

CORRECTION

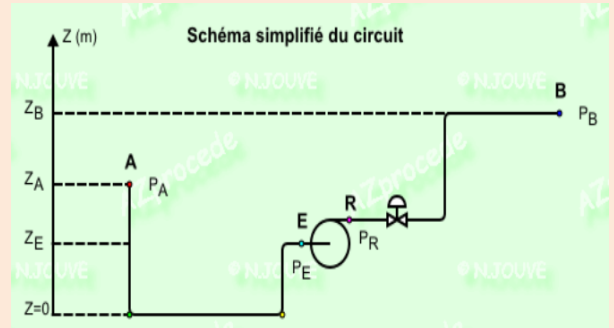
BILAN 6 : Les POMPES



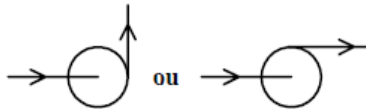
I- Pourquoi UTILISER une POMPE ?

Une pompe est un appareil **apportant** à un fluide **l'énergie** nécessaire pour :

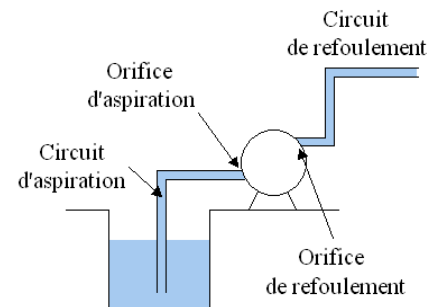
- **mettre** le fluide en **mouvement**
- **vaincre** une différence de **pression** entre 2 points d'un circuit hydraulique (remplir un réservoir sous une pression plus élevée que la pression initiale)
- **vaincre** une différence d'**altitude** entre 2 points d'un circuit hydraulique (remplir un réservoir à une altitude plus élevée que l'altitude initiale)
- **vaincre** des **pertes de charge** (pertes d'énergie)



Voici la représentation d'une pompe :



- L'entrée de la pompe correspond à l'**aspiration** du fluide
- La sortie de la pompe correspond au **refoulement** du fluide



II- Les différents TYPES de POMPES

L'énergie requise pour faire fonctionner ces pompes dépend de nombreux facteurs rencontrés dans l'étude des écoulements :

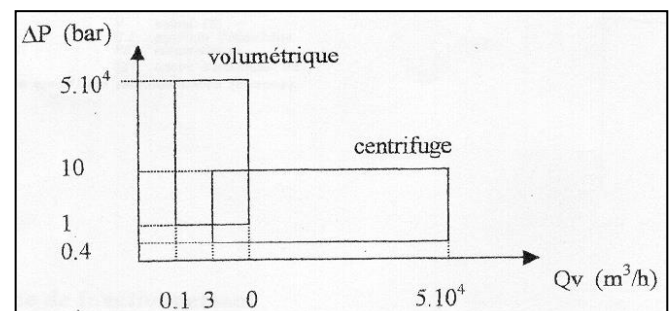
- Les propriétés du fluide (masse volumique, viscosité)
- Les caractéristiques de l'installation (longueur, diamètre, rugosité, singularités ...)
- Les caractéristiques de l'écoulement (vitesse, débit, pression ...)

Face à la grande diversité des situations possibles, il existe un grand nombre de pompes que l'on peut classer en 2 grands groupes :

- Les pompes **volumétriques**
- Les pompes **centrifuges** (turbo-pompes)

De manière générale, on utilisera plutôt une pompe :

- **volumétrique** si on veut augmenter **la pression** d'un fluide
- **centrifuge** si on veut augmenter **le débit** du fluide



POMPES VOLUMETRIQUES

Les pompes volumétriques ont pour caractéristiques de prélever, en un temps donné, un volume de liquide incompressible à l'aspiration, et de l'envoyer au refoulement.

A chaque tour de piston, un **VOLUME** défini et **FIXE** de fluide entre dans la pompe.

Ce volume est contraint de se déplacer de l'entrée vers la sortie de la pompe par un système mécanique.

Le volume prélevé dans la conduite d'aspiration provoque une dépression, ce qui fait avancer le fluide vers la pompe par aspiration.

<https://www.mecaflux.com/pompes.htm>

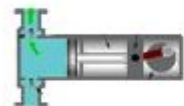
à membranes:



à lobes:



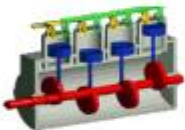
à piston:



à palettes:



à pistons en ligne:



à engrenages:



à pistons en étoile:



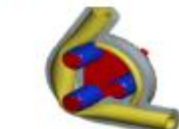
à vis:



à plateau tournant débit fixe:



peristaltique:



à barillet tournant débit variable:



Pompe à grains:



ATTENTION !

Si le volume aspiré ne peut pas s'évacuer dans la canalisation de sortie, il y a augmentation de pression qui peut conduire soit à l'éclatement de la canalisation, soit au blocage du moteur d'entraînement de la pompe.
D'où la présence d'une soupape de sécurité.

UTILISATIONS

Ces pompes sont utilisées :

- Dans le cas de transmission hydraulique
- Dans le cas de fluides très visqueux
- Quand le débit dans la canalisation est imposé

Il existe différents types de pompes volumétriques (à diaphragme, à engrenage, à vis ...)

On parle aussi de **pompes doseuses**, car à chaque tour de piston, le volume de fluide qui entre dans la pompe est connu.

AVANTAGES

- Construction robuste
- Pompage possible de liquides visqueux
- Rendement élevé
- Obtention de faibles débits faciles à mesurer sous pression élevée (pompes doseuses alimentaires)

INCONVENIENTS

- Appareils lourds et encombrants
- Débit pulsé, ce qui nécessite l'installation d'appareils spéciaux (anti coup béliet)
- Impossibilité d'obtenir de gros débits sous faibles pression
- Danger de surpression dans le circuit de refoulement, d'où la présence de sécurités (soupapes ...)
- Prix élevé à l'achat
- Frais d'entretien plus élevé

POMPES CENTRIFUGES

Les plus utilisées

Les pompes centrifuges fonctionnent suivant le principe **d'une mise en rotation du fluide** à pomper dans une roue tournant à grande vitesse (~600 - 3500 tr.mn-1).

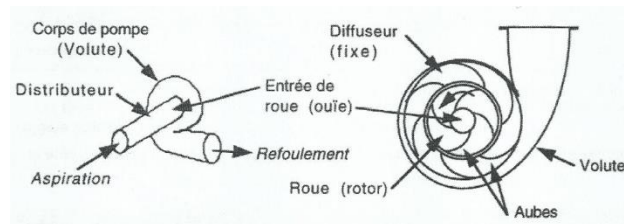
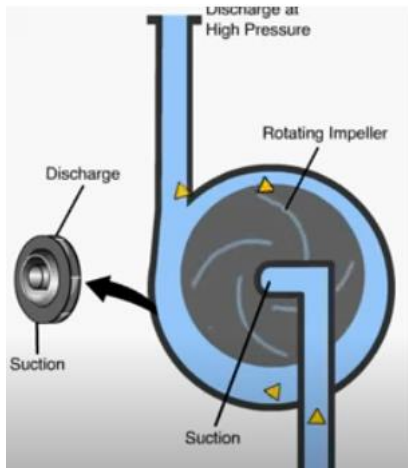
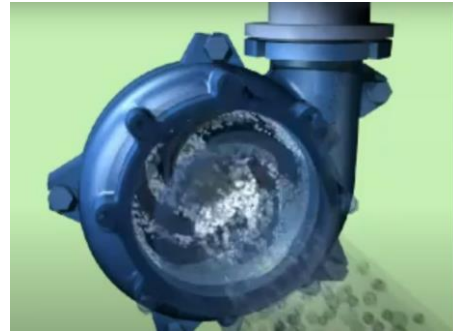
En sortie de roue, le fluide est canalisé dans un diffuseur, puis ralenti dans une volute, et la pression dynamique acquise au niveau de la roue (énergie de vitesse ou cinétique) est transformée en pression statique (énergie de pression).

Le débit pompé est essentiellement fonction :

- de la différence de pression entre aspiration et refoulement (en mCL),
- de la vitesse de rotation de la roue,
- du diamètre de la roue (vitesse périphérique).

https://www.youtube.com/watch?v=bZvpr_RbxwY

<https://www.youtube.com/watch?v=qO3tgB-IQbQ>



Une pompe centrifuge est constituée principalement d'une pièce en rotation, le **ROTOR** (roue ou hélice), qui tourne à l'intérieur d'un carter étanche, appelée **CORPS de POMPE**.

Principe de fonctionnement

- **ASPIRATION** : La pompe étant amorcée (c'est-à-dire pleine de liquide), la vitesse du fluide qui entre dans la roue augmente, et par conséquent la pression dans l'ouïe diminue, engendrant ainsi une aspiration et le maintien de l'amorçage.
- **ACCELERATION** : Le rotor tourne à grande vitesse, propulsant ainsi le fluide à l'extérieur, ce qui comprime le fluide sur la périphérie, et augmente sa pression.
- **REFOULEMENT** : Dans l'élargissement appelé volute (qui se comporte comme un divergent), la vitesse du fluide diminue, d'où une augmentation de pression du fluide.

AVANTAGES

Ces pompes sont largement utilisées car :

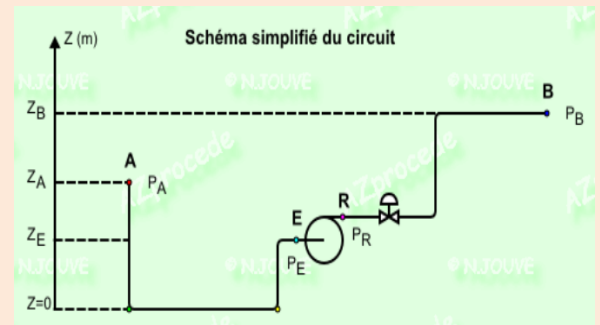
- Plus compactes que les pompes volumétriques
- Meilleur rendement que les pompes volumétriques
- Adaptées à une large gamme de liquides (sauf si liquides très visqueux)
- Débit régulier, fonctionnement silencieux
- Pas de risque d'écarter si le circuit en aval de la pompe est obstrué

III- La HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE (HMT)

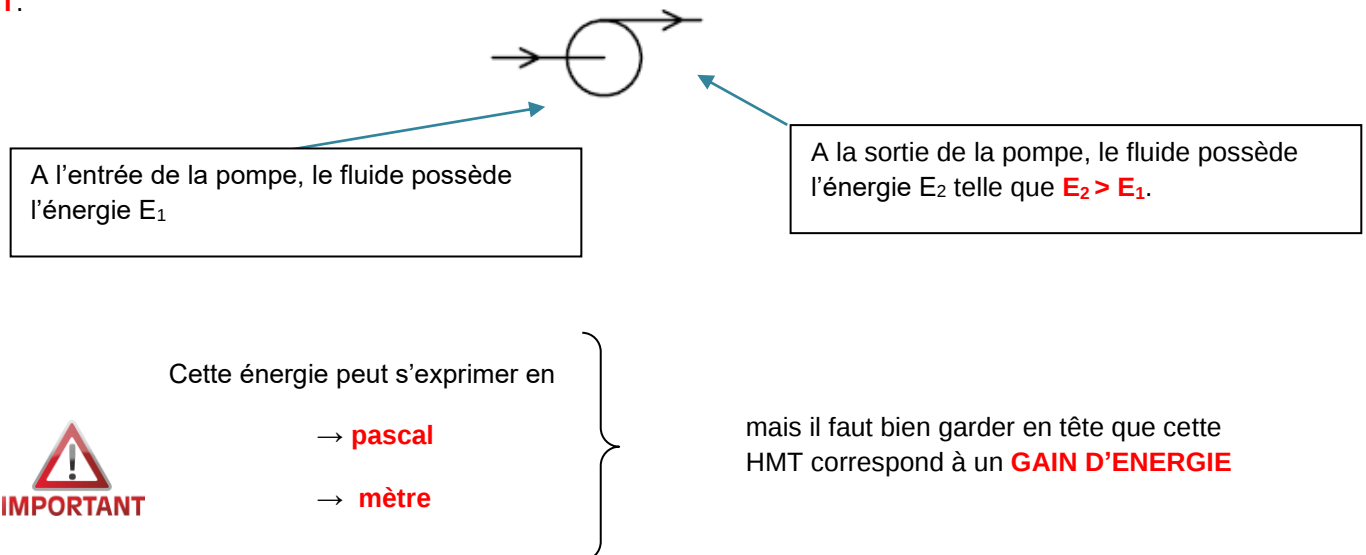
Une pompe centrifuge a pour vocation de pomper un fluide d'un point A, nommé aspiration (bac d'aspiration par exemple), à un point B, nommé refoulement (colonne, autre...).

La **HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE HMT** d'une pompe requise pour un circuit hydraulique donnée et pour un débit donné correspond à l'**ENERGIE** (exprimée en mètre de colonne de liquide) apportée par la pompe pour :

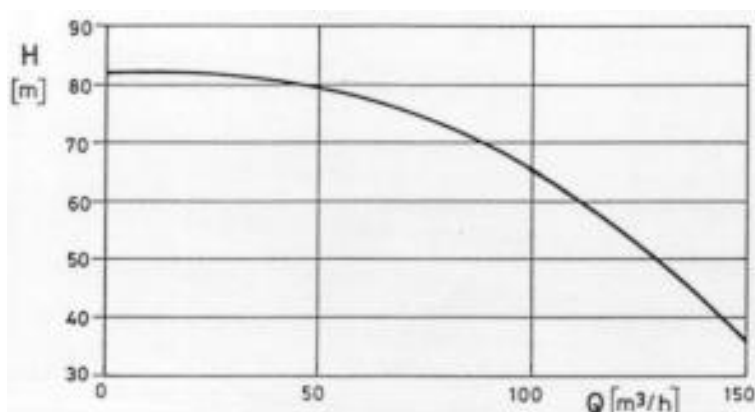
- mettre en mouvement le fluide entre les points A et B
- vaincre une différence de pression entre 2 points d'un circuit hydraulique
- élever un fluide entre deux points A et B
- vaincre des pertes de charge (pertes d'énergie) entre 2 points A et B



Entre l'entrée et la sortie de la pompe, le fluide **GAGNE** donc de l'énergie, que les constructeurs de pompes appellent **HMT**.



La courbe de HMT en fonction du débit est généralement donnée par le constructeur :



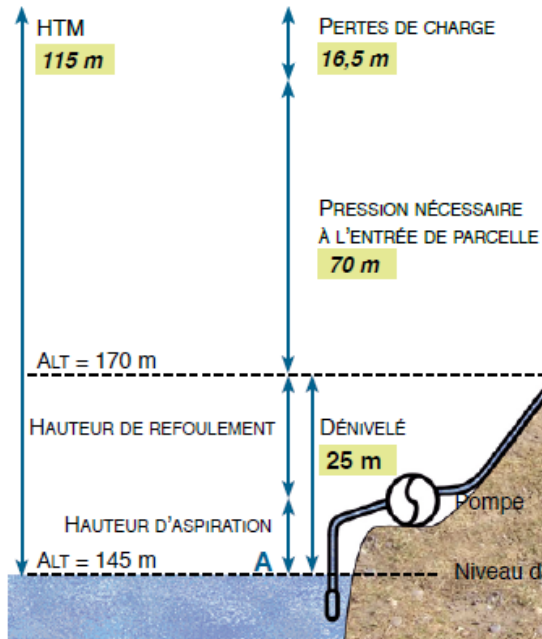
EXEMPLE

EXEMPLE :

On pompe dans une rivière située à 145 m d'altitude et on arrose un plateau situé à 170 m d'altitude soit un **dénivelé** de 25 m.

Pour évaluer les pertes de charge dues aux conduites et aux éléments : **consulter la fiche Eau Fertile « Conduites et Pertes de charge »**.

Pour cet exemple, on considère que les **pertes de charge** ont été estimées à **16,5 m**.



1 Bar correspond à la pression d'une colonne d'eau de 10 m

A l'extrémité de la parcelle, on arrose avec un enrouleur ø 82 avec un débit de 43 m³/h. Il demande 7 bar soit 70 m.

Besoin en pression à la parcelle selon les équipements

	Pression
enrouleur ø 82	5-7 bar
asperseur	4-5 bar
goutte à goutte	2-3 bar

HMT avec enrouleur = 25 + 70 + 16,5 = 111,5 m que l'on arrondit à 115 m soit 11,5 bar

IV- La NET POSITIVE SUCTION HEAD (NPSH)

1 Le phénomène de CAVITATION

L'aspiration du liquide dans le corps de la pompe est due à une **DEPRESSION** du fluide.



Si la pression du fluide devient **INFÉRIEURE** à sa pression de **VAPEUR SATURANTE**, une partie du fluide se **VAPORISE** ce qui empêche la poursuite de l'aspiration du fluide.

PROBLEME

Dans ce cas, de très petites **BULLES DE VAPEUR** apparaissent dans la pompe et sont projetées à grande vitesse sur les aubes des roues de la pompe centrifuge où elles éclatent violemment en se condensant lorsque la pression augmente de nouveau.

C'est le phénomène de **CAVITATION**

CONSEQUENCES

- Destruction des garnitures d'étanchéité de la pompe
- Arrachement de matière dans les zones d'implosion
- Chute des performances de la pompe (HMT, rendement)
- Bruit anormal



<https://www.youtube.com/watch?v=RR6J-yOyT48>

2 La NET POSITIVE SUCTION HEAD (NPSH)

La cavitation peut être **PREVUE** et **EVITEE**

Pour cela il faut

→ faire le calcul du **NPSH disponible** à l'aspiration de la pompe

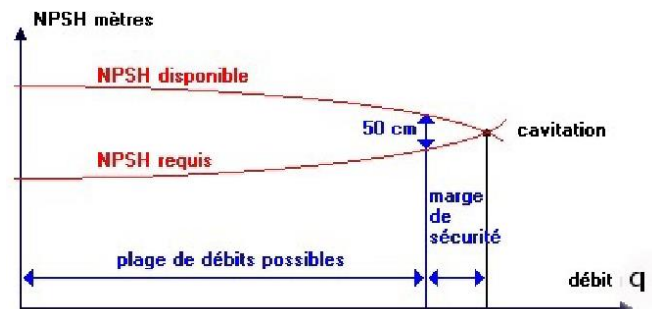
→ le comparer avec le **NPSH requis** par la pompe (mentionné par le constructeur).

La cavitation apparaît pour **NPSH_{dispo} = NPSH_{requis}**

- Pour qu'une pompe fonctionne sans cavitation, il faut que le NPSH disponible (à calculer en fonction des données expérimentales) soit **SUPERIEUR** au NPSH_{requis} (indiqué par le constructeur).
- NPSH_{requis} représente le supplément minimal de pression pour que la pression du fluide ne soit pas inférieure à sa pression de vapeur saturante.

Pour éviter la cavitation :

- éviter de transporter des fluides à des températures trop élevées
- diminuer au maximum les pertes de charge du circuit d'aspiration (« avant » la pompe)
- éviter une alimentation du fluide à partir d'un réservoir sous pression réduite



V- PUISSANCE délivrée par une POMPE et RENDEMENT de la pompe

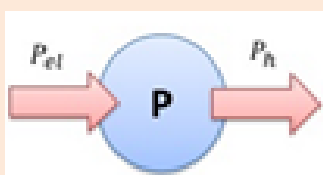
- La puissance délivrée par une pompe, appelée aussi **PUISSANCE UTILE** ou **PUISSANCE HYDRAULIQUE** est définie par :

$$P_{\text{utile}} = P_{\text{hydraulique}} = \rho \times g \times Q_v \times \text{HMT}$$

$$\Delta P_{\text{pompe}} = Q_v \times \text{HMT}$$

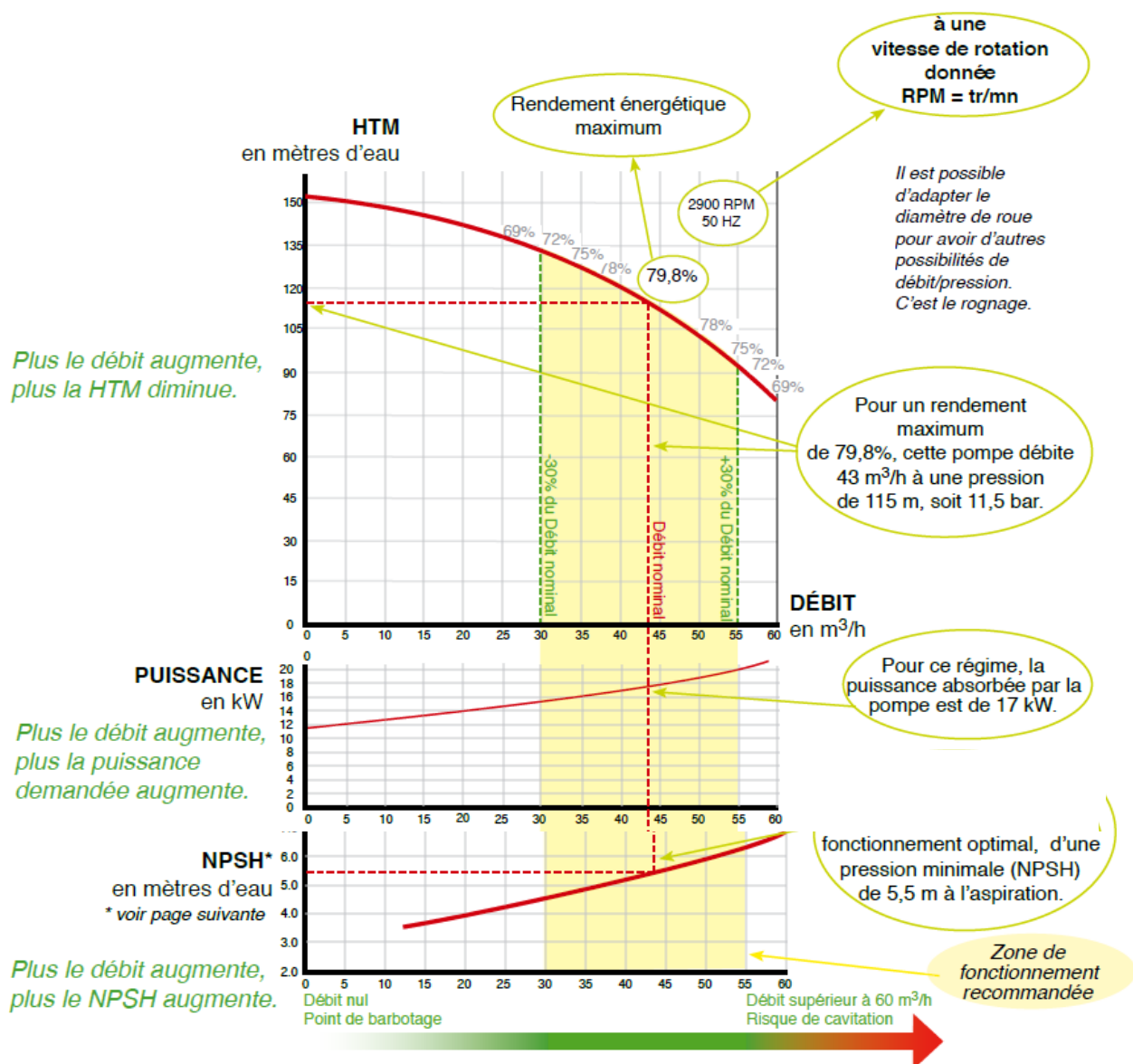
$P_{\text{utile}} = P_{\text{hydraulique}}$	ρ	g	Q_v	HMT	ΔP_{pompe}
Puissance	Masse volumique	Intensité de pesanteur	Débit volumique	Hauteur manométrique totale	Energie apportée par la pompe
Watt W	kg.m ⁻³	N.kg ⁻¹	m ³ .s ⁻¹	m CE	Pa

- Le rendement d'une pompe est défini par :

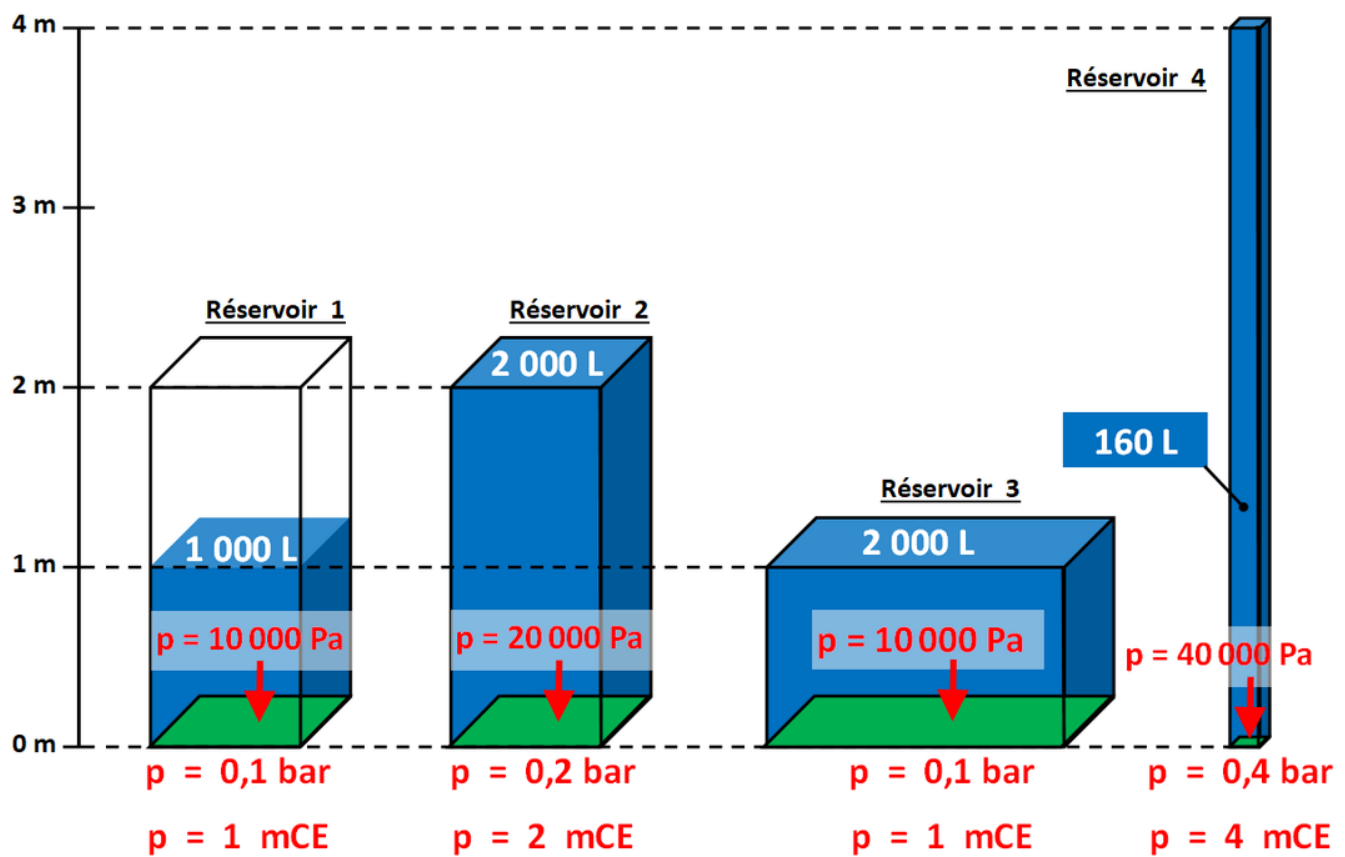
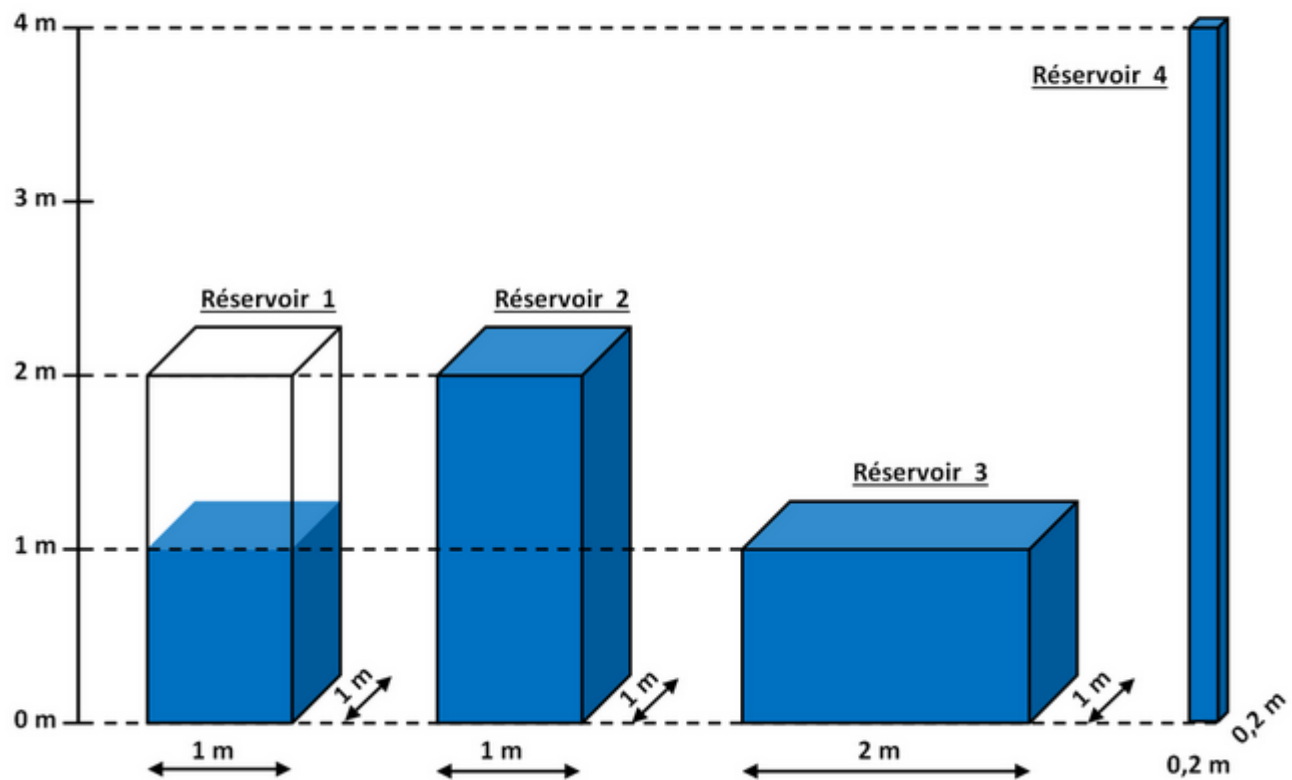


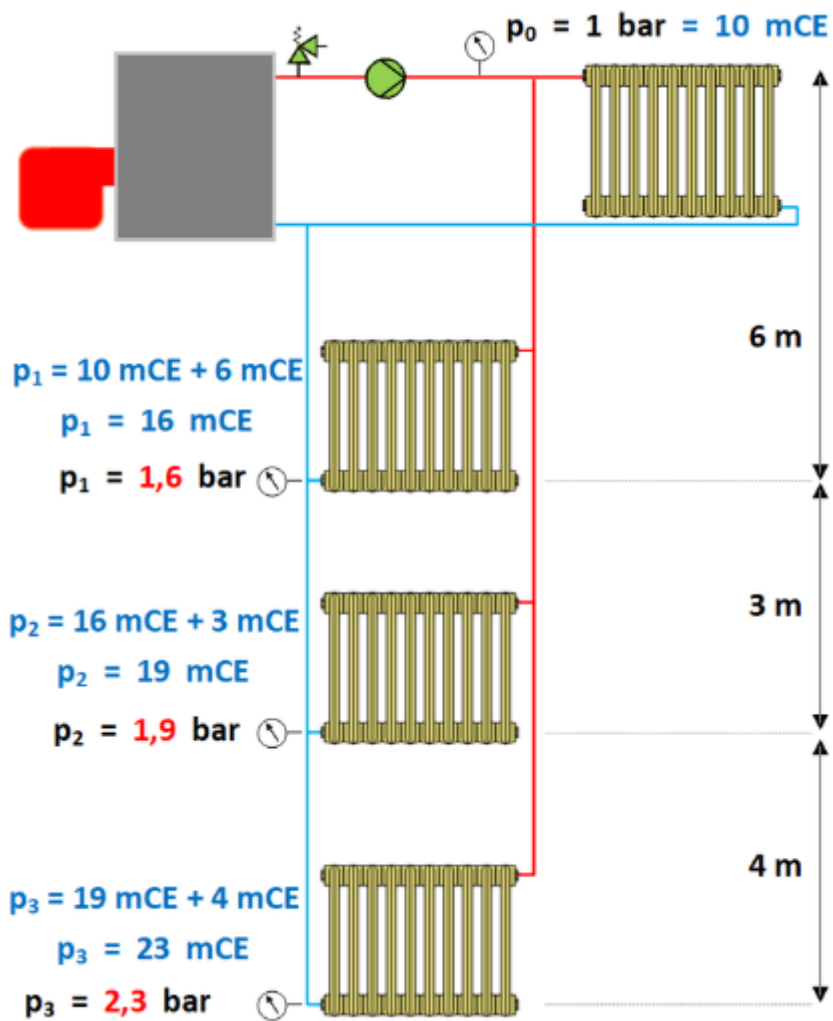
$$\text{rendement} = \frac{\text{puissance utile fournie par la pompe}}{\text{puissance électrique absorbée par la pompe}} \times 100$$

VI- EXEMPLE de courbes données-constructeurs



EXERCICE 1 : Calculons la pression exercée par l'eau au fond de chaque réservoir





CUVE FIOUL :

$$p_1 = 0,5 \text{ bar} = 50\,000 \text{ Pa}$$

$$p_2 = 1,5 \text{ bar} = 150\,000 \text{ Pa}$$

$$p_2 - p_1 = -\rho \times g \times (h_2 - h_1)$$

$$\text{donc } (h_2 - h_1) = (p_2 - p_1) \div (-\rho \times g)$$

$$h_2 - h_1 = (150\,000 - 50\,000) \div (-840 \times 10)$$

$$h_2 - h_1 = -11,90 \text{ m}$$

$$h_1 - h_2 = 11,9 \text{ mètres}$$



CUVE EAU :

$$p_1 = 0,5 \text{ bar} = 50\,000 \text{ Pa}$$

$$p_2 = 1,5 \text{ bars} = 150\,000 \text{ Pa}$$

$$p_2 - p_1 = - \rho \times g \times (h_2 - h_1)$$

$$\text{donc } (h_2 - h_1) = (p_2 - p_1) \div (- \rho \times g)$$

$$h_2 - h_1 = (150\,000 - 50\,000) \div (- 1\,000 \times 10)$$

$$h_2 - h_1 = - 10 \text{ m}$$

$$h_1 - h_2 = 10 \text{ mètres}$$

