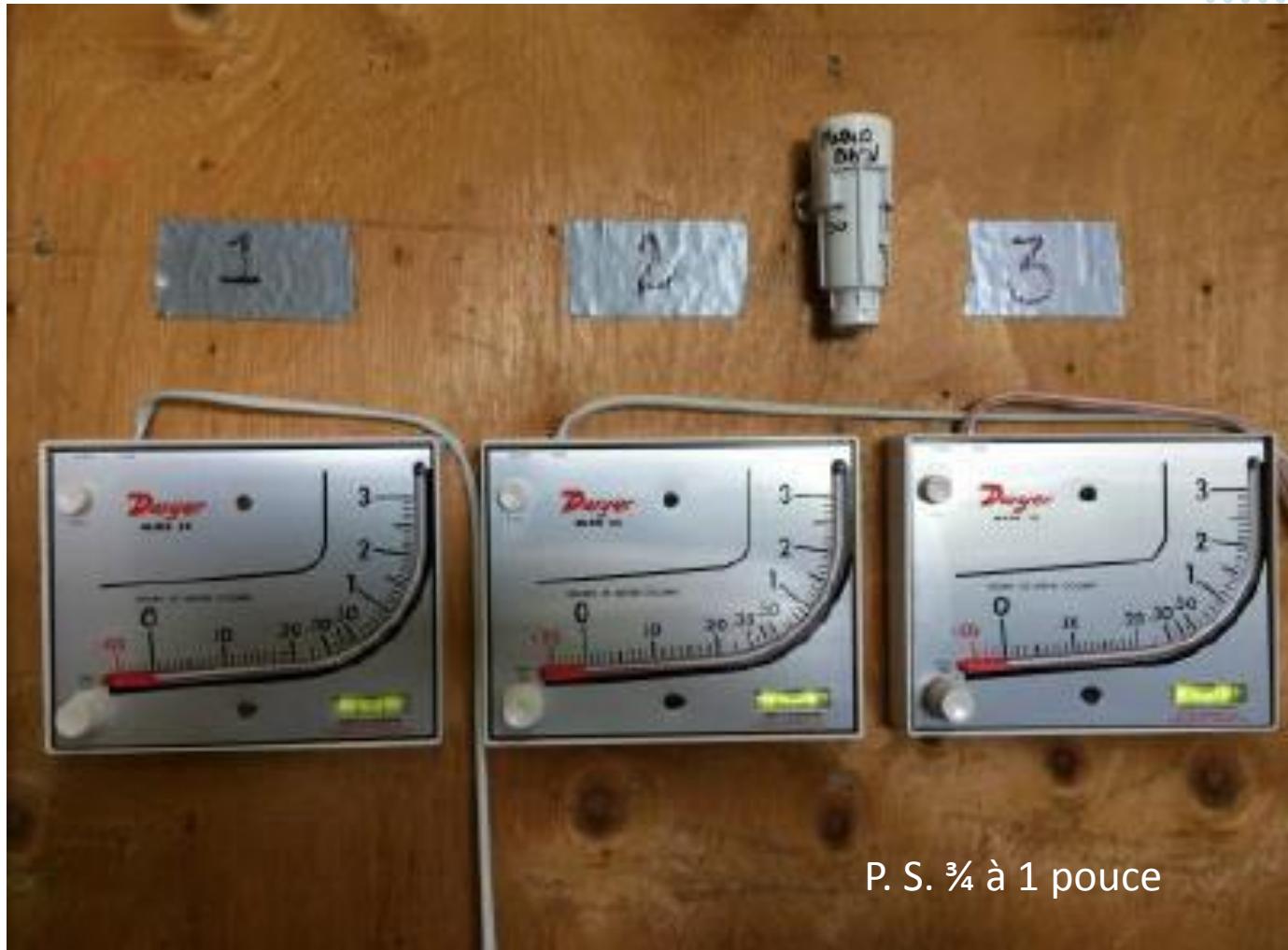
- Ventilateurs usagés (2 x G9, 1 x G12)
- Moteurs de ¾ à 1 H.P.
- Fournaise de 40 kW (136 500 BTU/hr)
- Utilisation des équipements de ventilation et de chauffage en place
- Achat d'un contrôleur Varifan ECS-2M
- Mise en place de sondes de mesure (Hobo et Dwyer)

Contrôle de la ventilation et du chauffage



Contrôleur ECS-2M; 2 paliers (ventilation et chauffage)

Manomètres



Source: Jenny Leblanc, MAPAQ

Autres instruments de mesure



a)



b)



c)

a) Onset HOBO UX100-011

b) Onset HOBO U23-001 Pro V2 utilisé pour la mesure ponctuelle des températures et de l'humidité relative

c) Appareil de mesure ponctuel de température de marque Barnant



Graphique 1. Températures et humidité relative de l'air observées à l'extérieur et à l'intérieur du garage durant le projet.

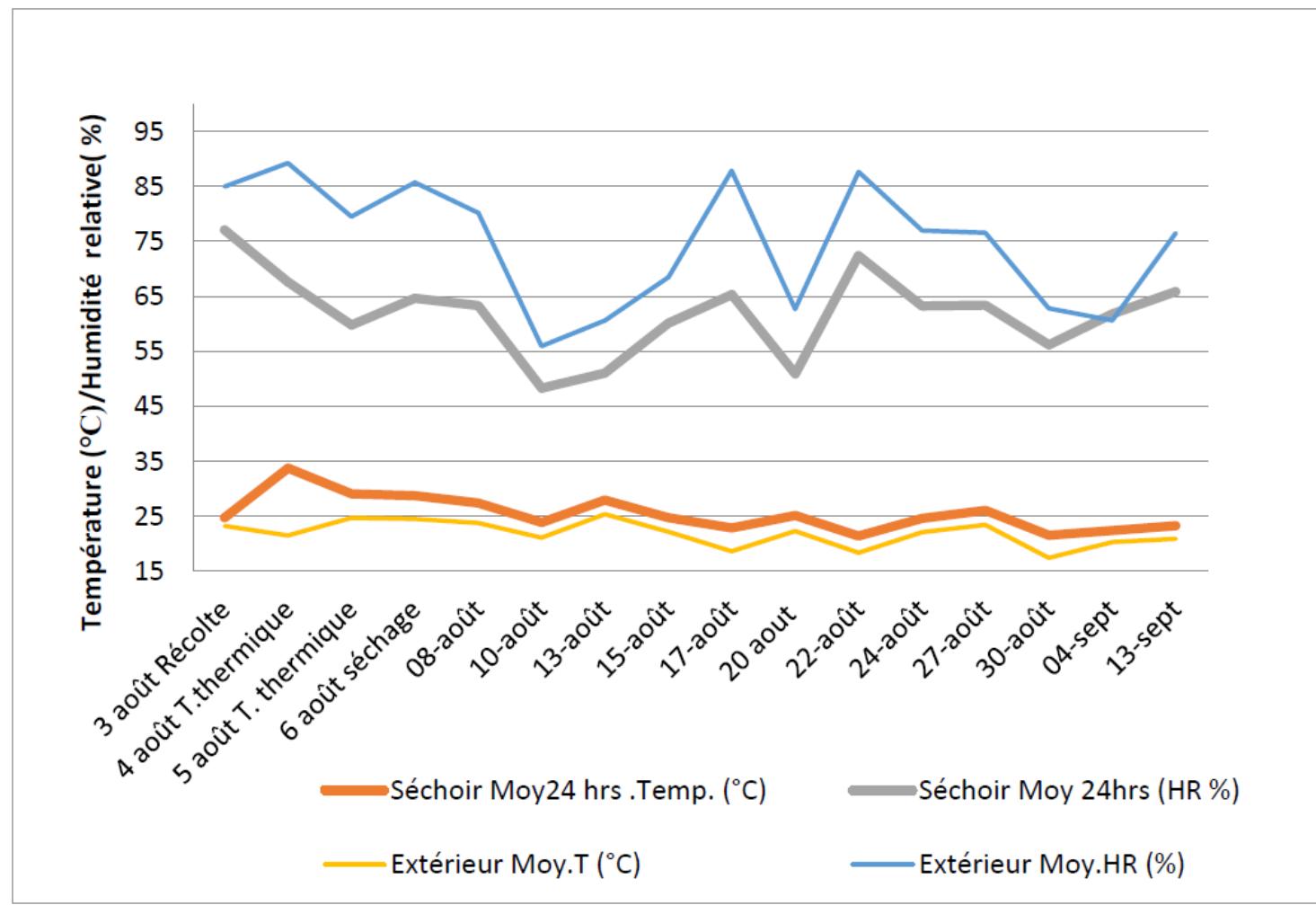
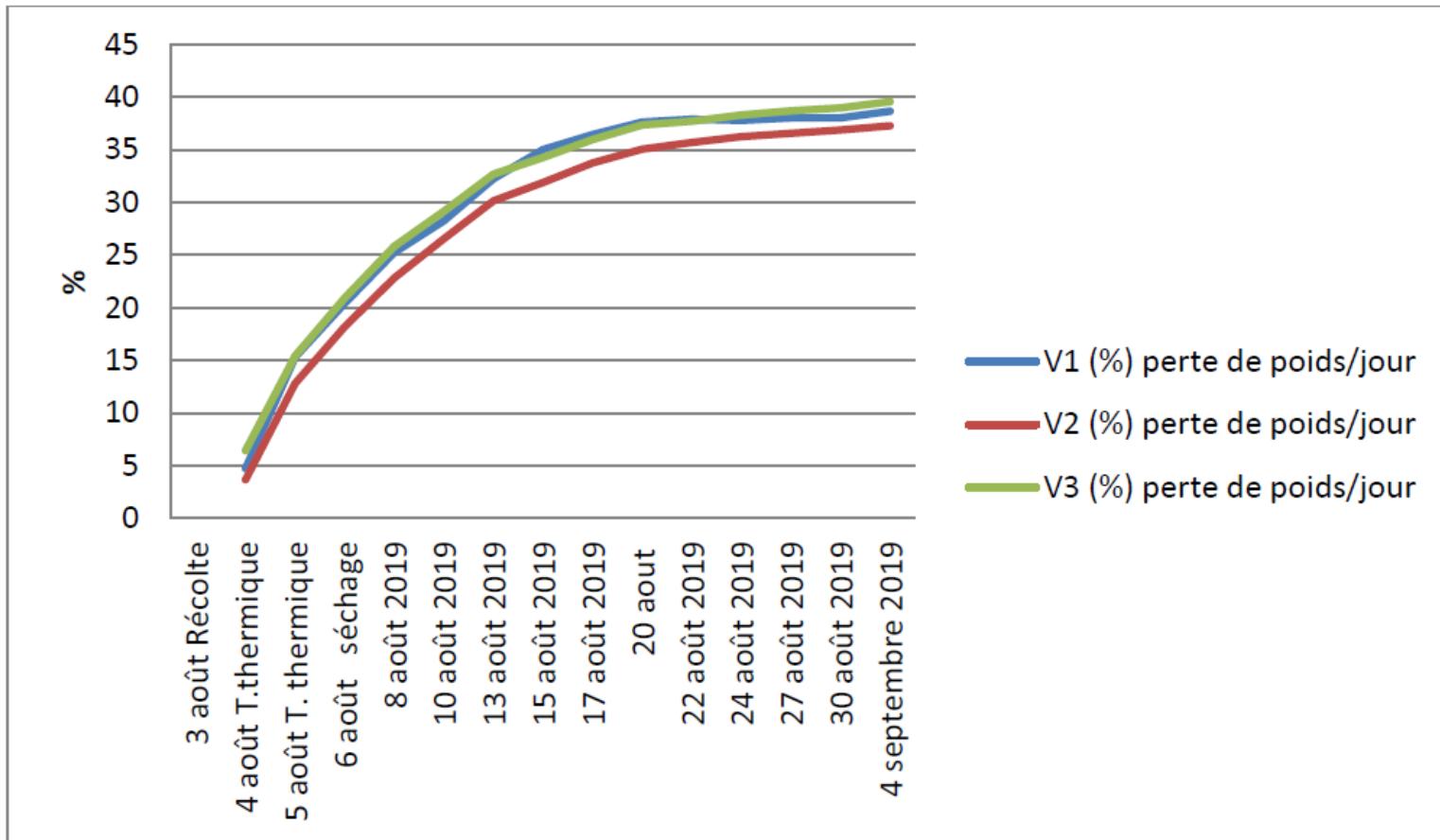


Tableau 3. Moyennes et durées des conditions climatiques dans le séchoir lors des 3 phases de conditionnement

Phase de Conditionnement	Température (°C)	Humidité relative (%)	Durée
Traitement thermique	34 °C	70 %	18 h
Séchage	30 °C et +	70 %	31 h
Entreposage	24 °C	65 %	17 jours
	22 °C	65 %	2 mois

Graphique 3. Moyenne cumulative (%) de perte de poids dans les 3 unités de ventilation pour la période de conditionnement.



VOUS SAVEZ TOUT MAINTENANT...

- Excellent travail réalisé par Clément Vigneault, ing., Ph. D. littérature, théorie et plans types de séchoirs, assisté de Jocelyn Marceau, ing., M. Sc. (Plans types de séchoirs)
- Reste des éléments de base à acquérir concernant, entre autres, la masse volumique apparente et les rendements pour les différentes variétés d'ail. Caractériser leur comportement au conditionnement thermique et au séchage lorsque les fanes sont présentes.

Merci!