



HAL
open science

Les stations de pompage individuelles pour l'irrigation

L. Rieul, D. Baudequin

► **To cite this version:**

L. Rieul, D. Baudequin. Les stations de pompage individuelles pour l'irrigation. Cemagref Editions, pp.102, 1996, 2-85362-433-1. hal-02576860

HAL Id: hal-02576860

<https://hal.inrae.fr/hal-02576860>

Submitted on 24 May 2023

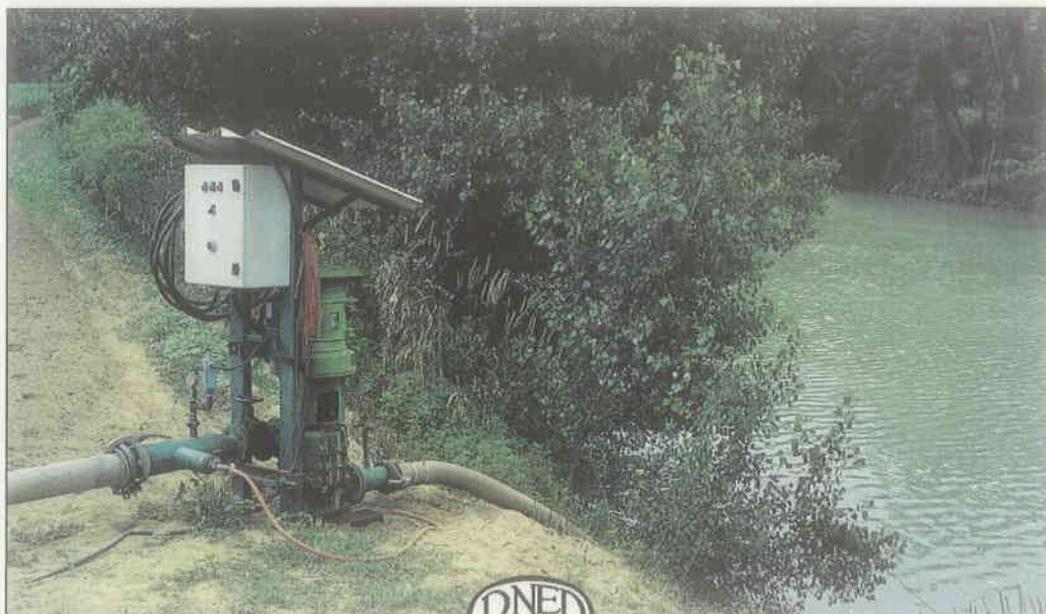
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

PUB 0000 3658

CEMAGREF
Documentation
Clermont Fd - RIOM

Les stations de pompage individuelles pour l'irrigation



Cemagref
EDITIONS

EMA EEE 26

Les stations de pompage individuelles pour l'irrigation

Ce document a été élaboré par un groupe de travail du secteur hydraulique agricole du RNED composé de : L. RIEUL **délégué du secteur**, D. BAUDEQUIN **animateur** assisté de : B. OULD SALEK (Cemagref), J. BASSEZ (BCMA), J. BOUSSAGUET (CDA Haute-Garonne), M. CHAIX (KSB), D. COLIN (CDA Deux-Sèvres), M. CRESPO (LEROY-SOMER), P. DELCROS (CDA Landes), G. DESCAUSES (SICA DURET), J. DUBALEN (BCMA), G. DUVAL (Groupe coopératif occitan), J.-P. LEMERY (PEME-GOURDIN), M. LESBATS (CACG), J.-P. LUC (ENSAAM), M. MONJOINT (KSB), M. MOREAU (AFCP), J. PRIM (CDA Lot-et-Garonne), M. VOVARD (INGERSOLL DRESSER POMPES).

Les photos ou schémas identifiés "*membres de l'AFCP*" proviennent notamment des constructeurs suivants : GRUNDFOS, INGERSOLL DRESSER POMPES, KSB SA et PEME-GOURDIN.

La rédaction définitive a été assurée par : H. VEDIE sous la direction de J.-P. LUC (ENSAAM).

(Voir les adresses des organismes p. 4)

Les stations de pompage individuelles pour l'irrigation - Réseau national expérimentation, démonstration, secteur Hydraulique agricole - Photo de couverture : "Station de pompage individuelle pour l'irrigation" B. Molle, juin 1996- Coordination de l'édition : J. Baudel - Maquette de couverture et mise en page : L. Gabon et G. Suluja ; Infographie : F. Peyriguer, Cemagref-Dicova - Impression et façonnage : Louis-Jean, avenue d'Embrun, 05003 Gap Cedex. ISBN : 2-85362-433-1. Dépôt légal : 2^e trimestre 1996

Coordonnées des organismes et sociétés ayant participé à ce document

AFCP - Association française des constructeurs de pompes

92038 Paris La Défense Cedex. Tél. (1) 47 17 62 84 - Fax (1) 47 17 63 00.

BCMA - Bureau de coordination du machinisme agricole

22 avenue Janvier, 35100 Rennes. Tél. 99 29 58 51 - Fax 99 31 15 09.

CACG - Compagnie d'aménagement des côteaux de Gascogne

BP 215, 65001 Tarbes. Tél. 62 51 71 49 - Fax 62 51 71 30.

Cemagref - Institut de recherche pour l'ingénierie de l'agriculture et de l'environnement

BP 31, 13612 Aix-en-Provence Cedex 1. Tél. 42 66 99 10 - Fax 42 66 88 65.

CDA - Chambre départementale d'agriculture

• des Deux-Sèvres

Les Ruralies, BP 24, 79230 Vouillé. Tél. 49 77 15 15 - Fax 49 75 69 89.

• de Haute-Garonne

61 Allée de Brienne, 31069 Toulouse Cedex. Tél. 61 10 42 50 - Fax 61 23 45 98.

• des Landes

BP 179, 40005 Mont-de-Marsan. Tél. 58 75 15 62 - Fax 58 05 93 22.

• du Lot-et-Garonne

BP 349, 47003 Agen. Tél. 53 96 44 99 - Fax 53 68 04 70.

Groupe coopératif occitan

BP 40, 11400 Castelnaudary. Tél. 68 94 44 22 - Fax 68 94 00 00.

INGERSOLL DRESSER POMPES

Route d'Angers, 72150 Arnage, BP 305, 72007 Le Mans Cedex.

Tél. 43 40 57 57 - Fax 43 40 57 10.

ENSAAM - Ecole nationale supérieure agronomique de Montpellier

Place Viala, 34060 Montpellier Cedex 1. Tél. 67 61 23 34 - Fax 67 61 24 36.

PEME

51, rue de la Libération, BP 6, Gonneheim; 62920 Chocques.

Tél. 21 61 44 00 - Fax 21 01 08 80.

KSB - SA

BP 189, 36004 Châteauroux. Tél. 54 53 25 82 - Fax 54 53 24 90.

LEROY-SOMER

16210 Mansle Saint Groux. Tél. 45 38 56 56 - Fax 45 38 56 04.

SICA Duret

BP 30, 28150 Voves - Tél. 37 99 00 02 - Fax 37 99 28 01

Sommaire

Notions essentielles d'hydraulique	9
Débit Q (en m ³ /h)	9
Pression : P	10
Pertes de charge : J (en mce)	10
Hauteur totale HT (en mce)	11
NPSH : Net Positive Suction Head (en mce)	13
Puissance hydraulique : Ph (en kW)	14
Rendement : η (sans dimension)	15
Cavitation	15
Coups de bélier	16
Débit d'équipement nécessaire	17
Méthode d'estimation du débit horaire nécessaire	18
Pression minimale à l'entrée de la parcelle	23
Cas d'une installation d'irrigation avec enrouleur	23
Cas d'une installation avec pivot	26
Cas de la couverture intégrale en petits arroseurs	28
Calcul de la hauteur totale délivrée par la station de pompage	30
La prise d'eau	33
Bien aménager sa prise d'eau	33
Types d'aménagement	35
Emplacement de la pompe par rapport à la prise d'eau	38
Les pompes centrifuges	41
Technologie des pompes centrifuges	41
Caractéristiques des pompes	48
Adaptation d'une pompe à des conditions de fonctionnement données	52
Couplage des pompes	53
Le moteur électrique	59
Puissance du moteur	59
Appel de courant	60
Alimentation du moteur	60
Dispositifs de démarrage	62
Protection individuelle du moteur	64

Régulation et automatismes	65
Capteurs	65
Systèmes d'arrêt automatique d'une pompe	66
Vanne de régulation : une régulation simple pour les petites stations	67
Autres moyens de régulation pour des stations plus importantes	68
Montages hydrauliques	71
Installation de la tuyauterie d'aspiration	71
Installation de la tuyauterie de refoulement	73
Protection de l'installation contre les accidents hydrauliques	75
Montage du groupe de pompage	77
Mise en place des groupes de surface	77
Montage des tuyauteries	78
Mise en place des groupes immergés	80
Local de pompage	82
Recommandations	83
Alimentation et commande des groupes électriques	85
Tarification EDF	85
Armoire de commande	86
Attestation de conformité de l'installation	88
Réception et mise en route	89
Contrôles visuels et vérification des montages mécaniques	89
Vérifications électriques avant mise en route	89
Mise en route	90
Recommandations	91
Exploitation et entretien	93
Entretien électrique	93
Entretien hydraulique	94
Procédures à suivre en cas d'incidents de marche	96
Recommandations	97
Annexes	99
Annexe 1 : Détermination des pertes de charge	101
Annexe 2 : Fiches d'examen de l'installation électrique	103

Directive européenne relative aux machines

Application aux stations de pompage individuelles pour l'irrigation

Les exigences de l'union européenne relatives aux machines s'appliquent aux stations de pompage pour l'irrigation

- Directives européennes relatives aux machines

directive n° 89/392/CEE
modifiée par la 91/368/CEE
et par la 93/44/CEE et 93/68/CEE

Plusieurs normes prises en application des directives sont publiées ou en cours de publication.

- Normes applicables (1996)

NF EN 292.1 Sécurité des machines -«Notions fondamentales, principes généraux de conception.
Partie 1 : Terminologie de base, méthodologie.

NF EN 292.2 Sécurité des machines - Notions fondamentales, principes généraux de conception.
Partie 2 : Principes techniques et spécifications.

NF EN 294 Sécurité des machines - Distances de sécurité pour empêcher l'atteinte des zones dangereuses par les membres supérieurs.

Pr EN 809 Sécurité des Pompes.

Notions essentielles d'hydraulique

Une station de pompage pour l'irrigation est constituée d'une ou plusieurs pompes qui aspirent des volumes d'eau et les refoulent sous une certaine pression dans les canalisations du réseau. Ce chapitre définit les principaux paramètres utilisés par la suite.

Débit : Q (en m³/h)

Le débit fourni par une pompe (ou une station de pompage) est le volume d'eau qu'elle refoule par unité de temps.

Il s'exprime en litres par seconde (l/s) ou, plus pratiquement, en mètres cubes par heure (m³/h).

$$1 \text{ l/s} = 3,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Le débit Q est fonction de la vitesse moyenne d'écoulement du liquide V et du diamètre D de la canalisation :

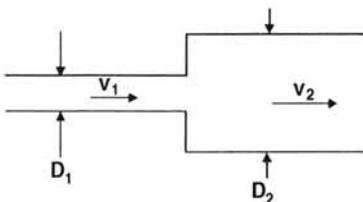
$$Q = V \frac{\pi D^2}{4}, \text{ avec } Q \text{ en m}^3/\text{s}, V \text{ en m/s}, D \text{ en m.}$$

En pratique, on prendra :

$$Q = V \times D^2 / 353,7 \text{ avec } Q \text{ en m}^3/\text{h}, V \text{ en m/s et } D \text{ en mm ou}$$

$$Q = V \times D^2 / 1273 \text{ avec } Q \text{ en l/s}, V \text{ en m/s et } D \text{ en mm}$$

Pour les fluides incompressibles, en particulier pour l'eau, le débit est constant tout le long de la conduite quel que soit son diamètre. La vitesse de l'eau varie en fonction du diamètre.



$$Q = V_1 \frac{\pi D_1^2}{4} = V_2 \frac{\pi D_2^2}{4}$$

$$\text{si } D_1 < D_2 \text{ alors } V_1 > V_2$$

Fig 1 : Changements de diamètre et de vitesse sur une canalisation

Pression : P (en Pascal, bar ou mètre de colonne d'eau)

La pression d'un liquide représente l'énergie potentielle par unité de volume de liquide. C'est une force par unité de surface : $P = \frac{\text{Force}}{\text{Surface}}$

Elle s'exprime en Pascal (Pa) ou en bar :

$$\begin{aligned} 1 \text{ Pa} &= 1 \text{ Newton par mètre carré (N/m}^2\text{)}, \\ 1 \text{ bar} &= 100\,000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MPa}. \end{aligned}$$

En hydraulique, la pression s'exprime en mètres de hauteur de liquide ; on parle de hauteur manométrique H.

$$H = \frac{P \times 10,2}{d}$$

avec : H en mètres de colonne liquide, P en bars ; d est la densité du liquide ; pour l'eau d = 1.

En irrigation, le liquide sera de l'eau froide ($T < 25^\circ\text{C}$) ; on a donc $H = 10,2 P$. A une pression de 1 bar correspond une hauteur manométrique de 10,2 m de colonne d'eau (mce)

La pression atmosphérique ou barométrique P_b au niveau de la mer est :

$$P_b = 10,33 \text{ mce} = 76 \text{ cm Hg} = 1,013 \text{ bar}.$$

Elle varie avec l'altitude et les conditions atmosphériques.

Pression relative :

Sur un manomètre, on lit la pression relative P, au-dessus de la pression atmosphérique (positive) :

$$P_{\text{relative}} = P_{\text{absolue}} - P_{\text{atmosphérique}}.$$

Sur un vacuomètre, on lit la pression relative P, en-dessous de la pression atmosphérique (négative).

Dans tout le document, le terme "pression" est utilisé pour "pression relative au-dessus de la pression atmosphérique", sauf pour le NPSH. Le liquide étant de l'eau d'irrigation, les unités seront en mètres de colonne d'eau.

Pertes de charge : J (en mce)

Les pertes de charge sont des pertes d'énergie par frottement, changement de direction et variation de vitesse de la veine liquide à l'intérieur de la tuyauterie et des accessoires. Elles s'expriment **en mètres de colonne d'eau** et varient sensiblement comme le carré de la vitesse d'écoulement (V^2).

En pratique, on est en régime turbulent (on a un nombre de Reynolds $\frac{VD}{\nu} > 2000$ où $\nu = 1,15 \cdot 10^{-6}$ est la viscosité cinématique pour de l'eau froide) ; ce qui permet d'évaluer les pertes de charge à l'aide des formules ci-après.

Pertes de charges linéaires : elles se produisent tout le long d'une canalisation. Elles se calculent avec la formule :

$$J = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

avec : L : longueur de canalisation en mètres,
g : accélération de la pesanteur en m/s^2 ($g = 9,81$),
 λ : coefficient qui dépend de la rugosité des parois,
de la viscosité du liquide et de l'écoulement.

Ces pertes sont données en mètres de perte de charge par mètre de canalisation dans des tableaux ou abaques prenant en compte les matériaux, le diamètre et le débit (Un exemple pour les tubes en aluminium et en PVC est donné en annexe 1).

Pertes de charge singulières : elles se produisent dans les singularités (tés, coudes, vannes, élargissement ou rétrécissement de tuyauterie, etc.).

$$J = k \frac{V^2}{2g}$$

k : coefficient caractéristique de la singularité.

Ces pertes de charge sont données par le constructeur et exprimées soit :

- **directement en mètres** de colonne d'eau en fonction du débit et de la singularité (nature, diamètre) ;

Exemple : pour un clapet droit de diamètre $D = 100$ mm et pour un débit $Q = 40$ m^3/s , on a $J = 0,21$ m (cf annexe 1) ;

- **en longueur équivalente de tuyauterie** de même diamètre,

Exemple : Un coude à 90° à visser sur une tuyauterie de D = 100 mm est équivalent à 4 m de tuyauterie en 100 mm : il produit la même perte de charge ;

- par le **coefficient k** caractéristique de la singularité,

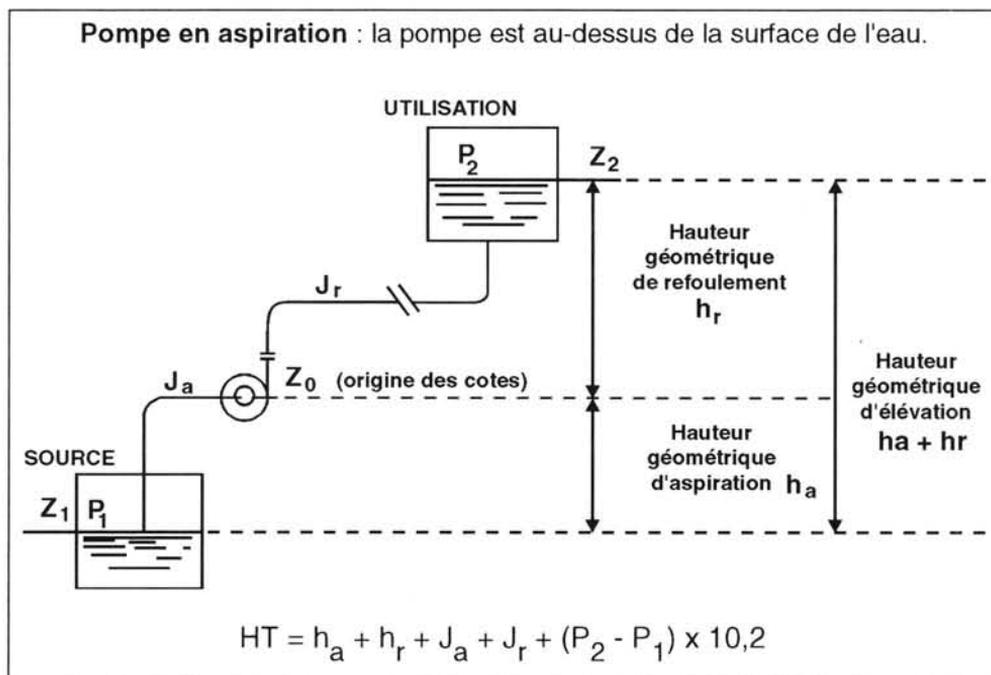
Exemple : pour un té, $k = 2$.

Hauteur totale : HT (en mce)

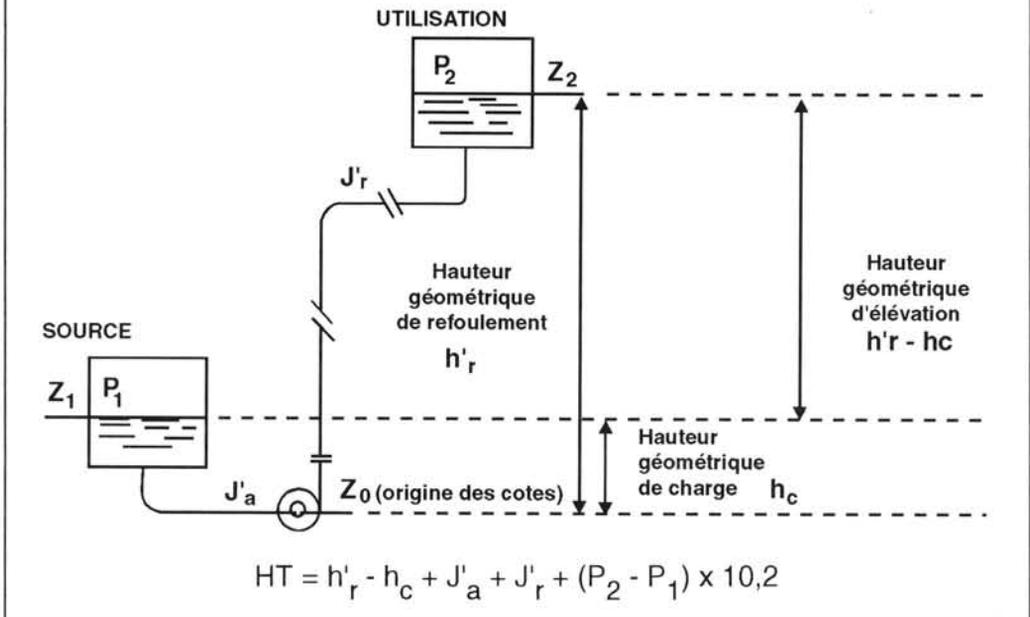
(appelée autrefois Hauteur Energétique Totale ou Hauteur Manométrique Totale).

C'est l'énergie totale que la pompe doit communiquer à l'eau pour la déplacer dans l'installation et la livrer au point d'utilisation sous la pression voulue.

Elle s'évalue **en mètres de colonne d'eau** et est égale à la somme des hauteurs géométriques d'aspiration et de refoulement, des pertes de charge dans les conduites, et des pressions dans les bassins d'alimentation et de refoulement converties en mètres d'eau.



Pompe en charge : la pompe est en-dessous de la surface de l'eau.



Remarques :

- La valeur de P_1 est nulle si on pompe dans un bassin d'alimentation à surface libre (soumise à la pression atmosphérique P_b). Elle ne l'est pas en cas de pompage dans un réservoir ou une canalisation sous pression.
- P_2 est la pression nécessaire au point de livraison de l'eau, ou la pression d'un réservoir sous pression, ou la pression nécessaire au fonctionnement d'un appareil. La valeur de P_2 peut être nulle lorsque l'eau est livrée à l'air libre (bassin ou canal d'irrigation).

NPSH : Net Positive Suction Head (en mce)

Le NPSH est la pression absolue (à l'entrée de la roue, à la bride d'aspiration pour les pompes horizontales de surface), diminuée de la hauteur correspondant à la tension de vapeur du liquide à la température considérée.

Le NPSH disponible (NPSHd) dépend de l'installation. Il est calculé en fonction de la pression dans le bassin d'alimentation, de la pression atmosphérique P_b , de la tension de vapeur P_v du liquide pompé, de la hauteur d'aspiration et des pertes de charge à l'aspiration. Il s'exprime en mètres de colonne d'eau.

Pompe en aspiration : $NPSHd = (P_1 + P_b) \times 10,2 - h_a - J_a - 10,2 P_v$

Pompe en charge : $NPSHd = (P_1 + P_b) \times 10,2 + h_c - J'_a - 10,2 P_v$

Nota : P_v , tension de vapeur, est la pression en-dessous de laquelle le liquide passe en phase gazeuse. Elle varie avec la température.

On prend $10,2 P_v = 0,33$ mce pour de l'eau froide ($T^\circ \leq 25^\circ C$) et à une altitude inférieure à 300 m ($10,2 P_b = 10,33$ mce soit, pour une pompe en aspiration dans un bassin à surface libre ($P_1 = 0$) : $NPSHd = 10 - h_a - J_a$.

Le NPSH requis (NPSHr), mesuré par le constructeur, est spécifié en fonction du débit fourni par la pompe considérée.

Attention : le NPSH disponible doit toujours être supérieur au NPSH requis d'au moins 1 mètre pour éviter tout risque de cavitation.

Vérifier que $NPSH d \geq NPSH r + 1$ pour le débit maximal envisagé (voir page 55) car, si le débit augmente, les NPSH changent :

- NPSHd diminue (car J_a augmente),
- NPSHr augmente [voir courbe $NPSHr = f(Q)$].

Pour de l'eau froide ($T^\circ \leq 25^\circ C$) à la pression atmosphérique normale (altitude inférieure à 300 m), la hauteur géométrique maximale d'aspiration est : $H_{a,max.} = 10 - NPSHd - J_a$ au début de cavitation.

Calcul pratique : $H_{a,max.} = 10 - NPSHr - J_a - 1$.

Puissance hydraulique : Ph (en kW)

Elle correspond au travail à effectuer pour élever, par unité de temps, un volume de liquide de masse volumique ρ à la hauteur H .

$$Ph = Q.H.\rho.g$$

avec : Ph en kilowatts, Q en m^3/s , g en m/s^2

On a : $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ pour l'eau et $g = 9.81 \text{ m/s}^2$

En pratique, P_h s'exprime en kilowatts à l'aide de la formule suivante :

$$P_h = \frac{Q \cdot H \cdot d}{367}$$

avec : P_h en kW, Q en m^3/h , H en m, d étant la densité par rapport à l'eau.

Nota : La puissance s'exprime également en chevaux :

$$P_{h_{cv}} = \frac{P_{h_{kW}}}{0,736} = \frac{Q \cdot H \cdot d}{270}$$

Rendement : η (sans dimension)

Le rendement η de la pompe est le rapport entre la puissance hydraulique et la puissance mécanique fournie par le moteur à l'arbre de la pompe.

$$\eta = \frac{P_{\text{hydraulique}}}{P_{\text{mécanique}}}$$

Le rendement est fourni par le constructeur de la pompe en fonction du débit.

Nota : Le constructeur doit fournir les courbes

$$H = f(Q), \text{ NPSHr} = f(Q) \text{ et } \eta = f(Q).$$

Cavitation

Elle apparaît lorsque $\text{NPSHd} \leq \text{NPSHr}$ (hauteur d'aspiration ou pertes de charge trop importantes). La pression dans l'entrée de la roue atteint alors la pression correspondant à la tension de vapeur : l'eau bout et passe en phase gazeuse, la pompe décroche. Des cavités remplies de vapeur se forment dans la veine liquide et obstruent partiellement l'entrée de la roue. Elles s'écrasent en aval sous des pressions très importantes. Cet écrasement s'accompagne d'un bruit de martèlement et de vibrations, comme si la pompe véhiculait des cailloux : c'est le phénomène de cavitation.

Ce phénomène provoque l'usure rapide, voire très rapide, des éléments de la pompe par érosion de cavitation (perçement de la roue et destruction des éléments mécaniques).

Coups de bélier

Ce phénomène transitoire est dû à des changements rapides de vitesse de circulation de l'eau. Il est à l'origine de surpressions ou dépressions qui peuvent entraîner la rupture et l'écrasement de canalisations.

Origines

- arrêt ou démarrage brutal du groupe de pompage,
- ouverture ou fermeture brutale d'une vanne ou d'une borne,
- mauvaise utilisation ou dysfonctionnement des protections,
- présence de poches d'air dans les canalisations.

Remèdes

On cherchera à limiter l'importance d'un coup de bélier et de ses conséquences :

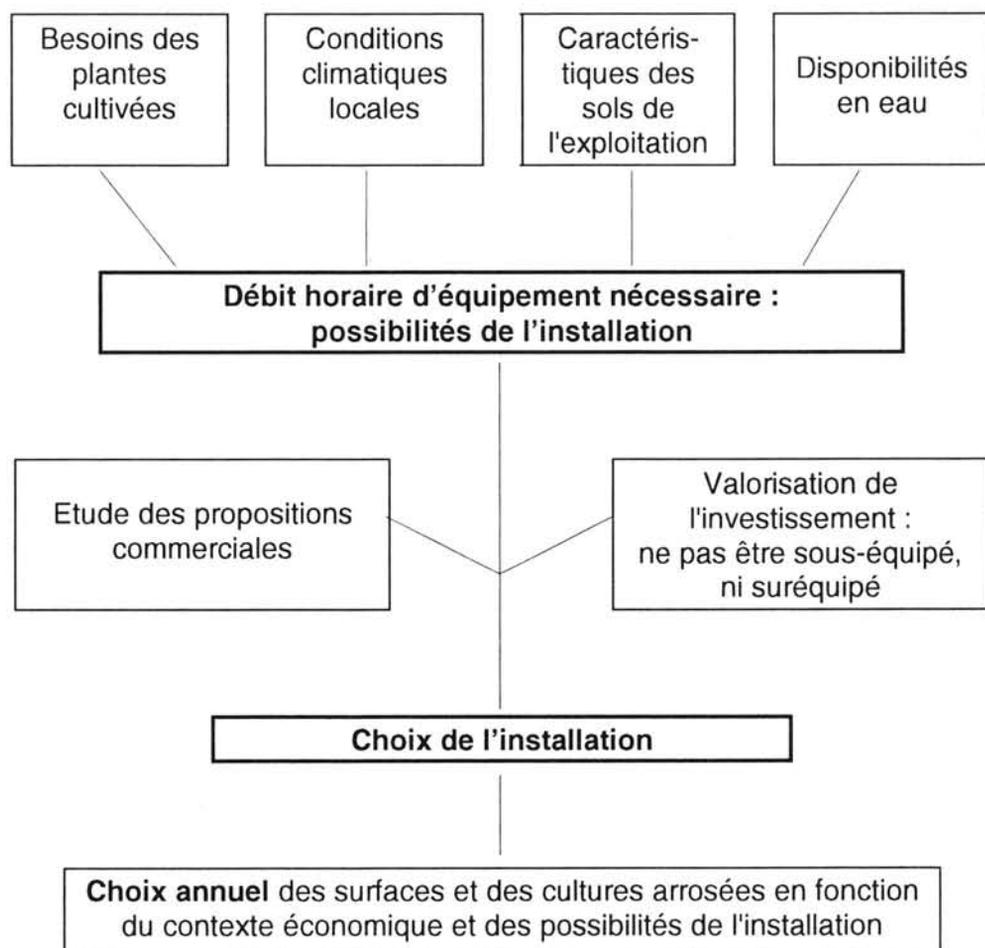
- ralentir les variations de vitesse du liquide (mise en route et arrêts progressifs de l'installation ; ouverture et fermeture lente des vannes),
- limiter les surpressions et les dépressions à l'aide d'accessoires : ventouses, soupapes, ballons, etc.

*La rédaction de ce chapitre a été assurée par:
J. Bassez (BCMA), D. Baudequin (Cemagref),
J.-P. Luc (ENSAAM), J. Vovard (IDP)*

Débit d'équipement nécessaire

Le débit d'équipement détermine les conditions d'utilisation de l'installation. Un sous-équipement est une contrainte, mais un suréquipement coûte cher et peut conduire à surirriguer.

Il faut donc bien évaluer ses besoins avant de choisir son installation de pompage.



Méthode d'estimation du débit horaire nécessaire

L'installation d'irrigation doit permettre de satisfaire les besoins en eau pendant la période où la différence entre les **besoins des plantes** et les **apports naturels** est la plus élevée. Cette période est dite "**période de pointe**" et se situe, en général, au mois de juillet pour les cultures d'été.

Le débit nécessaire pour satisfaire les besoins des plantes se calcule de la façon suivante :

Débit horaire d'équipement nécessaire (m³/h) =	Consommation - Pluies - Contribution + Pertes des plantes (m³) (m³) du sol (m³) (m³)
	Temps effectif d'irrigation (h)

Rappels : 1 mm = 10 m³/ha = 1 l/m²

Si on dispose de données climatiques suffisantes, il existe des logiciels de calcul qui permettent de déterminer les besoins de la période de pointe pour la fréquence choisie. Celle-ci est souvent de huit années sur dix.

On peut évaluer approximativement les besoins avec la méthode suivante :

Consommation des plantes : *kETP*

L'**ETP** (évapotranspiration potentielle) est une caractéristique climatique locale dont la variation interannuelle est relativement faible : on pourra prendre pour le calcul sa valeur moyenne sur vingt ou trente ans disponible auprès de la météo.

k, coefficient cultural, dépend de la plante et de son stade végétatif. La période de pointe correspond, en général, à la période critique où la valeur de **k** est maximale.

Il est prudent de déterminer le débit d'équipement pour satisfaire les besoins des cultures les plus exigeantes sur l'exploitation.

Apports pluviaux

Les pluies retenues sont celles qui correspondent à la fréquence choisie. Celle-ci est, en général, de huit années sur dix.

Les apports peuvent varier sensiblement d'un lieu à un autre : il importe d'utiliser les données d'une station dont les caractéristiques climatiques sont semblables à celles de l'exploitation. Ce n'est pas toujours la station la plus proche !

Contribution du sol

On raisonne à partir de la réserve utile du sol (R.U.).

- **Sols à faible réserve** : en période de pointe, l'eau des sols à faible réserve est généralement épuisée : la contribution du sol est nulle.
- **Sols à bonne réserve** : les sols profonds qui ont une R.U. supérieure à la dose d'irrigation peuvent contribuer à un apport d'eau complémentaire à l'irrigation en période de pointe.

On peut estimer la contribution du sol pendant le mois de pointe de la manière suivante :

- . contribution nulle si R.U. < 50 mm,
- . contribution égale à 1/3 de R.U. si R.U. > 50 mm.

Pertes

Les pertes sont variables selon l'évaporation et le vent. On les estime en général à 10 % des apports.

Temps effectif d'irrigation

Pour le mois de pointe, on peut retenir des temps de l'ordre de :

- 400 à 500 heures pour l'**enrouleur**, selon le vent et le parcellaire ;
- 600 heures pour la **couverture intégrale** en petits arroseurs à commande manuelle et le **pivot déplaçable** ;
- 700 heures pour la couverture intégrale à commande automatique, le pivot non déplaçable et la micro-irrigation.

Attention : Le débit horaire peut être imposé lorsque les possibilités de la ressource sont limitées : débit disponible d'un forage, par exemple.

Dans ce cas, il convient d'adapter l'installation d'arrosage et la surface de la sole arrosée au débit disponible.

EXEMPLE : Calcul du débit horaire d'équipement nécessaire d'une installation d'arrosage par enrouleur destinée à arroser 12 ha de maïs, 4 ha de luzerne, 3 ha de tournesol et 3 ha de soja, soit 22 ha au total.

Détermination du mois de pointe

Périodes pendant lesquelles l'irrigation est nécessaire pour chaque culture pratiquée :

	Juin	Juillet	Août
Maïs	_____	_____	_____
Luzerne	_____	_____	_____
Tournesol	_____	_____	
Soja		_____	_____

→ **Juillet** est le mois de pointe

Consommation des plantes en juillet

ETP Penman :
130 mm

1 mm = 10 m³/ha

	k juillet	kETP (mm)	surface (ha)	consommation(m ³)
Maïs	1,15	150	12	18 000
Luzerne	1	130	4	5 200
Tournesol	0,9	117	3	3 510
Soja	1	130	3	3 900
			22	30 610

Pluies

Précipitations supérieures à 13 mm huit années sur dix, soit

$$130 \text{ m}^3/\text{ha} \times 22 \text{ ha} = 2\,860 \text{ m}^3$$

Contribution du sol

Sol assez profond à réserve moyenne R.U. = 90 mm.

$$\text{Contribution} = 1/3 \text{ de R.U.} = 30 \text{ mm, soit } 300 \text{ m}^3/\text{ha} \times 22 \text{ ha} = 6\,600 \text{ m}^3$$

Besoins en eau au mois de pointe

Consommation des plantes	30 610
Contribution du sol	- 6 600
Pluies	- 2 860
Apport nécessaire	21 150
Pertes (10 %)	+ 2 115
Besoins totaux	23 300 m³

Temps effectif d'irrigation

450 heures si le matériel envisagé est un enrouleur.

Débit horaire d'équipement nécessaire

$$Q = \frac{23\,300}{450} = 52 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Les besoins totaux de 23 300 m³ doivent être assurés en 450 heures.

Il faut donc une pompe débitant $\frac{23\,300}{450} = 52 \text{ m}^3/\text{h.}$

Vérification

Vérifier alors que la ressource en eau permet de disposer du débit horaire et du volume nécessaire annuellement. Si ce n'est pas le cas, reconsidérer le projet d'irrigation pour s'adapter aux disponibilités en eau.

*La rédaction de ce chapitre a été assurée par :
J. Dubalen (BCMA), J.-P. Luc (ENSAAM)*

Pression minimale à l'entrée de la parcelle

La pression minimale nécessaire pour alimenter correctement la parcelle dépend du matériel d'irrigation. Elle devra en particulier tenir compte du fait qu'il faut disposer d'une pression minimale à l'arroseur de :

- 5 à 6 bars pour des canons,
- 2,5 à 4 bars pour des petits arroseurs ou sprinklers,
- 1,5 à 2 bars pour des diffuseurs,
- 1 bar pour des goutteurs.

On calculera d'abord la pression minimale nécessaire en tête d'installation en fonction :

- de cette pression minimale à l'arroseur,
- des pertes de charge dans les différentes parties de l'installation, et
- du dénivelé entre la tête d'installation et le point le plus haut à desservir sur la parcelle.

On en déduira ensuite la hauteur totale de la station de pompage qui permettra d'assurer cette pression en tête d'installation.

Cas d'une installation d'irrigation avec enrouleur

L'enrouleur permet d'irriguer de 400 à 500 heures par mois, selon le vent et le parcellaire.

La pression minimale à fournir en tête d'installation est de :

$$P = P_1 + \frac{J_1}{10,2} + \frac{J_2}{10,2} + \frac{J_3}{10,2} + \frac{\Delta H}{10,2}$$

pression néces- saire en tête d'installation	pression néces- saire au canon	pertes de charge dans le tube polyéthylène	pertes de charge dans l'entraî- nement hydraulique de l'enrouleur	pertes de charge dans l'amenée	dénivelée sur l'installation
---	---	---	--	---	------------------------------------

avec : P et P1 en bars, J_1 , J_2 , J_3 et ΔH en mètres.

La division par 10,2 permet de convertir les mètres en bars (cf. "Notions essentielles d'hydraulique" page 9).

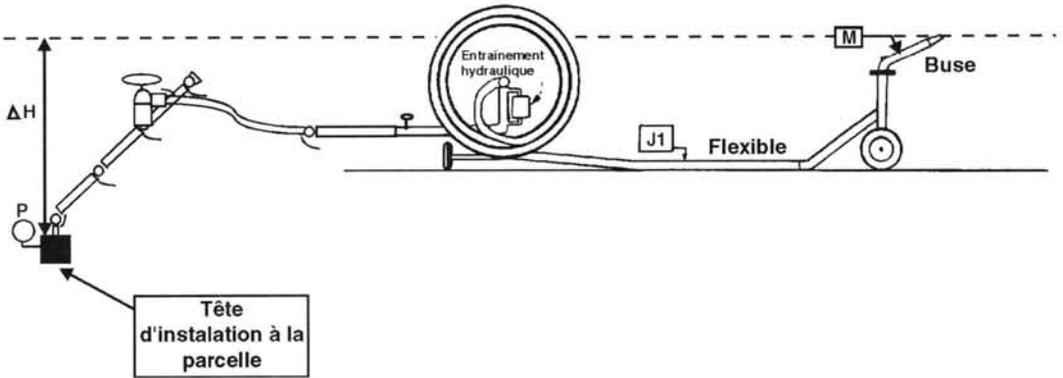
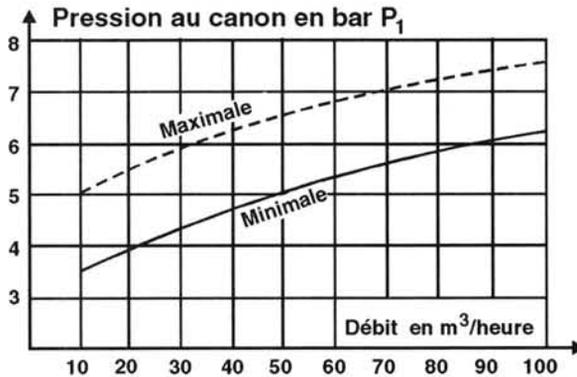


Fig 2 : Pression en tête d'installation d'irrigation avec enrouleur

Éléments pour le calcul de la pression P

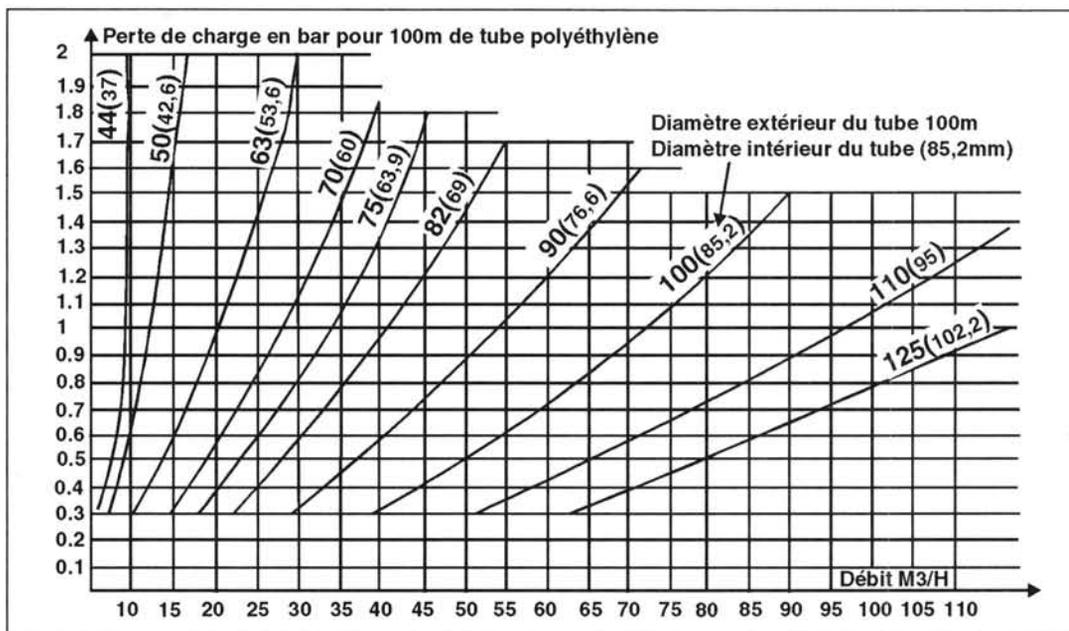
● Pression nécessaire au canon P1



(Source : RNED, Guide pratique irrigation)

Fig 3 : Pression d'eau nécessaire au canon en fonction du débit

● Perte de charge dans le flexible J_1



(Source : RNED, Guide pratique irrigation)

Fig 4 : Pertes de charge dans les tubes polyéthylène pour enrouleurs (tubes de la série 1)

● **Pertes de charge dans l'entraînement hydraulique J_2**

- Entraînement hydrostatique : vérin 0,5 bar
- Entraînement hydrodynamique : turbine 1 bar

● **Pertes de charge dans les conduites d'amenée J_3**

On les calculera en utilisant des abaques appropriés (voir par exemple l'annexe 1).

● **Dénivelée maximale entre la tête d'installation et le canon ΔH**

Note : on recherchera la position la plus défavorable du canon et de l'enrouleur sur la parcelle pour évaluer J_3 et ΔH .

Exemple :

Débit nécessaire	50 m ³ /h
Longueur de polyéthylène souhaitée	300 m

Pour un enrouleur équipé d'un tube polyéthylène de diamètre 100 mm et d'un entraînement par turbine, alimenté par 100 m de tube à raccord rapide aluminium 4" et avec une dénivelée maximale de 6 m sur l'installation :

Pression nécessaire au canon P ₁	5 bars
Pertes de charge dans le flexible J ₁	$0,5 \times \frac{300}{100} = 1,5 \text{ bar}$
Pertes de charge dans l'entraînement hydraulique J ₂	1 bar
(Pression nécessaire P ₂ à l'entrée de l'enrouleur)	(= 7,5 bars)
Perte de charge dans l'amenée (100 m en aluminium 4")	+ 0,4 bar
Dénivelée totale maximale 6 m	+ 0,6 bar
Pression nécessaire en tête d'installation	8,5 bars

Remarque : si, après calcul, la pression P nécessaire en tête d'installation apparaît trop élevée, il faudra essayer de modifier l'installation en diminuant les pertes de charge. On peut agir sur le choix du diamètre et de la longueur du tube polyéthylène, le choix de la buse du canon et du débit, le choix du diamètre de la canalisation d'amenée.

Cas d'une installation avec pivot

Le pivot permet d'irriguer de 600 à 700 heures par mois. Il est constitué par une canalisation de grande longueur, tournant autour d'un axe ou pivot par lequel se fait l'arrivée d'eau et d'électricité.

La pression minimale à l'entrée du pivot est de :

$$P = P_1 + \frac{J_1}{10,2} + \frac{\Delta H}{10,2}$$

pression
néces-
saire
à l'entrée
du pivot

pression
néces-
saire
au bout
du porte-
à-faux

pertes
de charge
dans le
pivot

hauteur
du
pivot
+
dénivelée

avec P, et P₁ en bars et J₁, ΔH en m.

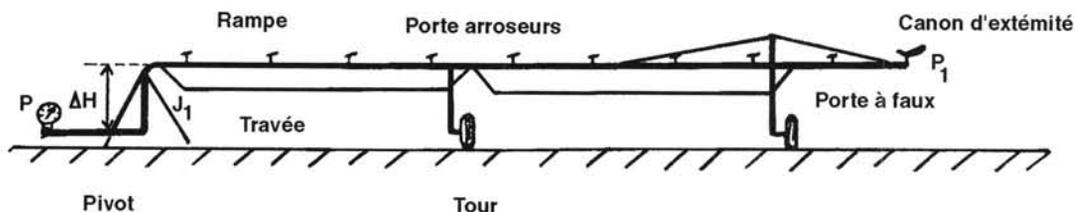


Fig 5 : Pressions et pertes de charge dans un pivot

Le "busage" de chaque pivot doit être programmé en fonction :

- du débit nécessaire au pivot,
- de la longueur du pivot,
- de la surface desservie,
- de la pression disponible en tête de pivot,
- de la pression résiduelle nécessaire au canon d'extrémité,
- de la hauteur du pivot et de la dénivelée sur la parcelle.

Exemple :

Soit un pivot équipé en diffuseurs (sprays) dont la rampe est surélevée de 3 mètres par rapport au sol ; la pression nécessaire au bout du porte-à-faux est de 2 bars.

Le tableau ci-dessous permet de calculer la pression nécessaire à l'entrée du pivot, suivant trois cas de débit d'équipement.

	Débit d'équipement, m ³ /h	Diamètre tube, mm	Pertes de charge pivot, J ₁ , m	Hauteur pivot, + dénivelée, ΔH, m	Pression en bout de porte-à-faux P1, bar	Pression à l'entrée du pivot, P, bar
Cas 1	109	141	12	3	2	3,5
Cas 2	164	168	10	3	2	3,3
Cas 3	190	168	12	3	2	3,5

Cas de la couverture intégrale en petits arroseurs

La couverture intégrale en petits arroseurs permet d'irriguer environ 600 heures par mois car c'est une installation fixe : pour une même surface arrosée, le débit horaire est donc moindre qu'avec une installation avec enrouleur.

Dans ce système, les arroseurs sont disposés le long de rampes (ou tertiaires), tous les arroseurs d'une même rampe fonctionnant en même temps.

Les rampes sont branchées à intervalles réguliers sur des porte-rampes (ou secondaires), eux-mêmes éventuellement alimentés par une conduite d'amenée (ou primaire).

La pression minimale à fournir en tête d'installation est de :

$$P = P_1 + \frac{J_1}{10,2} + \frac{J_2}{10,2} + \frac{J_3}{10,2} + \frac{\Delta H}{10,2}$$

pression nécessaire en tête d'installation	pression nécessaire à l'asperseur	perte de charge dans la rampe	perte de charge dans le porte- rampes)	perte de charge dans l'amenée	dénivelé
---	---	--	---	--	----------

avec P, P1 en bar, J₁, J₂, J₃, ΔH en mètres.

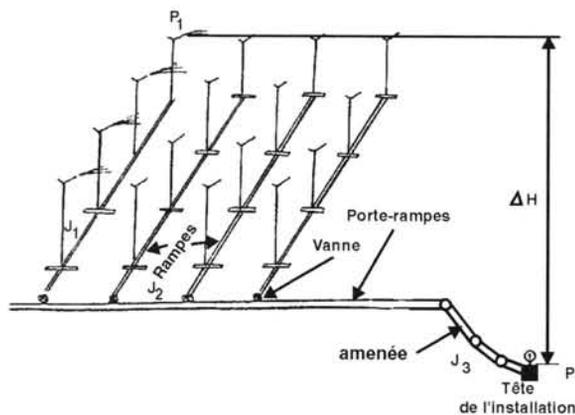


Fig 6 : Pression et perte de charge dans une couverture intégrale

Le débit en tête de rampe est égal au produit du nombre d'asperseurs par le débit unitaire moyen d'un asperseur.

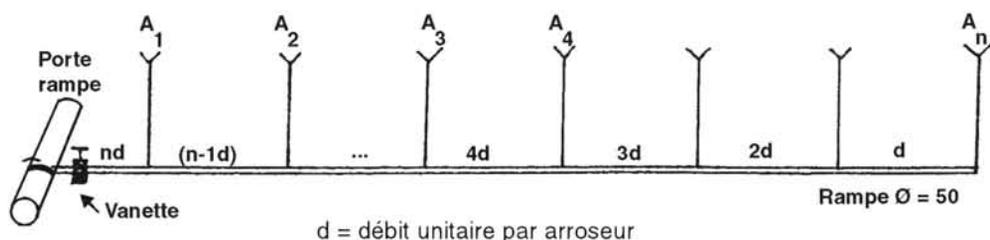


Fig 7 : Variations de débit dans une rampe

La pression P1 de l'eau en fin de rampe doit être suffisante pour alimenter le dernier asperseur (de l'ordre de 3,5 bars). Les variations de pression admissibles entre le premier et le dernier asperseur d'une rampe (20 %) et les pertes de charge le long de la rampe limitent le nombre d'asperseurs.

Le nombre d'asperseurs sur une rampe dépend de :

- la pression de l'eau en tête de rampe,
- du débit unitaire par asperseur,
- de l'écartement entre asperseurs,
- de la pente du terrain (susceptible de compenser en partie les pertes de charge dans la rampe).

Pour un terrain plat, on peut retenir les ordres de grandeur suivants :

Implantation	18 x 24	18 x 18
Débit moyen par arroseur	1.6 m ³ /h	1.2 m ³ /h
Nombre maximum d'arroseurs admissible par rampe pour une pression en tête de rampe de :		
4.0 bars	8	10
4.5 bars	10	12
5.0 bars	12	14
5.6 bars	13	16

Exemple : pour un débit d'installation de 40 m³/h et une couverture intégrale implantée en 18 x 24, avec un débit moyen de 1,6 m³/h par asperseur, 25 asperseurs peuvent fonctionner à la fois et être disposés soit :

- sur trois rampes de 8 asperseurs si la pression en tête de rampe est de : 4 bars,

- sur deux rampes de 13 asperseurs si la pression en tête de rampe est de : 5,5 bars.

Attention :

- Il est prudent de prévoir une pression disponible en tête de parcelle d'**au moins 6 bars** pour tenir compte des pertes de charge dans les conduites d'amenée et dans les porte-rampes.
- Des régulateurs de pression peuvent être nécessaires au niveau de certains asperseurs (en tête de rampe ou en raison de la dénivelée).
- La pression nécessaire en tête de parcelle dépend de la position du point d'alimentation et du montage de la canalisation d'amenée.

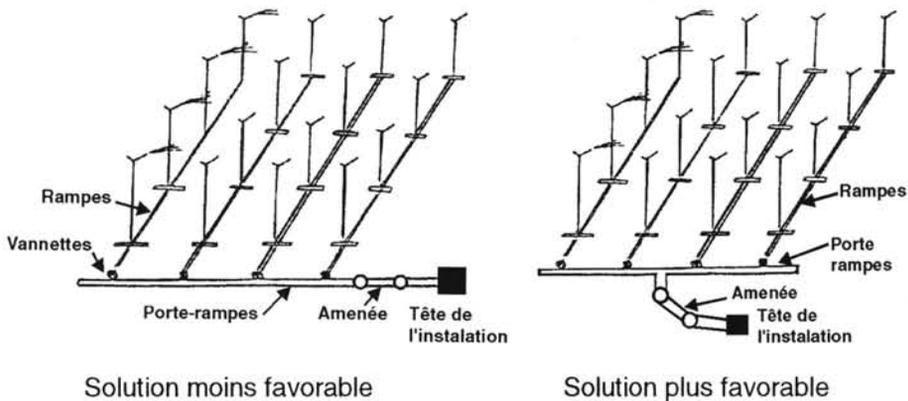


Fig 8 : Disposition des rampes par rapport au point d'alimentation en eau

On cherchera systématiquement la solution hydraulique qui minimise les pertes de charge pour limiter les coûts de pompage.

Calcul de la hauteur totale délivrée par la station de pompage

Une fois définie la pression minimale en tête de la parcelle, on peut déterminer la hauteur totale, HT, que doit fournir la pompe. Cette hauteur totale est la somme de :

- la différence de hauteur géométrique entre le niveau le plus bas de la prise d'eau et la tête de l'installation, H,

- les pertes de charge dans la canalisation depuis la prise d'eau jusqu'à la borne pour le débit total souhaité, J_4 ,
- la pression minimale nécessaire en tête de l'installation, P .

$$HT = H + J_4 + 10,2 P$$

avec HT, H, J en m, P en bar.

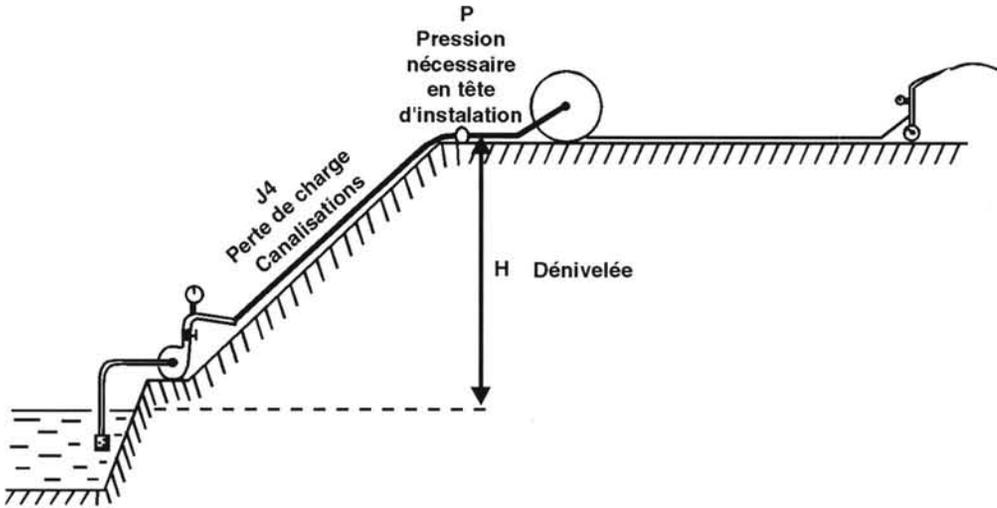


Fig 9 : Éléments de calcul de la hauteur totale d'une pompe

*La rédaction de ce chapitre a été assurée par :
D. Baudequin (Cemagref), J. Dubalen (BCMA)*

La prise d'eau

Bien aménager sa prise d'eau

Un bon aménagement de la prise d'eau doit permettre :

- **d'éviter l'entraînement** de particules, d'air ... et de poissons !
- **une mise en vitesse progressive de l'eau** : en général, les vitesses de l'eau dans les bassins doivent être inférieures à 0,5 m/s.

Pour une pompe de surface

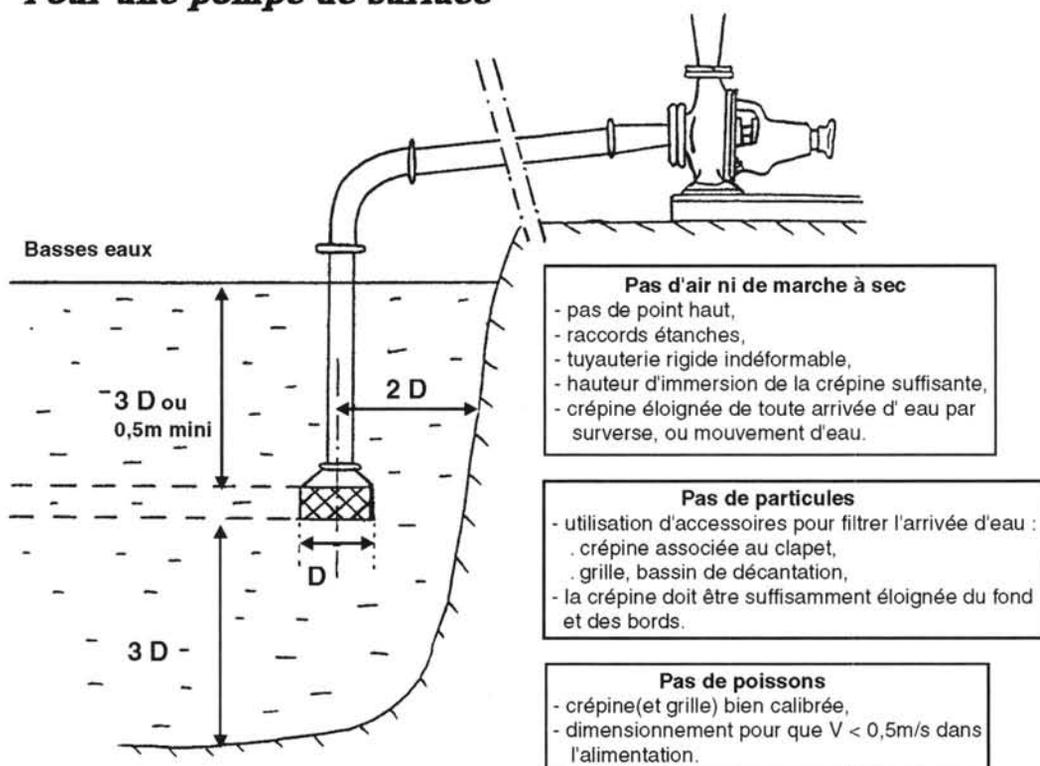


Fig 10 : Coupe schématique d'une prise d'eau pour une pompe de surface

Pour une pompe immergée

Pas d'air ni de marche à sec

Veiller au niveau dynamique : il doit être au minimum 0,5 m au-dessus du niveau du clapet anti-retour.

Pas d'échauffement du moteur

- La crépine du groupe immergé doit se trouver à un niveau supérieur à celui de la partie crépinée du forage : la circulation de l'eau assure ainsi le refroidissement du moteur.
- La partie crépinée du forage doit être plus basse que le moteur.

Pas de particules

- La crépine du groupe doit être à un niveau différent de celui de la crépine du forage.
- Prévoir une distance suffisante entre le groupe et le fond du forage.

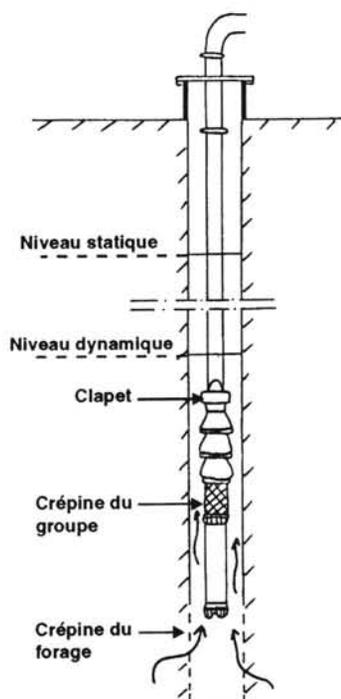


Fig 11 : Coupe schématique d'un forage pour une pompe immergée

Dispositions particulières

Les prises d'eau brute en rivière ou lac peuvent nécessiter :

- l'installation d'une pompe submersible, qui permet de pomper des eaux chargées,
- l'installation d'une grille et/ou d'une crépine pour retenir les corps solides. Elles doivent être dimensionnées en fonction des débits et des pompes installées.

Un nettoyage régulier pour éviter le colmatage, en particulier par les feuilles à l'automne.

- un bassin de décantation si les eaux sont chargées en sable ou en particules argileuses colmatantes. La pompe de reprise sera alors placée en charge.

Le bassin est métallique, en PVC ou en béton. Son dimensionnement doit faire l'objet d'une étude particulière. On compte en général 1m^3 de bassin pour un débit de $10\text{m}^3/\text{h}$ de la pompe de reprise.

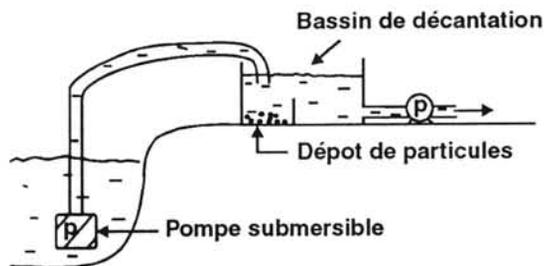


Fig 12 : Coupe schématique d'une prise d'eau chargée

Types d'aménagement

Pompage d'eaux de surface : rivières, retenues collinaires, carrières,...

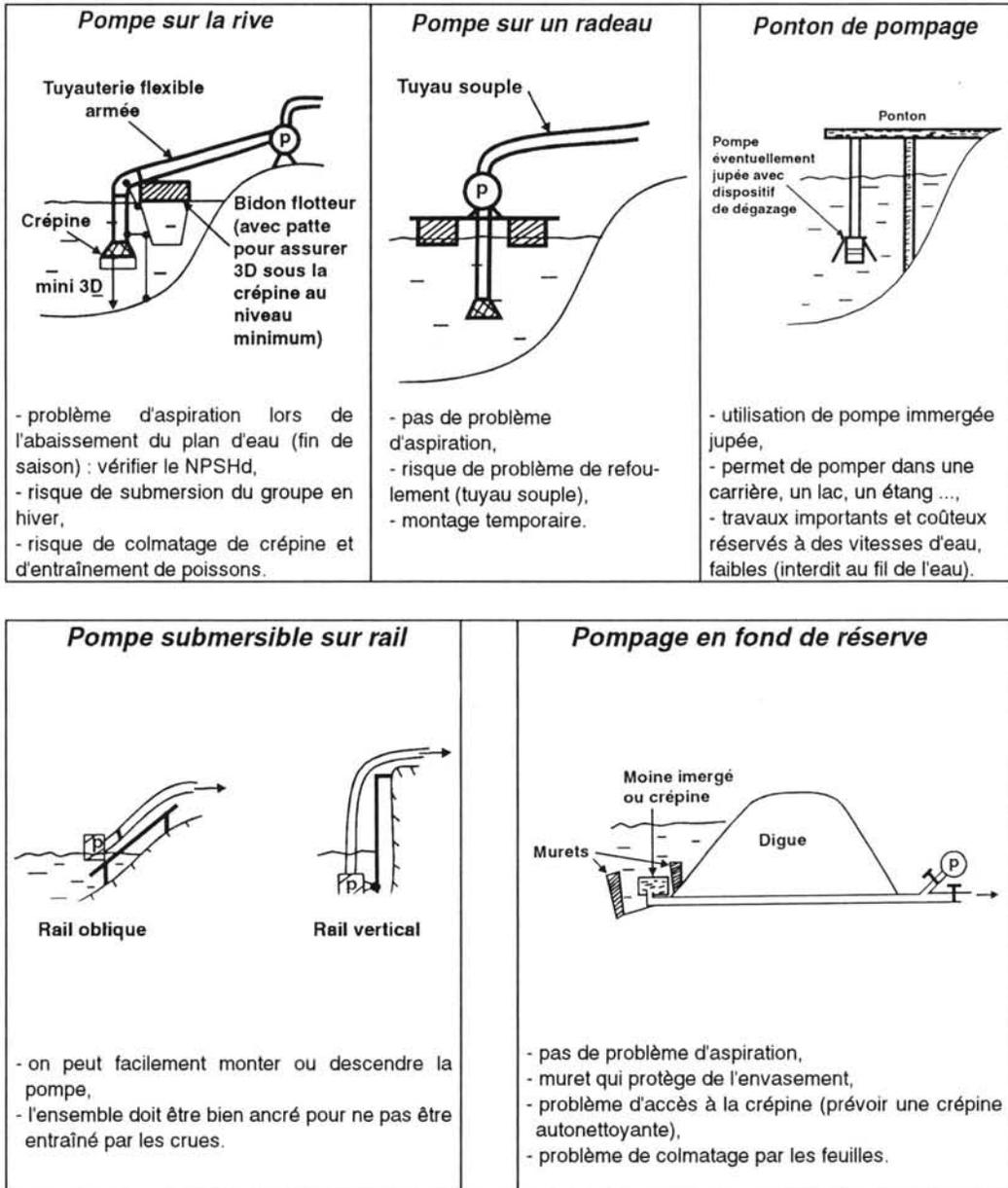


Fig 13 : Coupe schématique de prises avec pompage direct

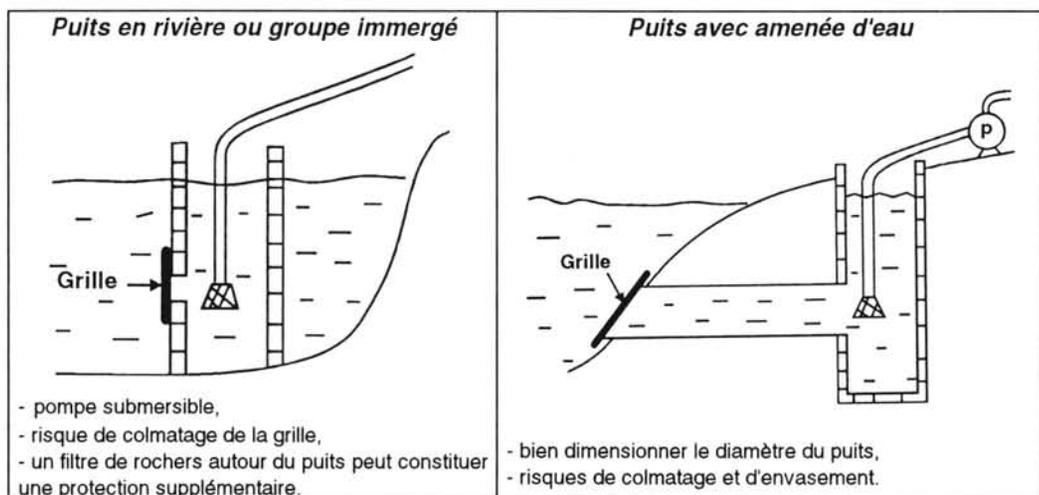


Fig 14 : Coupe schématique de prises avec pompage dans un puits

Pompage d'eaux souterraines : puits ou forage

Attention au niveau dynamique du puits ou du forage.

Des coupes schématiques de puits construits dans les règles de l'art sont données ci-après (Fig 15 et 16).

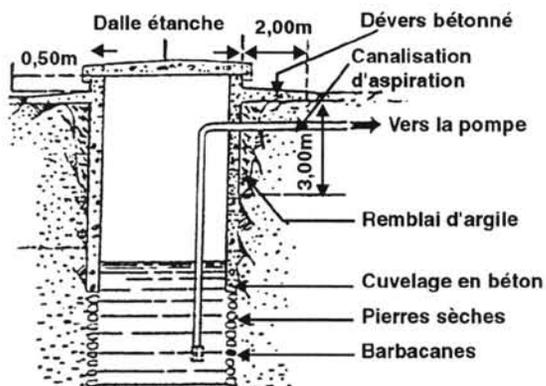
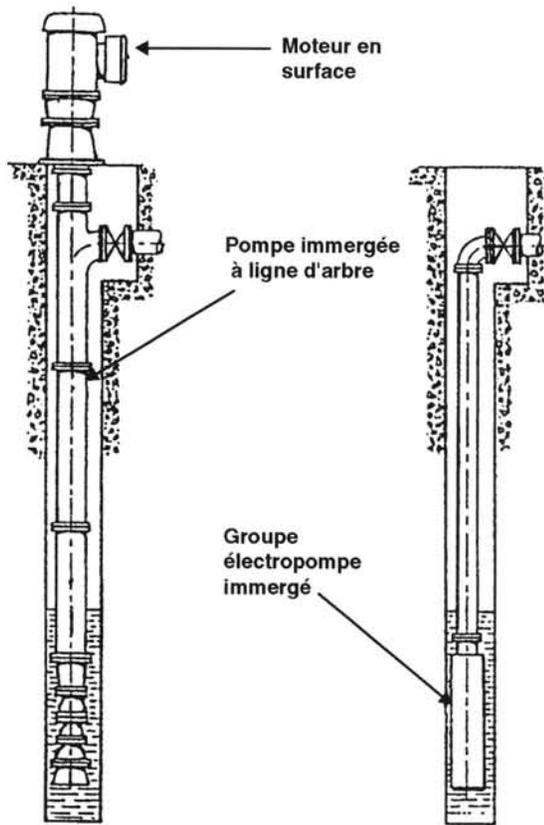


Fig 15 : Coupe schématique d'un puits avec pompe de surface

- Avec une pompe de surface, la profondeur d'aspiration est limitée à 6-7 m, aussi faut-il faire attention à la variation du niveau d'eau pour qu'il n'y ait pas cavitation (vérifier le NPSH disponible) ;
- Il est conseillé de prévoir une sécurité au niveau bas par poire ou électrode.



(Source : AFCP/PRODOC)

Fig 16 : Coupe schématique de puits avec pompe immergée

Avec une pompe immergée :

- Il n'y a pas de problème d'amorçage, mais il faut tenir compte du rabattement pour positionner le groupe
- Risque d'ensablement et de mauvais refroidissement du moteur s'il s'agit d'un groupe électropompe immergé,
- Nécessité de prévoir une sécurité par électrodes si le niveau de l'eau baisse.

Emplacement de la pompe par rapport à la prise d'eau

Toujours vérifier que le **NPSH disponible est supérieur au NPSH requis** (cf "*Notions essentielles d'hydraulique*"), même pour les groupes immergés.

Attention : Pour toute augmentation de débit, le NPSHr de la pompe augmente pendant que le NPSHd de l'installation diminue : il faut donc vérifier que le $NPSH_d \geq NPSH_r + 1$ pour le **débit maximal possible**.

Il faudra autant que possible que la pompe soit :

- **proche de la prise d'eau** : en limitant la longueur de la tuyauterie d'aspiration, on limite les pertes de charge et les risques d'entrée d'air,
- **proche du plan d'eau** : la hauteur maximale d'aspiration est limitée par le niveau le plus bas du réservoir (fin de saison) et les pertes de charge.

Dans la pratique, il est prudent de ne pas dépasser une longueur horizontale de 10 m entre la pompe et le bassin d'aspiration.

**On constate que si $NPSH_d \leq NPSH_r$,
il faut augmenter NPSHd et/ou diminuer NPSHr**

Pour augmenter NPSHd :

- diminuer la hauteur géométrique d'aspiration; rapprocher le plan de pose de la pompe du niveau de l'eau,
- diminuer les pertes de charge à l'aspiration : augmenter le diamètre de la tuyauterie et des accessoires (respecter la limite inférieure de vitesse).

Pour diminuer NPSHr :

- changer de pompe : consulter le constructeur.

Exemple :

Soit à alimenter un enrouleur à partir d'une rivière. La pompe doit fournir un débit de $65 \text{ m}^3/\text{h}$ à une hauteur de 164 m.

En utilisant les courbes $NPSH_r = f(Q)$ (cf. chapitre "*Les pompes centrifuges*", page 49), la pompe choisie donne :

$$NPSH_r = 3 \quad \text{si } Q = 65 \text{ m}^3/\text{h},$$

$$NPSH_r = 3,5 \quad \text{si } Q = 75 \text{ m}^3/\text{h}.$$

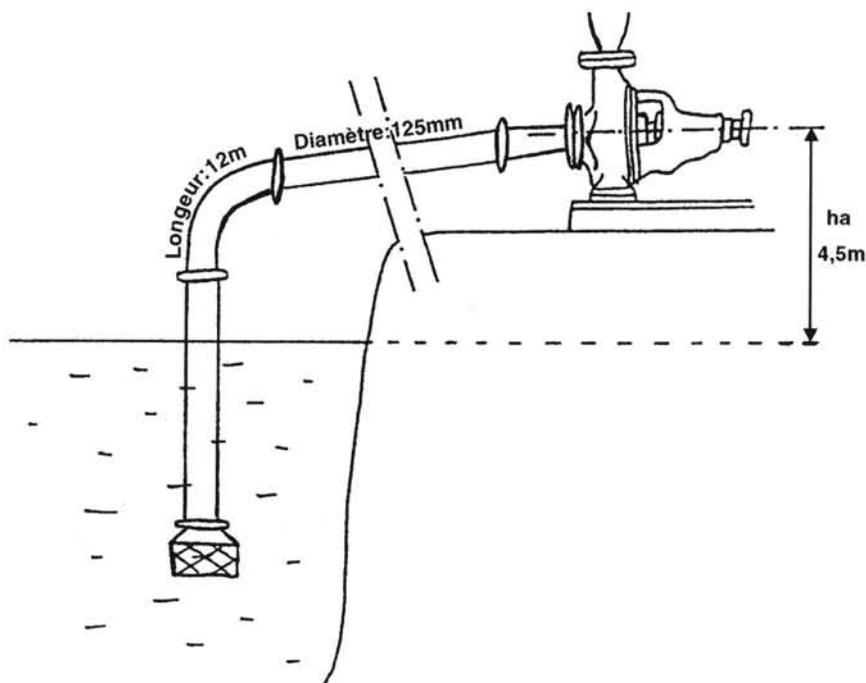


Fig 17 : Éléments de pertes de charge d'une installation de surface

1^e étape - Détermination des pertes de charge à l'aspiration :

- longueur équivalente :

(cf. tableaux et abaques en annexe 1)

longueur de tuyauterie	12,0 m
clapet de pied crépiné	26,0 m
coude	<u>1,7 m</u>
	39,7 m

si $Q = 65 \text{ m}^3/\text{h}$

pertes de charge : 2,5 m par 100 m de canalisation de diamètre 125 mm

$$J_a = \frac{39,7 \times 2,5}{100} = 0,99 \text{ m}$$

si $Q = 75 \text{ m}^3/\text{h}$

pertes de charge : 3,5 m par 100 m de canalisation de diamètre 125 mm

$$J_a = \frac{39,7 \times 3,5}{100} = 1,39 \text{ m}$$

2^e étape - Vérification du NPSH disponible

$$\text{NPSHd} = (P1 + P_b) \times 10,2 - h_a - J_a - 10,2 P_v$$

Pour de l'eau froide pompée dans un réservoir à surface libre et à une altitude inférieure à 300 m :

$$\text{NPSHd} = 10 - h_a - J_a \text{ (cf. chapitre "Notions essentielles d'hydraulique")}$$

si $Q = 65 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\text{NPSHd} = 10 - 4,5 - 0,99 = 4,51 \text{ m}$$

Le NPSH disponible est donc suffisant : 4.51 m.

Il est supérieur à $3 \text{ m} + 1 = 4 \text{ m}$

si $Q = 75 \text{ m}^3/\text{h}$

$$\text{NPSHd} = 10 - 4,5 - 1,39 = 4,11 \text{ m.}$$

Le NPSHd n'est plus suffisant : 4,11 m.

Il est devenu inférieur à la limite $3,5 \text{ m} + 1 = 4,5 \text{ m}$.

3^e étape - Choix

Pour une utilisation à $75 \text{ m}^3/\text{h}$, il faudra augmenter le NPSHd, mais dans ce cas :

- on ne peut augmenter le diamètre de la tuyauterie sans se trouver en-deçà de la limite inférieure de vitesse de l'eau (cf. annexe 1) ;
- il faut donc **diminuer la hauteur géométrique d'aspiration** : descendre la pompe de 0,5 m, ou rechercher une pompe dont le NPSHr soit inférieur ou égal à 3,10 m à $75 \text{ m}^3/\text{h}$.

Il est indispensable de vérifier le NPSHd pour le débit maximum

La rédaction de ce chapitre a été assurée par :
D. Colin (CDA Deux-Sèvres),
J. Dubalen (BCMA), **J. Vovard** (IDP)

Les pompes centrifuges

Le type de pompe le plus courant en irrigation est la pompe centrifuge. Les éléments essentiels qui peuvent aider au choix de ce type de pompe sont rappelés ci-après.

Technologie des pompes centrifuges

Principe de fonctionnement

L'élévation de pression est obtenue par effet centrifuge.

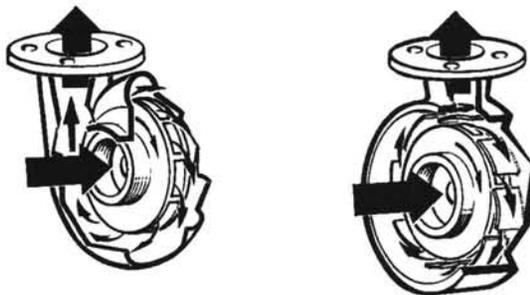
Un **impulseur** (ou roue centrifuge) met en vitesse le liquide qui lui parvient par son ouïe centrale.



(Source : membre de l'AFCP)

Fig 18 : Roue d'une pompe centrifuge

Un **diffuseur** ou une **volute** transforme l'énergie de vitesse ainsi acquise en pression de refoulement



(Source : membre de l'AFCP)

Fig 19 : Roue et volute d'une pompe centrifuge

Les pompes centrifuges mettent en œuvre l'énergie développée par une roue tournant à grande vitesse (1 500 à 3 000 tours/min.). L'eau aspirée au centre de la roue est projetée à la périphérie dans le corps de pompe où l'énergie communiquée à l'eau est transformée en hauteur manométrique, c'est-à-dire en pression.

La dépression créée à l'orifice d'aspiration assure l'arrivée continue de l'eau, sous réserve que les conditions d'alimentation soient suffisantes (cf. NPSH chapitre 1).

Nombre d'étages

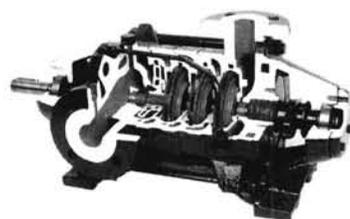
La **hauteur manométrique ou pression** engendrée par la pompe est liée à la vitesse périphérique de la roue (produit de la vitesse de rotation par le diamètre) et au nombre de roues montées en série.

- Une pompe **monocellulaire** comporte une seule roue : un seul étage de pression.
Domaine d'utilisation : basses et moyennes pressions.
- Une pompe **multicellulaire** comporte plusieurs roues : plusieurs étages de pression.
Domaine d'utilisation : moyennes et hautes pressions.



(Source : membre de l'AFCP)

Fig 20 : Coupe d'une pompe centrifuge monocellulaire



(Source : membre de l'AFCP)

Fig 21 : Pompe centrifuge multicellulaire

Le débit fourni par une pompe est lié à la largeur de la roue, à la taille de la pompe et aux dimensions des orifices d'aspiration et de refoulement.

Les différents types de pompes

Selon la situation, on utilisera un groupe de surface ou un groupe immergé. On distingue :

- **Les pompes à accouplement direct :**
 - l'arbre de la pompe est commun avec celui du moteur ou est relié à celui du moteur par un accouplement rigide : groupe monobloc ;
 - l'arbre de la pompe est accouplé à celui du moteur par un accouplement semi-élastique : pompe à accouplement.

- **Les pompes à multiplicateur de vitesse**

Ces pompes sont destinées à être reliées à la prise de force du tracteur. Elles ne conviennent qu'aux installations mobiles ou de secours.

Attention :

Les transmissions par poulies-courroies sont à éviter, car elles sont source d'accidents. Leur utilisation demande de nombreuses précautions.

Groupes de surface

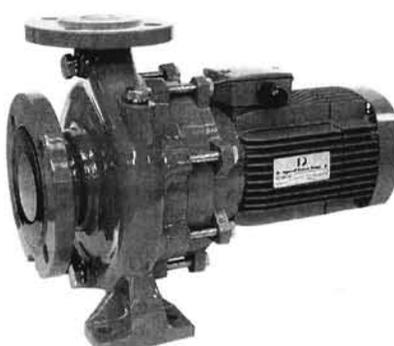
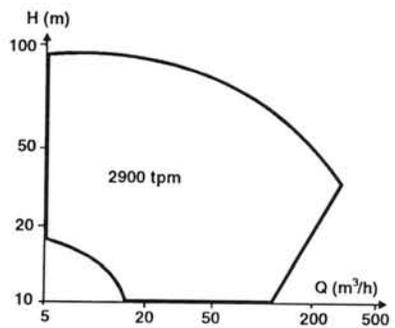
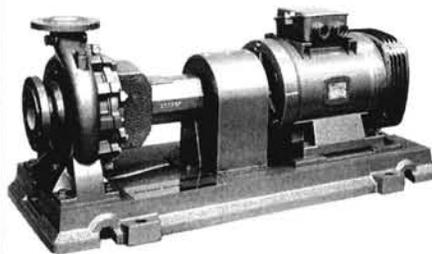
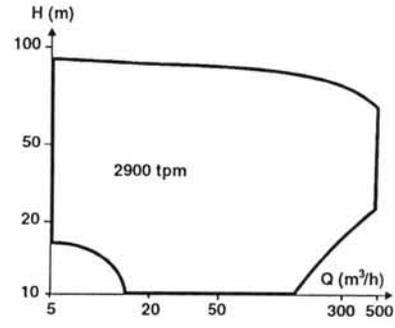
Type	Plage d'utilisation	Applications
 <p>(Source : membre de l'AFCP)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Hauteur maximum : 90 m ; - Débit maximum : 400m³/h ; - Hauteur géométrique d'aspiration limitée à 6-7m (vérifier le NPSHr) ;
 <p>(Source : membre de l'AFCP)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Pressions de service peu élevées : goutte-à-goutte; couverture intégrale; pivot, gravitaire.

Fig 22 : Plages d'utilisation de différents types de groupes de surface

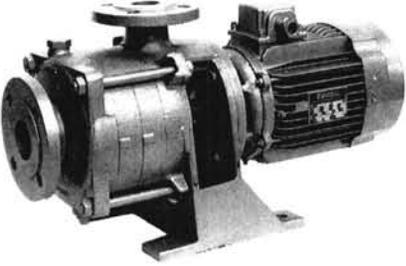
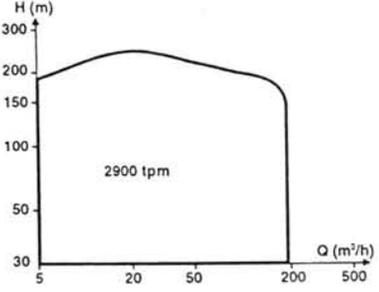
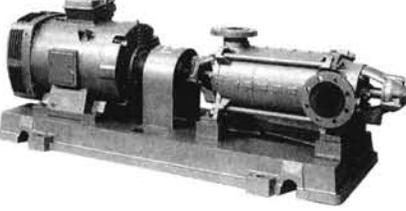
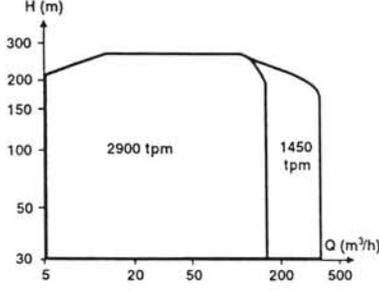
Type	Plage d'utilisation	Applications
<p>Multicellulaire horizontal monobloc</p>  <p>(Source : membre de l'AFCP)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Hauteur maximum : 250m ; - Débit maximum : 200 m³/h ; - Pressions de service plus importantes : enrouleur, pivot, réseau d'irrigation ;
<p>Multicellulaire vertical monobloc</p>  <p>(Source : membre de l'AFCP)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Hauteur géométrique d'aspiration limitée à 6-7m (vérifier le NPSHr).
<p>Multicellulaire horizontal à accouplement</p>  <p>(Source : membre de l'AFCP)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Hauteur maximum : 250 m - Q max. = 400 m³/h - Pression de service plus importante - H asp limitée à 6-7 m (vérifier le NPSHr).

Fig 22 bis : Plage d'utilisation de différents types de groupes de surface

Groupes immergés

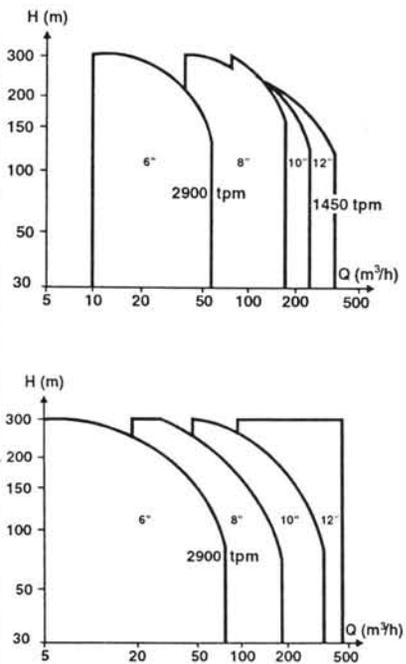
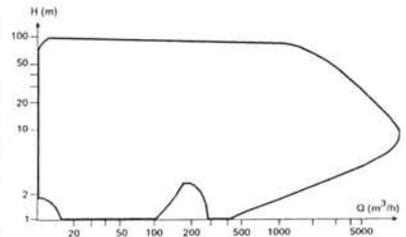
Type	Plage d'utilisation	Applications
<p>Moteur de surface et ligne d'arbre ou moteur immergé</p>  <p>(Source : membre de l'AFCP)</p>	 <p>The top graph shows performance for 2900 rpm, with head curves for 6", 8", 10", and 12" diameters. The bottom graph shows performance for 1450 rpm with similar diameter curves. Both graphs have H (m) on the y-axis (30 to 300) and Q (m³/h) on the x-axis (5 to 500).</p>	<p>Dès que la hauteur géométrique d'aspiration est supérieure à 6-7 m.</p>
<p>Groupes submersibles</p>  <p>(Source : membre de l'AFCP)</p>	 <p>The graph shows a wide operating range with head (H in m) on the y-axis (1 to 100) and flow rate (Q in m³/h) on the x-axis (20 to 5000). The head is constant at approximately 80m for flow rates up to about 1000 m³/h.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Exhaure de rivière, lac collinaire ou puits ; - Liquides très chargés

Fig 23 : Plage d'utilisation de différents types de groupes immergés

Particularités des pompes de surface

Étanchéité

Deux systèmes principaux sont utilisés pour assurer l'étanchéité du passage de l'arbre entre l'intérieur et l'extérieur de la pompe.

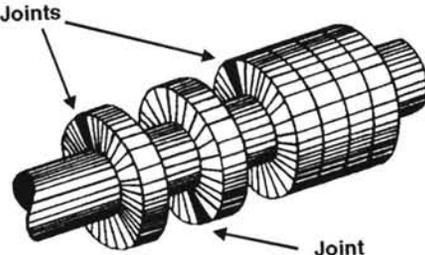
Le presse-étoupe	La garniture mécanique
 <p>(Source : AFCP/PRODOC)</p> <p>L'étanchéité est réalisée par des anneaux de tresse logés dans la boîte à garniture et maintenus en contact avec l'arbre ou la chemise d'arbre par l'action d'un fouloir. Ce dernier ne doit jamais être trop serré sous peine de surcharger le moteur et d'user rapidement l'arbre ou la chemise d'arbre. Un presse-étoupe doit fuir en permanence pour assurer le refroidissement et la lubrification des surfaces en frottement :</p> <ul style="list-style-type: none">- vérification périodique du serrage obligatoire ;- maintenance et remplacement faciles (pas de démontage de la pompe).	 <p>(Source : membre de l'AFCP)</p> <p>Une garniture mécanique comporte une bague fixe montée dans le corps de pompe frottant en permanence sur une bague tournante montée sur l'arbre :</p> <ul style="list-style-type: none">- pas d'entretien ni de fuite d'eau ;- maintenance et remplacement difficiles (démontage obligatoire) ;- accepte mal les arrêts prolongés (gommage et incrustations).

Fig 24 : Dispositifs d'étanchéité d'un arbre de pompe de surface

En irrigation, l'étanchéité par presse-étoupe (garniture à tresse) est préférable.

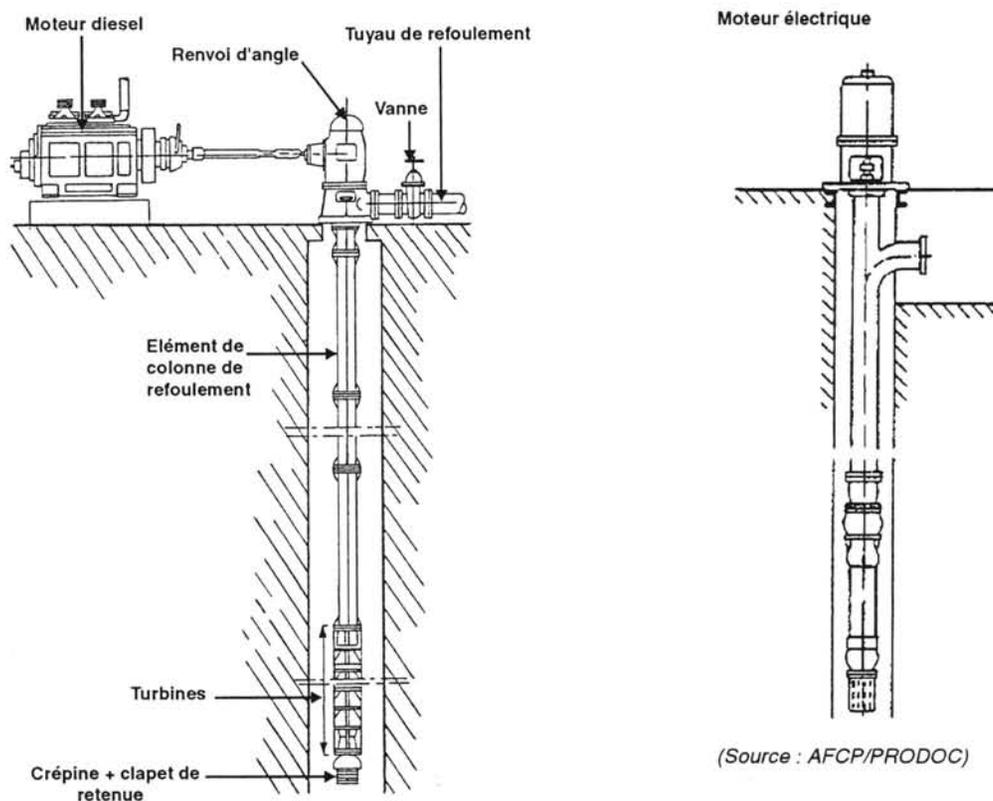
Amorçage

Le corps de pompe et la tuyauterie d'aspiration doivent être remplis d'eau avant le démarrage. Un orifice de remplissage (dit d'amorçage) est prévu à cet effet.

Pour les pompes situées au-dessus du niveau de l'eau, un clapet de pied monté à l'extrémité de la tuyauterie d'aspiration est indispensable pour réaliser le remplissage et maintenir la pompe amorcée à l'arrêt.

Certaines pompes (dites **autoamorçantes**), bien que démunies de clapet de pied, s'amorcent d'elles-mêmes une fois réalisé un premier remplissage du corps de pompe. Le faible débit (< 25m³/h) et le mauvais rendement de ces pompes limitent leur utilisation, en particulier pour l'irrigation.

Particularités des pompes immergées

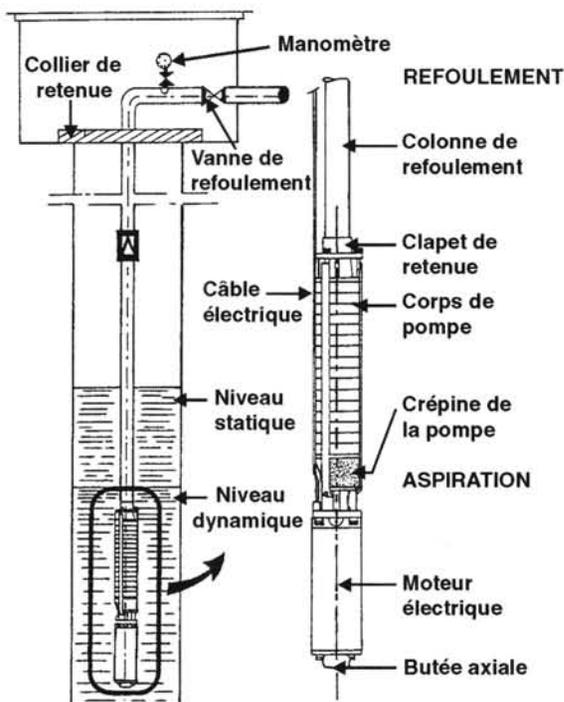


(Source : "Le pompage à la ferme"
Editions Agri-Nathan)

(Source : AFCP/PRODOC)

- Cette disposition permet d'utiliser tous les types d'entraînement et tous les types de moteurs (électrique ou thermique) ;
- Le forage doit être parfaitement vertical et rectiligne (cf. chapitre 4).

Fig 25 : Coupe schématique de montage de pompe immergée à ligne d'arbre avec moteur en surface



(Source : "Le pompage à la ferme" Editions Agri-Nathan)

Fig 26 : Coupe schématique de montage de groupe électropompe entièrement immergé

- Utilise un moteur électrique conçu pour fonctionner entièrement immergé.

- Peut être introduite dans des forages présentant un léger défaut de rectitude.

- Niveau sonore pratiquement nul.

- Pas d'entretien particulier.

- Montage facile.

Attention : Une pompe ne doit jamais fonctionner :

- à sec (grippage et destruction),
- à débit nul plus de trois minutes (échauffement de l'eau, grippage et destruction),
- à vanne fermée.

Caractéristiques des pompes

Courbes caractéristiques

- Pour une vitesse de rotation donnée, la hauteur engendrée par la pompe varie avec le débit et est représentée par la courbe caractéristique :

$$H = f(Q).$$

- Le rendement de la pompe η (rapport de la puissance utile à la puissance absorbée, cf. "Notions essentielles d'hydraulique") varie avec le débit et passe par un maximum pour le **débit nominal** autour duquel la pompe doit être utilisée.

Cette variation est représentée par la courbe de rendement $\eta = f(Q)$.

- On peut représenter la courbe de puissance en fonction du débit $P = f(Q)$ en utilisant la formule de puissance : $P = \frac{QH}{367\eta}$ (cf. "Notions essentielles d'hydraulique").

- La consommation C est la puissance absorbée par unité de débit

$$C = \frac{P}{Q} = \frac{HQ}{367\eta Q} = \frac{H}{367\eta} \quad (\text{en kW par m}^3/\text{h}).$$

On peut tracer la courbe de consommation en fonction du débit $C = f(Q)$. Elle constitue un des éléments de choix dans le calcul de l'**investissement** et de la **rentabilité** d'une installation.

- La courbe de NPSHr, fournie par le constructeur, représente la variation de NPSHr avec le débit. **NPSHr = f(Q)**.

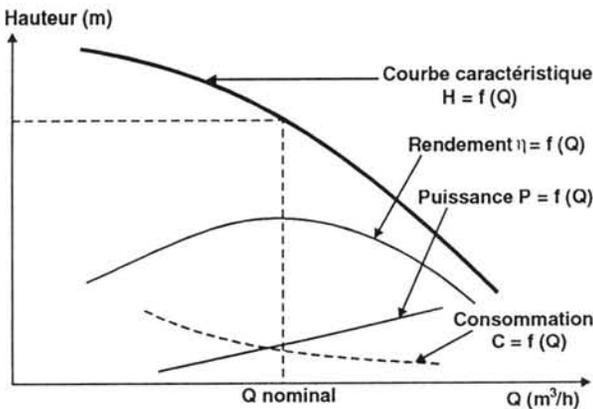


Fig 27 : Courbes caractéristiques d'une pompe

**Le constructeur de pompe doit fournir les courbes
 $H = f(Q)$, $\eta = f(Q)$ et NPSHr = f(Q)**

Essais : les pompes sont en général essayées à 1 500 ou 3 000 tr/min.

Point de fonctionnement

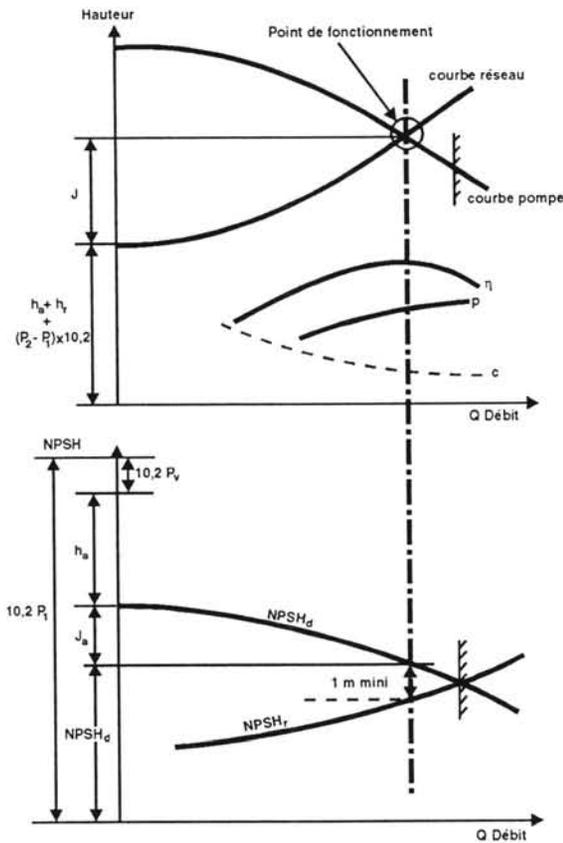


Fig 28 : Point de fonctionnement d'une pompe débitant sur un réseau

Le point de fonctionnement d'une pompe débitant sur un réseau se trouve à l'intersection de la courbe du réseau (caractéristique ou consigne du réseau) avec la courbe caractéristique $H = f(Q)$ de la pompe. On en déduit le rendement, la puissance absorbée et la consommation correspondants.

Vérification du NPSH.

Toujours s'assurer qu'au point de fonctionnement de la pompe, le NPSH disponible est supérieur au NPSH requis d'au moins 1 mètre.

Limites d'utilisation

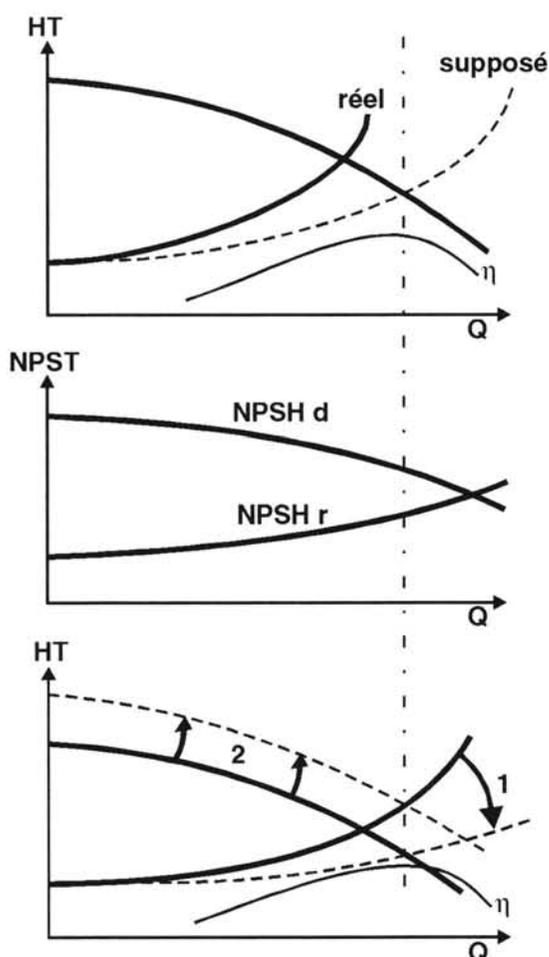
- Utiliser la pompe dans la zone située autour du point de rendement maximum, définie par le constructeur.
- Respecter la valeur limite intérieure de débit indiquée dans les spécifications techniques. A titre indicatif :
 - 15 % du débit nominal pour les pompes multicellulaires,
 - 40 % du débit nominal pour les pompes monocellulaires.

Fonctionner à débit nul provoque un échauffement anormal de l'eau dans la pompe et sa détérioration.

Erreur de dimensionnement du réseau

La courbe caractéristique du réseau peut présenter des écarts importants par rapport aux prévisions (calcul pessimiste des pertes de charge par exemple), ce qui déplace le point de fonctionnement sur la courbe pompe.

Réseau sous-estimé : peu fréquent.



Causes :

- hauteur géométrique ou pertes de charges réelles supérieures à celles prévues,
- rabattement de nappe,
- tuyauterie encrassée.

Conséquences :

- débit plus faible - hauteur plus élevée,
- débit éloigné du débit nominal,
- bruits, vibrations,
- fonctionnement en dehors de la zone recommandée,
- risque de désamorçage de la pompe.

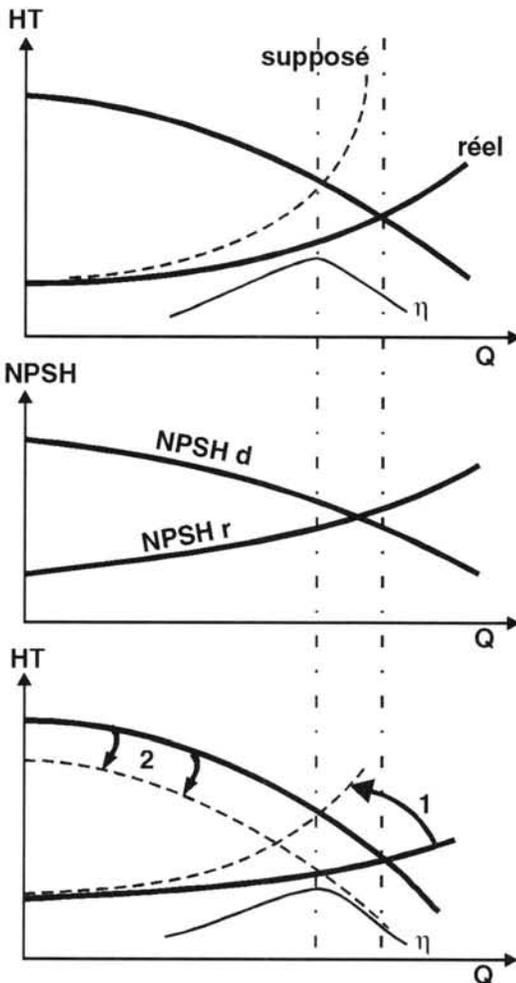
Remèdes :

1. Modifier la courbe réseau en réduisant les pertes de charge ;
2. Déplacer le point de fonctionnement de la pompe :
 - changer de pompe,
 - modifier la vitesse de rotation si l'entraînement est à vitesse variable,
 - adapter le diamètre de la roue (voir le constructeur).

(Source : membre de l'AFCP)

Fig 29 : Adaptation des caractéristiques du réseau ou de la pompe aux conditions réelles de fonctionnement

Réseau surestimé : le plus fréquent.



(Source : membre de l'AFCP)

Fig 29 bis : Adaptation des caractéristiques du réseau ou de la pompe aux conditions réelles de fonctionnement

Cause :

- hauteur géométrique et/ou pertes de charge réelles inférieures à celles prévues.

Conséquences :

- débit plus important : danger de surcharge du moteur,
- HT plus faible : fonctionnement en dehors de la zone d'utilisation,
- puissance appelée plus importante,
- NPSHr plus élevé et NPSHd plus faible : danger de cavitation, bruits, vibrations.

Remèdes :

1. Modifier la courbe réseau en créant une perte de charge (vanne, diaphragme...);
2. Déplacer le point de fonctionnement de la pompe :
 - adapter le diamètre de la roue (voir le constructeur),
 - modifier la vitesse de rotation si l'entraînement est à vitesse variable.

Adaptation d'une pompe à des conditions de fonctionnement données

Variation de la vitesse de rotation

Cette variation de vitesse de rotation n'est possible qu'avec :

- un moteur électrique à courant continu alimenté à tension variable, ou un moteur asynchrone avec variateur de fréquence,
- un moteur thermique.

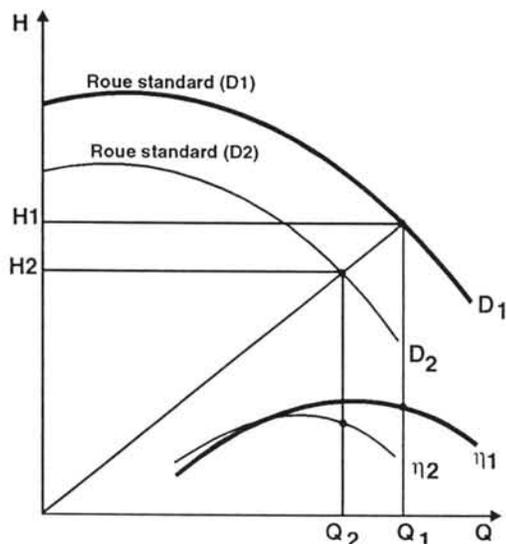
N.B : Les caractéristiques de la pompe varient avec la vitesse de rotation (cf. chapitre "Régulation et automatismes")

Vannage sur la canalisation de refoulement

La fermeture de la vanne augmente les pertes de charge. On déplace ainsi le point de fonctionnement (cf. chapitre "Régulation et automatismes").

Attention : Le vannage n'est qu'une solution **provisoire**, car il diminue le rendement et augmente la consommation.

Rognage de la roue



Par diminution du diamètre de la roue, il est possible de modifier la courbe caractéristique de la pompe.

Les possibilités de rognage (ou recoupe) sont limitées pour éviter une dégradation importante du rendement.

L'opération doit être effectuée sous contrôle du constructeur et exige une opération d'équilibrage mécanique avant remontage.

Fig 30 : Incidence du rognage de la roue sur les courbes caractéristiques de la pompe

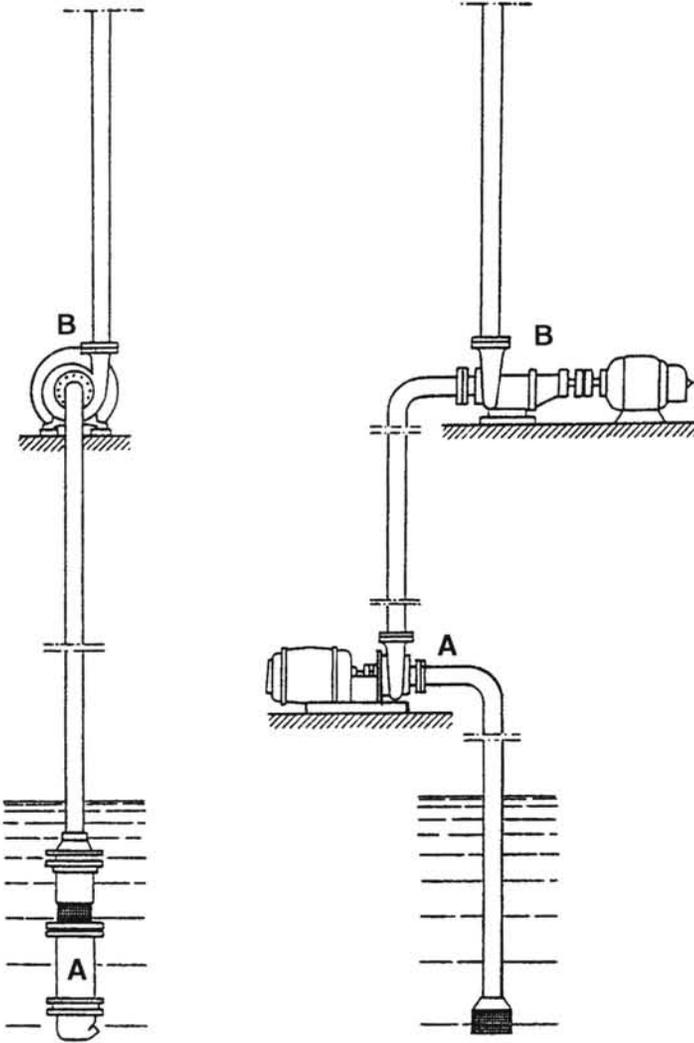
Couplage des pompes

En utilisant plusieurs pompes de caractéristiques identiques (ou différentes), susceptibles de fonctionner simultanément ou isolément, on pourra disposer de plusieurs points de fonctionnement pour différents débits ou différentes pressions.

Le couplage en série : pour obtenir la hauteur d'élévation désirée

Pour un débit donné, la hauteur d'élévation est égale à la somme des hauteurs d'élévation produites par chaque groupe.

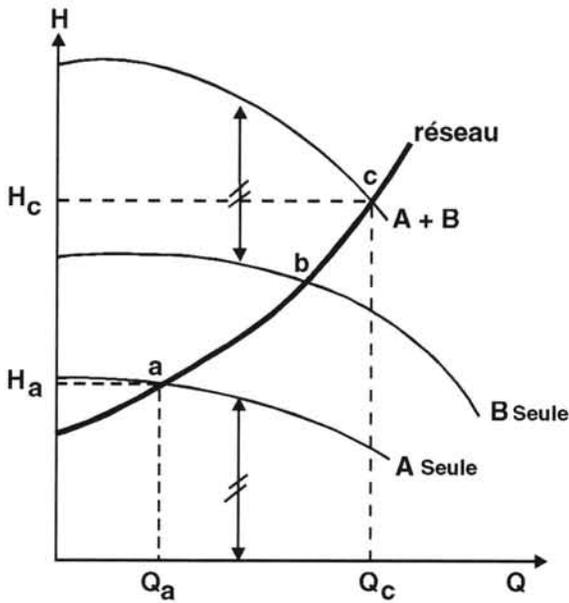
Schéma type d'installation en série



(Source : L. Ducros "Pompes hydro et appareils d'élévation")

Fig 31 : Couplage en série d'une pompe immergée et d'une pompe de surface

Fig 32 : Couplage en série de deux pompes de surface



- **a** est le point de fonctionnement de la pompe A fonctionnant seule,

- **b** serait le point de fonctionnement de la pompe B seule (si elle n'était pas fixée si haut),

- **c** est le point de fonctionnement des deux pompes A + B débitant simultanément.

Fig 33 : Courbe résultant du couplage de deux pompes en série

Ce montage permet de limiter la puissance du groupe immergé.

C'est une solution adaptée en cas de grandes variations de niveau d'une rivière ou d'un lac collinaire.

Attention :

- **A** doit refouler au minimum au niveau du corps de **B** qui, sinon, tournerait à sec,
- La pression de service de **B** doit être suffisante pour accepter la pression résultant de la mise en série,
- S'assurer que **A** démarre avant **B**.

Le couplage en parallèle : pour augmenter le débit

Pour une hauteur donnée, le débit total est égal à la somme des débits de chaque pompe. Cette installation permet une meilleure adaptation aux besoins.

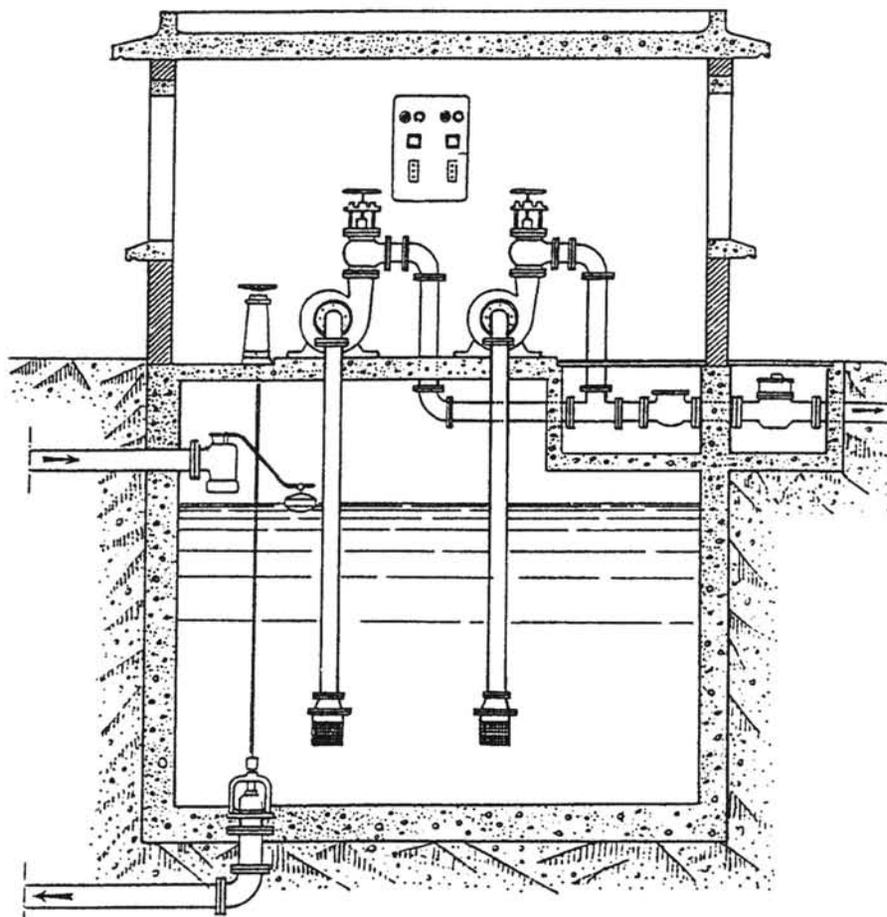


Fig 34 : Station avec deux pompes couplées en parallèle

Caractéristiques

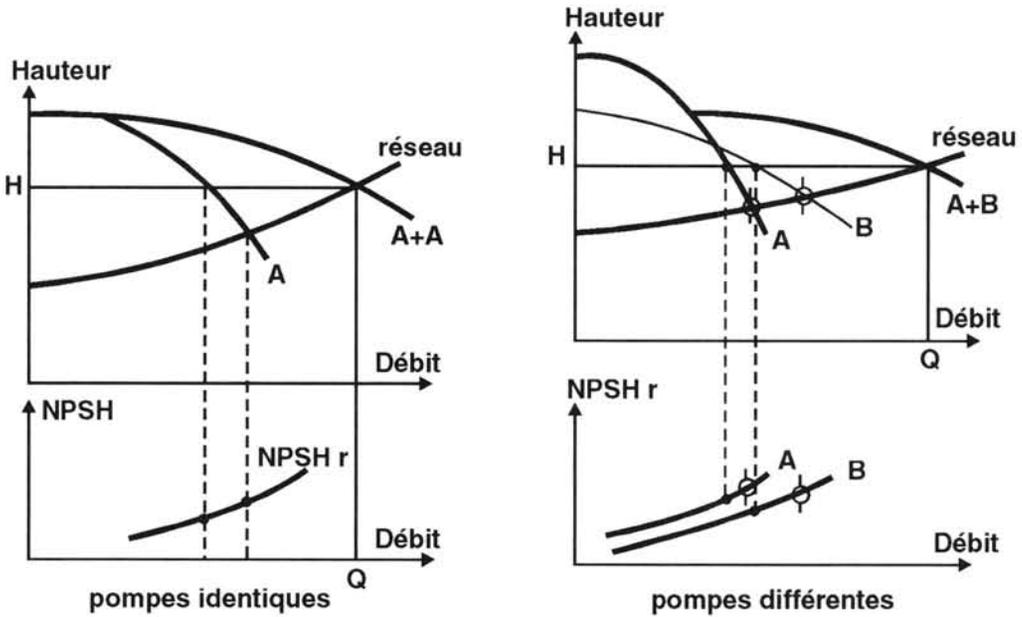


Fig 35 : Courbes caractéristiques résultant du couplage de deux pompes en parallèle

Attention :

- Vérifier que le point de fonctionnement de chaque pompe se situe à l'intérieur de la zone conseillée (danger de fonctionnement à débit nul quand les pompes ne sont pas identiques),
- Vérifier également que chaque pompe fonctionnant seule remplit les conditions de NPSH ($NPSH_d \geq NPSH_r + 1$)

La rédaction de ce chapitre a été assurée par :
D. Baudequin (Cemagref), J.-P. Luc (ENSAAM),
M. Monjoint (KSB S.A), M. Moreau (AFCP), J. Vovard (IDP)

Le moteur électrique

Dans les stations de pompage individuelles, les moteurs les plus répandus sont des **moteurs asynchrones à cage d'écureuil** (également appelés moteurs à rotor en court-circuit), alimentés en basse tension (BT).

De construction simple, le moteur à cage est robuste et peu coûteux. Ses caractéristiques principales sont :

- **la classe d'isolation** : en général, les moteurs sont de classe F. La température maximale admissible est alors de 140°C et l'échauffement maximum de 100°C.
L'échauffement maximum est 80°C pour les moteurs dont la durée de vie est la plus importante ;
- **l'indice de protection (IP)** : les protections les plus courantes actuellement sont IP 23 S et IP 55.

IP 23 S	Moteur dit protégé. Le flux de refroidissement traverse le moteur
IP 55	Moteur dit fermé. Le flux passe le long des ailettes extérieures à la carcasse. Il faut périodiquement vidanger les éventuelles condensations (bouchons amovibles aux points bas du moteur) vers l'extérieur du moteur.

Puissance du moteur

La puissance du moteur doit être adaptée à la puissance absorbée par la pompe avec un coefficient de sécurité d'au moins :

- + 30 %, si Puissance absorbée < 4kW,
- + 20 %, si 4 kW < Puissance absorbée < 18 kW,
- + 10 %, si Puissance absorbée > 18 kW.

Appel de courant

Si on démarre un moteur asynchrone branché directement sur le réseau (couplage direct), l'intensité au démarrage (I_D) peut atteindre cinq à sept fois l'intensité nominale (I_N). Cet appel de courant provoque une chute de tension de l'alimentation qui peut être préjudiciable au matériel déjà raccordé sur le réseau. Elle est limitée pour cette raison par l'EDF. A l'extrême, le démarrage sera difficile, voire impossible.

Pour que les chutes de tension ne dépassent pas le seuil acceptable, il faut limiter l'intensité de démarrage en utilisant un dispositif de démarrage adapté. **Exiger du fournisseur ou de l'installateur qu'il précise et garantisse les conditions de démarrage.**

Alimentation du moteur

Les câbles électriques

Ils doivent être choisis en fonction des contraintes qu'ils devront supporter en service ou par accident. Leur section est calculée en fonction de :

- la puissance,
- la longueur du câble,
- la chute de tension admissible (la chute de tension est proportionnelle à la résistance par unité de longueur des conducteurs, à la longueur du câble, à l'intensité appelée et à l'environnement),
- la résistance mécanique,
- l'échauffement admissible.

Attention : bien dimensionner les câbles en fonction des longueurs.

		Section en mm ² (câble unitaire multibrins)											
		6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
		Longueur maximale du câble en m											
37	98	160	255	390	520	690							
60			170	260	355	465	640	840					
86				175	235	310	430	565	670	770			
145							240	315	375	430	510	600	
211									250	290	340	400	
250										250	290	345	

Fig 36 : Longueurs maximales des câbles réseau et moteur en fonction de la section et du calibre

Les longueurs maximales sont données en mètres et sont compatibles avec une chute de tension de 5 %.

Conducteurs de puissance de section S	inférieure à 16 mm ²	de 16 à 35 mm ²	supérieure à 35 mm ²
Section du conducteur de "terre"	S (celle du conducteur de puissance)	16 mm ²	la moitié de celle du conducteur de puissance

Fig 37 : Détermination de la section du câble de mise à terre

La tension d'alimentation

La puissance nominale des moteurs est obtenue avec une alimentation basse tension (BT) triphasée 230 ou 400 V (+ 6 %, -10 %) sur un réseau de 50 Hz.

Attention :

- si la tension disponible est très inférieure à la tension de référence, le moteur ne fournira pas sa puissance nominale et risque d'être endommagé ;
- la tension d'alimentation fournie par le réseau EDF est susceptible de varier dans des proportions dont il convient de tenir compte dans le choix du moteur. Les moteurs sont, en général, garantis pour une tension comprise entre 360 et 420 V. **Après s'être renseigné auprès d'EDF, consulter le constructeur si la tension d'alimentation risque de sortir de la fourchette garantie.**

Plaque signalétique et branchement

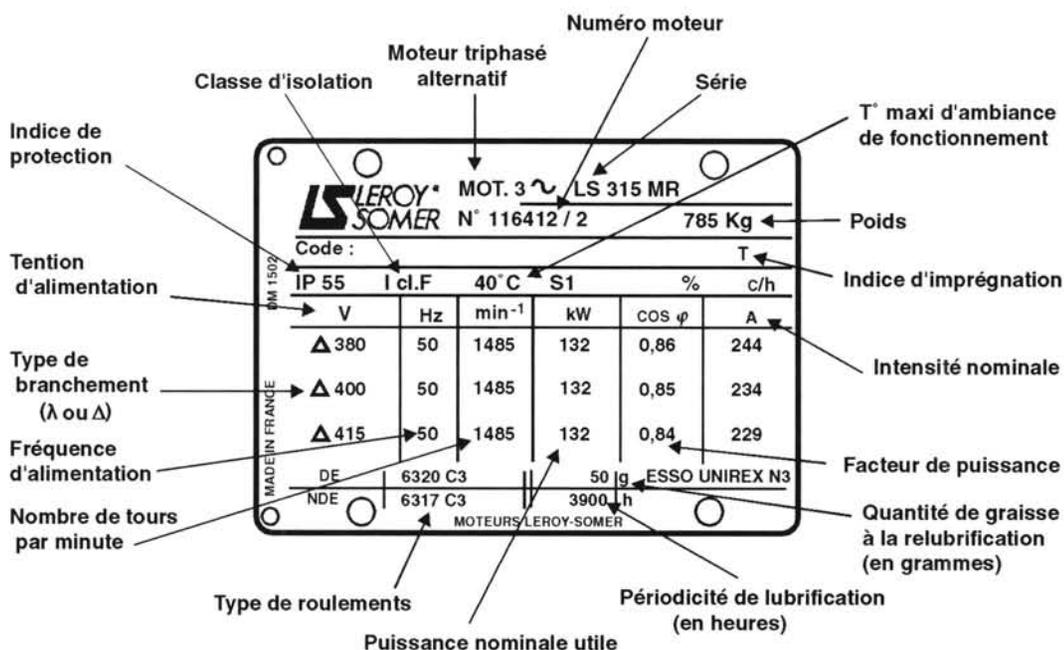


Fig 38 : Moteur bobiné en 400 V triangle

Dispositifs de démarrage

Démarrage direct

Il s'effectue par simple fermeture d'un contacteur ou d'un interrupteur. Le moteur est couplé directement au réseau.

Avantages

- appareillage le plus simple ;
- couple important,
- temps de démarrage minimal.

Inconvénients

- appel de courant important, (le réseau doit le supporter) ;
- démarrage brutal (la machine entraînée doit le supporter. Cela ne pose pas de problème pour les pompes centrifuges employées en irrigation).

Démarrage par couplage étoile (λ) - triangle (Δ)

Les enroulements sont, dans un premier temps, couplés en étoile, puis en triangle. Ce type de démarrage est possible uniquement avec un moteur Δ 400 V sur un réseau de 400 V ou un moteur Δ 230 λ 400 sur un réseau de 230 V.

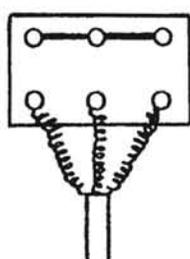
Procédé conseillé pour les machines démarrant à vide ou presque à vide.

Ce procédé est déconseillé pour le démarrage des pompes centrifuges du fait de la coupure d'alimentation entre les couplages λ et Δ .

Il faut tenir compte des nouvelles normes sur la tension d'alimentation en cas d'utilisation d'un ancien moteur.

Couplage "étoile" (λ)

Couplage "triangle" (Δ)



Plaque moteur	
Anciennes	Nouvelles
Δ 220 λ 380	Δ 230 λ 400
Δ 380 λ 660	Δ 400

(Source : AFCP/PRODOC)

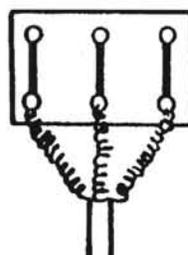
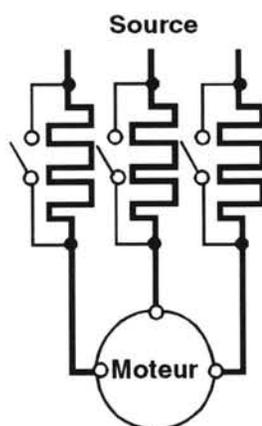


Fig 39 : Barrette de connection du moteur en couplage étoile ou triangle

Démarrage par résistances statoriques

Des résistances insérées sur chaque phase permettent de démarrer le moteur sous tension réduite. Ces résistances sont ensuite court-circuitées en fonctionnement normal.

C'est le type de démarrage le mieux adapté au démarrage des groupes électro-pompes immergés.



Avantages

- appel de courant limité,
- mise en vitesse progressive,
- trois fils de liaison (groupes immergés).

Inconvénients

- couple réduit,
- **limite les démarrages fréquents** (il faut refroidir les résistances).

(Source : Sogreah)

Fig 40 : Dispositif de démarrage par résistances statoriques

Démarrage électronique

Les démarreurs électroniques contrôlent la tension et l'intensité aux bornes du moteur pendant toute la phase de mise en vitesse et permettent des démarrages très progressifs et sans à-coups.

Plusieurs fonctions sont intégrées dans les démarreurs électroniques :

- protection thermique (il n'y a pas besoin de relais thermique),
- contrôle de sous-puissance (en cas de rupture de canalisation par exemple),
- contrôle de surpuissance (en cas de blocage de la pompe par exemple),
- possibilité de ralentissement lent qu'il faut limiter au minimum nécessaire.

Les démarreurs électroniques protègent les canalisations contre certains risques de coups de bélier. Ils ne fonctionnent pas en cas de coupure d'électricité, et les protections antibélier adaptées restent nécessaires.

Protection individuelle du moteur

Les moteurs doivent être efficacement protégés contre :

- **les échauffements** : par des thermo-sondes,
- **les surintensités** : par des relais thermiques,
- **les défauts d'isolation** : par un disjoncteur différentiel (des fusibles ne suffisent pas à assurer une protection efficace sauf pour les courts-circuits francs).

La rédaction de ce chapitre a été assurée par :
M. Crespo (LEROY-SOMER), J.-P. Luc (ENSAAM),
M. Monjoint (KSB S.A), J. Vovard (IDP)

Régulation et automatismes

Les systèmes de régulation permettent d'ajuster, automatiquement ou non, les performances du groupe de pompage aux besoins du réseau de façon à délivrer en toutes circonstances le débit voulu dans les meilleures conditions. Ces systèmes sont commandés par des capteurs.

Capteurs

Les capteurs de pression (manostat, manomètre analogique).

Ils fixent les seuils de pression (manostat) ou délivrent un signal proportionnel à une pression (manomètre analogique).

Les capteurs de débit (palette de débit, débitmètre analogique).

Ils fixent les seuils de débit ou délivrent un signal proportionnel à un débit.

Les capteurs de niveau (poire, électrodes, flotteur).

Ils fixent les seuils de niveau ou délivrent un signal proportionnel à un niveau.

Tous ces capteurs (ou appareils) sont utilisés soit pour gérer des **sécurités** (manque de pression, manque de débit, niveau trop bas), soit pour **asservir des groupes électropompes** à des pressions, débits, niveaux.

Exemple : Une poire permet d'arrêter une station en cas de défaut de présence d'eau.

D'autres capteurs peuvent être utilisés pour les sécurités : capteurs de température, d'intensité ou de puissance.

Systèmes d'arrêt automatique d'une pompe

Arrêt par dépression

Système très utilisé, quand l'enrouleur a terminé sa position.

Une **vanne de décharge** s'ouvre et fait chuter la pression dans le réseau.

Cette chute est détectée par un manostat placé sur le refoulement de la pompe et commande l'arrêt de la pompe.

- Les contraintes de pression sur les canalisations sont très faibles.
- Le manostat doit être réglé correctement pour éviter les surdébits.

Arrêt par surpression

Utilisé quand il y a plusieurs enrouleurs sur la canalisation.

En fin de position, l'enrouleur ferme automatiquement son arrivée d'eau et fait ainsi monter la pression dans le réseau. Cette montée en pression, détectée par un manostat, stoppe la pompe qui doit avoir une caractéristique "tombante" (forte variation de pression associée à une faible variation de débit). Autre possibilité : voir *arrêt par débit minimal*.

Arrêt par relais d'intensité

Lorsque le débit de la pompe diminue, la puissance absorbée par le moteur diminue aussi. On peut donc asservir l'arrêt du moteur à un seuil de puissance.

Ce montage permet d'arrêter des moteurs montés sur des pompes à courbe caractéristique très plate, et à courbe de puissance très montante alimentant plusieurs arroseurs.

Arrêt par débit minimal

Un capteur de débit détecte la diminution de débit et arrête le groupe électropompe pour la valeur réglée. Ce système permet d'assurer de façon efficace l'arrêt des pompes à caractéristique très plate ou présentant peu de variation de la puissance absorbée.

Vanne de régulation - une régulation simple pour les petites stations

La variation de débit est obtenue par fermeture ou ouverture d'une vanne de régulation située dans le réseau.

Les vannes de régulation peuvent être à membrane, à papillon, à opercule... ; elles sont actionnées manuellement ou par un système électrique, pneumatique ou hydraulique.

Ce système de régulation est largement utilisé en irrigation : il est pratiquement le seul moyen de régulation sur les petites installations. La vanne permet de faire chuter la pression jusqu'à obtenir la pression souhaitée lue sur un manomètre à l'aval. La régulation est dite à pression aval ou à pression amont constante, selon le cas.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle simple par un manomètre situé à l'aval de la vanne, - Bon marché, - Fonctionne manuellement ou automatiquement (vanne motorisée ou hydraulique) : possibilité d'automatisation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Surconsommation d'énergie, - Plage d'utilisation limitée, - Usure plus rapide de la vanne.

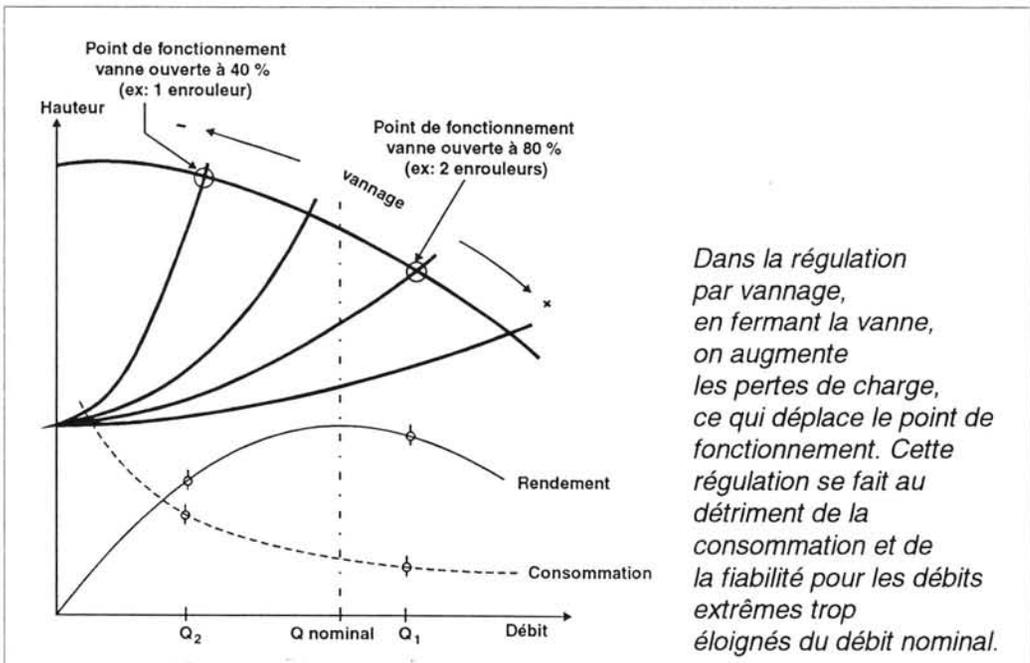


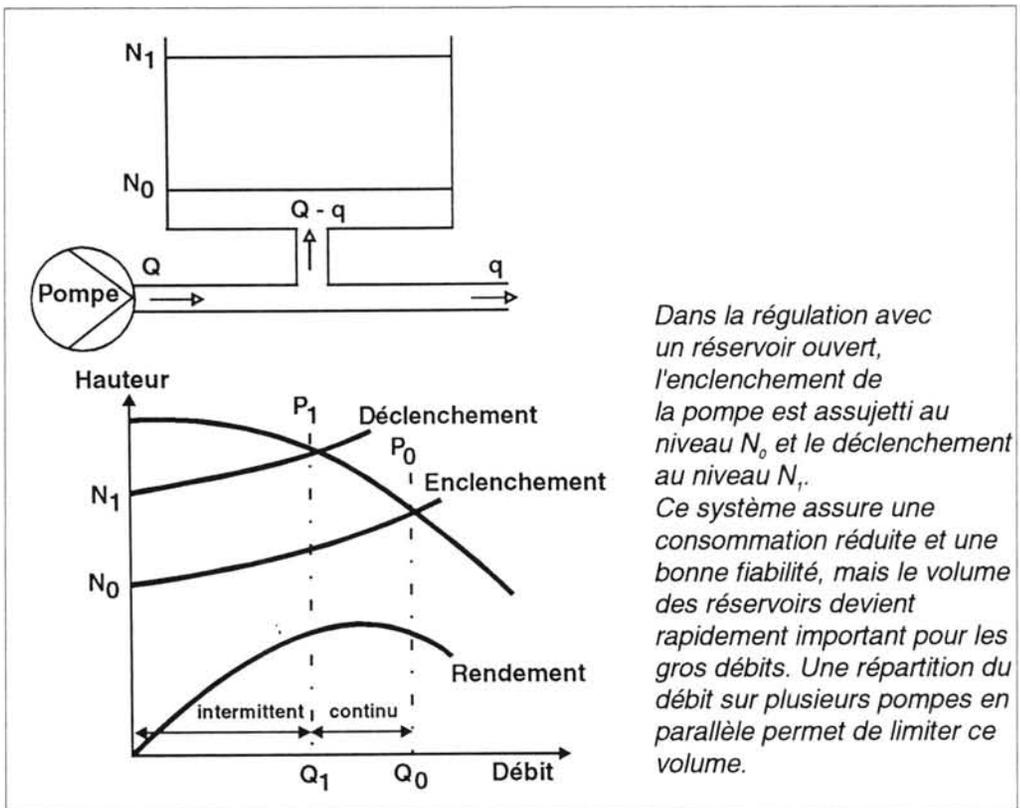
Fig 41 : Régulation d'une pompe par vannage

Autres moyens de régulation pour des stations plus importantes

Volume tampon

Ce système consiste à incorporer dans le réseau un volume tampon constitué par un réservoir ouvert ou fermé (réservoir sous pression) et à faire fonctionner la pompe à proximité du débit nominal au meilleur rendement.

Le fonctionnement de la pompe est assujéti à des niveaux ou à des pressions dans le réservoir tampon. Ce système conduit, selon la valeur du débit appelé dans le réseau, à un fonctionnement permanent ou intermittent de la pompe.



Dans la régulation avec un réservoir ouvert, l'enclenchement de la pompe est assujéti au niveau N_0 et le déclenchement au niveau N_1 . Ce système assure une consommation réduite et une bonne fiabilité, mais le volume des réservoirs devient rapidement important pour les gros débits. Une répartition du débit sur plusieurs pompes en parallèle permet de limiter ce volume.

Fig 42 : Régulation au moyen d'un réservoir ouvert

Régulation manodébitométrique ou débitométrique

La marche et l'arrêt des groupes de pompage sont asservis au débit appelé sur le réseau (capteurs de débit).

Ces régulations sont largement utilisées pour des installations de taille moyenne. Elles permettent d'assurer les plus grands débits tout en maintenant un rendement énergétique acceptable.

Attention : La diminution ou l'augmentation des pertes de charge entre la sortie de la station et l'entrée du réseau intervient sur **les réglages des moyens de régulation.**

Pompes centrifuges à vitesse de rotation variable

Avec les pompes centrifuges à vitesse de rotation variable, on peut obtenir une plage étendue de pression et de débit (courbe caractéristique variable) en agissant uniquement sur la vitesse de rotation. En effet, le débit varie comme la vitesse de rotation et la hauteur comme le carré de la vitesse. Une variation de plus ou moins 20 % de la vitesse de rotation est pratiquement sans conséquence sur le rendement.

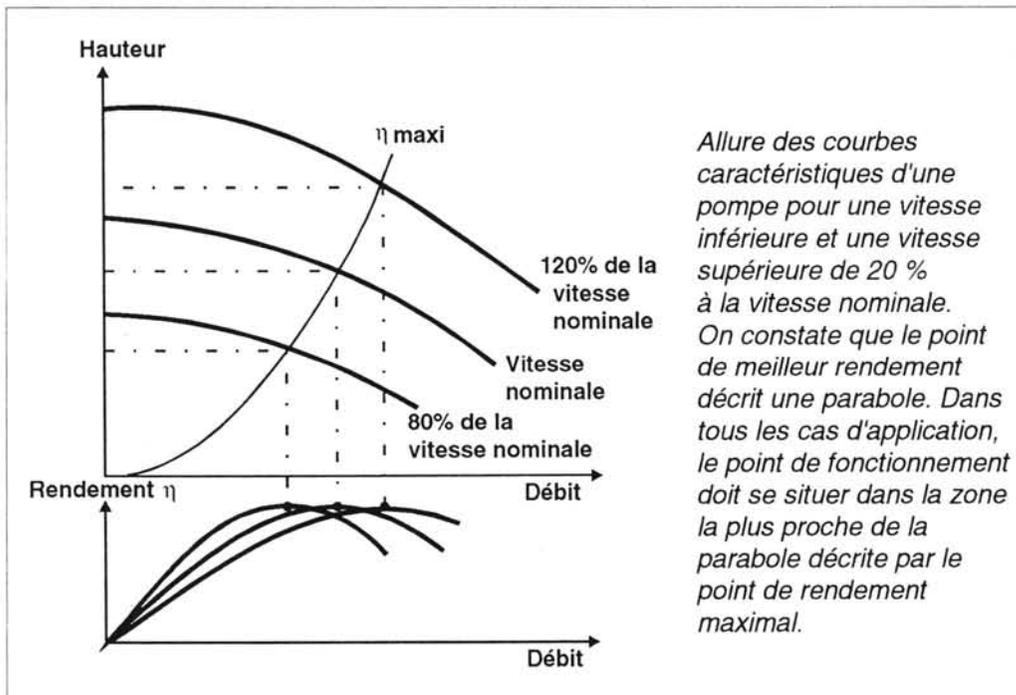


Fig 43 : Courbes caractéristiques d'une pompe à vitesse variable

La consigne de régulation peut être asservie au **débit** (le débit est maintenu constant en asservissant la vitesse de rotation de la pompe à un capteur de débit), à la **pression**, au **niveau** ou à la **courbe réseau** (la vitesse de rotation de la pompe est asservie à un régulateur intégrant la courbe réseau).

Technique de l'entraînement à vitesse variable

Le système électrique est pratiquement le seul utilisé actuellement. En dehors du coupleur dont les applications sont limitées, la fréquence variable est applicable aussi bien pour les moteurs de surface que pour les moteurs submersibles ou immergés (respecter impérativement les recommandations du constructeur) qui équipent les groupes électropompes courants. De plus, ces groupes peuvent être alimentés directement par le réseau électrique en cas de défaillance du variateur de fréquence et assurer ainsi un secours automatique à vitesse fixe.

La rédaction de ce chapitre a été assurée par :
D. Baudequin (Cemagref), **D. Colin** (CDA Deux-Sèvres),
P. Delcros (CDA Landes), **J.-P. Lemery** (PEME),
M. Monjoint (KSB S.A), **M. Moreau** (AFCP), **J. Vovard** (IDP)

Montages hydrauliques

En vue d'éviter de graves incidents de fonctionnement tels que cavitation ou désamorçage, il convient d'observer un certain nombre de règles, voire d'utiliser certains matériels spécifiques.

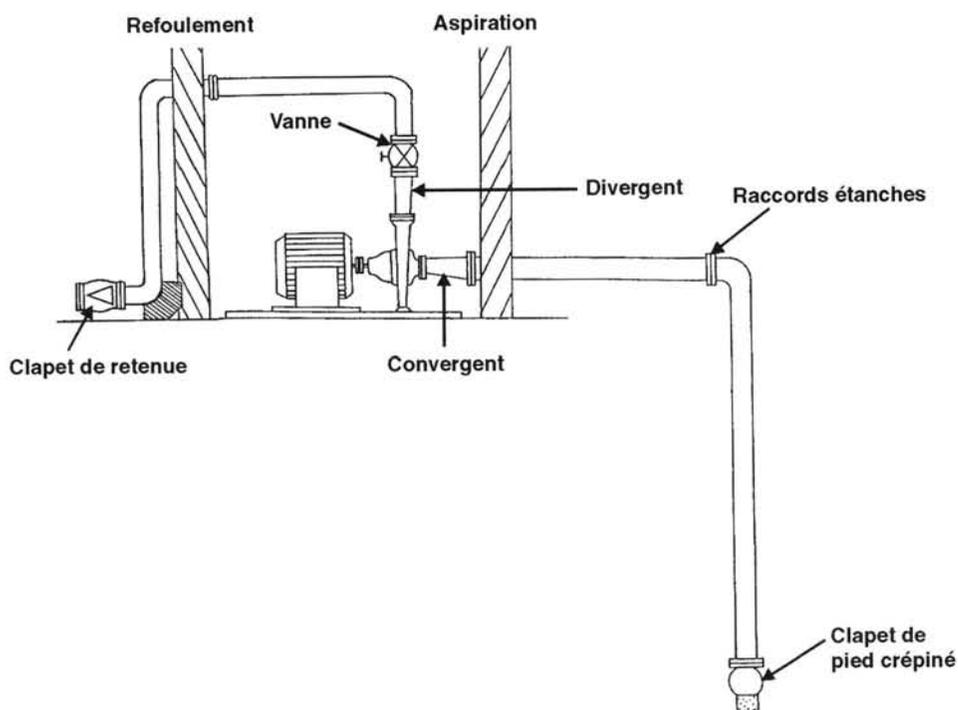


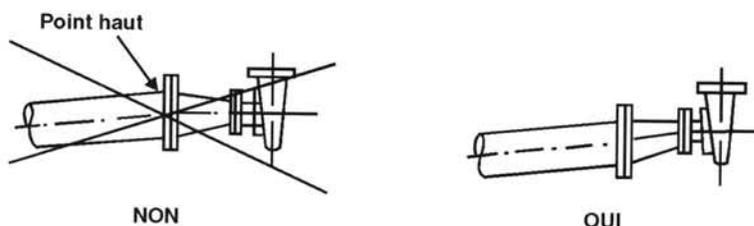
Fig 44 : Schéma de principe d'une installation de pompage

Installation de la tuyauterie d'aspiration

Il faut éviter les entrées d'air et la formation de poches d'air :

- La conduite d'aspiration doit être adaptée en diamètre, longueur, qualité de matériau (résistance à l'écrasement et à la dépression) et les raccords doivent être étanches (cf. chapitre "La prise d'eau").

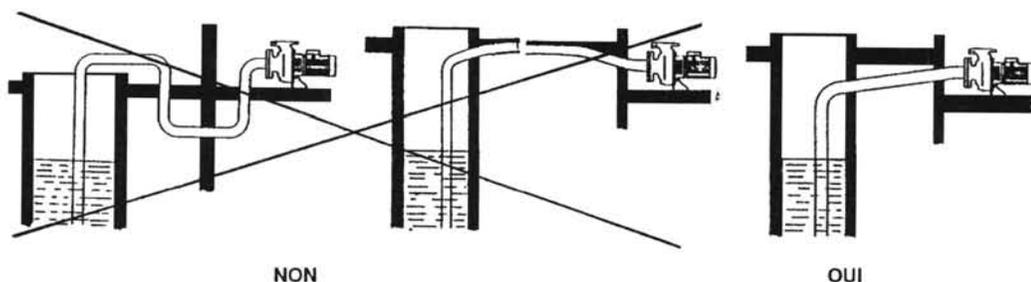
- Le tuyau d'aspiration ayant un diamètre en général supérieur à celui de la bride d'aspiration, il est relié à la pompe par un **convergent dont la génératrice supérieure doit être montante ou horizontale** de façon à éviter les points hauts où l'air s'accumulerait.



(Source : AFCP/PRODOC)

Fig 45 : Raccordement du convergent d'aspiration

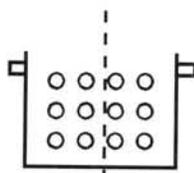
- La tuyauterie d'aspiration doit être la plus courte possible, en **pente montante de 2 % minimum** du bassin d'alimentation vers la pompe. Ceci permet d'évacuer les bulles d'air en permanence.
- Les **contre-pentes sont à proscrire.**



(Source : Agri-Nathan "Les pompes en agriculture")

Fig 46 : Disposition d'une tuyauterie d'aspiration

Une **crépine**, cylindre perforé, permet de retenir les corps étrangers :



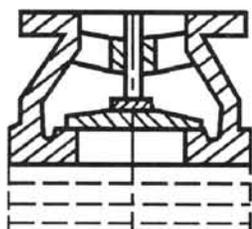
(Source : membre de l'AFCP)

Fig 47 : Coupe schématique d'une crépine

- elle doit être placée à une distance minimale de la surface de l'eau et des parois de la prise d'eau (cf. chapitre "La prise d'eau") ;
- elle doit être nettoyée pour éviter l'obstruction qui engendrerait une perte de charge supplémentaire et éventuellement une cavitation.

Le surdimensionnement est toujours favorable.

Un **clapet de pied**, souvent associé à la crépine, permet :



(Source : membre de l'AFCP)

Fig 48 : Coupe schématique d'un clapet de pied

- le remplissage de la conduite d'aspiration,
- de maintenir la colonne d'eau dans la conduite d'aspiration et le corps de pompe.

Attention : En cas de fuite du clapet de pied, la colonne peut se vider et il faut réamorcer la pompe !

Dans le cas d'aspiration en charge, une **vanne d'aspiration** permet d'intervenir sur la pompe sans vidange de la ressource :

- elle doit toujours être **ouverte au maximum pendant le fonctionnement**.
- elle doit être de type "vanne à passage direct" et située en amont de la pompe, à une distance minimale de trois fois le diamètre du tuyau.

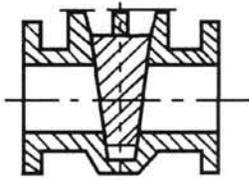
Installation de la tuyauterie de refoulement

Il faut penser à **évacuer l'air** de l'installation de refoulement :

- une **pente montante** du refoulement est vivement conseillée. Dans le cas où les points hauts ne peuvent être évités, installer des robinets de purge d'air ou des ventouses.
- le diamètre du tuyau de refoulement étant supérieur à celui de la bride de refoulement de la pompe, on utilise un **divergent**. Sa longueur doit être au moins égale à sept fois la différence de diamètre entre l'orifice de refoulement et la tuyauterie.

Toute l'installation, de la pompe au clapet de retenue, doit être métallique et solidement fixée.

Une **vanne de refoulement** est **obligatoire**, car les pompes doivent démarrer vanne fermée. Cette vanne doit être manœuvrée progressivement pour éviter notamment les coups de bélier. Elle permet :



Vanne à opercule

(Source : membre de l'AFCP)

Fig 49 : Coupe schématique d'une vanne à opercule

- de remplir le réseau,
- de limiter la puissance absorbée au démarrage,
- de régler **éventuellement** débit et pression,
- d'isoler l'installation en cas de démontage ou réparation.

Les **coudes** doivent être le moins nombreux possible et à **grand rayon de courbure**.

Un **clapet de retenue** permet :

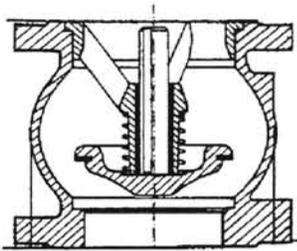


Fig 50 : Coupe schématique d'un clapet à guidage axial

- d'empêcher l'inversion du débit d'eau lors de l'arrêt de la pompe (dévirage de la pompe),
- de ne pas soumettre la conduite d'aspiration à la pression de refoulement,
- de protéger **éventuellement** les pompes à l'arrêt de coups de bélier venant du réseau.

Attention : se méfier des by-pass utilisés pour le réamorçage qui mettent la conduite d'aspiration en pression.

Le clapet de retenue doit être disposé de façon à ne transmettre aucune contrainte sur le corps de pompe.

Remarque : Un montage vanne-clapet-divergent est employé sur les petites installations à la place du montage divergent-clapet-vanne pour des raisons économiques. Ce montage diminue le rendement de l'installation, augmente les contraintes mécaniques sur la pompe et risque de nuire à la fiabilité de ces accessoires.

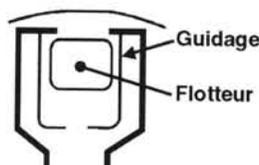
Protection de l'installation contre les accidents hydrauliques

Dans les petites stations, où les vitesses de circulation sont relativement faibles et où l'arrêt de la pompe se fait par chute de pression (cf. chapitre "Régulation et automatismes"), les risques de coups de bélier sont très limités si la vanne de refoulement est manipulée lentement.

La protection est assurée par des ventouses placées en extrémité et aux points hauts du réseau pour éliminer l'air.

Dans les stations alimentant plusieurs équipements, en situation de grand dénivelé ou de régulation automatique, les équipements antibélier sont obligatoires. On pourra utiliser :

- Pour limiter les dépressions : les ventouses.



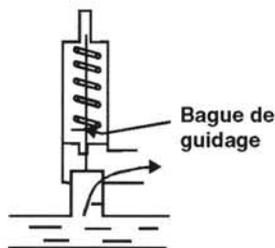
(Source : ENGREF)

Fig 51 : Ventouses

Elles permettent :

- l'entrée d'air en cas de vidange ou de dépression,
- la sortie d'air pendant le remplissage,
- le dégazage du réseau.

- Pour limiter les surpressions : les soupapes.



(Source : ENGREF)

Fig 52 : Soupape

Dès que la pression du réseau dépasse la pression de tarage, le clapet se soulève et l'eau s'échappe. Le clapet reprend sa place lorsque la surpression disparaît.

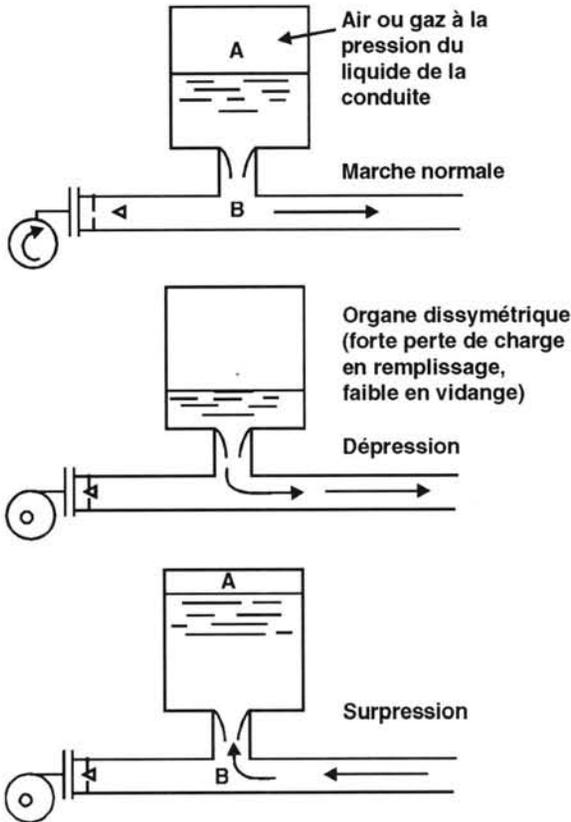
La phase dangereuse de surpression est ainsi écrêtée.

Attention : risque de dysfonctionnement en eau chargée ou après un arrêt prolongé.

- Pour limiter dépression et surpression : le réservoir d'air ou ballon antibélier.

En marche normale, l'eau traverse la canalisation principale à son débit nominal.

La pression du ballon (A) est égale à celle du réseau (B). Le ballon stocke un volume d'eau.



(Source : ENGREF)

Fig 53 : Schéma de principe d'une protection par ballon antibélier

Si la pompe s'arrête, il se produit une dépression dans la canalisation.

Le ballon antibélier prend provisoirement le relais de la pompe et fournit de l'eau au réseau, réduisant ainsi la dépression.

En fin de vidange, c'est l'eau du réseau qui va remplir le ballon jusqu'à ce que les pressions A et B soient de nouveau en équilibre après quelques oscillations dépression / surpression.

Le ballon doit être correctement dimensionné (volume d'air, volume d'eau) et faire l'objet d'une étude particulière.

Compacts et fiables, les équipements antibélier doivent être systématiquement entretenus et contrôlés périodiquement (au moins une fois par an).

La rédaction de ce chapitre a été assurée par :
P. Delcros (CDA Landes), **G. Descauses** (SICA Duret),
J.-P. Luc (ENSAAM), **M. Monjoint** (KSB S.A),
M. Moreau (AFCP), **J. Vovard** (IDP)

Montage du groupe de pompage

Le montage du groupe de pompage impose de respecter certaines règles et précautions pour éviter les problèmes de fonctionnement, d'usure, de nuisances et de gel, pour être conforme aux normes et règlements en vigueur.

Mise en place des groupes de surface

Le groupe électropompe, monté sur un socle, doit être scellé sur un massif de béton légèrement surélevé par rapport au sol et quatre à cinq fois plus lourd que le groupe (la masse volumique d'un bon béton est de 2 200 kg/m³).

Lors de la mise en place, il faut veiller à l'horizontalité et à l'alignement du groupe :

- la partie supérieure du massif doit être horizontale,
- le socle est fixé et calé sur le massif,
- le groupe est calé, aligné et bloqué sur le socle.

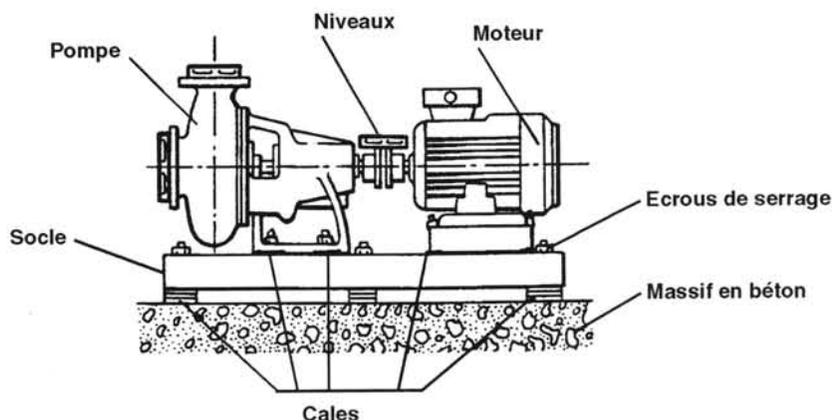


Fig 54 : Schéma de montage d'un groupe électropompe de surface

Remarque : l'alignement pompe-moteur doit être réalisé par l'installateur, après mise en place définitive du groupe, raccordement et remplissage des tuyauteries ; l'installateur engage alors sa responsabilité.

Montage des tuyauteries

Raccordement à la pompe

Les tuyauteries ne devront exercer aucune contrainte sur la pompe.

Elles ne doivent pas agir anormalement sur le corps de pompe, ni par leur poids, ni en transmettant des efforts de pression, ni par le jeu des dilatations : les éléments à raccorder ou les tuyaux à raccorder doivent se présenter exactement **en regard des orifices correspondants de la pompe** et n'être montés qu'en dernier lieu, une fois la pompe correctement mise en place.

Les efforts supportés par les tuyauteries doivent être repris par des butées et jamais par la pompe.

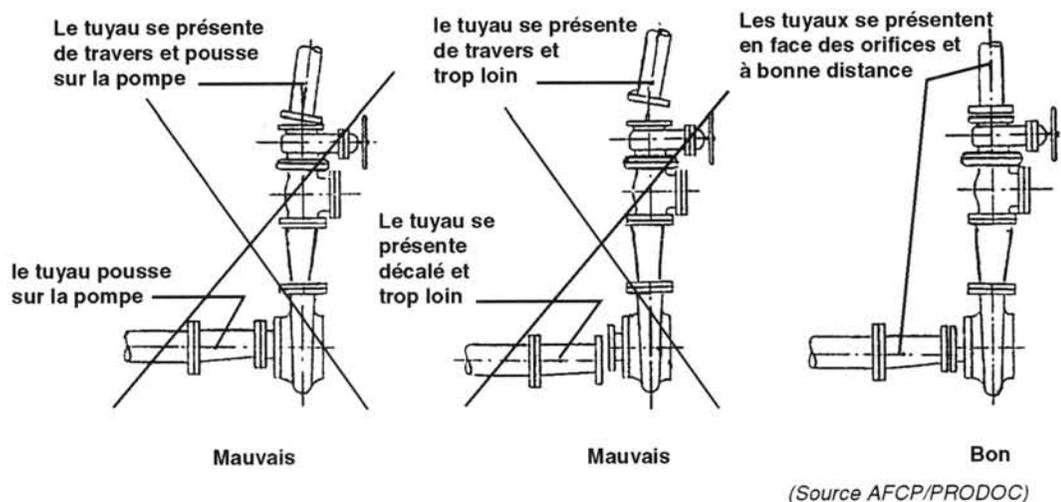


Fig 55 : Raccordement de la pompe au réseau

La conduite d'aspiration

- La conduite d'aspiration doit résister à l'écrasement, car elle est en dépression.
- Les raccords doivent interdire les entrées d'air, causes fréquentes du désamorçage de la pompe.

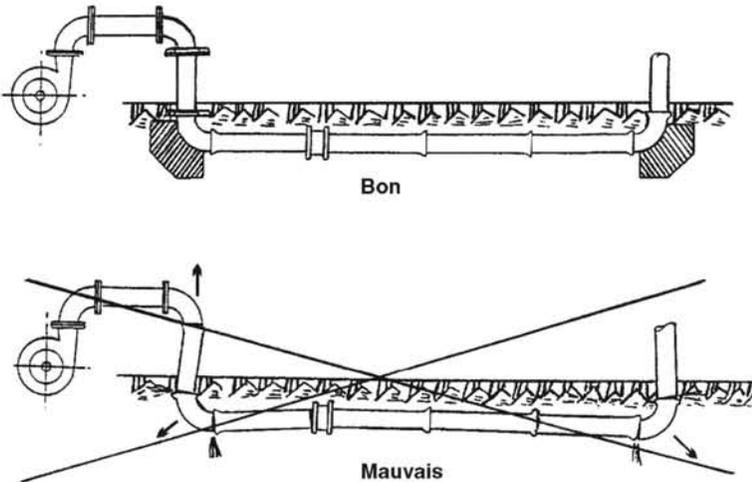
- Les raccords à manchon fileté, les tubes et raccords en PVC collé sont à éviter.

La conduite de refoulement

Moyennant quelques précautions, la liaison entre les éléments de tuyauterie pourra être exécutée avec des raccords :

- à manchons filetés et raccords Union,
- par soudage (tuyaux en acier),
- à brides,
- à emboîtement,
- flexibles.

Lorsque la tuyauterie est enterrée, l'utilisation de raccords à emboîtement nécessite d'épauler tous les changements de direction et toutes les fins de ligne par des butées en béton capables de résister à la pression qui tend à déboîter les raccords.



(Source : AFCP/PRODOC)

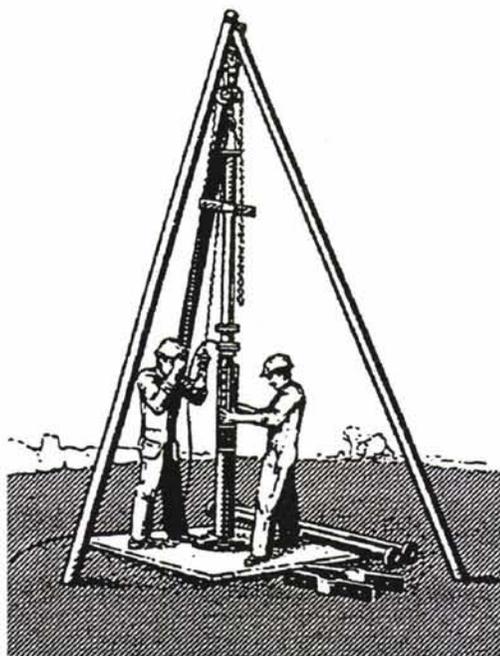
Fig 56 : Schéma de reprise des efforts sur les conduites

Avant de refermer la tranchée de la conduite, vérifier l'étanchéité de l'installation.

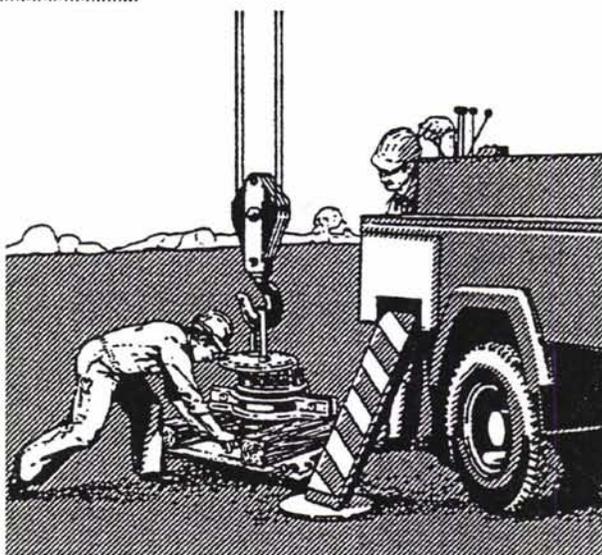
Lorsque la tuyauterie est en surface, elle doit être amarrée au moyen de colliers placés tous les 2,5 m et à chaque changement de direction.

Mise en place des groupes immergés

La descente du groupe dans le puits ou le forage impose l'emploi d'un engin de levage, chèvre et palan, machine de forage, voire d'une grue.



Installation verticale (groupe léger)



Installation verticale (groupe lourd)

Source (membre de l'AFCP)

Fig 57 : Montage de groupes immergés

Elle se fera en respectant les étapes suivantes :

- raccorder un premier élément de tube au refoulement de la pompe, et suspendre l'ensemble par un collier serré à la partie supérieure,
- placer sur le puits ou le forage deux fers en "U" en ne laissant entre eux que l'espace nécessaire au passage du tube,
- descendre le groupe jusqu'à faire reposer le collier sur les fers en "U",
- raccorder un second élément de tube au bout duquel on aura fixé un autre collier,
- suspendre l'ensemble pendant le retrait du premier collier.

Poursuivre ensuite l'opération, élément après élément, jusqu'à l'immersion complète du groupe.

Pendant toutes ces opérations, prendre soin de ne pas détériorer le câble électrique, que l'on déroule au fur et à mesure de la descente du groupe et que l'on fixe à la colonne de refoulement à l'aide de colliers tous les deux mètres environ. **Le câble est livré avec la pompe, il doit être conforme aux normes.**

Les colliers sont serrés de façon à ce que le câble ne puisse glisser vers le bas sous l'action de son propre poids ; en outre, il ne doit pas frotter contre la paroi du forage : on évite cet incident en pratiquant dans les brides de la colonne montante une encoche dans laquelle le câble viendra se loger.

Il est conseillé d'accoler à la colonne montante de la pompe un tube en polyéthylène ou en PVC rigide, de diamètre 25, qui permettra de descendre une sonde électrique ou une poire de contrôle du niveau d'eau.

Le groupe mis en place est définitivement suspendu par le collier-support du dernier élément de colonne montante, lui-même boulonné sur deux fers en "U" (appelés communément "Jésus") placés de part et d'autre de l'ouverture du forage et fermement fixés à la sortie du forage.

Il existe deux types de colonnes :

- **colonne en acier** :
 - . vissée jusqu'à 3 pouces,
 - . à brides (plus résistante),en fonction du débit et de la longueur de la colonne ;
- **colonne souple** de type Well-Master.

Attention :

- Descendre le groupe à une profondeur telle que le niveau dynamique de la nappe soit au moins à la hauteur spécifiée par le constructeur, ou à défaut à 0,5 m au-dessus de la bride de refoulement du groupe,
- Conserver une distance minimale de 2 m entre le pied du groupe immergé et le fond du forage pour qu'il n'y ait pas d'envasement,
- Placer le groupe au dessus de la crépine du forage pour que la circulation d'eau assure le refroidissement du moteur,
- Réaliser, si nécessaire, un jupage du groupe ou du moteur en cas d'arrivée d'eau au-dessus de la crépine.

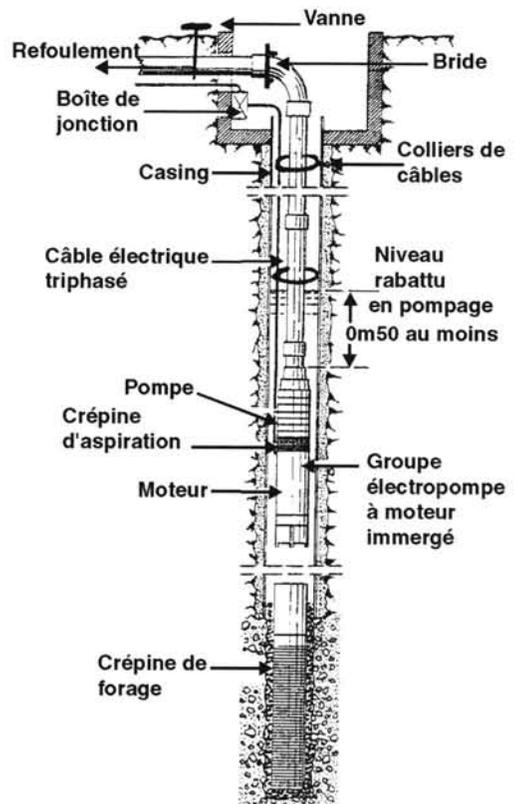


Fig 58 : Schéma de montage d'un groupe immergé

Local de pompage

Le local doit être inaccessible au public, ventilé et isolé.

L'implantation du local de pompage doit minimiser la hauteur d'aspiration, la longueur des conduites, et tenir compte des risques d'inondation.

Le bâtiment sera construit sur une dalle en ciment avec un dispositif d'écoulement d'eau et de récupération des eaux du presse-étoupe.

Une isolation sonore de la salle de pompage peut s'avérer nécessaire selon la proximité du voisinage :

- des murs épais recouverts de matériaux "absorbant les bruits" (liège, laine de verre, laine de roche, polystyrène, emballages d'œufs...) assurent un minimum d'isolation,
- des pièges à sons aux entrées et sorties d'air peuvent s'avérer utiles.

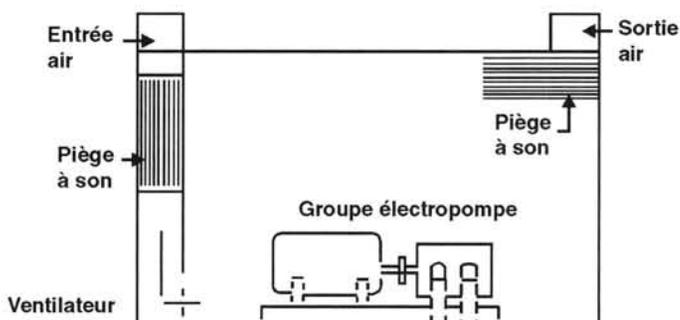


Fig 59 : Place des pièges à sons dans un local de pompage

Il est impératif de disposer dans le local de la notice d'entretien du groupe électropompe. Celle-ci sera bien en vue et protégée de l'humidité par une pochette étanche.

Elle sera utile lors de toute opération de maintenance.

Recommandations

***en application de la Directive européenne 89/392
concernant la sécurité des machines et la protection
des personnes***

1. S'assurer que les groupes électropompes sont en conformité avec les directives européennes :
 - pour le moteur seul : déclaration d'incorporation jointe au moteur,
 - pour la pompe seule : déclaration d'incorporation jointe à la pompe,
 - pour le groupe électropompe (pompe et moteur accouplés) : déclaration de conformité jointe au groupe avec marquage CE sur le groupe.
2. Respecter scrupuleusement les instructions de sécurité spécifiées par le constructeur de la machine dans sa notice d'installation de mise en route et d'entretien.

3. S'assurer que le personnel, responsable de l'installation, possède les qualifications et la compétence nécessaires.
4. S'assurer que toutes les précautions sont présentes pour éviter d'exposer des personnes à des dangers électriques, mécaniques, thermiques, acoustiques, chimiques..., en conformité avec les directives européennes et les réglementations locales en vigueur.

La rédaction de ce chapitre a été assurée par :
J. Boussaguet (CDA Haute-Garonne), **P. Delcros** (CDA Landes),
G. Duval (Groupe coopératif occitan), **M. Lesbats** (CACG),
M. Monjoint (KSB S.A), **M. Moreau** (AFCP), **J. Vovard** (IDP)

Alimentation et commande des groupes électriques

L'emplacement du poste de livraison est déterminé, en accord avec le distributeur d'électricité, en fonction de l'implantation de la station de pompage. Il est le plus souvent placé en bordure de voie publique afin de faciliter l'accès au distributeur.

Tarifification EDF

Le tarif de l'électricité comprend :

- une prime fixe annuelle, fonction de la puissance souscrite,
- le prix du kWh qui dépend de la tension utilisée, de la saison et de la période horaire de la journée (heures de pointe, pleines ou creuses).

Alimentation en basse tension : livraison en 400 V triphasé, parfois en 230 V (rare).

Le tarif appliqué est le **tarif bleu** pour des puissances de 3 à 36 kVA, ou le **tarif jaune** pour des puissances de 36 à 250 kVA. Le transformateur appartient au syndicat d'électrification ou à EDF.

Alimentation en moyenne tension : livraison de l'électricité à 20 kV (pour des puissances supérieures à 250 kVA).

Le tarif appliqué est le **tarif vert**, qui recouvre quatre tarifs de base en fonction de la durée des utilisations. La puissance est souscrite en chaque point pour trois ans et peut varier selon la période tarifaire. L'acquisition du transformateur est à la charge du client ainsi que son entretien.

La meilleure méthode de choix est de chiffrer les dépenses annuelles à différents tarifs en simulant le fonctionnement de la station pendant une année.

Pour chaque tarif, et particulièrement pour le tarif bleu, il existe l'option EJP (Effacement Jour de Pointe) qui permet de bénéficier d'une énergie moins chère 343 jours par an et d'une énergie plus chère pendant 22 jours consécutifs compris entre le 1^{er} novembre et le 31 mars.

Cette option est parfaitement adaptée à l'irrigation estivale.

Armoire de commande

Elle permet à l'utilisateur de mettre en marche et d'arrêter son installation (bouton marche-arrêt), et d'avoir accès aux sécurités et au circuit de puissance.

Elle doit être de dimensions suffisantes pour permettre un entretien aisé, un dépannage rapide et des adjonctions de matériels non prévus au départ.

Elle comporte des appareils de contrôle, du relayage et de l'appareillage de puissance, qui devront être largement dimensionnés du point de vue de l'intensité nominale.

L'armoire doit comporter des organes de **visualisation du fonctionnement** :

- **des témoins de signalisation** indiquant la marche ou l'arrêt du matériel et les défauts (**un témoin par défaut**),
- un **ampèremètre** et un **voltmètre** en face avant des armoires ou tableaux de commande, pour contrôler l'intensité et la tension à tout moment ,
- un ou plusieurs **compteur(s) horaire(s)**, permettant de contrôler le temps de fonctionnement des pompes ou de l'installation, et de planifier ou programmer les opérations d'entretien.

L'armoire contient aussi deux circuits distincts : le circuit de puissance et le circuit de commande.

Le circuit de puissance : il est alimenté sous une tension de 400 ou 380 volts.

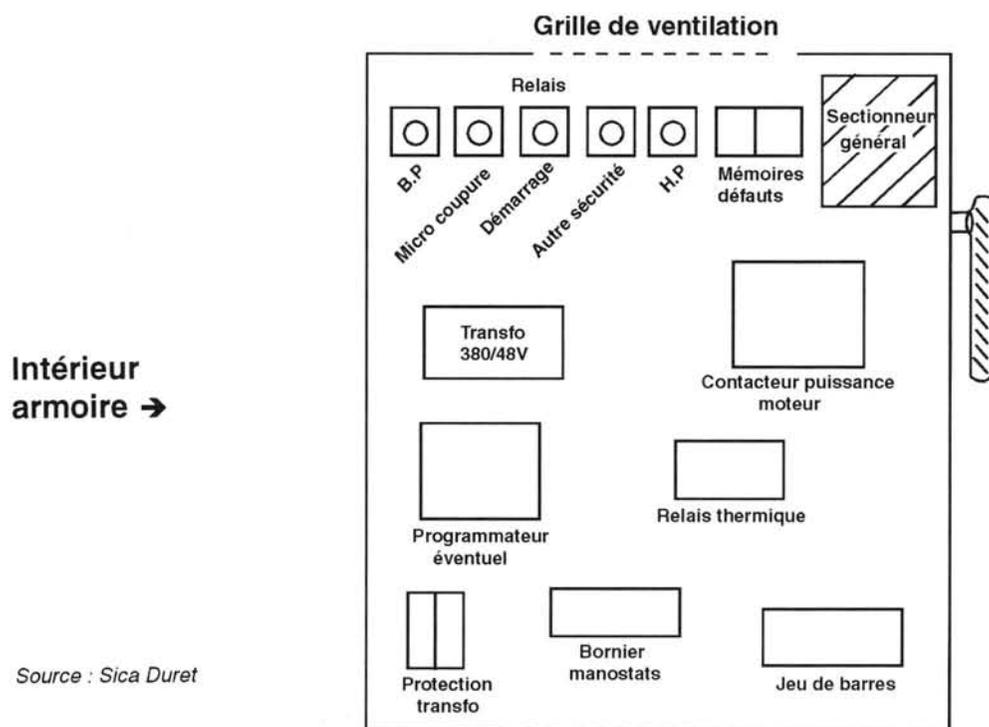
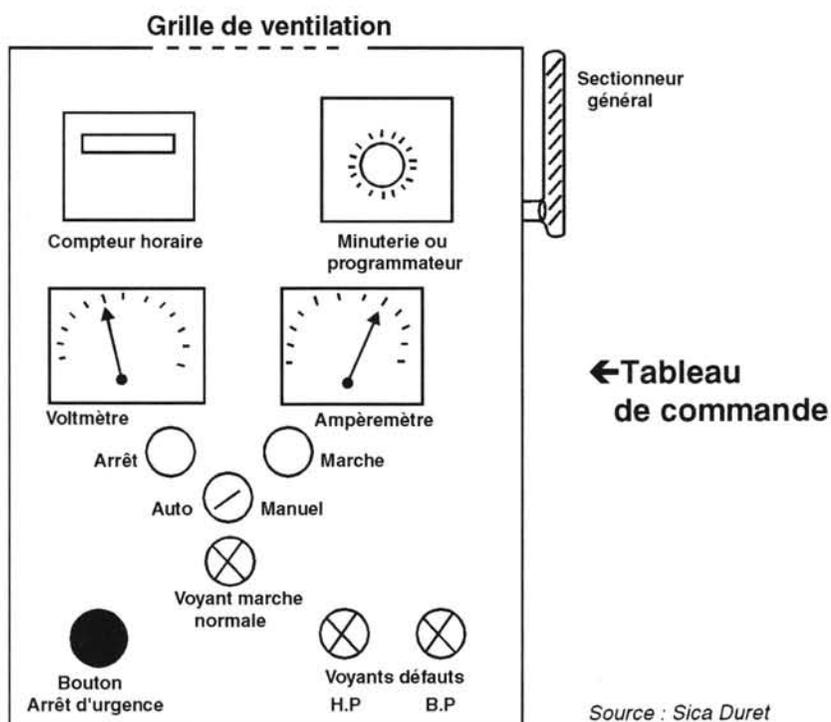


Fig 60 : Exemple de schéma d'une armoire de commande

On doit y trouver un **disjoncteur adapté à la puissance du moteur**, sinon on court le risque de ne pas détecter les défauts et de détruire les organes électriques.

Le circuit de commande : il est alimenté sous une tension de 48 ou 24 volts.

On y trouve les circuits de commande ainsi que les relais de protection et de temporisation :

- **en liaison directe avec les machines tournantes** :
 - . **relais voltmétrique** pour assurer la protection contre le manque de phase,
 - . **relais wattmétrique** contre la marche à vanne fermée ou le désamorçage,
- **assurant une fonction de mesure ou de sécurité** : manostat, interrupteur à flotteur, niveau bas, sondes thermiques, etc.

Attention :

Après un arrêt sur défaut, le redémarrage est toujours **manuel**, car il est nécessaire de vérifier que les défauts ont bien disparu avant de redémarrer.

A titre d'exemple, deux schémas sont donnés figure 60, page 87 : l'un du tableau de commande et l'autre de l'intérieur de l'armoire. Ils montrent l'équipement minimum dont on doit disposer dans chaque cas.

Attestation de conformité de l'installation

Le distributeur d'énergie, avant de mettre sous tension l'installation électrique, est tenu d'exiger la remise d'une attestation de conformité de cette installation aux règlements et normes de sécurité en vigueur.

L'installation doit donc être contrôlée et agréée par des associations de type APAVE, VERITAS... (cf. annexe 2).

La rédaction de ce chapitre a été assurée par :
J. Boussaguet (CDA Haute-Garonne), **G. Descauses** (SICA Duret),
G. Duval (Coopérative agricole du Lauragais)

Réception et mise en route

Nous indiquons ici les principales vérifications à faire à la livraison des petites installations.

Les grosses installations des ASA (Associations syndicales autorisées d'irrigation) et des SAR (Sociétés d'aménagement régional) font l'objet de procédures officielles spéciales de réception.

Une fois le montage terminé par les installateurs (plombier, électricien, mécanicien...), **il s'agit de livrer la station de pompage en état de marche au client.**

Contrôles visuels et vérification des montages mécaniques

Conformité du montage : groupe, clapet, vannes, raccords, etc.

Fixations et serrage.

Alignement et libre rotation des groupes.

Vérifications électriques avant mise en route

Conformité des équipements et du montage. Agrément électrique.

Vérification du couplage du moteur en fonction de la tension d'alimentation électrique et mesure d'isolement.

Tests des disjoncteurs et sécurités.

Mise en route

Cette opération est à faire **en présence du ou des installateur(s) et du client.**

Pour des raisons de sécurité, il faut obligatoirement avoir une personne prête à couper instantanément l'alimentation électrique pendant ces essais (disjoncteur ou arrêt d'urgence).

S'assurer avant tout que la pompe et la tuyauterie d'aspiration sont bien remplies d'eau.

Les étapes à respecter sont :

- A** - Mise sous tension du moteur pendant une seconde : vérification du sens de rotation (pour les pompes à axe vertical, respecter les instructeurs du constructeur).
- B** - Démarrage du moteur en position "manuel", vanne de refoulement ouverte, jusqu'au plein régime. Fermeture progressive de la vanne et vérification pendant quelques secondes que la pression à débit nul est conforme.
- C** - Ouverture progressive de la vanne pour remplir l'installation (mettre en circuit un équipement d'irrigation).
Quand le réseau est rempli, ouvrir complètement la vanne de refoulement et attendre que la pression se stabilise.
Vérification du comportement de l'ensemble : montages, soudures, raccords.
- D** - Augmenter la pression jusqu'à la limite haute pression, en général 20 à 30 % au-dessus de la pression de service selon le cas.
Vérifier le fonctionnement à cette limite de pression : vibrations, fuites, comportement à l'arrêt.
- E** - Remettre l'installation en marche normale manuelle, basculer en automatique, puis procéder aux essais des sécurités basse et haute pressions.

Pendant ces étapes, on relèvera l'intensité absorbée et les tensions par phase. On doit avoir des phases équilibrées et un comportement normal des groupes (pas de vibrations, d'échauffement ou de coup de clapet).

Vérifier le presse-étoupe : il doit être uniquement serré à la main lors de la mise en route pour ensuite être resserré jusqu'au gouttage continu après quelques heures de fonctionnement.

S'assurer que le local et les armoires sont correctement ventilés.

L'ensemble de ces essais doit être fait en présence de l'irrigant qui reçoit toutes les explications concernant ces manipulations.

L'utilisateur devra faire au moins une mise en route devant les installateurs en respectant la procédure suivante :

- fermeture de la vanne de refoulement ;
- coupure générale de l'armoire ;
- vérification de l'amorçage ;
- mise sous tension et démarrage du moteur ;
- ouverture progressive de la vanne jusqu'à la pression désirée. L'intensité lue alors sur l'ampèremètre ne doit pas dépasser la valeur maximale prévue pour le moteur. On ne doit pas entendre de cavitation ;
- une fois la pression atteinte, passer en automatique (activation des sécurités).

L'installateur consignera toutes les valeurs mesurées pendant l'opération sur un procès-verbal.

Le client doit être en possession du **schéma électrique de l'armoire**, de la **notice d'entretien** et de la **courbe de la pompe**.

Recommandations

en application de la Directive Européenne 89/392 concernant la sécurité des machines et la protection des personnes

1. Respecter scrupuleusement les instructions de sécurité spécifiées par le constructeur de la machine dans sa notice d'installation de mise en route et d'entretien.
2. Ne jamais dépasser les limites d'utilisation de la machine spécifiées par le constructeur (pression, débit, température, vitesse de rotation).

3. Vérifier que tous les dispositifs de protection sont bien en place et correctement fixés.
4. S'assurer que toutes les précautions sont prises pour éviter d'exposer des personnes à des dangers électriques, mécaniques, thermiques, acoustiques, chimiques... en conformité avec les directives européennes et les réglementations locales en vigueur.

La rédaction du chapitre "Réception et mise en route" a été assurée par :

P. Delcros (CDA Landes), **G. Descausses** (SICA Duret)

G. Duval (Groupe coopératif occitan)

M. Monjoint (KSB S.A), **M. Moreau** (AFCP), **J. Vovard** (IDP)

Exploitation et entretien

L'entretien de la station de pompage conditionne directement sa durée de vie (objectif : 10 ans minimum) : il ne faut pas le négliger.

Pendant la saison d'irrigation, les consignes de mise en route et d'entretien doivent être respectées. A la fin de la saison, il faut prendre certaines précautions pour maintenir le matériel en bon état.

Entretien électrique

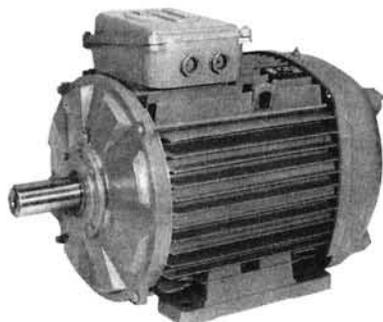
Moteur

Vérifications électriques

- Lors de la première mise en route, **vérifier l'isolement du moteur** avant de l'utiliser sous peine de claquer le bobinage : il doit être en général supérieur à 10 megohms.
- Vérifier la conformité du couplage moteur par rapport à la tension du réseau.
- Après un arrêt prolongé en atmosphère humide (inondation), envoyer le moteur à l'étuvage pour le faire sécher.

Roulements - graissage

- Les moteurs sont graissés en usine avec une graisse à base de savon de lithium :
 - utiliser une graisse de même composition pour les graissages périodiques (se référer à la notice) ;
 - l'intervalle entre deux graissages est de 1000 à 2000 heures. Renouveler le bouchon de graisse après un arrêt prolongé (≥ 1 an).
- Attention** aux excès de graisse.
- La détérioration ou l'usure des roulements provoque des bruits et vibrations inhabituels : les remplacer pour ne pas risquer un blocage.



Source : Leroy-Somer

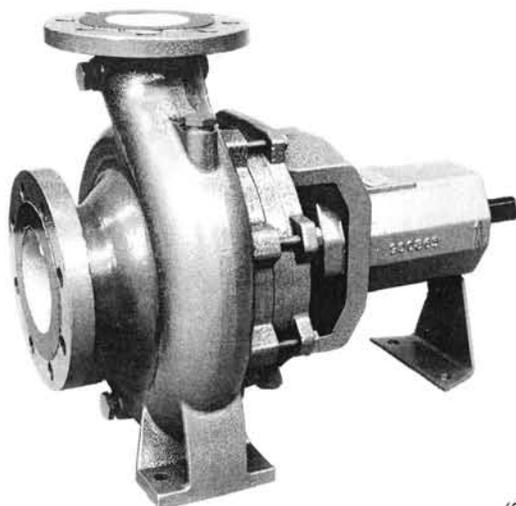
Ventilation - S'assurer que la circulation d'air ne soit pas réduite par obturation partielle de la grille d'aspiration

Armoire et alimentation

- Vérifier que les voyants de l'armoire fonctionnent bien.
- Prévoir une protection contre les rongeurs.
- Eviter les entrées d'humidité et prévoir éventuellement des produits contre l'oxydation.
- Vérifier le serrage des contacts.

Fig 61 : Entretien du moteur électrique

Entretien hydraulique



(Source : membre de l'AFCP)

Fig 62 : Entretien de la pompe

1. Surveillance du presse-étoupe

- Un certain temps de rodage est nécessaire avant que le presse-étoupe fraîchement garni atteigne sa pleine étanchéité ; il faut pendant cette période le contrôler fréquemment.
- Par la suite, **s'assurer que le presse-étoupe goutte légèrement** et juger du serrage en faisant tourner la pompe à la main : **le serrage ne doit pas sensiblement augmenter la résistance à la rotation**. Le presse-étoupe ne doit pas chauffer
- Si le débit de fuite est excessif, on peut resserrer *modérément* le presse-étoupe en prenant soin de serrer tous les écrous à la fois pour que son enfoncement soit bien régulier et parallèle. Si la fuite continue à être exagérée, même après un serrage modéré, il faut refaire la garniture.

Remarque : Si la garniture est mécanique, elle doit être parfaitement étanche. Elle peut perdre quelques gouttes dans la période de mise en route, mais la fuite doit disparaître dès que les éléments d'étanchéité sont rodés.

2. Surveillance des paliers

Les deux paliers extérieurs qui assurent la rigidité de l'arbre doivent être graissés régulièrement, le graissage dépendant du type de palier :

Type de palier	Lubrification
Paliers à graissage : - par bagues (huile), - à billes avec réserve d'huile.	Renouveler l'huile tous les ans en moyenne, et surtout avant qu'elle ne noircisse. A chaque changement, nettoyer.
Paliers avec réserve de graisse.	Remplir les graisseurs et tourner le chapeau de deux ou trois tours toutes les 50 heures de marche.
Paliers à billes étanches à réserve de graisse.	En principe, aucun entretien n'est nécessaire pour ces paliers qui sont sensés être graissés à vie.
Paliers à roulements non étanches.	Graisser toutes les 1 000 à 2 000 heures avec quelques grammes, comme indiqué dans la notice d'entretien.

D'une manière générale, **éviter les excès de graisse** pouvant entraîner des échauffements nuisibles. A la fin de la saison, un appoint de graisse sera réalisé pour :

- ~ renouveler le joint de graisse au passage de l'arbre,
- ~ protéger les roulements de l'oxydation.

3. Nettoyage de la crépine

La crépine doit être propre.

Chaque fois qu'il y a un problème hydraulique, vérifier d'abord la crépine et la nettoyer si nécessaire.

La fréquence du nettoyage dépend de la propreté de l'eau, mais aussi de la saison (chute de feuilles...).

4. Précautions en cas d'arrêt prolongé

- **Vidanger** la pompe et les tuyauteries en laissant entrer l'air aux points hauts : ouverture de tous les robinets.
- Les pompes vidangées peuvent éventuellement être protégées de l'oxydation par un rinçage, une pulvérisation ou un remplissage avec un produit de protection : **attention** à la compatibilité avec les produits de protection.
- **Faire tourner le groupe de temps en temps** pour éviter son gommage et le maintenir en état de marche.
- Avant de remettre la pompe en marche vérifier que :
 - ~ la pompe tourne librement à la main,
 - ~ l'éventuel accouplement est resté bien aligné,
 - ~ la fixation et l'état du socle sur le massif sont corrects.

5. Précautions contre le gel

- Dès que la température risque de descendre au-dessous de 0°C et que la pompe doit s'arrêter un certain temps (la nuit par exemple), vidanger la pompe et les tuyauteries.
- Cette manœuvre est inutile lorsque le groupe se trouve dans un local protégé du gel et que les tuyauteries extérieures sont calorifugées ou enterrées
- Les problèmes sont généralement limités avec des groupes électropompes immergés : vider la partie de tuyauterie soumise à l'action du gel.

Procédures à suivre en cas d'incidents de marche

Incident	Cause	Remède	Sécurité
La pompe se désamorçe après un arrêt de plusieurs heures.	Le clapet de pied n'est pas étanche.	Vérifier le clapet de pied.	Pressostat court-circuité par un relais temporisé. Permet le démarrage, mais arrête la pompe si la pression normale n'est pas atteinte en fin de temporisation
La pompe se désamorçe après plusieurs heures de fonctionnement.	<ul style="list-style-type: none"> - Point haut sur l'aspiration. - Prise d'air au presse-étoupe ou sur la conduite d'aspiration. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier l'aspiration : la conduite doit être en pente montante et il ne doit pas y avoir de point haut ni de prise d'air. - Vérifier le presse-étoupe. 	<ul style="list-style-type: none"> - Arrêt par chute de pression. - Arrêt par relais d'intensité.
La pompe cavite. Usure rapide de l'hydraulique.	Hauteur d'aspiration ou débit trop important et supérieur aux valeurs max. prévues : <ul style="list-style-type: none"> - abaissement excessif du niveau dynamique, - mauvais choix de la pompe, - inadéquation du matériel d'irrigation. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fermer la vanne jusqu'à ce que la cavitation cesse. - Vérifier la crépine et contrôler l'aspiration. - Contrôler le refoulement (fuites, déboîtements). 	

Incident	Cause	Remède	Sécurité
Le surpresseur cavite. Usure rapide de l'hydraulique.	Mêmes raisons que dans le cas précédent, et : - usure de la pompe d'exhaure, - pression dynamique du réseau insuffisante.	- Utiliser la station dans la plage de débit prévu. - Vérifier la pression d'alimentation du surpresseur.	Manostat sur l'aspiration du surpresseur.
Débit trop faible en sortie de pompe (moyen d'observation : intensité absorbée par le moteur trop faible).	- Corps étrangers. - Hauteurs d'aspiration ou de refoulement supérieures à celles prévues. - Pertes de charge anormales à l'aspiration ou au refoulement. - Anomalies de l'alimentation électrique.	- Purger. - Vérifier les pressions. - Vérifier que les tuyaux ne sont ni écrasés, ni bouchés. - La crépine d'aspiration doit être propre. - La (les) vanne(s) de refoulement doivent être bien ouvertes.	Relais d'inversion et de défaut de phase.
La pompe chauffe.	- Vanne de refoulement, fermée ou clapet bloqué, - Désamorçage, - Manque d'entretien.		Sonde thermique sur le corps de pompe.
Le moteur chauffe.	- Sous-tension ou anomalie de l'alimentation électrique, - Surdébit, - Manque d'entretien.		Sonde thermique dans le bobinage du moteur.

Recommandations

en application de la Directive Européenne 89/391 concernant la sécurité des machines et la protection des personnes

1. Respecter scrupuleusement les instructions de sécurité spécifiées par le constructeur de la machine dans sa notice d'installation, de mise en route et d'entretien.
2. S'assurer que le personnel, responsable de l'exploitation et de l'entretien, possède les qualifications et la compétence nécessaires.

3. Maintenir, à tout moment, le local propre et le dégager de tout objet ou obstacle dangereux.
4. S'assurer, avant toute intervention, que les mesures nécessaires sont prises pour éviter une mise en marche involontaire et que des pancartes, bien visibles, indiquent clairement que des travaux sont en cours.
5. Ne jamais modifier une machine sans l'autorisation du constructeur.
6. Utiliser toujours des pièces de rechanges d'origine pour satisfaire aux exigences techniques et de sécurité définies par le constructeur.
7. Toute maintenance ou réparation importante seront, de préférence, confiées au constructeur ou à un réparateur agréé.
8. S'assurer que toutes les précautions sont prises pour éviter d'exposer des personnes à des dangers électriques, mécaniques, thermiques, acoustiques, chimiques..., en conformité avec les Directives Européennes et les réglementations locales en vigueur.

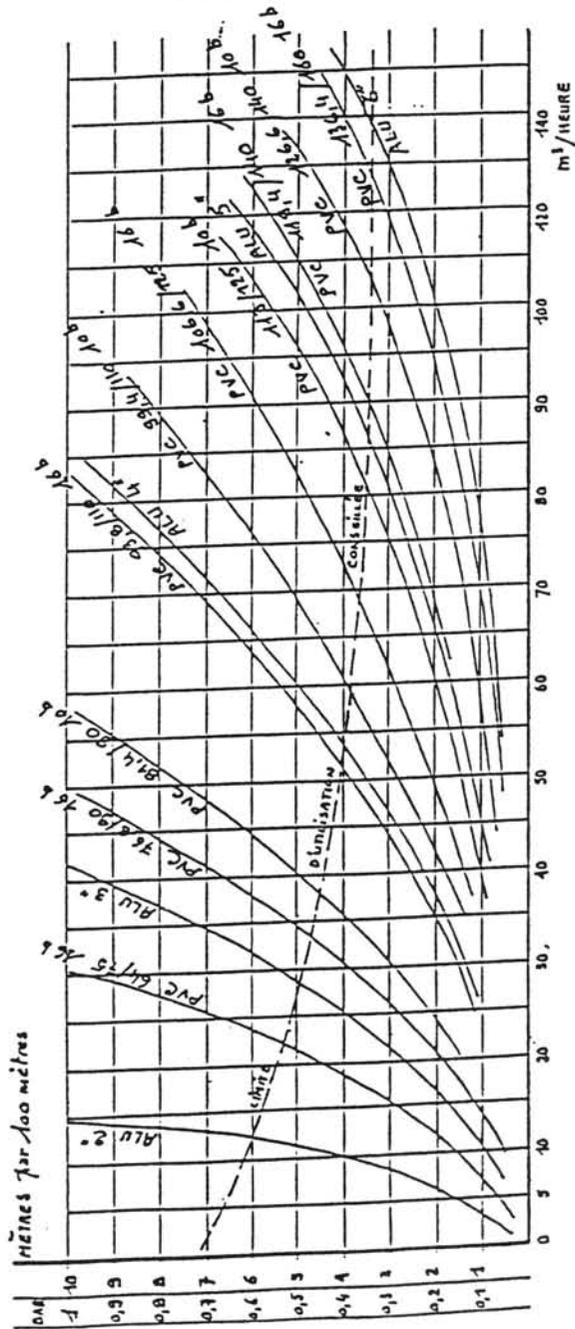
La rédaction du chapitre "Exploitation et entretien" a été assurée par :
J. Boussaguet (CDA Haute-Garonne),
G. Duval (Groupe coopératif occitan), **M. Lesbats** (CACG),
M. Monjoint (KSB S.A), **M. Moreau** (AFCP), **J. Vovard** (IDP)

Annexes

- Annexe 1** - Détermination des pertes de charge
- exemple d'abaque pour les canalisations d'amenée en aluminium et en PVC ;
 - exemple de tableau des pertes de charge dans les pièces spéciales.
- Annexe 2** - Exemple de fiche d'examen de l'installation électrique

Annexe 1 : Détermination des pertes de charge

Canalisations Alu et PVC



(Source BCMA)

Pertes de charge linéaires

Pertes de charge dans les clapets droits en mm de hauteur d'eau

Débit en m ³ /h	Diamètre nominal en mm													
	3/4 pouce ou 21 dit 21/27	1 pouce ou 27 dit 26/34	1 1/4 pouce ou 36 dit 33/42	1 1/2 pouce ou 41 dit 40/49	2 pouces ou 52 dit 60/60	60	70	80	100	125	150	175	200	
0,2	100													
0,6	115	100	100											
0,7	140	115	100											
1	170	135	110	100										
1,5	245	170	130	105	100									
2	335	210	150	125	100									
3		335	200	155	110	100								
4		500	260	185	130	110	100	100						
5			345	220	155	120	100	100						
6			450	270	175	130	105	100						
7			640	320	195	140	110	100						
8			650	390	220	150	120	105	100					
9				465	250	165	130	110	100					
10				545	280	180	135	115	100					
12				765	345	210	150	125	100	100				
15				1120	475	265	185	145	100	100				
20					790	385	250	185	120	100	100			
25					1120	520	325	225	140	105	100	100		
30						710	410	280	165	120	100	100	100	
40							620	410	210	140	110	100	100	
50							910	585	270	170	125	100	100	100
60								810	340	205	145	110	100	
70								1100	420	240	165	125	100	
80									510	275	185	135	105	
100									740	360	230	160	120	
150										650	365	240	175	
200											540	340	235	

(Source : AFCP/PRODOC)

Pertes de charge dans divers accessoires

Pertes de charge exprimée en long. équivalente de tuyauterie droite en m						
φ de tuyauterie	Clapet de pied crépine	Coude à 90° à visser	Coude à 90° à bride	Robinet à soupape	Vanne à passage direct	Clapet de retenue
25	4	1		10		6
32	5	1,3		13		7
40	7	1,6		16		8
50	9	2	0,7	20	0,5	10
65	11	2,6	0,9	26	0,6	10
80	15	3,2	1,1	45	0,9	12
100	20	4	1,4	45	0,9	12
125	26		1,7		1,1	15
150	34		2,1		1,4	18
200	46		2,6		1,8	24

(Source : membre de l'AFCP)

ANNEXE AU RÉSUMÉ
DE CONCLUSION

Nom et adresse de l'établissement : Mr Flavie Jean-Jacques - Le Brésil,
Payra-sur-l'Hers Commune : Castelnaudary Département : 11400

Alimentation : HT-BT-méno - BT tri (1) - Puissance souscrite : Tarif jaune - Nombre de comptages du distributeur : 1
disjoncteur calibré à 120 A
Règles applicables à l'installation (1) : NFG-13.108 - NFG-13.200 - NFC 15.100 - NFG-15.150
18/7/1976 - 25/6/1980 14/11/1988

DÉSIGNATION DES LOCAUX		SURFACE en m ²		EFFECTIF		CLASSEMENT	
		Public	Total	Public	Personnel	Type	Catégorie
Sous-sol							
Rez-de-chaussée							
Étages							

INSTALLATIONS ELECTRIQUES (1)	Contrôle (2)		Influences extérieures	Noms et adresses des installateurs (3)	Avancement des travaux
	OUI	NON			
H.T.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
B.T.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	BOZ HS	M ^r ROLAND Sire Marcien Gaudin Castelnaudary	Terminé
Chaufferie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Frigorifiques	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Enseignes H.T.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Extérieures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
Logement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			

(1) Rayer les rubriques sans objet - (2) Mettre une croix dans les cases correspondantes - (3) Normis ceux s'effectuant que la pose des appareils d'utilisation

PRÉCISIONS ÉVENTUELLES

→ Appareils installés

- 2 appareils d'éclairage de classe II
- 4 poses de courant
- Pompe de 22kw et 20kw.

apave
Association des Propriétaires d'Appareils
à Voltage et Electriciens du Sud-Est
Région 058 - 38920 LATTES
TEL (043) 85 72 82 Montpellier

Établi le : 16/06/92 par M. A. ROY : Signature et cachet du vérificateur

Source : Groupe Coopératif Occitan

**Réseau national expérimentation démonstration
Secteur hydraulique agricole**

BP 5095, 34003 Montpellier Cedex1 - Tél. 67 63 57 95 - Télex 490990F



9 782853 624336

Prix : 90 F

ISBN 2-85362-433-1