



La commune de Winkel, située près de l'aéroport de Zurich-Kloten, a été le théâtre du projet pilote OrtsNetz.

# Créer des incitations pour soulager le réseau

**Projet pilote** | Un renforcement onéreux du réseau de distribution peut être évité en limitant autant que possible les pics de charge. Un projet pilote mené par EKZ et l'ETH Zurich dans la commune zurichoise de Winkel a étudié, à titre d'exemple, comment réduire les pics de courant dans les réseaux de distribution grâce à des incitations financières ou à une gestion directe et intelligente de la charge.

**BENEDIKT VOGEL**

Comme d'autres fournisseurs d'électricité, l'entreprise EKZ (Elektrizitätswerke des Kantons Zürich) est confrontée à une expansion rapide du photovoltaïque: aujourd'hui, environ 400 MW de puissance PV sont déjà installés sur son réseau, qui alimente environ un million de personnes dans le canton de Zurich. Pour 2035, ce chiffre devrait atteindre 1700 MW. Même si l'électricité solaire est en partie consommée sur place, il faut s'attendre à des pics d'injection plus élevés dans le réseau de distribution. L'utilisation accrue de pompes à chaleur pour le chauffage des bâtiments et le développement de la mobilité électrique

entraînent également une charge plus importante sur le réseau, en particulier lorsque ces prélèvements ont lieu simultanément.

## Éviter les pics sur le réseau

Chaque réseau de distribution doit être conçu de sorte à pouvoir absorber les pics maximaux de puissance, qu'il s'agisse de pics d'injection ou de consommation. Aujourd'hui, EKZ investit déjà chaque semaine plus de deux millions de francs dans la maintenance et l'extension de son réseau de distribution long de 17 000 km. À l'instar d'autres fournisseurs d'électricité, l'entreprise a donc tout intérêt

à ce que ces coûts restent maîtrisés et à ce que le renforcement du réseau puisse être réduit autant que possible. Dans ce contexte, l'entreprise a mené, en collaboration avec le Power Systems Laboratory et le Bits to Energy Lab de l'ETH Zurich, un projet pilote consacré à la gestion innovante de la charge au cours de ces trois dernières années dans la commune zurichoise de Winkel, au nord de Kloten. Cette étude a été cofinancée par le programme P+D de l'Office fédéral de l'énergie.

En règle générale, un poste de transformation alimente plusieurs centaines de foyers. La puissance élec-

trique que le fournisseur doit mettre à disposition via la sous-station varie au cours de la journée. Elle dépend de la consommation instantanée des ménages raccordés, à laquelle est retranchée la production locale d'électricité injectée dans le réseau de distribution par le photovoltaïque et d'autres producteurs décentralisés. Pour éviter des renforcements onéreux du réseau, les gestionnaires s'efforcent de réduire autant que possible les pics de puissance dans le réseau de distribution. Ceci peut être notamment réalisé en répartissant la consommation des ménages sur toute la journée, de manière « favorable au réseau ».

### Types de gestion de la charge

Pour un fonctionnement favorable au réseau, les chauffe-eau, les pompes à chaleur et les voitures électriques doivent être pilotés de telle sorte qu'ils soutirent de l'énergie au réseau lorsque la consommation générale dans le réseau de distribution est relativement faible ou lorsque la production photovoltaïque décentralisée est importante. Cette gestion de la charge incombe au fournisseur ou au consommateur d'électricité, généralement avec l'appui de systèmes de commande « intelligents ». Les surcharges des transformateurs et du réseau peuvent ainsi être évitées, ce qui rend les extensions superflues ou, du moins, les retarde.

Dans le cadre du projet pilote, trois nouvelles méthodes de gestion de la charge ont été testées :

La **gestion directe de la charge** : ici, EKZ gère le fonctionnement des chauffe-eau, des pompes à chaleur et la recharge des voitures électriques de manière à répartir la charge du réseau aussi uniformément que possible tout au long de la journée. Cette approche est pratiquée depuis longtemps par le biais de la télécommande centralisée. La nouveauté réside dans la possibilité d'allumer ou d'éteindre individuellement chaque appareil en fonction des prévisions de charge pour le réseau local. Les processus de recharge des voitures électriques sont contrôlés via les interfaces cloud des constructeurs automobiles. Il n'a donc pas été nécessaire dans ce cas d'installer des commutateurs de charge comme pour les chauffe-eau et les pompes à chaleur.

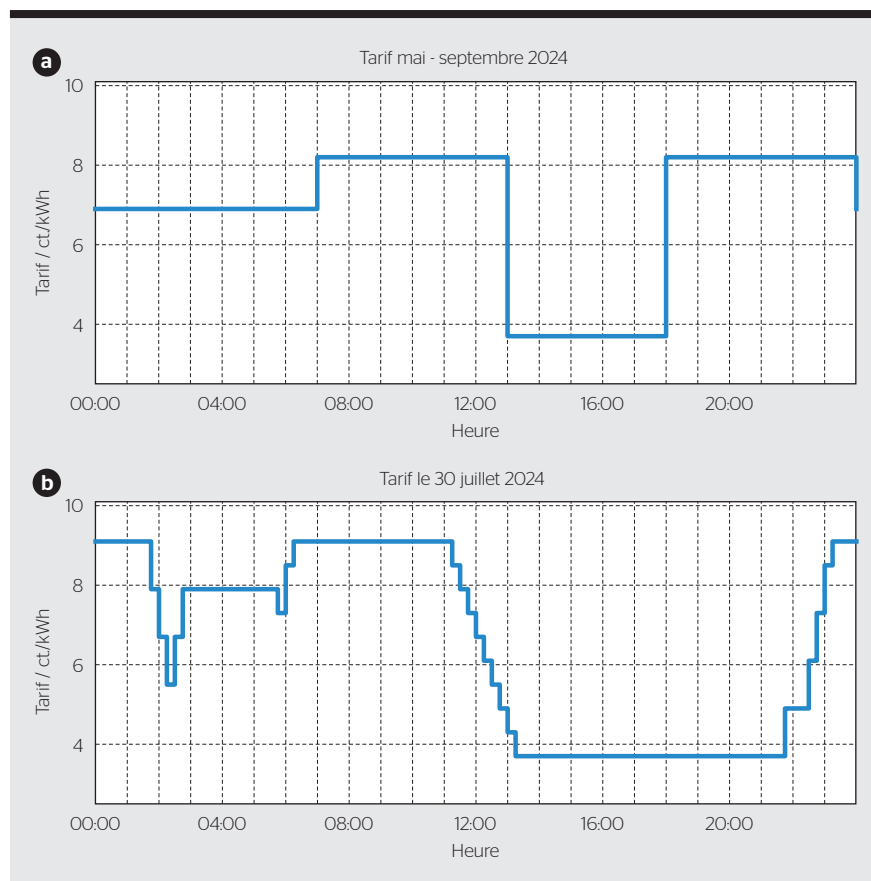


Figure 1 Tarifs utilisés dans le projet : a) statiques, b) dynamiques.

La **gestion indirecte de la charge par le biais de tarifs statiques** (figure 1a) : EKZ met ici en place une incitation financière, sous la forme de tarifs d'utilisation du réseau fixés à l'avance et variant en fonction de l'heure de la journée, afin de motiver les clients à utiliser leurs appareils électriques de manière à favoriser le réseau.

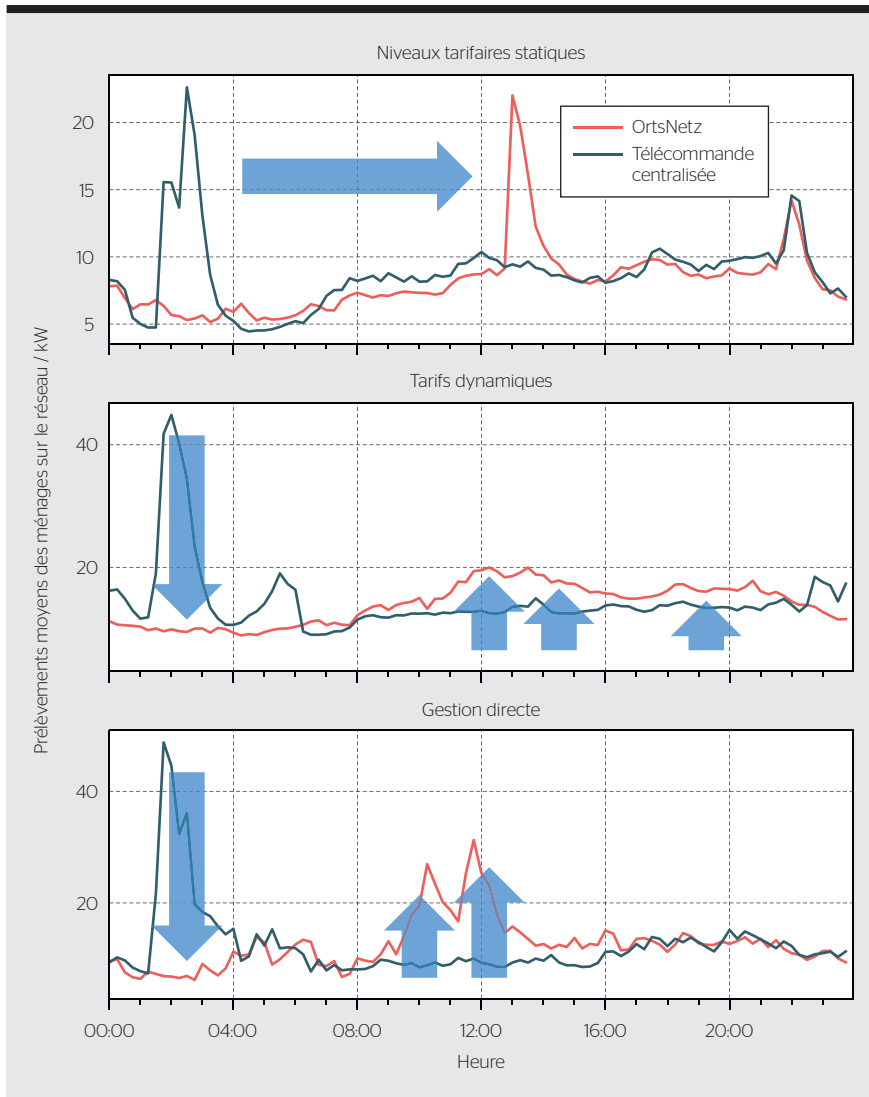
La **gestion indirecte de la charge par le biais de tarifs dynamiques** (figure 1b) : ici, l'incitation financière repose sur des tarifs d'utilisation du réseau fixés à très court terme, en fonction de facteurs tels que la charge des transformateurs et les données météorologiques. Le tarif est calculé par une intelligence artificielle avec un préavis d'environ 5 minutes pour une durée de 15 minutes.

La gestion indirecte de la charge par le biais de tarifs variables incite les consommateurs d'électricité à utiliser leurs appareils de manière à minimaliser la charge sur le réseau de distribution. Cette méthode rappelle les hauts et bas tarifs pratiqués depuis longtemps, mais s'en distingue sur des points importants.

### Réduire efficacement les pics de courant

Ces trois formes de gestion de la charge ont été testées d'octobre 2023 à décembre 2024 dans la commune de Winkel, chacune sur un poste de transformation et les foyers qui y sont raccordés (figure 2). Afin de rendre techniquement possible la gestion directe et indirecte de la charge, 64 des quelque 600 ménages participants ont été équipés d'un dispositif de commutation récemment développé pour les chauffe-eau et les pompes à chaleur. De plus, 42 foyers ont déclaré leurs voitures électriques en tant que charges contrôlables ; 23 d'entre elles ont pu être contrôlées au moins une fois pendant les essais sur le terrain. Tous les autres appareils électriques des quelque 600 ménages n'ont pas été gérés automatiquement, mais les habitants étaient invités à les faire fonctionner pendant les périodes à bas tarif, et ainsi à économiser de l'argent.

L'une des principales conclusions de l'étude consiste dans le fait que les trois types de gestion de la charge étudiés permettent de réduire les pics d'injection de production photovoltaïque pen-



**Figure 2** Consommation d'électricité en été des ménages de la commune de Winkel équipés d'un chauffe-eau électrique et/ou d'une pompe à chaleur qui ont été automatiquement activés et désactivés à l'aide d'un dispositif de commutation de charge dans le cadre du projet pilote.

dant les mois estivaux. Les tarifs dynamiques se sont avérés être les plus adaptés: ils ont permis de réduire les pics quotidiens de 8% en moyenne (contre 6% pour la gestion directe de la charge et 5% pour les tarifs statiques). Ces pourcentages correspondent à la réduction des pics par rapport à la puissance nominale totale de tous les chauffe-eau utilisés comme charges flexibles. La référence à la puissance nominale permet de comparer les réductions de pics des trois postes de transformation inclus dans l'étude. Le pic le plus élevé dans la période analysée a été réduit de 14% avec des tarifs dynamiques (contre 9% avec la gestion directe de la charge et 0% avec des tarifs statiques).

Marina González, responsable New Technology, Data & AI chez EKZ, juge positif le résultat de ces essais sur le terrain: « Même si les fournisseurs d'électricité souhaiteraient une réduction plus importante, le projet pilote montre que toutes les approches dynamiques sont efficaces et ont le potentiel d'éviter les renforcements du réseau à moyen terme. » Cela vaut aussi bien pour les tarifs dynamiques que pour la gestion directe intelligente.

### Une efficacité avérée uniquement en été

Ce résultat peut surprendre, car on pourrait s'attendre à ce que la gestion directe de la charge par le fournisseur d'électricité aboutisse aux meilleurs

résultats. Marina González explique pourquoi cela n'a pas été le cas dans le projet pilote: « La gestion directe n'est pas du tout triviale, il faut faire différentes hypothèses et on peut se tromper. » Dans le projet pilote, autant la gestion directe que la gestion indirecte par le biais des tarifs ont été réalisées au moyen d'algorithmes développés à l'ETH Zurich. « Il était essentiel de concevoir les algorithmes de telle sorte qu'ils fonctionnent avec les informations et les moyens de contrôle réellement disponibles. Ceci est important pour qu'ils puissent être mis en œuvre au-delà du projet sans avoir à procéder à de grandes modifications de l'infrastructure existante », explique Gabriela Hug, professeure au Power Systems Laboratory de l'ETH Zurich.

La réduction des pics de courant mentionnée plus haut concerne les mois d'été. En hiver, la gestion de la charge est moins efficace: durant cette période, seules la gestion directe et la désactivation du système de télécommande centralisée existant ont permis de réduire les pics de courant. La raison: en hiver, la production photovoltaïque est moindre et les prélèvements d'électricité sont répartis plus uniformément au cours de la journée (bien que la télécommande centralisée aille parfois à l'encontre de cette répartition régulière). Marina González est convaincue qu'à moyen terme, la gestion directe ou indirecte de la charge sera également nécessaire en hiver: « Si le nombre de voitures électriques augmente, des pics de consommation risquent de se produire en soirée, auxquels il faudra remédier grâce à la gestion de la charge. »

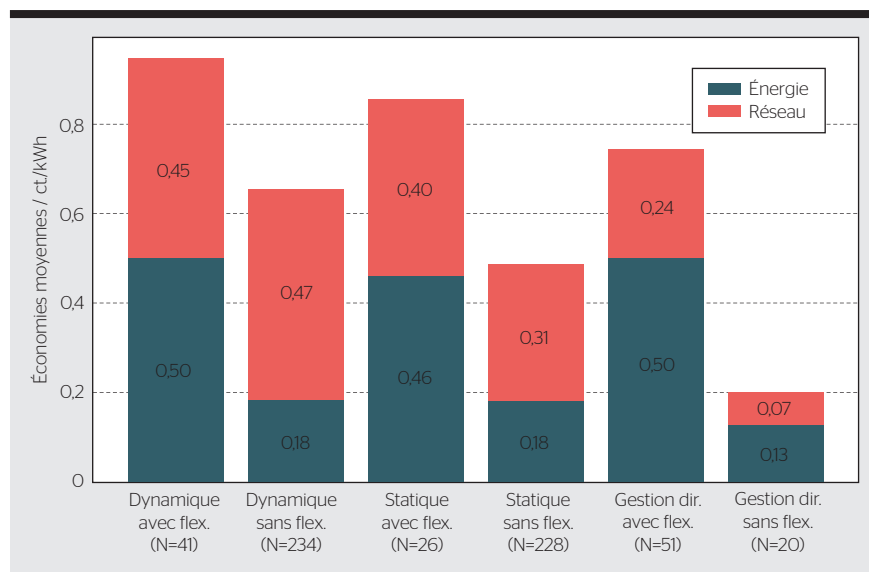
### 40% des ménages réagissent

Un autre résultat de l'étude: les tarifs variables d'utilisation du réseau ont également un effet dans les ménages qui ne disposent pas de charges contrôlables automatiquement (telles que les chauffe-eau, pompes à chaleur ou voitures électriques). Ces foyers possèdent toutefois des appareils électriques tels que des lave-vaisselle ou des lave-linge. Une enquête a été menée à ce sujet auprès de deux groupes: les ménages qui s'étaient activement inscrits au projet pilote (groupe opt-in) et ceux qui n'avaient pas refusé d'y participer (groupe not-opt-out).

Dans le cadre de l'enquête, trois cinquièmes des ménages ont déclaré que les tarifs variables les avaient incités à faire fonctionner leurs appareils électriques, dans la mesure du possible, pendant les périodes où les tarifs étaient avantageux. Cependant, au cours du projet, un changement de comportement n'a pu être constaté que pour les participants motivés (groupe opt-in). À noter, en outre, que seuls 15% des personnes interrogées s'étaient activement inscrites à l'essai, bien que les ménages aient reçu l'assurance qu'ils ne subiraient aucun désavantage tarifaire du fait de leur participation. Cela indique qu'il n'est pas facile d'intéresser les consommateurs à de nouveaux modèles tarifaires.

### Des incitations peu efficaces

Il reste à voir si la forte disposition à utiliser les appareils électroménagers de manière favorable au réseau pourra être reproduite en dehors des circonstances particulières d'un projet de recherche. L'avantage financier lié à l'exploitation de tarifs d'utilisation du réseau plus avantageux est faible, de l'ordre de 22 à 28 francs par an. Les économies sont un peu plus importantes pour les ménages équipés d'un chauffe-eau, d'une pompe à chaleur ou d'une borne de recharge pour voiture électrique. Dans ce cas, la gestion automatique de la charge a permis de réaliser des économies de 103 à 157 francs par an (figure 3). « Nous devons être conscients du fait que l'incitation financière résultant des tarifs variables d'utilisation du réseau est assez modeste pour les ménages », reconnaît Marina González. « EKZ et les autres fournisseurs d'électricité ne peuvent toutefois récompenser un comportement favorable au réseau qu'à hauteur du bénéfice économique qu'ils en retirent eux-mêmes. »



**Figure 3** Économies réalisées grâce à des tarifs dynamiques et statiques ainsi qu'à une gestion intelligente et directe de la charge. La mention « avec flex. » signifie que les charges ont été contrôlées automatiquement, et « sans flex. », que les appareils électriques ont été contrôlés manuellement.

Ce point est corroboré par les résultats de l'enquête menée à la fin du projet pilote auprès des ménages qui y ont participé. Les économies réalisées ont été majoritairement jugées trop faibles. Néanmoins, environ trois quarts des personnes interrogées se sont déclarées favorables à l'introduction de tarifs d'électricité favorables au réseau. Si cela devait se concrétiser, des mesures de communication seraient indispensables. En effet, seule la moitié des personnes interrogées a trouvé que les tarifs appliqués dans le cadre du projet étaient compréhensibles.

### Des tarifs dynamiques dès 2026

EKZ introduira des tarifs dynamiques en 2026. Cette mesure sera intéressante pour les clients qui disposent d'un système de gestion de l'énergie pouvant être utilisé pour la gestion indirecte de la charge. C'est par exemple le cas de nombreux clients possédant leur

propre installation photovoltaïque. Parallèlement, EKZ travaille au remplacement de la télécommande centralisée par une gestion intelligente de la charge dans le but d'améliorer encore la gestion directe de la charge à l'avenir. « Nous voulons obtenir un effet maximal avec des investissements raisonnables, afin d'éviter une extension inutile du réseau », conclut Marina González.

#### Littérature complémentaire

→ Le rapport final du projet OrtsNetz est disponible sur : [www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=49238](http://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=49238)

#### Auteur

Dr **Benedikt Vogel** est journaliste scientifique.  
 → Dr. Vogel Kommunikation, DE-10437 Berlin  
 → [vogel@vogel-komm.ch](mailto:vogel@vogel-komm.ch)

Des informations complémentaires peuvent être obtenues auprès de Michael Moser ([michael.moser@bfe.admin.ch](mailto:michael.moser@bfe.admin.ch)), responsable du programme de recherche « Électricité » de l'OFEN.

Die deutsche Version dieses Fachartikels erschien im Bulletin 5/2025.