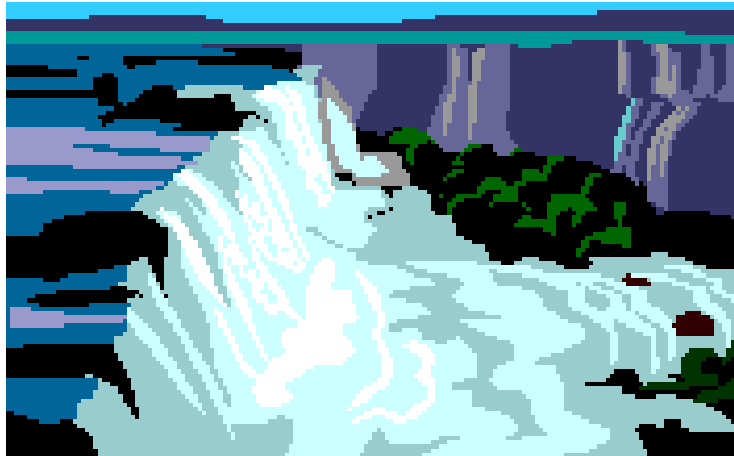


## AVIS

- Ce document peut être distribué gratuitement.
- Il est à titre indicatif seulement.
- L'objectif de celui-ci est d'initier le lecteur aux aspects reliés à l'ingénierie des serres.
- Vous avez des commentaires ou des questions, contactez Marco Girouard, ing. au CIDES
  - ◆ Téléphone: (450) 778-3492
  - ◆ Courriel: [info@cides.qc.ca](mailto:info@cides.qc.ca)

# Séminaire sur l'irrigation en serre



présenté par le



avec la collaboration du

**MAPAQ**

et du

**Club Savoir Serre**

## Animateurs

Jean-Marc Boudreau, ing.

Marco Girouard, ing.

5 novembre 2003



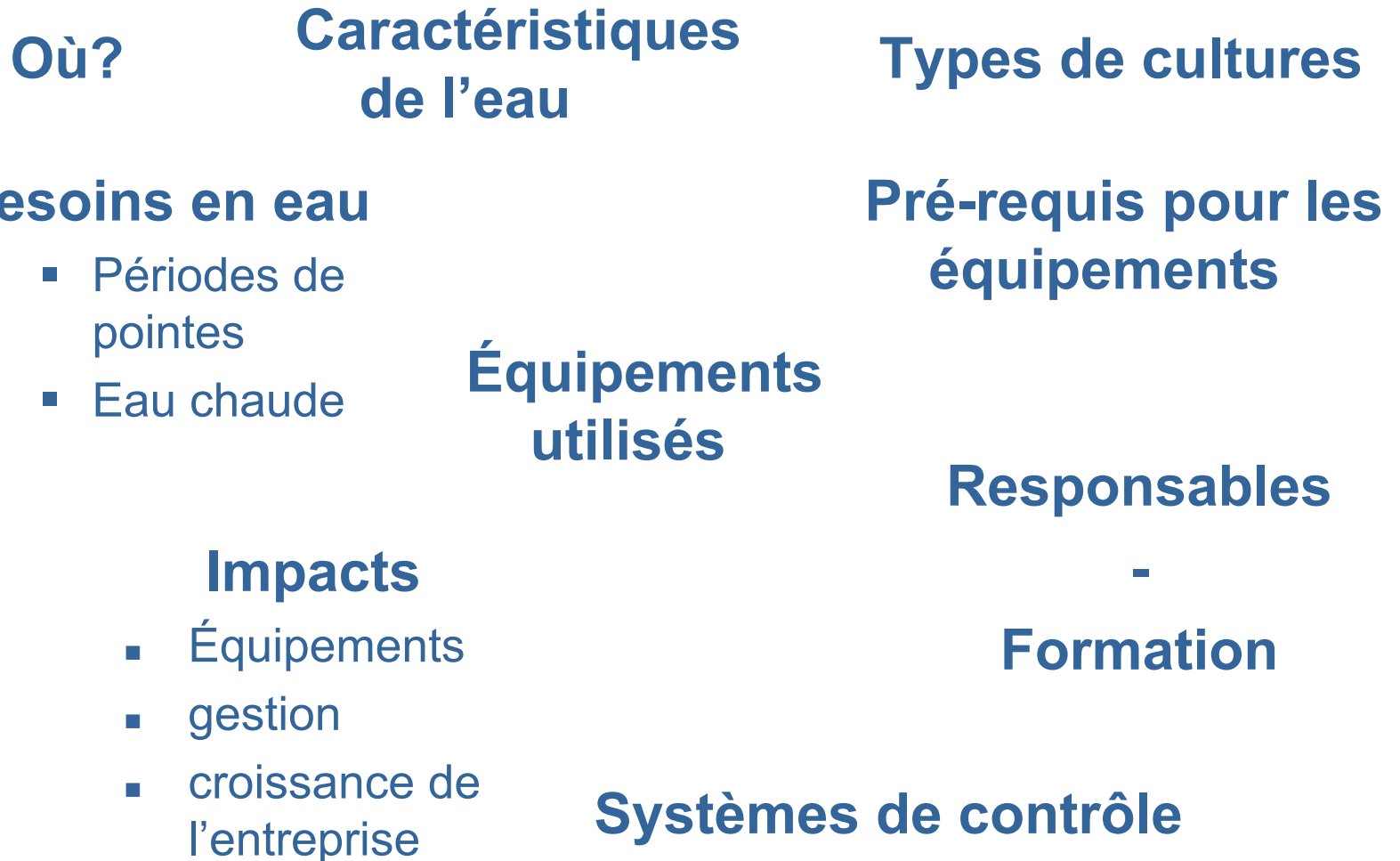
# Besoins en eau

- Irrigation → Vision plus large → Systèmes d'approvisionnement en eau
- Conception
  - ◆ Installations actuelles
  - ◆ Besoins présents et futurs de l'entreprise
  - ◆ Durée de vie de la serre
- Différence entre l'ingénierie et l'agronomie
  - Global - Court et long terme



# Besoins en eau (suite)

## Questions à se poser?



# Besoins en eau (suite)

Besoins en eau maximum sur une base quotidienne

Culture	litre / m <sup>2</sup>	gallons / pi <sup>2</sup>	...et vous ?
Chrysanthème et hydrangée	61	1.5	
Plantes annuelles	20	0.5	
Plantes en pots	20	0.5	
Roses (bed)	28.5	0.7	
Tables et planchers inondables	20	0.5	
Tomates (bed)	16	0.3	
Pépinière			
■ lits (bed)	10	0.25	
■ récipient	16	0.3	
■ field grown	8	0.2	

Source: Greenhouse engineering – NRAES-33

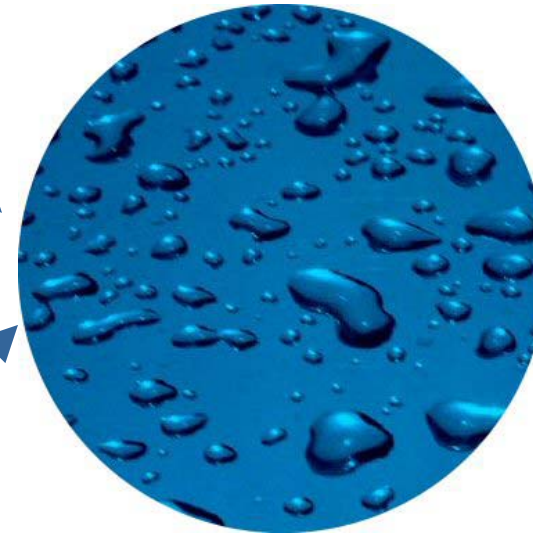
# Caractéristiques de l'eau

## Qualité

- Source
- Entreposage
- Récupération
- Propriétés

## Disponibilité

- Cultures
- Équipements
- Gestion



## Quantité

- Source
- Utilisation
- Lois et règlements municipaux



**TEMPS**

# Eau - Sources

	<b>Qualité</b>	<b>Quantité</b>	<b>Disponibilité</b>	<b>Autres</b>
<b>Aqueduc</b>	Constante	Limité par la municipalité? Bonne pression (40 à 75 PSI)	À l'année	Chlore ≠ pompage Bris et délais
<b>Eau de pluie</b>	Bonne	Météo	Météo	Gouttières et zinc \$\$\$ Coûts
<b>Étangs, lacs, rivières, ruisseaux</b>	Variable	Variable	Variable	Pathogènes Température Lois et règlements

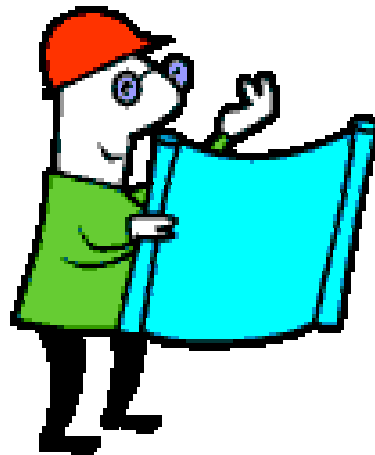
# Eau – Sources (suite)

	Qualité	Quantité	Disponibilité	Autres
<b>Puits de surface</b>	variable	Vitesse d'infiltration	variable	Roche poreuse de surface Peu profond (20' à 50') \$ Coûts Renouvellement en quelques années
<b>Puits artésiens</b>	stable		Réserve accumulée	stable



# Eaux – En pratique

- Bien connaître:
  - ◆ Lois et règlements
  - ◆ Plan d'affaires
  - ◆ Les aspects agronomiques
  - ◆ Technologies



# Eau - Équipements

Capacité

Impacts

Pré-requis

- Installation
- Fonctionnement

Compatibilité

Mise en marche

Formation

Distributeurs

-

Fabricants

Moyens de  
contrôle

Responsables

Sécurité

Pièces  
de rechange

Service  
après-vente

Coûts

Maintenance

Manuels

- Installation
- Opération
- Maintenance

- Installation
- Opération
- Maintenance
- Disposition

# Chauffe eau - Sélection

- Capacité du réservoir
- Évacuation des gaz de combustions (s'il y a lieu)
- Facteur énergétique le plus élevé
- Sélection d'un fournisseur



- Sources d'énergie
  - ◆ Électrique
  - ◆ Mazout
  - ◆ Gaz naturel - propane
  - ◆ Bio-masse

# Chauffe-eau – Fin de saison

1. Couper l'alimentation électrique
2. Fermer l'arrivée d'eau froide
3. Vidanger le système en rattachant un boyau à la valve de drainage du réservoir
4. Faire circuler de l'eau froide durant 2 ou 3 minutes

**Suivre les  
recommandations du  
fabricant**

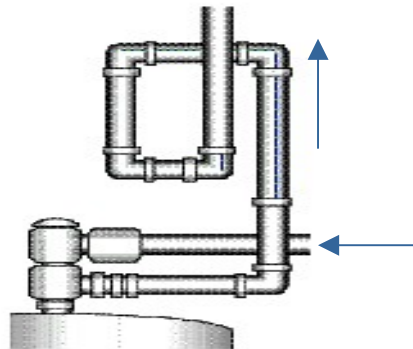
# Chauffe-eau – Début de saison

- Laisser le réservoir se remplir avant de remettre le courant
- Température de l'eau à 60°C (pendant un certain temps)
- Vérifier le fonctionnement de la valve de sécurité

**Suivre les  
recommandations du  
fabricant**

# Chauffe-eau – Trucs d'optimisation -

1. **Isoler** → Tuyaux (deux premiers mètres), zones froides, chauffe-eau
2. **Installer** → Isolant rigide ou planche de bois
3. **Vérifier** que le réservoir est à niveau et qu'il n'exerce pas de pression sur les tuyaux
4. **Installer un mitigeur** (mixing valve)
5. **Installer un piège à chaleur**
6. **Effectuer la maintenance** une fois par an



Piège à chaleur

# Chauffe-eau – Impacts

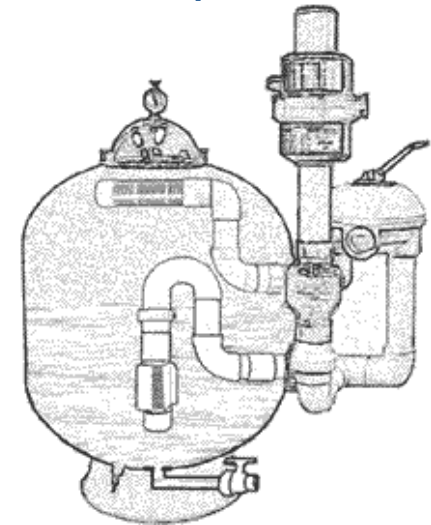
## Capacité...

- Trop grande capacité
  - ◆ \$\$\$ coûts énergétiques
  - ◆ Chauffer la même eau de nouveau
- Trop petite
  - ◆ Gérer en fonction de l'eau chaude disponible



# Filtres - Généralité

- Extraire les particules de l'eau
- Système de filtration → utilisation de l'eau (usage domestique, eau potable, agriculture...)
- Objectifs:
  - ◆ Offrir aux plants une eau saine
  - ◆ Optimiser les procédés liés aux fertilisants
  - ◆ Éviter les bris et le colmatage du système d'irrigation





# Filtres – Généralité (suite)

- **Quels sont les éléments que je dois connaître avant d'installer un système de filtration?**
  - Eau (sur une saison):
    - Nature et grosseur des particules
    - Degré de contamination
    - Débit d'eau désiré
    - Besoin d'un agent flocculant → turbidité de l'eau
  - Système de filtration
    - Degré de filtration désirée
    - Pertes de pression occasionnées par les systèmes de filtration
    - Maintenance à effectuer
    - Coûts (installation, matériel, main-d'œuvre)

# Filtres – Généralité (suite)

- Quelle doit être la dimension du filtre?

<b>Matière à enlever</b>	<b>Mesh</b>	<b>Microns</b>
Feuilles	30	500
Gravier	10	1600
Sable grossier	70	200
Sable fin	600	25
Algues	2000	7.5
Limon	3000	5

Source : IQDHO – Clinique – Maîtriser l'arrosage en serre

# Filtres – Généralité (suite)

- Quelle doit être la dimension minimale du filtre à utiliser selon le type de système d'irrigation?

Type d'irrigation	Diamètre du trou de l'émetteur	Filtration requise	
		mesh	micron
Goutte-à-goutte	0.13	120	125
	0.10	150	100
	0.08	200	75
Aspersion	0.2	75	200
	0.3	50	300
	0.5	30	500
	0.8	20	800

# Filtres – Généralité (suite)

- Quels sont les principaux types de filtres utilisés en serriculture?

Filtre	Provenance de l'eau	Filtre quoi	Principe de fonctionnement	Commentaires
Au sable	Étang Lac Rivière	Particules organiques Fines particules de limon ou de sable	Eau passe à travers du sable spécifique à la filtration, dont la granulométrie est connue	Efficace selon : Débit d'eau Dimension du filtre Taux de filtration désiré
Éléments	Aqueduc Puits profond (Eau ayant peu de particules solides)	Sable	Eau passe à travers un tamis	Pour nettoyer, on ouvre un robinet à l'extrémité du filtre Sujet au colmatage Fragile à long terme Matériel utilisé : acier nylon

# Filtres – Généralité (suite)

- Quels sont les principaux types de filtres utilisés en serriculture?

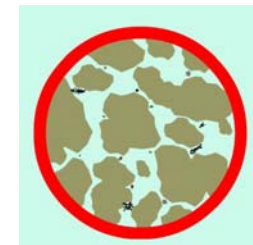
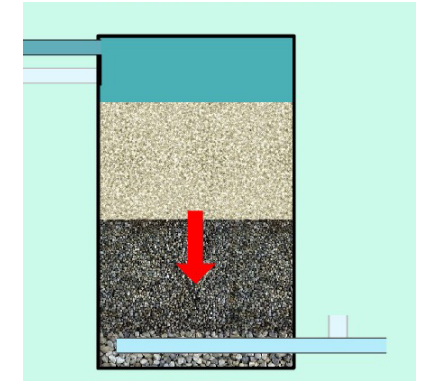
Filtre	Provenance de l'eau	Filtre quoi	Principe de fonctionnement	Commentaires
Cartouches	Étang Lac Rivière	Très Fines particules	Eau passe à travers la cartouche	Matériel généralement utilisé: fibres polyester carton Non nettoyable
Disques	Aqueduc Puits profond	Matière organique	Eau est forcée entre des disques dentelés qui sont superposés. Les particules sont retenues dans les espaces qui sont créés par les dent entre les disques	Nettoyable Moins sujet au colmatage Plus la surface de filtration est importante, plus les nettoyages sont espacés

# Filtres – Catégories

- Filtres rapides et traditionnels
  - ◆ Matériau captent les particules
  - ◆ Eau passe assez rapidement
- Filtres biologiques
  - ◆ Matériau capte les particules
  - ◆ Eau passe lentement
  - ◆ Eau est purifiée par des organismes vivants

# Filtres – Sable

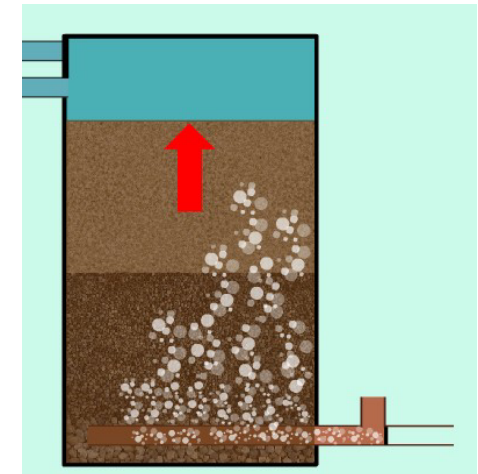
- Sable  $\Leftrightarrow$  Gravier
- Différentes granulométries
  - ◆ Sable
  - ◆ Sable plus anthracite (bi-couches)
- Capter  $\rightarrow$  petits insectes et organismes, algues, zooplancton, poussières en suspension, « floc », autres grosses particules
- Non-Capter – bactéries, arsenic



Source: Agriculture Canada

# Filtres – Sable (suite)

- Deux types
  - ◆ Filtres lents ou ouverts
    - Moyennement et fortement chargés
    - Gravité → lit de sable (grands bassins)
  - ◆ Filtres rapides ou fermés
    - Vitesse de filtration → 5 à 70 m/h
    - Faiblement chargés
    - Sous pression → lit de sable (réservoirs clos)
- Nettoyage par contre courant (eau ou air)
- Attention → Eau n'est pas désinfecté

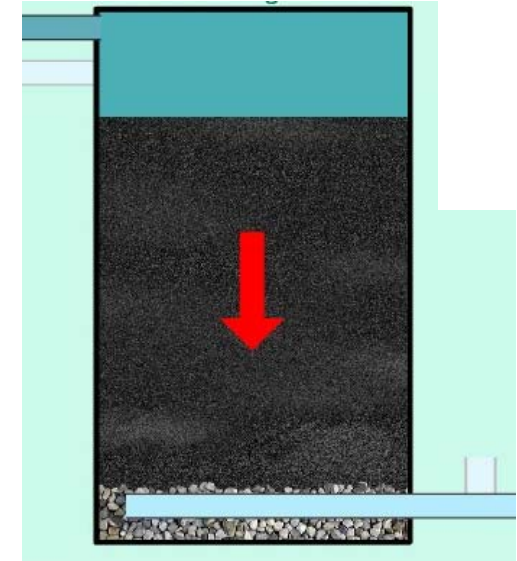


Source: Agriculture Canada

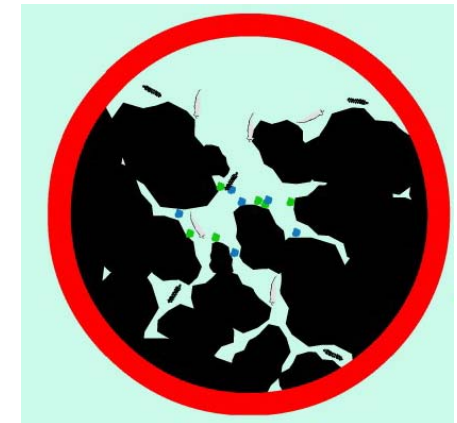


# Filtres - À charbon actif

- Capter certaines particules
- Par adsorption → aider à éliminer → couleur, odeurs, saveurs désagréables et autres problèmes liés à la matière organique
- Organismes vivants se fixent aux grains de charbon
- Agit comme catalyseur → éliminer → chlore et chloramines



Source: Agriculture Canada

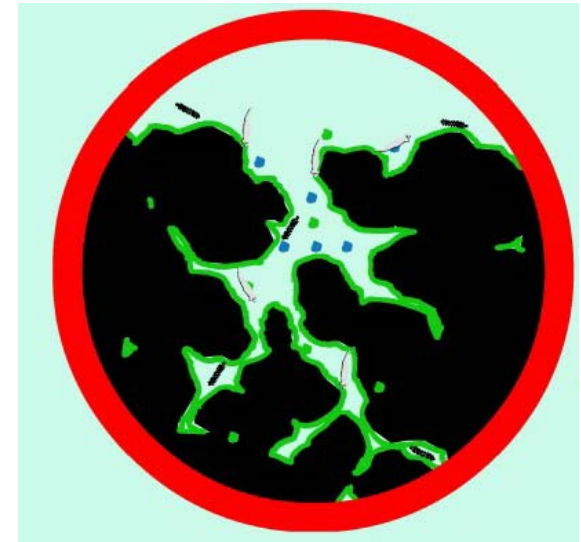


# Filtres - À charbon actif (suite)

- Charbon actif
  - ◆ Poudre (filtres à cartouches)
  - ◆ Grains (filtres classiques)
  - ◆ 1 gramme → 600 à 1000 m<sup>2</sup>
    - Développement des micro-organismes
  - ◆ Capacité du charbon → 1 à 2 mois (filtres domestiques)
- Caractéristiques des filtres au charbon
  - ◆ Type de charbon
  - ◆ Durée de contact (10 à 20 minutes)

# Filtres - À charbon actif (suite)

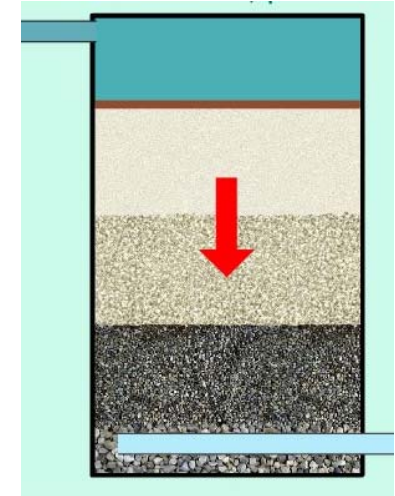
- Non-capter → certains organismes et matières solubles (bactéries et calcium)
- Remplacer le charbon actif
  - ◆ Nettoyage à contre courant
    - N'élimine pas la matière adsorbée
  - ◆ Industrie → régénération à la vapeur
- Attention → Eau n'est pas désinfecté



Source: Agriculture Canada

# Filtres – À sable biologique

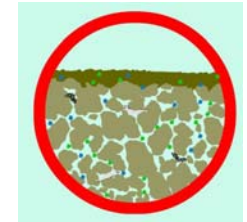
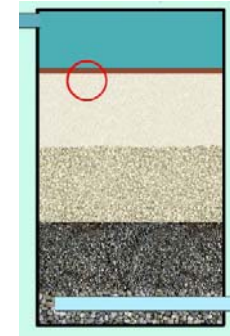
- Fonctionnement
  - ◆ Activité biologique
  - ◆ Captage des particules
- Caractéristiques
  - ◆ Sable fin
  - ◆ Vitesse de filtration lente et continue
- Schmutzdecke  $\Leftrightarrow$  Peau sale  $\rightarrow$  film de déchets à la surface du sable
  - ◆ Filtres de plus grande dimension
  - ◆ Débit de filtration  $\rightarrow$  0,1 à 0,3 m/h



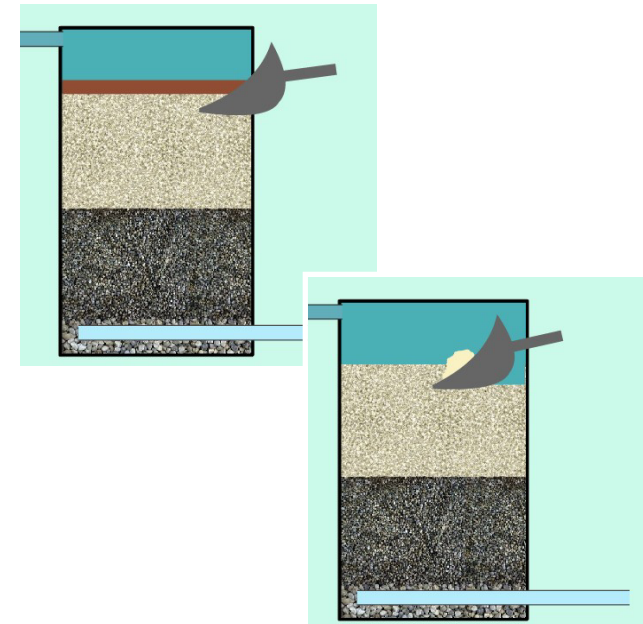
Source: Agriculture Canada

# Filtres – À sable biologique (suite)

- Film biologique + 300 premiers millimètres
  - ◆ Capter → Micro-organismes, minéraux ou nutriments (fer, arsenic)
  - ◆ Non-capter → Certains organismes et matières solubles (bactéries, calcium)
- Film biologique est trop épais ou dense → enlever le film biologique et les premiers centimètres de sable (à remplacer par du nouveau)
- Déficient si l'eau brute → trop sale ou trouble
- Attention → Eau n'est pas désinfectée



Source: Agriculture Canada

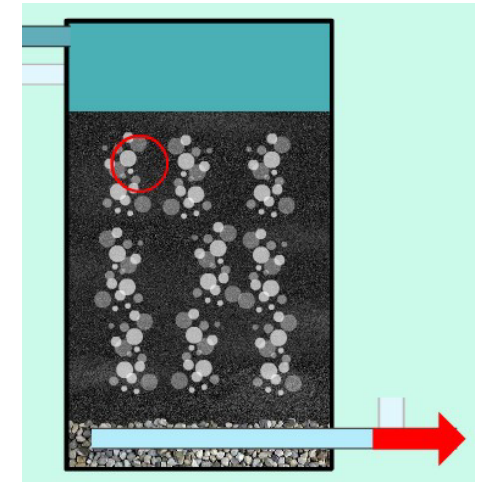


# Filtres – Au charbon biologique

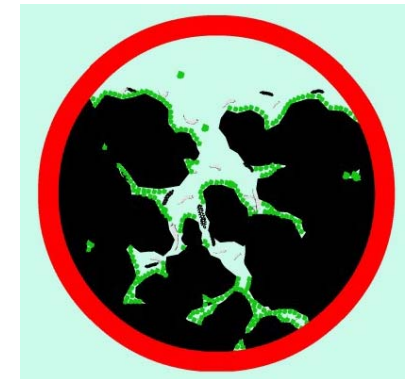
- Similaire aux filtres au charbon traditionnels
  - ◆ Eau passe lentement à travers le charbon
  - ◆ Matières organiques solubles se fixent au charbon
- Caractéristiques
  - ◆ Type de charbon
  - ◆ Durée de contact
  - ◆ Activité biologique continue

# Filtres – Au charbon biologique (suite)

- Principe de fonctionnement
  - ◆ Insuffle → Air ou oxygène à l'eau
  - ◆ Quand → avant qu'il soit filtré ou directement dans le filtre
  - ◆ Pourquoi? Favoriser le développement de micro organismes naturels inoffensifs
- Capter → matière organique dissoute, de minéraux et autres micro organismes, particules
- Non-capter → certains organismes et matières solubles (bactéries et calcium)

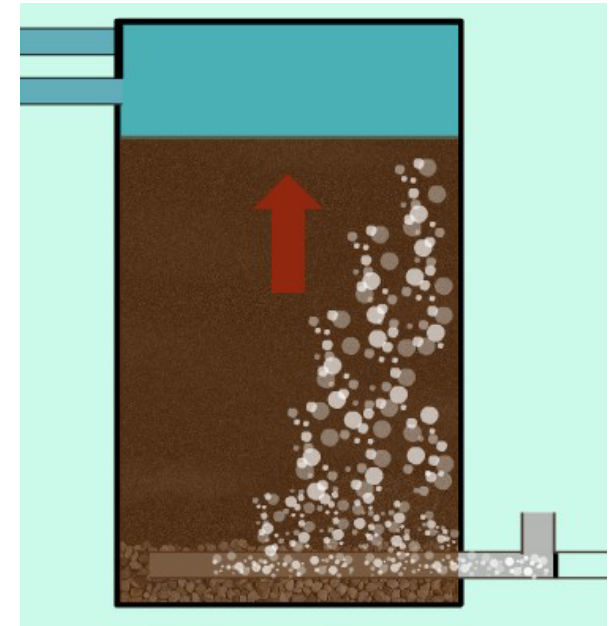


Source: Agriculture Canada



# Filtres – Au charbon biologique (suite)

- Durée de contact
  - ◆ 30 à 60 minutes (+ longue pour les filtres domestiques)
- Charbon actif
  - ◆ Grains de charbon actif sont plus gros que ceux dans les filtres au charbon traditionnels
  - ◆ Durée de vie → 7 ans (les meilleurs)
  - ◆ Nettoyage périodique à contre-courant (air et eau) → n'élimine pas la matière adsorbée
- Attention → Eau n'est pas désinfectée



Source: Agriculture Canada





# Filtres – À cartouche

- Enveloppe sous pression → cartouches filtrantes → retenir les impuretés
- Finesse → 5 à 80 microns
- Papier plissé – feutre – fils bobinés
- Remplacement → encrassement
  - ◆ ↑ Pertes de charge



# Filtres - Neutralisation

- Ajuster le pH → eau trop acide
- Filtre contenant du calcaire (origine marine)
  - ◆ Neutralise le  $\text{CO}_2$
  - ◆ Calcaire  $\Leftrightarrow$  Marbre concassé
- Calcaire → Carbonate de calcium → impact sur les plants ?


# Émetteurs - Tableau

Types	+	-	Commentaires	Photos
Manuel	Pour les plants qui sont difficiles à arroser	Coût élevé Ennuyant pour la main d'œuvre	La façon la plus élémentaire pour distribuer de l'eau	
Goutteur	Feuilles restent secs	Risque de colmatage	Il est connecté de façon individuelle aux pots ou aux substrats Besoins d'une eau de bonne qualité Selon le type de goutteur, il faut regarder l'aspect design pour avoir une uniformité de distribution	
Tapis capillaire	Peut être utilisé pour différentes grandeurs de contenants	Algues peuvent se développer	Le pot est déposé sur une mince couche d'eau. Celle-ci remonte jusqu'à la racine des plants par l'effet de capillarité	

# Émetteurs – Tableau (suite)

Types	+	-	Commentaires	Photos
Arroseur suspendu et « booms »	Facile à installer et à contrôler le débit	Mouille les feuilles et augmente les chances de maladies	Utilisé surtout en matiné L'eau est vaporisée au-dessus des plants	 
Arroseur (drip, sprinkler)	Utilisé pour les fleurs coupées	Mouille les feuilles	Il faut s'assurer de bien répartir les arroseurs pour obtenir une distribution homogène de l'eau	

# Émetteurs – Tableau (suite)

Types	+	-	Commentaires	Photos
Table inondante	Ordinateur peut contrôler le niveau du PH et la conductivité électrique (C.E.)	Problèmes potentiels avec les sels solubles	<p>L'eau est pompée sur la table jusqu'à 1" ou 2" d'eau.</p> <p>Par la suite, elle est drainée.</p> <p>Les problèmes avec les sels solubles proviennent de l'évaporation de l'eau à la surface du substrat.</p>	

# Pompes - Volumétrique

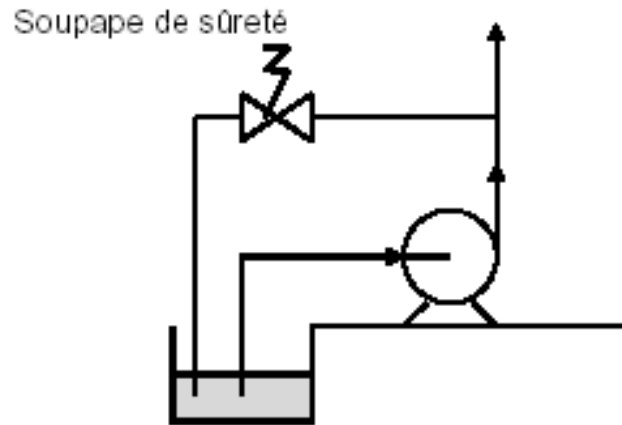
- Principes de fonctionnement
  - ◆ Toujours une pièce mobile dans une pièce creuse qui déplace le liquide en variant le volume contenu dans la pièce creuse
  - ◆ Quantité constante de liquide
  - ◆ Débit → (vitesse de rotation, course du piston)
- Deux types
  - ◆ Alternatives
  - ◆ Rotatives

# Pompes – Volumétrique (suite)

- Caractéristiques
  - ◆ Auto-amorçantes
  - ◆ Hauteur manométrique → élevée
  - ◆ Pression de refoulement → élevée
  - ◆ Débit → faible
  - ◆ Caractéristiques du réseau → peu d'influence
  - ◆ Rendement → 90%
- Réglage du débit
  - ◆ Rotation du rotor → pompes rotatives
  - ◆ Course du piston → pompes alternatives

# Pompes – Volumétrique (suite)

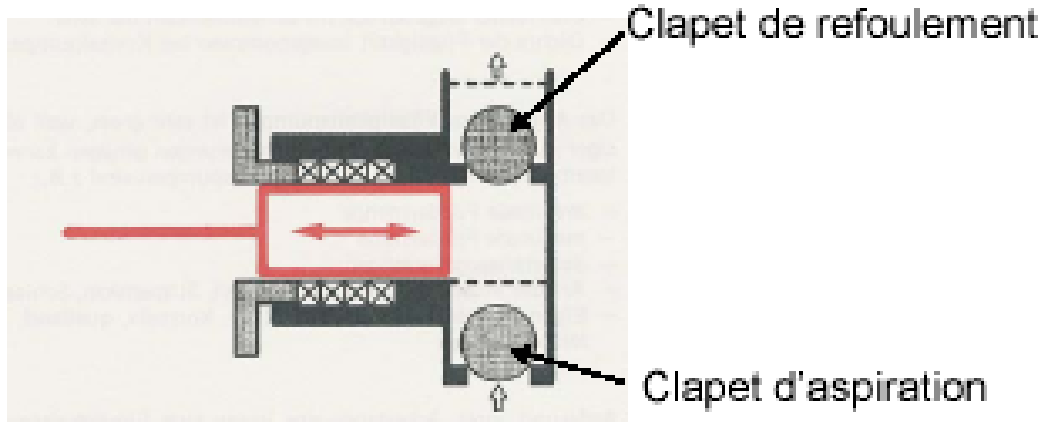
- Quoi faire lorsque la sortie de la pompe est bouchée?
  - ◆ Arrêter immédiatement la pompe
    - ↑ pression → détérioration
- Truc



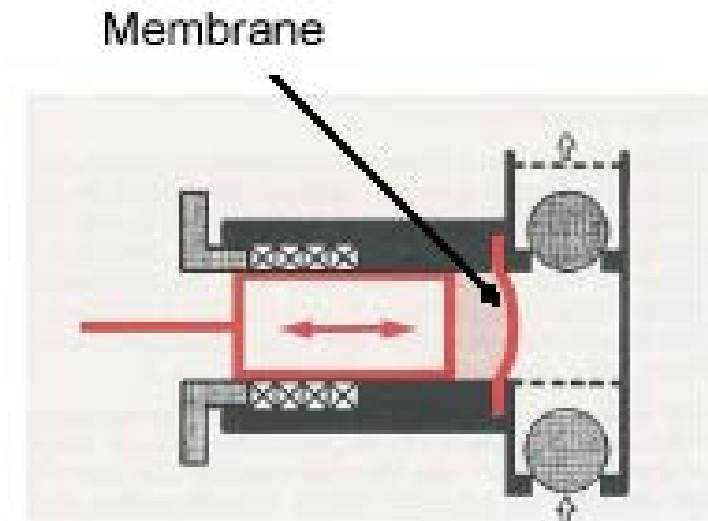
Source : Les différents types de pompes par Philippe Triboulet



# Pompes – Volumétriques alternatives



Piston

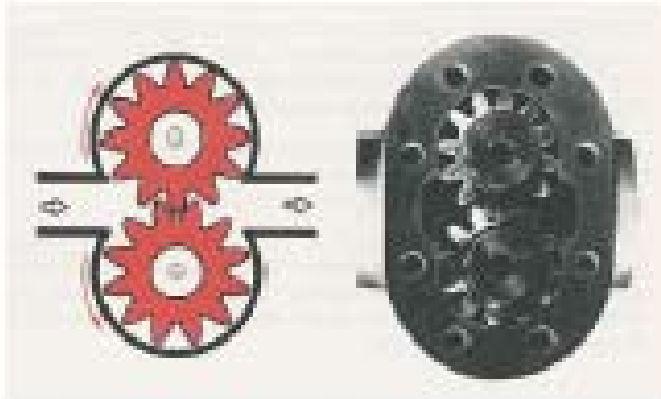


Membrane (diaphragme)

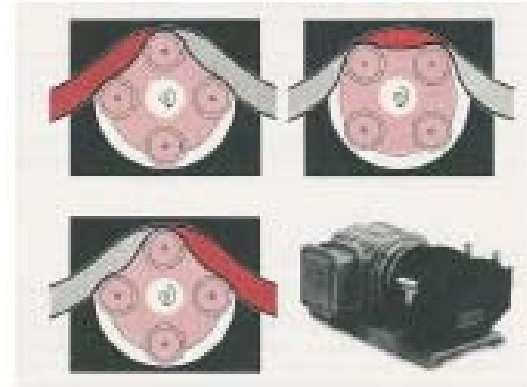
# Pompes – Volumétriques alternatives (suite)

	+	-	Utilisations et limites		
			Liquides et commentaires	Pression (bars)	Débit (m <sup>3</sup> /h)
<b>Piston</b>	Débit: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ réglable</li> <li>▪ précis</li> </ul> Rendement ↑	\$\$\$ Débit par coup Résistance chimique limitée Sensible aux particules	Non dangereux Peu corrosifs Purs	100	20
<b>Membrane</b>	Débit: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ réglable</li> <li>▪ précis</li> </ul> Rendement ↑ Moins sensible aux particules Très bonne résistance chimique	\$\$\$ Débit par coup Température de service limitée	Chargés Corrosifs Dangereux	20	30

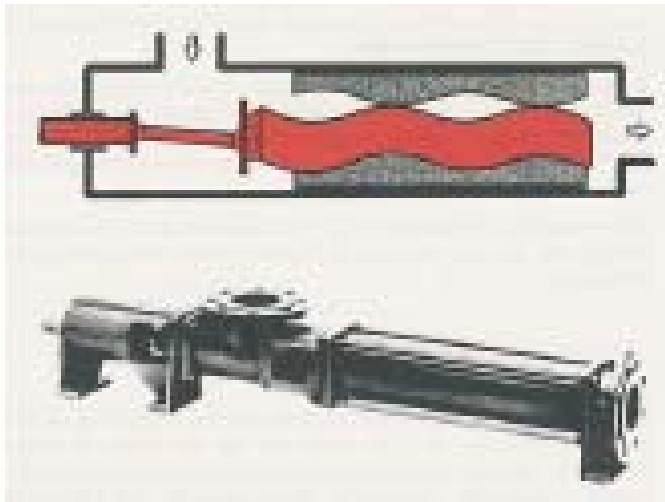
# Pompes – Volumétriques rotatives



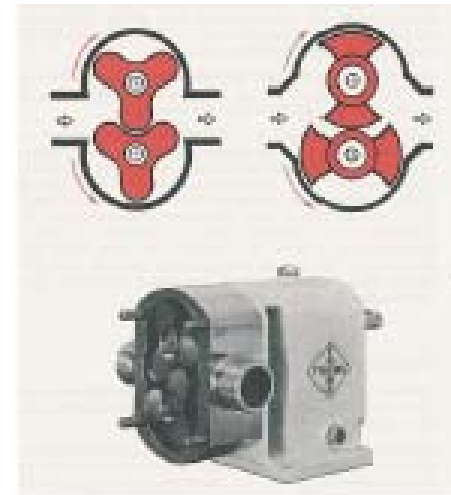
Engrenages



Péristaltiques



Vis excentriques

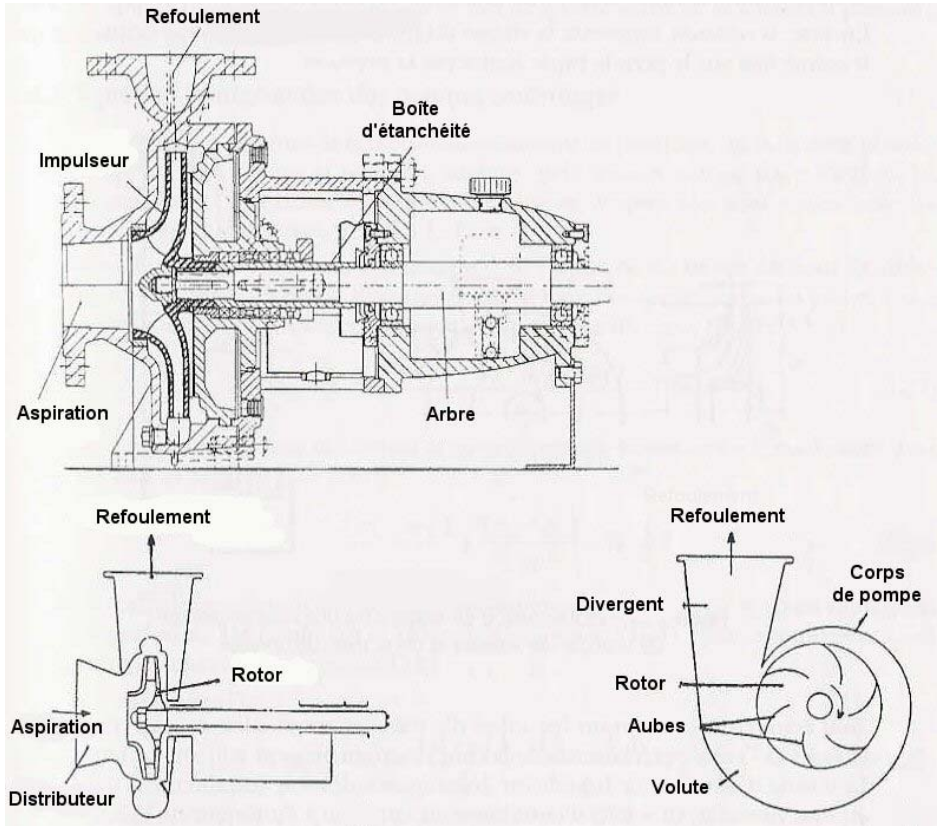


Lobes

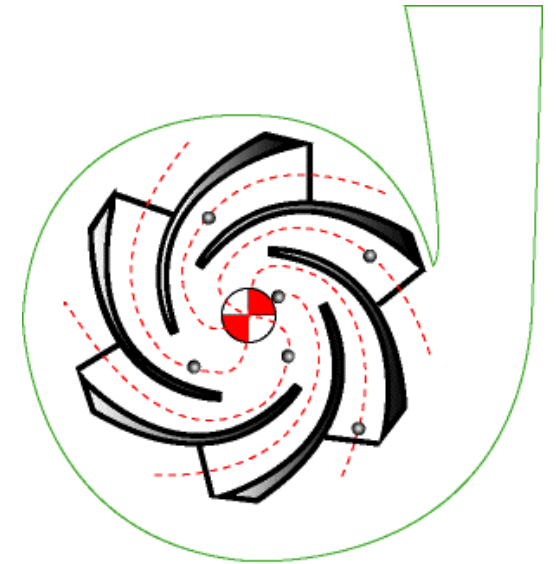
# Pompes – Volumétriques rotatives (suite)

	+	-	Utilisations et limites		
			Liquides et commentaires	Pression (bars)	Débit (m <sup>3</sup> /h)
<b>Engrenages</b> <b>Vis</b> <b>Lobes</b>	Débit: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ réglable</li> <li>■ précis</li> <li>■ régulier</li> </ul> Peu encombrant Rendement ↑	Mécanique compliquée Sensible aux... <ul style="list-style-type: none"> <li>■ particules</li> <li>■ liquides corrosifs</li> </ul>	Purs Visqueux	100	200
<b>Péristaltiques</b> <b>Piston oscillant</b>	Débit: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ réglable</li> <li>■ précis</li> </ul> Autoamorçante Peu sensible aux solides et suspensions Résistants aux liquides corrosifs	Débit par coup Température d'utilisation assez faible Usure du tuyau ou de la membrane	Chargés Corrosifs	4	20
<b>Vis excentriques</b>	Débit réglable Peu sensible aux solides et suspensions Stator facile à remplacer	Encombrant Sensible aux liquides corrosifs Température de service limitée Usure du stator	Chargés Corrosifs	10	150

# Pompes - Centrifuge



Source: Transport et stockage des fluides dans l'industrie - Dunod



## ■ Caractéristiques

- ◆ Roue à aubes tournant sur son axe
- ◆ Distributeur dans l'axe de la roue
- ◆ Collecteur de section croissante, en forme de spirale - Volute

# Pompes – centrifuge (suite)

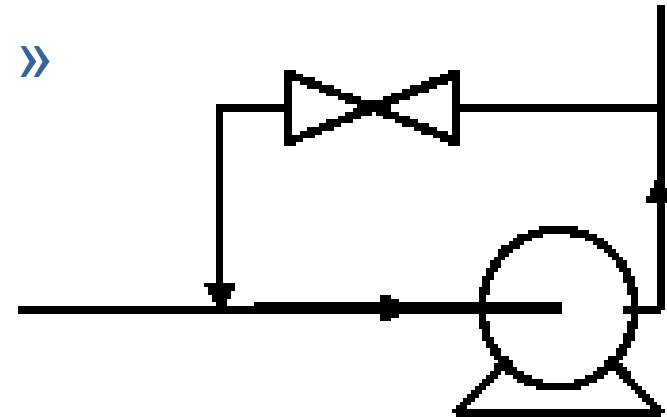
- Mise en marche
  - ◆ Chasser l'air
    - Où?
      - Corps de la pompe
      - Tuyauterie d'aspiration
    - Comment?
      - Orifice sur le corps de la pompe → Robinet de remplissage
      - Non nécessaire → aspire en charge
- Problème de désamorçage
  - ◆ Étanchéité

# Pompes – centrifuge (suite)

- Caractéristiques
  - ◆ Rendement de 60% à 70%
  - ◆ Les plus utilisées
    - Gamme élevée
    - Simples
    - Faibles coûts
- Applications
  - ◆ Toutes sauf...
    - Liquides qui ne supportent pas les fortes agitations
    - Liquides visqueux
    - Comme pompe doseuse

# Pompes – centrifuge (suite)

- Réglage du débit
  - ◆ Variation de la vitesse de rotation
  - ◆ Vanne de réglage à la sortie
    - Pourquoi? ↓ risque de cavitation
    - Entraîner la variation du point de fonctionnement
  - ◆ Réglage en « canard »





# Pompes – Centrifuge (suite)

- Réglage du débit (suite)
  - ◆ Pourquoi?
    - Important pour le procédé
    - Plage de rendement optimum

# Pompes – Centrifuge (suite)

	+	-	Utilisations
<b>Général</b>	Coût Débit stable Fiable Peu encombrant	Débit et pression de transport interdépendants Non autoamorçante Rendement faible	Débites importants Liquides <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ purs</li> <li>▪ suspensions</li> </ul>
<b>Entraînement magnétique</b>	≠ Contamination du liquide ≠ Système d'étanchéité	Puissance limitée Sensible aux particules Température limitée	Liquides <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ corrosifs</li> <li>▪ purs</li> <li>▪ toxiques</li> </ul>
<b>Rotor noyé</b>	≠ Contamination du liquide ≠ Système d'étanchéité	Sensible aux particules	Liquides <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ corrosifs</li> <li>▪ purs</li> <li>▪ toxiques</li> </ul>

# Pompes – Paramètres à connaître

- Pour le choix d'une pompe
  - ◆ Débit à la sortie →  $Q$ 
    - Bien connaître ses besoins
      - Agronomique - mécanique
    - Exprimée en  $m^3/h$
  - ◆ Hauteur manométrique totale →  $H_{mt}$ 
    - Calcul → Design du réseau
  - ◆  $NPSH_{DISPONIBLE} > NPSH_{REQUIS}$ 
    - $NPSH_{DISPONIBLE}$  → Calcul
    - $NPSH_{REQUIS}$  → Donnée du fabricant

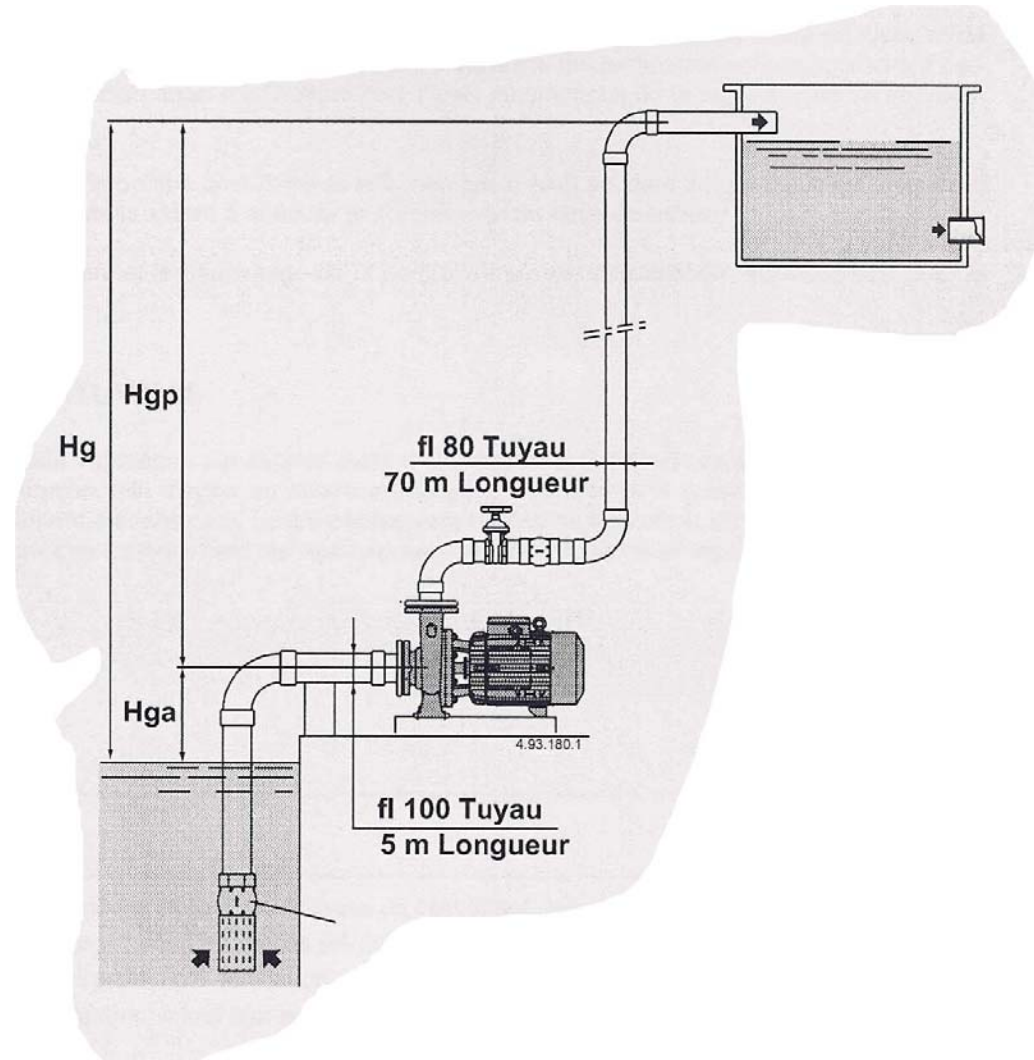
# Pompes – $H_{mt}$

$$H_{mt} = H_g + \left( \frac{v_s^2 - v_e^2}{2 \cdot g} \right) + \left( \frac{p_{syss} - p_{syse}}{\rho \cdot g} \right) + \frac{\Delta p_c}{\rho \cdot g}$$

- ◆  $H_g$  = Hauteur géométrique totale
- ◆  $V_s$  = Vitesse du fluide à la sortie du système
- ◆  $V_e$  = Vitesse du fluide à l'entrée du système
- ◆  $P_{syss}$  = Pression du système à la sortie
- ◆  $P_{syse}$  = Pression du système à l'entrée
- ◆  $\Delta p_c$  = Pertes de charge totale du système
- ◆  $\rho$  = densité du fluide → eau = 1000 kg/m<sup>3</sup> (à 4°C)
- ◆  $g$  = constante gravitationnelle → 9,8 m/s<sup>2</sup>

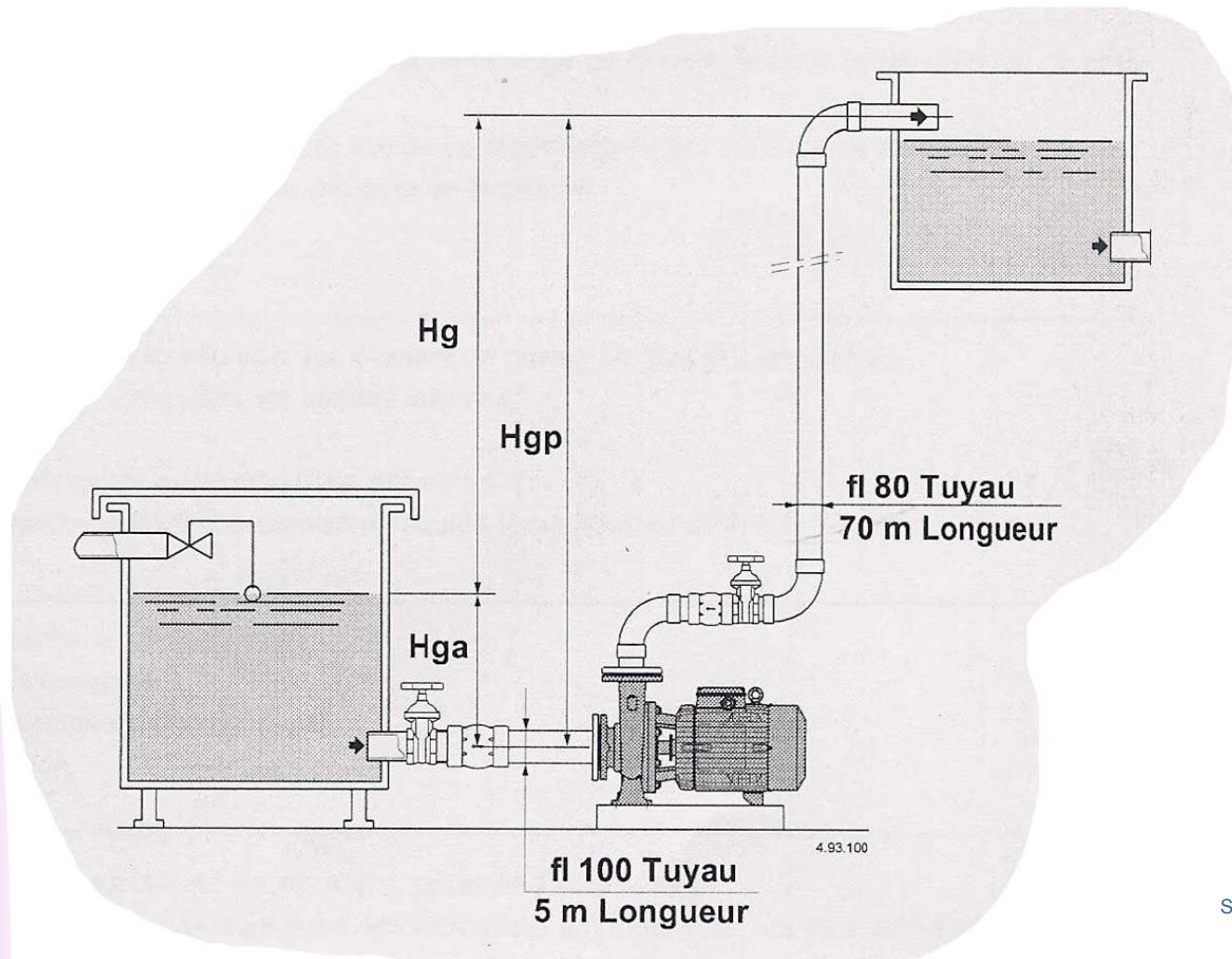
# Pompes – $H_{mt}$ (suite)

- Mode aspiration  $\rightarrow H_g = H_{gp} + H_{ga}$



# Pompes – $H_{mt}$ (suite)

- Mode refoulement  $\rightarrow H_g = H_{gp} - H_{ga}$



# Pompes – Pertes de charge

- Rappel
  - ◆ Pertes de pression que subit le réseau
    - Linéaire → densité et vitesse du liquide, coefficient de frottement, longueur et diamètre intérieur du tube, régime linéaire ou turbulent
    - Singulière → composantes installées sur le réseau
      - Clapets
      - Coudes
      - Crépines
      - Entrées et sorties de réservoir<
      - Filtres
      - Té
      - Vannes

$$\Delta p_c = \sum \Delta p_l + \sum \Delta p_s$$

# Pompes - NPSH

Net		Charge
Positive	↔	Nette
Suction		Aspiration
Head		

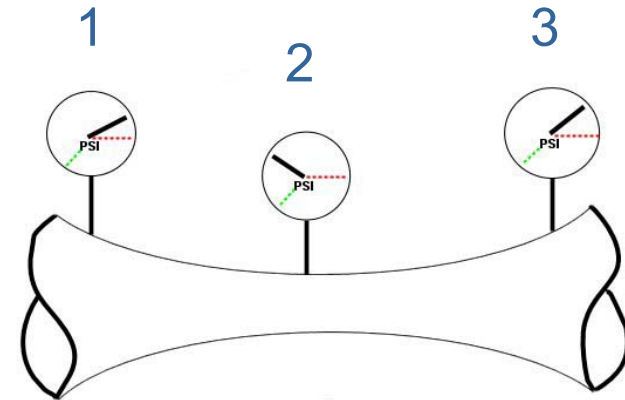
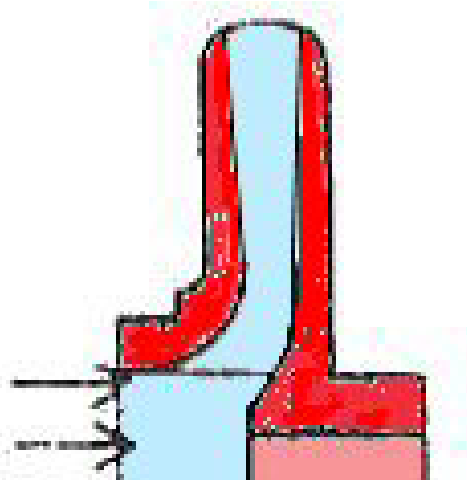
## Définition

- ◆ Pression nécessaire à l'entrée de la roue de la pompe pour obtenir son bon fonctionnement

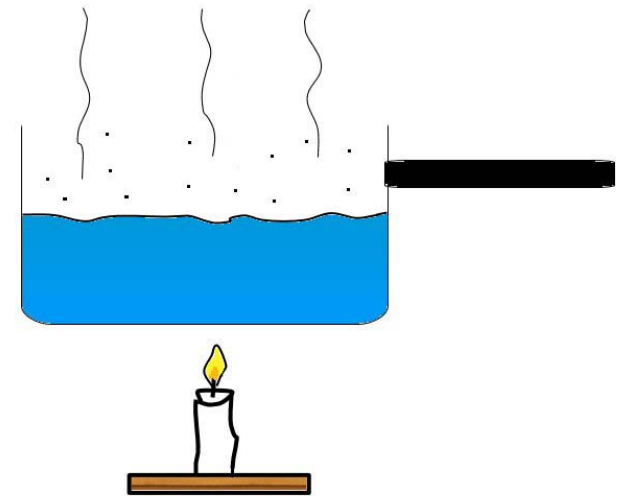
Bon fonctionnement → Éviter la cavitation et chute de pression dans le système



# Pompes – NPSH (suite)



$$Q_1 = S_1 v_1 = Q_2 = S_2 v_2$$
$$S_1 > S_2 \Rightarrow v_1 < v_2 \Rightarrow p_1 > p_2$$



# Pompes – NPSH (suite)

- NPSH → apparition de bulles sur le bord d'attaque à la périphérie de l'ouïe
- $NPSH_{DISPONIBLE}$  → hauteur du liquide effectivement présent au dessus de l'aspiration de la pompe
- $NPSH_{REQUIS}$  → Hauteur minimum de liquide, nécessaire au-dessus de l'aspiration pour empêcher la cavitation → donnée du fabricant → 2 à 5 m
- $NPSH_{DISPONIBLE} > NPSH_{REQUIS}$ 
  - ◆ 1,5 m d'eau ou 15% → + grande des deux

# Pompes – NPSH (suite)

- Aspiration

$$NPSH_{DISPONIBLE} = \left[ \frac{(p_{syse} - p_{pvs})}{\rho \times g} + \frac{v_e^2}{2 \times g} - H_{ga} - \frac{\Delta p_{ep}}{\rho \times g} \right]$$

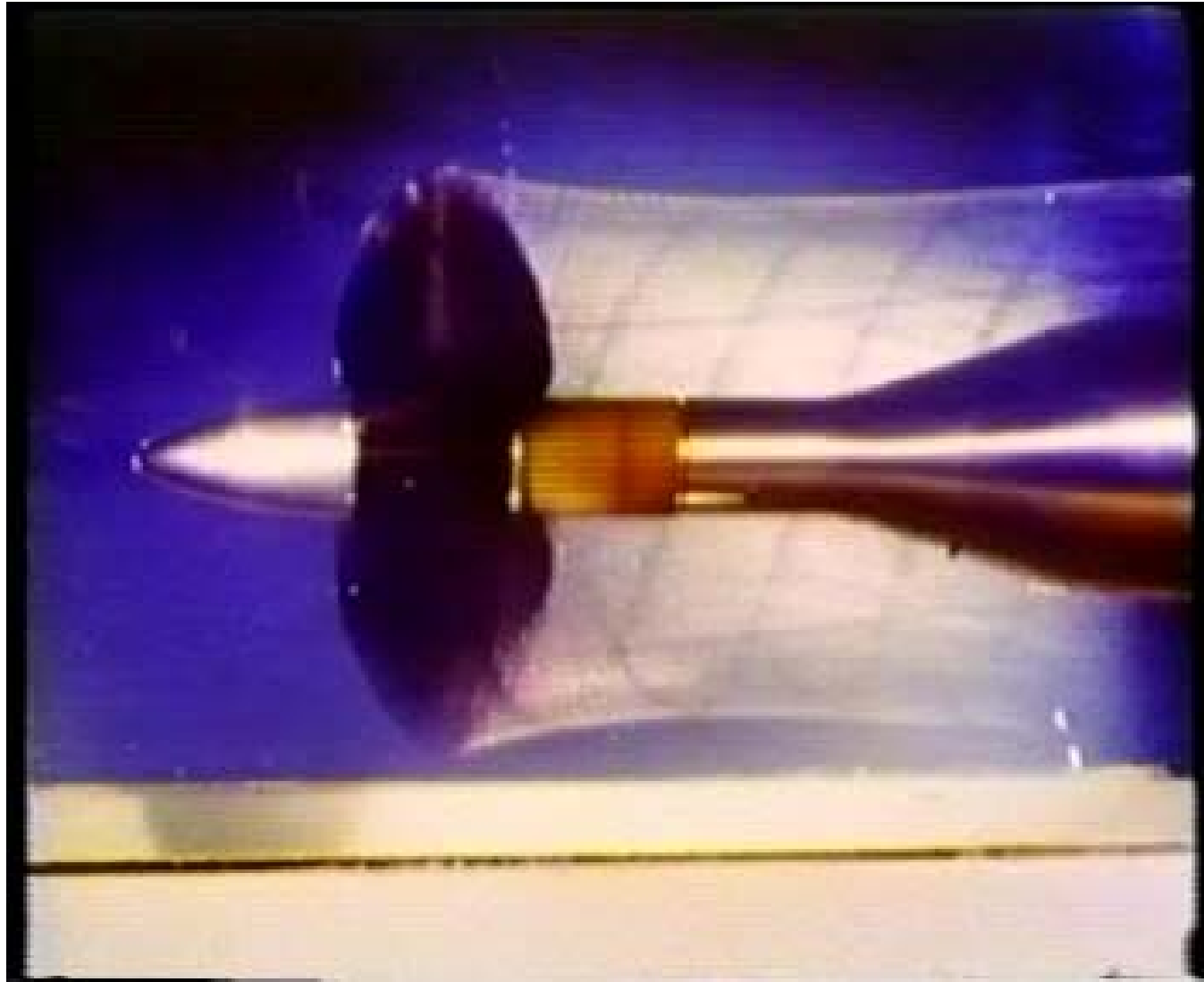
- Refoulement

$$NPSH_{DISPONIBLE} = \left[ \frac{(p_{syse} - p_{pvs})}{\rho \times g} + \frac{v_e^2}{2 \times g} + H_{ga} - \frac{\Delta p_{ep}}{\rho \times g} \right]$$

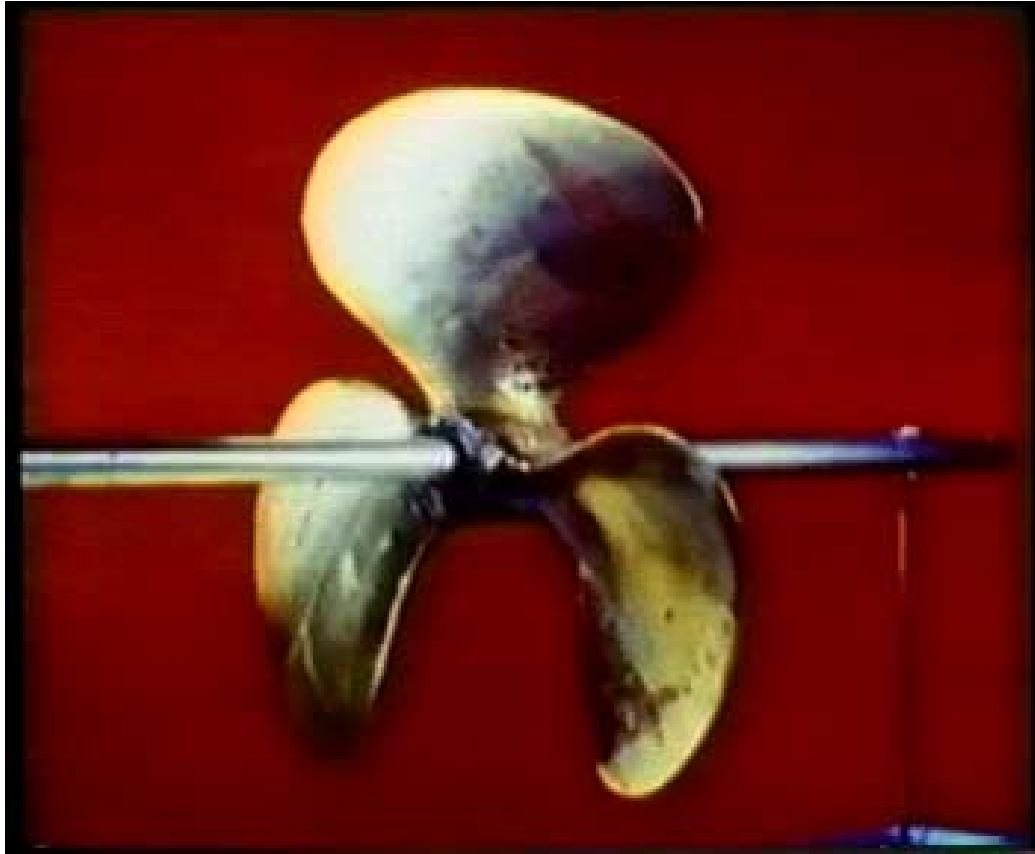
# Pompes – NPSH (suite)

- ◆ Termes pour le calcul du  $NPSH_{DISPONIBLE}$ 
  - $P_{syse}$  = Pression du système à l'entrée
  - $P_{pvs}$  = Pression de vapeur saturante du fluide au niveau de l'entrée du système
  - $\Delta P_{ep}$  = Somme des pertes de charge singulières et linéaires entre l'entrée du système et la pompe
  - $H_{ga}$  = Hauteur entre l'entrée d'eau et l'axe de la pompe
  - $V_e$  = Vitesse du fluide à l'entrée du système
  - $\rho$  = densité du fluide → eau = 1000 kg/m<sup>3</sup> (à 4°C)
  - $g$  = constante gravitationnelle → 9,8 m/s<sup>2</sup>

# Pompes – Cavitation



# Pompes – Cavitation (suite)



Pointe de pression à l'impact

- au repos – 15 000 à 150 000 psi
- en mouvement – 1 500 000 à 15 000 000 psi

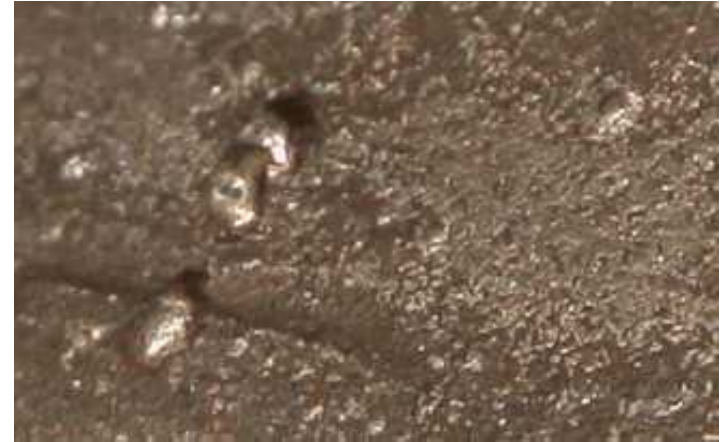
Micro jet au moment de l'impact → 3600 km/h

# Pompes – Cavitation (suite)



Source: EDUCNET

## Cavitation – Pompes



Source: EDUCNET

## Cavitation - Piqûres



### Caractéristiques

- bruit similaire à du gravier
- dégât ↔ bruit



# Pompes – Cavitation (suite)

- Eau entre dans l'impulseur → Vitesse ↑ - pression ↓
- Comment peut-on aider l'eau à se transformer en vapeur?
- Réponses:
  - ◆ ↑ la température pour une pression donnée
  - ◆ ↓ la pression pour une température donnée
- En continuant son chemin, l'eau arrive dans une zone où la pression est plus élevée → Implosion des bulles de vapeur



# Pompes – Cavitation (suite)

- Dans la vie de tous les jours
  - ◆ Peu fréquent
  - ◆ Perte de rendement → destruction de la pompe
- Pour l'éviter, une question de design
  - ◆ ↓ pertes de charge à l'aspiration
  - ◆ ↑ hauteur de la surface du liquide dans le réservoir d'aspiration
  - ◆ ↑ pression dans les réservoirs pressurisés → ≠ en serriculture
  - ◆ ↓ température de l'eau → ≠ en serriculture
- $NPSH_{DISPONIBLE} > NPSH_{REQUIS}$

# Pompes - Filtres

- N'installez pas de filtres à l'entrée de la pompe
  - ◆ Baisse de pression
  - ◆ Cavitation
- Pertes de pression
  - ◆ 4 à 5 PSI → filtres au sable
  - ◆ Fabricant
- Cause → Maintenance déficiente

# Pompes - Vannes

- Lesquelles sont les plus utilisées...

- ◆ À guillotines

- ⊕ étanche
- ⊖ résistance à l'écoulement

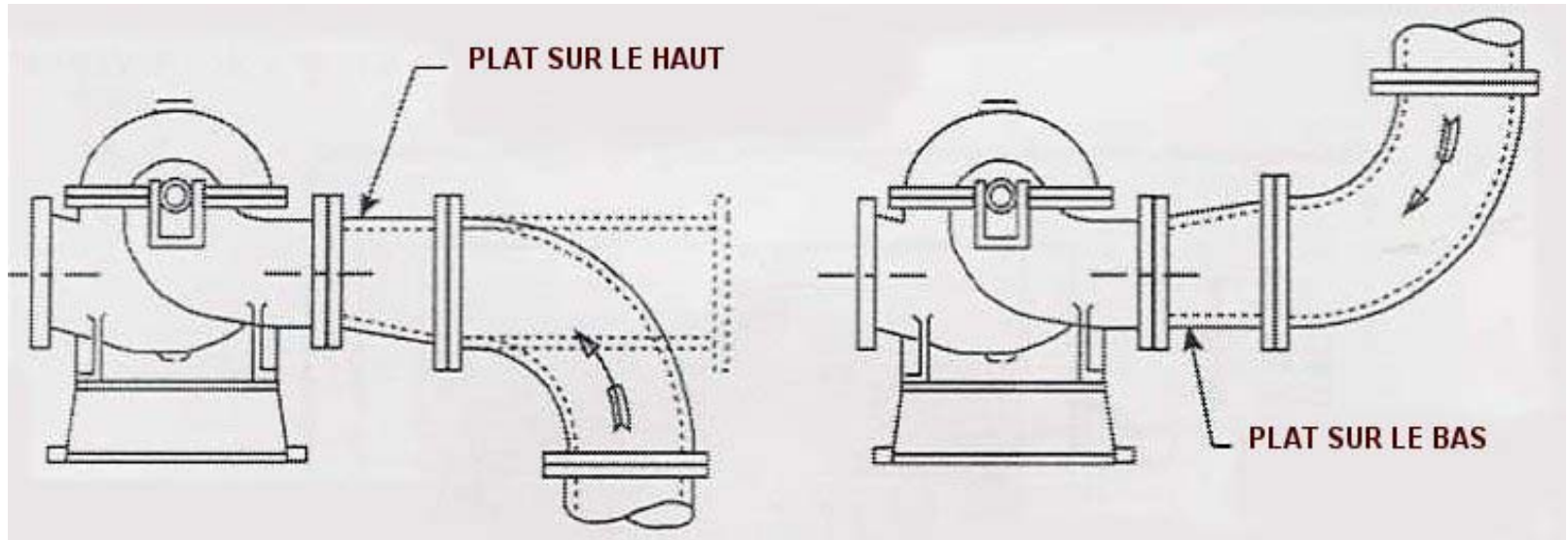


- ◆ Papillons

- ⊖ étanche
- ⊖ efficace
- ⊕ débris → obstruction



# Pompes – Réducteur excentrique



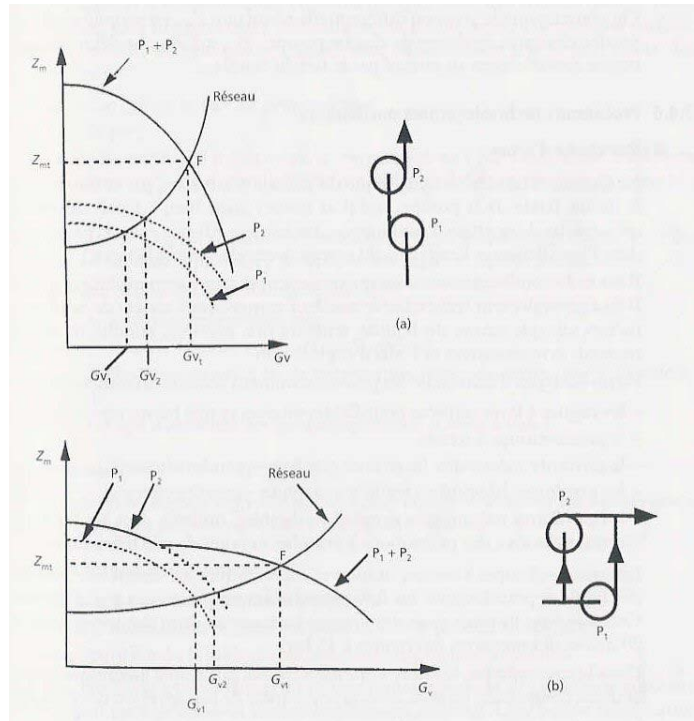
Source : Fluide design inc.

# Pompes – en parallèle

- Sécurité
- Débits s'additionnent
- Deux visions pour l'installation
  - ◆ Une des deux pompes prend en partie la relève ( $P1 + P2 = \text{Débit désiré}$ )
  - ◆ Lorsqu'une pompe se brise, l'autre entre en fonction ( $P1 = P2 = \text{Débit désiré}$ )
- Vanne de non-retour à la sortie de la pompe

# Pompes – En série

- Hauteurs de charge s'additionnent
- Limité par le débit de la pompe la plus faible
- Pompes en série → Pompes multicellulaires



- a) Pompes en série  
 b) Pompes en parallèle

# Pompes - Efficacité

- Pour évaluer l'efficacité d'une pompe, n'hésitez pas à installer...
  - ◆ Manomètre à l'entrée et à la sortie



- ◆ Débitmètre à la sortie → un bon 😊



# Pompes – Performance

- Pompe centrifuge
  - ◆ Fonctionne selon la courbe caractéristique
  - ◆ Deux méthodes
    - Pression → entrée et sortie → manomètres
    - Débit → sortie
- Manomètre
  - ◆ Position
  - ◆ Composantes mécaniques



# Pompes – Performance (suite)

- Professionnel
  - ◆ Avec les mesures et les données du fabricant
    - Puissance consommée par la pompe et le moteur
    - Moteur
      - ampèremètre ou wattmètre
      - données du fabricant (rendement du moteur, facteur de puissance en pleine charge ou non)
  - ◆ Comparer la puissance de la pompe avec celle du moteur
    - Si les deux valeurs sont proches → fonctionne bien

# Pompes – Performance (suite)

- Vitesse du moteur
  - ◆ Varie avec la charge
  - ◆ Professionnel → Effet sur la performance de la pompe
  - ◆ Courbes caractéristiques → Vitesse pleine charge du moteur
  - ◆ Puissance consommée de la pompe → vitesse de rotation au cube
  - ◆ Vitesse inconnue → stroboscope

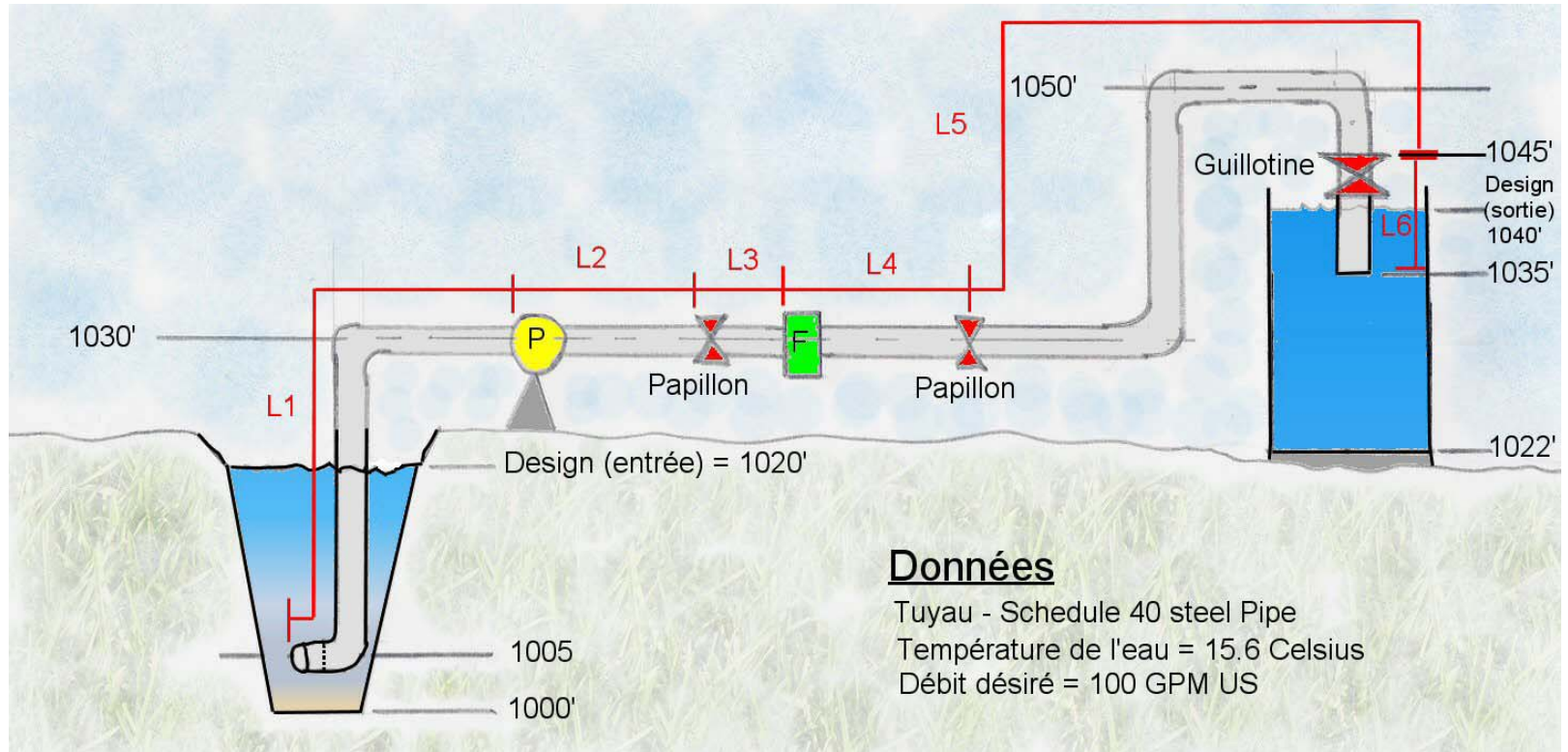
# Pompes – Performance (suite)

- Débit →  $m^3/h$ 
  - ◆ Avoir un instrument précis
  - ◆ Estimer
    - Remplir un contenant pour un volume donné
    - Vider un réservoir à l'entrée de la pompe

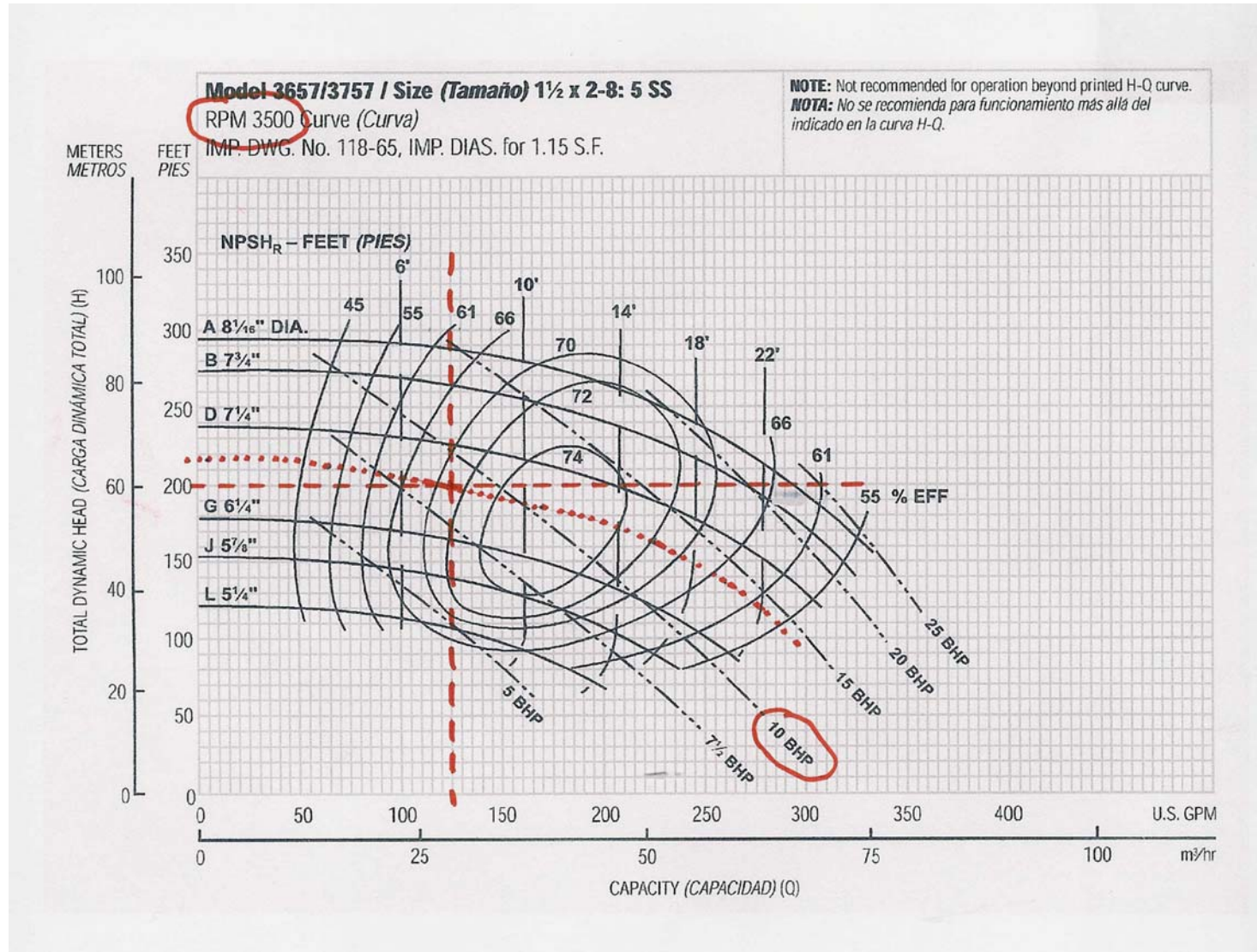
# Pompes - Exemples

- Hauteur manométrique totale  $\rightarrow H_{mt}$
- Puissance à l'arbre de la pompe (BHP)
- $NPSH_{DISPONIBLE}$

# Pompes – Exemples (suite)



# Pompes - Courbe caractéristique d'une pompe



# Fertilisateurs - Généralité

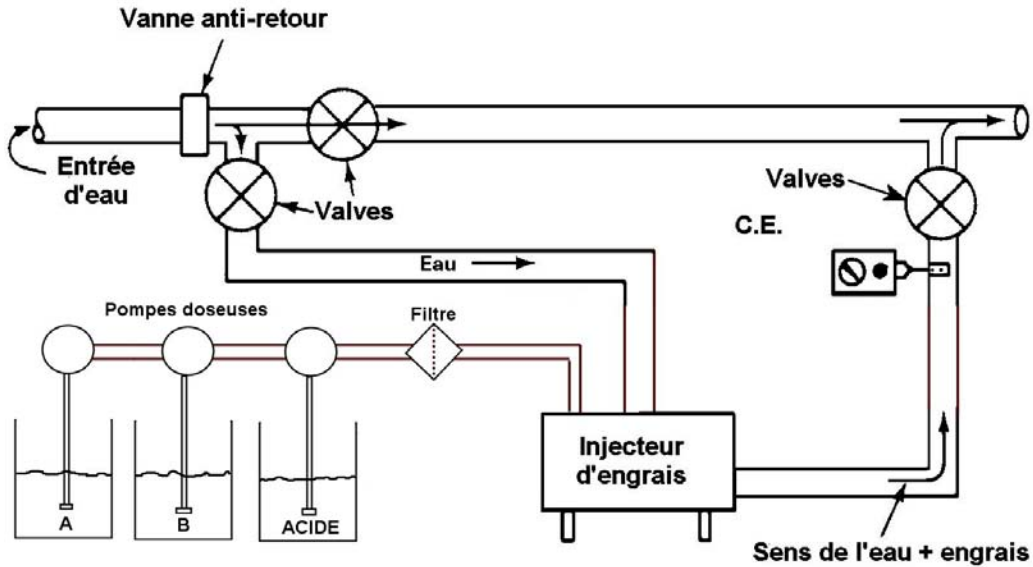
- Deux types de fertilisateurs
  - ◆ Injecteur
  - ◆ Réservoir
  
- Important
  - ◆ Contactez le fournisseur pour...
    - Connaître ses caractéristiques
    - Pré-requis
    - Impacts → système d'approvisionnement en eau et d'irrigation

# Fertilisateurs – Généralité (suite)

- Injecteurs – Pompes doseuses
  - ◆ Solution concentrée (solution mère) → diluée à la concentration désirée → envoyée via le système d'irrigation
- Réservoir
  - ◆ Fertilisant dilué (solution fille) → pompé directement dans la ligne d'irrigation

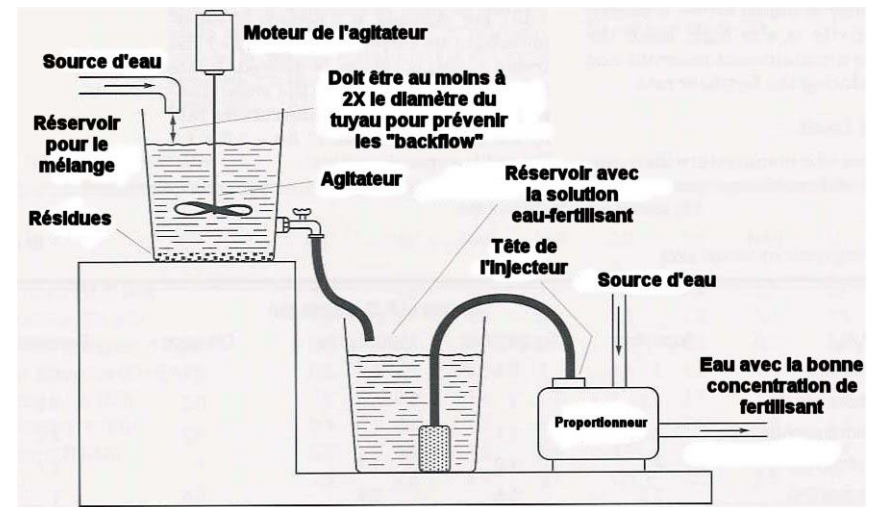


# Fertilisateurs – Exemples



Exemple #2

Exemple #1



# Maintenance - Irrigation

- Sans traitement
  - ◆ À effectuer → nouveau réseau, en cours de saison
  - ◆ Bon débit – faible pression
  - ◆ Quelques lignes à la fois
  - ◆ Décoller les grosses galettes
- Avec traitement
  - ◆ À effectuer → Fin de saison



# Maintenance - Irrigation

- Avec traitement
    - ◆ À effectuer → Fin de saison
    - ◆ Garder les lignes humides
1. Enlevez PH et CE
  2. Empêchez les nettoyants d'entrer en contact avec des filtres biologiques
  3. Videz les lignes avec de l'air ou de l'eau avant de faire les traitements
  4. Effectuez les traitements chimiques (acides nitriques ou phosphoriques – javellisant)



# Maintenance – Irrigation (suite)

5. Rincez les lignes
6. Répétez les traitements (4 essais d'une heure)
7. Disposez les rejets des traitements selon les recommandations des fournisseurs et des autorités
8. Rincez avec de l'eau
  - Filtres aux sables → javellisant
  - Recommandations des fabricants

# Systemes de traitement de l'eau

## Traitements de l'eau

- Systemes de chauffage et circuits-fermés
- Irrigation

Méthodes	+	-
Adoucissement	Élimine la dureté de l'eau	Ne désinfecte pas l'eau Rejet → Chlorure de sodium et de magnésium
Bio-sand filtration (BSF)	Efficacité élevée Coût	Demande plus d'espace par rapport aux autres systemes
Déminéralisation	Élimine les sels dissous Eau très pure Méthodes → résine, osmose inverse, distillation	Selon les méthodes Utilisation de produits chimiques corrosifs Certains sont limités
Osmose inverse	Séparation par membrane semi-perméable	Ne désinfecte pas l'eau

# Systemes de traitement de l'eau (suite)

Méthodes	+	-
Ozonisation	Efficacité élevée pour l'eau claire Demande peu d'espace	Coût (équipements et maintenance) Efficacité réduite avec la matière organique
Pasteurisation	Efficacité élevée Demande peu d'espace	Coût (équipements et maintenance)
Radiation U.V.	Demande peu d'espace Aucun additif à l'eau Eau ultra-pure	Efficacité réduite avec la matière organique et l'âge des ampoules Pas d'effet rémanent
Traitement chimique	Efficacité élevée Coût Effet rémanent Méthodes → produits oxydants et non-oxydants	Peut être toxique aux plantes à des concentrations élevées

# Systemes de traitement de l'eau (suite)

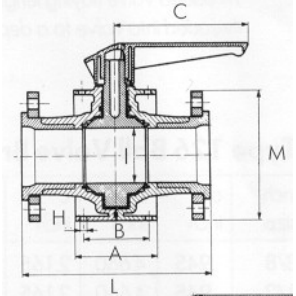

Méthodes	+	-
Dénitratation sur résine	Élimines les nitrates	Précaution → Dimensionnement de l'appareil → analyse de l'eau Risque de précipitation du sulfate de calcium
Décarbonatation sur résine	Adoucissement partiel de l'eau	Utilisation d'acide chlorhydrique ou sulfurique
Décarbonatation à la chaux	Adoucissement de l'eau Pompe doseuse	Utilisation de chaux (lait de chaux)
Conditionnement de l'eau par adjonction de produits chimiques	Contrôler la corrosion ou l'entartrage des installations	Composantes chimiques

# Systemes de recirculation

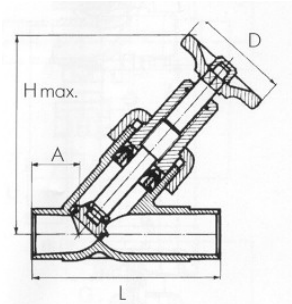
- Ne peut pas lessiver notre substrat
  - Gérer l'addition des fertilisants
- Bon système de contrôle (CE)
- Attention!
  - Substrat saturé d'eau = développement de pathogènes



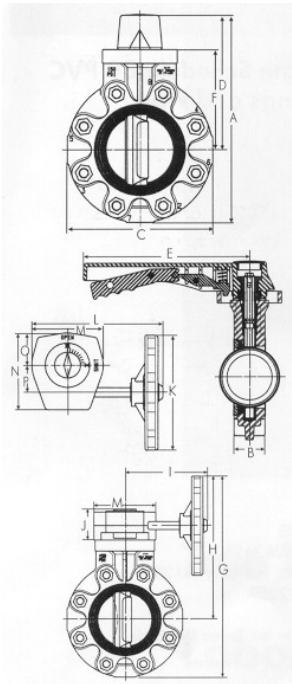
# Vannes - Généralité

Type	Mode d'opération	+	-	Commentaires
Vanne à boule (ball valve)	Ouvert/fermé	<p>pertes par frottement peu importantes</p> <p>système simple et flexible</p> <p>coût</p>	<p>étanchéité peut être un problème à des températures élevées</p> <p>doit être retirée du système pour maintenance</p> <p>elle s'ouvre en <math>\frac{1}{4}</math> de tour → peu précise</p>	<p>Constituée d'une bille trouée qui pivote</p> 
Vanne porte (gate valve)	Ouvert/fermé	<p>pertes par frottement peu importantes</p> <p>adaptée aux suspensions</p>	<p>mauvaise étanchéité</p> <p>durée de vie limitée</p>	

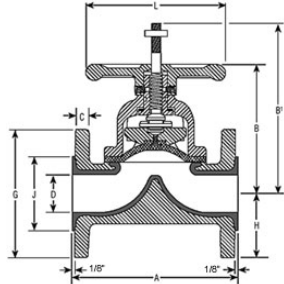
# Vannes – Généralité (suite)

Type	Mode d'opération	+	-	Commentaires
Vanne à globe (globe valve)	Gradateur de débit	bonne étanchéité l'organe interne (trim) peut être changé sans que la vanne soit retirée contrôle efficace; système flexible coût	pertes par frottement importantes	pour réguler l'écoulement; pour éviter les fuites la plupart des robinets standards sont de ce type  


# Vannes – Généralité (suite)

Type	Mode d'opération	+	-	Commentaires
Vanne papillon (butterfly valve)	Gradateur de débit	système simple et flexible coût pertes par frottement peu importantes	mauvaise étanchéité bon contrôle jusqu'à 60° d'ouverture seulement	applications à faible pression 

# Vannes – Généralité (suite)

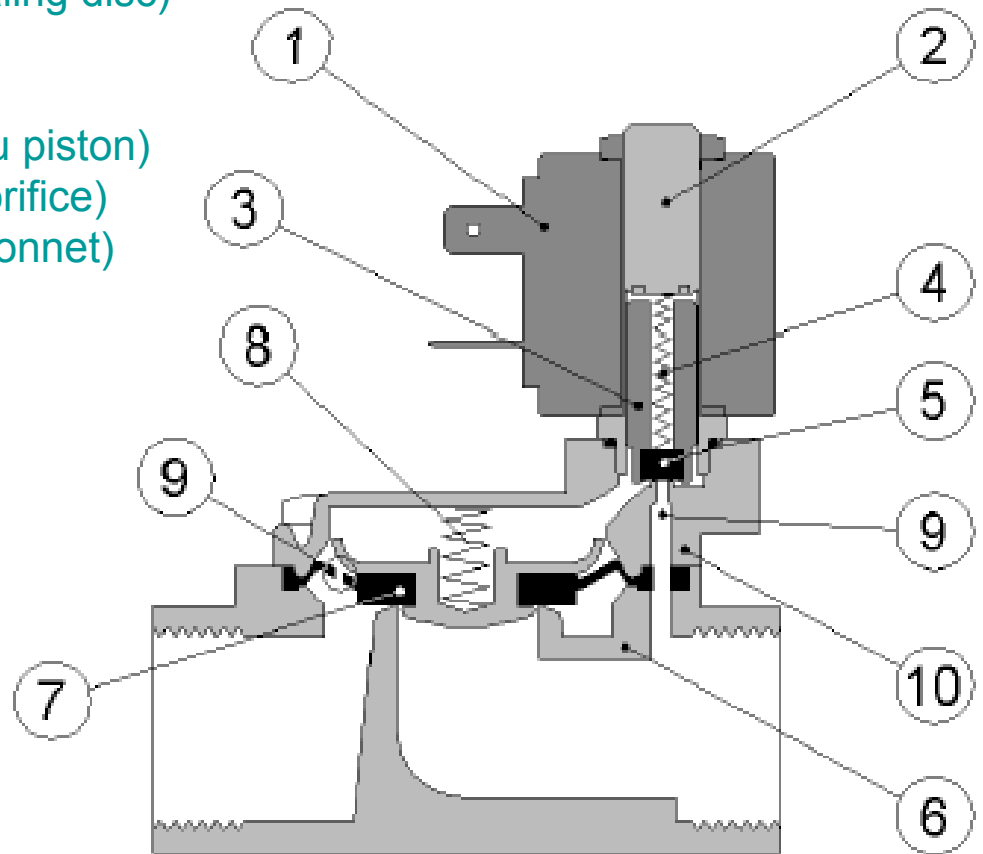
Type	Mode d'opération	+	-	Commentaires
Vanne à diaphragme (diaphragm-valve)	Gradateur de débit	aucune fuite le fluide est isolé du système de la tige de régulation (stem) auto-nettoyant	pressions limitées températures limitées usure rapide contrôle difficile lorsqu'ouverte à plus de 50%	produits corrosifs ou abrasifs rejets et eaux usées génie alimentaire 

# Vannes – Généralité (suite)

Type	Mode d'opération	+	-	Commentaires
Vanne électromagnétique (solenoid valve)			<p>Perte de pression importante</p> <p>Nécessite une pression minimale d'opération</p>	<p>elle opère selon un principe de différentiel de pression qui occasionne un mouvement au diaphragme</p> 

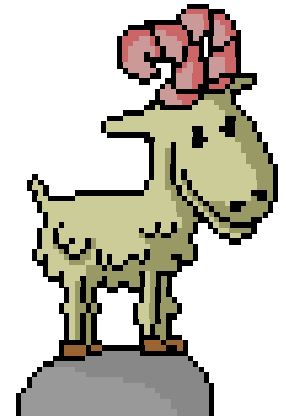
# Vannes – Généralité (suite)

1. Bobine (Coil)
2. Base du solénoïde (Solenoid base)
3. Carcasse de solénoïde (Solenoid core)
4. Carcasse de ressorts (Core spring)
5. Disque de scellement (Sealing disc)
6. Corps de la vanne
7. Diaphragme (ou piston)
8. Ressort du diaphragme (ou piston)
9. Ouverture du guide (Pilot orifice)
10. Boîte de la vanne (Valve bonnet)



# Coup de bélier

- Causes
  - ◆ Arrêt brutal de l'écoulement des eaux
  - ◆ Présence d'air dans la canalisation
- Dégâts → Canalisation fixée trop solidement à la structure
- Plutôt rare en serriculture → tuyaux en plastique → ils absorbent plus les chocs
- À faire attention → comment on va installer les conduits?

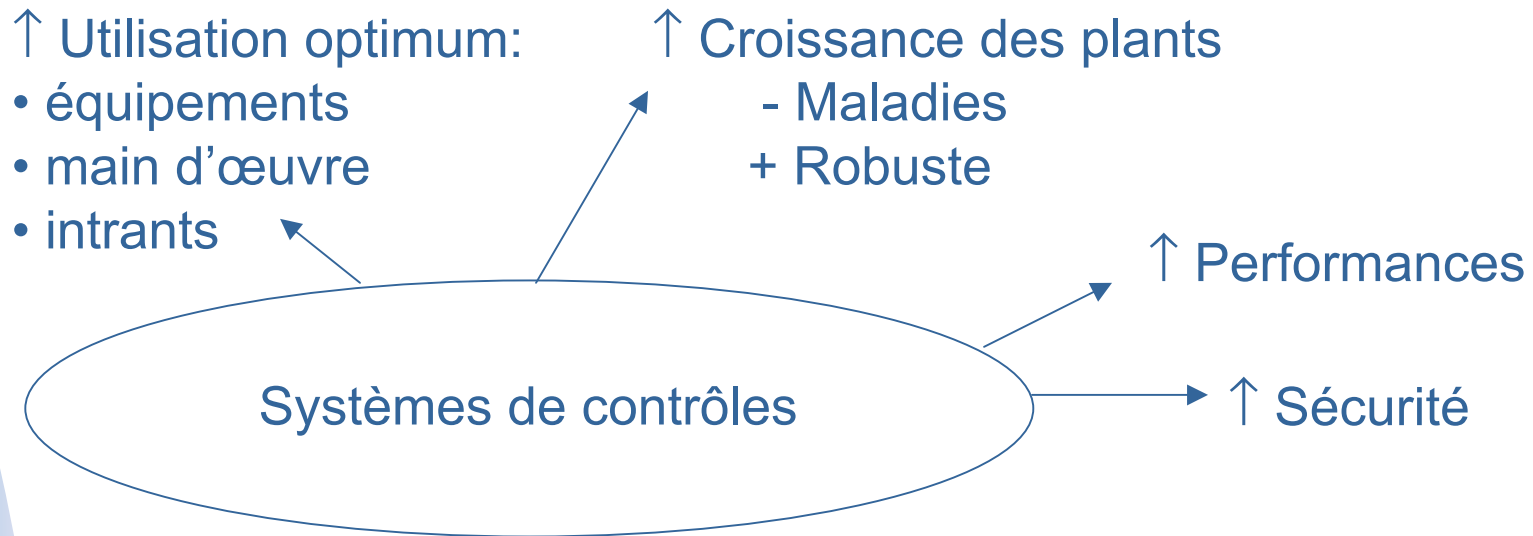


# Dilatation des tuyaux

- Plastiques se dilatent plus sous l'effet de la chaleur
- Par rapport à l'acier
  - ◆ PVC → 4 à 5 fois plus
  - ◆ PE → 15 fois plus
- Joints d'expansion – Soufflets de dilatation → ils ne sont pas utilisés
- Installations en fonction de ce phénomène



# Systemes de contrôle – Pourquoi?



- Automatisation de certaines tâches
  - ◆ Plus de temps pour résoudre les vrais problèmes
  - ◆ Historique
  - ◆ Acquisition de données
    - ☞ Meilleur diagnostic → techniciens, conseillers
- Mettre en œuvre les stratégies du producteur

# Systemes de contrôle – Attention!



Systeme de contrôle est là pour aider le producteur

Producteur ne doit pas travailler pour le système de contrôle

- Pour aider le producteur à prendre les bonnes décisions
- Systeme de contrôle ne doit pas prendre des décisions pour lui

# Systemes de contrôle – Comment?

1. Qu'est-ce qu'on veut mesurer, contrôler et sécuriser?
  - nombre - emplacements
2. Connaître les priorités
  - Gérer les coûts et les installations
3. Créer un plan des serres
  - Différentes zones de cultures
  - Bureaux
  - Entrepôts



## 4. Identifier

- Différentes zones
- Climats et cultures
- Conduite d'eau
- Lignes électriques
- Conduits de ventilation
- Équipements
- Bureaux des responsables



# Systemes de contrôle – Comment? (suite)

## 5. Pour l'irrigation, identifier

- Nombre – type – localisation des sources d'eau
- Localisation des postes de fertilisations – systèmes de pompage
- Composantes du réseau

## 6. Discuter avec les responsables

- Identifier leurs besoins
- Éléments qui leurs semblent importants



# Systemes de contrôle – Comment? (suite)

## 7. Personnes responsables

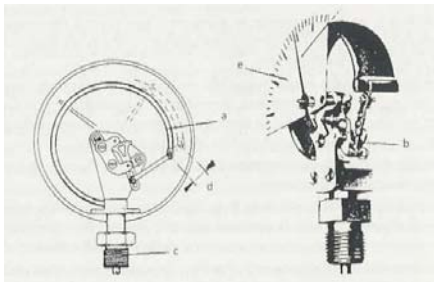
- Nombre – un ou deux
- Recherche d'informations
- Achat
- Installation
- Maintenance
- Mise-à-jour du système de contrôle



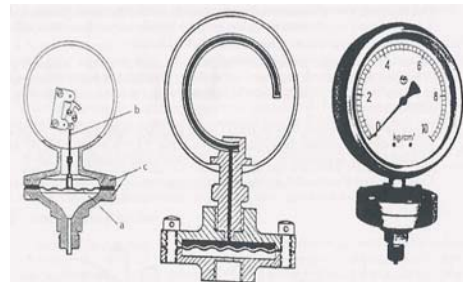
# Manomètres

Manomètre	Mesure (PSI)		Précision
	Minimum	Maximum	
Tube à ressort	0 à 4	0 à 145 000	$\pm 0,1\%$ e.m.
Membrane élastique	0 à 1.5	0 à 8700	$\pm 2\%$ e.m.
Liquide	0.0015	14.5	Graduation

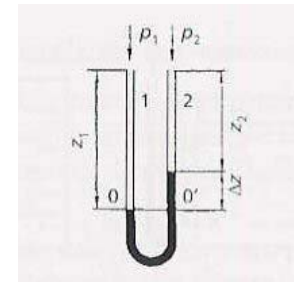
e.m. = étendue de la mesure



Ressort



Membrane



Liquide

Pertes de charge → faible

# Débitmètres

- Systèmes directs → pertes de charge non négligeable
  - ◆ section variable (rotamètres)
  - ◆ turbine
  - ◆ palette
- Mesures indirectes → pertes de charge plus faibles
  - ◆ Tubes de Pitot → vitesse en un point
  - ◆ Venturi (déprimogène) → vitesse moyenne
- Ultrasons - électromagnétique



# Débitmètres



Source: Pascal DEREUMAUX



À palette



À flotteur

Source: Kobold

# Régulateur de pression

- Réduire la pression du réseau amont à une valeur compatible avec le système d'irrigation
  - ↓ coups de béliers
  - ↓ gaspillages d'eau
  - Élimine les fluctuations de pression dans les lignes
- Deux modèles
  - Débit fixe
  - Débit variable



Source: Senniger irrigation

# Compteur d'eau

- Obligatoire dans les années à venir (réseau d'aqueduc) ???
- Compteurs volumétriques
  - À membrane → gaz
  - À piston → liquides
- Compteurs dynamiques
  - Moins fidèle que les compteurs volumétriques
- Débit → 0.01 m<sup>3</sup>/h à 10 000 m<sup>3</sup>/h
- Précision → 0.1% à 2%
- Pertes de pression → négligeables → données du fabricant



# Tuyaux de plastiques

Application	ABS	CPVC	PB	PE	PVC
Air comprimé	X				
Drainage				X	
Fertilisateur – Pesticide					X
Eau chaude	X	X	X		
Eau froide		X		X	X
Électrique					X
Irrigation				X	X
Rejets	X				X
Système d'incendie			X		
Système de chauffage des racines		X	X	X	

## Légende

ABS = Styrène-Acrylonitrile-Butadiene

CPVC = Chlorure de polyvinyle chloré

PB = Polybutène

PE = Polyéthylène (exemple : Corlon™)

PVC = Chlorure de Polyvinyle

Pour les lignes :

- principales et secondaires → PE, PVC
- latérales → aluminium

# Tuyaux de plastiques

Type	Classes (bars)	Diamètre	Commentaires
PE	5, 7, 14	1 à 8 cm	Flexible Résistant au gel
PVC	8.5, 11 et 14	1 à 20 cm	Rigide Fragile

Pour prévenir les bris de tuyaux lors de la fermeture rapide des vannes, la vitesse maximale doit être de 1.5 à 1.8 m/s

Rappel → Vitesse du fluide =  $\frac{\text{Débit du fluide (m}^3\text{/s)}}{\text{Surface de section du tuyau (m}^2\text{)}}$

# Débit de l'eau – Lignes d'alimentation

		Pression statique de l'eau (PSI)										
Dimension		30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
3/4 "	GPM US	6.0	7.5	9.0	10.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.5
1 "	GPM US	7.5	10.0	11.5	13.5	15.0	16.0	17.5	18.5	20.0	21.0	22.0
1 1/4 "	GPM US	12.0	15.5	17.5	21.0	23.5	26.0	28.5	30.5	32.5	34.0	35.0

- Débit de l'eau en fonction du diamètre de la ligne d'alimentation et la pression statique de l'eau
- À titre indicatif seulement

# Température de l'eau dans un lac l'hiver

