

Vitesse variable et pompage d'eaux usées

Au cours des 10 / 15 dernières années, nous avons assisté à une utilisation accrue des variateurs de fréquences dans les systèmes de pompage d'eaux usées. Le but en est généralement d'assurer un meilleur contrôle du flux d'eaux usées dans les stations de pompage. La variation de vitesse peut permettre un contrôle plus souple et plus performant que le pilotage à vitesse constante des pompes.

Introduction

Traditionnellement, les stations de pompage d'eaux usées, quelle qu'en soit leur taille, sont pilotées en tout ou rien. Les débits d'apport fluctuant au fil du temps et ne représentant souvent qu'une faible part de la capacité maximale des pompes installées, les ingénieurs ont imaginé des solutions afin de faire fonctionner ces pompes avec des capacités réduites dans le but d'optimiser les performances tout en réduisant les coûts d'opérations. Avant l'avènement des variateurs de fréquence, le contrôle de vitesse était éventuellement réalisé grâce à des moteurs double vitesse ou des bobinages à tension variable. Au cours des 10 / 15 dernières années, nous avons assisté à une utilisation accrue des variateurs de fréquences (VFD) dans les systèmes de pompage d'eaux usées. Le but en est généralement d'assurer une optimisation du flux d'eaux usées dans les stations de pompage. *Sous réserve d'être correctement conçu et installé*, le pompage avec des pompes pilotées en variation de vitesse peut permettre un meilleur contrôle du processus, des économies d'énergie, un fonctionnement plus souple et une réduction des opérations de maintenance de la station de pompage.

Certains exploitants opérant des stations d'eaux usées équipées de pompes à vitesse variable ont rapporté qu'ils ne constataient pas de réduction de consommation énergétique, et certaines municipalités ont quant à elles rapporté un accroissement de cette consommation. Dans certains cas, il a aussi été constaté une augmentation des cas de colmatage des pompes. Cela est généralement attribué directement au fonctionnement des pompes à vitesse réduite. La puissance absorbée au niveau de l'impulseur chutera proportionnellement au cube de la variation de vitesse de rotation. De même pour la plupart des pompes conventionnelles, la capacité de la pompe à absorber des solides diminuera proportionnellement à la réduction de vitesse. La demande accrue d'énergie absorbée provient de deux phénomènes, le colmatage partiel de la roue et le fonctionnement en dehors du point de meilleur rendement de la pompe. Le premier résulte d'un temps de fonctionnement plus important du fait que les pompes pilotées par un VFD auront des cycles de fonctionnement

TABLE DES MATIÈRES	PAGE
Pompes et Systèmes de pompage.....	2
Bâches de pompage	2
Aspiration et conduites de refoulement des pompes.....	2
Clapets.....	2
Coups de bélier.....	2
Vitesse minimum	2
Pilotage des pompes et variateurs de vitesse.....	3
Pilotage des pompes	3
Intensité et couple de démarrage	3
Refroidissement et ventilation d'un variateur	4
EMC et exigences au niveau du moteur	4
Energie spécifique.....	5
Introduction	5
Régulation du Processus.....	6
Systèmes de pompage à vitesse variable	6
Diminuer la consommation d'énergie	7
Pilotage des niveaux dans la bache de pompage	8
Pilotage marche/arrêt.....	8
Pilotage en variation de vitesse.....	8
Pilotage traditionnel à niveau constant.....	8
Pilotage moderne à niveau constant.....	8
Pilotage à niveau variable	9
Pilotage à débit minimal	9
Comportement mécanique de la pompe	10
Rotation inverse.....	10
Comportement hydraulique de la pompe	10
Hydraulique	10
Conclusion.....	12

plus longs à basse vitesse, le deuxième résulte d'un système de pompage ayant une hauteur géométrique importante du système.

Il est primordial de prendre en compte tous les aspects des systèmes et stations de pompage pour obtenir une station parfaitement exploitée. Ces aspects comprennent les courbes réseaux, les sélections des hydrauliques et des moteurs, du processus et de la stratégie de pilotage du système, des paramètres électriques, des économies d'énergie potentielles, des composants constituant les canalisations de refoulement etc... En intégrant tous ces aspects, il est alors possible de maximiser les économies d'énergie par l'utilisation de la variation de vitesse en pompage d'eaux usées tout en assurant un fonctionnement sans colmatage. Le présent document aborde la plupart de ces aspects.

Pompes et systèmes de pompage

Bâches de pompage

Il est important de maintenir la bêche propre afin d'éviter l'accumulation de matières organiques et inorganiques, cause de problème d'odeurs et d'entretien. Les systèmes de contrôle à variateur de vitesse peuvent être programmés pour réaliser régulièrement des cycles de nettoyage de la bêche pour réduire le risque de dépôt de sédiments et d'accumulation de flottants.

Lors d'un cycle de nettoyage de bêche, le niveau dans la station est rabaisser jusqu'à un niveau où l'air commence à être aspiré dans la pompe (« ronflement »). Lorsque le niveau liquide est ainsi rabaisé, des vortex de surface se formeront, et s'amplifieront en force et en fréquence. Au moment juste précédent l'apparition d'un fort ronflement au niveau de la pompe, les vortex de surface auront créés d'importantes forces et des vitesses locales élevées aspirant les déchets flottants vers la pompe. Il est primordial de limiter au minimum la durée de fonctionnement des pompes dans cette zone dite de « ronflement » afin de réduire au minimum la quantité d'air dans le refoulement et d'éviter potentiellement que les pompes ne subissent un niveau de vibration excessif.



Figure 1: Une bêche de pompage couverte de débris flottants

Aspiration et conduites de refoulement des pompes

La vitesse d'écoulement dans un collecteur influe directement la propension à la sédimentation dans la conduite et la consommation énergétique due à perte de pression. Un fonctionnement à forte vitesse dans le collecteur réduit le risque de sédimentation, mais accroît la consommation énergétique. Au contraire, un écoulement à vitesse faible dans ce collecteur réduit la consommation et augmente le risque de sédimentation. Il est donc important de prendre en compte ces deux paramètres dans le dimensionnement des canalisations d'aspiration, de refoulement et des collecteurs.

Grâce à l'utilisation de la vitesse variable, il est possible de réduire la vitesse d'écoulement en dessous de la vitesse généralement recommandée de 0,7 m/s (2,5 fps) pendant de longues périodes parce qu'il est possible de faire une chasse

dans le refoulement de la pompe par un accroissement temporaire de la vitesse d'écoulement. En fonction du type et de la concentration de sédiments lourds et des graisses dans l'effluent, le risque de sédimentation sera plus ou moins élevé ; une concentration élevée augmentera ce risque. Une station de pompage pilotée en variation de vitesse permet d'accroître la flexibilité de nettoyer les collecteurs par chasse hydraulique. La périodicité des chasses dépend de la conception du réseau, du type d'effluent, et de la vitesse minimale d'écoulement nécessaire pour conserver un fonctionnement optimal.

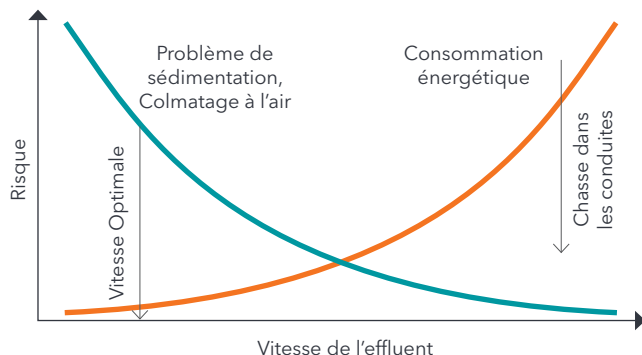


Figure 2: Lorsqu'une chasse est appliquée régulièrement, il est possible de réduire la vitesse minimale d'écoulement de l'effluent en dessous des 0,7 m/s sans rencontrer de phénomène de sédimentation

Clapets

En cas d'utilisation de vitesse variable, la vitesse du fluide sera très souvent inférieure à celle normalement rencontrée dans les réseaux. Les clapets à battant engendrent des pertes de charge à faible vitesse inférieures à celles d'un clapet à boule. Donc, l'utilisation de clapets à battant dans le cas de vitesses d'écoulement faible, permettra de réduire la consommation énergétique.

Coups de bélier

La variation de vitesse permet de démarrer et d'arrêter progressivement les pompes réduisant les effets de coups de béliers et l'usure sur les clapets. Quand la séquence d'arrêt des pompes est longue (ralentissement progressif de la pompe) l'effluent ralentira progressivement dans le collecteur.

Il est à noter que l'utilisation d'un variateur de fréquence ne fonctionnera pas en cas de coupure d'alimentation de puissance, sauf si un système de secours sur batterie a été prévu. Ce faisant, son efficacité comme système de protection contre les coups de bélier sera limitée.

Vitesse minimum

Certaines conceptions de pompes peuvent avoir des limitations en termes de vitesses minimum acceptables. Cette vitesse minimale peut être liée à un fonctionnement optimal du système de refroidissement moteur, à la fréquence propre de l'arbre, ou à d'autres paramètres. Il est recommandé de consulter la fabricant de la pompe afin d'identifier les éventuelles limitations.

Pilotage des pompes et variateurs de vitesse

Pilotage des pompes

Les fonctions de démarrage et d'arrêt des pompes peuvent être réalisées à l'aide d'armoires équipées de relais électromécaniques ou de relais statiques. L'utilisation de tels relais statiques spécialement dédiés aux applications de pompage est courante de nos jours. Les variateurs de vitesse sont aussi communément utilisés pour le pilotage de la vitesse de moteurs à induction. Pour des installations de plus grande complexité, des automates programmables peuvent être employés. Il faudra alors rédiger un programme spécifique à l'application. Un variateur de vitesse devra être piloté par un programme pour permettre le contrôle de pompes. La station de pompage devra être pilotée par un automate supervisant les séquences de fonctionnement des diverses pompes.

Les solutions les plus modernes de contrôle de pompes pour eaux usées sont implantées directement dans les variateurs de vitesse. Des programmes spécifiquement dédiés à une application peuvent être préinstallés et préconfigurés dans un variateur. La mise en œuvre d'un tel système peut être aussi simple que la connexion des régulateurs de niveaux et câbles d'alimentation puis d'appuyer sur le bouton de mise en route pour que l'ensemble soit opérationnel.



Figure 3: Système de contrôle intelligent, préprogrammé et préconfiguré à une application dédiée est rapide et facile à installer et à mettre en service.

Intensité et couple de démarrage

L'intensité nominale du variateur doit être supérieure à l'intensité nominale du moteur de la pompe. Pour permettre un fonctionnement même en cas de surcharge et de baisse de tension, il est généralement recommandé de prendre en compte une marge de 20% d'intensité. Dans les applications de pompage en eaux usées, il est particulièrement important que le moteur puisse fournir le couple nécessaire afin que l'impulseur puisse faire face à une situation éventuelle de colmatage. De ce fait, il est nécessaire pour une pompe d'eaux usées d'être alimentée par un variateur capable de fournir le couple nominal dès le démarrage, mais aussi pouvoir fournir pendant au moins une seconde, le double du couple nominal à pleine vitesse.

Il y a deux types principaux de variateurs : à commande scalaire ou à commande vectorielle. Les variateurs à commande scalaire fournissent une tension prédéfinie en fonction de la fréquence. Les variateurs à commande vectorielle sont basés sur un modèle du moteur et analysent la tension et l'intensité nécessaires pour piloter la pompe. En utilisant le retour des données du moteur, l'intensité de démarrage peut être réduite alors que le couple de démarrage peut être accru.

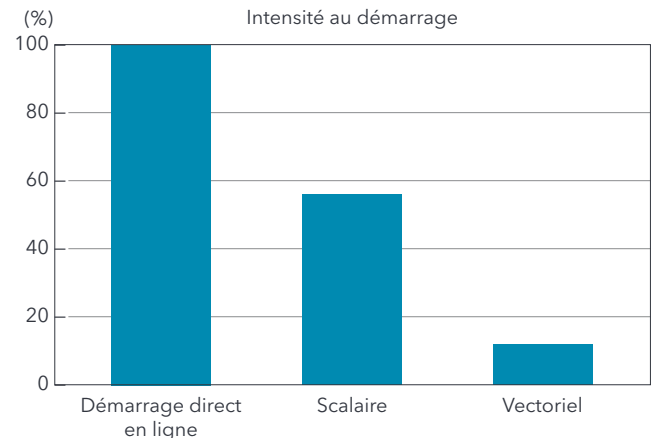


Figure 4: L'intensité de démarrage d'une pompe est largement inférieure avec un variateur à contrôle vectoriel qu'avec un démarrage direct.

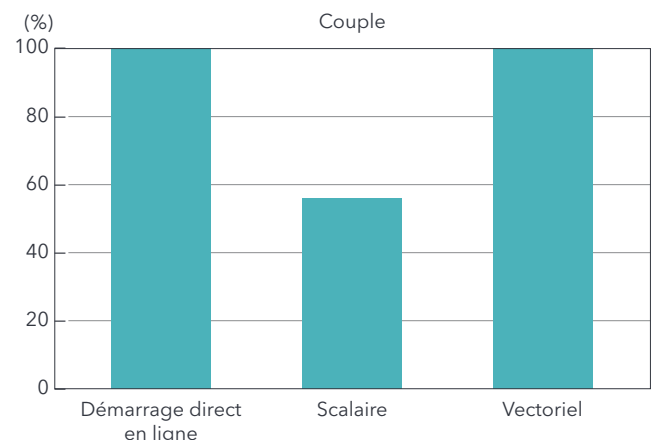


Figure 5: Le couple de démarrage à vitesse nulle d'une pompe pilotée par un variateur à contrôle vectoriel est identique à celui obtenu dans le cas d'un démarrage direct.

Refroidissement et ventilation d'un variateur

Les variateurs de fréquence ont généralement un rendement compris entre 96 et 97%, ce qui signifie que 3 à 4 % de la puissance transmise est perdue en chaleur. Pour éviter toute surchauffe du variateur, ces pertes doivent être évacuées dans l'air ambiant. Pour permettre la libre circulation de l'air autour du variateur, un espace suffisant doit être conservé au-dessus et au-dessous du variateur. Pour des températures supérieures à 40°C, un déclassement du variateur est nécessaire. Une climatisation ou un ventilateur peuvent être nécessaires pour des températures ambiantes supérieures. Pour des installations de variateur en altitude (au-delà de 1000 m au-dessus du niveau de la mer) un déclassement du variateur est généralement nécessaire afin de compenser le médiocre refroidissement à haute altitude.

EMC et exigences au niveau du moteur

Il est important de suivre les bonnes règles de Compatibilité ÉlectroMagnétique (EMC en anglais) lors de la conception de systèmes de contrôles. Lors de la conception d'un système intégrant un variateur de fréquences, les bonnes règles à suivre sont :

- Utiliser un câble de puissance blindé et raccorder le blindage aussi près que possible des extrémités du câble
- Utiliser un câble auxiliaire blindé
- Le câble auxiliaire doit être constitué sur toute sa longueur de conducteurs torsadés
- Connecter les 2 extrémités des blindages à la terre
- La longueur des câbles de puissance doit être minimale
- La distance entre le câble de puissance et le câble auxiliaire doit être de 500 mm tout au long du chemin de câble

L'emploi de moteurs de classe H et d'une imprégnation goutte à goutte permet une protection fiable contre l'effet couronne pour les moteurs de tension inférieure à 600 V ayant des câbles de moins de 50 m de long. Des câbles de puissance plus longs peuvent entraîner une réflexion d'onde, ce qui peut conduire à une contrainte doublant la tension dans les bobinages. Pour s'en prémunir, et pour des câbles de plus de 50 m, il est recommandé d'intercaler un filtre à onde sinusoïdale.

Les harmoniques électriques créent dans les moteurs des couples parasites, accroissant ainsi les contraintes et efforts supportés par ces moteurs. Ces harmoniques peuvent être réduites en intégrant un filtre de mode commun.

Une fréquence de commutation d'environ 3 à 4 kHz est recommandée pour obtenir un bon compromis entre le niveau de bruit électrique et les pertes dans le moteur et le variateur. La fréquence de commutation détermine le taux auquel le variateur va « hacher » la tension afin de transformer la tension à la fréquence souhaitée.

Certains moteurs requièrent une marge de puissance de 5 à 10 % s'ils sont alimentés en variation de fréquences, alors que d'autres ont été conçus pour fonctionner sur variateurs jusqu'à leur puissance nominale à l'arbre. Consultez le fabricant du moteur afin de connaître ses exigences en matière de marge de puissance, si vous utilisez un variateur.

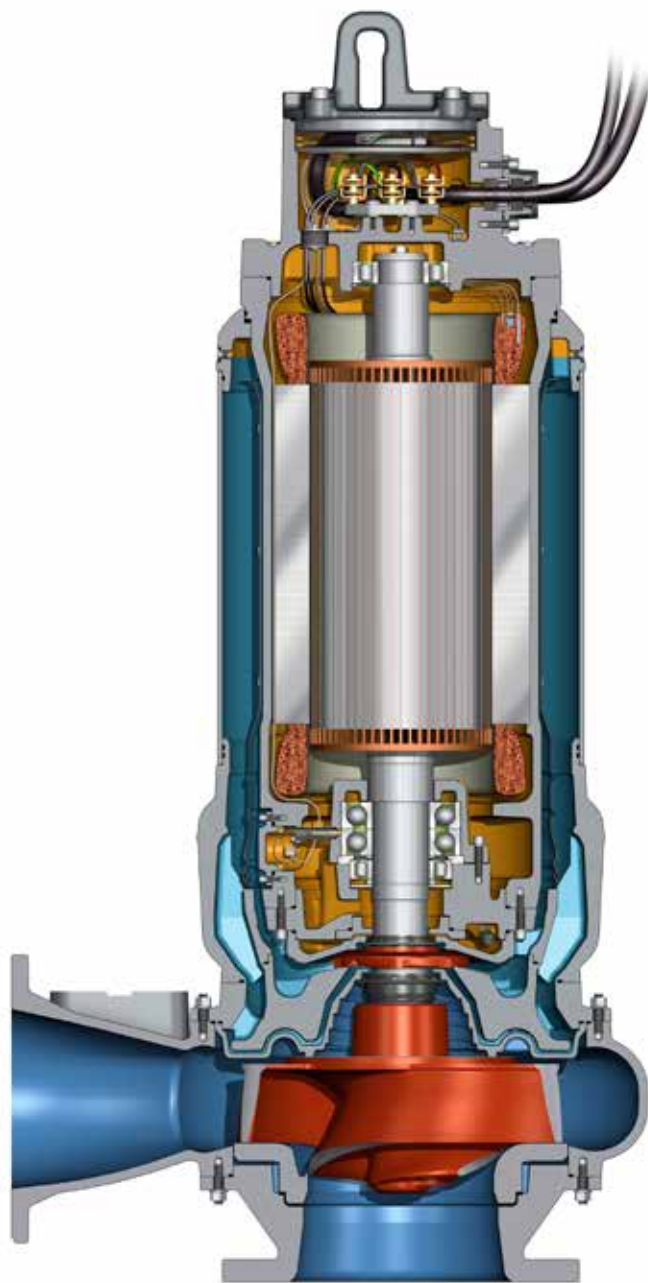


Figure 6: Un moteur de classe H et une imprégnation sous vide du rotor assurent une bonne protection contre les effets couronne.

Énergie spécifique

Introduction

La mesure la plus utile afin de comparer l'efficacité énergétique d'un système de pompage est l'énergie spécifique. L'énergie spécifique est définie comme étant la quantité d'énergie nécessaire pour mouvoir un certain volume de liquide dans un système de pompage. Une valeur faible signifie une faible consommation énergétique. L'énergie spécifique prend en compte toutes les composantes du système de pompage, c'est-à-dire rendement électrique, mécanique, et hydraulique en incluant les pertes de charges dans le réseau. Il est à noter que la valeur d'énergie spécifique n'est valide que pour le système de pompage pour lequel elle a été déterminée; elle ne peut pas être comparée à celle d'un autre système de pompage si ce n'est en apportant des ajustements afin de tenir compte des différences entre les 2 systèmes.

L'énergie spécifique peut aussi être calculée à l'aide de la formule alternative suivante:

$$E_s = \frac{h}{\eta} \rho g * \frac{1}{3600000} \left[\frac{kWh}{m^3} \right]$$

Où

E_s = Énergie spécifique [kWh/m³]
 h = Hauteur manométrique totale en sortie de pompe [m]
 η = Rendement total de la pompe (hydraulique+moteur) [%]
 ρ = Masse volumique du fluide [kg/m³]
 g = constante de gravité [m/s²]

Efficacité totale de la pompe et du moteur.

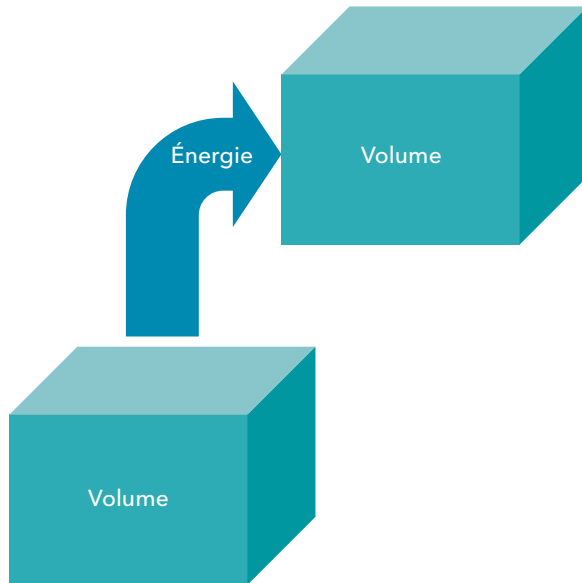


Figure 7: L'énergie spécifique est une mesure de la quantité d'énergie nécessaire pour mouvoir un mètre cube de liquide d'un point à un autre.

L'énergie spécifique est calculée par la formule suivante:

$$E_s = \frac{\text{énergie} \left[\frac{kWh}{m^3} \right]}{\text{volume}}$$

Où

E_s = Énergie spécifique [kWh/m³]
 énergie = Énergie nécessaire pour transporter un certain volume de liquide (kWh)
 volume = Volume de liquide pompé (m³)

Régulation du processus

Systèmes de pompage à vitesse variable

Le débit d'apport dans une station de pompage d'eaux usées varie de façon importante sur 24 heures. Généralement, l'apport est faible durant les heures nocturnes et une pointe de débit a lieu le matin, une deuxième en soirée. Pour visualiser les variations de débit, un diagramme débit d'apport en fonction de l'heure est utile (Figure 8)

Pour diminuer la consommation d'énergie, il faut se concentrer sur deux points:

a) Réduire la hauteur manométrique des pompes

La hauteur manométrique totale (HMT) est définie comme la somme de la hauteur géométrique et des pertes de charges. Puisque les frottements et les pertes de charge singulières sont directement proportionnelles au carré du débit, il est souhaitable de réduire les pertes en réduisant le débit. Les stations de pompages d'eaux usées étant généralement dimensionnées afin d'absorber le débit d'apport maximal (station à 2 pompes), il est donc possible de réduire le débit pompé lors des périodes creuses en débit d'apport, et ainsi réduire la hauteur manométrique totale.

b) Augmenter le rendement des pompes

Afin d'atteindre le rendement maximal des pompes, il est important de sélectionner des pompes permettant un rendement durable (pompes autonettoyantes) et qui fonctionneront

au plus proche possible de leur point de meilleur rendement. une pompe qui fonctionnera à une vitesse réduite devra être sélectionnée bien à droite de son point de meilleur rendement à vitesse maximale, afin d'obtenir un rendement maximum lorsque la vitesse sera réduite.

Pour déterminer les performances optimales d'un système de pompage à vitesse variable, il faut analyser les courbes des pompes (Figure 9). Les courbes bleues représentent 3 courbes réseaux différentes S1, S2, et S3.

Réseau S1: Ce réseau est représentatif d'un relevage simple, la hauteur géométrique étant supérieure aux pertes de charges. Les économies d'énergie réalisables grâce à de la vitesse variable sont faibles dans un tel réseau car le rendement des pompes chute plus rapidement que la HMT lorsque la vitesse est réduite.

Réseau S2: Ce réseau permet potentiellement de plus grandes économies d'énergie que le réseau S1 car la HMT décroît plus rapidement que le rendement des pompes quand la vitesse est réduite.

Réseau S3: Ce réseau est représentatif typiquement d'un circuit de recirculation (peu ou pas de hauteur statique). Dans ce cas le potentiel d'économie d'énergie est maximal, le rendement des pompes étant quasi inchangé alors que la HMT décroît en fonction de la réduction de vitesse.

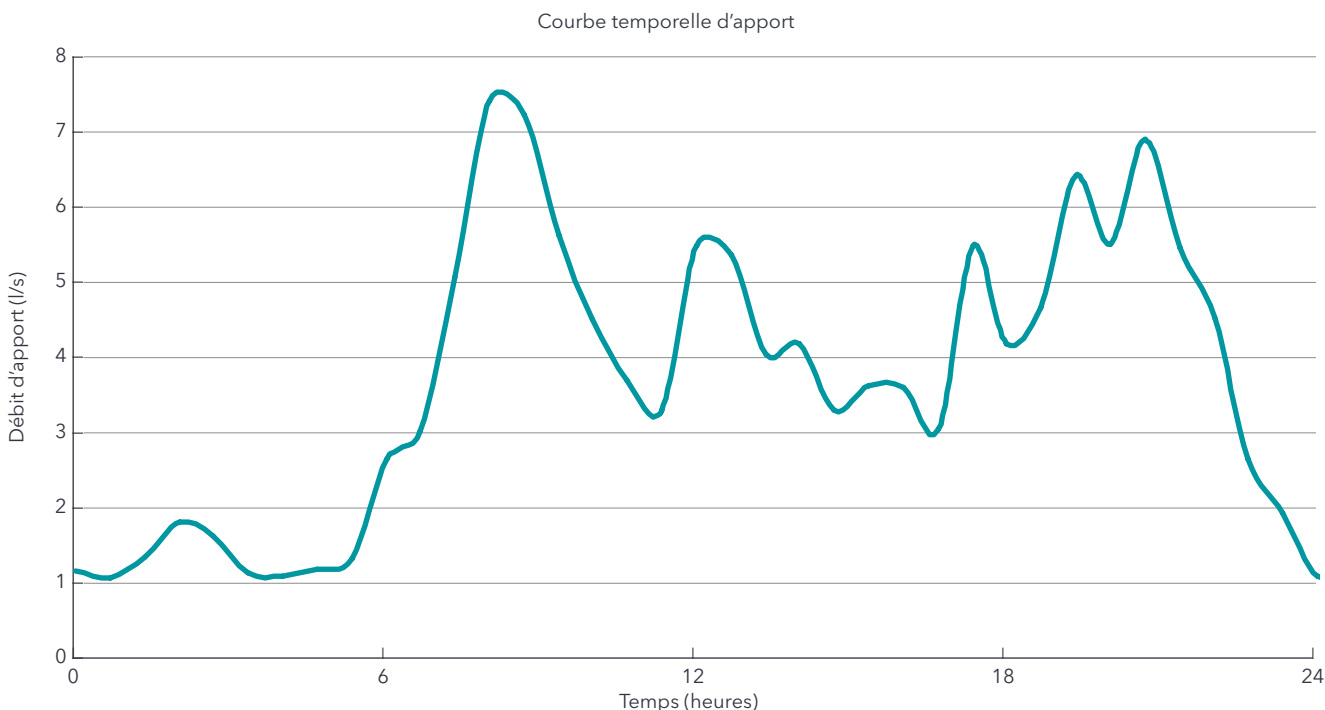


Figure 8: Une courbe d'apport d'eaux usées montrant le débit en fonction du temps..

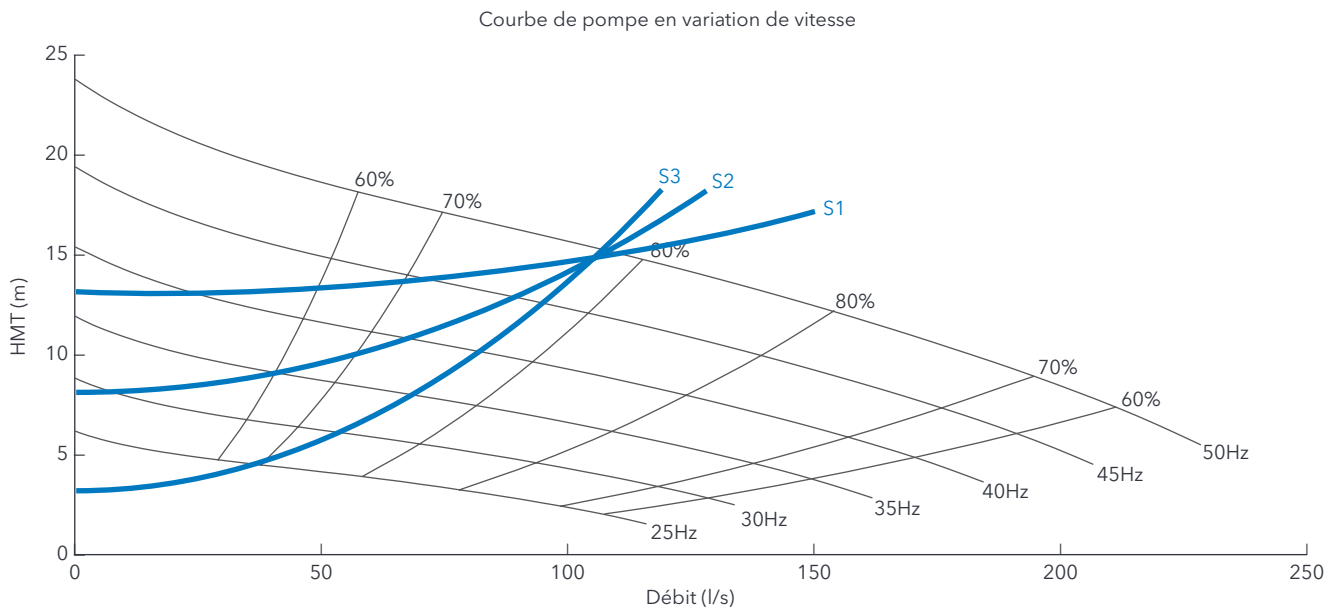


Figure 9: Les économies d'énergie réalisables dépendent des courbes réseaux et des courbes des pompes.

Diminuer la consommation d'énergie

Pour un réseau donné, l'énergie spécifique est proportionnelle à la vitesse de la pompe. La vitesse optimale du point de vue des économies d'énergie est celle où la pompe fonctionne à la fréquence correspondant à l'énergie spécifique minimale (voir figure 10). La fréquence optimale dépend de divers facteurs. Cela inclut les courbes de la pompe, du réseau, qui à elle deux conditionnent la courbe d'énergie spécifique. Par exemple, la vitesse optimale pour le réseau S3 est d'environ 23 Hz, sur la base de la seconde formule de l'Es et de la figure 10.

Il est compliqué de déterminer la fréquence optimale en fonctionnement à vitesse variable. Une des méthodes pour identifier cette fréquence optimale est l'utilisation d'algorithmes. Des systèmes intelligents de pilotage de pompes tel que le Flygt SmartRun™ intègrent un algorithme permettant d'avoir une optimisation automatique de la vitesse pour une consommation d'énergie minimale. Flygt SmartRun™ intègre un processus itératif pour déterminer la vitesse optimale et s'adapter aux évolutions du système, que ce soit une diminution des performances de la pompe ou un accroissement de la sédimentation dans le collecteur.

Une autre méthode permettant de déterminer la fréquence optimale peut être aussi de mener une étude théorique du système de pompage. Toutefois, cette méthode n'est pas sans inconvénients, entre autre que le système peut changer n'importe quand. Ce calcul du réseau peut, au mieux, être imprécis, voire complètement faux du fait du manque d'information sur l'état du réseau.

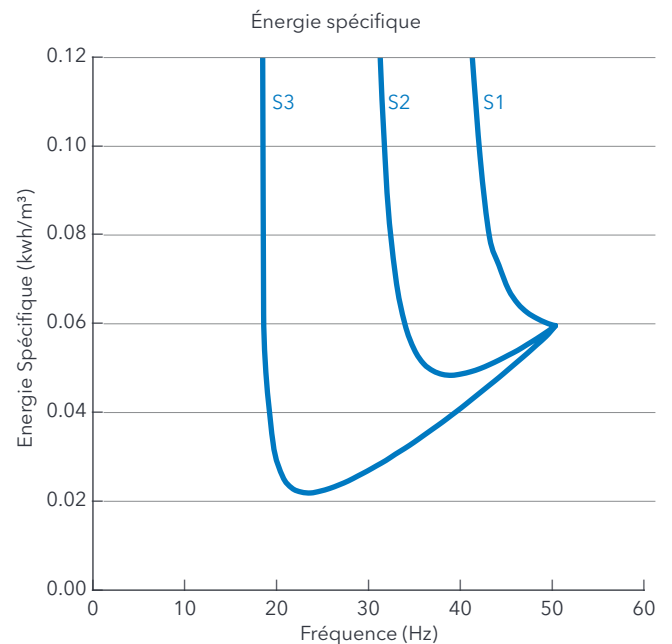


Figure 10: Des courbes réseau différentes conduiront à des courbes d'énergie spécifique différentes. La vitesse d'énergie consommée minimale se situe au point minimal des courbes.

Pilotage des niveaux dans la bache de pompage

Pilotage marche/arrêt

Les stations de pompage à vitesse constante sont traditionnellement assujetties à un mode de fonctionnement marche/arrêt, où des niveaux de démarrage et d'arrêt distincts permettent à la station de se remplir et de se vider lors des diverses phases de marche et d'arrêt des pompes. Dans ce cas les pompes fonctionnent à leur vitesse nominale et les performances anti-colmatages des pompes seront au niveau de ce que leur conception initiale leur permet.

Pilotage en variation de vitesse

Les pompes bi-vitesse et les pompes à vitesse variable permettent un fonctionnement de la station de pompage à un débit plus proche du débit d'apport à l'opposé d'un fonctionnement à débit nominal. S'il est bien mis en œuvre, un fonctionnement à vitesse variable permettra une réduction de la consommation énergétique. Les chapitres suivants détailleront les avantages et les inconvénients en fonction du mode de pilotage choisi.

Pilotage traditionnel à niveau constant

Le mode de pilotage traditionnel pour un fonctionnement de pompes à vitesse variable dans le domaine des eaux usées est à niveau constant (Figure 11). Le niveau dans la bache est utilisé comme valeur de référence. Dans les périodes de faible

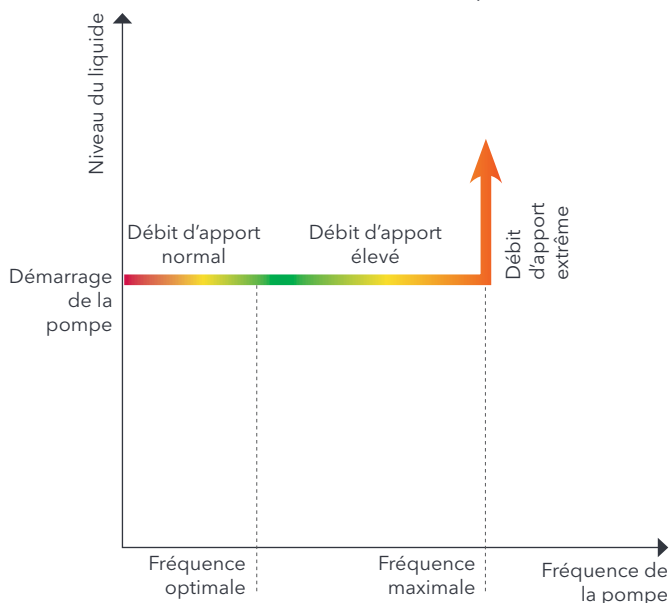


Figure 11: Pilotage à niveau constant traditionnel.

- Débit d'apport normal : fonctionnement à vitesse trop faible
- Débit d'apport élevé : la fréquence de la pompe sera pilotée afin que le débit de la pompe soit égal au débit d'apport
- Débit d'apport Extrême : Le fonctionnement de la pompe à sa vitesse maximale ne permet pas d'évacuer le débit d'apport. (La couleur verte symbolise un fonctionnement à une énergie spécifique faible, alors que la couleur rouge symbolise un fonctionnement à énergie spécifique élevée).

débit d'apport, les pompes vont fonctionner à une vitesse trop faible, et en conséquence, à un rendement très faible, et de ce fait gâchant de l'énergie. De plus le risque de sédimentation dans les canalisations et dans la bache est accru. Les pompes fonctionnent alors bien souvent en dehors de leur zone de fonctionnement optimale, ce qui a pour effet de réduire leur durée de vie. C'est ce qui se passe lorsqu'une pompe fonctionne à une vitesse inférieure à la vitesse optimale d'énergie, c'est-à-dire la vitesse à laquelle la consommation d'énergie spécifique de la pompe est minimale. Il y a de plus un risque accru de colmatage partiel pour les pompes n'ayant pas d'auto nettoyage, telle que les pompes à roues à canaux fermés ou à roues vortex.

Pilotage moderne à niveau constant

Une combinaison de fonctionnement à vitesse réduite et de fonctionnement intermittent remplissage/vidange est la méthode de pilotage la plus économe en énergie ; elle est recommandée pour les stations de pompage d'eaux usées à variation de vitesse. Cela permet d'éliminer les périodes de fonctionnement à des vitesses inférieures à la vitesse optimale. Pour permettre un fonctionnement intermittent et s'assurer que les pompes ne seront pas soumises à un trop grand nombre de démarrage et d'arrêt, il est recommandé de veiller à avoir une distance suffisante entre le niveau de démarrage et le niveau d'arrêt, ce qui permettra un fonctionnement suffisamment long des pompes à leur vitesse optimale. Lorsqu'il

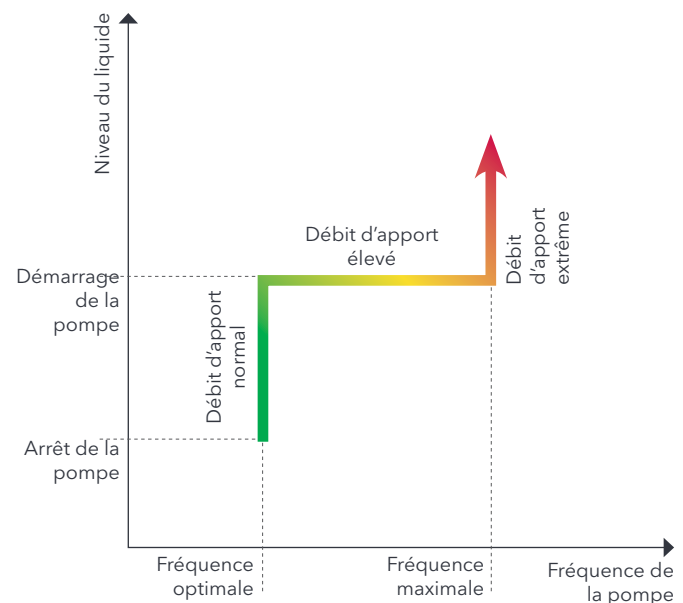


Figure 12: Pilotage à niveau constant optimal.

- Débit d'apport normal : alternance de remplissage vidange à la vitesse optimale
- Débit d'apport élevé : la fréquence de la pompe sera pilotée afin que le débit de la pompe soit égal au débit d'apport
- Débit d'apport Extrême : Le fonctionnement de la pompe à sa vitesse maximale ne permet pas d'évacuer le débit d'apport.

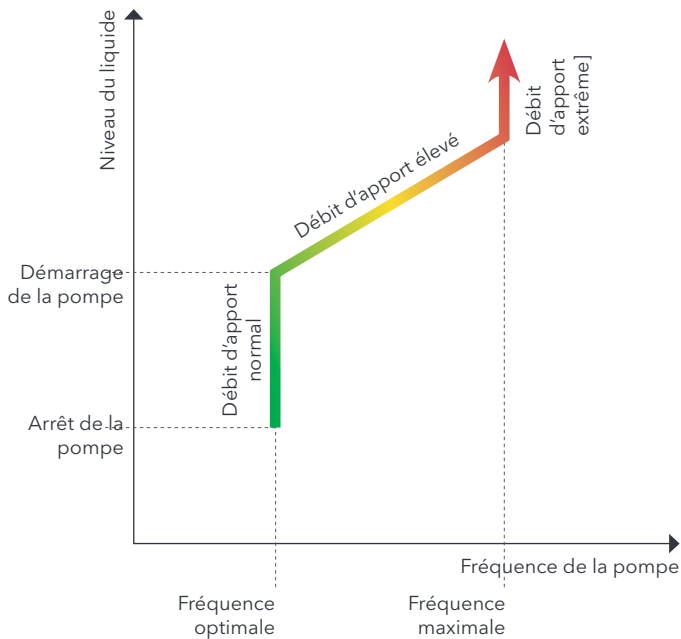


Figure 13: Pilotage à niveau variable.

- Débit d'apport normal : alternance de remplissage vidange à la vitesse optimale
- Débit d'apport élevé : la fréquence de la pompe augmentera linéairement en fonction du niveau liquide jusqu'à ce que le débit de la pompe soit égal au débit d'apport
- Débit d'apport Extrême : Le fonctionnement de la pompe à sa vitesse maximale ne permet pas d'évacuer le débit d'apport.

est décidé d'utiliser le pilotage moderne à niveau constant comme stratégie de contrôle d'une station, il est nécessaire de régler la fréquence minimale d'énergie comme fréquence optimale des pompes. Le diagramme de contrôle est repris sur la figure 12

Pilotage à niveau variable

Une autre stratégie de pilotage de station de pompage d'eaux usées est le pilotage à niveau variable (Figure 13). L'avantage est ici que le débit d'apport peut être stocké dans la bêche, permettant un lissage du débit pompé. Dans cette méthode, la fréquence des pompes est fonction du niveau liquide dans la bêche. Comparativement au pilotage à niveau constant, le pilotage à niveau variable permet un fonctionnement plus régulier et des pics de débit d'apport plus courts.

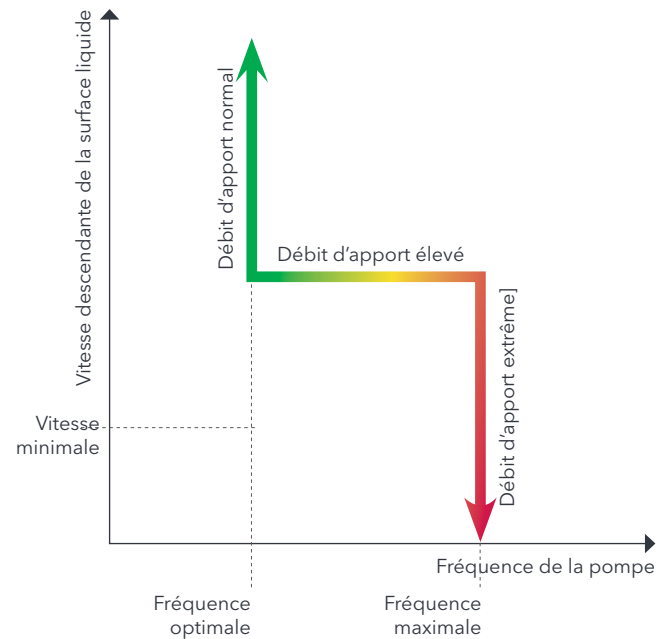


Figure 14: Pilotage à débit minimal.

- Débit d'apport normal : alternance de remplissage vidange à la vitesse optimale
- Débit d'apport élevé : la fréquence de la pompe augmentera pour garantir que la vitesse de la surface liquide égale la vitesse minimale
- Débit d'apport Extrême : Le fonctionnement de la pompe à sa vitesse maximale ne permet pas de maintenir la vitesse de surface égale à la vitesse minimum.

Pilotage à débit minimal

Une quatrième stratégie de pilotage est basée sur l'utilisation de la dérivée en fonction du temps du niveau liquide dans la bêche (vitesse de surface liquide). Cela entraîne de fixer un débit minimum qui permettra une vitesse minimale de diminution du niveau liquide. Si le niveau liquide ne décroît pas à cette vitesse minimale, la vitesse de la pompe sera automatiquement augmentée. Pour avoir un fonctionnement économe en énergie, la vitesse de la pompe ne doit pas descendre en dessous de sa vitesse optimale, même en cas où le niveau liquide descendrait trop rapidement. Le pilotage à débit minimal est schématisé sur la figure 14.

Comportement mécanique de la pompe

Rotation inverse

Des vitesses plus faibles, des accélération/décélération plus lentes sont salutaires en ce qui concerne la réduction des charges mécaniques et thermiques appliquées sur la pompe et systèmes annexes, comme par exemple les efforts sur les roulements et les joints seront inférieurs.

La rotation inverse de la pompe est parfois utilisée pour décolmater la pompe. Faire tourner l'impulseur en rotation inverse peut être réalisé sans surcharge mécanique sur les étanchéités au niveau de la roue, ni risquer des dommages mécaniques. Les divers fabricant de pompe peuvent avoir des limitations différentes en matière de rotation inverse.

Comportement hydraulique de la pompe

Hydraulique

Le colmatage des pompes est problème courant pour les pompes d'eaux usées. Le critère de conception principal d'une pompe anti-colmatage est sa capacité à laisser passer un solide sans colmater la pompe. Le colmatage peut être total ou partiel, de la roue ou de la volute. Un colmatage total est lorsque la pompe a cessé de pomper ; cette condition est facilement détectable et absolument indésirable. Un colmatage partiel est plus difficilement détectable, et n'est même

bien souvent pas détecté, la pompe continuant à débiter, même si son débit est réduit. Cela peut se produire sur de longues périodes de temps, en gaspillant alors une importante quantité d'énergie. Si la pompe fonctionne en continue, son rendement tendra à diminuer graduellement jusqu'à être inférieur à la moitié de son rendement en eau claire.

Le colmatage peut être dû à des corps étrangers, mais plus souvent par le contenu classique d'eaux usées, parfois avec des dimensions ou une concentration supérieures au standard. Il existe divers phénomène de colmatage qui vont impacter les performances de la pompe (débit, HMT, puissance consommée) de manières différentes en fonction de la conception de la pompe.

Les roues conventionnelles en eaux usées que ce soit à canaux, mono ou multicanaux, de même que les roues vortex sont sujettes à un colmatage par des matières fibreuses s'accumulant sur les arrêtes ou au centre de la roue. Il en résulte un rendement de pompe diminué et accroissement substantiel de la consommation énergétique.

Lors de l'arrêt des pompes, le retour de la colonne d'eau (chasse) permet souvent un nettoyage de la roue et de la pompe, restaurant ainsi partiellement le rendement de la pompe. Si la pompe fonctionne à vitesse réduite, il est probable de constater un accroissement d'accumulation de débris du fait que les cycles de fonctionnement sont plus longs, sans retours de colonne d'eau. Telle est la principale raison d'éviter des temps de cycle trop longs.

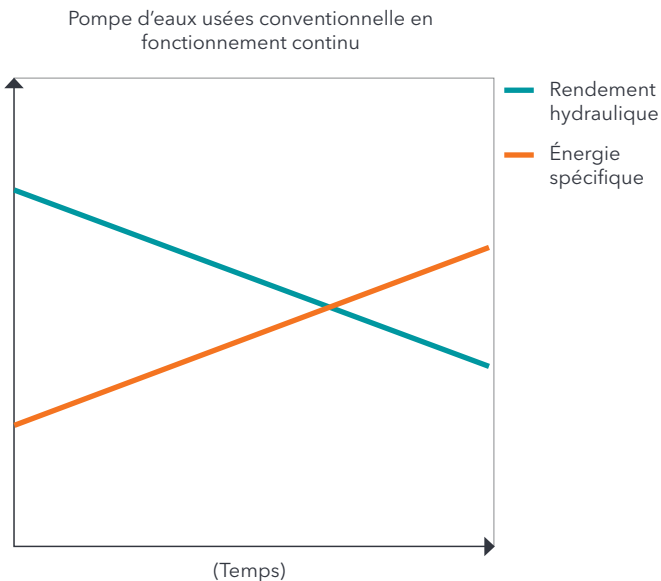


Figure 15: Une pompe d'eaux usées conventionnelle est sujette au colmatage partiel réduisant son rendement dans le temps, ce qui entraîne une énergie spécifique croissante.

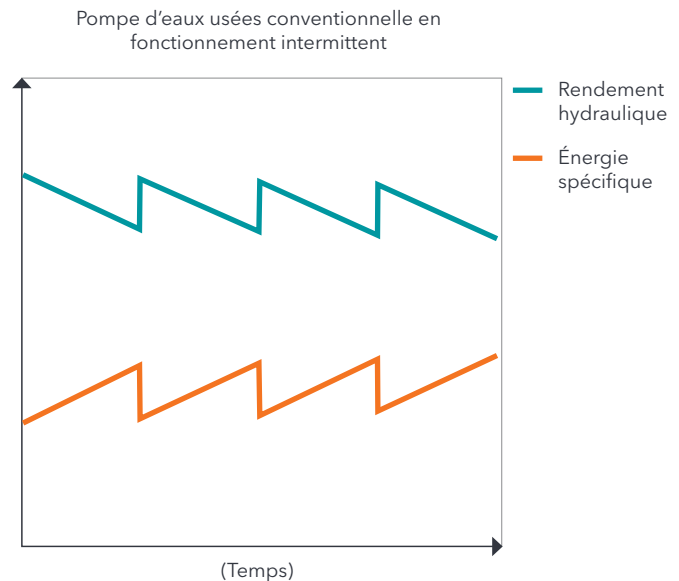


Figure 16: Lorsqu'une pompe d'eaux usées est arrêtée, la colonne d'eau au refoulement redescend dans la pompe, ce qui crée une chasse sur les arrêtes de la roue et dans la volute.

Les conditions les plus exigeantes pour une pompe traditionnelle anti-colmatage sont réunies lors d'un fonctionnement à vitesse variable. Bien souvent, le programme du groupe de commande des pompes les fera fonctionner à vitesse réduite sur une longue période de temps (des heures, voire des jours). Ce manque de cycle de fonctionnement induit que les pompes ne pourront pas bénéficier du phénomène de chasse de la colonne d'eau au refoulement qui se passe à chaque arrêt de la pompe. Aggravant cela, le groupe de commande est souvent programmé pour réaliser des « soft stop » en plus des « soft start ». Il en résulte que la vitesse de la pompe est graduellement réduite, en douceur, jusqu'à l'arrêt complet de la pompe. La conséquence en est que la pompe ne bénéficiera donc pas de l'important retour de colonne d'eau qui se produit lors d'un arrêt franc de la pompe, et ainsi la pompe a moins de chance de recouvrir son rendement originel.

Pour les pompes à hydraulique autonettoyante, qui sont commercialisées depuis plus de 10 ans, le risque d'accumulation de débris est très faible. Cela est rendu possible par la conception de l'hydraulique qui incorpore des arrêtes fortement

inclinaées, une rainure de dégagement, et quelquefois des systèmes complémentaires hydrauliques et/ou mécaniques.

Le mécanisme d'autonettoyage reste constant et est indépendant du débit et de la vitesse. De fait, tant que le point de fonctionnement reste dans la zone de fonctionnement recommandé de la pompe, une pompe autonettoyante peut supporter des vitesses réduites, même jusqu'à des vitesses de 50% de leur vitesse maximale sans accroissement du risque de colmatage. Cela permet un haut rendement durable.

Dans les rares cas où un corps étranger induirait un blocage complet de la pompe, le blocage peut être automatiquement ôté par un cycle de nettoyage de la pompe. Les groupes de contrôle intelligents peuvent réaliser ces cycles de nettoyage de la pompe. Durant ces cycles de nettoyage de la pompe, la roue est mise en mouvement jusqu'à ce qu'elle soit libérée des corps bloquants.

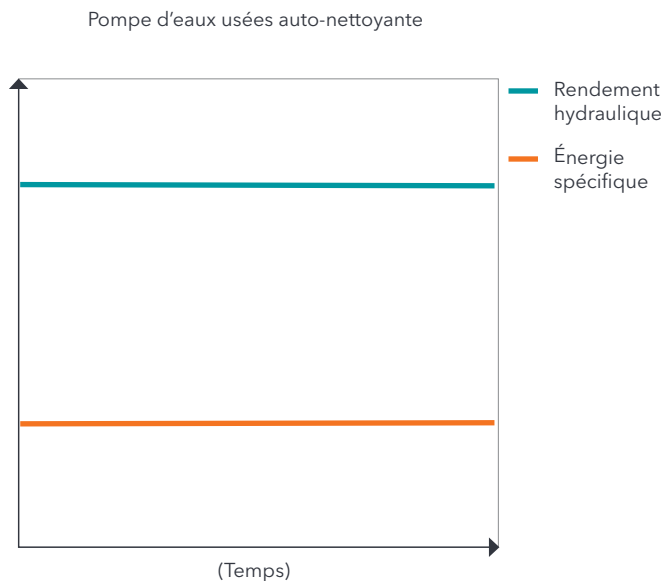


Figure 17: Les hydrauliques des pompes N Flygt bénéficie d'un auto-nettoyage mécanique, ce qui permet que les arrêtes des roues restent propres, conservant ainsi leur haut rendement dans le temps.

Conclusion

L'utilisation d'un variateur standard pour le pompage d'eaux usées en vitesse variable requiert un nombre important d'heures d'ingénierie, d'enquêtes et de réalisation d'un algorithme spécifique à l'application eaux usées dans le groupe de contrôle, afin d'atteindre les économies d'énergie et d'augmenter la fiabilité de pompage.

Certains variateurs sont préprogrammés pour piloter des pompes avec des algorithmes pour diverses applications variées de pompage. Ces unités doivent tout de même être configurées pour chaque application spécifique.

Des groupes de contrôles intelligents spécifiquement développés pour les applications de pompage en eaux usées, préprogrammés avec des algorithmes poussés, préconfigurés pour assurer un pompage fiable et une mise en service aisée, font leur apparition sur le marché. Ces systèmes

permettront d'accroître la fiabilité des stations de pompage et garantiront que les économies d'énergie calculées seront bien réalisées. Enfin, plus aucune heure d'ingénierie ne sera inutilement passée à trouver un algorithme de groupe de contrôle sur mesure pour une application présentant des défis très communément répandus.

Pour obtenir un pompage fiable et un rendement global élevé en variation de vitesse, il est nécessaire de prendre en compte les courbes du réseau et de la pompe, le type d'effluent, le type de pompe, la méthode de pilotage et les critères liés au processus. Un pompage à vitesse variable peut permettre un meilleur contrôle du processus, des économies d'énergie, des fonctionnements plus lissés et des coûts réduits de maintenance pour la station de pompage, **s'il est correctement réalisé.**