

## Demi journée d'échange organisée par la Fédération des CIVAM en Limousin le 12/09/19

### Principes et mise en place d'un bélier hydraulique

### Compte rendu + annexes techniques



L'ADAPA (Association pour le Développement d'une Agriculture Plus Autonome) anime des échanges entre agriculteurs pour discuter la théorie et la confronter à la pratique.

Travailler avec la Nature et non contre elle ... ! Bel adage, oui ... mais comment ? Comment allier qualité, revenu et satisfaction de son travail ? C'est à ces questions que des producteurs, essentiellement corréziens, tentent de répondre collectivement, au sein du groupe Systèmes de Fermes de Production Diversifiées.

Sur la vallée du Chavanon des agriculteurs auvergnats et limousins se rencontrent sur leurs parcelles pour parler ensemble de leurs problématiques et tenter d'y répondre.

### - Contexte général -

Cette demi journée a été organisée par les groupes CIVAM Systèmes Fermes de Production Diversifiées et CIVAM ADAPA, tout deux adhérents à la Fédération des CIVAM en Limousin. Ces groupes fédèrent des agriculteurs qui, par le biais d'échanges et de formations, innovent ensemble pour mettre en place des systèmes de production plus économes et plus autonomes, permettant in fine le maintien de campagnes vivantes et solidaires.

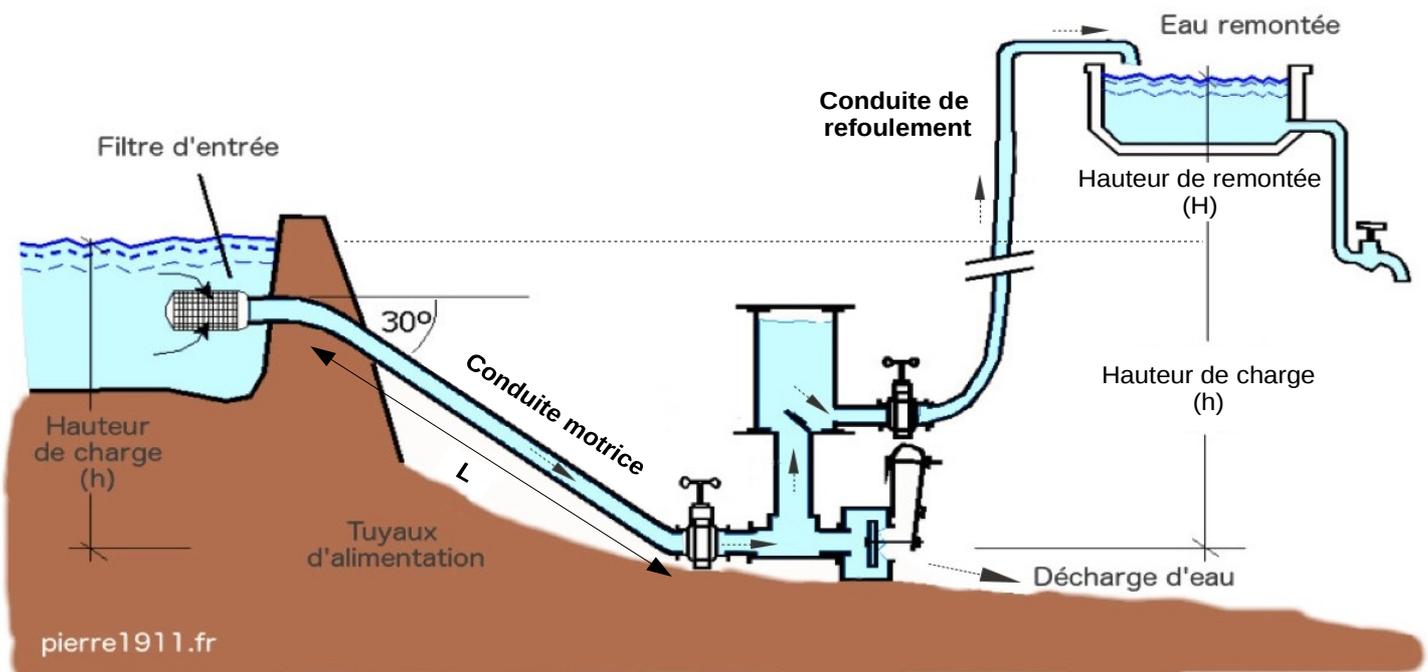
La présente demi journée s'inscrit dans une réflexion globale sur la gestion de l'eau à l'échelle des systèmes de production, une gestion d'autant plus essentielle dans un contexte de changement climatique et de fortes variations d'une année sur l'autre en terme de répartition et de volumes de précipitations. Ce travail sur la gestion de l'eau vise à diffuser des outils permettant de travailler, toujours dans une logique économe, à optimiser la répartition et l'utilisation des ressources en eau.

### - Présentation des exploitations et historique du bélier hydraulique -

Hervé Chambragne et Pascal Gouze sont deux éleveurs, habitant respectivement à Féniers et à Poussanges, où ils élèvent deux troupeaux d'animaux allaitants, bovins et ovins dans le premier cas, bovin uniquement dans le second. Ils travaillent en commun un ensemble de 100ha de terrains séchant, sur lesquels ils faisaient soit des cultures et du foin, soit du pâturage avec comme contrainte le fait de devoir amener en permanence de l'eau aux animaux. L'objectif était donc de chercher un dispositif permettant de remonter avec un minimum de frais de l'eau, tout en économisant du temps de travail.

Leur beau père commun avait un bélier hydraulique professionnel il y a 40 ans, acheté auprès d'une entreprise, ce qui leur a donné l'idée de mettre en place un tel dispositif, il y a un peu plus de 10 ans. Quand ils ont commencé à se renseigner, il ne restait plus qu'une seule entreprise qui en fabriquait, pour un prix minimum de 3000 euros pièce. Au cours d'une manifestation dans la commune de Poussanges, ils tombent par hasard sur une personne qui avait complètement auto-construit un bélier hydraulique. Ils partent de ces informations pour progressivement monter le leur, en activité depuis 10 ans et qui permet aujourd'hui d'abreuver les animaux sur 100 ha.

### - Présentation du fonctionnement général du bélier hydraulique -



Ce dispositif mécanique et hydraulique permet de pomper l'eau à une certaine hauteur en utilisant l'énergie d'une chute d'eau de hauteur plus faible. L'énergie utilisée provient donc de l'eau elle-même, et non d'une source d'électricité ou bien d'un moteur. Le bélier permet ainsi d'être autonome en énergie pour l'abreuvement et d'économiser du temps de travail.

Le principe général est la suivant : de l'eau est stockée dans un réservoir située à une **hauteur de charge h** du bélier hydraulique, le réservoir étant alimenté par gravité par des captages. L'eau est ensuite envoyée dans la **conduite motrice de longueur L** et arrive dans le bélier avec un **débit Q**, produit de la vitesse de l'eau et du diamètre de la conduite motrice.

En fonction du débit d'entrée, de la **hauteur de chute h et du rendement du bélier** (voir annexes), de l'eau sera remontée avec un **débit q** dans la **conduite de refoulement** à une **hauteur de refoulement Hr** égale à **h la hauteur de charge + H la hauteur de remontée**. L'excédent d'eau (Q-q) sert à alimenter le bélier et est ensuite rejeté dans le cours d'eau où il a été pris.

**Pour s'assurer d'un fonctionnement optimum, les paramètres suivant doivent être respectés :**

- $Q_c$  (quantité d'eau du collecteur) >  $Q_e$  (quantité eau rejetée) +  $Q_r$  (quantité eau remontée)
- $L$  (la longueur du tuyau d'alimentation) = 4-5 (minimum) x  $h$  (la hauteur de charge), autrement, il y a risque d'une surpression à l'entrée du bélier.

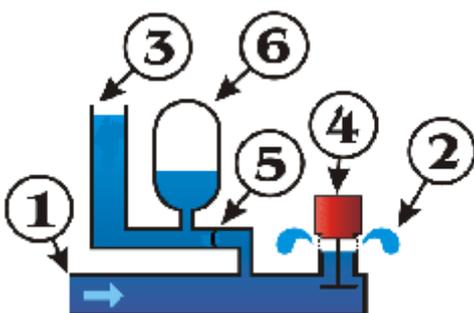
**Si Q est la quantité d'eau débitée par la source ou le ruisseau, la quantité q d'eau remontée vers le réservoir d'utilisation, est calculée par la formule suivante :**

$$q = \frac{h \times Q}{h + H}$$

Afin de pouvoir mettre en place un bélier hydraulique, il est donc essentiel d'avoir **de la pente et un débit d'eau suffisant**. Autrement, le bélier ne fonctionnera pas. On peut aussi en tirer les conclusions suivantes :

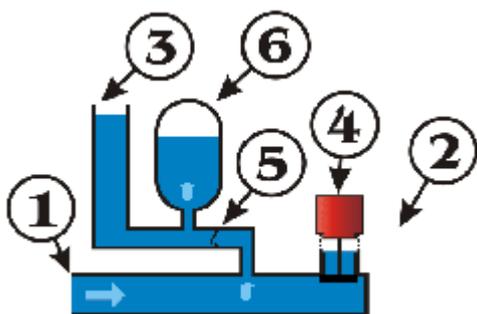
- à hauteur de remontée H égale, plus le volume à remonter sera important et plus il faudra une hauteur de chute h importante
- à volume à remonter constant, plus la hauteur de remontée H sera importante et plus il faudra une hauteur de chute h importante.

### - Le cycle du bélier en trois étapes -

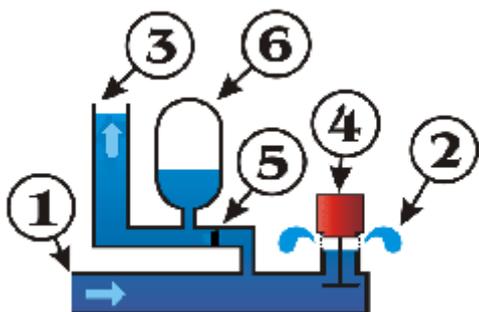


La conduite d'arrivée d'eau (1) contrôlée par une vanne d'arrivée principale (non représentée) doit être alimentée par une eau sous pression (liée à une dénivellation), dont l'énergie cinétique alimentera le dispositif en énergie. De cette énergie dépend la capacité de pompage. La pression d'arrivée est cependant insuffisante pour permettre à l'eau de remonter la colonne de refoulement (3) et nécessite une énergie supplémentaire pour augmenter la pression. Le bélier est constitué d'une conduite d'arrivée (1), d'une soupape primaire (4) à ouverture contrôlée par un ressort (ou parfois par un simple poids), d'une conduite de refoulement (3) avec un clapet anti-retour (5) et une cloche remplie d'air (6).

**Étape 1 :** Au début du fonctionnement, le clapet anti-retour (5) est fermé sous l'effet de la pression statique de la colonne (3) et l'eau arrive par la conduite. L'eau s'échappe à l'extérieur du dispositif en (2) par la soupape primaire (4), mais celle-ci se ferme brusquement quand l'eau atteint une vitesse suffisante.



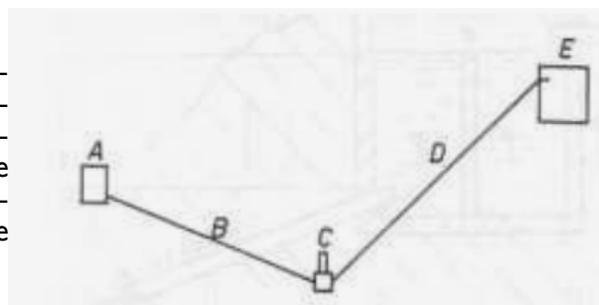
**Étape 2 :** Se produit alors le **coup de bélier** et le clapet anti-retour (5) ayant une pression amont soudainement plus grande que la pression aval (3 et 6) s'ouvre. L'eau monte alors à la fois dans la cloche (6) – qui sert de tampon pour absorber une partie du choc du coup de bélier et réguler le débit du refoulement – et dans la conduite de refoulement (3).



**Étape 3 :** Quand la pression dans la conduite d'arrivée d'eau (1) redescend en dessous de la pression du circuit de refoulement (3 et 6), le clapet anti-retour (5) se referme alors que la soupape primaire (4) se rouvre sous l'action de son ressort. La pression de l'air de la cloche (6), et donc également son niveau d'eau, redescendent au fur et à mesure que l'eau est refoulée par (3). Le cycle peut alors recommencer.

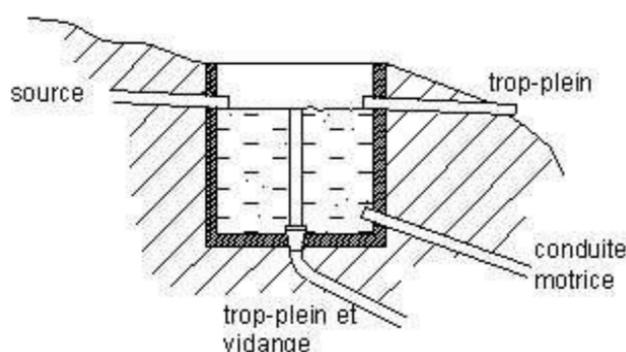
### - Installation d'un bélier hydraulique -

L'installation type comprend un collecteur (A) qui recueille l'eau de la source ou du ruisseau, la conduite motrice (ou de batterie) (B) amenant l'eau au bélier, le bélier proprement dit (C), la conduite d'alimentation (ou de refoulement) (D) amenant l'eau du bélier au lieu d'utilisation et enfin le réservoir (E) qui recueille l'eau pompée par le bélier sur le lieu d'utilisation.



#### Le collecteur

Le collecteur peut avoir n'importe quelle grandeur, par exemple un tuyau de ciment de dia 0.6 à 1 m de diamètre. Toutefois, la conduite motrice doit toujours être suffisamment couverte d'eau, au moins 30 à 40 cm d'eau. La quantité excédentaire d'eau (différence entre le débit de la source et le débit moyen de la conduite motrice sera évacuée par un dispositif de trop plein.



Idéalement, le collecteur doit être construit de manière à ce que les bulles d'air amenée par l'eau débouchant de la source dans le collecteur n'atteignent jamais la conduite motrice : de l'air dans la conduite motrice perturberait le bon fonctionnement du bélier. Dans ce but, on peut, par exemple, séparer le collecteur en deux chambres par une cloison centrale de hauteur légèrement inférieure à la hauteur du tuyau d'arrivée pour que l'eau ne reflue pas dans ce tuyau, mais pas trop basse pour que le passage de l'eau d'une chambre à l'autre ne provoque pas de nouveaux remous et donc une nouvelle formation de bulles d'air. Le trop plein d'évacuation sera également prévu au même niveau que la cloison de séparation. Pour éviter que des déchets importants ne passent dans la conduite motrice, le départ de celle-ci sera placé quelques centimètres au-dessus du fond du col-

lecteur qui sera régulièrement nettoyé (par exemple en combinant un système de trop plein avec une conduite de vidange).

### La conduite motrice

La conduite qui relie la source au béliet. Son diamètre dépend du type de béliet utilisé :

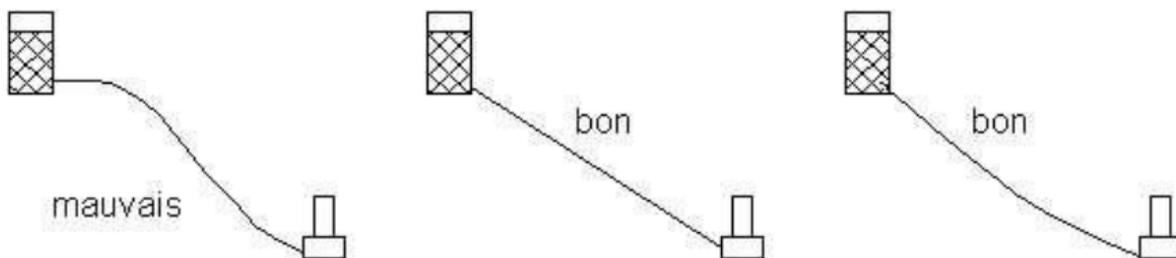
Modèle	1	2	3	4
Conduite motrice	3/4 "	1 "	1 1/4 "	1 1/2 "
Conduite d'alimentation	1/2 "	1/2 "	3/4 "	1 "
Béliet réglable pour une affluence de la source en lit/min.	3—10	6—20	15—35	30—60

La longueur de la conduite motrice est importante pour un bon fonctionnement de l'installation; elle dépend de la hauteur de chute et doit se situer entre 3 et 5 fois cette hauteur. Exemple : si la hauteur de chute est de 10 m, la longueur de conduite motrice doit être comprise entre 30 et 50 m.

**La conduite motrice devant résister aux "coups de béliet"** il est indispensable qu'elle soit réalisée en matériaux rigides tels que tuyaux d'acier ou de fonte. **Les tuyaux en matière plastique sont à proscrire pour cet usage à cause de leur élasticité.**

**De même**, la conduite motrice doit être réalisée avec le plus grand soin, elle doit être parfaitement étanche sous peine d'entraîner des dysfonctionnements du béliet. Des manchons union à joints plats ne sont pas adaptés à la réalisation d'une conduite motrice.

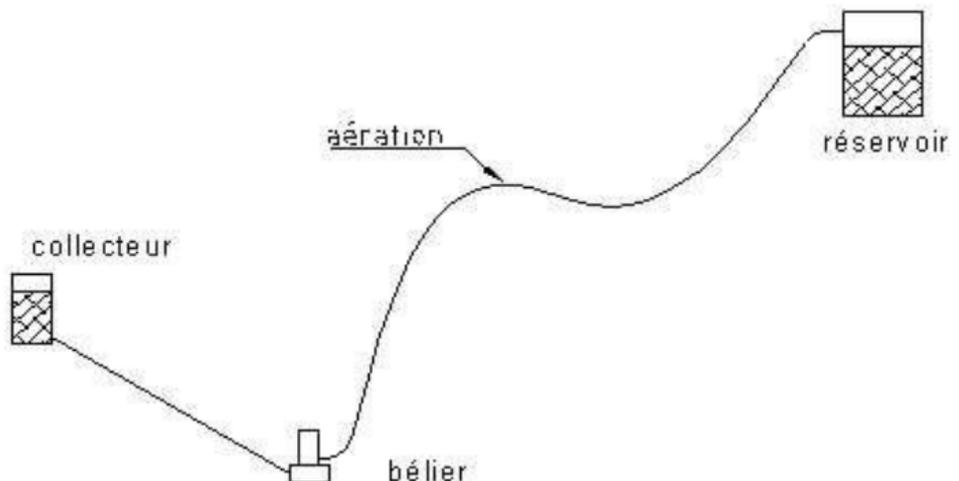
La conduite motrice doit avoir une **pente régulière**, éventuellement avoir une pente plus forte dans sa partie supérieure pour arriver au béliet avec une pente plus faible, jamais l'inverse. Il faut éviter pour sa construction des courbes et des coudes. Si une courbe latérale ne peut être évitée, il faut la réaliser avec le plus grand rayon de courbure possible.



### La conduite d'alimentation

La conduite d'alimentation est celle qui relie la sortie du béliet avec le réservoir d'alimentation, à l'utilisation. Le diamètre de cette conduite dépend du modèle de béliet (cf tableau précédent).

La conduite d'alimentation doit idéalement ne pas avoir de contre-pente. Dans le cas où



cette condition est impossible à respecter, des possibilités d'aération sont à prévoir sur les "points hauts".

**La conduite d'alimentation peut être réalisée en tuyaux plastiques;** ceux-ci doivent cependant être adaptés à la pression à laquelle ils doivent pouvoir résister et qui dépend de la hauteur de remontée ( $1 \text{ kg/cm}^2$  par 10 m de remontée).

### Le réservoir d'alimentation

Le réservoir d'alimentation sera construit idéalement au-dessus de la zone d'utilisation de manière à permettre un écoulement par gravité vers le lieu d'utilisation sous une certaine pression. Cette disposition permet un écoulement régulier et si nécessaire une réserve peut être ainsi créée pour couvrir les besoins plus importants.

L'entrée de la conduite d'alimentation dans le réservoir doit se faire au-dessus du niveau d'eau maximum de manière à toujours permettre un écoulement libre du conduit d'alimentation et de pouvoir ainsi vérifier le débit; un système de trop-plein limitant le niveau d'eau dans le réservoir doit donc être prévu juste en dessous du niveau d'arrivée du conduit d'alimentation.

De plus, pour maintenir une bonne circulation et une bonne fraîcheur de l'eau utilisée, la prise d'eau de consommation se fera en face de la sortie de la conduite d'alimentation.

### Divers

Des vannes d'arrêt à bille seront placées à l'entrée et à la sortie du béliet pour permettre son isolement et un démontage facile. Un robinet de vidange sera également placé sur le départ de la conduite d'alimentation pour permettre, si nécessaire, sa vidange et donc la mise à pression atmosphérique de la conduite en cas d'intervention nécessaire.

### - Autoconstruction d'un béliet hydraulique - (cf exemples de montage en annexes)

Plutôt que d'acheter un béliet déjà monté, plus coûteux et surtout pas toujours adapté aux besoins de chacun, la meilleure solution, ici mise en place par Hervé et Pascal, est de construire soi-même un béliet, dont les principales pièces sont les suivantes :

**1) Une cloche à air :** elle permet d'amortir l'onde de choc provoquée par le coup de béliet. Elle laisse ainsi passer un maximum d'eau. Il faut veiller à ce que la cloche conserve une certaine quantité d'air, faute de quoi l'onde ne sera plus absorbée et le béliet s'abîme. La solution la plus couramment utilisée consiste à mettre en place un **reniflard**. Il suffit pour cela de percer un trou de 1,5-2 mm de diamètre en dessous du clapet anti-retour. Cela provoque une légère fuite au moment du coup de béliet. En revanche, au moment de la dépression, de l'air sera aspiré, restera bloqué au niveau du clapet anti retour et aspiré dans la cloche au prochain coup de béliet. **Vérifier régulièrement que le reniflard n'est pas obstrué.** D'autres systèmes, utilisant des **extincteurs** ou bien d'**anciennes bouteilles à gaz (peu recommandé toutefois)**, ne semblent pas avoir besoin de ce dispositif. **Être particulièrement précautionneux sur le choix de la cloche à air qui sera sous pression lors du fonctionnement du béliet.**

**2) Un clapet à choc :** généralement monté à la verticale, il provoque les coupures brutales du flux, entraînant la surpression. Il contrôle la fréquence et l'apparition d'une onde de choc. L'exploitation de cette onde de choc permet d'enchaîner les cycles et de rendre le système automatique. On peut construire un clapet à choc à partir d'une crépine ou bien d'un **clapet anti retour** modifiés (cf annexes pour les schémas généraux).

**Être particulièrement précautionneux lors de la modification d'une crépine ou bien d'un clapet anti retour (voir les sources indiquées en annexes, vidéos de démonstration, informations disponibles sur le net). On trouve un bon détail des différentes pièces et étapes à**

**suivre pour la modification de chacune des deux pièces au lien suivant <http://ekladata.com/pJE1pbVCWISKA5xfIZ1iq3tT9iM/derriere-version.pdf>**

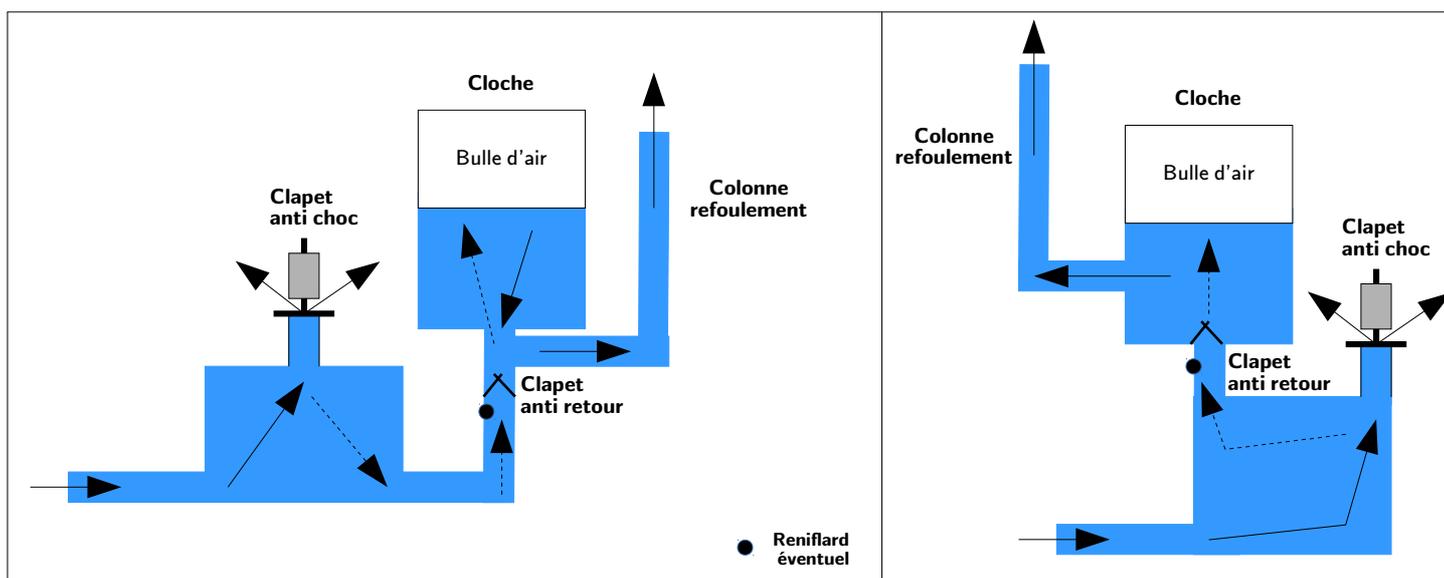
**3) Un clapet anti retour classique** : absorbe la surpression et empêche son retour.

**4) Le corps du béliet** : essentiellement des vannes et de la tuyauterie, voir les montages fournis en annexes.

Les montages possibles sont assez variés. On peut distinguer :

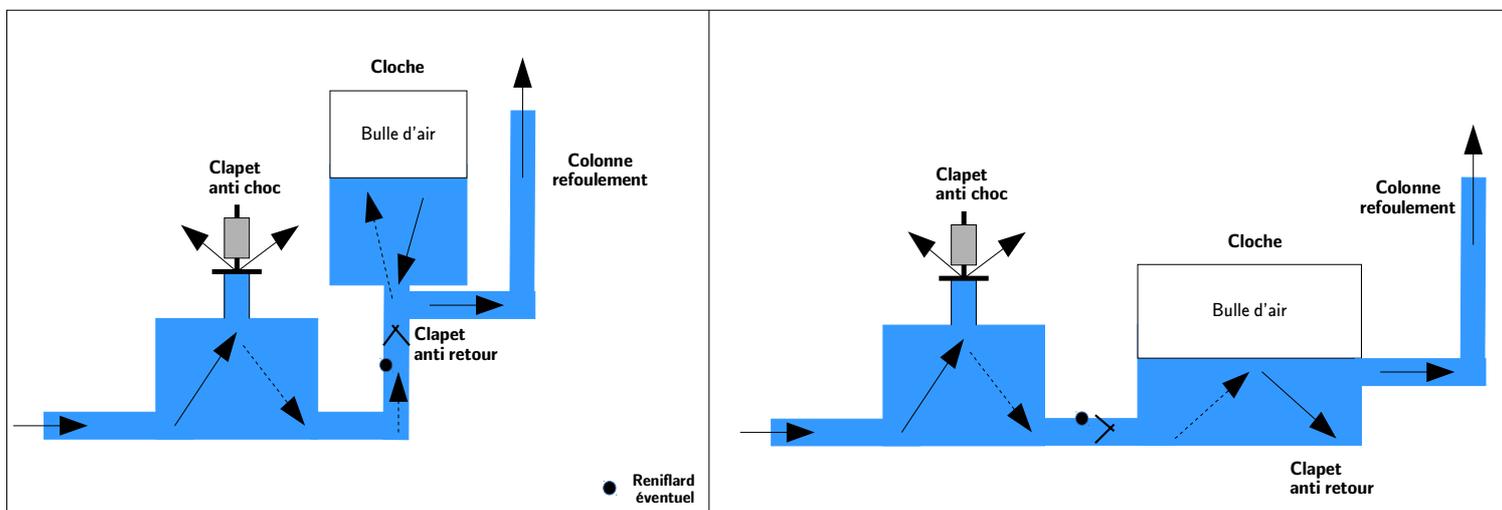
a) Montage en **béliet frontal** VS **béliet horizontal** selon la position du clapet anti choc. A savoir que les béliets frontaux ne se différencient pas forcément par leur efficacité et sont plus difficiles à fabriquer.

b) Montage en **répartition** (schéma de gauche) VS en **butée** (schéma de droite): dans le premier cas, le clapet antichoc est installé derrière la cloche à air, alors que dans le second cas c'est l'inverse :



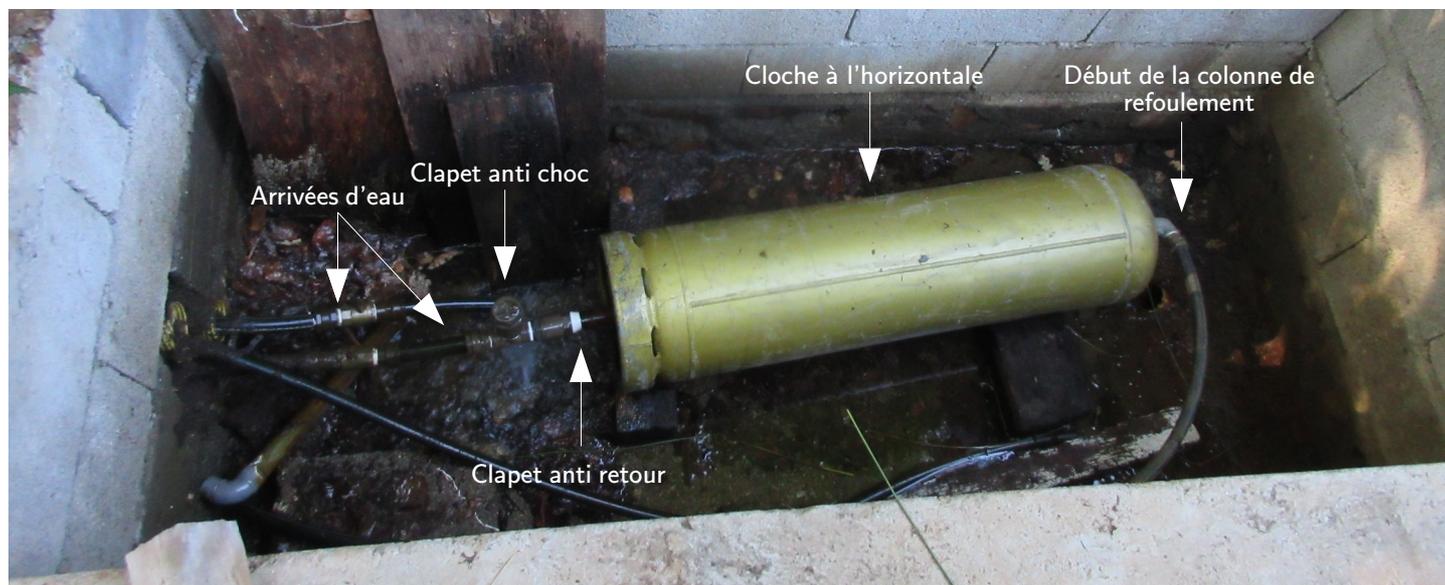
Une étude a montré que pour les mêmes composants et les mêmes conditions d'installations, un montage en répartition enregistre un rendement 21% fois supérieur à un montage en butée.

c) Montage de la cloche en **dérivation** (schéma de gauche) VS en **série** (schéma de droite) selon la position de la bouteille par rapport à la sortie de la colonne de refoulement.



## - Caractéristiques du bélier hydraulique mis en place par Pascal et Hervé - (cf schéma des annexes)

Le bélier mis en place est monté en butée et en série (cf schéma de droite de la dernière figure) avec une ancienne bouteille de gaz, ne nécessitant pas de reniflard :



Deux sources sont captées afin de remplir la cuve de stockage, située 12 m en amont du bélier (hauteur de chute), pour une conduite motrice d'environ 20 mètres de long (longueur de la conduite). L'objectif est de remonter de l'eau sur environ 65 m de haut (dont hauteur de refoulement), soit une hauteur remontée de 45m.

**Le débit d'entrée dans le bélier (Q) est d'environ 16L par minute, et permet d'acheminer dans la colonne de refoulement de 380m un débit q d'environ 3,5L par minute (le reste étant renvoyé dans le ruisseau où il a été pris). Ce débit permet d'acheminer environ 3000L par jour.**

D'après Pascal et Hervé, la cuve de stockage est placée trop haut par rapport au bélier, ce qui serait à l'origine de l'usure de deux pièces, le clapet anti choc et le clapet anti retour, qui doivent être changés tous les ans (ce qui représente une charge de 45 euros par an). Ils conseillent donc de faire plusieurs essais avant de placer définitivement le bélier, les cuves et d'enterrer les tuyaux.

La mise en place du bélier a coûté environ 6000 euros, comprenant :

- les pièces pour le bélier (moins de 100 euros cf facture fournie dans le dossier)
- 2500m de tuyaux
- le terrassement des tranchées
- les cuves de stockage et regards
- flotteurs pour les abreuvoirs afin de contrôler le débit

Afin d'éviter des problèmes de pression, ils rappellent la nécessité de bien souder les pièces du bélier lors de sa fabrication. De même, ne pas négliger lorsqu'on récupère l'eau d'une source à mettre un filtre à l'entrée afin d'éviter que du sable et des cailloux viennent gêner le fonctionnement du bélier.

**Au niveau des droits de prélèvement, ils se sont adressés à la DDT qui a autorisé la mise en place du dispositif, une petite partie seulement de l'eau étant réellement prélevée.**

## - Mise en route et entretien du bélier -

**Pour que le bélier démarre, la réserve d'air de la cloche et le clapet anti-retour doivent être "sous pression".**

Pour ce faire, on actionne en poussant la tige du bélier plusieurs fois :

- L'eau, traverse alors le clapet anti-retour, comprime l'air de la réserve et monte dans la canalisation de refoulement tout en comprimant de plus en plus l'air de la réserve.
- Si la hauteur d'eau dans la colonne de refoulement n'est pas suffisante, le bélier ne démarre pas.
- Dès que des battements successifs et réguliers se produisent, le bélier est en marche et l'eau récupérée continue de monter dans la colonne de refoulement.

Afin de gagner du temps de charge, Hervé et Pascal conseillent de garder le réservoir d'alimentation (donc l'arrivée de la colonne de refoulement) rempli au moment de la vidange (en début d'hiver, le bélier étant arrêté à cette période). Ainsi, le volume d'eau à pomper afin de faire fonctionner le bélier correspond juste au volume présent dans le tuyau de refoulement.

Si le bélier fonctionne en continu toute l'année, il ne gèle pas. **En cas d'arrêt du bélier en hiver, il convient alors de vidanger toute l'installation** en ouvrant la vanne supérieure de vidange (pour vidanger la partie haute du bélier) et en repoussant le clapet de choc (pour vidanger la partie basse du bélier). De même, si la cloche à air se remplit d'eau accidentellement (par mauvais réglage du reniflard), il convient de vidanger la cloche en ouvrant la vanne de vidange et la prise d'air de la cloche.

**Si il y a diminution du débit de la source, il est alors conseillé de rajouter des poids sur le clapet anti choc afin de diminuer le débit de sortie.**

Au niveau de l'entretien, il n'y quasiment rien à faire, à l'exception de changer les deux pièces. Toutefois, en ajustant les paramètres de pente, de débit, de hauteur de chute, l'usure peut être atténuée. Ainsi, mise à part 45 euros par an, il n'y a aucun frais. Les 6000 euros sont donc assez rapidement amortis, étant donné l'économie de carburant et de frais d'eau.

## - Bilan et perspectives -

Le bélier hydraulique est un dispositif particulièrement intéressant lorsque l'objectif est de gagner en autonomie et d'économiser du temps et du carburant. Il a également l'avantage de demander peu d'entretiens, et peut être, moyennant des choix judicieux et suffisamment de précautions, assez facilement auto-construit, ce qui facilite le changement éventuel de pièces. Il peut être également adapté à de très nombreuses situations, en fonction des besoins de chacun. Il nécessite en revanche deux paramètres fondamentaux, sans lesquels il ne peut fonctionner : de la pente et une source d'eau avec un débit suffisamment puissant

Dans le cadre de systèmes agricoles économes, autonomes et résilients, le bélier hydraulique est donc un outil de choix dans l'optimisation de la gestion de l'eau.



# ANNEXES

## Sources

- <http://ekldata.com/pJE1pbVCWISKA5xfIZ1iq3tT9iM/derniere-version.pdf>
- <https://wikiwater.fr/e43-les-pompes-a-energie>
- <http://www.codeart.org/pdf/dossier/realisation-d-un-belier-hydraulique.pdf>
- <https://www.econologie.com/plans-realisation-pompe-belier-hydraulique/>
- <https://marigny71.fr/le-belier-hydraulique>
- <http://www.belier-inox.fr/fabriquez-votre-belier-p867652>
- <https://sites.google.com/site/fabricationdunepompeabelier/>
- [https://lowtechlab.org/wiki/B%C3%A9lier\\_hydraulique#%C3%89tape\\_4\\_-\\_Cloche\\_%C3%A0\\_air](https://lowtechlab.org/wiki/B%C3%A9lier_hydraulique#%C3%89tape_4_-_Cloche_%C3%A0_air)
- [http://www.regispetit.fr/bel\\_pra.htm#pra79](http://www.regispetit.fr/bel_pra.htm#pra79)

## Documents joints

- Schéma du bélier hydraulique mis en place par Pascal et Hervé
- Table de chute
- Diagramme de puissance
- Deux exemples d'assemblage de bélier hydraulique
- Modification d'une crépine en clapet anti choc
- Modification d'un clapet anti retour en clapet anti choc
- Factures des pièces constituanes d'un bélier hydraulique