

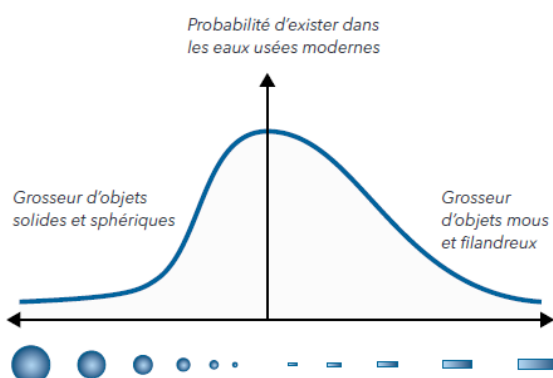
## PROBLEMATIQUE DU POMPAGE DES EAUX USEES

En eau claire les groupes de pompage fonctionnent souvent en continu, de façon stable dans une plage de performances maîtrisée et les interventions se limitent aux opérations d'entretien préventif programmé. Les machines sont "classiques", le critère de sélection est l'énergie spécifique en  $Wh/m^3$  d'eau relevée, le rendement reste conforme à celui indiqué sur les courbes de performances des Constructeurs où il est par ailleurs précisé qu'il s'agit d'un rendement testé et garanti eau claire.

En pompage d'eaux usées la problématique est différente : au rendement en eau claire, on préférera "la notion de rendement de pompage en eaux usées dans le temps" où interviennent les risques colmatage des hydrauliques et par conséquent leur chute progressive de rendement et de débit. L'utilisation de la vitesse variable, c'est-à-dire le fonctionnement à débit partiel d'une pompe n'est pas non plus sans risques. En termes de coût global [1] et au-delà de consommations d'énergie souvent plombées par un rendement de pompage qui se dégrade, s'ajoutent le coût des nombreuses interventions forcées sur le site pour relever les pompes, les déboucher, inspecter, nettoyer et curer la bache de pompage ainsi que le coût des réparations générées par une usure prématurée des équipements. Le choix des machines, plus particulièrement de leur type d'hydraulique "n'est pas un acte gratuit" : L'offre est large, les coûts d'exploitation peuvent être très variables et souvent déterminants.

### - Evolution des eaux usées urbaines modernes et nécessité d'une gestion du coût global

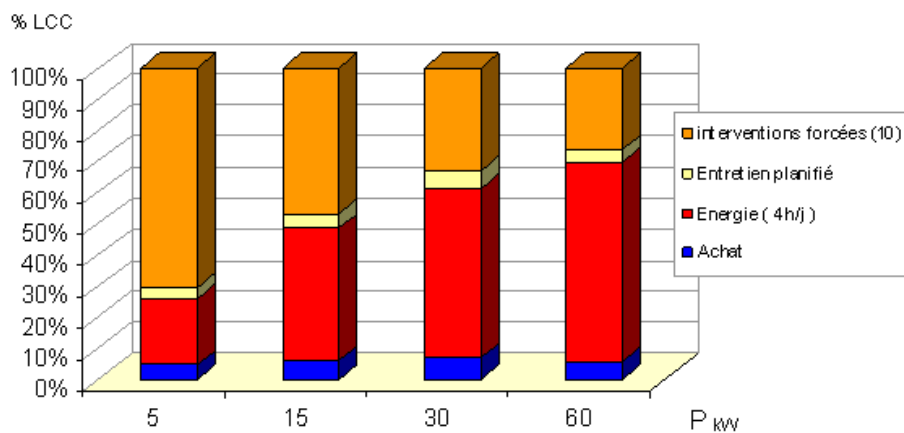
En réseaux d'assainissement, la section de passage d'une hydraulique est le critère souvent utilisé, pour ne pas dire traditionnellement spécifié au cahier des charges pour qualifier une pompe d'eaux usées; on peut la caractériser par le "plus grand diamètre d'un corps consistant pouvant passer dans une pompe". Le concept est ancien, probablement du début du siècle dernier, époque du "tout à l'égout" où les ingénieurs pensaient de façon intuitive que le bouchage d'une pompe pouvait être évité si la section interne de passage d'une pompe était supérieure ou égale à celle des déchets que pouvaient véhiculer "les eaux usées de la toilette quotidienne" : La section de passage minimale requise des pompes d'assainissement est alors rapidement passée de 50 à 80 mm puis 100 mm et bien plus encore. Dans ces années, les coûts d'exploitation et plus particulièrement les consommations d'énergie n'étaient pas véritablement d'actualité.



*Déchets véhiculés par les eaux usées modernes*

Depuis, les habitudes ménagères se sont profondément modifiées ; l'usage intensif des machines à laver, de lingettes et de tissus synthétiques en tous genres ainsi qu'un tout autre mode de gestion des réseaux d'assainissement font que la problématique de colmatage des hydrauliques n'est évidemment pas le passage d'une balle de tennis ou similaire mais un colmatage partiel et progressif par l'accumulation de déchets fibreux légers et plastiques sur le bord attaque des aubes, dès que se présente une zone de dépression/recirculation dans la roue et dans l'espace laissé par des jeux fonctionnels mal maîtrisés. Il suffit pour s'en convaincre d'inspecter le contenu d'un bac de refus de dégrillage et d'assister à l'opération de débouchage d'une pompe d'assainissement. La notion de section de passage est aujourd'hui dépassée et n'est surtout pas un critère suffisant.

On sait qu'en termes de coût global [1], le coût d'achat d'une nouvelle pompe reste marginal par rapport aux coûts générés pour son exploitation sur son cycle de vie et toutes proportions gardées, il est facile de démontrer que l'incidence du coût des interventions "forcées sur site" pour des opérations de débouchage des pompes est beaucoup plus importante sur les groupes de petite puissance. Or les pompes de petites et moyennes puissances < 10 kW, équipent près de 90% des installations des postes de relevage en réseaux d'assainissement. En clair, on ne répare plus une petite pompe d'assainissement, on la change et le souci majeur des exploitants est de limiter les interventions sur site.



Distribution du coût global versus puissance d'une pompe d'assainissement

#### - Quel type d'hydraulique choisir en pompage d'eaux usées ?

La question n'est pas simple. L'offre des Constructeurs a largement évolué et s'est diversifiée au cours de ces vingt dernières années. Dans une certaine mesure, combiner efficacité énergétique et résistance au colmatage peut tenir de la quadrature du cercle.

Dans la catégorie pompes centrifuges pour eaux usées, nous distinguerons trois grandes familles d'hydrauliques :

- Les roues à effet vortex
- Les roues fermées de type monocanal et à plusieurs canaux
- Les roues semi ouvertes à canaux, avec ou sans dispositif de désengorgement

A cela s'ajoute des versions plutôt hybrides comme les roues à vis centrifuge ou très spécifiques comme les pompes dites Grinder, équipées d'un dispositif broyeur en amont de la roue et destinées à fonctionner en réseaux ramifiés sous pression, une technique alternative aux réseaux d'assainissement traditionnels.



Différents types d'hydrauliques aujourd'hui utilisées en pompage d'eaux usées

Rappelons de façon objective quels sont les avantages / inconvénients de ces différentes solutions.

**Les roues à effet vortex :** Dans ce type d'hydraulique, une faible partie de l'écoulement, de 15 à 25 % suivant les conceptions, traverse la roue, le reste est véhiculé dans la volute par le vortex induit. Cette caractéristique confère aux pompes à effet vortex un certain avantage en termes d'érosion de la roue, cette érosion étant par ailleurs répartie de façon relativement uniforme sur les aubes.

Ce type de roue génère peu de vibrations et les efforts radiaux à reprendre par les paliers sont relativement faibles ; le diamètre d'aubes est "rognable" ce qui permet une certaine souplesse d'adaptation au point de fonctionnement requis.

Pour "plafonner" la courbe de puissance absorbée, les aubes présentent un profil curviligne mais en version d'origine les aubes sont radiales, la roue est totalement en retrait par rapport à la volute offrant un passage quasiment intégral à l'écoulement et permettant ainsi de "pomper" des fluides véhiculant des corps solides plutôt fragiles (Industrie agro-alimentaire). En pompage d'eaux usées la construction s'est simplifiée : au détriment du passage libre, la roue est dans la volute.

L'effet collatéral du vortex induit est de générer une zone de dépression en amont immédiat de la roue où viennent inévitablement se loger les déchets plastiques et fibreux en tous genres.... Le vortex induit est de moins en moins effectif, le débit est de plus en plus faible et la pompe fonctionne de plus en plus longtemps.....mais les moteurs sont rarement en surcharge.

Le rendement est relativement faible, de 20 à 50% ; il peut atteindre 60% avec des profils d'aubes plus optimisés (aubes à ailettes ou aubes dissymétriques) mais c'est souvent au détriment de leur résistance au colmatage. C'est une hydraulique de construction simple et "économique", couvrant en pratique un large domaine d'utilisation (Q/H) mais plutôt utilisée pour les petites pompes, pour des raisons de coûts (taille du moteur et consommation d'énergie) et des applications de type faible débit / haute pression dans la mesure où leur fonctionnement en haut de courbe Q/H pose moins de problèmes (efforts radiaux et vibrations) qu'une roue radiale par exemple.



*Problématiques de colmatage des hydrauliques en pompage d'eaux usées*

**Les roues fermées de type monocanal ou à plusieurs canaux :** la roue fermée monocanal est une excellente hydraulique en pompage d'eaux usées (ce qui entre dans la roue sort de la volute) à condition toutefois de savoir profiler le bord d'attaque de l'aube de manière à le rendre le plus autonettoyant possible et de veiller à la qualité d'écoulement dans la roue sans offrir de zones de dépression/recirculation, risques d'engorgements; les conceptions classiques présentaient trop souvent ces défauts. Notons aussi que le diamètre de roue n'est pas "rognable", ce qui, dans une certaine mesure constitue un point faible de ce type d'hydraulique.

Concevoir une aube à large bord d'attaque pose inévitablement un problème d'équilibrage dynamique de la roue en eau, une technique difficile que les Constructeurs tentent de maîtriser. La roue NEVACLOG<sup>®</sup> développée par Flygt [2] au début des années 80 a été la 1<sup>ière</sup> innovation de ce genre; plus récemment la roue S-Tube<sup>®</sup> de Grundfos [3] reprend les mêmes principes. En version optimisée, cette conception assure un excellent rendement hydraulique en pompage d'eaux usées dans le temps (70 et jusqu'à 80 %) associé à une large plage de meilleur rendement et présente une bonne résistance au colmatage.

L'utilisation de la roue de type monocanal reste limitée aux pompes de débits inférieurs à ~ 150 à 200 m<sup>3</sup>/h. Au-delà, pour conserver une bonne qualité d'écoulements et par conséquence un bon rendement hydraulique, il est indispensable d'augmenter le nombre de canaux. Par construction, ces roues sont mieux équilibrées et "rognables". En termes de tenue au colmatage, 3 canaux et plus restent préférables à 2 canaux .... deux zones de dépression à l'entrée de la roue conduisent à suivre les deux chemins à la fois ... et l'on comprendra que multiplier le nombre de canaux augmente d'autant plus les risques d'accrochages de déchets.

L'autre risque de colmatage/blocage en eaux usées, beaucoup moins fréquent mais toujours potentiel, se situe dans l'interstice laissé par le jeu fonctionnel en le nez de roue et le fond de volute. Ce jeu généralement radial est contrôlé par un dispositif de bague(s) d'usure(s) amovible(s). L'alternative est de contrôler un jeu axial (dispositif Smart Trim<sup>®</sup> de Grundfos). Pour tenter d'y remédier, les Constructeurs ont développé différentes stratégies (variantes de matériaux, bagues anti-pois, rainures de désengorgement, joint torique anti-fuite,... ). Pour certains il s'agit d'options, pour d'autres non. En cas de problèmes rencontrés, le mieux est de prendre contact avec le Constructeurs.

**Les roues semi ouvertes à canaux, avec ou sans dispositif de désengorgement** : ce type d'hydraulique, aujourd'hui déclinée sous de nombreuses variantes, présente sans conteste les évolutions les plus intéressantes. L'approche conceptuelle n'est pas nouvelle : par construction ce type d'hydraulique comporte un faible jeu fonctionnel (typiquement de l'ordre de 0.5 mm) entre le bord frontal des aubes de la roue et le fond de volute, ce qui constitue son point faible dans la mesure où son rendement est très dépendant de l'évolution (usure) de ce jeu. En pompage d'eaux usées, la situation se complique car une usure excessive devient inévitablement le siège de turbulences, d'insertions de déchets et de blocages. Pour limiter les risques, le jeu fonctionnel doit être réglable, ce qui suppose des interventions régulières sur la pompe pour le contrôler et l'ajuster.

Les Constructeurs ont alors développé différentes évolutions de cette conception. Nous oublierons les roues dites "hacheuses", de conception rustique, plutôt dédiées au pompage de lisiers fermiers et parfois utilisées en eaux usées.

La première évolution intéressante a été l'hydraulique Contrablock<sup>R</sup> développée début des années 80 par le Constructeur ABS [4] : une roue semi ouverte, de type monocanal à l'origine, associée à un fond de volute réglable en profondeur et comportant une rainure spirale continue destinée à "entraîner" les déchets captés vers l'extérieur de la roue.

La véritable innovation, fin des années 90, a été l'hydraulique N<sup>R</sup> développée par le Constructeur Flygt : une roue semi ouverte à deux canaux à profil d'aube très incurvé (sweep back profile), associé à un fond de volute lui-même profilé et comportant une rainure spéciale de désengorgement pour optimiser l'entraînement des déchets ; une dent amovible, anti blocage, complète le dispositif. Le risque potentiel d'usure lié au transport des sables se trouve limité grâce à une technique de durcissement superficielle de l'arête des aubes de la roue en fonte grise, matériau généralement utilisé. Ce type d'hydraulique est réputé conserver un excellent rendement dans le temps en pompage d'eaux usées, c'est aujourd'hui un Standard.

Dans cette même catégorie de roues semi ouvertes mais sans dispositif de désengorgement ou dilacérateur, la roue à vis centrifuge occupe une place particulière : ce type d'hydraulique développée à l'origine par le Constructeur Suisse Hidrostal, est en fait une construction hybride monocanal combinant les effets d'une vis de gavage et d'une roue centrifuge semi ouverte à écoulement diagonal (un profil en tire bouchon). Son rendement est bon (jusqu'à 80 %) mais son application principale reste le pompage de liquides visqueux, fibreux comme la pâte à papier et de boues épaisses en stations d'épuration, son efficacité dans le temps au passage de tissus synthétiques et lingettes n'est pas probante. La roue D, récemment développée par le Constructeur KSB [5] en est une conception assez proche.

#### - **Penser " solutions évolutives ", appliquer les règles de bonnes pratiques**

Les exploitants vous dirons qu'en réseaux d'assainissement, la majorité des problèmes et des interventions se concentrent en fait sur un minimum de stations de pompage pour lesquelles une expertise approfondie des conditions réelles de fonctionnement sur le site doit être menée, le colmatage des pompes n'est évidemment pas le seul problème rencontré. De même qu'il n'existe pas une seule "qualité d'eau usée" et que la teneur spécifique en déchets n'est jamais précisée au cahier des charges, la solution universelle n'est pas encore connue; le problème en termes de choix d'équipement est plutôt de savoir positionner le curseur de la rentabilité pour les uns, de la compétitivité pour les autres.

La bonne approche est alors d'opter pour une construction de base et Standard, répondant à la grande majorité ( > 90 %) des cas rencontrés en pompage d'eaux usées mais offrant la possibilité d'être "upgradée" par un panel de différentes options, elles aussi Standard, en fonctions de difficultés rencontrées sur le terrain: Il peut s'agir d'une autre roue mieux calée sur les points de fonctionnement, de nuances de matériau plus nobles pour véhiculer des effluents plus agressifs / abrasifs ou d'un dispositif dilacérateur mieux adapté.... La solution proposée doit pouvoir être évolutive !

La solution peut aussi venir d'une modification / adaptation de l'environnement immédiat de la pompe et plus particulièrement de son automatisme de fonctionnement : Il s'agit de bonnes pratiques et des recommandations qui tiennent souvent du bon sens.

- En eaux usées, ne jamais laisser fonctionner une pompe en continu de trop longues périodes. En pilotage avec variation de vitesse à débit partiel, c'est un classique du

genre : Permuter en programmant des arrêts réguliers de la pompe en fonctionnement avec une fréquence ajustable sur site en fonction des événements rencontrés. A cet égard, si la conduite refoulement de la pompe n'est pas équipée de clapet (cas du simple relevage), la chasse provoquée par sa vidange assure très souvent l'auto-nettoyage de la roue.

- Inverser de façon brève et régulière le sens de rotation de la pompe n'est pas un fonctionnement naturel mais les exploitants connaissent bien les vertus de débouchage de cette procédure qui peut notamment être enclenchée sur horloge, à titre préventif. Au titre de la garantie, Il est toutefois préférable de s'enquérir de l'avis du Constructeur de la pompe de manière à vérifier s'il y a contre-indication.
- Ne pas laisser s'accumuler les flottants et les faire arriver par "paquets" à l'aspiration de la pompe. Partir du principe qu'il est préférable de pomper de façon régulière de petites quantités de déchets. Idem pour le transport de sables....Adapter la régulation de niveaux, programmer des cycles réguliers de nettoyage de la bêche de pompage et concevoir le fond de bêche de façon à ce que ce nettoyage puisse être effectif.
- L'utilisation de la VFD permet de nombreuses stratégies de pilotage des groupes électropompes. En eaux usées, le pilotage moderne à niveau pseudo constant dans la bêche de pompage permet de combiner de façon optimum le fonctionnement à débit partiel et le fonctionnement en tout ou rien, associés au contrôle d'autres paramètres comme celui d'un seuil de fréquence minimale de manière à optimiser les consommations d'énergie.

Qu'il s'agisse de solutions évolutives pour ce qui concerne le choix des groupes électropompes ou d'automatismes dédiés pour optimiser leur fonctionnement, l'offre des Constructeurs s'est singulièrement diversifiée. Ne pas hésiter à les contacter et en débattre. L'expérience acquise fera le reste.

## Quelques documents de référence

Paradoxalement, la littérature technique traitant des caractéristiques des hydrauliques en eaux usées. Le fonctionnement des pompes à vitesse variable est par ailleurs l'objet d'une fiche technique particulière [FT5]

[1] – Coût du Cycle de Vie des Pompes – Guide pour l'analyse des coûts du cycle de vie des systèmes de pompage (2003). AFPR-EUROPUMP-HYDRAULIC INSTITUTE

Constructeurs cités dans cette fiche technique :

[2] – XYLEM Water Solutions – France                      Groupes électropompes submersibles FLYGT Technologies N<sup>R</sup> & Nevaclog<sup>R</sup>

[3] – GRUNFOS – France                                      Groupes électropompes submersibles Technologies Super vortex & S-tube<sup>R</sup>

[4] – SULZER – France                                      Groupes électropompes submersibles ABS Technologie Contrablock<sup>R</sup>

[5] – KSB – France    Groupes électropompes submersibles Technologie D & F-max

Document : Consult/Alain Derville/SNECOREP-FT4/Edit1

