

Pompes domestiques et surpresseurs

Alimentation en eau des maisons rurales

par **Yves POULLIN**

*Ingénieur de l'École Nationale Supérieure des Arts et Métiers
et de l'École Nationale Supérieure d'Hydraulique et de Mécanique de Grenoble
Directeur attaché à la Direction de Pompes Sihi*

1. Choix du système de pompage	C 3 830 - 2
1.1 Pompes à piston	— 2
1.2 Pompes centrifuges	— 2
1.3 Pompes auto-amorçantes à canal latéral	— 3
1.4 Pompes pour puits semi-profonds	— 3
1.4.1 Pompes avec hydro-éjecteur	— 4
1.4.2 Pompes auto-amorçantes suspendues	— 4
1.5 Groupes électropompes immergés	— 4
2. Détermination de la pompe	— 5
2.1 Calcul du débit	— 5
2.2 Calcul des pressions	— 6
2.3 Calcul de la hauteur d'aspiration	— 6
3. Réservoirs	— 7
3.1 Réservoirs de stockage à ciel ouvert au grenier	— 7
3.2 Réservoirs hydropneumatiques	— 7
3.2.1 Détermination du volume	— 8
3.2.2 Renouvellement d'air	— 9
3.2.3 Réservoirs à membrane	— 9
4. Installations. Règles générales	— 9
4.1 Variation de niveaux	— 9
4.2 Sens de rotation	— 9
4.3 Appareillage électrique	— 9
4.4 Garanties données par le constructeur	— 10
5. Renseignements à fournir	— 10
6. Rappel de quelques renseignements pratiques	— 10
6.1 Lois de variation des vitesses	— 10
6.2 Débit d'eau, hauteur et portée de jet des ajutages et tuyères	— 10
6.3 Raccordement à la boîte à bornes d'un moteur	— 11
6.4 Ligne électrique d'alimentation	— 11
6.5 Tuyauterie	— 11
Pour en savoir plus	Doc. C 3 830

Le développement important de l'électrification des zones rurales et celui des programmes de construction et de réhabilitation ont entraîné, au cours des vingt dernières années, un accroissement indéniable des équipements d'adduction d'eau, tant collectifs qu'individuels.

Malgré cela, les réseaux communaux ou intercommunaux ne sont pas toujours en mesure d'assurer la desserte des maisons isolées, des fermes et en général des habitations et bâtiments situés à l'écart.

Pour ces besoins, il est possible d'obtenir une distribution automatique par la mise en place d'un petit groupe électropompe autonome assurant, à partir d'un puits, d'une source, l'alimentation de différents points d'eau : cuisine, salle de bains, robinets de jardin pour arrosage, lavage, etc.

*Ce type d'installation reste d'actualité lorsque l'on dispose d'une alimentation électrique et d'une source d'eau à proximité et ce d'autant que le coût auquel revient le mètre cube d'eau ainsi distribué est modique. Bien entendu, il est absolument nécessaire, avant de réaliser ce genre d'installation, de s'assurer que l'eau disponible à partir d'un puits ou d'une source est potable et propre à la consommation domestique (article **Traitement individuel des eaux domestiques** [C 3 840] dans ce traité).*

Il faut ajouter qu'une installation individuelle d'alimentation en eau peut être consacrée aussi, en partie ou exclusivement, à l'arrosage, à l'alimentation du bétail.

Les prix du mètre cube d'eau distribué par le Syndicat communal local ou les sociétés de distribution d'audience nationale sont extrêmement variables (depuis 1 F environ jusqu'à plus de 8 F, en 1990).

Ces écarts considérables peuvent être justifiés par les travaux de génie civil réalisés, la mise en place d'appareils de contrôle et d'automatisation, les dispositifs de stérilisation.

L'amplification des mesures de prévention contre la pollution des eaux et de sauvegarde des ressources laisse prévoir que le coût de l'eau distribuée continuera d'augmenter, confirmant la compétitivité de l'installation individuelle.

Par exemple, un groupe de pompage autonome équipé d'un moteur de 0,75 kW, pouvant assurer un débit de 2 m³/h et ne nécessitant qu'un entretien réduit, conduit à des frais d'exploitation modestes voisins de 0,25 F/m³ (en 1990), correspondant à la dépense de courant électrique. Ainsi, l'écart avec le tarif des sociétés distributrices peut permettre d'amortir rapidement les coûts d'installation.

1. Choix du système de pompage

Il existe différents systèmes de pompage, et leur choix sera fait en fonction des impératifs propres à chaque installation.

1.1 Pompes à piston

Constituées d'un piston se déplaçant dans un cylindre, ces appareils, soit à simple, soit à double effet, engendrent en général des pressions élevées. Leur débit, pulsatoire, nécessite la présence d'un réservoir d'air, afin de régulariser l'écoulement du fluide.

Ajoutons à cela que, basées sur un principe volumétrique, ces pompes risquent, en cas d'obturation accidentelle du refoulement, de provoquer des pressions prohibitives. Un appareillage de sécurité, soupape de décharge ou contacteur manométrique par exemple, est donc nécessaire.

Ce type de pompe bénéficie d'un rendement élevé. On les retrouve le plus souvent dans l'équipement des puits semi-profonds (§ 1.4), où elles sont commandées depuis le sol par une tringlerie classique.

Néanmoins, dans les installations individuelles, on leur préfère souvent les pompes centrifuges (§ 1.2) ou auto-amorçantes (§ 1.3), lesquelles fonctionnent sans clapet et ont, en outre, l'avantage de pouvoir être entraînées directement par un moteur électrique, sans l'intermédiaire de poulies et de courroies.

1.2 Pompes centrifuges

Ces appareils simples de conception, souples dans leur emploi, d'entretien réduit et d'un prix modéré, bénéficient d'une audience très favorable et sont extrêmement répandus.

Une roue à aubes, appelée souvent *impulseur*, tournant à grande vitesse, projetée à l'extérieur, par la force centrifuge, le liquide qu'elle entraîne dans sa rotation. L'écoulement se fait régulièrement et la grande vitesse obtenue (énergie cinétique) est transformée en pression (énergie potentielle) avec toutefois une valeur maximale produite à débit nul. Ce dernier point élimine évidemment tout risque de surpression dangereuse en cas de tuyauterie de refoulement fermée ou obstruée.

Ce type de pompe nécessite, au démarrage, d'effectuer les opérations d'amorçage habituelles, c'est-à-dire de remplir d'eau le corps de pompe et toute la tuyauterie d'aspiration, le clapet prévu à l'extrémité de cette tuyauterie étant, pour ce faire, indispensable.

Pour faciliter cette opération, la tuyauterie d'aspiration doit être en pente régulière jusqu'à la pompe et ne présenter aucune contre-pente (points hauts ou bas), donc aucune possibilité de poches d'air.

Correctement amorcée, la pompe centrifuge fonctionne alors normalement, mais il faut se souvenir que toute entrée d'air intempestive même légère (fuite ou baisse anormale du niveau dans le puits), va entraîner le désamorçage, l'interruption du débit et le fonctionnement à sec de l'appareil, lequel peut être ainsi très gravement endommagé.

Ce type de pompe est en général utilisé pour les hauteurs d'aspiration allant jusqu'à 7 m, voire 7,50 m. Cette valeur constitue habituellement un maximum qui doit être confirmé par le constructeur, en fonction des conditions de marche et selon le type de pompe, les capacités d'aspiration étant variables d'une pompe à l'autre.

1.3 Pompes auto-amorçantes à canal latéral

Appelées également *pompes à anneau liquide* ou à *amorçage automatique*, ces appareils de plus en plus répandus jouissent d'une faveur grandissante, due aux avantages indéniables qu'ils présentent par rapport aux autres conceptions.

Largement répandues dans l'industrie, ces pompes procurent aux utilisateurs particuliers une sécurité et une facilité d'emploi indéniables, en évitant toutes les opérations fastidieuses et parfois complexes d'amorçage.

Leur aptitude à aspirer et à refouler indifféremment de l'eau, de l'air, ou un mélange de ceux-ci, les fait s'imposer dans chaque cas où les conditions d'aspiration sont délicates (grande longueur de tuyauterie, contre-pentes, mauvaise étanchéité des puits ou des raccords, etc.). En outre, le fait que les opérations d'amorçage soient supprimées évite, quand la tuyauterie est courte, de prévoir un clapet de pied : il suffit, avant la première mise en route, et ce une fois pour toutes, de remplir la pompe de liquide. D'ailleurs, les orifices sont prévus de façon telle qu'à chaque arrêt, la pompe reste pleine de liquide.

Pouvant refouler l'air aspiré, ces pompes sont donc susceptibles de renouveler le matelas d'air dans les réservoirs hydropneumatiques (§ 3.2), sans faire appel pour cela à un dispositif spécial (Giglair, Injectair, Insuflair, par exemple) ou à un compresseur auxiliaire.

Au point de vue fonctionnement (figure 1), les pompes à canal latéral comportent essentiellement un impulseur à ailettes radiales, dans lequel l'admission d'eau est latérale et distribuée sur quelques ailettes seulement. Il se produit, en cours de pompage, et sur une très faible partie de la périphérie, un mouvement du liquide entre deux ailettes, analogue à celui d'un piston. En phase d'amorçage, l'air accumulé à la base des ailettes est chassé par un orifice approprié et conduit vers le refoulement.

Ajoutons à cela que le corps de refoulement jouxtant l'impulseur possède un canal latéral dans lequel un effet tourbillonnaire conduit à transformer la vitesse d'écoulement en pression, et ce dans de très grandes proportions. Cet effet supplémentaire permet donc l'obtention de grandes hauteurs de refoulement en restant malgré tout dans un régime de rotation faible puisqu'il n'excède pas 1 500 tr/min.

Les constructeurs garantissent en général une hauteur d'aspiration possible de 8,50 m et certaines installations ont été réalisées avec des tuyauteries d'aspiration de plus de 100 et même 200 m de longueur (ces cas spéciaux doivent être étudiés par le constructeur).

Ce type de pompe est *très sensible à l'usure* (qui a pour effet d'augmenter les jeux internes, donc au détriment des facultés d'aspiration). L'utilisateur devra donc prendre toutes précautions pour s'assurer que l'eau véhiculée est propre et sans trace de matières étrangères (sable, limon, etc.).

Le *rendement* des pompes à canal latéral est peu élevé, mais les puissances mises en jeu étant en général faibles, cet inconvénient n'a pas de grandes conséquences et est d'ailleurs largement compensé par tous les autres avantages que ce système procure.

1.4 Pompes pour puits semi-profonds

Lorsque le niveau d'eau dans un puits dépasse 8 m de profondeur, un matériel de surface devient insuffisant, d'autant plus que le niveau est rarement stable et, en période d'étiage, descend plus ou moins suivant les endroits.

En cours de pompage, le niveau de la nappe phréatique tend à descendre lui aussi, et l'on dépasse ainsi rapidement les hauteurs pratiques possibles d'aspiration.

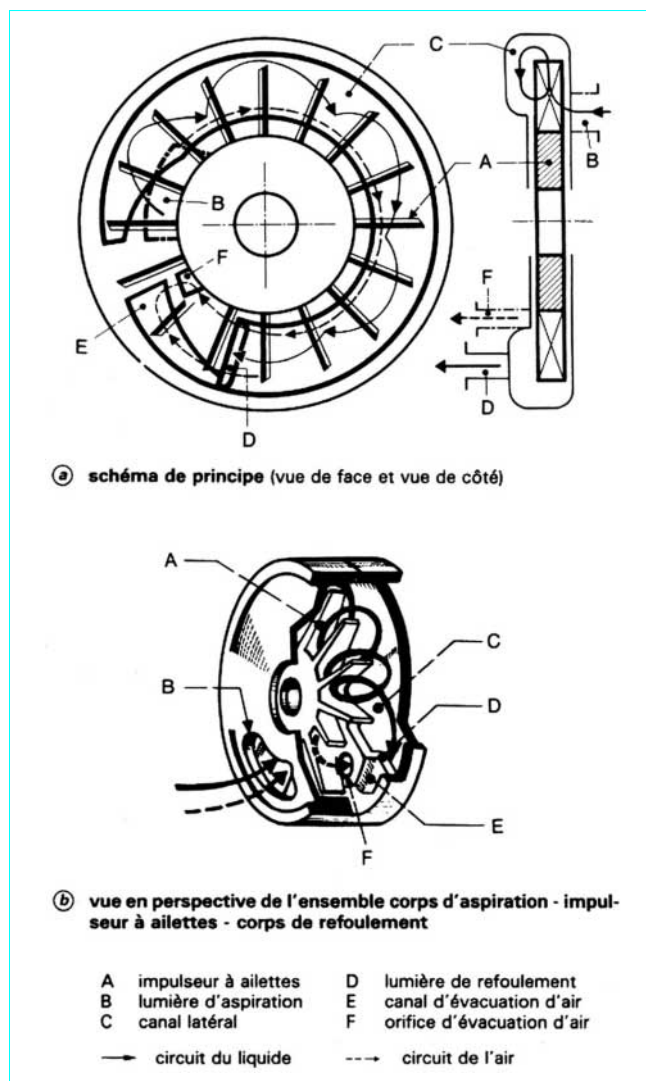


Figure 1 – Pompe auto-amorçante à canal latéral (d'après doc. Sihi)

Différentes solutions peuvent être envisagées dans ce cas :

- le creusement d'un avant-puits, permettant de baisser le plan de pose du groupe électropompe. Cette solution ne peut être honnêtement préconisée car, outre les frais élevés qui en résultent, le danger d'une mauvaise aération du moteur, l'atmosphère d'humidité et les difficultés d'accès au matériel rendent l'installation fort précaire ;

- les pompes à piston (§ 1.1), commandées depuis le sol par un ensemble de tringlerie (figure 2). Ce système tend, comme dit plus haut, à être remplacé par des appareils du type centrifuge (§ 1.2), plus souples et plus modernes. Il reste néanmoins en faveur dans certaines régions, et pour des applications particulières ;

- nous citerons pour mémoire et à titre strictement documentaire, les pompes à chaîne, à godets ou à bande multicellulaire, dont l'utilisation devient extrêmement rare en métropole. De toute façon, ces appareils amènent l'eau au niveau du sol sans possibilité de la produire sous pression ;

- enfin, les appareils ci-après conçus spécialement pour ces emplois.

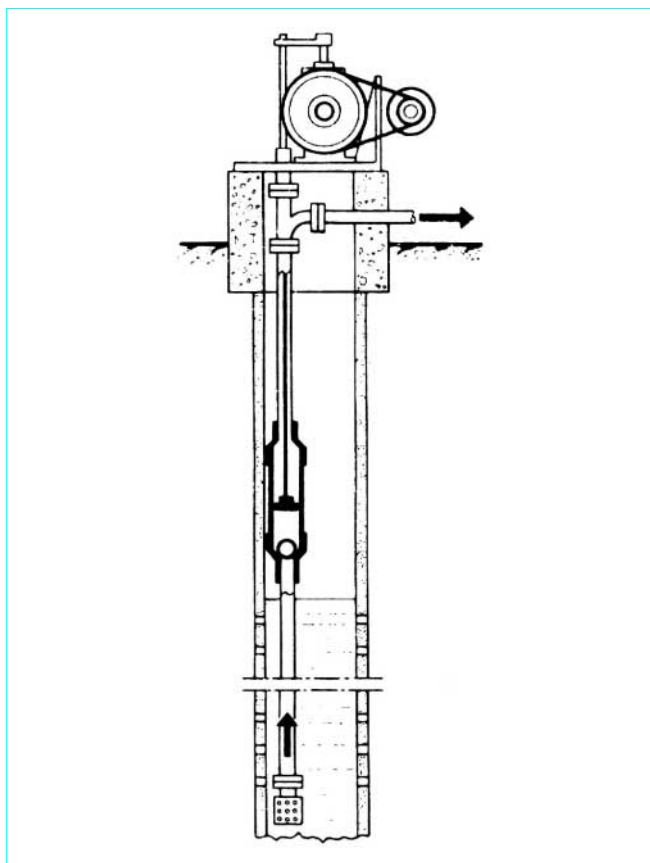


Figure 2 – Pompe à piston pour puits semi-profond

1.4.1 Pompes avec hydro-éjecteur

L'hydro-éjecteur (figure 3) est un appareil statique (dit à *jet*), placé à la base de la tuyauterie d'aspiration. Une partie du débit de la pompe est ramené au fond du puits par une seconde tuyauterie, et vient alimenter l'éjecteur en eau motrice. À la hauteur du col de la tuyère, une dépression est produite, aspire l'eau du puits, laquelle, mélangée à l'eau motrice, remonte vers la pompe jusqu'à une hauteur suffisante pour être aspirée normalement. Il est possible d'installer des hydro-éjecteurs jusqu'à des profondeurs de 25 m.

Ce système présente l'inconvénient majeur d'avoir un très mauvais rendement, d'autant plus mauvais que la profondeur est grande.

Son utilisation semble d'ailleurs disparaître de plus en plus au profit des pompes suspendues et des groupes immergés.

1.4.2 Pompes auto-amorçantes suspendues

Il s'agit là de groupes électropompes verticaux, suspendus par la tuyauterie de refoulement à l'intérieur des puits (figure 4).

Placés à 7 m, au maximum, au-dessus du niveau minimal des eaux, ils peuvent être installés jusqu'à 50 m de profondeur. Cette valeur est naturellement maximale, ne laissant au niveau du sol qu'une pression résiduelle en général assez faible.

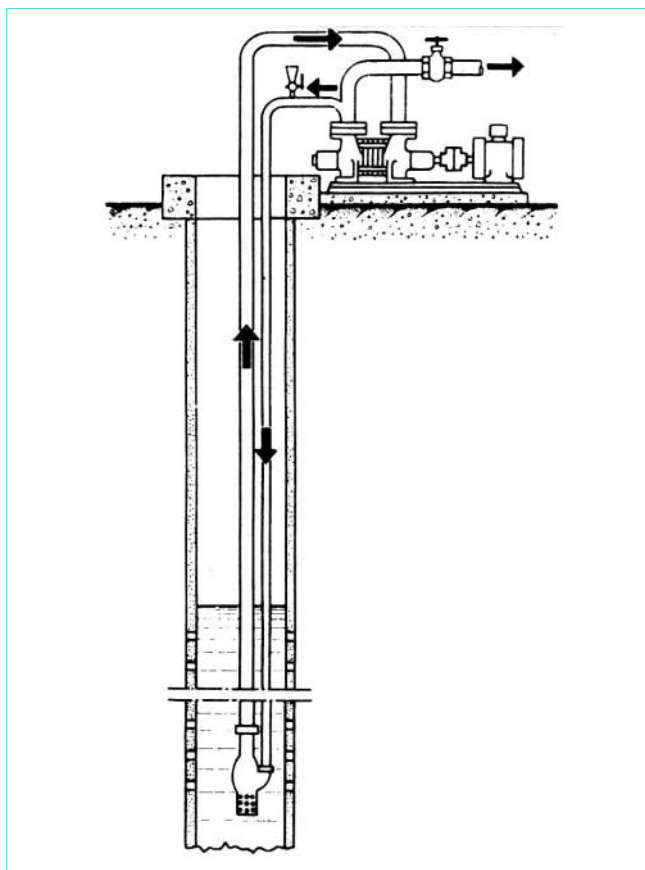


Figure 3 – Groupe électropompe avec hydro-éjecteur

Constitué d'une pompe auto-amorçante (§ 1.3) accouplée à un moteur électrique spécialement imprégné contre l'humidité (résine époxy) et possédant une boîte à bornes étanche, ce type d'appareil ne peut malgré cela fonctionner complètement immergé.

Il est donc de la plus haute importance de s'assurer, avant la mise en place définitive, que le niveau du puits ne risque pas, même en cas d'orage, de submerger le groupe électropompe.

Sans entretien particulier, cet appareil, du fait même de sa conception auto-amorçante, reste sensible aux particules abrasives. Une excellente protection électrique est recommandée.

1.5 Groupes électropompes immergés

Lorsque la nappe phréatique est très profonde, il n'est plus possible d'utiliser les appareils ci-avant (§ 1.4), et la solution consiste en la mise en place d'un groupe électropompe monobloc, du type multicellulaire, complètement immergé dans l'eau (figure 5).

De ce fait, il n'y a plus de problème d'amorçage et la pompe est du type centrifuge classique.

Le moteur électrique, dans sa version actuelle la plus répandue, est noyé, c'est-à-dire que l'espace entre le stator et le rotor, ainsi que les paliers inférieurs et supérieurs, sont remplis d'eau. Avant la mise en place, le moteur doit d'ailleurs, par un orifice approprié,

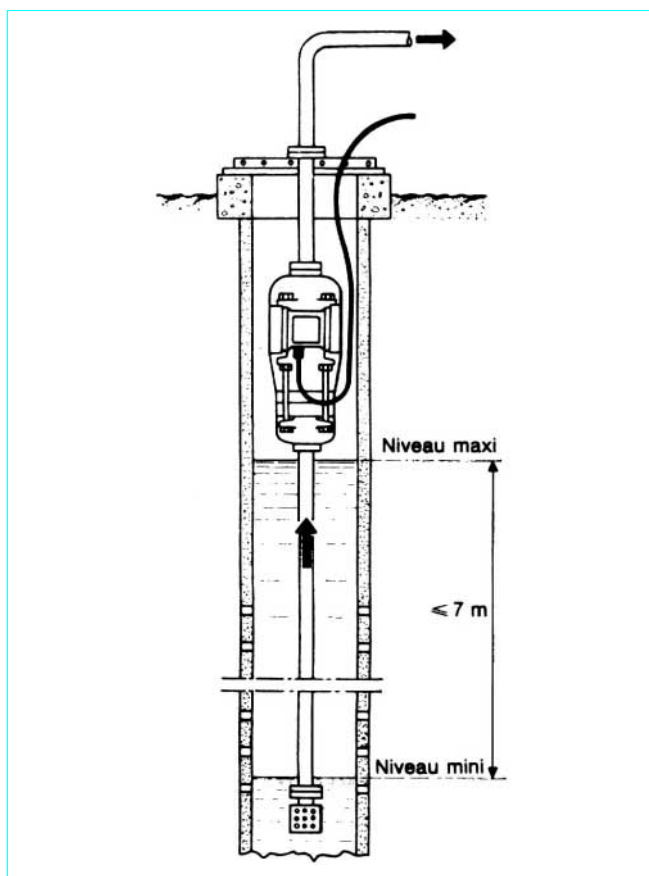


Figure 4 – Groupe électropompe suspendu

être rempli complètement d'eau propre, ou mieux, distillée. Les enroulements statoriques sont réalisés au moyen de fils de cuivre, soit isolés chacun par un polyéthylène polymérisé, soit noyés complètement dans une masse de résine époxy ou similaire. Dans les deux cas, l'étanchéité est parfaite et les risques de courts-circuits sont pratiquement éliminés. Il n'en reste pas moins qu'une protection électrique, par un disjoncteur bien calibré, est nécessaire ; un ampèremètre est également recommandé, car c'est le seul moyen de contrôle du bon fonctionnement au niveau du sol ; toute oscillation brusque ou toute augmentation progressive de l'intensité absorbée dénote une défaillance prochaine.

Suspendu par sa tuyauterie de refoulement, qu'il suffit de fixer solidement à l'entrée du puits, ce type d'appareil est très simple à installer ; il est silencieux et ne nécessite pas de local particulier puisqu'il est à l'abri du gel ; son entretien est nul si l'eau pompée n'est ni agressive, ni chargée de sable. On veillera toutefois à surveiller (dans les stations automatiques) que les fréquences de mise en route ne soient pas trop élevées : 10 à 12 par heure représentent une limite au-delà de laquelle il peut se produire à la longue des détériorations électriques parfois coûteuses.

D'un encombrement réduit (95 mm de diamètre pour les petits modèles), ces groupes électropompes sont donc particulièrement recommandés pour les forages étroits (à partir de 100 mm, ou 4") que l'on rencontre de plus en plus. Leur hauteur de refoulement peut atteindre 100, 200, voire 300 m, suivant les constructeurs.

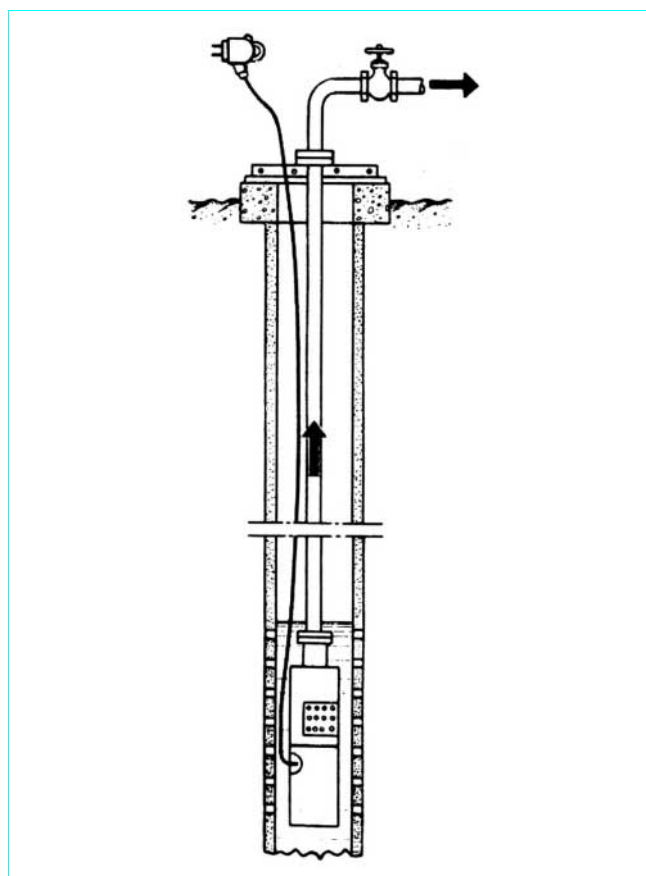


Figure 5 – Groupe électropompe immergé

Cette technique, parfaitement au point, nécessite sans aucun doute un investissement important au départ, mais représente la solution idéale pour le pompage à moyenne ou grande profondeur.

2. Détermination de la pompe

Le choix du système de pompage étant fait, il y a lieu de déterminer, en fonction des conditions locales d'installation, le calibre de la pompe nécessaire.

2.1 Calcul du débit

Pour évaluer la consommation d'eau, on peut tenir compte des données indiquées dans le tableau 1. On pourra également se reporter à l'article *Alimentation en eau potable. Besoins et ressources* [C 4 190] du présent traité.

En tenant compte de l'augmentation saisonnière de certaines consommations, et en prévoyant une marge de sécurité de 30 % pour faire face aux imprévus, on peut calculer la consommation totale journalière à prévoir.

Tableau 1 – Consommation journalière en eau

Utilisation de l'eau	Consommation (L)
Par personne.....	70 à 100
Bain.....	100 à 150
Douche.....	20 à 30
Chasse d'eau de WC, par personne.....	50
Lavage d'une voiture automobile.....	100
Par tête de gros bétail (cheval, bêtes à cornes)...	50 à 100
Par tête de petit bétail (porc, veau, mouton)	8 à 25
Par m ² de jardin (suivant région, nature du sol, etc.)	3 à 8

On déterminera le débit de la pompe empiriquement, en étalant sur 3 h la consommation d'une journée :

$$\frac{\text{Consommation journalière (m}^3\text{)}}{3} = \text{Débit (m}^3\text{/h)}$$

2.2 Calcul des pressions

On se reportera utilement aux figures 6 et 8.

Le calcul de la hauteur manométrique totale est la somme de :

- la hauteur géométrique d'aspiration (H_a), mesurée verticalement depuis l'axe de la pompe jusqu'au niveau le plus bas dans le puits ;
- la hauteur géométrique de refoulement (H_r), mesurée verticalement entre l'axe de la pompe et l'orifice de refoulement le plus élevé ;
- les pertes de charge dans les tuyauteries, coudes, accessoires divers, etc.

La valeur ainsi trouvée peut d'ailleurs se vérifier en mesurant :

- la hauteur manométrique d'aspiration (H_{ma}), lecture d'un indicateur de vide, gradué en mètres d'eau, placé sur l'aspiration de la pompe ;
- la hauteur manométrique de refoulement (H_{mr}), lecture d'un manomètre (gradué en bars), placé sur le refoulement de la pompe.

Nota : les graduations en bars représentent, par unité, 10 m de colonne d'eau (CE) environ.

Ainsi évaluée, la hauteur manométrique totale (H_{mt}) doit cependant être majorée si nécessaire :

- de la pression utile à l'alimentation d'une lance d'arrosage ;
- en cas de fonctionnement avec réservoir, d'une valeur correspondant à l'écart entre les pressions d'enclenchement et de déclenchement (*fourchette*), en général 1 bar soit 10 m CE (§ 3.2).

2.3 Calcul de la hauteur d'aspiration

La hauteur d'aspiration maximale théorique est conditionnée par la pression atmosphérique, soit 10,33 m d'eau environ au niveau de la mer.

En réalité, il faut déduire de cette valeur :

- les pertes de charge dans la tuyauterie ;
- la pression de vapeur de l'eau à la température de pompage ;
- les pertes à l'entrée de la pompe, celles-ci étant variables suivant le type d'appareil choisi, la vitesse de rotation et le point de fonctionnement sur la courbe.

Cette possibilité d'aspiration est exprimée par le terme NPSH (*Net Positive Suction Head*) dont la connaissance revêt, pour toutes les installations industrielles, une importance considérable.

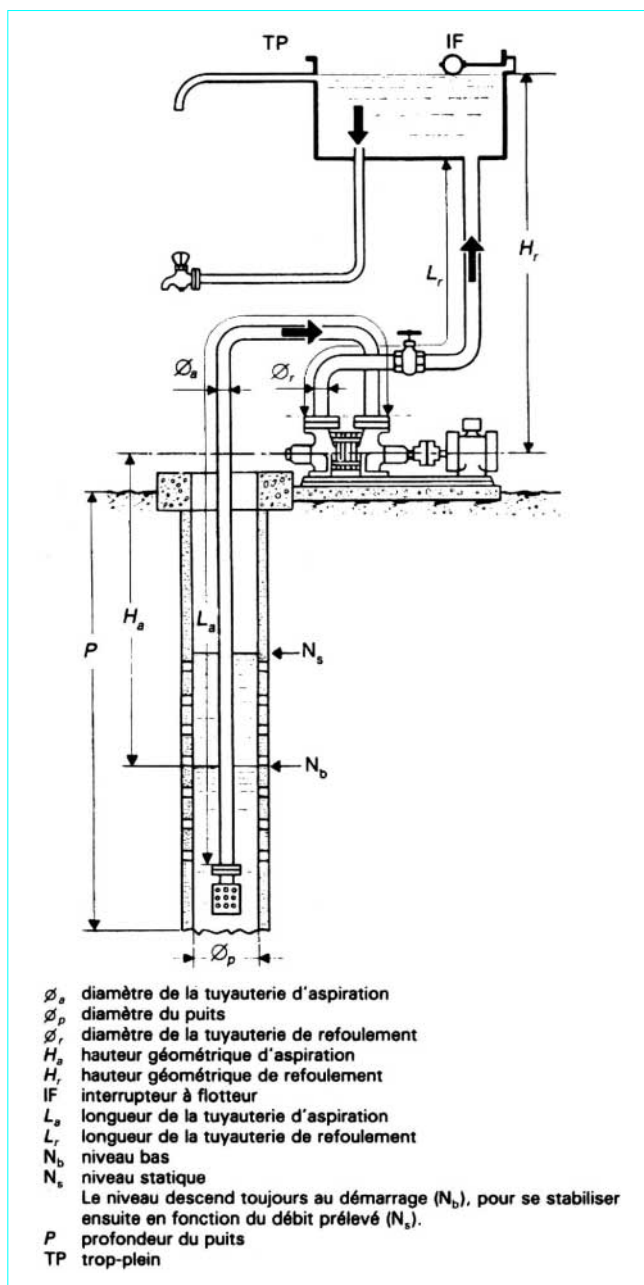


Figure 6 – Installation avec réservoir au grenier

Seuls les constructeurs disposent des éléments techniques nécessaires pour comparer le NPSH disponible (caractérisant l'installation proprement dite) avec le NPSH requis (caractérisant la pompe elle-même).

Les stations de pompage domestique ne donnent pas lieu, sauf rares exceptions, à de telles études, mais l'utilisateur ne manquera pas, si le point d'eau est éloigné de l'habitation, si le niveau le plus bas dans le puits atteint 7 m (pour des pompes centrifuges classiques) ou 8,50 m (pour des pompes auto-amorçantes), de s'assurer auprès du constructeur que ces conditions sont compatibles avec le type de pompe choisi.

De toute façon, la pression barométrique variant avec l'altitude, la hauteur pratique d'aspiration diminue au fur et à mesure que l'on s'élève au-dessus du niveau de la mer.

3. Réservoirs

Le fonctionnement automatique d'une station de pompage nécessite la présence soit d'un réservoir à ciel ouvert, soit d'un réservoir fermé.

3.1 Réservoirs de stockage à ciel ouvert au grenier

La solution du réservoir de stockage au grenier (figure 6) est simple, mais présente de nombreux inconvénients : risque de pollution de l'eau, eau chaude en été, risque de gel en hiver, nécessité d'adapter un interrupteur à flotteur avec sa ligne électrique, pour la commande de la pompe, et d'installer un réseau de tuyauteries ascendantes, descendantes et de trop-plein, sans oublier les dangers toujours possibles d'une fuite éventuelle.

Le raccordement de la tuyauterie de refoulement devra être fait en respectant les directives indiquées par la figure 7.

Ce réservoir devra avoir une capacité égale au 1/10 de la consommation journalière (§ 2.1).

La pression obtenue aux différents points de puisage sera limitée, évidemment, par la hauteur de charge disponible en chaque point (hauteur entre le niveau d'eau et le robinet de puisage).

3.2 Réservoirs hydropneumatiques

Si une pompe refoule dans un réservoir fermé, l'air emprisonné est d'autant plus comprimé que la pression engendrée est plus élevée. Si l'on ouvre un robinet sur le réseau de distribution, le matelas d'air comprimé se détend en chassant l'eau dans les canalisations.

Les pressions ainsi obtenues assurent, par l'intermédiaire d'un contacteur manométrique, appelé aussi pressostat ou manostat, la mise en route et l'arrêt du groupe électropompe, le cycle se renouvelant en fonction des besoins, et ce d'une manière entièrement automatique.

L'ensemble constitué par le groupe électropompe, le réservoir hydropneumatique et la commande par pressostat, est dénommé **groupe hydrophore** (figure 8).

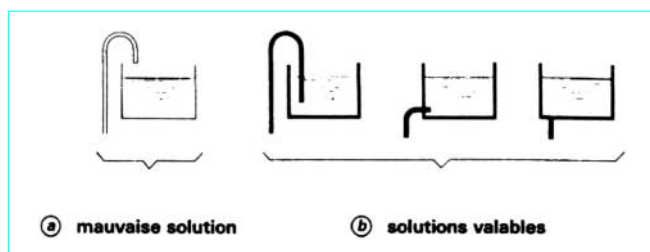


Figure 7 – Raccordement de la tuyauterie de refoulement

L'écart entre l'enclenchement et le déclenchement constitue la **fourchette des pressions** et est en général de 1 bar pour une valeur maximale de déclenchement de 4 bar environ. Pour les valeurs supérieures, la sensibilité des pressostats du commerce nécessite une fourchette de 1,5, voire 2 bar.

Toute modification aux valeurs d'enclenchement et de déclenchement fixées à l'origine par le constructeur entraîne, lorsque l'installation est terminée, un travail fastidieux de réglage, de mises en route ou d'arrêts successifs du groupe électropompe, et l'expérience prouve que la dépose du pressostat puis son réglage avec une source indépendante d'air comprimé est la meilleure solution de facilité et de rapidité.

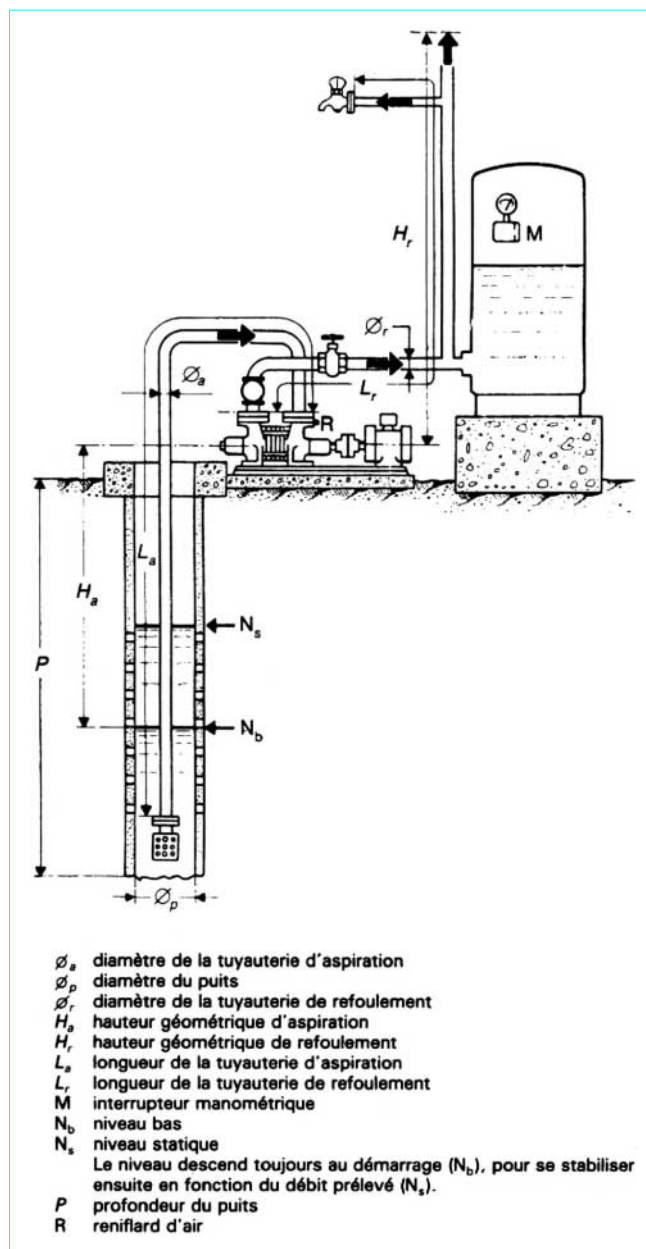


Figure 8 – Installation en hydrophore

Il faut choisir les pressions de façon telle que la pression d'enclenchement soit suffisante pour alimenter le point le plus haut de l'installation (y compris éventuellement la pression supplémentaire désirée à ce niveau).

On ajoutera à cette pression d'enclenchement la valeur de la fourchette (arbitrairement 1 ; 1,5 ou 2 bar) pour obtenir la pression de déclenchement.

3.2.1 Détermination du volume

Pour les installations domestiques de faible puissance, en général la capacité totale du réservoir est soit d'un volume égal à 1/10 des besoins journalières, soit encore (exprimé en litres) égal à 6 à 10 fois le débit moyen (en L/min) de la pompe.

Il faut toutefois distinguer la capacité totale du réservoir et la capacité d'eau utile, cette dernière représentant le volume d'eau disponible entre la période de déclenchement et celle d'enclenchement.

Cette quantité conditionne naturellement les fréquences de mise en route et, suivant la conception du moteur, il peut être toléré des fréquences variant entre 6 et 12 démarrages/h. Au-delà, des problèmes d'échauffement peuvent conduire à des détériorations électriques importantes (article *Pompes domestiques et surpresseurs. Surpression d'eau dans les immeubles* [C 3 832] dans ce traité).

La capacité utile *J* peut être augmentée en faisant varier la fourchette des pressions, mais le même résultat peut être obtenu en effectuant dans le réservoir, avant la mise en service, une pré-compression jusqu'à une valeur inférieure de 0,5 bar à la pression d'enclenchement (figure 9).

Le tableau 2 donne le remplissage du réservoir pour différents cas.

La capacité utile est donnée par la formule suivante :

J = K (Pa - Pe) / (Pa x Pe) x Pv

avec *J* (L) capacité utile,

- K* (L) capacité du réservoir,
- Pa* (bar) pression absolue de déclenchement,
- Pe* (bar) pression absolue d'enclenchement,
- Pv* (bar) pression absolue du matelas d'air (précompression).

Nota : pression absolue (bar) = pression (bar) lue au manomètre + 1 bar.

Exemple : dans un réservoir d'une capacité totale de 150 L, dont le contacteur manométrique est réglé entre 1,5 bar et 3 bar, la pré-compression d'air a été faite à 1,2 bar. La réserve d'eau disponible dans ce réservoir sera de :

J = 150 x (4 - 2,5) / (4 x 2,5) x 2,2 = 49,5 L

Tableau 2 – Remplissage du réservoir selon la pression

Pression dans le réservoir (bar)	Remplissage du réservoir				
	sans pré-compression (%)	avec précompression d'air			
		1 bar (%)	1,5 bar (%)	2 bar (%)	2,5 bar (%)
0,5	33,3				
1,0	50	0			
1,5	60	20	0		
2,0	66,6	33,3	17	0	
2,5	71,5	43	28,7	14,3	0
3,0	75	50	37,7	25	12,5
3,5	77,8	54,5	44,5	33,3	22,2
4,0	80	60	50	40	30

Exemple de calcul de la capacité utile : la pression de déclenchement d'une installation est de 4 bar, la pression d'enclenchement 2 bar. La capacité utile sera :

- sans précompression:80 % – 66,6 % = 13,4 % ;
- avec précompression de 1 bar:60 % – 33,3 % = 26,7 % ;
- avec précompression de 1,5 bar: 50 % – 17,0 % = 33 %.

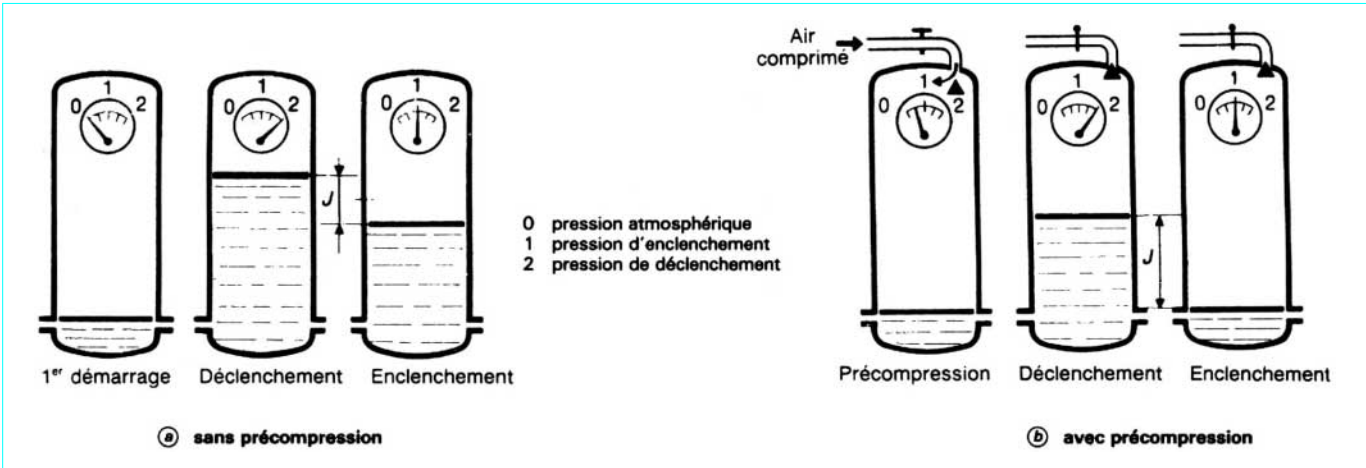


Figure 9 – Influence de la précompression sur la capacité utile

3.2.2 Renouvellement d'air

L'air contenu dans le réservoir se dissout peu à peu dans l'eau, et ce d'autant plus que les pressions mises en jeu sont élevées.

Le matelas d'air tendant à disparaître, les niveaux d'enclenchement et de déclenchement s'élèvent, la réserve utile diminue, pour finir par disparaître complètement. À ce moment, tout prélèvement sur la distribution entraîne des mises en route successives très fréquentes, préjudiciables notamment à la bonne tenue électrique des moteurs.

Il est donc nécessaire, à intervalles réguliers (certains constructeurs préconisent tous les mois), de renouveler le matelas d'air, de la façon suivante :

- couper le courant ;
- utiliser l'eau du réservoir jusqu'à ce que la pression soit tombée aux environs de 0 bar au manomètre ;
- utiliser une petite pompe à air manuelle ou à moteur (gonfleur) pour effectuer la précompression ;
- remettre le courant ; l'installation est de nouveau en ordre de marche.

Ces opérations peuvent être évitées si le réservoir est muni d'un dispositif extérieur appelé Injectair, Insuflair ou Giglair par exemple, qui, à chaque démarrage de la pompe, envoie une petite quantité d'air dans le réservoir.

Avec des pompes auto-amorçantes à canal latéral (§ 1.3), il suffit d'ouvrir, sur la bride d'aspiration, un petit robinet reniflard (figure 8) permettant l'introduction permanente d'air qui est refoulé dans le réservoir.

Si le manque d'air est nuisible au bon fonctionnement de l'ensemble, un excès d'air est généralement à proscrire, car il y a danger d'introduction de bulles d'air dans les conduites. Outre le désagrément que cela implique, il y a risque de gêner le fonctionnement des chauffe-eau instantanés à gaz.

Les conditions d'installation et d'utilisation du matériel variant dans chaque cas, il est difficile d'en tirer une règle générale ; l'utilisateur devra vérifier de temps à autre le niveau d'eau de son réservoir et la réserve utile dont il dispose. Si cette dernière diminue, il faut remettre de l'air.

3.2.3 Réservoirs à membrane

Une technique plus récente supprime totalement les dangers de dissolution d'air dans l'eau : il s'agit d'un réservoir, de petite capacité en général, comportant une séparation sous forme d'une membrane souple et déformable entre le gaz et l'eau. La partie supérieure est remplie, soit d'air, soit d'un gaz neutre (azote par exemple), et la partie inférieure d'eau.

Malgré son volume relativement faible, un tel réservoir équivaut à un réservoir classique beaucoup plus grand (1,5 à 2 fois) ; la réserve utile en effet ne dépend plus ni d'un volume d'air ni de sa pression, mais bien de la déformation complète de la membrane qui permet ainsi d'utiliser intégralement le volume délimité.

À noter que toute installation de ce genre doit être prévue de façon telle qu'aucune entrée d'air à l'aspiration ne soit possible. Un clapet de pied, en particulier, est donc indispensable.

4. Installations. Règles générales

Avant de faire installer un petit groupe électropompe individuel, il est nécessaire de s'assurer que l'eau disponible est propre à la consommation et suffisamment abondante pour subvenir aux besoins.

Dès réception du matériel, s'assurer que la pompe tourne librement à la main, car un temps assez long a pu s'écouler entre les essais et la livraison, et un léger gommage peut parfois se produire. Si tel est le cas, remplir la pompe d'eau très chaude en essayant de tourner le manchon d'accouplement. La dilatation du métal suffit en général pour dégommer le mobile. S'assurer également que la tension électrique du réseau correspond bien au raccordement des barrettes dans la boîte à bornes du moteur et que la section des conducteurs est suffisante (§ 6.3 et 6.4).

Pour les conditions d'installations habituelles, se conformer aux directives du constructeur.

4.1 Variation de niveaux

Si l'on pompe dans un puits, il faut savoir que le niveau descend toujours au démarrage pour se stabiliser ensuite en fonction du débit prélevé ; la tuyauterie d'aspiration doit être fixée en tenant compte de ce fait.

En période d'étiage, ou au contraire en période de crue, les variations sont plus importantes et un dispositif de contrôle et de protection (interrupteur à flotteur ou électrodes spéciales) doit être envisagé.

4.2 Sens de rotation

Si l'on dispose de courant monophasé, le sens de rotation ne pose aucun problème, puisque le moteur tourne toujours dans le même sens.

S'il s'agit par contre de courant triphasé, le sens de rotation peut être modifié en inversant 2 fils sur la boîte à bornes.

Lorsqu'il s'agit d'un groupe monobloc, soit de surface, soit pour puits semi-profonds, l'étanchéité est assurée par un joint mécanique tournant, dont la bonne tenue impose le respect d'un sens de rotation précis. En cas de rotation inverse, des détériorations sont à redouter. Se conformer, dans ce cas, très strictement aux consignes du constructeur.

4.3 Appareillage électrique

Nota : le lecteur pourra se reporter à la rubrique « Réseaux électriques » du traité Génie électrique.

Chaque installation, effectuée sur le **courant triphasé**, se doit d'être protégée par un contacteur-disjoncteur dont le réglage doit se faire *sur place*.

Toute disjonction répétée dénote une anomalie soit dans le groupe électropompe, soit dans le réseau, et une vérification rapide est indispensable.

Des coupures de phase peuvent parfois se produire dans l'alimentation (fonctionnement dit *en monophasé*) ; les contacteurs-disjoncteurs actuels doivent être réglés dans cette éventualité de la façon suivante : en fonctionnement, couper volontairement une phase ; l'intensité augmente sur les deux phases restantes et le relais différentiel du contacteur doit provoquer la disjonction dans les 10 s suivantes.

Il existe des systèmes beaucoup plus efficaces contre la marche en monophasé ou l'inversion de phases, mais ces appareils sont malheureusement très onéreux et hors de proportion avec la valeur d'une installation de pompage domestique.

La protection électrique d'un groupe hydrophore (§ 3.2), même par un contacteur-disjoncteur bien réglé, n'est pas absolue, et des fréquences anormales de démarrage (dues à un maque d'air dans le réservoir) conduisent à des échauffements souvent non contrôlables par les disjoncteurs du commerce. En effet, les éléments thermiques de ceux-ci se refroidissent plus vite que les bobinages des moteurs ; ainsi l'échauffement croît sans entraîner pour autant la disjonction.

Le remède à cet état de chose consiste, lorsque cela est possible, à prévoir des moteurs avec détection thermique incorporée dans les enroulements (dispositifs Stoptherm, Ipsotherm, sonde thermostatique, Klixon, etc.).

Ainsi, quelle que soit la cause de l'élévation de température du moteur (blocage accidentel du rotor, sous-tension, rupture de phase, fréquence de démarrage trop élevée, etc.), l'alimentation est coupée et aucun accident n'est à craindre.

Cette protection n'est pas réalisée de façon systématique sur tous les moteurs triphasés du commerce, dont les puissances sont plus importantes que celles mises en jeu sur le réseau monophasé (lumière).

Toutefois, le pouvoir de coupure de ces détecteurs étant faible, il est nécessaire de relier ces derniers à un relais du contacteur principal pour obtenir la disjonction. Une signalisation sonore ou lumineuse peut être également adaptée à ce dispositif.

Lorsqu'il s'agit de **courant monophasé**, certaines irrégularités dans la distribution sont souvent à prévoir, et la plupart des pannes, d'ordre électrique, proviennent d'une chute de tension, surtout si le lieu d'installation se situe à l'écart, en bout de ligne ou en général loin du transformateur.

Le fait de prévoir, dans ces cas, des moteurs à détecteur thermique incorporé apporte, de façon sûre et efficace, une solution au problème de la protection électrique.

4.4 Garanties données par le constructeur

Afin d'éviter toute contestation lors d'un incident survenant dans une installation privée, il est recommandé aux utilisateurs particuliers, souvent mal armés dans ce domaine, de prendre bien conscience des conditions de garantie de leur matériel.

La pompe proprement dite est garantie uniquement contre tout vice de construction ou défaut de matière pendant 1 an, voire 2 ans pour certains constructeurs, c'est-à-dire que, pendant cette période, tout défaut originel fait jouer la clause de garantie. Sont exclus de cette garantie :

- les incidents dus à des usures anormales (pompage de sable par exemple) ou à une installation défectueuse ;
- les frais de transport aller et retour en usine et, en général, les frais de main-d'œuvre proprement dits.

Le moteur électrique, par contre, est généralement garanti 6 mois seulement dans les mêmes conditions.

Bien entendu, il s'agit là de conditions générales qui peuvent, dans des cas spéciaux, être étendues en accord avec le constructeur.

5. Renseignements à fournir

Il est indispensable de fournir au constructeur tous les renseignements nécessaires à la détermination du matériel convenable :

- nature du liquide pompé (eau propre, calcaire, sablonneuse, saumâtre, etc.) ;
- débit en m³/h ;

- hauteur géométrique d'aspiration H_a (s'il s'agit d'un puits, donner la profondeur totale et les valeurs des basses et hautes eaux) ;
- hauteur géométrique de refoulement H_r ;
- longueur des tuyauteries d'aspiration et de refoulement, si elles existent, avec leur diamètre, le nombre de coudes, etc. ;
- pression nécessaire en bout de conduite ;
- nature du courant électrique : monophasé (lumière) ou triphasé (force), la tension (en V) et la puissance du compteur (en kW) ou l'intensité disponible (en A).

6. Rappel de quelques renseignements pratiques

6.1 Lois de variation des vitesses

Toute pompe centrifuge ou à canal latéral répond à certaines lois physiques, lorsque la vitesse d'entraînement varie, à savoir :

- le rapport des débits est égal au rapport des vitesses ;
- le rapport des hauteurs ou des pressions engendrées est égal au carré du rapport des vitesses ;
- le rapport des puissances absorbées est égal au cube du rapport des vitesses.

Toute augmentation de la vitesse de rotation (changement de moteur ou changement de poulies dans un entraînement par courroie) peut, de ce fait, surcharger le moteur prévu initialement, qui devient dès lors insuffisant.

6.2 Débit d'eau, hauteur et portée de jet des ajutages et tuyères

À l'aide du tableau 3, on peut déterminer le débit d'eau qui jaillit d'un ajutage, pour différentes pressions.

Tableau 3 – Débit d'eau jaillissant d'un ajutage, en fonction de la pression effective						
Diamètre de l'orifice de l'ajutage (mm)	Débit du jet d'eau (en L/min)					
	p = 3 bar	p = 4 bar	p = 5 bar	p = 6 bar	p = 7 bar	p = 8 bar
8	73	85	94	103	112	119
10	110	126	141	155	167	179
12	158	182	203	222	240	258
14	222	258	288	316	342	362
16	292	338	377	412	447	475
18	368	427	458	522	565	605
20	455	528	590	646	700	742
22	552	640	714	784	845	900
24	656	760	850	930	1 000	1 070
26	770	891	995	1 085	1 200	1 275
28	892	1 025	1 150	1 255	1 375	1 460
30	1 020	1 180	1 319	1 440	1 565	1 680

Pour l'arrosage, on utilise souvent des tuyères de faible section de passage, dont le débit est donné au tableau 4.

Tableau 4 – Débit d'eau jaillissant d'une tuyère de faible section, en fonction de la pression effective

Diamètre de l'orifice de la tuyère (mm)	Débit du jet (en L/min)									
	p = 0,5 bar	p = 1 bar	p = 1,5 bar	p = 2 bar	p = 2,5 bar	p = 3 bar	p = 3,5 bar	p = 4 bar	p = 4,5 bar	p = 5 bar
1	0,46	0,66	0,81	0,93	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
1,5	1,05	1,5	1,8	2,1	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,3
2	1,9	2,6	3,2	3,7	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6	5,9
2,5	2,9	4,1	5	5,8	6,5	7,1	7,7	8,3	9	9,2
3	4,2	5,9	7,3	8,4	9,4	10	11	12	13	14
3,5	5,7	8,1	9,1	11	13	14	15	16	18	19
4	7,5	10,5	13	15	17	18	20	21	22	24
4,5	9	13	16	19	21	23	25	27	29	30
5	12	16	20	23	26	29	31	33	35	37
5,5	14	20	24	28	32	35	37	40	43	45
6	17	24	29	33	37	41	44	47	50	53
7	23	32	40	46	51	56	60	65	68	72
8	30	42	52	60	67	73	79	85	90	74

Pour la détermination de la hauteur et de la portée du jet, on peut utiliser le graphique représenté sur la figure 10 donnant une valeur moyenne pour un jet concentré, en l'absence de vent.

6.3 Raccordement à la boîte à bornes d'un moteur

La figure 11 donne la manière de coupler les bornes sur un moteur triphasé alimenté :

- sous tension de 220 V entre phases ;
- sous tension de 380 V entre phases.

En réalisant le raccordement suivant le schéma 1, on peut utiliser un commutateur étoile-triangle pour limiter l'appel de courant au démarrage.

6.4 Ligne électrique d'alimentation

La ligne reliant le compteur au moteur, à travers les appareils de commande et de protection, devra être réalisée en un diamètre suffisant pour que la chute de tension soit insignifiante.

■ **Calcul d'une ligne électrique**, de longueur supérieure à 25 m (en cuivre) :

$$s = \frac{0,017 \times L \times I}{\Delta U}$$

avec s (mm²) section,
 L (m) longueur simple de la ligne, à considérer pour le triphasé (pour le monophasé, prendre $2L$),
 I (A) intensité dans chaque fil de ligne,
 ΔU (V) chute de tension admissible (généralement, moins de 5 % de la tension d'alimentation),
 0,017 (Ω · mm²/m) résistivité du cuivre à la température de service.

■ **Intensité. Calibrage des relais et fusibles** : le tableau 5 indique l'intensité des relais thermiques de protection et des fusibles.

6.5 Tuyauterie

On se reportera utilement à la rubrique *Tuyauteries* du traité Génie mécanique, où l'on pourra trouver :

- les caractéristiques des tubes usuels aux dimensions commerciales (caractéristiques mécaniques, poids, etc.) ;
- les procédés d'assemblage (soudure, brides, raccords) ;
- la détermination des pertes de charges.

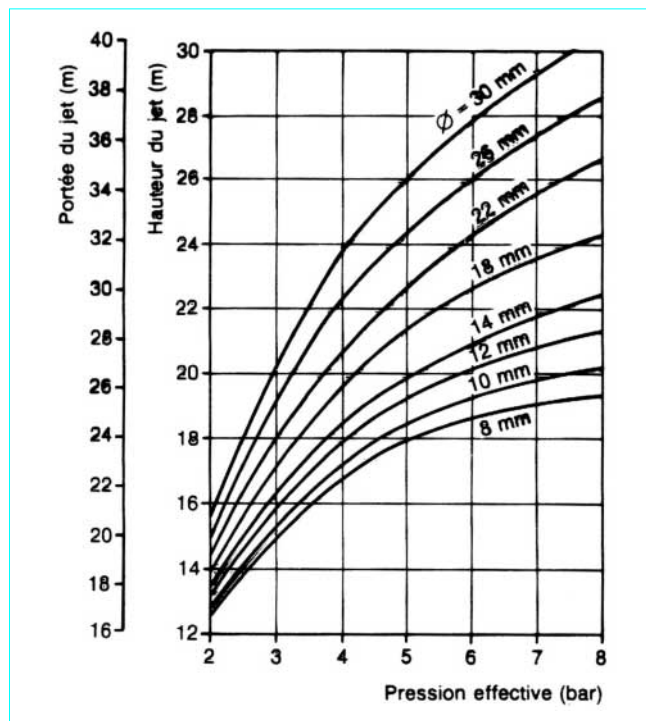


Figure 10 – Hauteur et portée du jet en fonction de la pression et du diamètre \varnothing de l'orifice de la tuyère

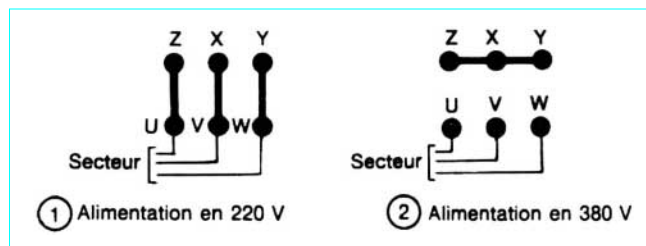


Figure 11 – Couplage de la boîte à bornes

Tableau 5 – Intensité des relais thermiques de protection I_r et des fusibles I_f				
Puissance du moteur P (1) (kW)	Tension entre phases = 220 V		Tension entre phases = 380 V	
	I_r (A)	I_f (A)	I_r (A)	I_f (A)
0,37	1,7	6	1	4
0,75	3,2	10	1,8	6
1,1	4,3	15	2,5	10
1,5	5,7	15	3,3	10
2,2	8,7	15	5	10
3	11	15	6,5	10
3,7	14	20	8	10
4,6	16	20	9	15
5,5	20	25	12	15
7,5	26	35	15	20
9	31	35	18	25
11	38	50	22	25
15	50	60	29	35
18,5	63	80	36	50
22	74	100	43	50
30	97	125	56	80
37	121	160	70	80

(1) Ces valeurs sont normalisées.

Pompes domestiques et surpresseurs

Alimentation en eau des maisons rurales

par **Yves POULLIN**

*Ingénieur de l'École Nationale Supérieure des Arts et Métiers
et de l'École Nationale Supérieure d'Hydraulique et de Mécanique de Grenoble
Directeur attaché à la Direction de Pompes Sihi*

Bibliographie

Installations de Pompes. Association Française des
Constructeurs de Pompes. Édition PRODOC.
(1986).
