



Agriculture et
Agroalimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada



Fonctionnement d'un système de séchage avec déshumidification

René Morissette, ing. M.Sc.
Journée INPACQ Séchage des fourrages
Victoriaville, 5 mars 2014

Canada 

Contenu

- Facteurs de design et systèmes de séchage du foin
- Principe de fonctionnement d'un déshumidificateur
- Application dans le séchage du foin
- Psychrométrie (température et humidité)
- Analyse du séchoir en vrac Brawer
- Conclusion



Facteurs influençant le fonctionnement d'un séchoir

- Format de récolte: petite ou grosse balle, vrac, haché
- Caractéristiques: densité du foin, stade de récolte, humidité
- Objectif de performance: séchage rapide ou lent (puissance), stabilisation du foin presque sec, efficacité énergétique, qualité du séchage
- Sources d'énergies disponibles: électricité (V, A), mazout, propane, gaz naturel, biomasse, solaire
- Espace et main-d'œuvre
- Capacité d'investissement et support des charges variables

Systemes de séchage - Types



En lot (*batch*)



En continu
(séchoir à tambour)

Systemes de séchage – Conditionnement de l'air

Chaleur indirecte
(chaudière, échangeurs, solaire)



Déshumidification



Chaleur directe (flamme nue, élément)



Systemes de séchage – Pour balles de foin



Systemes de séchage – En vrac



Ferme Hengil, St-Hilarion



Ferme Brawer, Victoriaville



Auvergne, France

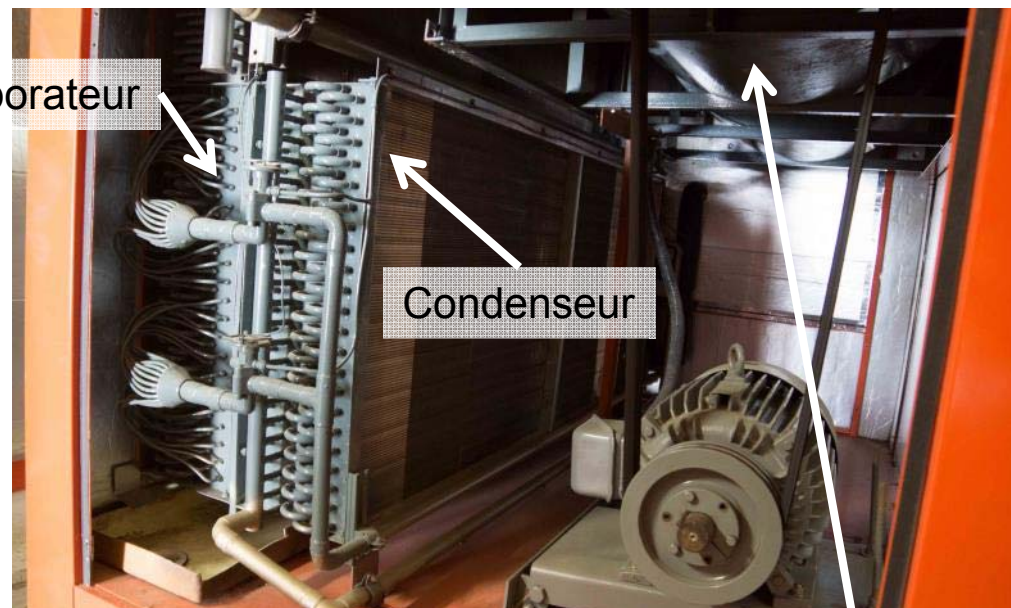


Ferme Lehman, Hébertville

Principe de fonctionnement d'un déshumidificateur



Compresseur
Puissance nominale de 75 HP



Évaporateur

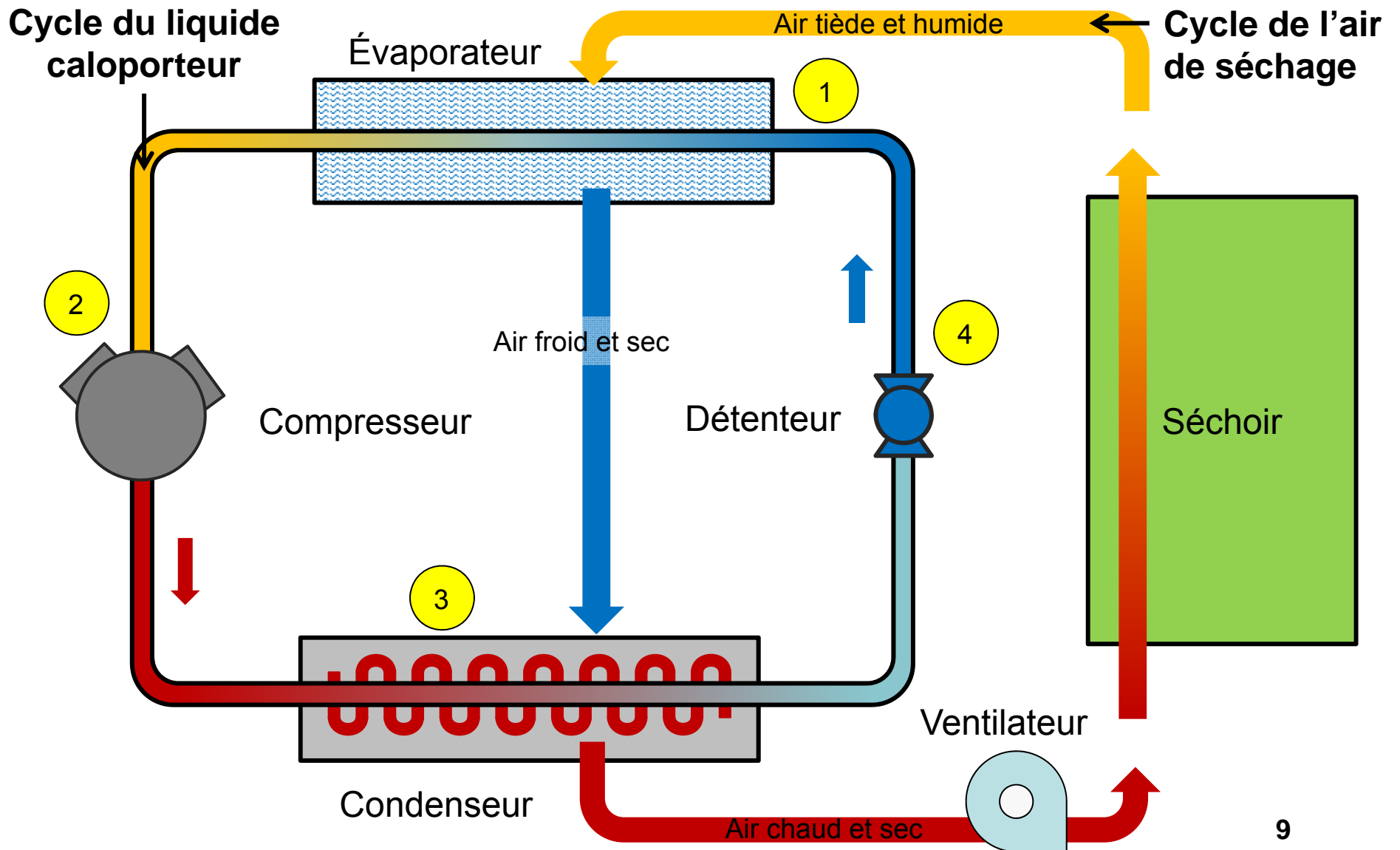
Condenseur

Ventilateur, puissance nominale de 25 HP

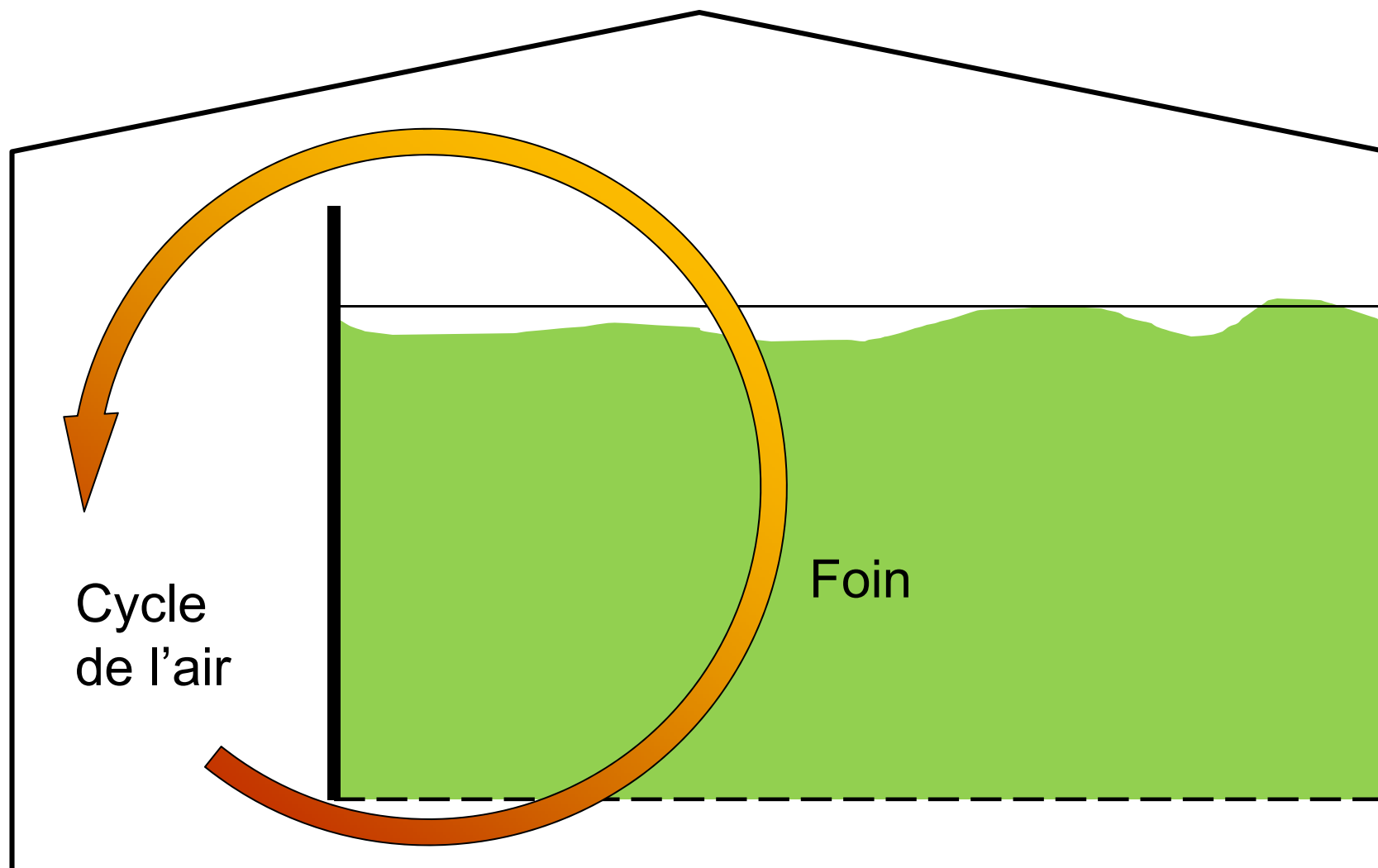


Sortie du condensat

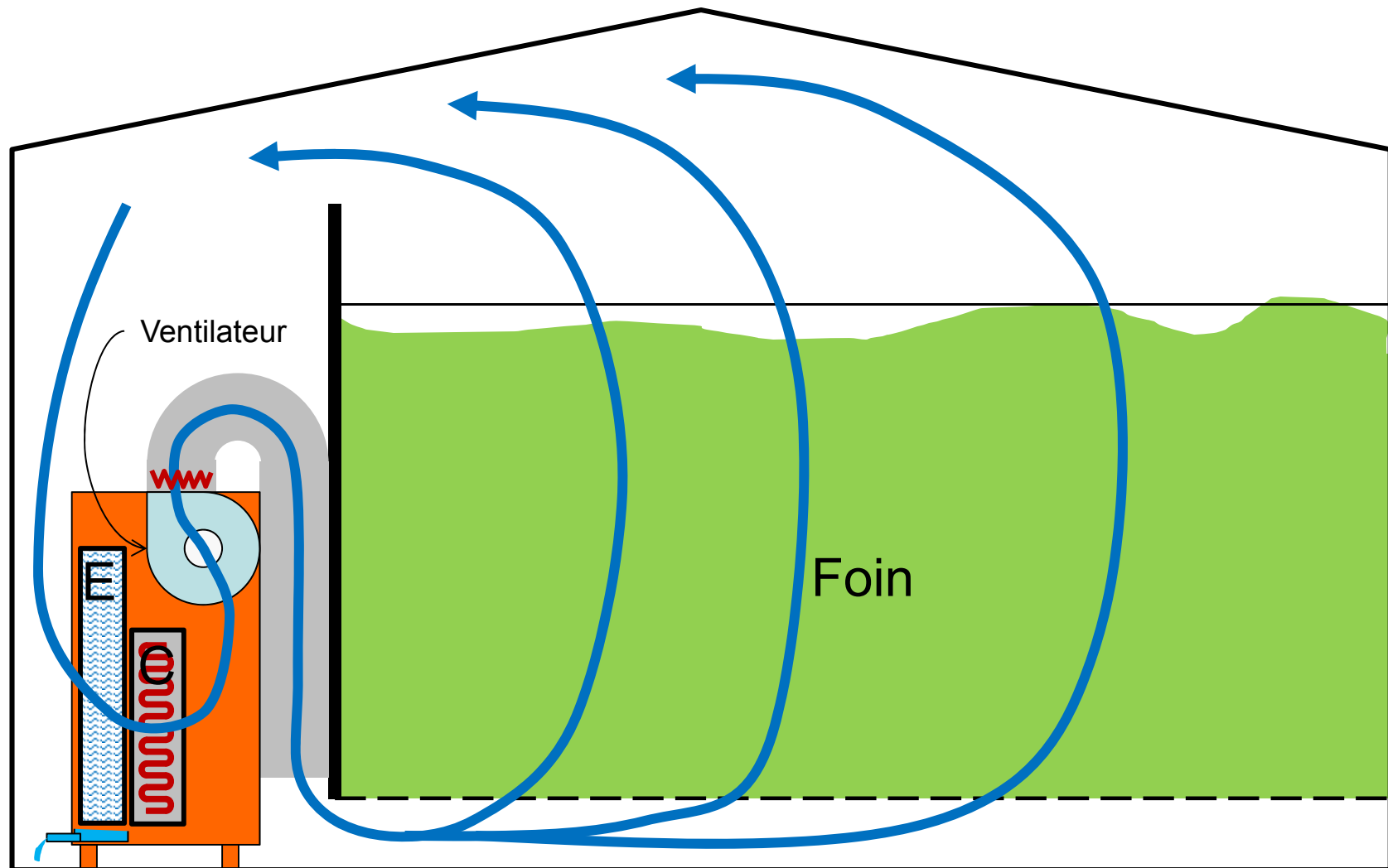
Principe de fonctionnement d'un déshumidificateur



Principe de fonctionnement d'un déshumidificateur

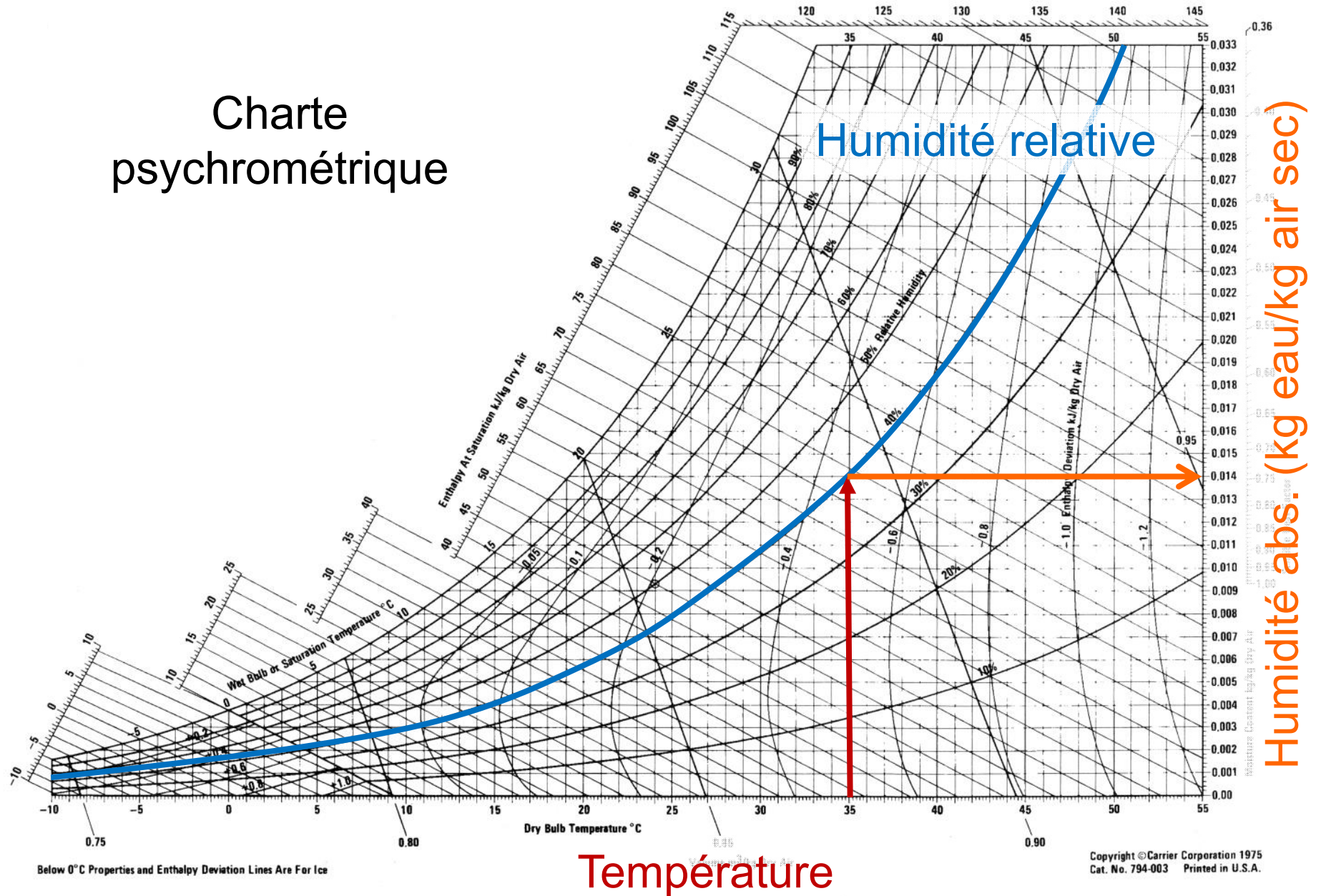


Principe de fonctionnement d'un déshumidificateur



Psychrométrie

Charte psychrométrique



Psychrométrie - Déshumidification

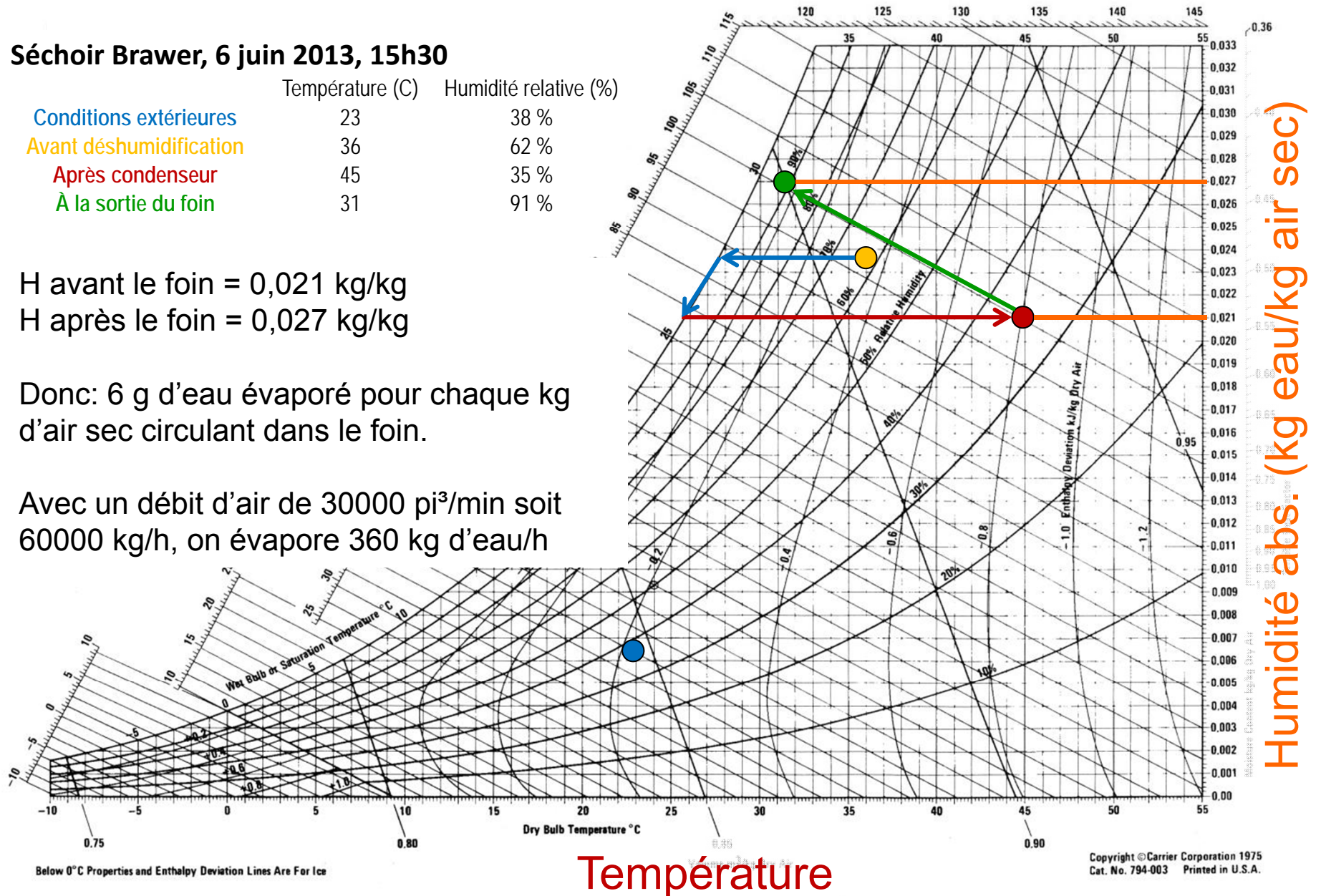
Séchoir Brawer, 6 juin 2013, 15h30

| | Température (C) | Humidité relative (%) |
|-------------------------|-----------------|-----------------------|
| Conditions extérieures | 23 | 38 % |
| Avant déshumidification | 36 | 62 % |
| Après condenseur | 45 | 35 % |
| À la sortie du foin | 31 | 91 % |

H avant le foin = 0,021 kg/kg
 H après le foin = 0,027 kg/kg

Donc: 6 g d'eau évaporé pour chaque kg d'air sec circulant dans le foin.

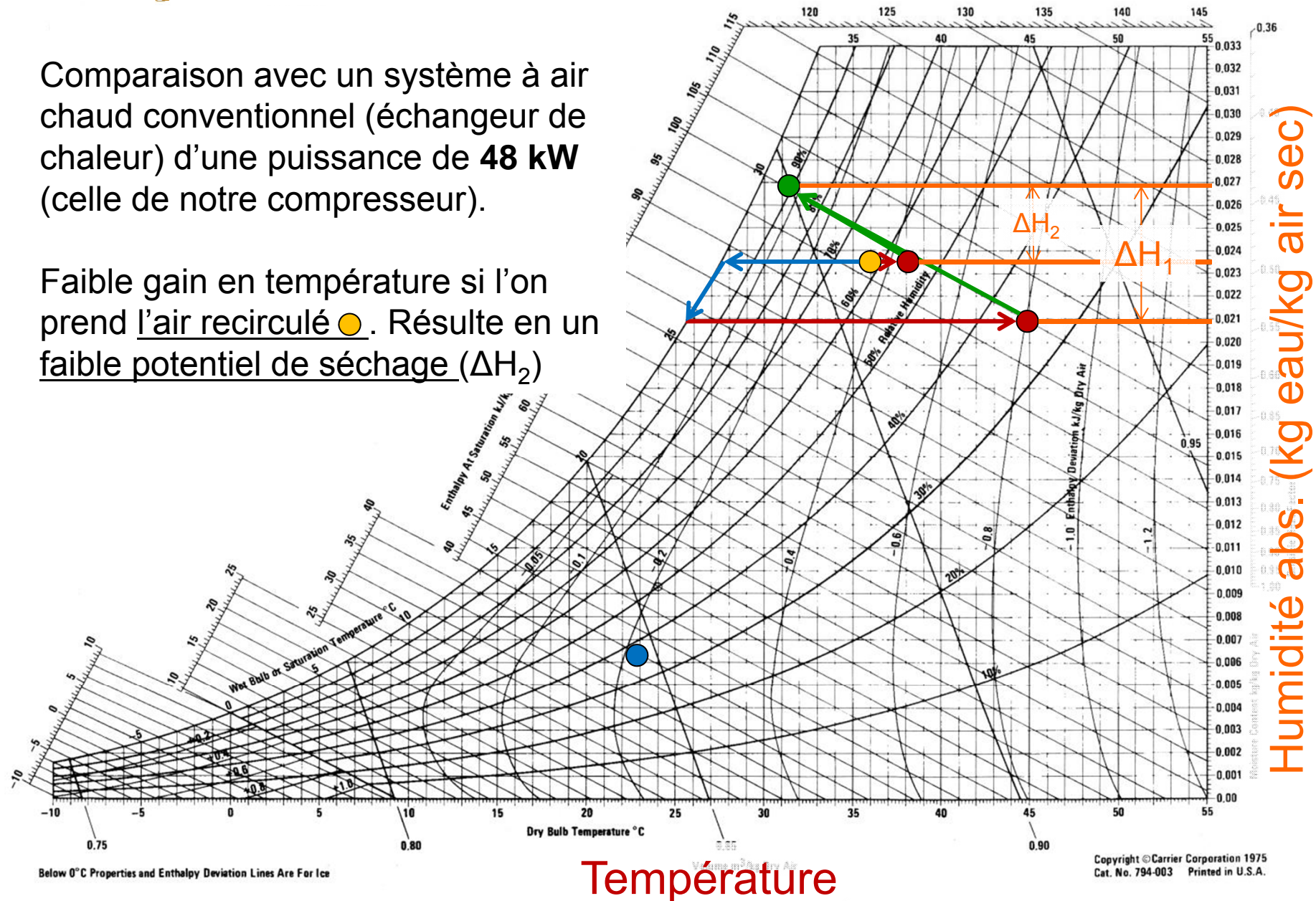
Avec un débit d'air de 30000 pi³/min soit 60000 kg/h, on évapore 360 kg d'eau/h



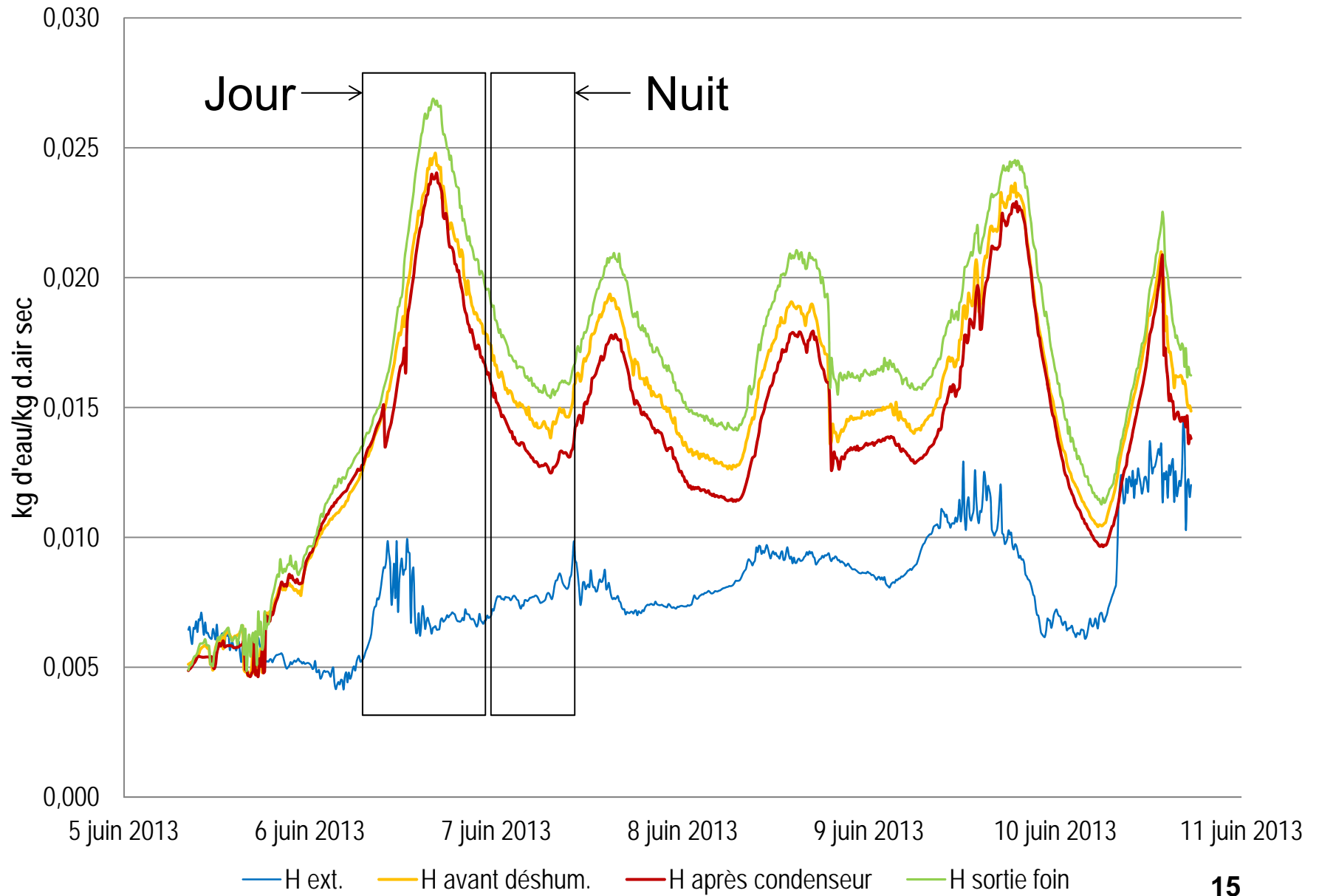
Psychrométrie – Air chauffé seulement

Comparaison avec un système à air chaud conventionnel (échangeur de chaleur) d'une puissance de **48 kW** (celle de notre compresseur).

Faible gain en température si l'on prend l'air recirculé ●. Résulte en un faible potentiel de séchage (ΔH_2)



Humidité absolue 5 au 11 juin 2013 (durant la 1^{er} coupe)



Analyse du séchoir Brawer

Bilan d'eau au déshumidificateur 1 (28 mai au 23 juin)

| | | |
|--------------------------------|--------------|------------------|
| → Compteur d'eau | t | 35,9 |
| Débit d'air | kg/s | 20,8 (37500 CFM) |
| Masse d'air totale sur période | kg | 37494066 |
| H moy. avant déshum. | g eau/kg air | 14,5 |
| H moy. après condenseur | g eau/kg air | 13,8 |
| Diff. H moy | g eau/kg air | 0,75 |
| → Eau retirée (par diff H) | t | 27,9 |

Selon le fabricant pour une unité MRO-75:

| | | |
|--------------------------|-------------------|------|
| Capacité de condensation | kg d'eau /kW/jour | 32,0 |
| Capacité à 48 kW (64 HP) | kg/jour | 1528 |
| → Condensat d'eau prévu | t | 28,5 |

| | | |
|--------------------------------|---|-------------|
| → Eau évaporé du foin (estimé) | t | 47,6 |
|--------------------------------|---|-------------|

Différence: évacuation de l'air humide vers l'extérieur du séchoir (portes)

Analyse du séchoir Brawer

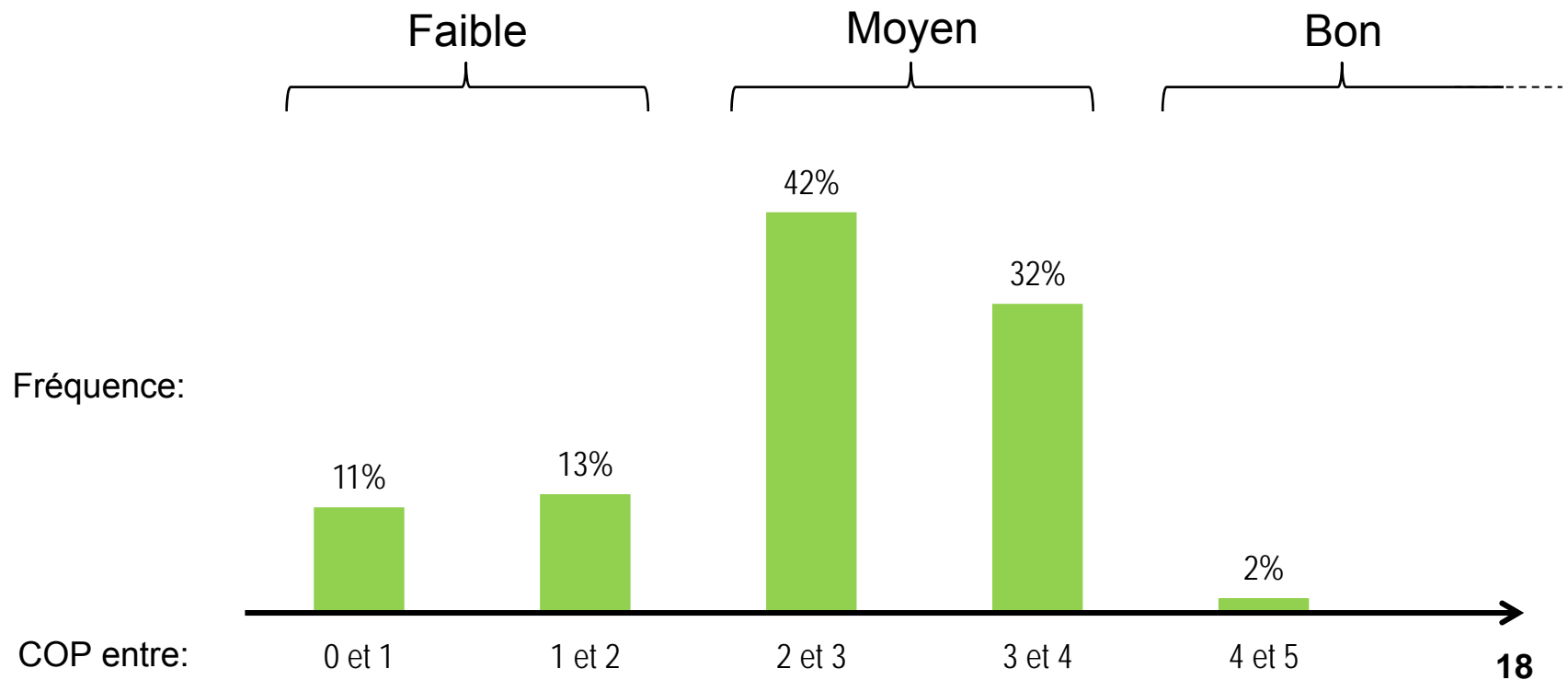
Consommation énergétique (28 mai au 23 juin)

| | Système 1 | Système 2 | S1 et S2 combinés |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Opération ventilateur (h) | 500 | 511 | |
| Opération compresseur (h) | 447 | 450 | |
| Puissance ventilateur (kW) | 15 (20 HP) | 15 | |
| Puissance compresseur (kW) | 48 (64 HP) | 48 | |
| Cons ventilateur (kWh) | 7463 | 7621 | 15084 |
| Cons compresseur (kWh) | 21360 | 21488 | 42848 |
| Énergie totale estimée (kWh) | 28824 | 29109 | 57932 |
| Énergie totale facturée (kWh) | | | 57759 |
| Taux spécifique d'extraction d'eau (kg d'eau/kWh)* | | | 0,62 (faible) |
| Validation du $(COP-1)/h_{fg}$ | | | 0,63 ok |

* *Specific Moisture Extraction Rate (SMER) aussi défini par $(COP-1)/h_{fg}$*

Analyse du séchoir Brawer

Performance du déshumidificateur 1 (28 mai au 23 juin)



Conclusion

- Critères de design un projet de séchage en vrac:
 - Foin en vrac, séchage par lot
 - Quantité importante, récolté jeune à une TEE élevée
 - Densité du foin faible à moyenne
 - Séchage rapide, efficacité énergétique, foin de qualité
 - Énergie électrique, espace et main-d'œuvre disponibles
- Déshumidificateur:
 - Principe: retire l'eau de l'air et chauffe l'air
 - Cycle du fluide caloporteur, cycle de l'air
 - Étapes du fluide: évaporation, compression, condensation, expansion
 - Plus performant qu'un système à air chaud conventionnel
 - Taux spécifique d'extraction d'eau: 0,62 kg d'eau /kWh (faible)
 - COP du déshumidificateur généralement entre 2 et 4 (moyen)



Merci!

René Morissette, ing. M.Sc.
rene.morissette@agr.gc.ca



Canada 