

Moderniser intelligemment ses pompes: un gage d'efficacité énergétique pérenne

Les pompes sont indispensables à de nombreux processus industriels et infrastructures. Leur remplacement recèle d'importants enjeux, mais présente également un énorme potentiel d'amélioration de l'efficacité énergétique et de réduction des coûts.

Les pompes accomplissent un travail essentiel 24 heures sur 24 dans les entreprises industrielles et les infrastructures. Elles débitent et distribuent, assurent des processus. Mais elles sont souvent aussi très énergivores. Etant donné que leur durée de vie peut atteindre plusieurs décennies, arrive un moment où elles sont techniquement dépassées. Leur remplacement paraît souvent risqué. Ne conseille-t-on pas dans le langage courant de ne pas changer une équipe qui gagne?

Cette logique nous prive cependant, dans de nombreux cas, d'énormes économies potentielles. Les pompes anciennes, surdimensionnées ou non régulées consomment plus de courant que nécessaire, pendant des années et souvent sans que personne s'en aperçoive. Le remplacement efficace d'une pompe permet non seulement de faire jusqu'à 50 % d'économies d'énergie, mais améliore également la sécurité des processus et réduit sensiblement les coûts de maintenance d'une entreprise. A condition que la nouvelle installation soit correctement dimensionnée, régulée et intégrée au système existant.

«Les pompes représentent chez Lonza 44 % de la consommation d'énergie. Nous analysons en permanence leur efficacité énergétique et identifions les pompes à optimiser.»

Andreas Imstepf, Energiemanagement, Lonza AG, Visp

Cette fiche d'information fournit les connaissances nécessaires, montre les sources d'erreur typiques et présente des exemples pratiques. Elle guide les planificateurs et exploitants vers des gains de productivité pertinents.



Sommaire

Vieilles pompes	2
Le bon dimensionnement	3
Bridage et dérivation	4
Convertisseur de fréquence	5
La bonne planification	6
Exemples pratiques	7
Conclusion	8

Quand les pompes vieillissent: coûts énergétiques cachés

Dans de nombreuses entreprises industrielles et infrastructures, les pompes tournent depuis des décennies. Souvent sans se faire remarquer, mais toujours en consommant de l'électricité. On oublie, à cet égard, que plus de 95 % des coûts du cycle de vie d'une pompe résultent de sa consommation en énergie. Les pompes obsolètes sont généralement inefficaces en termes d'énergie. Elles entraînent d'importants coûts d'immobilisation et de maintenance et font gonfler la facture d'électricité. Sans compter que leur rendement moteur est généralement largement inférieur aux normes actuelles.

Il convient de se poser les questions suivantes pour une première évaluation:

- Quand la pompe a-t-elle été installée?
- Quelle est sa puissance électrique?
- Combien d'heures fonctionne-t-elle par an?
- Quelle est la classe d'efficacité du moteur?
- Quelle hauteur de refoulement la pompe doit-elle surmonter?
- Quel débit la pompe doit-elle fournir?

Le remplacement peut être particulièrement rentable, notamment pour les processus de longue durée ou les débits élevés. Il doit cependant être techniquement opportun et ne doit pas compromettre le cours de l'exploitation.

L'expérience a démontré que les plus gros potentiels d'économies d'énergie concernent les pompes,

- les plus anciennes (datant d'avant 2005),
- qui fonctionnent souvent (plus de 1 000 heures par an)
- et qui présentent de grandes puissances (plus de 30 kW).

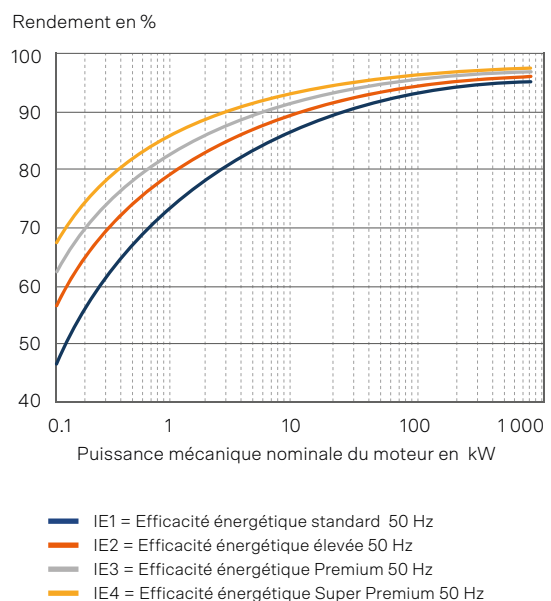


Fig. 1: Rendement de moteurs électriques à quatre pôles pour les classes d'efficacité IE1 (standard) à IE4 (super-premium).

Exigences minimales requises pour l'efficacité de moteurs

Catégorie d'appareil	Puissance [kW]		Efficacité minimale
Moteurs électriques	2-8-pôles	0,12-0,75	IE2
	2-8-pôles	0,75-1 000	IE3
	2-6-pôles	5,5-200	IE4
Pompes de circulation	(à rotor noyé)		EEl ≤ 0,2
Pompes à eau			MEI ≥ 0,4
Convertisseur de fréquence		0,12-1 000	IE2

IE = International Efficiency, EEl = Energy Efficiency Index, MEI = Minimum Efficiency Index

Tableau 1: Dispositions en matière d'efficacité énergétique pour les appareils et installations selon l'OEEE, 2,7 à 2,9 (version 2025).

Le moins est souvent le mieux: un bon dimensionnement s'impose!

Le gaspillage d'énergie résulte souvent d'un surdimensionnement des pompes. Les constructeurs d'installations et exploitants ont tendance à préférer des installations et pompes plus grandes que nécessaire, «par sécurité». Ils espèrent ainsi réduire le risque de sous-dimensionnement de composants et de pompes en cas de fragilité des données de processus ou de projets d'extensions

Mais cette sécurité coûte cher:

Le surdimensionnement implique que l'ensemble de l'installation doit être constamment étranglé, afin d'éviter un débit excessif. Il en résulte un gaspillage d'énergie important et un faible rendement de la pompe. Les pompes étranglées, par exemple à l'aide de vannes ou de dérivations, tournent à un point de fonctionnement très inefficace. La hauteur de refoulement augmente, le débit volumique diminue, mais la consommation d'énergie reste presque la même.

Le modèle approprié

Une comparaison entre le besoin réel de l'exploitation et la conception technique facilite l'identification du modèle approprié. Avant de remplacer une pompe, il est conseillé de procéder à un nouveau dimensionnement sur la base de mesures de profils de charge. Les petites pompes à régime variable sont souvent les plus efficaces pour les débits

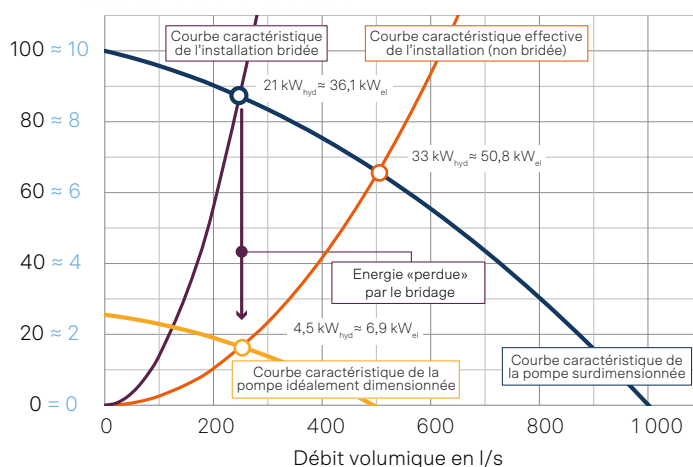
variables.

Causes typiques d'un surdimensionnement:

- Marges de sécurité pendant la conception
- Manque de clarté des exigences du processus
- Puissance de réserve incluse pour l'avenir
- Base de planification manquante ou caduque
- Modifications du processus (de production) rendant obsolète le dimensionnement correct d'origine
- Refoulement plus important que nécessaire pour le processus (p. ex. évacuation de la chaleur)
- Débit maximal fourni en permanence, indépendamment du besoin réel du processus

Pression en kPa¹

Hauteur de refoulement de l'eau en m



- Point de fonctionnement théorique {250 l/s = 0,25 m³/s}
- Point de fonctionnement de la pompe surdimensionnée sans bridage (500 l/s = 0,5 m³/s)
- Point de fonctionnement de la pompe bridée (250 l/s = 0,25 m³/s)

Puissance hydraulique (débit de la pompe) en kW = Débit volumique (m³/s) x Pression augmentée (kPa)

- Puissance hydraulique au point de fonctionnement théorique = 0,25 m³/s x 18 kPa = 4,5 kW
- Puissance électrique au point de fonctionnement théorique = 4,5 kW / 0,65 (voir fig. 7 au BEP) = 6,9 kW
- Puissance hydraulique au point de fonctionnement de la pompe bridée = 0,25 m³/s x 84 kPa = 21 kW
- Puissance électrique de la pompe bridée = 21 kW / 0,57 (voir fig. 7) = 36,1 kW

Puissance électrique «perdue» par le bridage = 36,1 kW - 6,9 kW = 29,2 kW

Fig. 2: Exemple de pompe surdimensionnée devant être bridée. Le bridage a pour effet de déplacer le point de fonctionnement, ce qui entraîne une consommation d'énergie inutile et coûteuse.

¹ Dans la pratique, on se base pour les calculs sur la pression (kPa) et sur la hauteur de refoulement (m). Une pression de 10 kPa correspond à une hauteur de refoulement de 1,019 m. Afin de faciliter la lecture des illustrations, on représente les deux valeurs selon un rapport de 10 kPa ≈ 1 m. Pour les pompes d'alimentation, 0 kPa correspond à la

Étranglement et dérivation, les énergivores cachés

Le moyen le plus simple «d'adapter» une pompe trop puissante au débit voulu consiste à brider le débit volumique ou à n'en utiliser qu'une partie. Ces solutions présentent l'avantage d'être rapides et peu coûteuses. C'est la raison pour laquelle elles sont largement répandues. Mais le revers de la médaille est moins reluisant: ces solutions sont en effet très inefficaces et s'accompagnent d'une augmentation substantielle de la consommation et des coûts en électricité. Dans de nombreux cas, le recours à une régulation appropriée (p. ex. avec un convertisseur de fréquence) serait rapidement amorti.

Bridage: étranglement mécanique du débit

Une vanne d'étranglement augmente la contrepression: la pompe doit donc vaincre une résistance plus élevée, ce qui réduit le débit volumique (voir fig. 2). Avec un bridage, la consommation de courant et la charge du moteur restent élevées mais le rendement total diminue. Le système fonctionne de manière inefficace/inefficient.

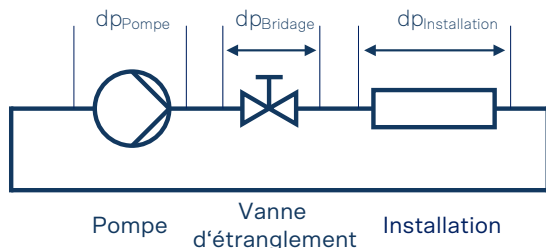


Fig. 3: Une vanne d'étranglement réduit le débit volumique à la valeur nécessaire (m^3/s):

$$dp_{\text{Pompe}} = dp_{\text{Bridage}} + dp_{\text{Installation}}$$

Dérivation: pourquoi refouler inutilement de l'eau dans le circuit?

Avec une dérivation, une partie seulement du débit volumique $\dot{Q}_{\text{Installation}}$ est refoulée vers l'installation. Le reste du débit $\dot{Q}_{\text{Dérivation}}$ est «dérivé» via une vanne de dérivation et renvoyé vers la pompe sans être utilisé. La pompe fonctionne à plein régime mais une partie seulement du fluide est utilisée. Cette solution est elle aussi très inefficace.

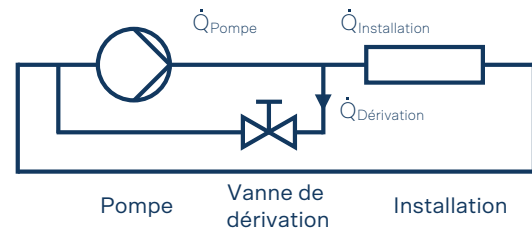
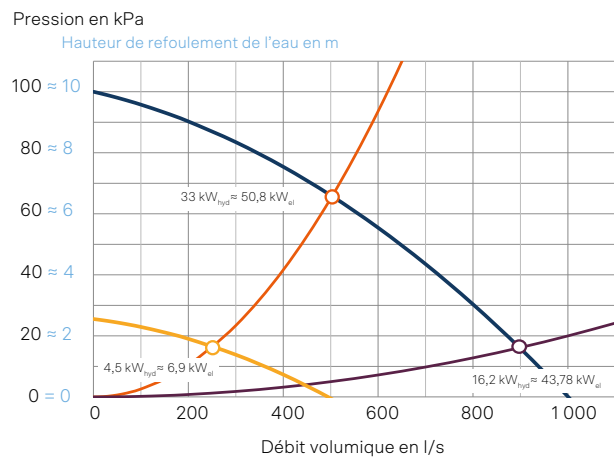


Fig. 4: Une partie du débit volumique retourne directement à la pompe via une vanne de dérivation afin d'adapter le débit aux besoins (m^3/s): $\dot{Q}_{\text{Pompe}} = \dot{Q}_{\text{Dérivation}} + \dot{Q}_{\text{Installation}}$



- Point de fonctionnement théorique (250 l/s)
- Point de fonctionnement de la pompe surdimensionnée sans bridage (500 l/s)
- Point de pompe avec dérivation (900 l/s)
- Courbe caractéristique de la pompe idéalement dimensionnée
- Courbe caractéristique de la pompe surdimensionnée
- Courbe caractéristique effective de l'installation (non bridée)
- Courbe caractéristique de l'installation bridée

Fig. 5: Avec une vanne de dérivation, la pompe refoule inutilement 650 l/s supplémentaires.

Remplacer un bridage et une dérivation

L'ajout d'un convertisseur de fréquence n'est pas la seule solution possible pour les pompes de grande taille tournant en permanence (voir p. 5): Si le point de fonctionnement est proche du rendement maximal, on peut aussi réduire le débit en montant un moteur bas régime (avec des pompes de grande taille) ou une roue plus petite. Si le point de fonctionnement est très éloigné du rendement maximum, il est préférable de remplacer la pompe par une pompe plus petite et adaptée.

Convertisseur de fréquence: une clé de l'efficacité énergétique

Les convertisseurs de fréquence régulent le régime de la pompe en fonction des besoins. Au lieu de régimes fixes ou d'un étranglement mécanique, on adapte la puissance de manière flexible au besoin réel du processus.

Avantages

- Nette réduction de la consommation de courant
- Suppression des pleines charges inutiles
- Réduction de l'usure
- Meilleure adaptation aux conditions de fonctionnement changeantes
- Baisse de la température du système
- Baisse du niveau sonore

Domaines d'utilisation typiques

- Processus nécessitant un débit fortement variable
- Variations saisonnières ou liées à l'heure du jour
- Systèmes commandés par capteurs (p. ex. pression ou niveau)
- Optimisation de l'efficacité énergétique de pompes largement surdimensionnées, à condition que le point de fonctionnement soit proche du rendement maximum du système

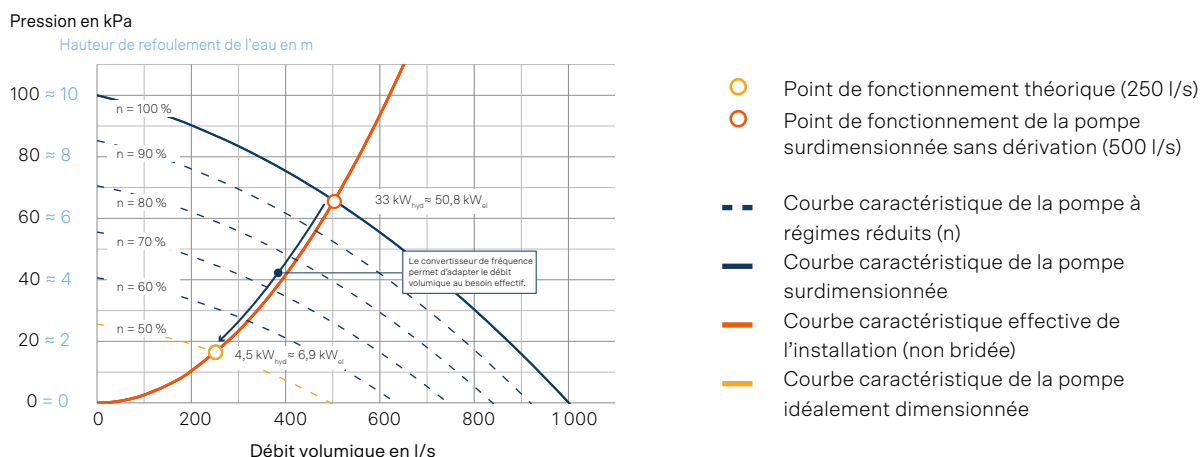


Fig. 6: La pompe refoule 500 l/s sur une hauteur de refoulement de 6,5 m. Si l'on «atténue» le moteur de la pompe à 50 % avec un convertisseur de fréquence, les 250 l/s peuvent être fournis avec une hauteur de refoulement de 1,8 m.

Tenir compte de la consommation propre et des exigences minimales en matière d'efficacité énergétique

Les convertisseurs de fréquence présentent une consommation propre d'environ 2 %, ce qui est souvent ignoré. Il est donc préférable, pour les processus constants ne nécessitant pas de régulation, de dimensionner correctement la pompe et de se passer de convertisseur de fréquence. Les convertisseurs de fréquence sont en outre également soumis à des critères d'efficacité: ils doivent satisfaire au minimum la classe d'efficacité IE2.

Des économies et un amortissement rapide

Un système de pompage composé de six pompes de 20 kW qui fonctionnent 4 000 heures par an coûte 72 000 francs par an en électricité, avec un prix de l'électricité de 15 ct./kWh. Une régulation commandée par un convertisseur de fréquence permet d'économiser jusqu'à 40 % d'énergie, c'est-à-dire plus de 25 000 francs par an. L'investissement dans un convertisseur de fréquence s'amortit donc en général assez rapidement.

Une bonne planification est gage de meilleurs résultats

Le remplacement d'une pompe n'est pas chose aisée: il doit être préparé avec soin, autant du point de vue technique qu'organisationnel.

En voici les principales gageures:

- Courte fenêtre de révision
- Intégration complexe dans le système de processus
- Adaptations nécessaires sur les conduites, les socles ou la commande
- Coordination avec les autres parties de l'installation

La procédure suivante est recommandée pour la mise en œuvre concrète dans l'entreprise:

1. Réaliser un Quick-Check

Vérifiez avec le [Quick-Check](#) de SuisseEnergie si une analyse approfondie est pertinente pour votre entreprise.



2. Elaborer une analyse préliminaire

L'[outil d'analyse préliminaire](#) des systèmes d'entraînement électriques de SuisseEnergie vous permet de saisir les pompes dans votre entreprise. Il identifie ensuite les pompes présentant le plus gros potentiel d'économies.



3. Analyse de détail

Si l'outil d'analyse préliminaire a identifié un potentiel d'économies valable, une [analyse de détail](#) sur place permet de déterminer avec précision la faisabilité, les économies et les coûts. Pour obtenir une image précise de l'installation, il peut être utile de calculer les débits nécessaires. Cela peut se faire sans intervention dans le système, à l'aide d'appareils de mesure de débit à ultrasons, disponibles à la location chez de nombreux fournisseurs d'appareils de mesure.

Points à noter pour le dimensionnement de pompes

Les pompes correctement dimensionnées

- tournent à proximité du Best Efficiency Point BEP,
- nécessitent très peu de bridage et
- subissent rarement des arrêts/marches intempestifs; elles sont idéales pour un fonctionnement à régulation de régime.

Best Efficiency Point BEP

Le Best Efficiency Point BEP correspond au point le plus haut de la courbe du rendement de la pompe. Les outils de dimensionnement des fabricants de pompes décrivent le BEP. Dans l'idéal, le point de fonctionnement de la pompe devrait être compris entre 40 et 60 % du débit maximal.

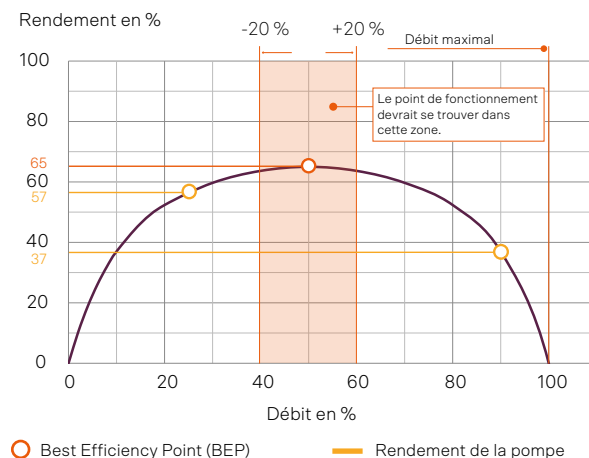


Fig. 7: Le point de fonctionnement idéal est compris entre 40 % et 60 % du débit maximal.

Couvrir l'état de veille avec une petite pompe de maintien de pression

Certaines pompes doivent rester opérationnelles en dehors des heures de service afin de maintenir la pression du système. C'est le cas notamment des pompes d'alimentation en eau, qui assurent que le réseau hydraulique ne se vide pas en présence de fuites. Les grosses pompes consomment cependant beaucoup trop d'énergie pour de si petites quantités d'eau. Il peut donc être avantageux d'utiliser de petites pompes de maintien de pression afin de réduire la facture d'énergie.

Exemples pratiques

Exemple 1

STEP Foce Maggia, Locarno

Le Consorzio Depurazione Acque del Verbano (CDV) exploite deux stations d'épuration (STEP) au bord du lac Majeur: Foce Maggia (Locarno) et Foce Ticino (Gordola). La station de Gordola produit du biogaz à partir des boues d'épuration des deux installations. Les deux sites sont reliés par une canalisation de 9 km de long. Une pompe située à Locarno refoule chaque jour, pendant trois à quatre heures, environ 250 m³ de boue vers Gordola.

Les moteurs à courant continu BBC étaient très gourmands en électricité, et le refroidissement et la maintenance coûtaient très cher. Ils ont été remplacés par une pompe immergée moderne, à variateur de fréquence, qui consomme 60 kW au lieu de 130 kW, est plus silencieuse, plus efficace en énergie et nécessite moins de maintenance.

«Le remplacement nous coûte plus cher aujourd'hui, mais nous économiserons encore plus d'argent sur toute la durée de vie des installations.»

Matteo Rossi, Direktor CDV



Résultat:

- une consommation d'électricité réduite de 80 MWh chaque année
- Economie annuelle: 12 000 – 15 000 francs
- Investissement: env. 100 000 francs
- Amortissement: 6-8 ans

Exemple 2

Kimberly-Clark, Niederbipp

Kimberly-Clark fabrique du papier toilette à Niederbipp. Les pompes ont fait l'objet d'une attention particulière dans le cadre d'une optimisation de l'exploitation. Il s'agissait, à l'origine, de résoudre des problèmes de pièces de rechange et de passer d'une lubrification à l'huile à un système à graisse. Et c'est là qu'apparut un énorme potentiel d'économies d'énergie. Plusieurs pompes étaient en effet inefficaces en énergie: certaines bridées, d'autres montées en série avec un mauvais rendement.

24 vieilles pompes d'une puissance électrique comprise entre 7,5 et 55 kW et consommant au total 4,22 GWh d'électricité par an ont ainsi été remplacées par des modèles plus efficaces. Les nouvelles pompes sont plus petites, dotées de joints modernes et complétées par des moteurs IE3.

«Le remplacement des 24 pompes à eau et pompes de pâte a porté ses fruits à différents niveaux pour Kimberly-Clark.»

Jan Tschudin, Kimberly-Clark



Résultat: chaque année...

- Baisse de la consommation de courant de 1,54 GWh (moins 36 %)
- Des coûts électriques réduits de 154 000 francs
- Des coûts de maintenance réduits de 50 000 francs

Informations complémentaires

Aide pour le choix d'entraînements électriques économes en énergie

SuisseEnergie

- Quick-Check
- Analyse préliminaire

incite-tool.ch

Des pompes efficaces grâce à des installations optimisées

SuisseEnergie

suisseenergie.ch/systemes-dentrainement/pompes//

Financement d'analyses de détail

SuisseEnergie prend en charge jusqu'à 40 % des coûts des analyses de détail, ou 15 000 francs maximum (état 2025).

suisseenergie.ch/se-faire-conseiller/analyses-de-detail/

Programme ProKilowatt

ProKilowatt soutient les projets de réduction de la consommation d'électricité. Le programme prend en charge jusqu'à 30 % des coûts d'investissement pour encourager le remplacement d'installations existantes et l'utilisation de technologies plus efficaces.

prokw.ch/

Amélioration de l'efficacité énergétique grâce aux fournisseurs d'électricité

Depuis 2025, les fournisseurs d'électricité sont tenus de contribuer concrètement à la sécurité d'approvisionnement en mettant en place des mesures d'économie d'électricité. Demandez à votre fournisseur d'électricité s'il soutient financièrement ou techniquement votre projet d'efficacité énergétique dans le domaine des pompes.



Quand une pompe est-elle trop grande?

Une pompe est probablement surdimensionnée si

- elle ne doit jamais fournir plus de 60 % du débit nominal,
- elle est en permanence bridée à plus de 30 %,
- elle refoule en permanence plus de 30 % via une dérivation,
- elle ne consomme jamais plus de 60 % de la puissance nominale avec un convertisseur de fréquence.

Cette publication a été rédigée en collaboration avec Swissmem Secteur industriel Technique des pompes.

SuisseEnergie
Office fédéral de l'énergie OFEN
Pulverstrasse 13
CH-3063 Ittigen
Adresse postale: CH-3003 Berne

Infoline 0848 444 444
infoline.suisseenergie.ch

suisseenergie.ch
suisseenergie@ofen.admin.ch
ch.linkedin.com/company/suisseenergie

Photos:
Fotolia (46951342): Couverture
Topmotors: page 7, à gauche
Kimberly-Clark, Niederbipp: page 7, à droite

Illustrations:
Topmotors, Fiche d'information 23: page 2
«Chemie & more» 02.15: page 3 (origine)
zweiweg und Gloor Engineering: pages 3, 4, 5
et 6 (développements)