Certificats d'économies d'énergie

Fiche explicative n° FE - 07

Déshumidificateurs de Serre

Fiches d'opérations standardisées concernées :

- AGRI-TH-117 : Déshumidificateur thermodynamique pour serres
- AGRI-TH-119 : Système de déshumidification avec air extérieur

1) Qu'est-ce une serre ?

La serre est une "enceinte destinée à la culture ou à la protection des plantes. Elle est constituée principalement par un matériau de couverture transparent ou translucide qui isole plus ou moins les cultures de l'environnement extérieur.

- *La serre constitue un abri efficace contre les intempéries (vent, pluie, neige...),*
- *Elle réduit l'introduction de divers agents nuisibles, et crée pour les plantes, un microclimat particulier qui peut être facilement amélioré à l'aide de divers équipements,*
- *La serre permet une maîtrise plus facile de l'alimentation hydrominérale et de la nutrition carbonée (enrichissement possible en gaz carbonique),*

2) Pourquoi déshumidifier une serre ?

Lors de leur croissance, les plantes dégagent de l'humidité qui s'accumule sous forme de vapeur dans la serre qui devient trop humide. Plus l'air est chaud, plus cette quantité augmente. Lorsque l'air devient saturé en humidité, il se forme un brouillard de gouttelettes d'eau en suspension dans l'air.
Les problématiques d'une serre trop humide sont :

- *Ralentissement ou arrêt de la croissance des plantes,*
- *Développement de maladies cryptogamiques pouvant causer la perte de toute la culture,*
- *Condensation de la vapeur d'eau sur les parois de la serre : armatures métalliques, vitrages… et vieillissement prématuré de certaines parties de la serre,*
- *Diminution de la luminosité dans la serre,*
- *Présence de gouttes d'eau sur les fruits et les feuilles provoquant des taches et entraînant une moindre qualité des produits,*

L'humidité de l'air peut être mesurée en valeur relative, en valeur absolue ou en pression partielle.

Humidité absolue (gvapeur d'eau/kg d'air sec)
Par exemple : à 20°C, lorsque l'air est saturé en humidité, il contient 14.5g d'eau/kg d'air sec ; à 10°C lorsque l'air est saturé en humidité, il contient 7.6g/kg air sec (sous une pression de 1013 hPa).

Humidité relative (%)
C'est l'écart relatif par rapport à l'humidité à saturation.
Par exemple : à 20°C et 11.6 g/kg d'air sec, l'humidité relative est de 80%. Le corps humain est sensible à l'humidité relative et non pas l'humidité absolue ; il convient de raisonner en humidité relative.

Pression partielle
Les plantes sont sensibles à la pression partielle car les écarts de pression de vapeur d'eau entre l'air et les feuilles sont le moteur de l'intensité des échanges à travers les stomates de la feuille.
Par exemple : à 20°C et 80% d'humidité relative, il y a 18.7 hPa de pression de vapeur d'eau contre 23.4h Pa à 20°C et 100% d'humidité relative.

Il est donc nécessaire de maintenir l'humidité à un niveau correct. Pour cela, les serres sont ouvertes et aérées, généralement par les ouvrants en partie supérieure et sans ventilation mécanique. Bien entendu, **ces échanges** d'air s'accompagnent de **pertes de chaleur** et de **CO_2**, dans le cas des serres enrichies en CO_2. De plus, pour intensifier ces échanges par convection naturelle lors des pointes d'humidité, il convient d'envoyer plus de chaleur dans le réseau de chauffage.
En alternative à cette méthode de **déshumidification passive énergivore**, des systèmes de **déshumidifications actifs** peuvent être utilisés. Ces systèmes peuvent être classés de la façon suivante :

Déshumidification par ventilation mécanique avec insufflation d'air extérieur (AGRI-TH-119)
- *Déshumidificateurs Simple flux*
- *Déshumidificateurs Double flux*

Déshumidification Thermodynamique (AGRI-TH-117)
- *Condensation de l'humidité sur l'échangeur froid d'un système de production de froid (évaporateur si froid par Compression)*

Capture de l'humidité par voie chimique dans un sel solide ou liquide
Cette technologie n'est pas utilisée sur le marché des serres car lorsque le sel est saturé en humidité il faut le régénérer avec de la chaleur à haute température.

La mise en œuvre du ou des déshumidificateur(s) thermodynamique(s) nécessite(nt) un pilotage automatique. Ce pilotage permet de faire démarrer le ou les déshumidificateurs selon le déficit de saturation dans la serre et de gérer également le fonctionnement des groupes selon l'ouverture des ouvrants.

3) Etude des différentes technologies de déshumidification pour serres

3.1) Déshumidification par ventilation mécanique avec insufflation d'air extérieur

a) Système Simple Flux

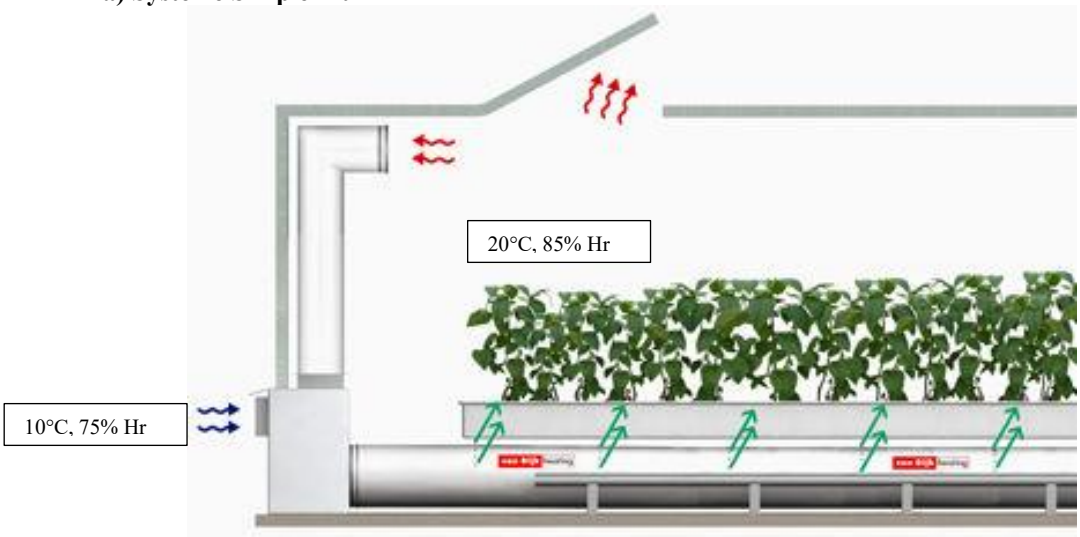


Figure 1 : Système de déshumidification par ventilation mécanique simple flux (Source VAN DIJK)

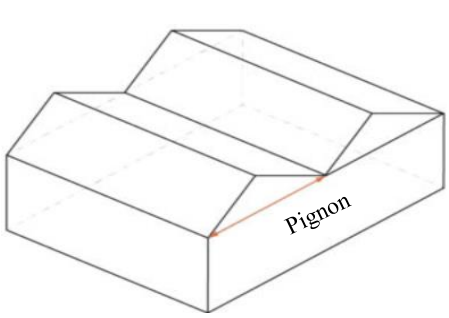
Un caisson de traitement d'air vient insuffler de l'air provenant du milieu extérieur dans la serre. Ce débit d'air sec entrant s'accompagne d'un même débit d'air humide sortant par les ouvrants de la serre et par toute partie non étanche de l'enveloppe de la serre.
Par exemple : pour une serre à 20°C et 80% Hr avec des conditions extérieures de 10°C et 75% Hr, l'air entre à 10°C et 5.7 g/kgas et après chauffage jusqu'à 20°C, il a une humidité relative de 40%.
Comme sur la *figure 1*, cet air extérieur peut être mélangé dans le caisson avec de l'air de la serre, puis être soufflé dans des gaines positionnées sous la culture.

Pour la déshumidification, les serres semi-fermées se comportent comme des systèmes simple flux, car elles n'ont pas d'échangeur double flux.

→ Installation du dispositif

Le caisson est une petite centrale de traitement d'air (CTA) positionnée au niveau du pignon de la serre. Il est généralement à cheval entre l'intérieur et l'extérieur de la serre, une étanchéité étant réalisée à la périphérie de la carrosserie.

Dimensions moyennes : L : 2 m x P :1 m x h : 1.5 m.



Figures 2 : Implantation d'un déshumidificateur simple _extérieur (Source Van Dijk Heating)

A l'intérieur de la serre, la CTA est bien souvent directement connectée à une gaine aéraulique positionnée sous la culture.

Figure 3 : Implantation d'un déshumidificateur simple_intérieur (Source Van Dijk Heating)

→ Avantages / Inconvénients

Avantages	Inconvénients
• Maîtrise du débit d'air entrant dans la serre. • Mise en mouvement de l'ensemble de l'air contenu dans la serre. • Faible consommation électrique. • Faible puissance électrique.	• Perte d'énergie de chauffage, mais moins que par chauffage/aération classique. • Perte de CO2, mais moins que par chauffage/aération classique. • Ne fonctionne que si l'humidité absolue extérieure est inférieure de 1g au moins par rapport à l'humidité de la serre.

b) Système Double Flux :

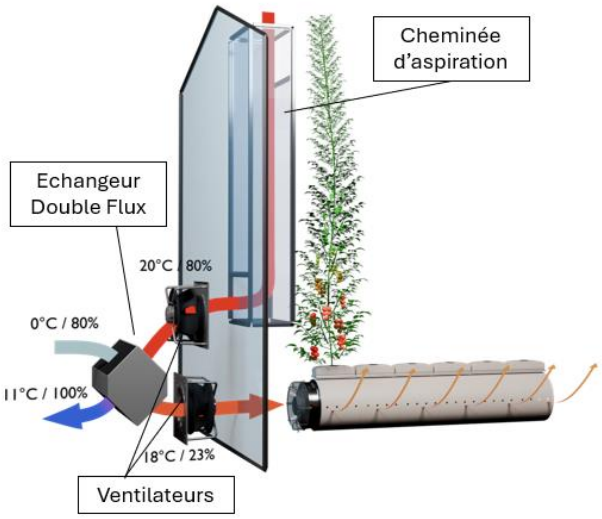


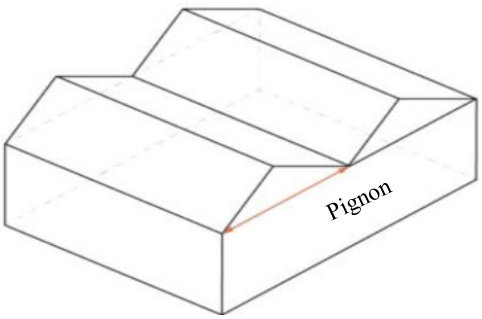
Figure 4 : Système de déshumidification par ventilation mécanique double flux (Source AIRGAÏA)

Le système regroupe dans un caisson de traitement d'air un **échangeur double flux** et **deux ventilateurs**. Un ventilateur prend de l'air extérieur et le second ventilateur extrait l'air chaud et humide de la serre. **Ces deux airs se croisent dans l'échangeur double flux où ils échangent leur chaleur**. Le rendement de l'échange permet de **récupérer jusqu'à 90% de l'énergie sortante**. La serre peut être conservée fermée et l'air ne repart pas par les ouvrants. Comme sur *la figure 2*, l'air peut ensuite être soufflé dans des gaines positionnées sous la culture, afin d'obtenir une excellente homogénéité dans la serre.

Remarque : Le double flux **« débrayable »**
Lorsque l'échangeur double flux présent **obligatoirement** dans l'équipement n'est pas utilisé (by-passé), il est dit « débrayé ».
En effet, dans certaines conditions, **il peut être utile d'insuffler de l'air extérieur sans utiliser l'échangeur double flux**. Par exemple, en demi-saison ou en été à partir du moment où l'air extérieur est au moins aussi chaud que l'air de la serre ; ou encore lorsque la serre est à plus de 28°C et que la température extérieure est plus basse. Dans ces cas, seul le ventilateur du flux d'air extérieur fonctionne et l'air repart de la serre par les ouvrants supérieurs. Si un jeu de registres est intégré au système, le flux d'air peut by-passer l'échangeur.

→ Installation du dispositif

Le caisson est une petite centrale de traitement d'air (CTA) positionnée au niveau du pignon de la serre (figure.
Dimensions moyennes : L : 4 m x P :1 m x h : 2 m.
Les CTAs sont soit à cheval entre l'intérieur et l'extérieur, soit à l'extérieur, notamment en rénovation de serre où il est difficile de trouver de la place à l'intérieur.
Pour une installation extérieure, des traversées de cloisons devront être réalisées pour le passage des flux d'air entrant et sortant. Dans l'exemple ci-dessous, 3 vitrages ont été remplacés par des plaques de polycarbonate qui pourront être découpées à la bonne dimension.



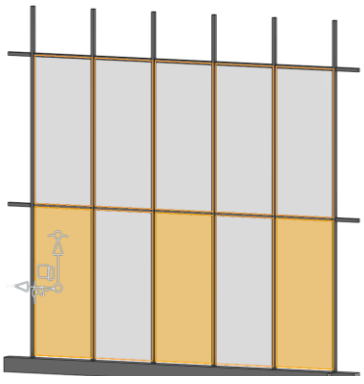


Figure 5 : Implantation d'un déshumidificateur double_extérieur (Source Van Dijk Heating)
Figure 6 : Remplacement vitrages par plaques

A l'intérieur de la serre, il est installé une cheminée d'aspiration de l'air intérieur afin de le prendre au point chaud et d'éviter le court-circuit entre l'air entrant et sortant. La CTA double flux est associée à plusieurs gaines aérauliques positionnées sous la culture.

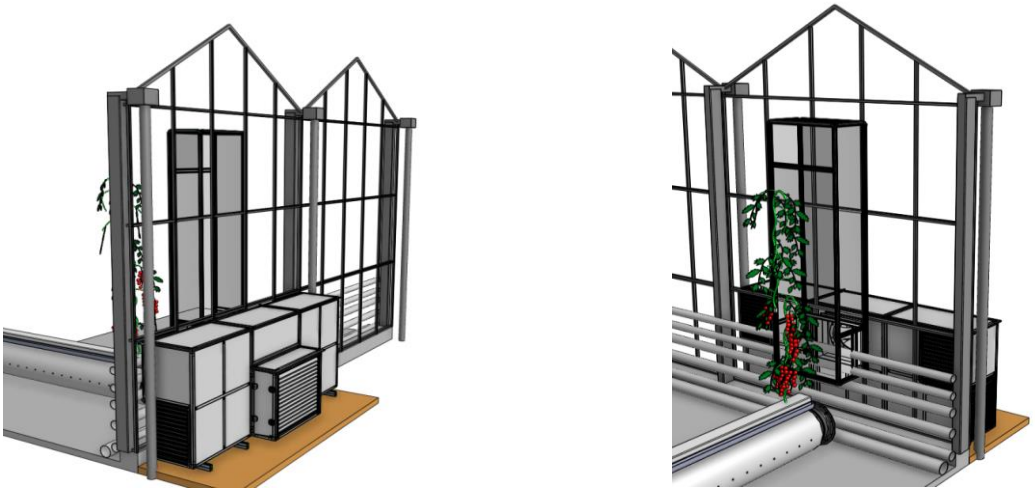


Figure 7 : Implantation d'un déshumidificateur double_intérieur & extérieur (Source AIRGAIA)

→ Avantages / Inconvénients

Avantages	Inconvénients
Par rapport à la déshumidification par chauffage/aération classique : • Maîtrise du débit d'air entrant dans la serre. • Mise en mouvement de l'ensemble de l'air contenu dans la serre. • Faible consommation électrique. • Faible puissance électrique. Par rapport à la déshumidification active simple flux • La technologie double flux conserve 80 à 90% de la chaleur sortante par les ouvrants	• Perte d'énergie de chauffage, mais moins que par chauffage/aération classique. • Perte de CO2, mais moins que par chauffage/aération classique. • Ne fonctionne que si l'humidité absolue extérieure est inférieure de 1g au moins par rapport à l'humidité de la serre.

3.2) Déshumidification Thermodynamique par compression électrique

Cette technologie est similaire à celle utilisée pour la climatisation. Un compresseur alimenté électriquement fait circuler un fluide réfrigérant dans un circuit fermé. Le fluide traverse successivement, un compresseur, un condenseur, un détendeur et un évaporateur. Le condenseur est l'échangeur où la chaleur du process est dégagée, l'évaporateur est l'échangeur où du froid est produit pour le local à climatiser.

En déshumidification de serre, l'objectif n'est pas de rafraîchir un local et l'utilisation en l'état d'un système de climatisation donnerait de mauvais résultats sur le plan agronomique et énergétique. La valorisation dans la serre de la chaleur dégagée par le condenseur est cruciale. C'est pourquoi les échangeurs évaporateur et condenseur sont intégrés dans les unités de déshumidification de serre. Ils sont disposés de manière à permettre que le flux d'air traverse d'abord l'évaporateur où il se refroidi et se déshumidifie ***(transformation A → B → C sur le diagramme de l'air humide ci-dessous)***. Ensuite le flux d'air passe à travers le condenseur où il est réchauffé à poids d'eau constant avant d'être soufflé chaud et sec dans la serre ***(transformation C → D sur le diagramme ci-dessous)***.

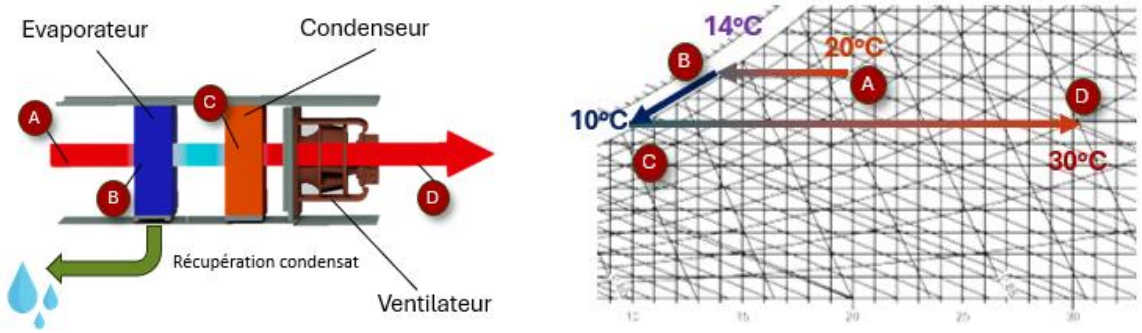


Figure 8 : Diagrammes thermodynamiques d'un déshumidificateur thermodynamique

Le fonctionnement d'un déshumidificateur thermodynamique apporte de la chaleur à la serre car le bilan énergétique est positif. En effet, pour 1 kW électrique consommé, le système génère 5 kW thermique chaud au condenseur et 4 kW froid à l'évaporateur. Environ 50% de la puissance froid est compensée par la chaleur de condensation de la vapeur d'eau. Ce qui fait que le système a un COP chaud d'environ 3 et que cette technologie fait économiser de la chaleur 2 fois :

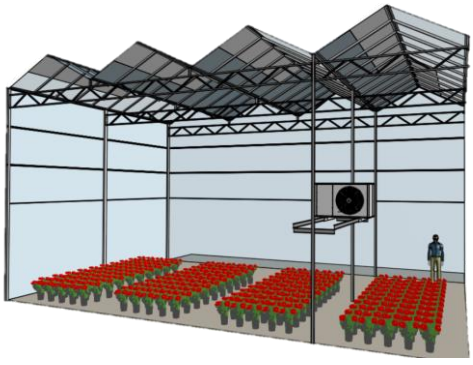
- **Economie** $_1$: pendant son fonctionnement, le système dégage de la chaleur avec un COP intéressant
- **Economie** $_2$: l'air étant déshumidifié, il n'est plus nécessaire d'ouvrir la serre pour évacuer l'humidité et donc la chaleur de la serre est conservée et le CO2 n'est pas perdu.

→ Installation du dispositif

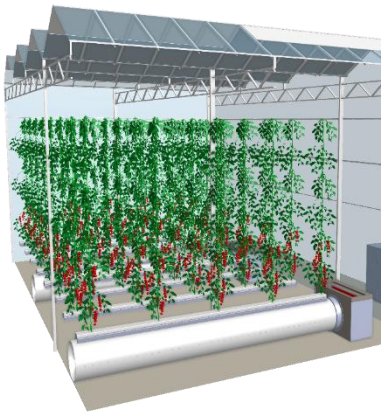
Petites installations	Installations de taille moyenne
• Puissance : entre 5 – 10 l/h • Dimensions : L : 1 m x P :0,5 m x h : 0,5 m • Masse : environ 100 kg sur pieds	• Puissance : entre 5 – 10 l/h • Dimensions : L : 1 m x P :0,5 m x h : 0,5 m • Masse : environ 300 kg sur pieds

Différentes implantations sont possibles selon la hauteur de la culture et selon l'espace disponible dans la serre :

Suspendu au-dessus de la culture



Sous les gouttières avec gaine de soufflage



A l'extérieur de la serre avec gaine de soufflage **Au sol avec cheminée de soufflage**

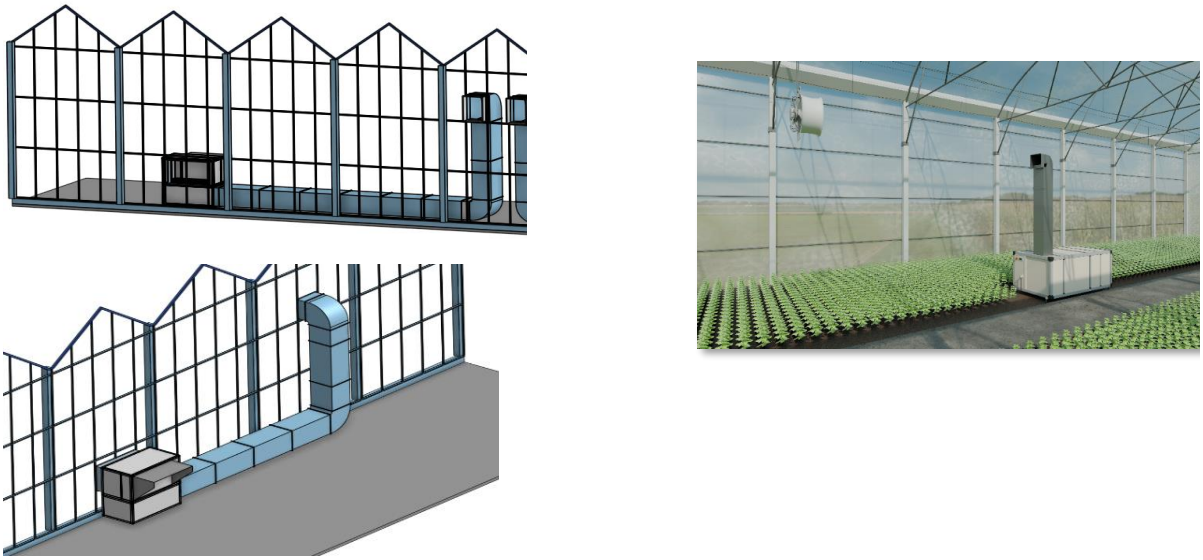


Figure 9 : Différentes configurations d'implantations d'un déshumidificateur thermodynamique (Source AIRGAIA

→ Avantages / Inconvénients

Avantages	Inconvénients
Par rapport à la déshumidification par chauffage/aération classique : • Permet de garder la serre fermée plus longtemps. Il n'y a plus de perte d'énergie et de CO_2 par les ouvrants Par rapport à la déshumidification active simple flux • la voie thermodynamique apporte de la chaleur pendant son fonctionnement. Cette quantité de chaleur représente 20 à 40% de l'énergie économisée par an • la voie thermodynamique présente un fonctionnement et des performances indépendantes des conditions météo extérieures.	• Puissance électrique nécessaire relativement élevée : 50 à 100 kVA par hectare.

3.3) Déshumidification par Capture de l'humidité par voie chimique dans un sel solide ou liquide

Cette technologie n'est pas utilisée sur le marché des serres car lorsque le sel est saturé en humidité il faut le régénérer avec beaucoup de chaleur à haute température.

4) Définition et Justification des valeurs fixées dans les fiches concernées

4.1) Déshumidification par ventilation mécanique avec insufflation d'air extérieur

- **Système double flux ; Capacité minimale 1 Vol/h**

1 Vol/h signifie qu'en **une heure** le **volume d'air** de la serre est traité par la ventilation. Pour un système de déshumidification par air extérieur, c'est le **taux horaire de renouvellement de l'air** de la serre par de l'air extérieur. Il se calcule comme suit :

Taux = Débit du ventilateur d'air extérieur (m3/h) / Volume de la serre (m3) (1)

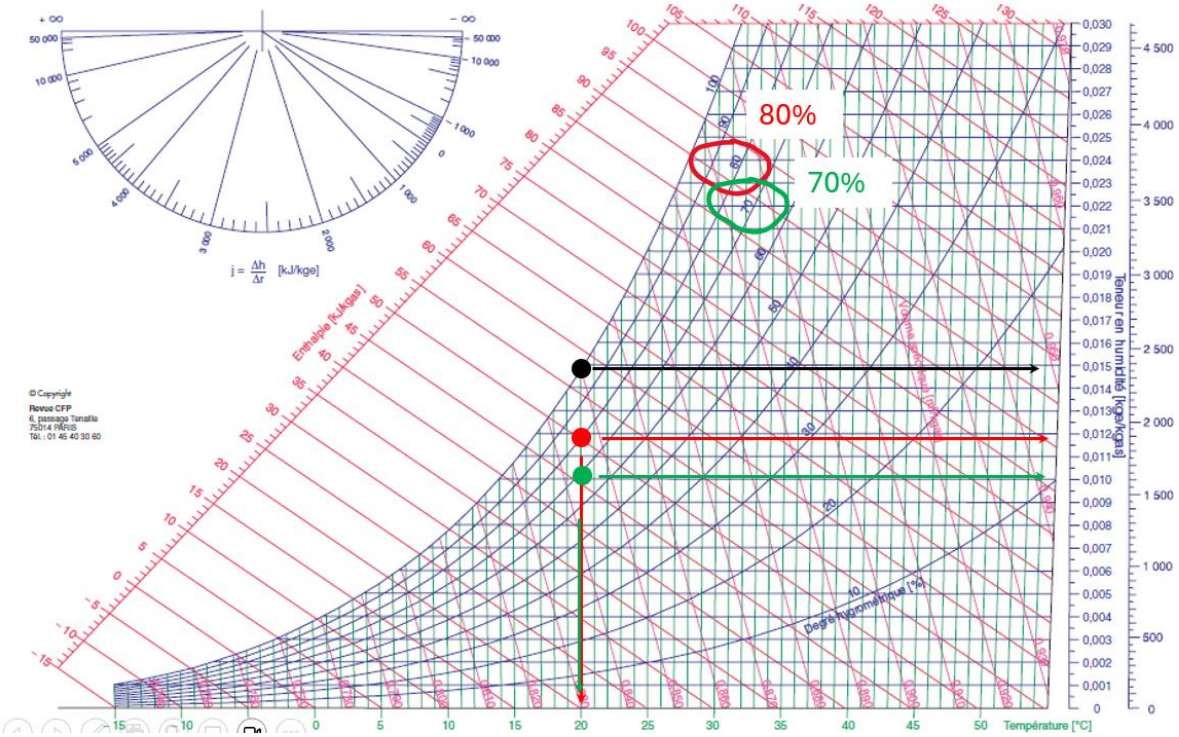
Pour 1000 m² de serre, les volumes sont entre 4000 et 7000 m^3 selon la hauteur de la serre.
Par exemple, pour une serre de hauteur 5 m sous chéneau, le volume est de 5000 m^3.
Les producteurs sous serre s'accordent sur le fait qu'un taux d'au moins 1 Vol/h permet à la culture d'être correctement ventilée.

Un système de déshumidification sur air extérieur ayant un débit de 5000 m^3/h atteint le taux de 1 Vol/h.

En termes de capacité de déshumidification, si l'écart en humidité absolue entre l'air intérieur et l'air extérieur est de 2 g/kgas, ce qui est le cas entre un air intérieur à 20°C/80% Hr et un air extérieur à 17°C/80% Hr, le débit de 5000 m^3/h=6000 kg/h génère 6000 kg/h x 0.002 kg/kgas = 12 kg/h = 12 l/h.
Cette valeur est proche et cohérente avec le minimum de 9 l/h défini pour la déshumidification thermodynamique.
Le débit nominal du système de déshumidification par air extérieur figure sur la fiche technique du produit. Les dimensions de la serre sont connues et renseignées lors de l'étude du projet et sur l'attestation de fin de travaux.

4.2) Déshumidification Thermodynamique par compression électrique

- **Capacité minimale de déshumidification du système à 9 l/h**



Sur le diagramme de l'air humide ci-dessus ont été positionnés 3 points :

- *20°C 100% ; poids d'eau 14.5 g/kg d'air sec*
- *20°C 80% ; poids d'eau 11.6 g/kg d'air sec*
- *20°C 70% ; poids d'eau 10.1 g/kg d'air sec*

Considérons une serre ou une partie de serre de 1000 m². Dans le parc français des serres, les hauteurs sous chéneau sont le plus souvent entre 5 et 6 m. Avec 5 m de hauteur, une telle serre a un volume de 5000 m^3.

La masse volumique de l'air à 20°C est de 1.20 kg/m^3. La masse d'air de cette serre de 1000 m² est de 5000 m^3 x 1.2 kg/m^3 = 6000 kg d'air sec

Quantité de vapeur d'eau dans la serre :

- 20°C 80% ; 11.6 g/kgas ; masse vapeur = 6000 x 11.6 = 69.6 kg
- 20°C 70% ; 10.1 g/kgas ; masse vapeur = 6000 x 10.1 = 60.6 kg

Pour faire passer la serre en 1 h de 20°C 80% à 20°C 70% Hr, il faut retirer 9 kg de vapeur donc condenser 9 l/h. **C'est pourquoi la capacité minimale d'un déshumidificateur pour 1000 m² de serre est de 9 l/h**. Il s'agit d'une capacité minimale car ce calcul ne considère pas l'évapotranspiration de la culture pendant cette période.

- **Ratio de performance minimum de 2 l/kWh**

En déshumidification, l'objectif est de condenser de la vapeur d'eau avec un système consommant de l'électricité. La performance d'un déshumidificateur est le rapport entre les litres d'eau condensés et l'électricité consommée sur une même période de temps. Ce ratio s'exprime en litres par heure ou l/h.

Les fiches techniques des constructeurs de déshumidificateurs, surtout s'ils sont conçus pour les conditions d'une serre autour de 20°C et 80%, présentent des valeurs de ratio bien souvent entre 2.5 et 3.5L/kWh.

Mettre une valeur de performance minimale à 2 l/kWh permettra de conserver la très grande majorité des produits du marché et d'éviter des solutions peu performantes et énergivores.

Date	Entité	Auteur	Modifications
20/05/2015	ATEE	B.EVANS	Fiche modifiée par B. EVANS (ATEE) et Florence ARNOULT (CERTINERGY)
30/04/2025	AIRGAIA ATEE	Vincent MALEY Mouhamadou BA	Fiche Modifiée par Vincent MALEY (AIRGAIA) et Mouhamadou BA (ATEE)
05/05/2025	ATEE	Mouhamadou BA	Traitement des retours suite à la 1ere version du document