

Le Béliet Hydraulique

- I- Définition du béliet hydraulique
- II- Structure du béliet hydraulique
- III- Principe de fonctionnement
- IV- Installation
- V- Mise en marche du béliet hydraulique
- VI- Difficultés dans la mise en marche de la pompe
- VII- Maintenance de la pompe
- VIII- Application et exploitation des béliets hydrauliques

Bibliographie

i'

Le béliet hydraulique

1- Définition du béliet hydraulique

Le béliet hydraulique est un appareil à la fois moteur et pompe capable d'élever automatiquement à des grandes hauteurs une partie de l'eau qu'il reçoit d'un réservoir: Ruisseau, étang, ect.

Le béliet hydraulique utilise pour cette élévation l'énergie de l'eau mise en mouvement par une chute. La chute de l'eau peut être artificielle (eau d'un réservoir, d'un barrage, ..~) ou naturelle (lac, étang, mare, ruisseau, marigot, rivière, fleuve).

II- Structure du béliet hydraulique.

Le béliet hydraulique est le plus économique de tous les moteurs existants pour élévation de l'eau. Cet appareil est d'une grande simplicité. Le béliet hydraulique est constitué de cinq parties: Le clapet de batterie, le corps de la pompe, le reniflard, la soupape de refoulement et la chambre à air ou réservoir pneumatique.

a- Le corps de la pompe

C'est une pièce en acier de forme cylindrique. Il porte le clapet de batterie et la soupape de refoulement. Le corps de la pompe reçoit l'eau provenant de la source à partir du tuyau de batterie et la transmet au clapet de batterie et la soupape de refoulement. C'est dans le corps de la pompe que se réalisent les coups de béliet. Pour cela il doit être fait en matériaux dure capable de résister aux variations des pressions et à l'attaque chimique de l'eau de la source.

b- Le clapet de batterie:

C'est une pièce métallique dont le rôle est de provoquer les coûts de béliet par sa fermeture sous l'action de la force motrice de l'eau.

c- Le reniflard

Le reniflard est un petit orifice aménagé en dessous de la soupape de refoulement dans le corps de la pompe. Il sert à alimenter le réservoir pneumatique en air qui est dissoute dans l'eau lors du refoulement de l'eau dans le tuyau de refoulement.

L'alimentation se fait par l'intermédiaire de la bulle d'air qui en pénétrant dans le corps de la pompe à partir du reniflard remonte dans le réservoir pneumatique sous l'action de son poids lorsque la soupape de refoulement est ouverte.

d- La soupape de refoulement

Son rôle est de permettre dans un premier temps le passage de l'eau du corps de la pompe au réservoir pneumatique pendant la phase de surpression et dans un deuxième temps d'empêcher le vidage de ce réservoir pendant la phase de sous pression dans le corps de la pompe.

e- Le réservoir pneumatique

Il a pour rôle de recevoir de l'eau pendant les périodes de surpression à partir de la soupape de refoulement et de la refouler dans le tuyau de refoulement pendant les périodes de dépression dans le corps de la pompe.

Le refoulement de l'eau dans le tuyau de refoulement se fait sous la pression de l'air contenu dans le réservoir pneumatique.

III- Principes de fonctionnement

Le fonctionnement du bélier hydraulique se fait de la manière suivante:

L'eau motrice arrive à l'intérieure du bélier avec une vitesse croissante occasionnant la fermeture du clapet de batterie. A cet instant, le clapet de refoulement s'ouvre sous l'effet de la surpression nécessaire du coup de bélier et une partie du débit s'introduit dans le réservoir pneumatique. La pression intérieure dans le corps de la pompe diminue rapidement, le clapet de refoulement se ferme sous l'action de la pression d'air contenu dans le réservoir pneumatique et le poids de l'eau et le clapet de batterie s'ouvre de nouveau. L'énergie motrice de l'eau est dépensée dans la chambre à air en comprimant l'air qui s'y trouve lorsque l'eau rentre dans le réservoir pneumatique Cette soupape de refoulement se referme avec un coup qui permet:

- de refouler une partie de l'eau contenue dans la chambre à air dans la conduite de refoulement jusqu'à ce que les pressions de l'eau refoulée par la chambre à air et le poids de l'eau auquel s'ajoute la pression atmosphérique s'équilibrent;

- au clapet de batterie de s'ouvrir de nouveau sous l'effet de sous pression de l'eau dans le corps de la pompe;

- au cycle de recommencer.

Suivant les travaux de SCHILLER et KAHANGIRE, le bélier hydraulique fonctionne suivant un cycle de quatre périodes.

L'équation générale du fonctionnement de la pompe à bélier hydraulique est la suivante:

$$H - Dha = \frac{L}{g} \frac{dV}{dT}$$

H : la charge de l'eau au-dessus de la pompe à bélier hydraulique. C'est aussi la différence entre la côte de la surface de l'eau de la source d'alimentation de la pompe et la côte de l'installation de la pompe passant au niveau de la soupape de décharge.

Dha: Somme des pertes de charges dans le tuyau de batterie

V : vitesse de l'eau dans le tuyau de batterie.

g : accélération de la pesanteur

a- Détail des différentes périodes

1- Période i

Le clapet de batterie est ouvert. L'augmentation de la vitesse de l'eau dans le tuyau de batterie entraîne le début de la fermeture du clapet de batterie. Ainsi, on peut calculer à partir des relations suivantes:

a-) La force de traînée de l'eau: $F = \frac{C.S.y.V^2}{2g}$

S : la section du clapet de batterie.
 k : Coefficient de traînée du clapet de batterie.
 y : poids spécifique de l'eau.
 F : Force de traînée sur le clapet de batterie.

b- le poids du clapet de batterie: W

Par conséquent, le clapet de batterie commence à se fermer lorsque: $W < F$

Ainsi, cette relation permet de calculer la vitesse initiale de l'eau (en m/s) à partir de laquelle le clapet de batterie commence à se fermer: $v_0 = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot P}{C \cdot S \cdot y}}$

c- La vitesse moyenne (en m/s) de l'eau dans le tuyau de batterie à la fermeture du clapet de batterie:

$$v_m = \frac{2 \cdot g \cdot H}{D \cdot h \cdot a}$$

avec Dha la somme des pertes de charge dans le tuyau de batterie et le clapet de batterie.

d- La durée totale (en seconde) de cette période:

e- La quantité d'eau (en litre) coulée:

De cette relation, on remarque que: Si $V_0 = V_s$ alors $Q_i = \infty$. Dans ce cas, la pompe ne pourra pas fonctionner.

2- Période 2

Cette période est caractérisée par la continuation de la fermeture du clapet de batterie. Pour les bons béliers hydrauliques, cette fermeture est très rapide et, en ce moment les vitesses de l'eau et du départ s'égalent:

$$V_2 = V_0$$

La durée de cette période correspond à un aller et retour de l'onde est:

$$T_2 < \frac{2 \cdot L}{a}$$

où c désigne la célérité d'une onde acoustique dans l'eau. Le volume d'eau (en litre) perdu:

$$Q_2 = S \cdot V_0 \cdot \frac{2 \cdot L}{a}$$

3- Période 3

Le clapet de batterie est fermé ce qui provoque une augmentation de la pression dans le corps de la pompe. Cette augmentation de la pression provoque à son tour l'ouverture de la soupape de refoulement. L'eau en pénétrant dans la chambre à air se confronte à la pression de l'air qui s'y trouve. D'où le refoulement de l'eau dans le tuyau de refoulement et la fermeture de la soupape de refoulement. La surpression maximale provoquée par le coût de bélier est:
 et la durée de la période (en seconde)

Dhr: coefficient de perte d'énergie totale entre le tuyau de refoulement et le clapet de refoulement; h : la différence de cote entre la hauteur de refoulement voulue et la cote de la source;

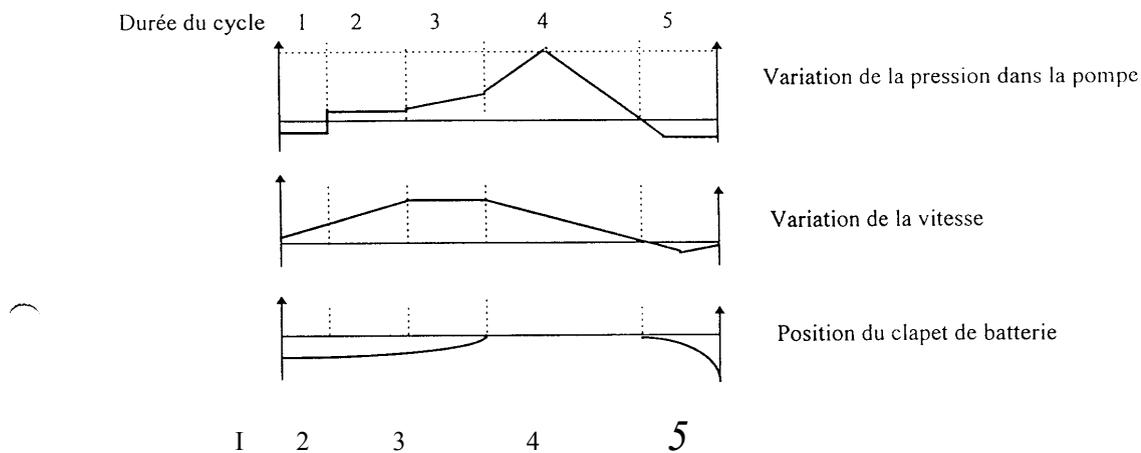
La quantité d'eau pompée (en litre) durant cette période est:

4- Période 4

La soupape de refoulement est fermée. Cette fermeture brusque de la soupape de refoulement est due a la dépression de l'eau dans le corps de la pompe ce qui permet au clapet de batterie de s'ouvrir. En ce moment, il se crée un phénomène de recul c'est à dire que la pression statique dans la chambre a air est supérieure à celle qui existe dans le corps de la pompe.

La durée de cette période est celle de la deuxième période soit $t_4 = t_2$

Les graphiques suivants montrent les variations de la pression, de la vitesse et de la position du clapet de batterie au cours du cycle.



I: fin du cycle du bélier hydraulique. La vitesse de l'eau augmente de nouveau pour atteindre la valeur du début de la fermeture du clapet de batterie. La pression de l'eau dans la pompe est négative.

2: Augmentation de la vitesse de l'eau jusqu'à atteindre la vitesse de fermeture du clapet de batterie.

3: Début de fermeture du clapet de batterie. La vitesse de l'eau atteint sa valeur maximale.

4: Fermeture du clapet de batterie. La surpression dans le corps de la pompe occasionne l'ouverture de la soupape de refoulement.

5: Diminution rapide de la pression de l'eau dans le corps de la pompe. Ce qui a pour conséquence la fermeture de la soupape de refoulement et l'ouverture du clapet de batterie.

5- Résumé des caractéristiques de la pompe

5- Résumé des caractéristiques de la pompe

$$\text{La durée totale du cycle : } T = \frac{L^2}{2 \cdot g \cdot Dha} \ln \frac{1+X}{1-X} + 4 \frac{L}{a} + \frac{2 \cdot L^2}{2 \cdot g \cdot Dha} \tan^{-1} \frac{Dhr \cdot V_0^2}{2 \cdot g \cdot h}$$

Le débit d'eau pompé (en l/s): $Q = Q_3 / t$

$$\text{Le rendement de la pompe (en \%): } r = \frac{h \cdot Q}{H \cdot Q_m} \quad \text{ou bien:}$$

$$r = \frac{h \cdot Dha}{H \cdot Dhr} \frac{\text{Ln} \frac{V_3^2 \cdot Dhr}{2 \cdot g \cdot h} + 1}{\text{Ln} \frac{1}{1 - X^2}}$$

La puissance développée par la pompe au cours de ce cycle (en Watt): $P = Q \cdot \gamma \cdot H$;

$$P = 8,81 \cdot \frac{h \cdot L \cdot S}{T \cdot Dhr} \text{Ln} \frac{V_3^2 \cdot Dhr}{2 \cdot g \cdot h} +$$

La fréquence de battement de la pompe (en coups par minute): $f = \frac{60}{T}$

La fraction du volume d'eau pompée: $\frac{Dha}{T \cdot Dhr} \frac{\text{Ln} \frac{V_3^2 \cdot Dhr}{2 \cdot g \cdot h} + 1}{\text{Ln} \frac{1}{1 - X^2}}$

Le débit d'eau perdu lorsque le clapet de batterie est ouvert: $\frac{L \cdot S}{T \cdot Dha} \text{Ln} \frac{1}{1 - X^2} + 2 \frac{V_0}{a}$

Le débit total: $Q_t = Q_f + Q$

Q_f : débit de fonctionnement de la pompe;

Q : débit refoulé par la pompe.

IV - INSTALLATION

L'installation du béliet nécessite de:

- faire tout d'abord un choix du site sur lequel seront implantés les ouvrages. Ce sont: le réceptacle de la pompe, le réservoir de mise en charge de l'eau,
- faire la sélection de la pompe à utiliser répondant à la demande,
- dimensionner les tuyaux de batterie et de refoulement.
- construire les ouvrages.

a- Détermination du débit de la source:

L'implantation des pompes à béliet hydraulique demande tout d'abord s'assurer que le débit de la source est suffisant pour faire fonctionner la pompe et que la source sera pérenne ou couvrira une grande partie de l'année.

Beaucoup de méthodes peuvent être utilisés pour déterminer le débit de la source. Pour les petits débits, il convient d'utiliser la méthode volumétrique. On construit un barrage artificiel et provisoire muni d'un tuyau et on mesure le débit à l'aide d'un seau et d'un chronomètre. Dans certains cas, pour les forts débits, on peut utiliser un déversoir triangulaire. La détermination du débit se fait alors à partir de la formule suivante: $Q = 0.875 (H)^{5/2}$

Par ailleurs, pour un béliet hydraulique, il existe un débit minimum indispensable pour son fonctionnement. Le débit minimum requis pour faire fonctionner un petit modèle de JOHN BLACK est de 7 l/mn.

b- Dimensionnement des tuyaux

1- Le tuyau de batterie

Il relie la pompe au réservoir.

La détermination de la longueur de la conduite inclue la dénivelée entre la côte de la surface de l'eau de la source et la côte de l'emplacement du clapet de batterie de la pompe, de la topographie du terrain et aussi la charge de l'eau au dessus de la pompe (H). Elle doit être supérieure ou égale à I m.

Pour des besoins de bon fonctionnement de la pompe les conditions suivantes sont à respecter:

- Selon S. B. WATT: $L > 4 * H$

-Selon KAHANGIRE:

où N désigne le nombre de battement par minute, H la charge de l'eau au-dessus de la pompe et D le diamètre du tuyau de batterie.

D'autres auteurs comme EYTELVE~ proposent de prendre donnant le meilleur rendement du béliet.

Dans tous les cas tous les auteurs s'accordent sur la condition suivante: $6 * H < I < I 2 * H$.

En effet, Si

$L < 6 * H$ dans ce cas il faut donner à la conduite la forme en S. Par contre,

Si $L > 12 * H$, il faut créer des bassins intermédiaires.

considérant comme la valeur de L

En ce qui concerne le diamètre du tuyau de batterie, il doit obéir à la relation suivante: $150 < L/D < I 000$.

WATT propose que l'on puisse utiliser $L/D = 500$.

2- Le tuyau de refoulement

Elle relie la pompe au réservoir de tête. Sa longueur se déduit du profil en long de son implantation. La détermination de la hauteur de refoulement se fait à partir de la formule suivant:

La hauteur de charge de refoulement. $Rd = H + h$ et cette hauteur doit obéir à la condition suivante:

$$\frac{Hd}{H} > 3$$

f: Facteur de rugosité du tuyau.

Ek: Somme des diverses pertes de charge dans le tuyau de refoulement

V: la vitesse de l'eau au refoulement. Elle est obtenue à partir de la formule suivante:

$$V = 4 * Q / (D^2 * \pi)$$

c- Choix de la pompe

Pour faire un bon choix de la pompe, il convient dans un premier temps d'évaluer la demande totale en eau et du débit disponible.

d- Construction du site de la pompe

La construction du site de la pompe consiste en la réalisation des ouvrages tels que: La construction d'un ouvrage de prise, la mise en place du tuyau de batterie , du tuyau d'évacuation des eaux de fonctionnement et de refoulement du réceptacle (l'ouvrage qui abritera la pompe) et de la construction du réservoir de tête.

1- L'ouvrage de prise:

Dans la plupart des cas, il est nécessaire de construire un barrage qui servira du stockage et de la mise la mise en charge de l'eau. La côte de la prise doit être évaluée de telle sorte que le tuyau de batterie ne soit pas envahi par les dépôts de sédiments au fond du barrage et dénoyé en cas de diminution de l'eau lors des périodes sèches.

2- Le tuyau de batterie:

IL doit **d'être équipé d'une crépine au niveau de la prise pour** empêcher les débris d'y entrer et provoquer des usures du **tuyau de batterie et le blocage du clapet de batterie**. Les fréquences de battement imposées par la pompe lors de son fonctionnement impose que le tuyau de batterie soit bien **attaché à la pompe pour** qu'il n'y **est pas des ondes de surpression et de sous pression** en invitant ainsi le phénomène de résonances dans les tuyaux et que l'eau soit claire. La nature du tuyau de batterie doit être choisi de telle sorte qu'il n'y est pas attaque chimique de l'eau dans ce tuyau.

3- Le réceptacle:

L'appareil devra être établi sur une petite assise solide en maçonnerie nivelée avec beaucoup de soin. Il sera fixé sur une assise au moyen de boulons de scellement. Le béliet hydraulique est un appareil soumis à des chocs brusque, il faut donc qu'il ne puisse pas être ébranlé par son fonctionnement et que de plus le nivellement soit fait avec précision.

Le réceptacle servira également d'abri pour la pompe.

Un tuyau d'évacuation des eaux de fonctionnement sera aussi aménagé pour évacuer ces eaux le plus loin possible.

4- La conduite d'évacuation des eaux de fonctionnement:

Cette conduite servira à l'évacuation des eaux de fonctionnement de la pompe. Ces eaux doivent être évacuée le plus **loin possible du site pour éviter les érosions** régressives qui risqueront de menacer l'ouvrage qui abrite la pompe. Il est cependant préférable que ces eaux rejoignent le cours d'eau s'il existe dans les alentours. Ce tuyau peut être en PVC.

5- Le tuyau de refoulement:

Tout comme le tuyau de batterie, le tuyau de refoulement doit être bien attachée à la pompe du fait qu'elle va recevoir de l'eau sous pression résultant des pressions statiques et de l'eau dans le corps de la pompe.

6- Le réservoir de tête:

La taille du réservoir doit être choisi en fonction des besoins totaux journaliers auquel on ajoute 20 à 50 % des besoins totaux pour les réserves.

La construction de ce réservoir nécessite de prévoir un système de trop plein pour évacuer les excédents des eaux en période de sous consommation. Les eaux excédentaires peuvent être utilisé à d'autres fins tels les abreuvoirs. Le réservoir de tête peut être construit en béton armé ou en ferro-ciment une technique de construction mise en place par le centre régionale pour l'eau potable et assainissement à faible coût (CREPA).

Le dessin suivant illustre les différentes parties de l'installation de la pompe à béliet hydraulique:

VI- MISE en marche réglage de la pompe

Le béliet étant un appareil à la fois récepteur et moteur, son fonctionnement ne peut se faire que lorsqu'il y a équilibre entre le refoulement d'une part et la batterie de l'autre.

Par conséquent, au début de l'installation, le tuyau de refoulement étant vide, il n'y pas d'équilibre et le béliet ne pourra fonctionner. Il faut alors faire fonctionner à la main le clapet de batterie jusqu'à ce que le tuyau de refoulement soit plein. Cela demande naturellement un temps plus ou moins long suivant la longueur du tuyau de refoulement. Ainsi, la pompe pour fonctionner doit d'abord être installée. Pour cela, il faut vérifier tout d'abord que:

1-la source d'alimentation est pérenne et que son débit ne variera pas de façon significative au cours de l'année;

2-La charge de l'eau au dessus de la pompe doit être d'au moins d'1 m;

3- Les tuyaux de batterie et de refoulement soient bien choisies;

4- Le site est favorable pour le fonctionnement de la pompe.

Une fois que ces conditions sont remplies, on peut installer la pompe tout en plaçant des vannes aux niveaux des tuyaux de batterie et de refoulement respectivement au niveau du clapet de batterie et de la soupape de refoulement.

L'installation finie, on peut maintenant mettre en marche la pompe. ainsi:

- 1- Fermer le clapet de batterie à l'aide de la main en tenant vers le haut le clapet de batterie et à partir du boulon d'ajustement le vissant jusqu'à 5 mm de sa position initiale puisque ce boulon du dessus était vissé juste jusqu'à l'extrémité de l'écrou.
- 2- Ouvrir le clapet de batterie et ajusté à partir du boulon d'ajustement de la tension de la barre de fer situé à l'extrémité pliée de la barre jusqu'à ce que le bras atteint le boulon d'ajustement situé à 15 mm Si on se sert du bélier de WATT.
- 3- Fermer le clapet de batterie comme avant et serrer les écrous des boulons ajustés pour ne pas déranger l'ajustement que vous avez fait. Ensuite ouvrir la vanne du tuyau de batterie et laisser l'eau coulée dans la pompe jusqu'au niveau de la soupape de refoulement. En ce moment, libérer le clapet de batterie pour qu'il commence à battre. La pompe peut alors fonctionner.
- 4- Si le clapet de batterie reste ouverte alors l'ajustement n'est pas bien fait. Dans ce cas, fermer la vanne du tuyau de batterie et reprenez la mise en marche en diminuant la distance de 2 mm.
- 5- Si le clapet de batterie fonctionne correctement, faite fonctionner la pompe pendant un certain temps et reprenez la mise en marche de la pompe en diminuant à chaque fois la distance de 2 mm et en notant le rendement correspondant.
- 6- Comparer les rendements et remettre en place à partir des opérations précédentes la distance à laquelle le rendement a été maximale. Si on a deux endroits ou plusieurs endroits d'égale rendement, choisir la distance la plus petites.

VII- DIFFICULTES dans le fonctionnement de la pompe:

La mise en marche terminée. La pompe doit pouvoir fonctionner seule. Si elle ne fonctionne pas, alors chercher à savoir dans qu'elle endroit se situe la panne.

- 1- Si le clapet de batterie ne fonctionne pas alors vérifié s'il y a des fuites quand il est fermé ou bien si le clapet ne bat pas. Dans ce cas vérifier s'il n'y a pas de débris ou obstruction dans le clapet de batterie.
- 2- La soupape de refoulement ne fonctionne pas. Dans ce cas voyer Si le niveau de l'eau dans le corps de la pompe est suffisant pour soulever le clapet de refoulement. Si le clapet de refoulement ne revient pas sur la plaque perforée, voyer s'il est coincé.
- 3- Le bélier hydraulique pompe de l'air. Si l'air est important, alors l'eau n'arrive pas entièrement dans la chambre à air. Pour cela, revoir le clapet de batterie ou bien si le tuyau de batterie est dénoyé au niveau de la source.
- 4- Le bélier hydraulique ne pompe pas beaucoup d'eau, dans ce cas vérifier Si le reniflard est bouché sinon élargissez le reniflard ou bien vérifier s'il n'y a pas de fuite dans la chambre à air.
- 5- La pompe fonctionne en émettant un lourd son métallique. Alors, la soupape de refoulement fonctionne en faisant passer beaucoup d'air. Pour cela, diminuer le diamètre du reniflard.

VIII-Maintenance de la pompe

Toute installation nécessite un suivi. Pour que la pompe fonctionne de façon continue une opération de maintenance est nécessaire. Les parties les plus fragiles de la pompe sont le clapet de batterie, la soupape de refoulement et le reniflard. De ce fait, des joints et clapets de rechange sont indispensables à prévoir pour la réparation en cas de panne au niveau des soupapes.

Les vérifications doivent être constamment faites sur toute la station de pompage.

La crépine du tuyau de batterie doit être vérifiée périodiquement et nettoyée si cela est nécessaire. Le reniflard doit être maintenu propre et nettoyé. Si l'air cesse d'entrer dans la pompe, la pompe fonctionnera de manière très médiocre. Enfin vérifier si les réglages sont constants.

Par ailleurs, le nettoyage de la pompe elle-même peut se faire en déconnectant la pompe du tuyau de batterie. La pression de l'eau contenue dans le réservoir pneumatique chasse les dépôts de sable fins qui peuvent y être. Bien sûr il faut tout d'abord fermer la vanne du tuyau de batterie pour empêcher l'eau de la source de couler.

X- Application et exploitation des béliers hydrauliques

L'usage des pompes à bélier hydraulique est surtout réservé à la seule utilisation domestique. En effet, les débits obtenus au refoulement sont généralement faibles. Le bélier est très profitable lorsqu'une habitation est située à proximité d'un barrage, d'un lac ou tout autres sources.

Le bélier hydraulique comme nous l'avons dit plus haut est une pompe qui fonctionne en utilisant uniquement l'énergie de l'eau. Son exploitation nécessite seulement la mise en charge de l'eau.

Dans les pays de montagne, son installation est facile puisqu'il suffit de repérer les zones où la dénivellée est importante pour pouvoir utiliser l'énergie de chute de l'eau. Ils constituent les meilleurs endroits d'exploitation de ces pompes. Toutefois dans les pays plats comme le Burkina Faso, les béliers hydrauliques peuvent être utilisés en les installant au niveau des prises des barrages et alimentés ainsi les villages environnent.

Par ailleurs, Si la demande est importante, on peut utiliser plusieurs béliers hydrauliques. Des béliers à deux eaux pouvant refouler des débits assez importants ont été imaginés. Cette possibilité est restée jusqu'à présent une simple littérature.

Bibliographie

S. B. WATT A manual on the Hydraulic Ram for Pumping Water

F. J. SCHILLER and KAHANGIRE

- Analysis and computerized mode of the automatic hydraulic ram pump
- An experimental investigation and design of the hydraulic ram pump