

# Distribution des fluides dans les installations de maîtrise des températures

## 1. Distribution de l'eau glacée ou glycolée

A partir de l'échangeur de la production frigorifique, les fluides sont distribués vers les échangeurs suivant différents montages permettant d'assurer un comportement optimum de l'installation.

Les figures 1 et 2 présentent deux types de montage que l'on trouve sur les installations vinicoles.

Pour des raisons techniques (débits d'eau différents sur l'évaporateur du groupe de froid et sur le réseau échangeurs, fluctuation importante des besoins), il est souvent préférable d'utiliser deux circuits hydrauliques :

- Un circuit primaire de production d'eau glacée ou glycolée entre le ballon tampon et l'évaporateur du groupe de froid.
- Un circuit secondaire de distribution entre le ballon tampon et les échangeurs thermiques à alimenter.

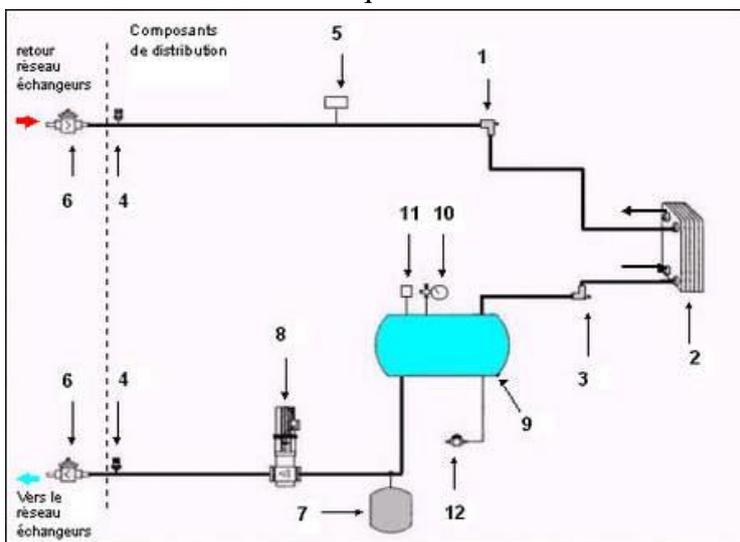


Figure 1

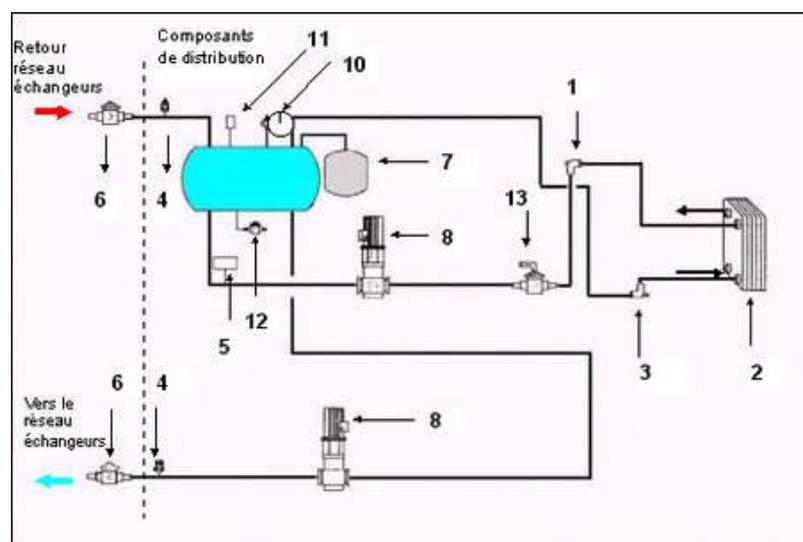


Figure 2

1 : Sonde de régulation	8 : Pompe centrifuge
2 : Evaporateur	9 : Ballon tampon
3 : Sonde d'antigel	10 : Soupape de sécurité
4 : Prise de pression	11 : Purgeur
5 : Contrôleur de débit d'eau	12 : Vanne de vidange
6 : Vanne manuelle	13 : Robinet de réglage
7 : Vase d'expansion	

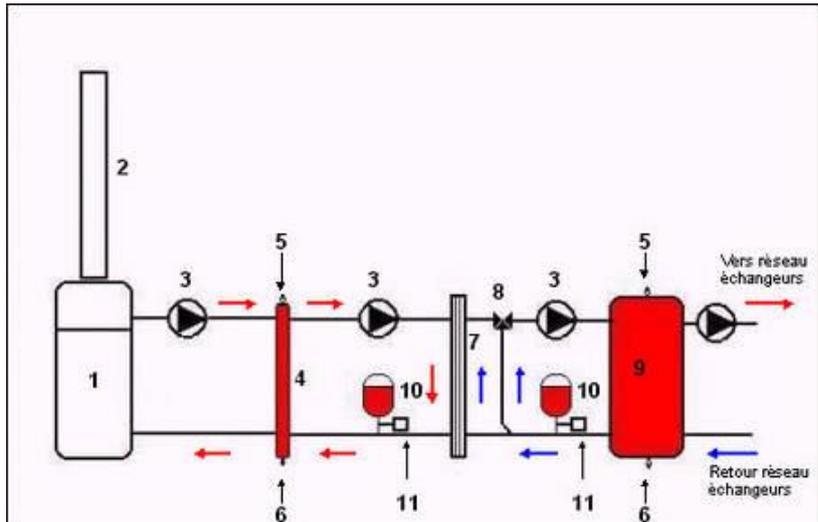
## 2. Distribution de l'eau chaude

A partir de la chaudière ou du réchauffeur électrique, les fluides sont distribués vers les échangeurs suivant différents montages permettant d'assurer un comportement optimum de l'installation.

La figure 3 présente le montage que l'on peut trouver après une chaudière sur les installations vinicoles.

Figure 3

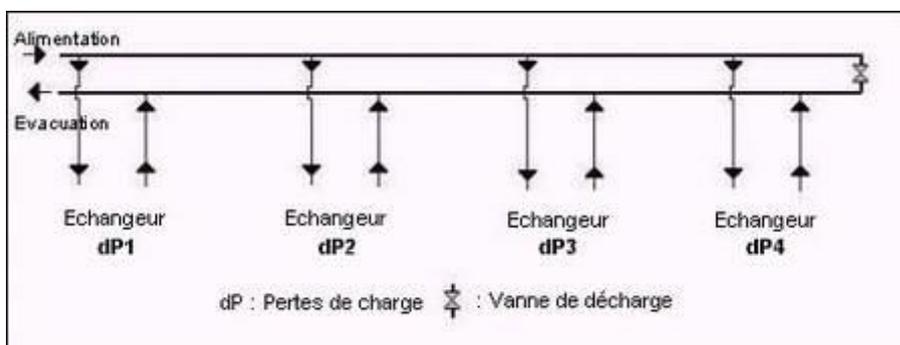
1 : Chaudière	7 : Echangeur à plaques
2 : Conduit de cheminée	8 : Vanne de mélange
3 : Pompe	9 : Ballon tampon casse pression
4 : Bouteille de mélange	10 : Vase d'expansion
5 : Purgeur	11 : Soupape
6 : Purgeur	



## 3. Réseaux secondaires (eau chaude et eau froide)

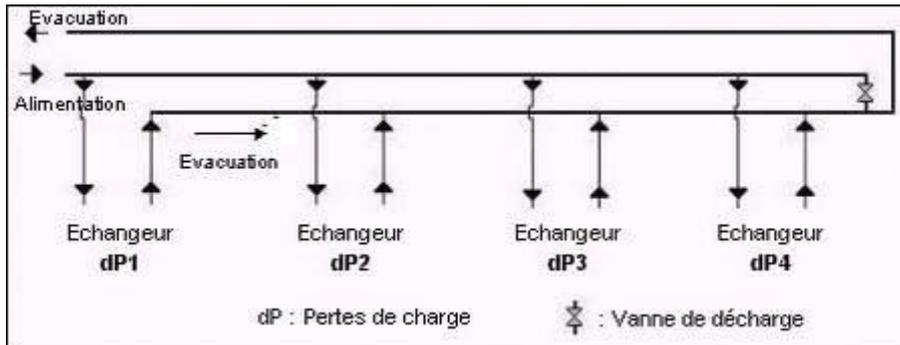
### Réseau en boucle simple

Ce type de réseau permet une alimentation en parallèle de chaque échangeur en maintenant en pression le réseau d'alimentation. Son inconvénient : lorsque plusieurs échangeurs sont en fonctionnement, le débit le plus important va alimenter le circuit de l'échangeur n°1 (qui comprend le moins de pertes de charge) et va décroître progressivement pour les autres échangeurs. Ce type de boucle ne convient donc que pour alimenter un nombre réduit d'échangeurs (< 10) tout en conservant des caractéristiques de débits corrects.



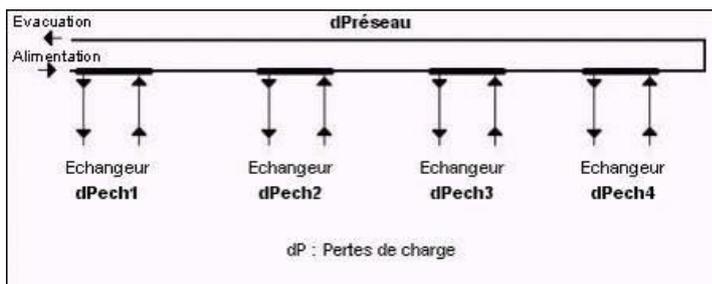
### Réseau en boucle de Tickelman

Ce type de réseau permet d'équilibrer les débits dans tous les échangeurs en fonctionnement en équilibrant les pertes de charge de chaque circuit échangeur. L'eau qui alimente chaque échangeur parcourt la même longueur de canalisation et les mêmes "accidents" (coudes, vannes, échangeur...) quelle que soit sa position sur le réseau. Ce type de réseau est très adapté aux boucles comprenant un grand nombre d'échangeur à alimenter. En revanche sa mise en place peut demander dans certaines configurations des longueurs de tuyauterie de 30 % supérieures à des boucles simples.



### Réseau Monotube dynamique

Ce type réseau permet d'alimenter plusieurs échangeurs en série. Une pompe individuelle fournit le débit et la pression nécessaires à chaque échangeur à partir du circuit d'alimentation et refoule le fluide dans ce même circuit. Ce type de réseau a l'avantage de réduire, dans certaines configurations, les longueurs de canalisation de 50 %. En revanche, l'échauffement ou le refroidissement du fluide occasionné par le passage dans l'échangeur entraîne une diminution progressive des puissances thermiques des échangeurs. Ce type de réseau réclame donc une étude hydraulique et thermique précise pour que l'installation puisse fournir les résultats escomptés.



### Notions de pertes de charge

Les pertes de charge d'un réseau sont constituées par les freins rencontrés par la circulation du fluide (diamètre et longueur de canalisation, coudes, vannes, échangeurs et autres accessoires). La conception d'un réseau doit tenir compte de ces pertes de charges pour dimensionner les caractéristiques des pompes ou accélérateurs centrifuges et les diamètres des tuyauteries.

Dans un circuit en boucle simple ou en boucle de Tickelman où les échangeurs sont alimentés en parallèle, les pertes de charge ne s'additionnent pas. En revanche dans un circuit en série (monotube) les pertes de charge s'ajoutent.

A titre d'exemple et à partir des schémas ci-dessus, les pertes de charge globales de chaque type de réseau peuvent s'évaluer de la

- Boucle simple :  $dP_4 > dP_3 > dP_2 > dP_1$  - Perte de charge totale =  $dP_4$
- Boucle de Tickelman :  $dP_4 = dP_3 = dP_2 = dP_1$  - Perte de charge totale =  $dP_4$
- Monotube :  $dP_{ech4} = dP_{ech3} = dP_{ech2} = dP_{ech1}$  - Perte de charge totale =  $dP_{réseau} + (4 * dP_{ech})$

## 4. Eléments principaux

### Pompes ou accélérateurs

Ils sont habituellement de type centrifuge mono ou multicellulaires. Les **accélérateurs** sont plutôt adaptés aux circuits d'eau à faible débit et faiblement résistants (bouteilles de mélange ou autres éléments ne présentant que peu de pertes de charge). Les **pompes centrifuges** industrielles permettent d'obtenir des débits importants dans des circuits générant de plus grandes pertes de charge (Echangeurs thermiques, grandes longueurs de canalisation avec coudes). Le matériau du corps et des roues de la pompe doit résister à la corrosion.



### Ballon tampon



Pour le groupe de froid, le **ballon tampon** constitue un volant d'inertie qui sert en priorité à limiter les cycles d'arrêt et de démarrage du compresseur.

Plus son volume est important et plus il constitue également un volant d'inertie thermique permettant de faire face momentanément à une panne du groupe.

Il est habituellement en inox afin de résister à la corrosion. Il sera de préférence calorifugé pour éviter les pertes thermiques et les phénomènes de condensation. Il sert également de bouteille de mélange dans le cas d'un circuit primaire et secondaire.

Pour les chaudières ou les réchauffeurs électriques, le volume du ballon est utilisé en tant que volant d'inertie thermique.

### Bouteille de mélange

Elle est nécessaire si la chaudière a besoin d'un débit constant pour fonctionner normalement, même lorsqu'il n'y a plus de besoins au niveau des échangeurs. Dans ce cas, le circulateur de la chaudière ne s'arrête pas. Cette bouteille est parfois intégrée directement dans la chaudière.



## Vanne de mélange

Cette vanne sert à assurer une température constante du ballon ou de l'échangeur à plaques en mélangeant automatiquement le fluide traité et le fluide recyclé.

## Echangeur à plaques

Il est utilisé pour séparer les fluides primaires et secondaires dans les cas suivants :

- Fluide primaire chaud venant d'une chaudière avec un corps en fonte et contenant potentiellement des résidus métalliques pouvant dégrader le réseau secondaire.
- Echangeur intermédiaire entre un réseau en eau glycolée et un réseau en eau non glycolée.

## Contrôleur de pression

Il est normalement placé sur le réseau secondaire pour assurer une pression maximum (classiquement 2 à 3 bars) sur la canalisation d'alimentation des échangeurs. Il est le plus souvent constitué d'une soupape tarée à la pression d'utilisation. Certains installateurs utilisent, pour cette fonction, de simples vannes à boisseau sphérique qui demandent un réglage manuel en fonction du nombre d'échangeurs alimentés.



## Autres éléments



Tous ces circuits hydrauliques doivent être protégés par des **vases d'expansion**, des **soupapes tarées** aux pressions maximum d'utilisation, des **filtres**, des **purgeurs automatiques d'air** et des **pressostats** manque d'eau. Les circuits d'eau doivent être munis de **contrôleurs de débit**. Sur chaque réseau, il est souhaitable de pouvoir visualiser les différentes pressions et températures de fonctionnement.

Les éléments tels que les pompes, les vannes de mélange, les échangeurs à plaques et autres ballons doivent être isolés du circuit par des vannes pour pouvoir être démontés sans vidanger le circuit. Chaque réseau indépendant sera muni d'une **vidange totale en point bas** et d'un système de **remplissage automatique**.



## 5. Choix du matériel

### Détermination du débit nécessaire

Pour calculer le débit total nécessaire dans le réseau et donc ses caractéristiques de diamètre, il est nécessaire de connaître le débit « optimum » par échangeur et le nombre maximum d'échangeurs en fonctionnement simultané sur le réseau.

Les débits « indicatifs » nécessaires par type d'échangeur pour un fonctionnement optimum.					
	<b>Serpentin piquage 20/27</b>	<b>Drapeau piquage 20/27</b>	<b>Radiateur piquage 20/27</b>	<b>Ceinture 100 mm piquage 20/27</b>	<b>Double paroi alvéolée</b>
débit m <sup>3</sup> /h	1,5 à 2	1,5 à 2	1,5 à 2	2 à 3	cf. constructeur

Le tableau 18 suivant fournit, à partir du bilan thermique réalisé (voir le PDF "Bilan thermique"), les débits nécessaires par échangeur et le débit global nécessaire dans le réseau.

**Tableau 18** : Débits nécessaires par échangeur et débit global nécessaire dans le réseau à partir du bilan thermique.

<b>Cuve n°</b>	<b>Refroidiss. moûts 200</b>	<b>1 200</b>	<b>2 200</b>	<b>3 200</b>	<b>4 200</b>	<b>5 200</b>	<b>6 200</b>	<b>7 200</b>	<b>8 200</b>	<b>9 200</b>	<b>Total réseau</b>
Puissance jour de pointe frig/h	17890	2247	2247	3413	3413	5747	5747	5747	3413	2247	<b>52111</b>
Surf. d'échange « drapeau » m <sup>2</sup> voir chapitre « Echangeurs »	6.4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	
Débit maximum conseillé m <sup>3</sup> /h	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
% du débit nécessaire	100	39	39	60	60	100	100	100	60	39	
Débit minimum nécessaire m <sup>3</sup> /h à surface totale	2	0.8	0.8	1.7	1.7	2	2	2	1.7	0.8	<b>15.5</b>
Coefficient de correction des charges therm.	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	<b>19.4</b>

**Exemple numérique** : Dans ce cas, la pompe secondaire froid doit fournir un débit global de 20 m<sup>3</sup>/h.

## Détermination de la perte de charge du circuit en fonction du débit

Pour calculer les pertes de charge d'un réseau, il est nécessaire de connaître le type de boucle utilisé et les pertes de charges régulières (canalisations) et singulières (coudes, vannes, échangeurs etc...) du réseau.

Tableau 19 : Diamètres de tuyauterie en fonction des débits

Pertes de charge régulières en bar pour diverses sections de tubes inox (pour 10 m linéaire)

Débit m <sup>3</sup> /h	Tuyau DN (mm)											
	19	25	32	38	51	64	76	89	102	127	152	178
0.48	0.01											
0.6	0.02											
0.72	0.03											
0.9	0.04	0.01										
1.2	0.07	0.02										
1.5	0.11	0.03										
1.8	0.15	0.04	0.01									
2.4	0.25	0.08	0.02									
3.6	0.54	0.16	0.04	0.02	0.006							
4.8	0.93	0.28	0.07	0.03	0.009							
6		0.43	0.12	0.05	0.01							
6.9		0.58	0.14	0.06	0.015							
7.8		0.72	0.18	0.08	0.02	0.01						
9			0.23	0.1	0.03	0.012						
10.2			0.29	0.13	0.04	0.016						
11.4			0.36	0.16	0.05	0.02						
13.8			0.5	0.23	0.07	0.03	0.09					
15.6				0.32	0.09	0.04	0.01					
18				0.38	0.11	0.04	0.02	0.007				
20.4				0.5	0.14	0.06	0.02	0.009				
22.8				0.61	0.18	0.07	0.03	0.01				
28.2					0.28	0.11	0.04	0.02	0.009			
34.2					0.39	0.15	0.05	0.03	0.01			
45					0.64	0.26	0.09	0.04	0.02	0.007		
57							0.14	0.06	0.03	0.01		
69							0.19	0.09	0.05	0.02		
90								0.16	0.08	0.03	0.01	
114									0.13	0.04	0.02	
168										0.09	0.03	0.009
228										0.16	0.06	0.02

En grisé : pertes de charges pour une vitesse de circulation d'eau  $\leq 2$  m/s (vitesse maxi conseillée)

Exemple pour une vitesse de circulation de 2m / s :

**Tableau 20** : Pertes de charge singulières indicatives par élément exprimées en bar

pour une vitesse de circulation d'eau de 2 m/s en aval de l'élément

Diamètre de la tuyauterie mm	Coude arrondi (R/D* ≥ 2)	Vanne pneumatique	Electrovanne	Filtre	Clapet anti-retour	Piquage à 90 °
20	0.13	< 0.1	0.18	0.2	0.1	1
25	0.13	< 0.1	< 0.1	0.2	0.11	1
32	0.13	< 0.1	< 0.1	0.1	0.12	1
40	0.13				0.13	1
50	0.13					1
65	0.13					1
80	0.13					1
100	0.13					1
125	0.13					1
150	0.13					1

\* R = rayon courbure D = diamètre tuyau

**Tableau 21** : Pertes de charge indicatives de différents types d'échangeurs en fonction du débit exprimées en bar

pour un diamètre de passage de 20 mm et un débit de 1.8 m<sup>3</sup>/h

Surface d'échange m <sup>2</sup>	Serpentin Diam : 267 mm	Drapeau Larg. : 384 mm	Radiateur Larg. : 344 mm	Ceinture Larg. : 100mm	Double paroi alvéolée
0.5	0.3	0.08			
1	0.53	0.14			
1.5	0.6	0.21	0.19		
2.5	1	0.35	0.22	Voir constructeur	Voir constructeur
3	1.2	0.42	0.28		
4.5	1.7		0.41		

Exemple numérique :

Un débit nécessaire de 20 m<sup>3</sup>/h dans une canalisation de 100 m de tuyauterie inox DN 64 en boucle simple avec 6 coudes et équipée pour chaque cuve d'un piquage à 90 °, d'un filtre 20/27, de deux vannes pneumatiques 20/27 et d'un échangeur drapeau 20/27 de 3 m<sup>2</sup>.

Perte de charge Totale = (10\*0.06) + (6\*0.13) + 1 + 0.2 + (2\*0.1) + 0.42 = 3.2 bars

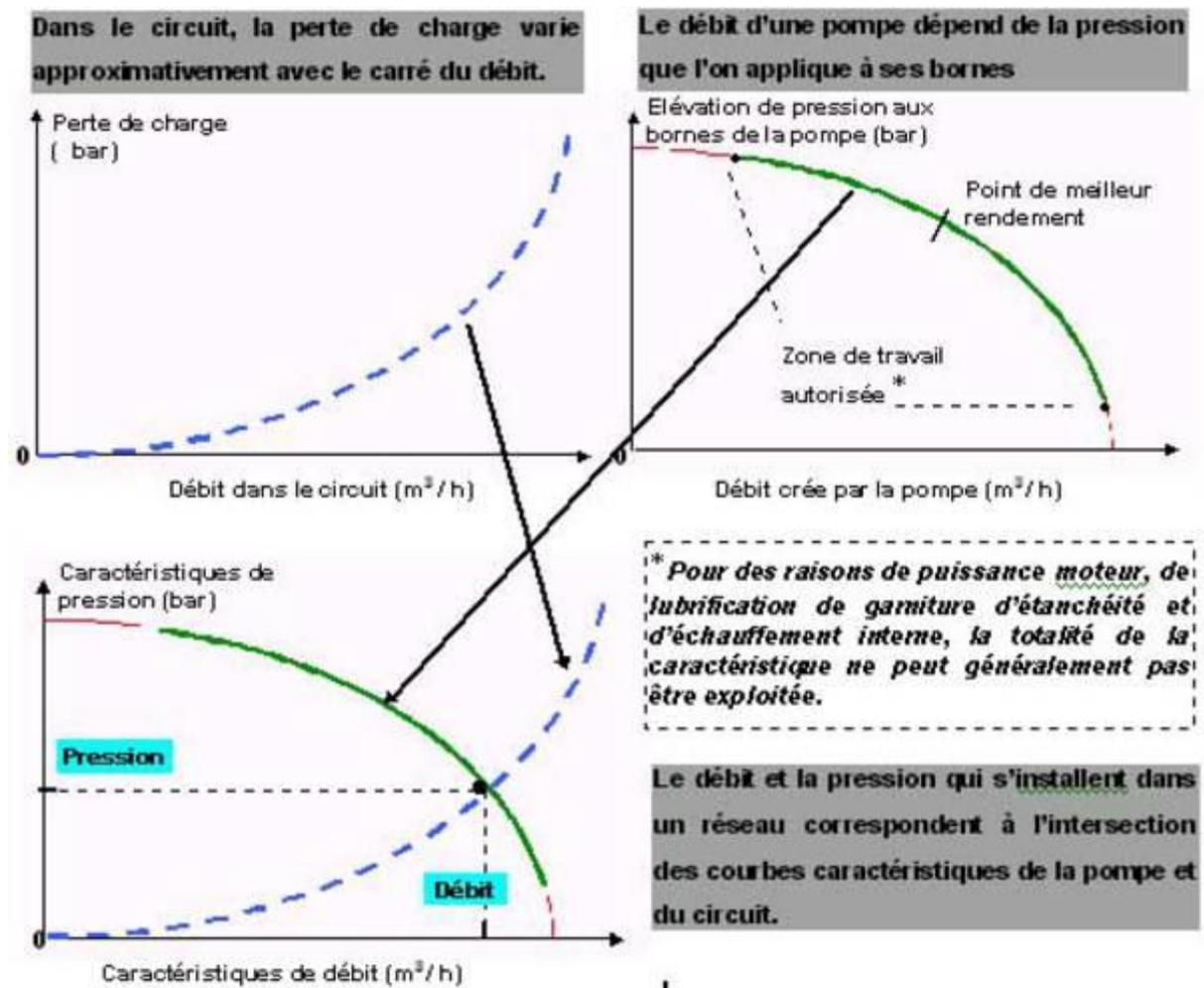
Rappels : 1 bar = 10.2 m de colonne d'eau = 0.987 atmosphère

## Choix de la pompe

Pour choisir convenablement une pompe, il convient de connaître au préalable la résistance du circuit (perte de charge en fonction du débit du fluide) et le débit nécessaire (caractéristiques développées dans les paragraphes précédants).

Il faut choisir la pompe dont la courbe, donnée par le fabricant, coupe la courbe de perte de charge du circuit - que l'on a calculée - au débit souhaité.

Exemple numérique : Pour les caractéristiques de pertes de charge et débit calculées plus haut, il convient de choisir une pompe pouvant fournir :  
20 m<sup>3</sup>/h à 3 bars ou 30.6 m CE



## Dimensionnement du ballon tampon

Chaque constructeur de groupe de froid doit fournir les volumes d'eau minimum nécessaires au bon fonctionnement de l'appareil. Ces volumes d'eau sont normalement calculés pour limiter le nombre de démarrages du compresseur à 6 par heure.

Classiquement, le ratio appliqué est de l'ordre de **10 L d'eau dans le réseau par kW frigorifique** (ou 12 L pour 1000 frig/h).

Du fait de l'évolution des compresseurs et de l'intervention de l'électronique, certains constructeurs (Aquasnap de Carrier) proposent désormais, à partir de compresseurs Scroll ou à vis, des distributions hydrauliques sans ballon tampon. Ces nouveaux groupes simplifieront grandement le montage et donc le coût des installations.

Malgré tout, une cuve tampon de grand volume permet de créer la nuit par exemple, une réserve thermique qui peut être utilisée dans la journée.

A titre d'exemple, une cuve tampon de 100 hL refroidie à 5 °C fournit une puissance de 50000 frig/h pendant 1 heure ou 3300 frig/h répartis sur 15 h.

## **Pertes thermiques dans les tuyauteries**

L'évaluation des pertes thermiques des tuyauteries d'alimentation des échangeurs est indispensable si les réseaux développent une longueur importante sans être isolés. Cette évaluation de la puissance supplémentaire liée aux pertes reprend la même formule de calcul que celle des échanges par les parois des cuves :

$$Q_e = K \times S \times Dt$$

$Q_e$  = puissance (en kcal/h)

$Dt$  = écart moyen de température entre le fluide et l'air ambiant (en °C)

$S$  = surface d'échange de la tuyauterie (en m<sup>2</sup>)

$K$  = coefficient global d'échange de la tuyauterie (en kcal/h/m<sup>2</sup>/°C)

### **Exemple :**

Surface d'échange d'une tuyauterie de 200 m en DN 64 : 40 m<sup>2</sup>

Température eau glacée = 7°C

Température extérieure = 22°C

**$K = 10 \text{ kcal/h/m}^2/\text{°C}$  (Inox)**

Puissance d'échange =  $10 \times 40 \times (22-7)$

**$Q_e = 6000 \text{ kcal/h} = 6985 \text{ W}$**

**Copyright MatéVi. Toute reproduction totale ou partielle des contenus est strictement interdite. Pour pouvoir les diffuser, contactez-nous.**