

Le séchage des ateliers :

Quelles technologies et quels coûts énergétiques ?



Jacques GUILPART- MF Conseil

j. guilpart@mfconseil.fr 06 43 44 66 28

www.mfconseil.fr



Adam TCHAIKOWSKI, Dessica

a.tchaikowski@dessica.fr 06 86 26 21 63

- ☞ Indispensable au maintien d'un niveau de contamination compatible avec les exigences de sécurité sanitaire des aliments.
- ☞ Exigeant en termes de qualification des procédures et des intervenants.
- ☞ Exigeant en termes de temps d'intervention et d'intrants.

Du sol au plafond ...



Photo : Irstea

... sans oublier les équipements et les surfaces de travail.



Photos : Irstea

☞ Des procédures grosses consommatrices :

- D'eau
- De produits de nettoyage
- D'énergie (traitement et chauffage de l'eau)

- Des volumes conséquents de rejets à traiter

⇒ Un impact environnemental évident

(tout aussi évident qu'est l'indispensabilité de ces procédures)

Après nettoyage et désinfection, le séchage de l'atelier est un préalable indispensable à la remise en marche des lignes de production.

Comment et à quel coût énergétique ?

Postulats :

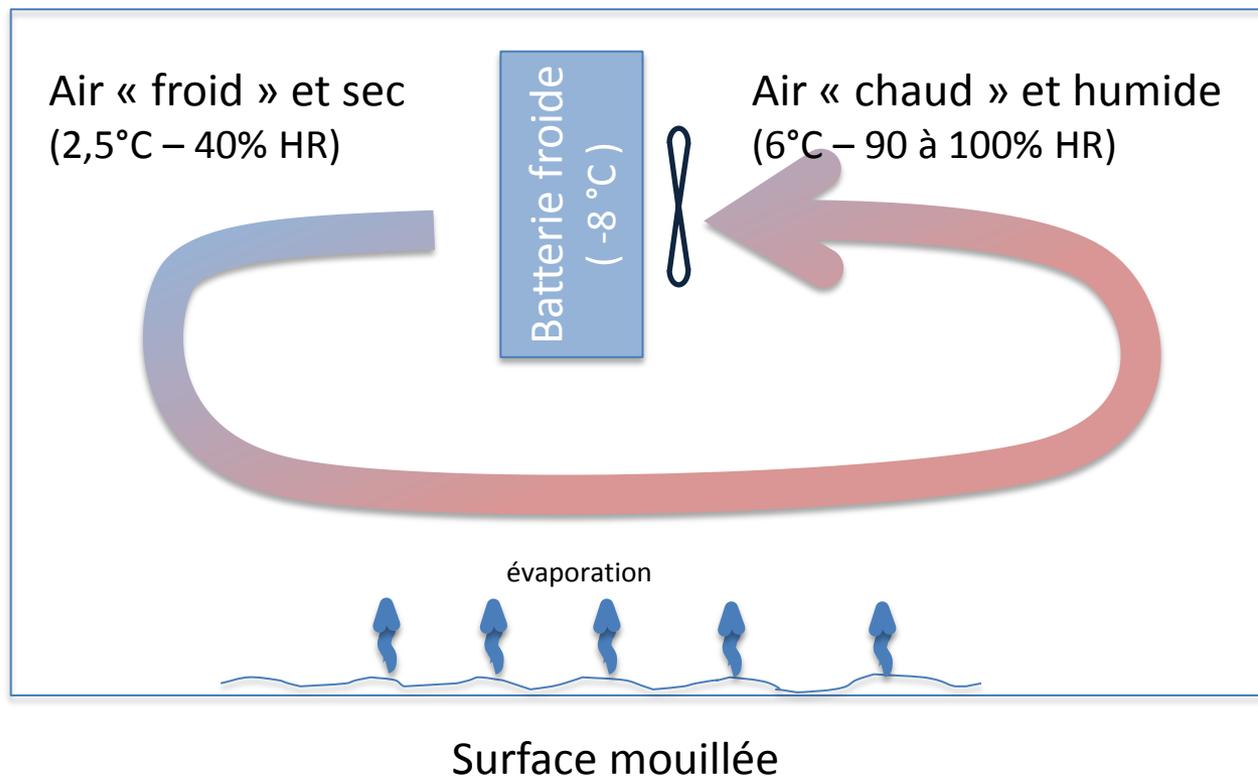
- *Un séchage manuel complet et total des surfaces n'est pas envisageable,*
- *Le séchage à l'air chaud avec extraction n'est pas envisageable non plus.*

- Les ateliers de l'agroalimentaire sont équipés de systèmes de froid permettant de les maintenir à la température souhaitée.
- Ils peuvent être équipés de systèmes spécifiques permettant la gestion de l'humidité.

⇒ Les technologies utilisées (utilisables) s'appuient sur ces deux derniers points.

Le traitement au point de rosée

Utilisation de l'équipement frigorifique en place



Cas de l'atelier étudié dans le cadre d'EcoSec :

Débit d'air : **6 000 m³ h⁻¹**

51 litres d'eau résiduelles sur les surfaces
(estimation ...)

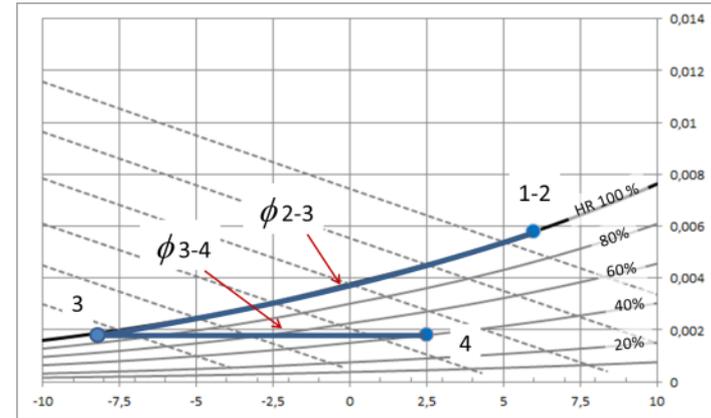
Conditions d'ambiance pendant la phase de séchage : **6°C – 100% HR**

Conditions de soufflage : **2.5°C – 40%**
correspondant à une température de rosée de -8,7°C
⇒ Température froide = -13,7°C
⇒ Nécessité de réchauffer l'air en sortie de batterie ...



Performances (calculs) :

- Temps de séchage : 1h 45'
- Puissance froid : 51,5 kW_f
- Soit **15,1 kW_e** appelés aux compresseur (COP ≈ 3,4)
- Puissance chaud : **23,4 kW_e**



Soit 38,5 kW elec appelés pendant la phase de séchage

(consommation : 67 kWh elec)

... sans compter le dégivrage :

(dégivrage électrique, masse batterie : 300 kg)

Chauffer la batterie givrée de $-8,7^{\circ}\text{C}$ à 0°C

=> $0,62 \text{ kWh}_e$

Faire fondre 51 kg de glace

=> $4,7 \text{ kWh}_e$

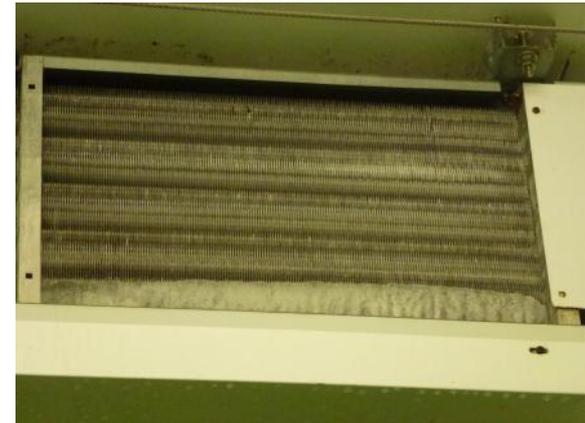
Faire monter la batterie à $+10^{\circ}\text{C}$

=> $0,42 \text{ kWh}_e$

Faire redescendre la batterie en froid

=> $0,23 \text{ kWh}_e$

Total dégivrage : 6 kWh (soit ~ 10% du coût du froid, ce qui est une valeur standard).



En conclusion :

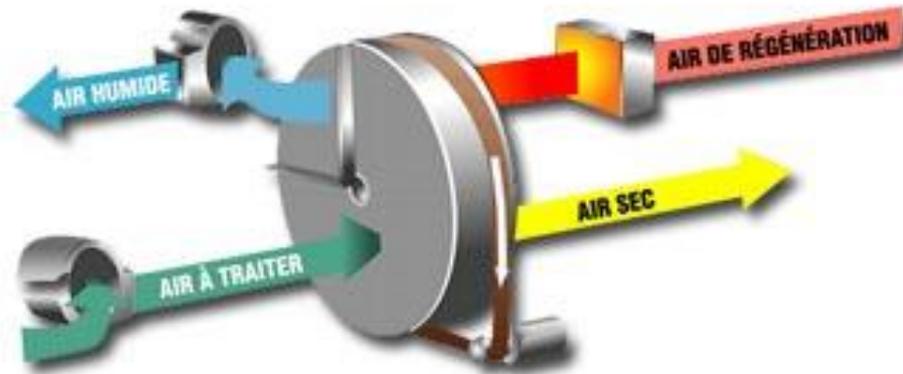
Le traitement au point de rosée est :

- Simple à mettre en œuvre (utilisation des équipements en place)
- Relativement coûteux en énergie
*(73 kWh électrique par séquence de nettoyage dans le cas étudié dans le projet
51 litres d'eau résiduelle, 1h45 de séchage)*

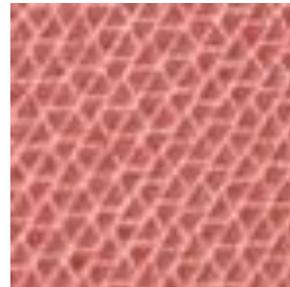
Existe-t-il d'autres techniques ?

La dessiccation par sorption solide

La fameuse roue dessiccante

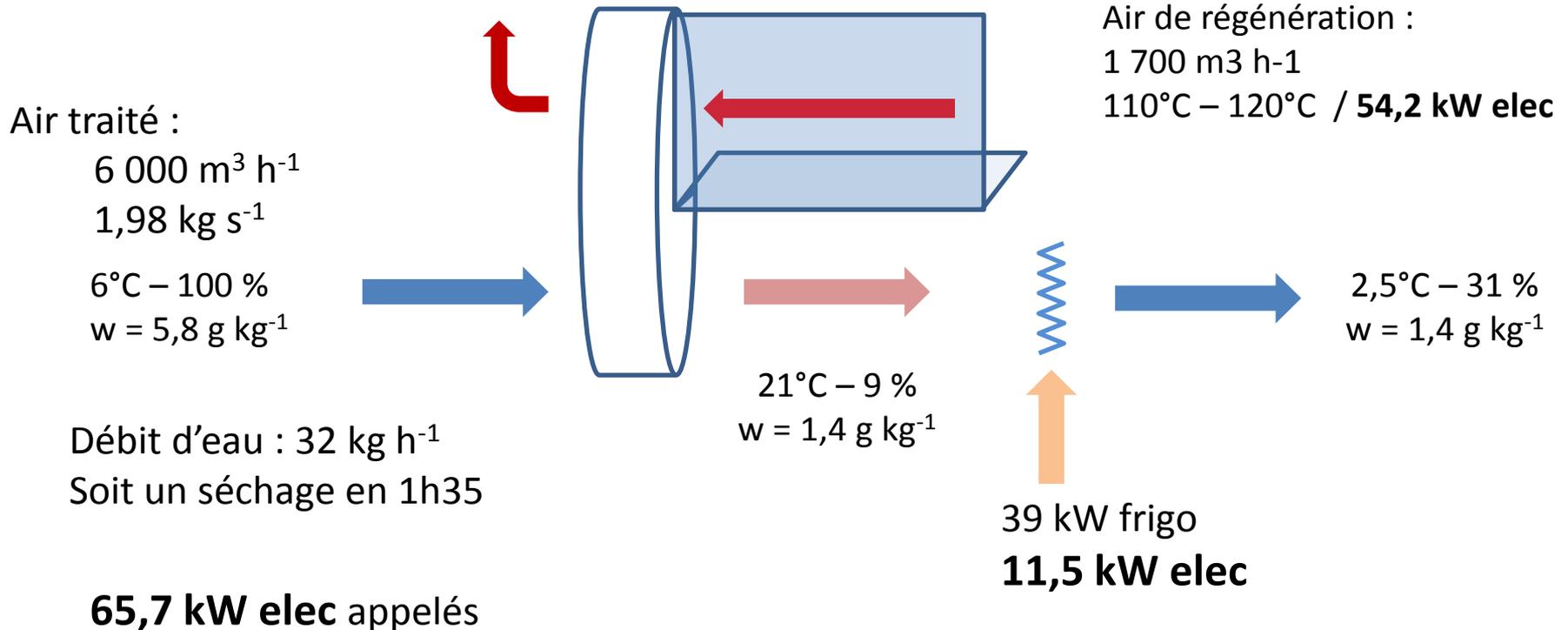


Capacités : 90 à 14 000 m³ h⁻¹
0,6 à 86 kg h⁻¹



Matériaux :
gels de silicate le plus souvent

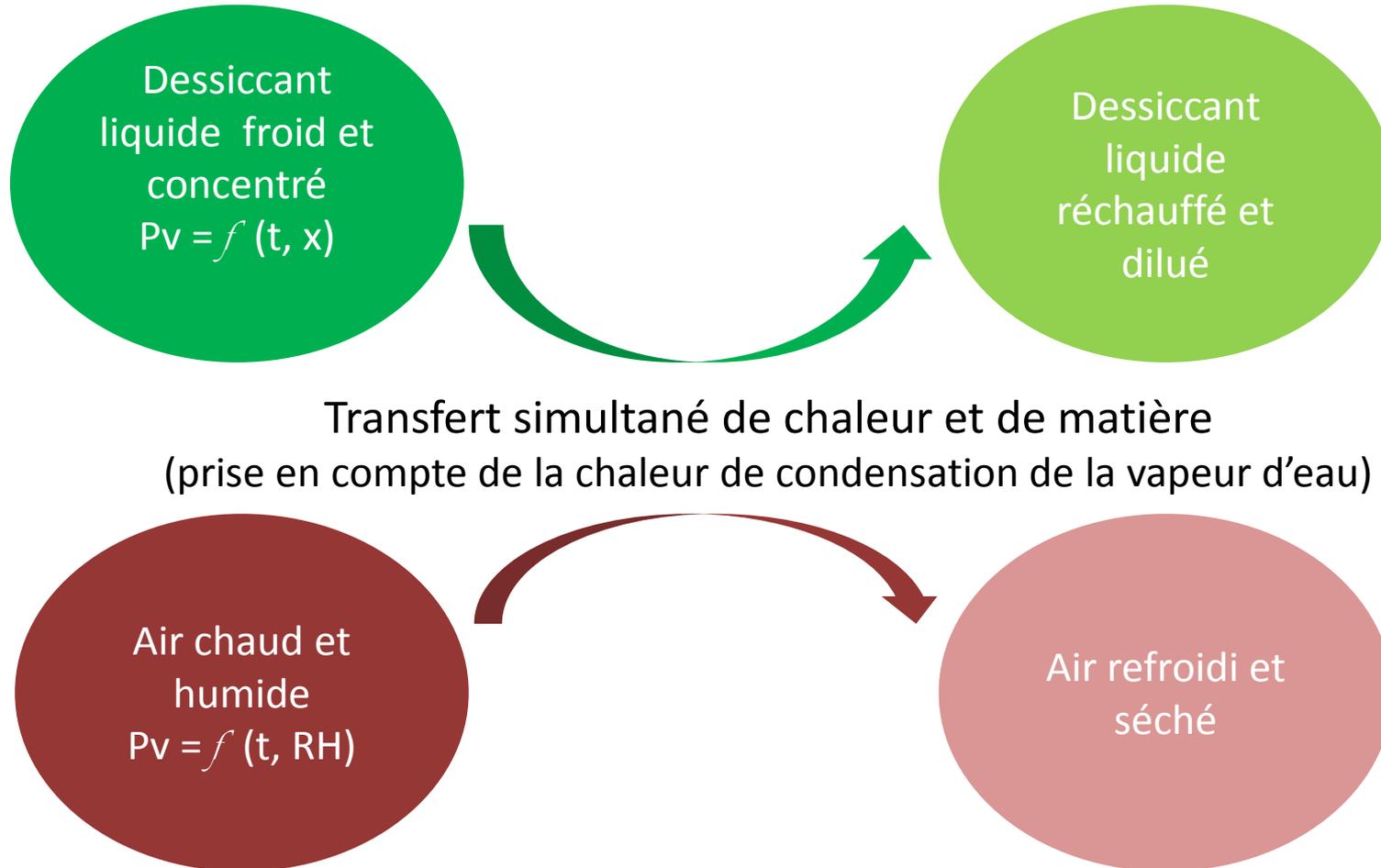
Cas de l'atelier étudié dans le cadre d'EcoSec (Données techniques Dessica)



En conclusion :

- Temps de séchage du même ordre de grandeur (1h35)
- Le froid est soulagé
(18,3 kWh_e contre 26,5 kWh_e pour le traitement au point de rosée)
- La régénération est très couteuse en énergie
(besoins de chauffage : 86 kWh_e contre 47 kWh_e pour le point de rosée)
- Au global : 104,3 kWh électrique consommés
(73 kWh_e pour le traitement au point de rosée)
- Plus de givrage des batteries, ce qui est intéressant.
 - ⇒ Une optimisation des conditions de régénération est intéressante
(et programmée dans le cadre d'EcoSec)

La dessiccation par sorption liquide



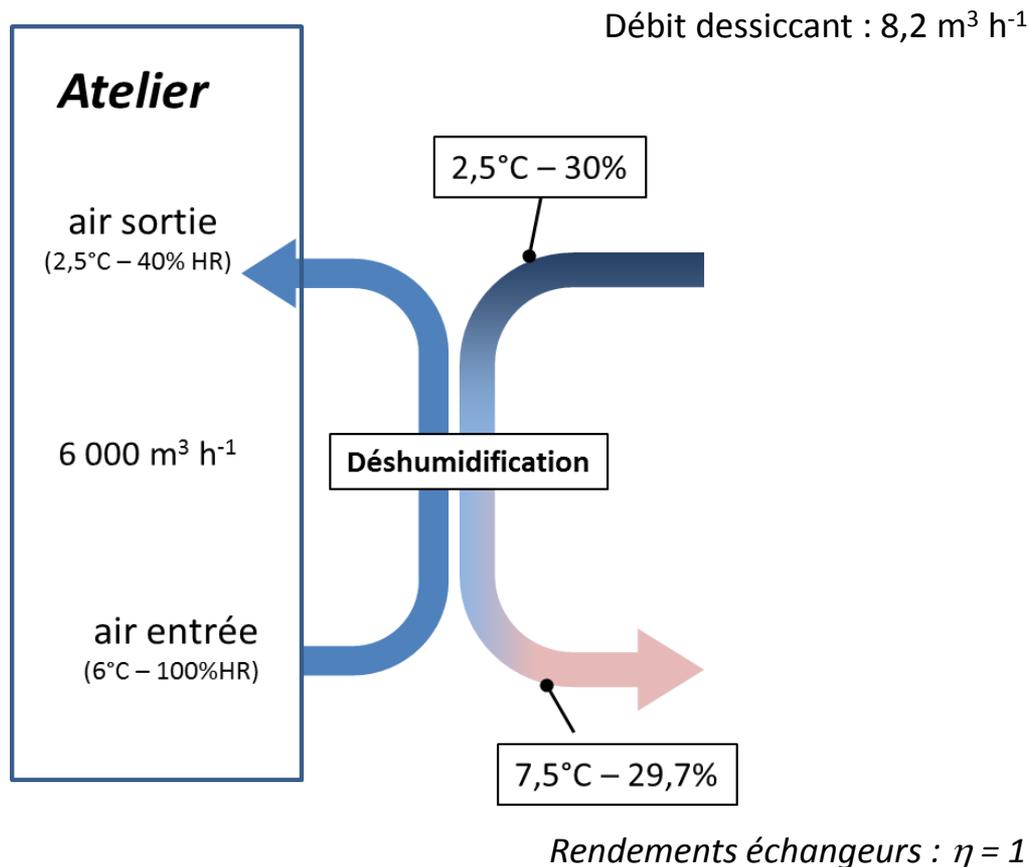
La dessiccation par sorption liquide

Quels solutés ?

	Perf.	Corros.	Cristal.	Tox.	Price
LiBr	😊😊	😞	😞	😞	😞😞
LiCl	😊	😞	😞	😊	😊
CaCl₂	😊	😞	😞	😊	😊
TEG	😞	😊	😊	😊	😊
Eau	😞😞	😊😊	😊😊	😊😊	😊😊

=> Le LiCl est utilisable dans les gammes de température / humidité du projet

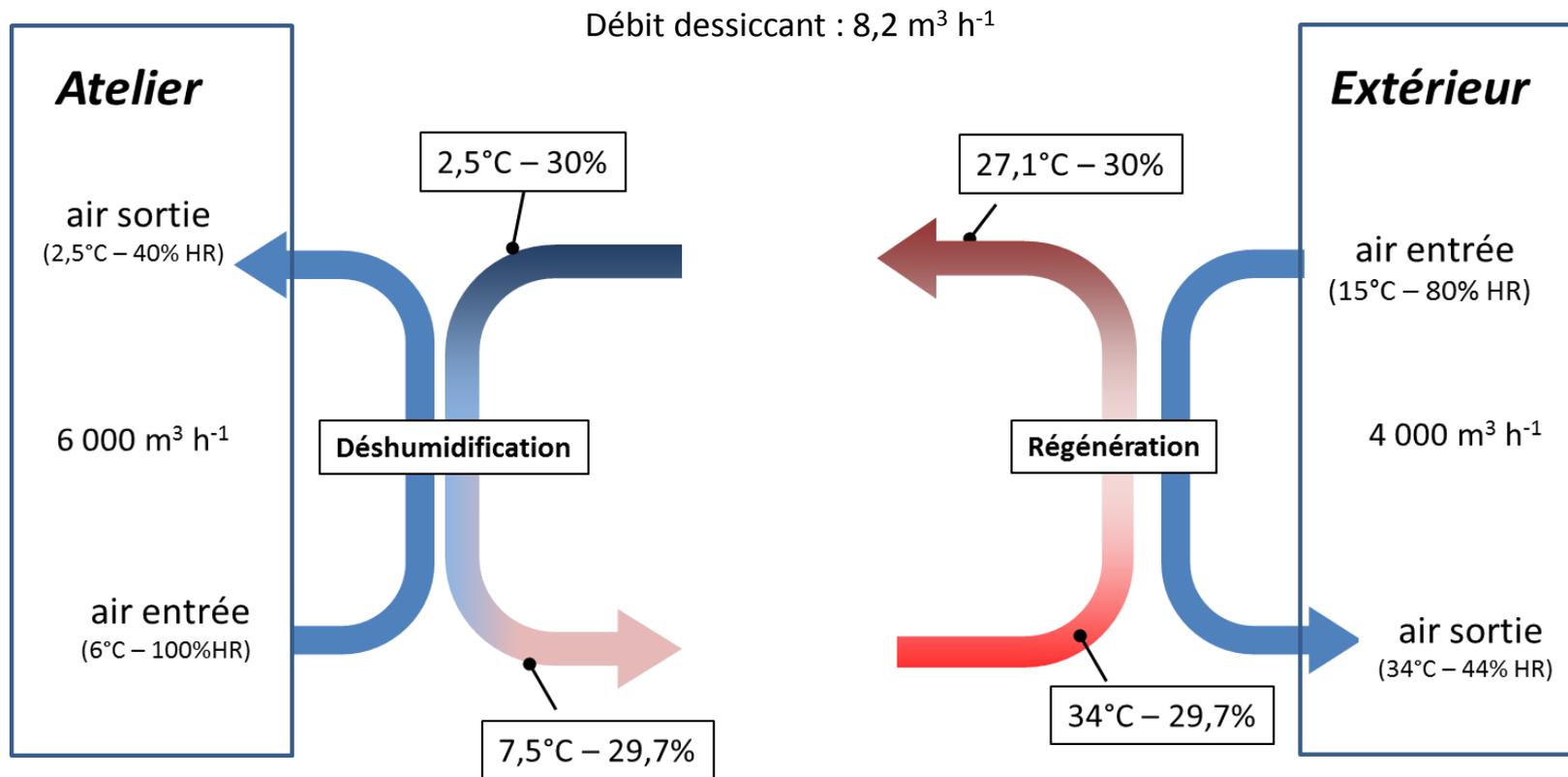
Cas de l'atelier étudié dans le cadre d'EcoSec :



La dessiccation par sorption liquide

Débit dessiccant : $8,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$

Cas de l'atelier étudié dans le cadre d'EcoSec :

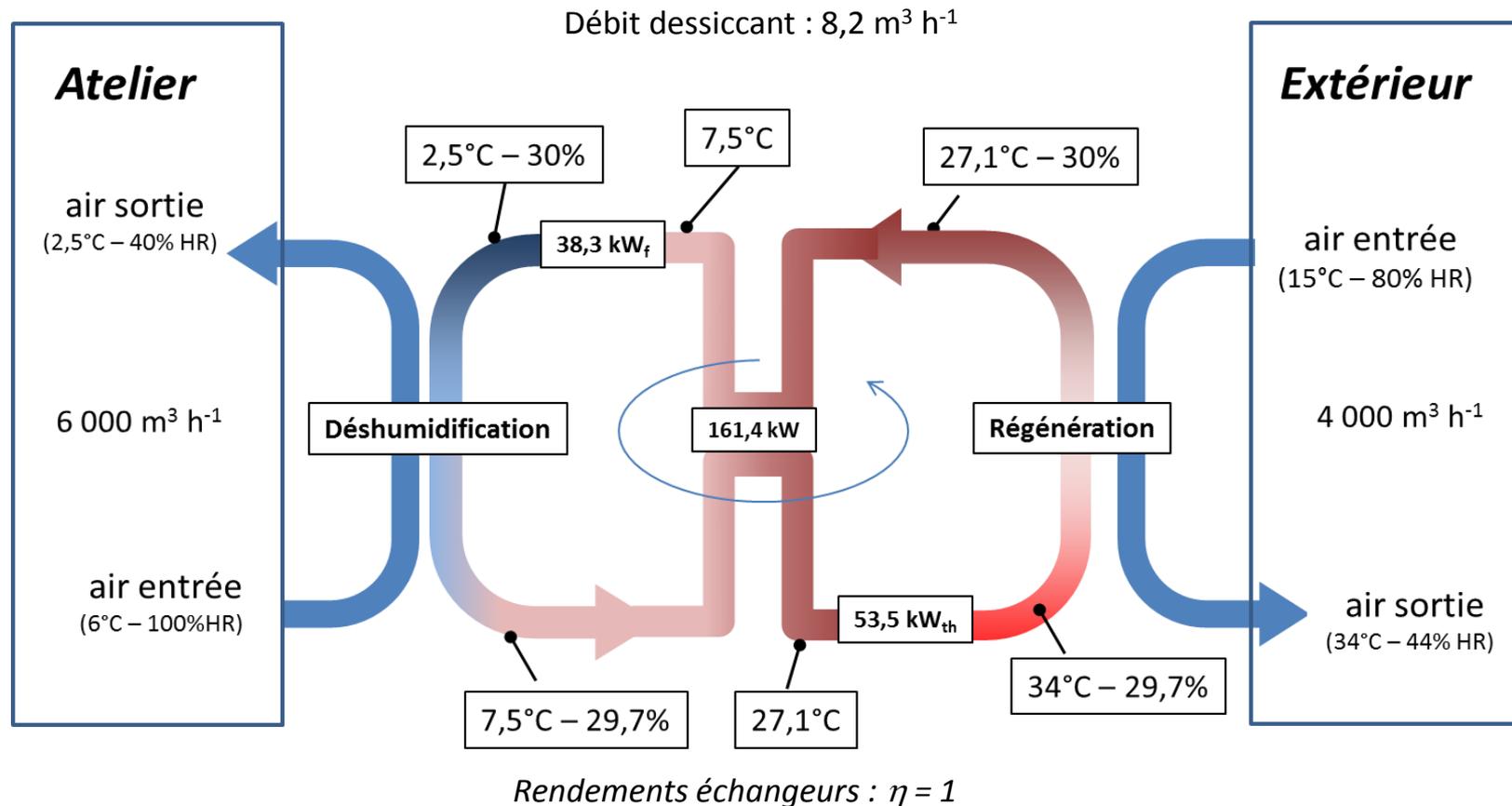


Rendements échangeurs : $\eta = 1$

La dessiccation par sorption liquide

Débit dessiccant : $8,2 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$

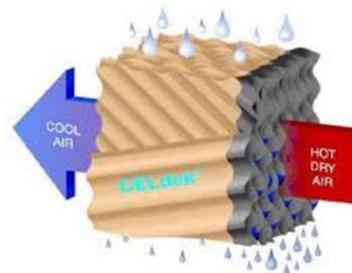
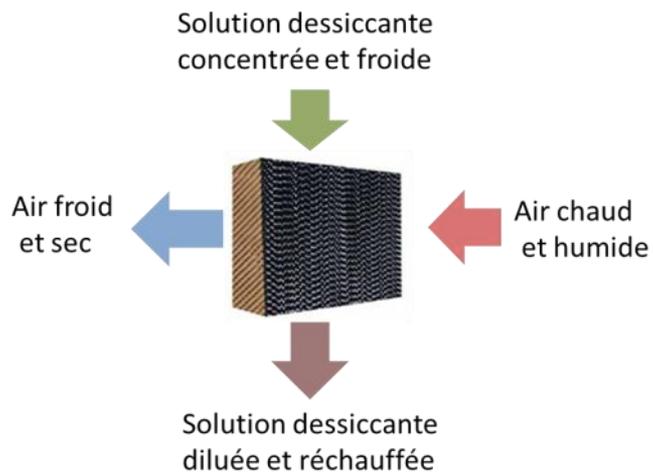
Cas de l'atelier étudié dans le cadre d'EcoSec :



En Résumé :

- Temps de séchage du même ordre de grandeur (1h45)
- Consommation froid : 14,1 kWh elec
- Consommation chaud : 93,6 kWh
(sans récupération de chaleur sur le groupe froid,
et avec un récupérateur de chaleur efficace)
- Au global : 108 kWh électrique consommés
- Plus de givrage car plus de batteries à ailettes, ce qui est intéressant.

Techniques de mise en contact air / solution



Structured packing contactor
(ex : Celdeck)



Bubbling contactors



Unstructured packing contactor
(ex : Rashig rings)



Trickling contactor



Membrane contactors

La dessiccation par sorption liquide



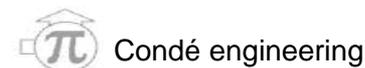
Le système Kathabar (Dessica) – échangeurs à ruissellement

Avantages :

Traitement simultané de la température et de l'humidité,
Qualité de l'air (effets bactéricide des solutions à base de Cl),

Inconvénients :

Solution utilisée (LiCl, toxicité du Li en cas d'entraînement vésiculaire)
Corrosion (évitée par l'utilisation de matériaux composites)



Cas de l'atelier étudié dans le cadre d'EcoSec : (51 litres d'eau à condenser en 1h45 – 1h50)

	Puissance appelée (kW)		Energie consommée (kWh elec)	Observation
	froid	chaud		
Point de rosée	51,5	23,4	73	Systeme classique.
Roue dessicante	39	54,2	104	Avec régénération électrique à optimiser
Dessiccant liquide	38,3	53,5	108	Avec un récupérateur de chaleur interne 100 % efficace, sans récupération de chaleur sur le groupe froid.

Pour le cas étudié,

- Le système au point de rosée se positionne comme le plus intéressant sur le plan énergétique,
- Dans la pratique, les systèmes à roue dessiccante simplifient l'exploitation.

Plus généralement :

- Les systèmes à sorption solide (roues dessiccantes) se positionnent favorablement lorsque de bas points de rosée sont recherchés.
- Dès lors que les débits à traiter sont élevés (plus de 15 - 20 000 m³ h⁻¹), la sorption liquide devient intéressante.
- Pour les points de rosée plus élevés (ex : traitement d'air en climatisation de locaux techniques) et les gros débits d'air, la sorption liquide se positionne comme une technique intéressante.

Le séchage des ateliers :

Quelles technologies et quels coûts énergétiques ?



Jacques GUILPART- MF Conseil

j. guilpart@mfconseil.fr 06 43 44 66 28

www.mfconseil.fr



Adam TCHAIKOWSKI, Dessica

a.tchaikowski@dessica.fr 06 86 26 21 63