



Service de l'eau

VILLE DE LAUSANNE

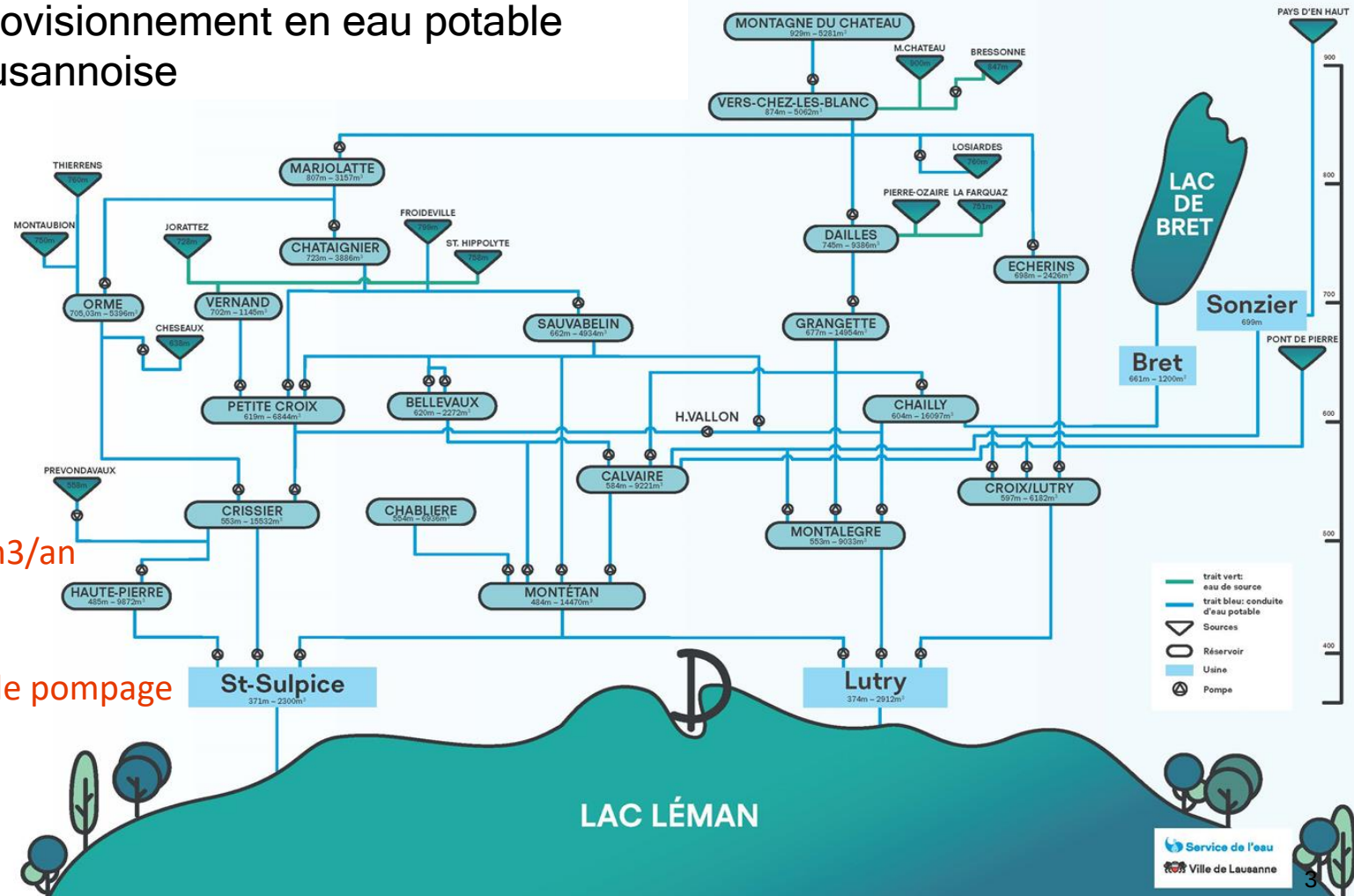
Energie photovoltaïque et gestion des pompages pour l'alimentation des réservoirs d'eau potable

Journée technique des distributeurs d'eau romands
Salon aqua pro – 8 juin 2022

Pasquale Giordano, Chef de la division Production & Epuration
service de l'eau de la Ville de Lausanne

Système d'approvisionnement en eau potable de la région Lausannoise

- 4 usines
- 20 réservoirs
- 14 Sources
- 30 millions de m³/an
- 20-24 GWh/an
- Dont 80% pour le pompage

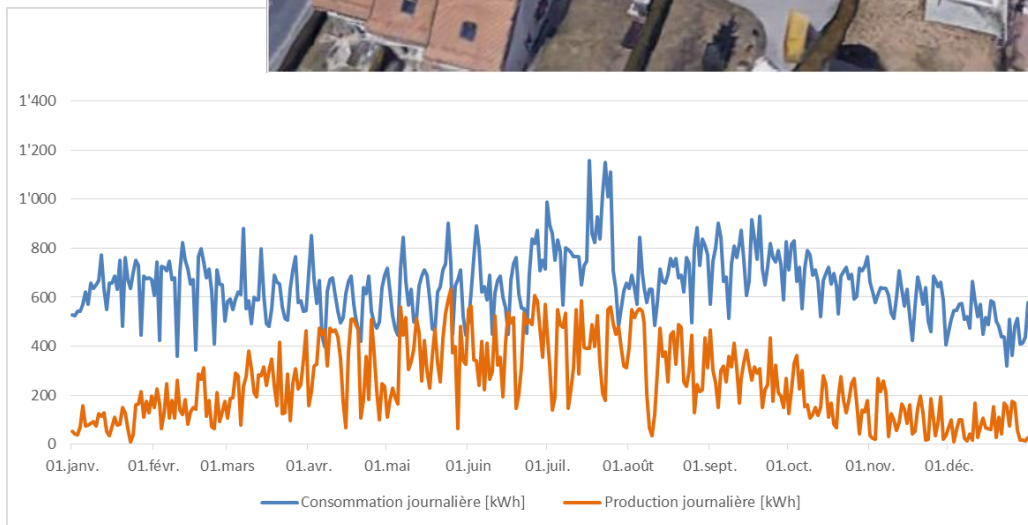


Potentiel photovoltaïque sur nos 24 ouvrages

- Panneaux solaires sur tous les toits en pentes
- Panneaux solaires avec végétalisation sur les toitures plates et les cuves de stockages enterrées à l'exception des sites avec des prairies de valeur écologique
- Sites non favorable: Forêt, parc public, piscine ou immeuble
- Au finale 12 sites : 4 usines et 8 réservoirs pour une puissance de 1.8 MW et une production de 1'980 MWh/an

Réservoir de Vers-Chez-les-Blanc

- Surface de panneau: 583 m²
 - Puissance crête: 75 kWc
 - Production annuelle: 92 MWh
 - Investissement: 140'000 CHF
-
- Puissance de pompage: 3 x 25 kW
 - Volume refoulé annuel: 632'000 m³
 - Consommation annuelle: 230 MWh
 - Tarif achat jour/nuit: 22/17 cts/kWh
 - Tarif vente: 8 cts/kWh

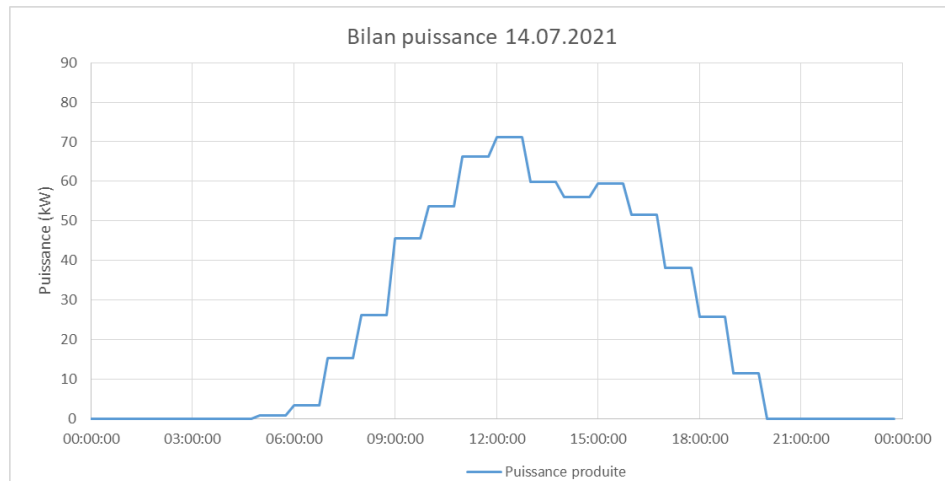


Utilisation de l'énergie solaire pour le pompage



Période estivale

- Puissance produite max: 71 kW
- Energie produite: 585 kWh

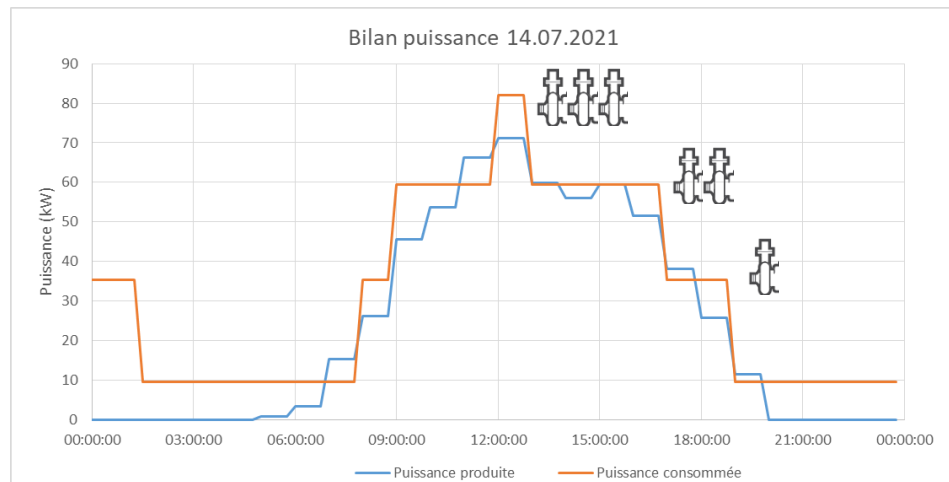


Utilisation de l'énergie solaire pour le pompage



Période estivale

- Puissance produite max: 71 kW
- Energie produite: 585 kWh
- Energie consommée: 768 kWh
- Energie autoconsommée: 568 kWh
- Taux d'autoconsommation: 97 %
- Couverture par le solaire: 74 %

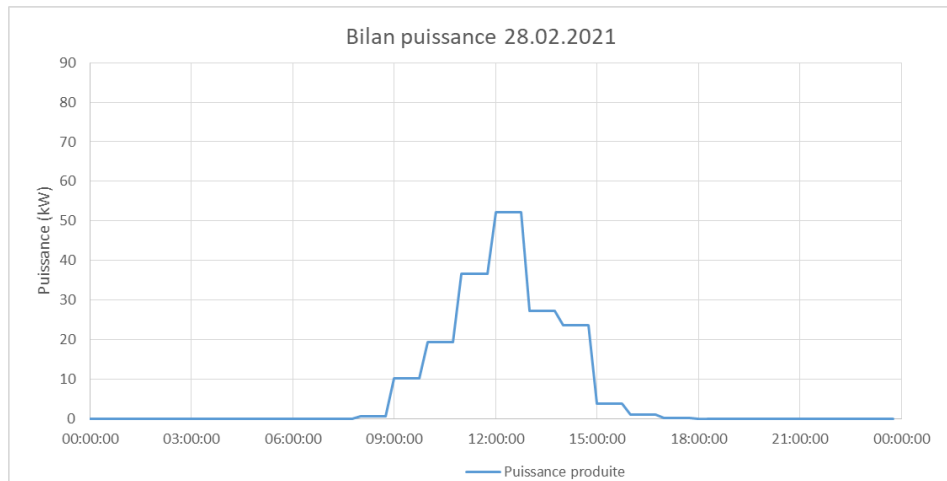


Utilisation de l'énergie solaire pour le pompage



Période hivernale

- Puissance produite max: 52 kW
- Energie produite: 175 kWh

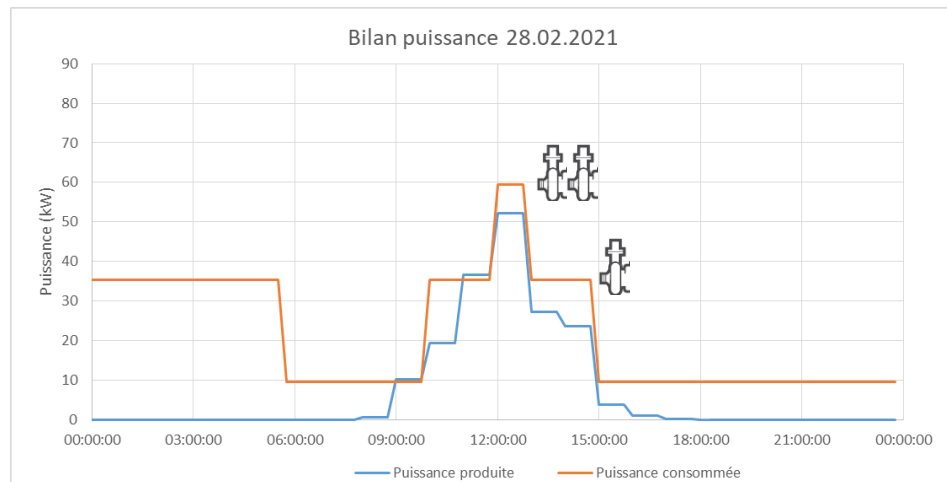


Utilisation de l'énergie solaire pour le pompage



Période hivernale

- Puissance produite max: 52 kW
- Energie produite: 175 kWh
- Energie consommée: 531 kWh
- Energie autoconsommée: 173 kWh
- Taux d'autoconsommation: 99 %
- Couverture par le solaire: 33 %



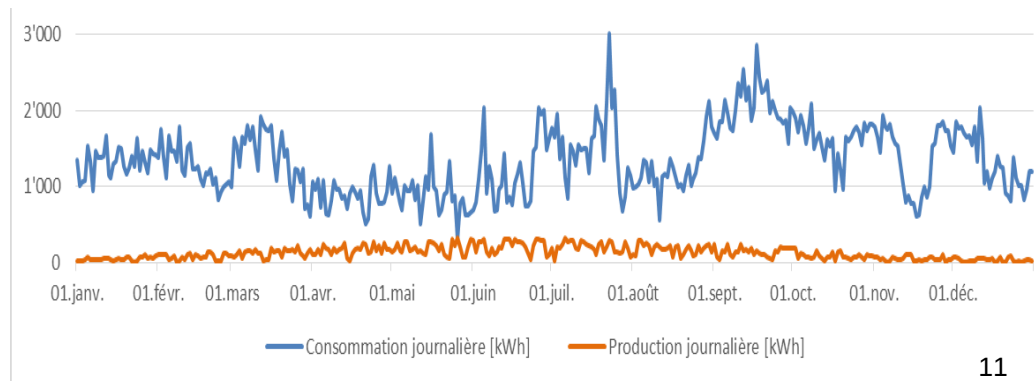
Bilan annuel pour le réservoir de Vers-chez-les-Blanc



- Energie solaire autoconsommée: 85 MWh
- Taux d'autoconsommation: 92%
- Couverture par l'énergie solaire: 37%
- Economie/gain: 17'500 CHF (16'940 autoconsommation / 560 vente)
- Retour sur investissement: 8 ans

Réservoir de Petite-Croix

- Surface de panneau: 351 m²
 - Puissance crête: 45 kWc
 - Energie solaire produite: 47 MWh
 - Investissement: 100'000 CHF
-
- Puissance de pompage: 2 x 97 kW
 - Volume refoulé annuel: 1'174'000 m³
 - Consommation annuelle: 619 MWh
 - Tarif d'achat jour/nuit: 19/15 cts/kWh
 - Tarif vente: 8 cts/kWh

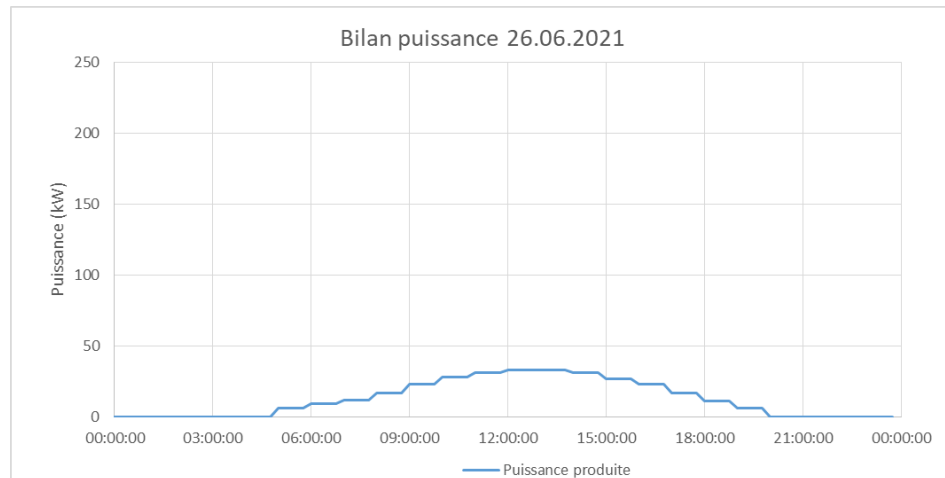


Utilisation de l'énergie solaire pour le pompage



- Puissance produite max: 33 kW
- Energie produite: 307 kWh

Période estivale

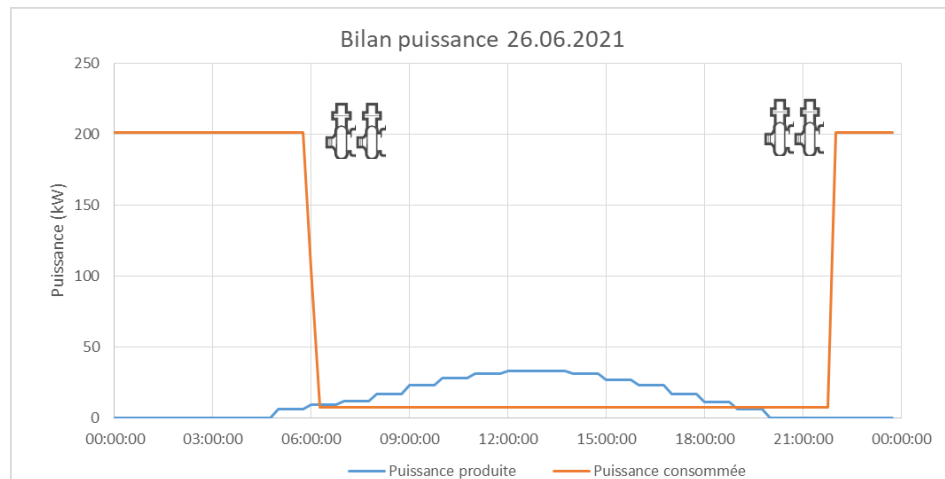


Utilisation de l'énergie solaire pour le pompage



Période estivale

- Puissance produite max: 33 kW
- Energie produite: 307 kWh
- Energie consommée: 1749 kWh
- Energie autoconsommée: 106 kWh
- Taux d'autoconsommation: 35 %
- Couverture par le solaire: 6 %

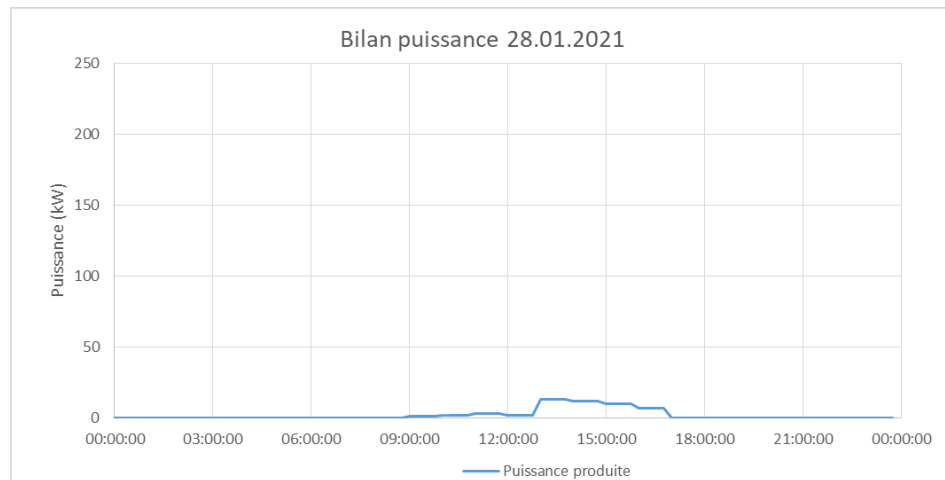


Utilisation de l'énergie solaire pour le pompage



Période hivernale

- Puissance produite max: 13 kW
- Energie produite: 50 kWh

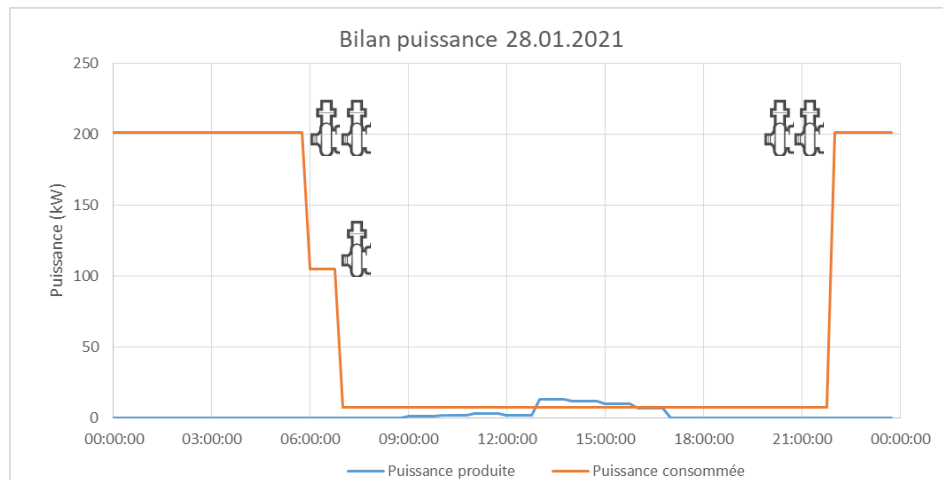


Utilisation de l'énergie solaire pour le pompage



Période hivernale

- Puissance produite max: 13 kW
- Energie produite: 50 kWh
- Energie consommée: 1822 kWh
- Energie autoconsommée: 37 kWh
- Taux d'autoconsommation: 74 %
- Couverture par le solaire: 2 %



Bilan annuel pour le réservoir de Petite-Croix

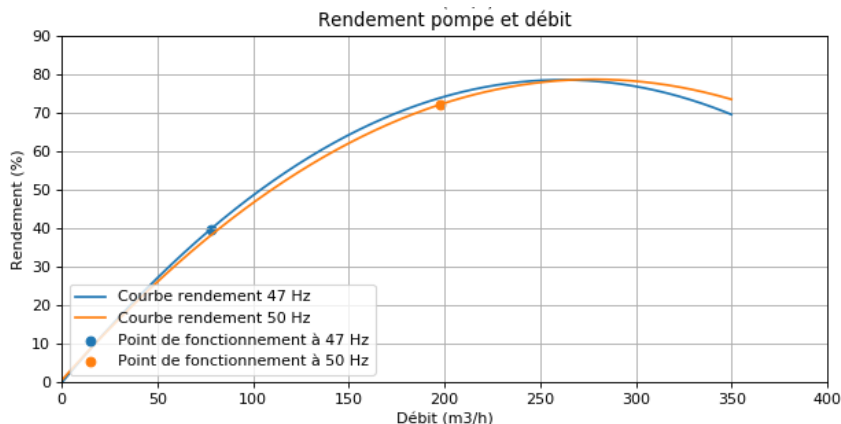
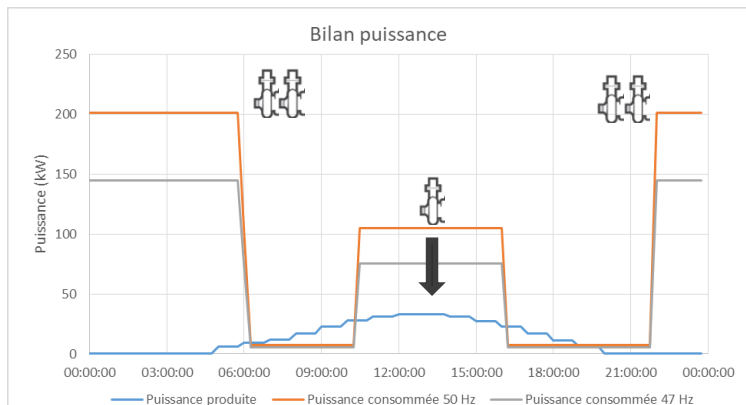
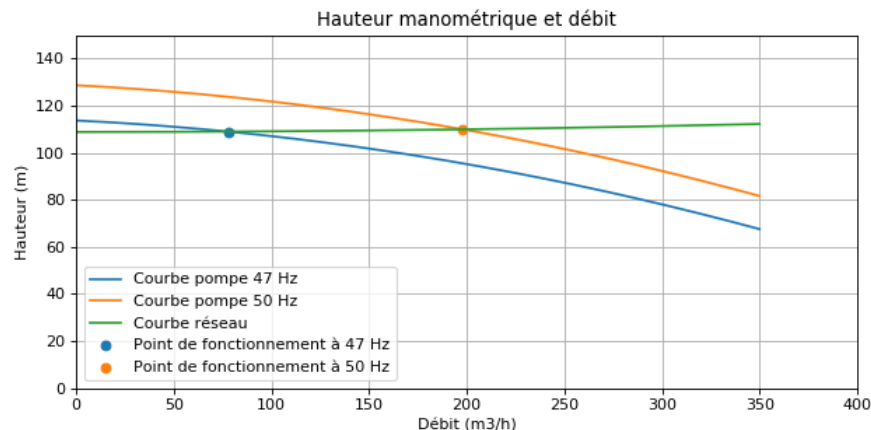


- Energie solaire autoconsommée: 25 MWh
- Taux d'autoconsommation: 53%
- Couverture par l'énergie solaire: 4%
- Economie/gain: 6'400 CHF (4'640 autoconsommation/1'760 vente)
- Retour sur investissement: 16 ans

Utilisation de variateur de fréquence pour augmenter l'autoconsommation

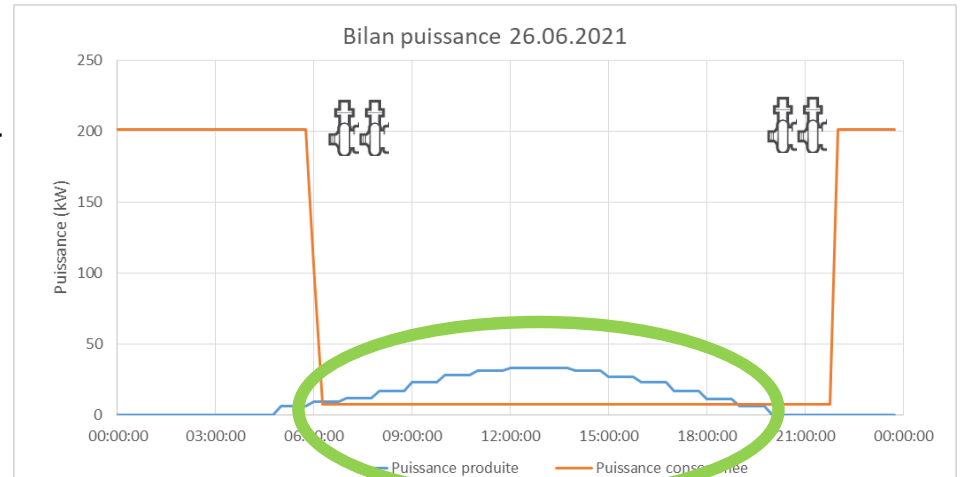
Pas approprié car

- Rendement variateur 97%
- Baisse le rendement de la pompe



Utilisation de batterie de stockage pour augmenter l'autoconsommation

- Capacité de stockage: 200 kWh
- Investissement: 160'000 CHF
- Gain annuel potentiel: 2'400 CHF



Stockage excédent production

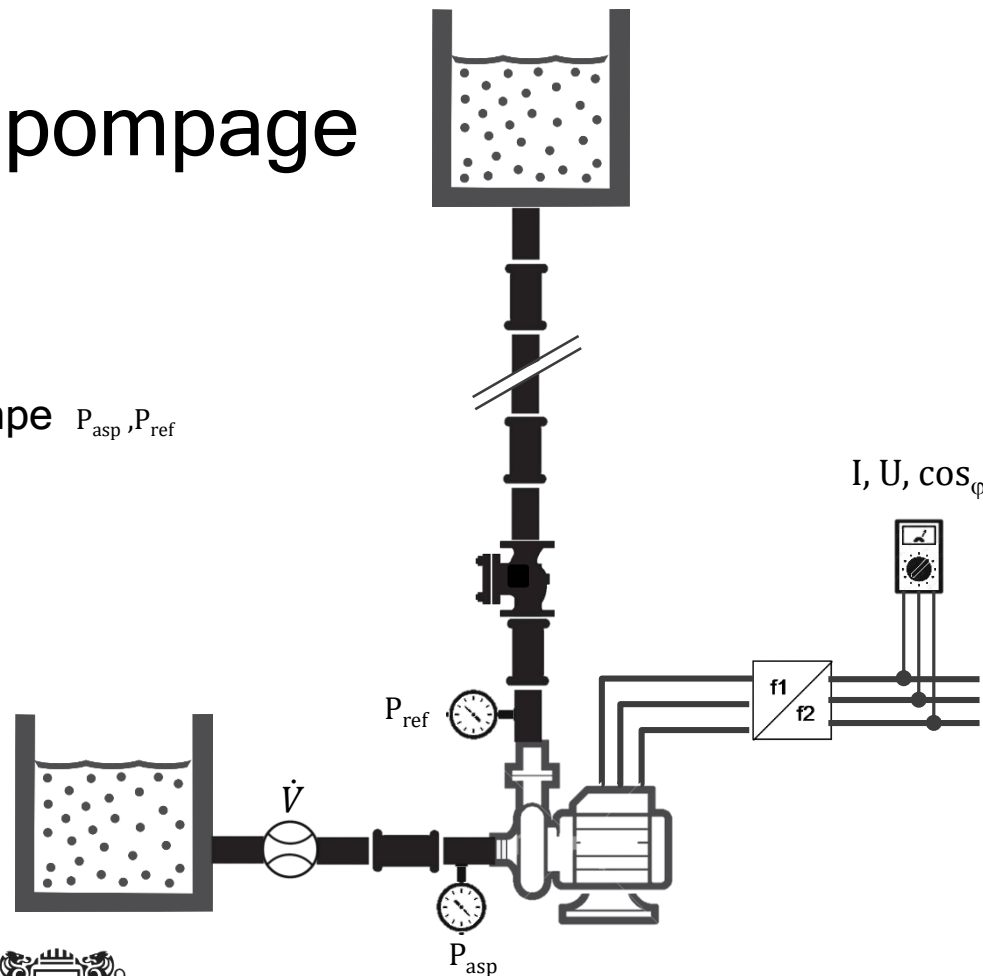


Merci pour votre attention

Rendement groupes pompage

Mesures:

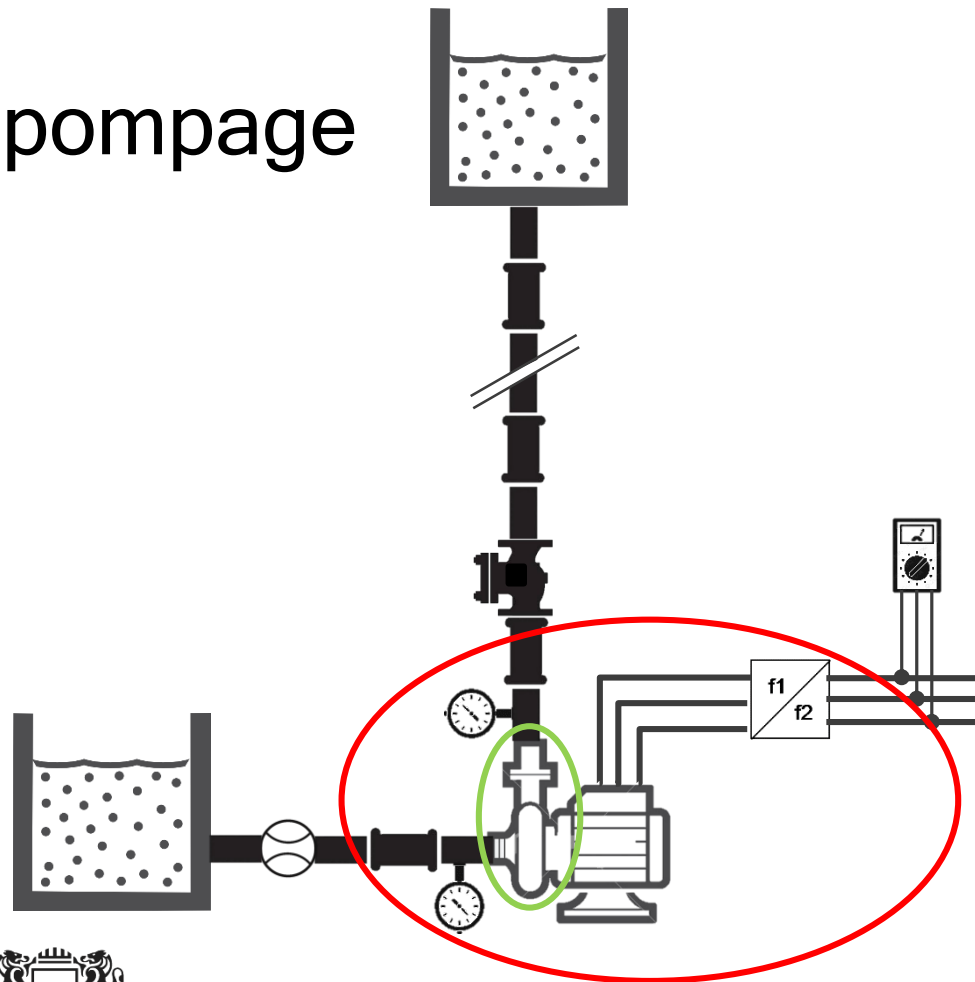
- Pression aspiration et refoulement pompe P_{asp}, P_{ref}
- Débit installation $\dot{V}$
- Courant, tension $I, U, \cos \varphi$



Rendement groupes pompage

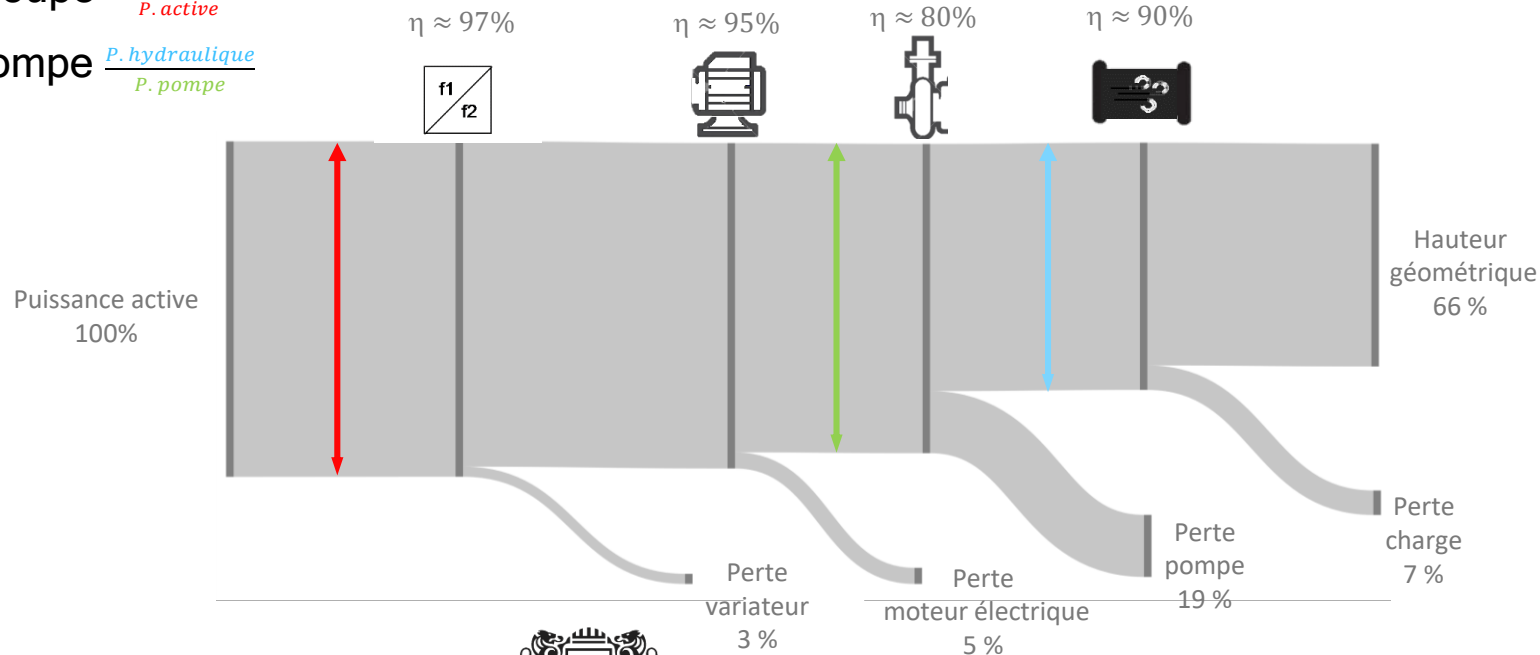
Calcul :

- Hauteur manométrique
- Rendement groupe —
- Rendement pompe —



Rendement groupes pompage

- Rendement groupe $\frac{P_{\text{hydraulique}}}{P_{\text{active}}}$
- Rendement pompe $\frac{P_{\text{hydraulique}}}{P_{\text{pompe}}}$



Conclusion

- Le pompage en fonction de la production solaire est possible si le

Objectifs

Diminuer le coût énergétique du remplissage des réservoirs

- Mesurer le rendement des groupes de pompage de refoulement
- Etudier la pertinence de l'utilisation des variateurs de fréquence
- Optimiser l'utilisation de l'énergie solaire

Variateur de fréquence



- Utilisé pour varier la fréquence de rotation des pompes
- Permet de moduler le débit refoulé
- Plébiscité pour l'optimisation énergétique



Economies d'énergie #2 : Pourquoi utiliser un variateur de fréquence pour les besoins de pompage ?

Publié le 23 Mai 2020

Industry Application IA04008002E Effective November 2012

Variable frequency drives: energy savings for pumping applications

Tom Neuburger and
Steven B. Weston,
Eaton Corporation

Variable frequency drives application and use

In the early days of variable frequency drive (VFD) technology, the typical application was in process control for manufacturing synthetic fiber, steel bars, and aluminum foil. Because VFDs improved process performance and reduced maintenance costs, these standards monitor generator sets and

If a throttling device is employed to control flow, energy usage is shown as the upper curve in Figure 2, while the lower curve demonstrates energy usage when using a VFD. Because a VFD alters the frequency of an AC motor, speed, flow, and energy consumption are reduced in the system. The energy saved is represented by the green shaded area.

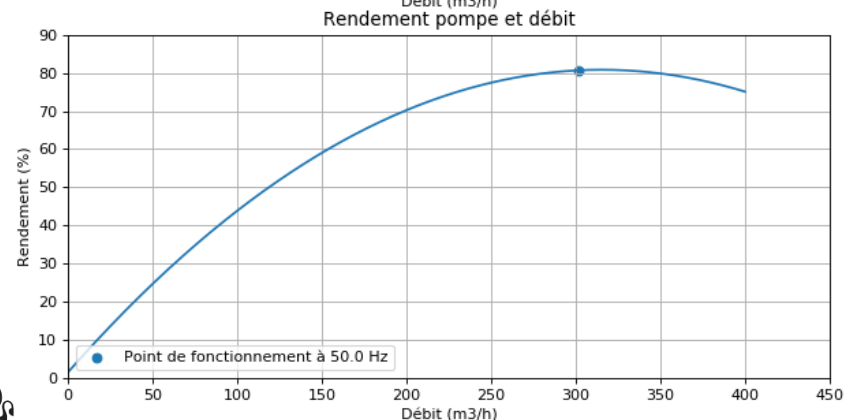
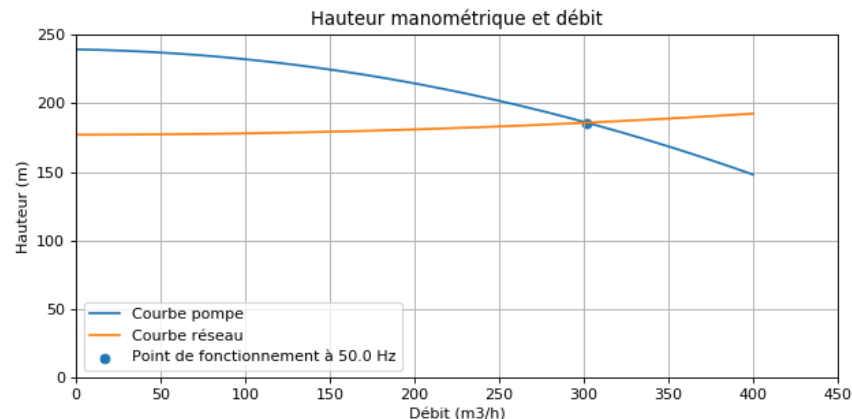
ENERGY SAVINGS AND OTHER BENEFITS OF VARIABLE FREQUENCY DRIVES: CITY OF COLUMBUS CASE STUDY

OCTOBER 5, 2021
BY DAVID W. ARNOIT, P.E.

Variateur de fréquence



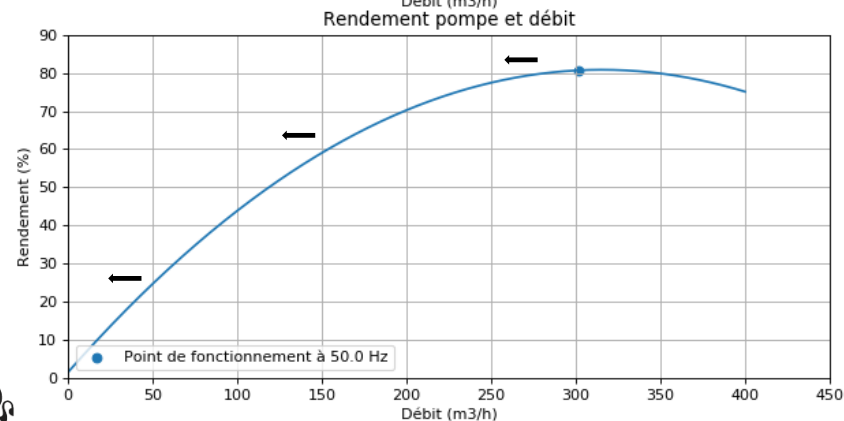
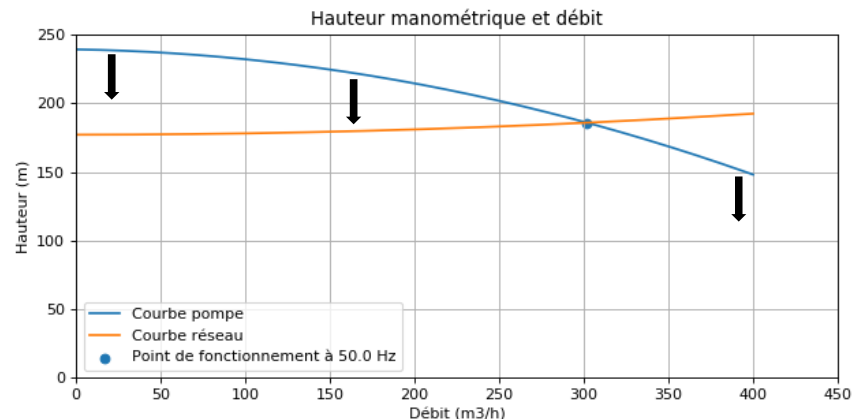
- Débit défini par la courbe réseau et par la pompe
- Grande hauteur statique
- Faibles pertes de charge



Variateur de fréquence



- Débit défini par la courbe réseau et par la pompe
- Grande hauteur statique
- Faibles pertes de charge
- Descend la courbe manométrique de la pompe
- Shift la courbe du rendement de la pompe



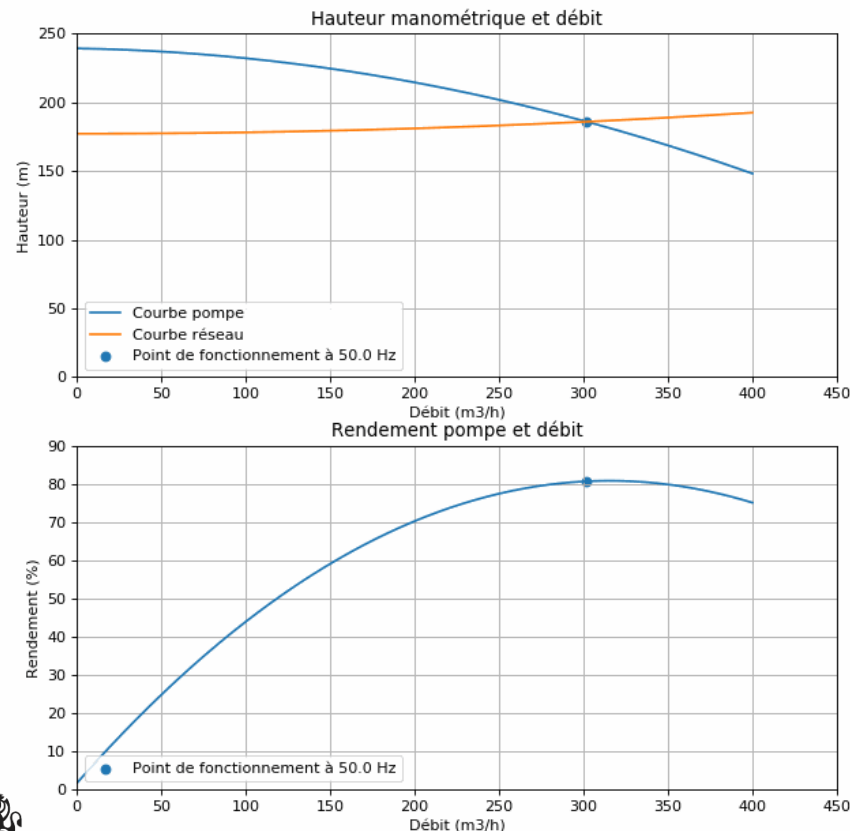
Variateur de fréquence



- Débit défini par la courbe réseau et par la pompe
- Grande hauteur statique
- Faibles pertes de charge
- Descend la courbe manométrique de la pompe



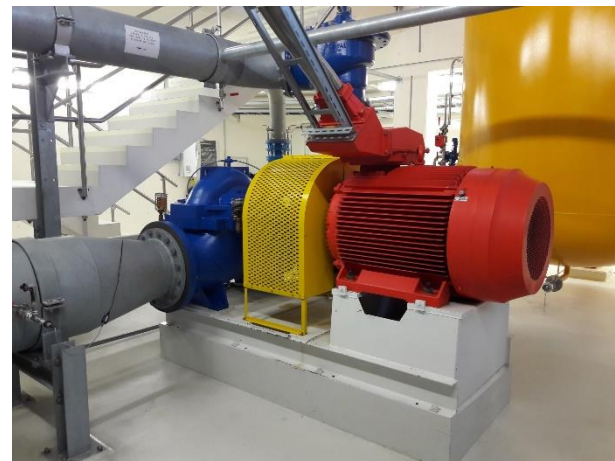
Grande perte de rendement sur la pompe !



Variateur de fréquence



- 3% de perte sur la chaîne de puissance
- Avec hauteur géométrique chute du rendement de la pompe
- Utilisation seulement si le débit doit absolument être modulé

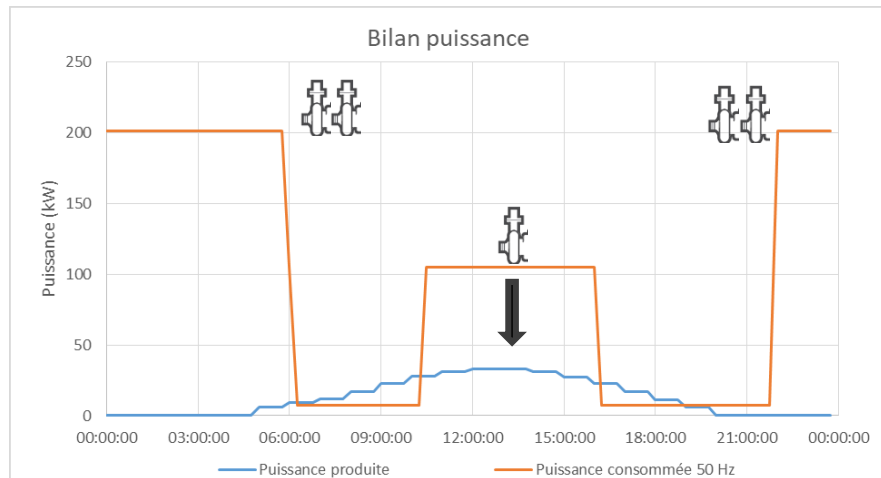


η_{pompe} à 1250 m³/h : 82%
 η_{pompe} à 720 m³/h : 67%

-15% !

Réflexion sur amélioration de l'autoconsommation

- Utilisation d'un variateur de fréquence pour faire correspondre la puissance de pompage et la production solaire



Réflexion sur amélioration de l'autoconsommation

- Diminution de 3 Hz
- -30% puissance pompage
- -60% débit
- -30% rendement pompe

