

Réseau à très haute tension et énergie photovoltaïque

Cécile Jost

Head of Team System Operations

Champéry, le 28 septembre 2023

Agenda

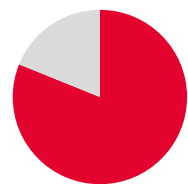
- 1 Swissgrid**
- 2 Evolution de l'énergie photovoltaïque en Suisse**
- 3 Réseau : équilibre entre production et consommation**
- 4 Stabilité du réseau et énergie photovoltaïque**
- 5 Eclipses solaires et énergie photovoltaïque**
- 6 Intégration de l'énergie photovoltaïque**
- 7 Conclusions**

Swissgrid



762

Employé(e)s



21%

Femmes



33

Nationalités



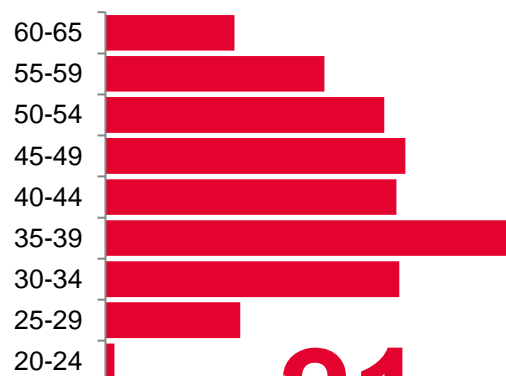
6

Apprenti(e)s



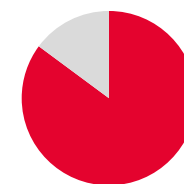
33

Stages universitaires



21 – 65

Age

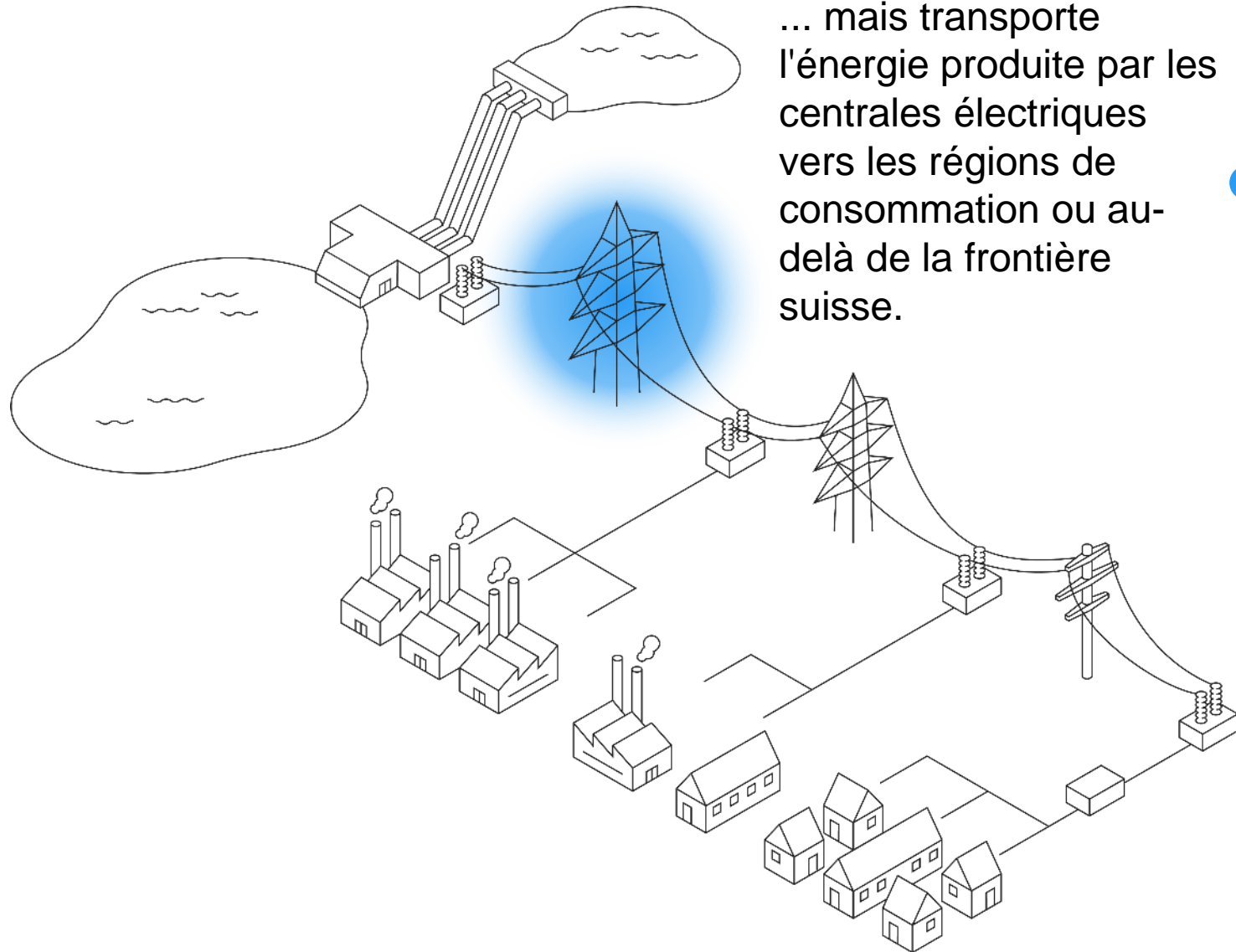


22%

Temps partiel

Swissgrid ne produit pas d'électricité ...

... mais transporte l'énergie produite par les centrales électriques vers les régions de consommation ou au-delà de la frontière suisse.



Producteur

● **Niveau de réseau 1** Très haute tension dans le réseau de transport 220/380 kV

Niveau de réseau 2: Transformateur

Niveau de réseau 3: Haute tension dans le réseau de distribution suprarégional 50-150 kV

Niveau de réseau 4 Transformateur

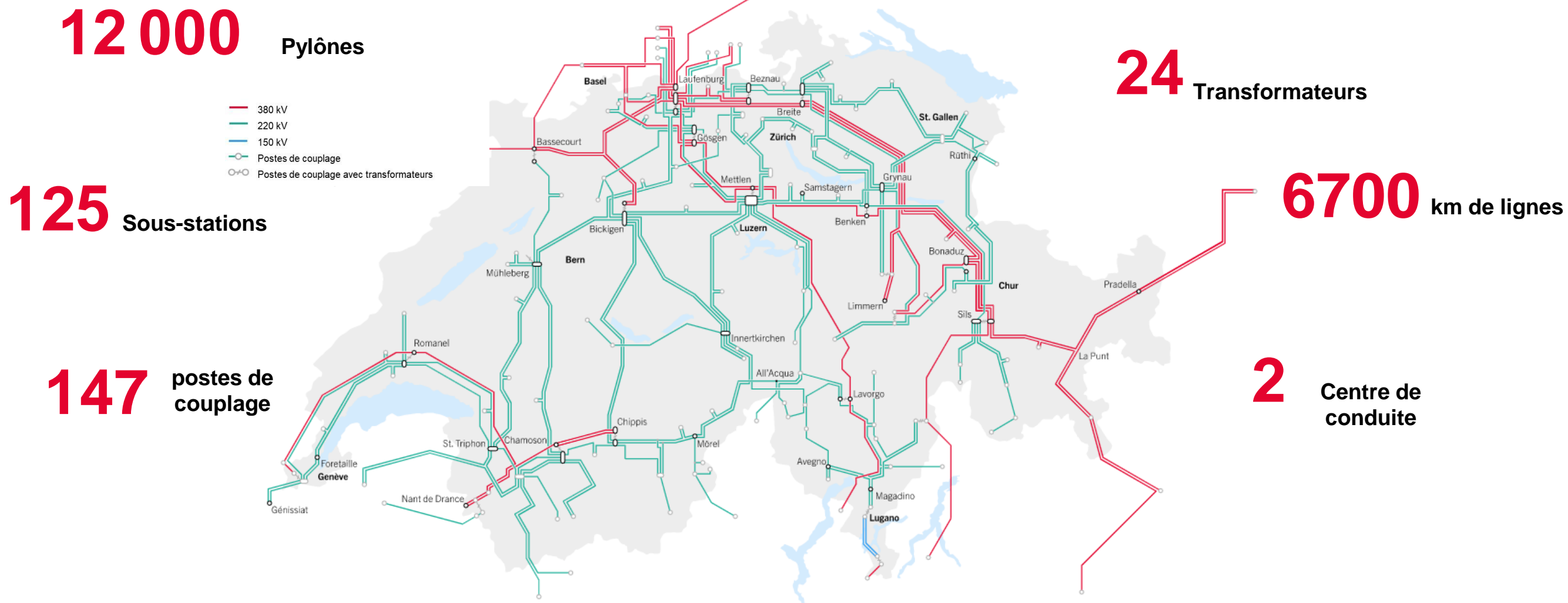
Niveau de réseau 5 Moyenne tension dans le réseau de distribution régional 10-35 kV

Niveau de réseau 6 Transformateur

Niveau de réseau 7 Basse tension sur le réseau régional 400/230 V

Consommateur

Notre réseau de transport relie toute la Suisse ...



... et l'Europe.



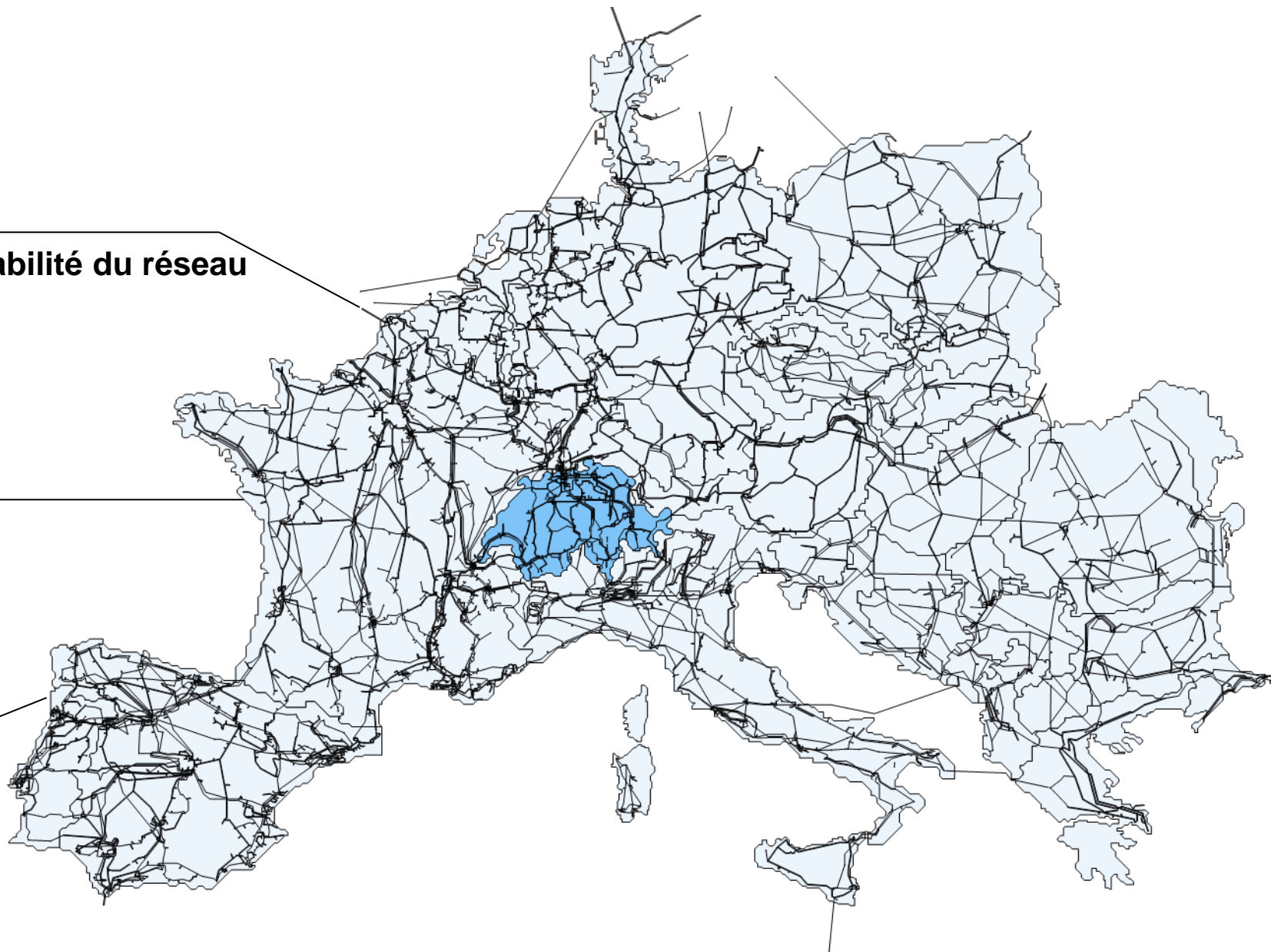
Grande stabilité du réseau



Echange d'électricité



Aide mutuelle

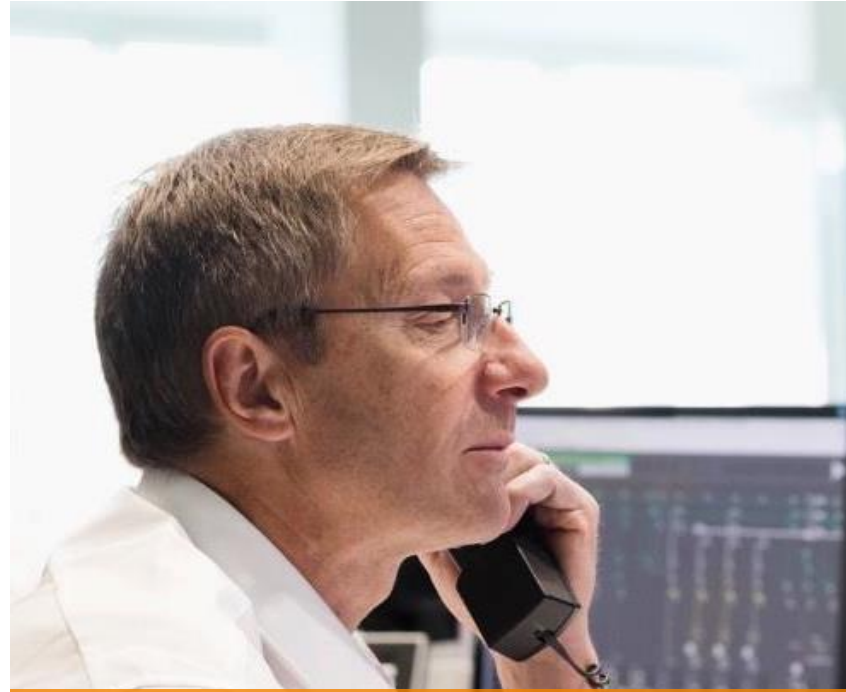


Swissgrid est responsable de l'exploitation sûre et fiable du réseau de transport



L'infrastructure

Planification, maintenance et modernisation de l'ensemble du réseau de transport



L'exploitation

Planification, commande et surveillance continues du réseau – 365 jours par an, 24 heures sur 24



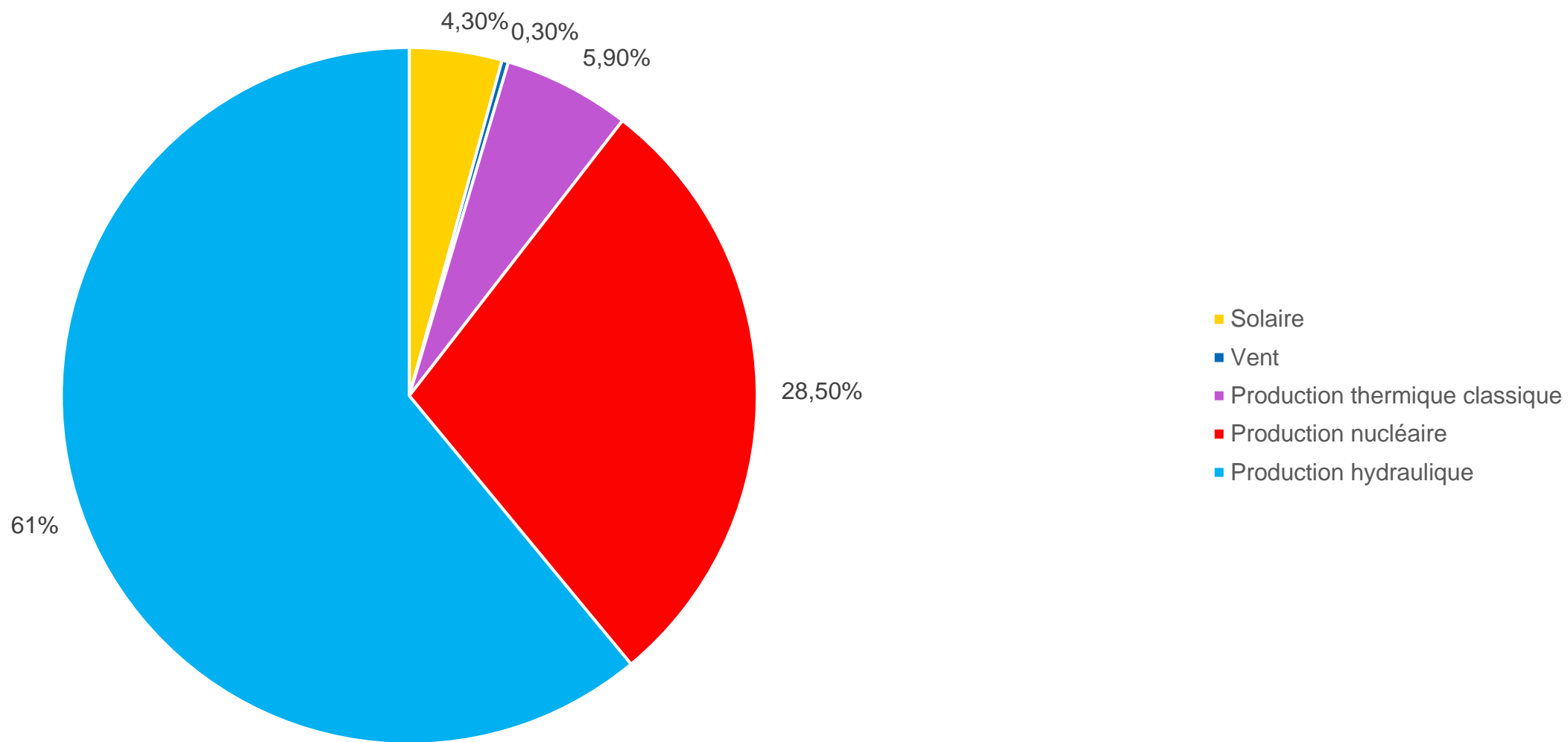
Le marché

Mise à disposition des capacités de réseau pour les acteurs du marché de l'électricité suisse

Evolution de l'énergie photovoltaïque en Suisse



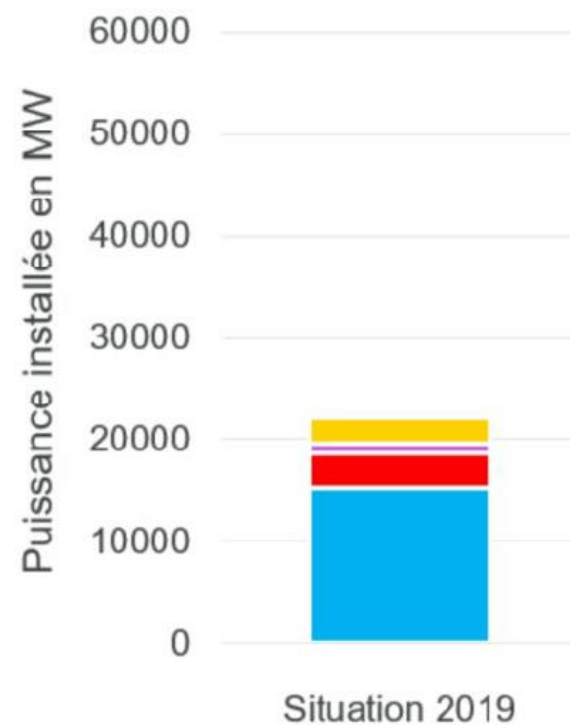
Le mix énergétique suisse en 2022



BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2022 (Fig. 5)
OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2022 (fig. 5)

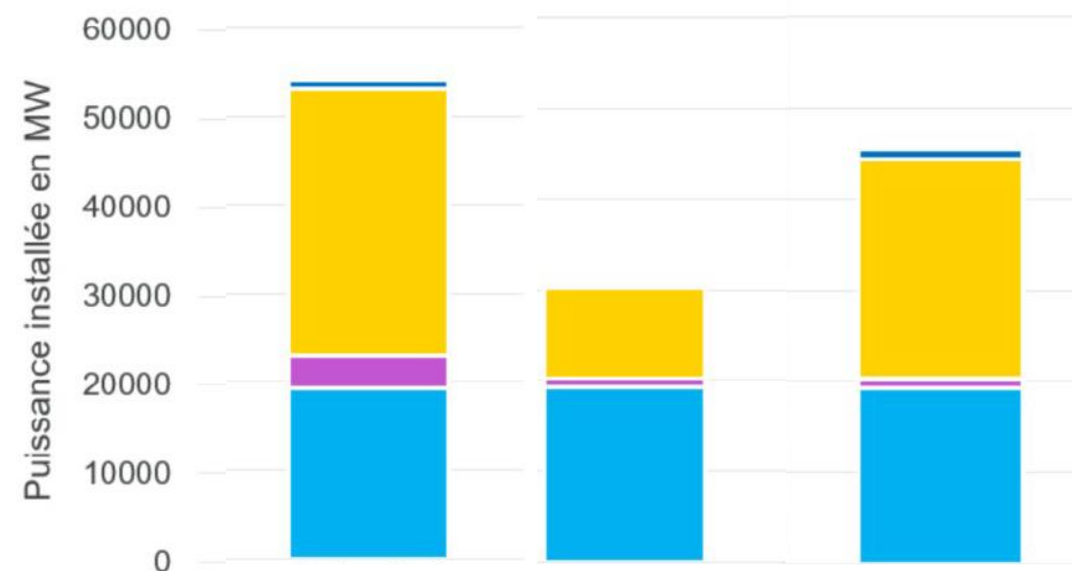
Question Menti

Allez sur [menti.com](https://www.menti.com) et utilisez le code 3736 9166



Éolien	100
Photovoltaïque	2520
Géothermie	0
Centrales thermiques	920
Centrales nucléaires	3330
Hydraulique	15350

Quel est le scénario de référence de la confédération pour la puissance électrique installée en 2040?



Éolien	1040	180	1150
Photovoltaïque	30090	10100	24070
Géothermie	90	20	90
Centrales thermiques	3650	950	970
Centrales nucléaires	0	0	0
Hydraulique	19260	19260	19260

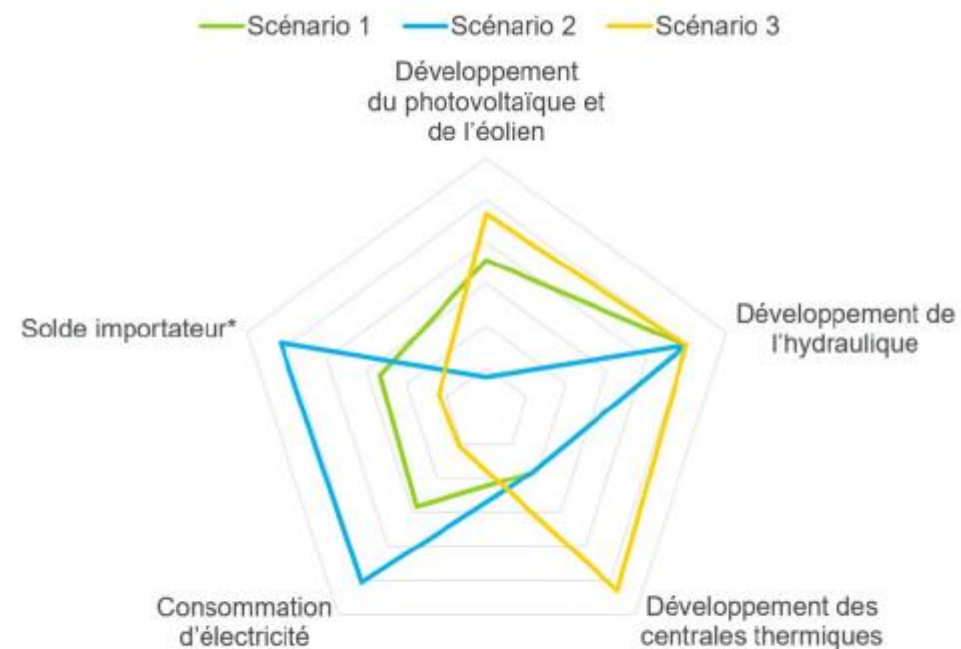
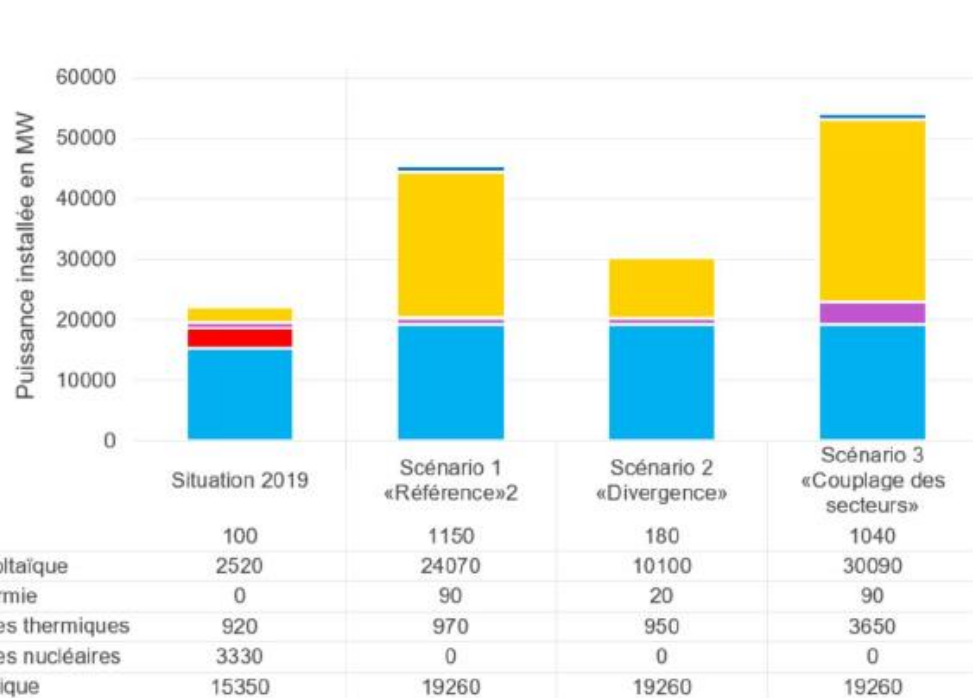
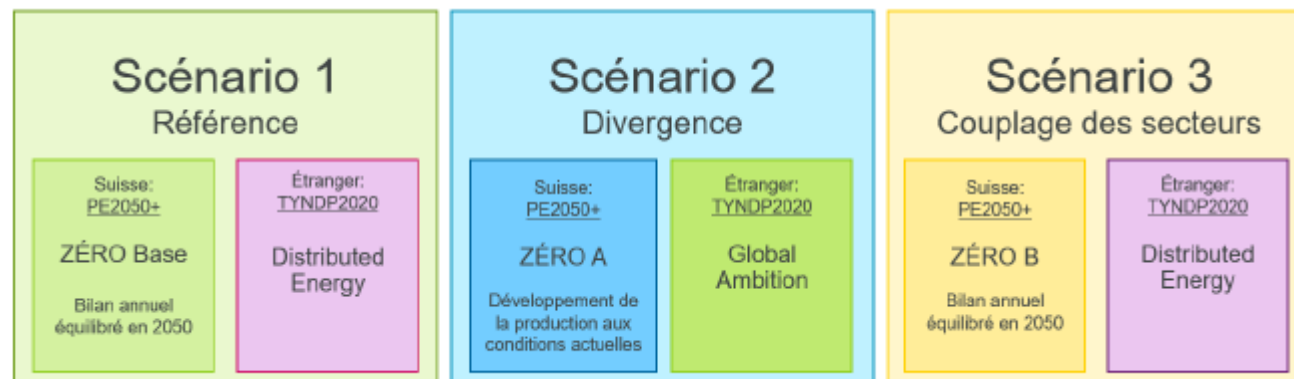
Scénario

A

B

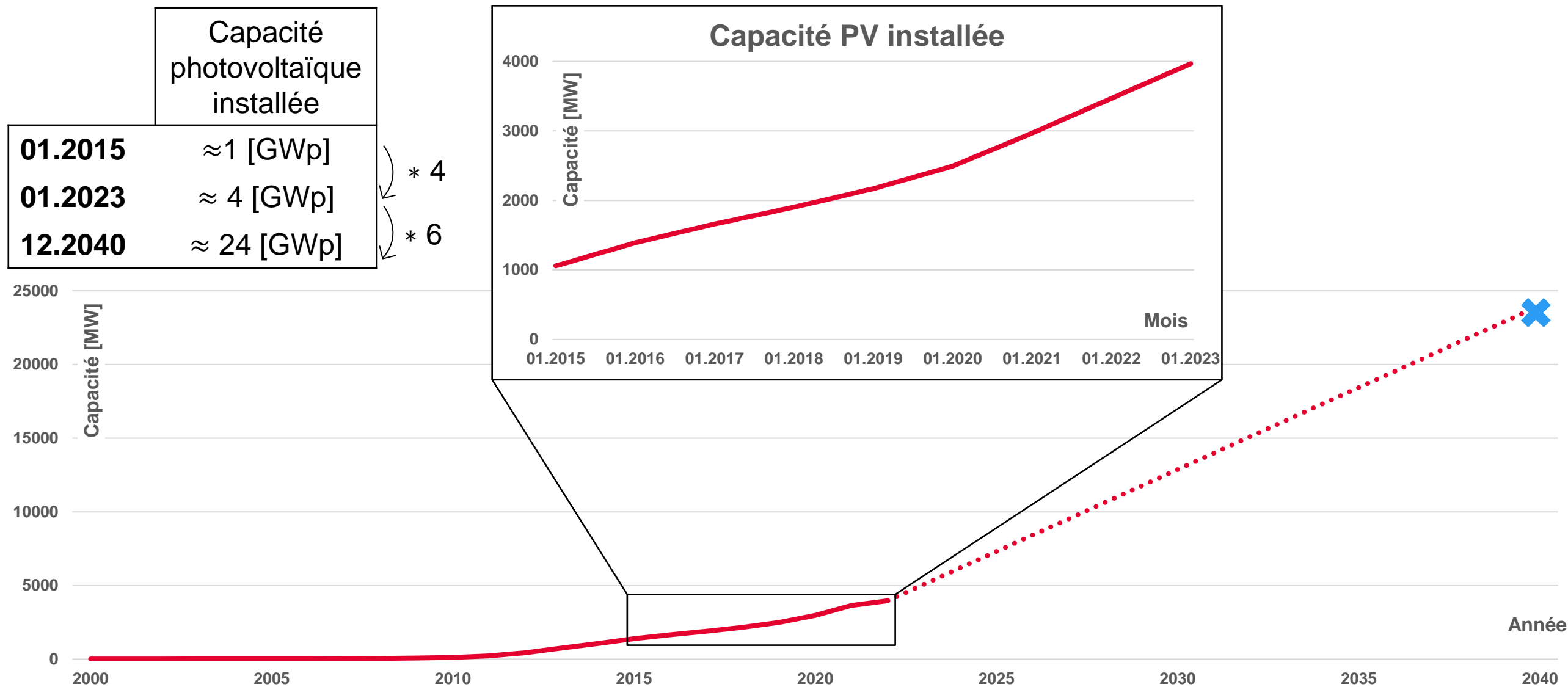
C

Les scénarios-cadre 2030/2040 pour la planification du réseau électrique font la part belle au photovoltaïque

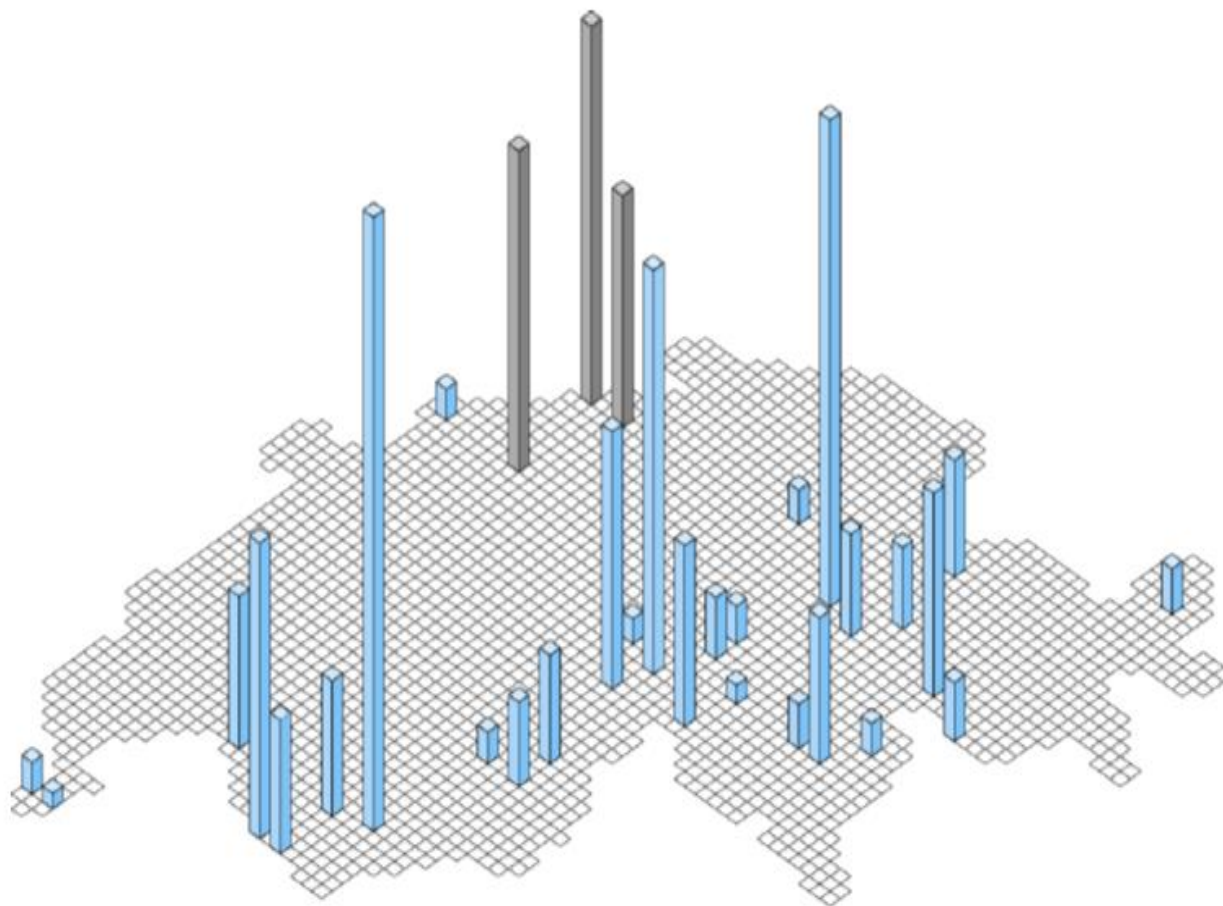


* résultat de la modélisation des PE2050+

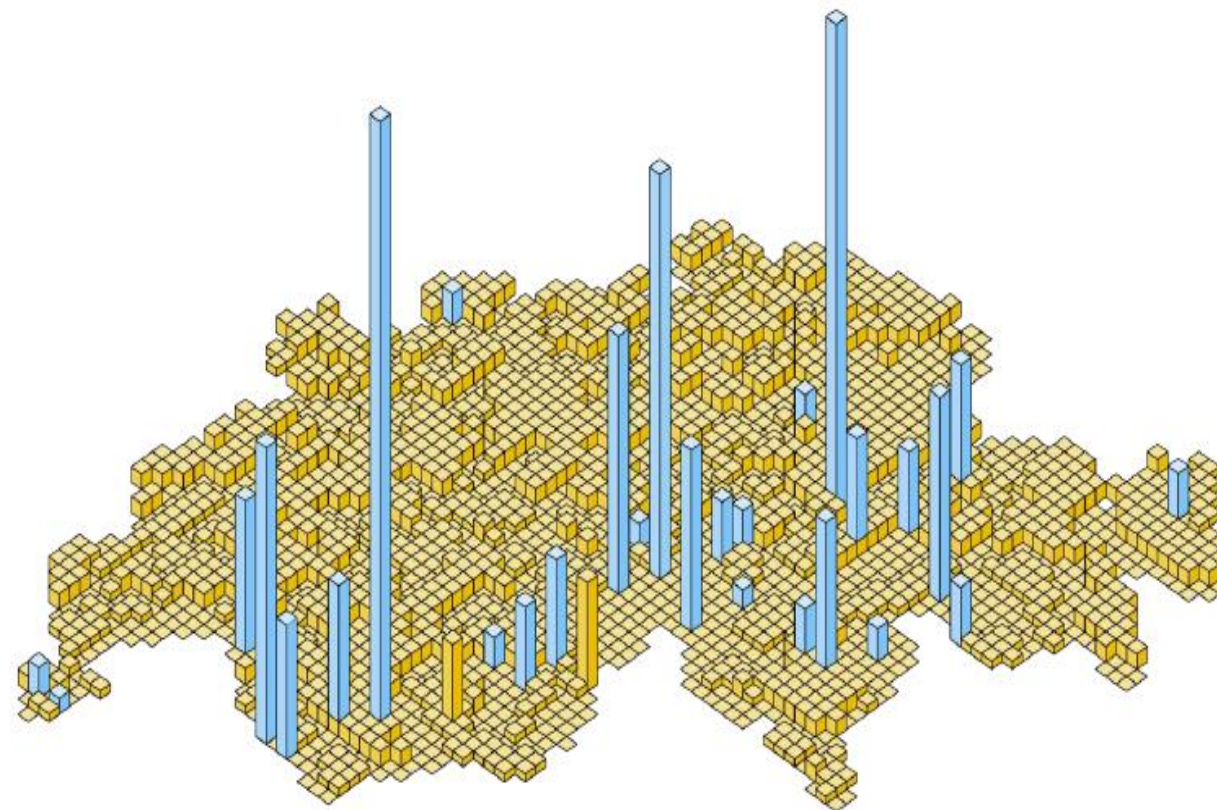
La croissance continue du photovoltaïque devrait encore accélérer d'ici 2040



La production photovoltaïque est majoritairement décentralisée

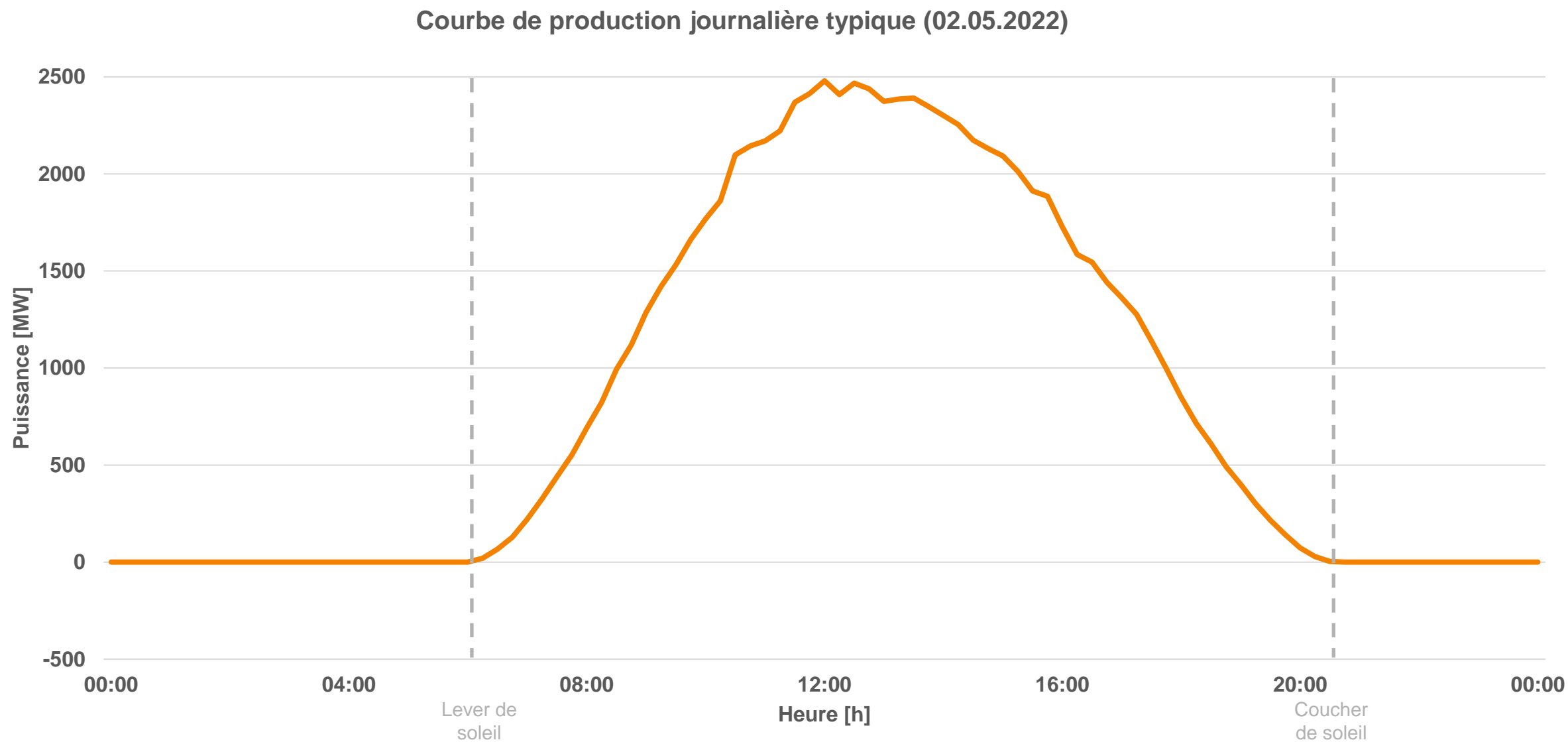


2019

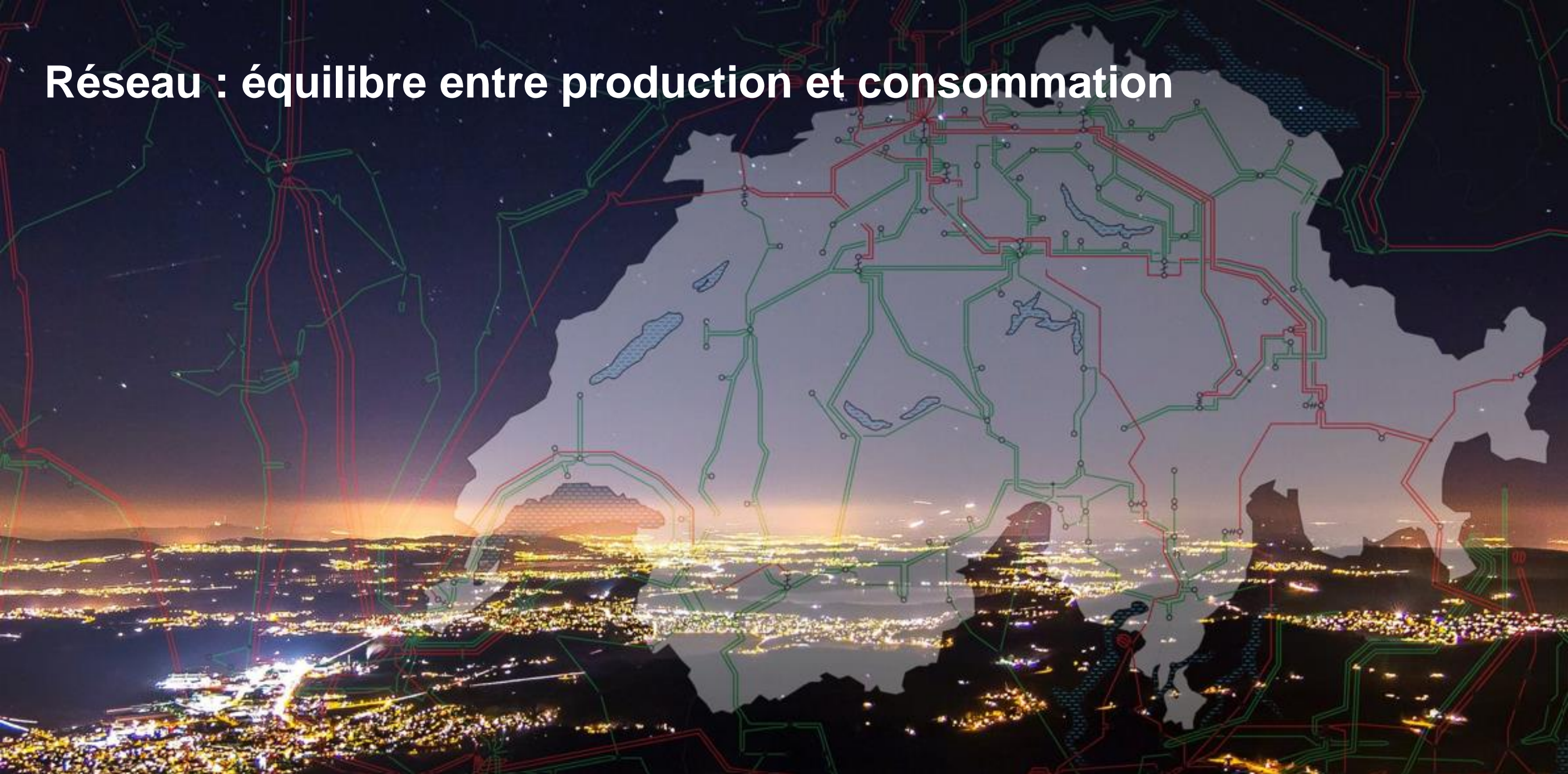


2040

La production photovoltaïque suit quotidiennement la course du soleil

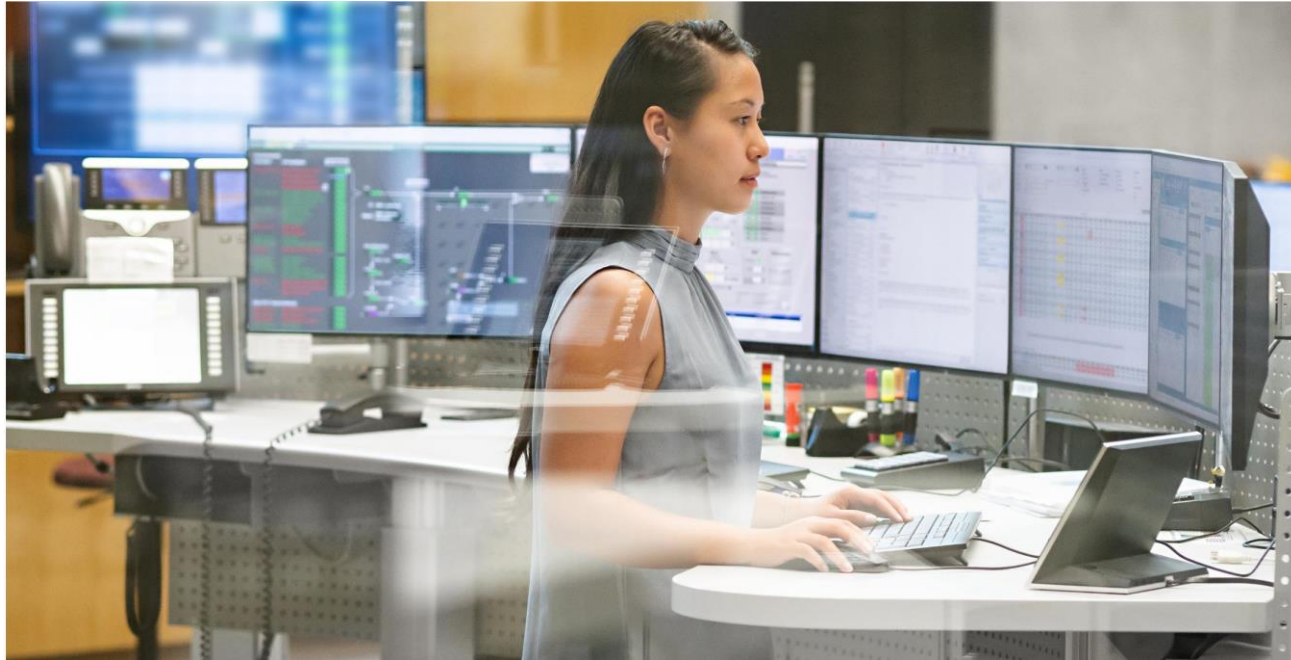


Réseau : équilibre entre production et consommation



Question Menti

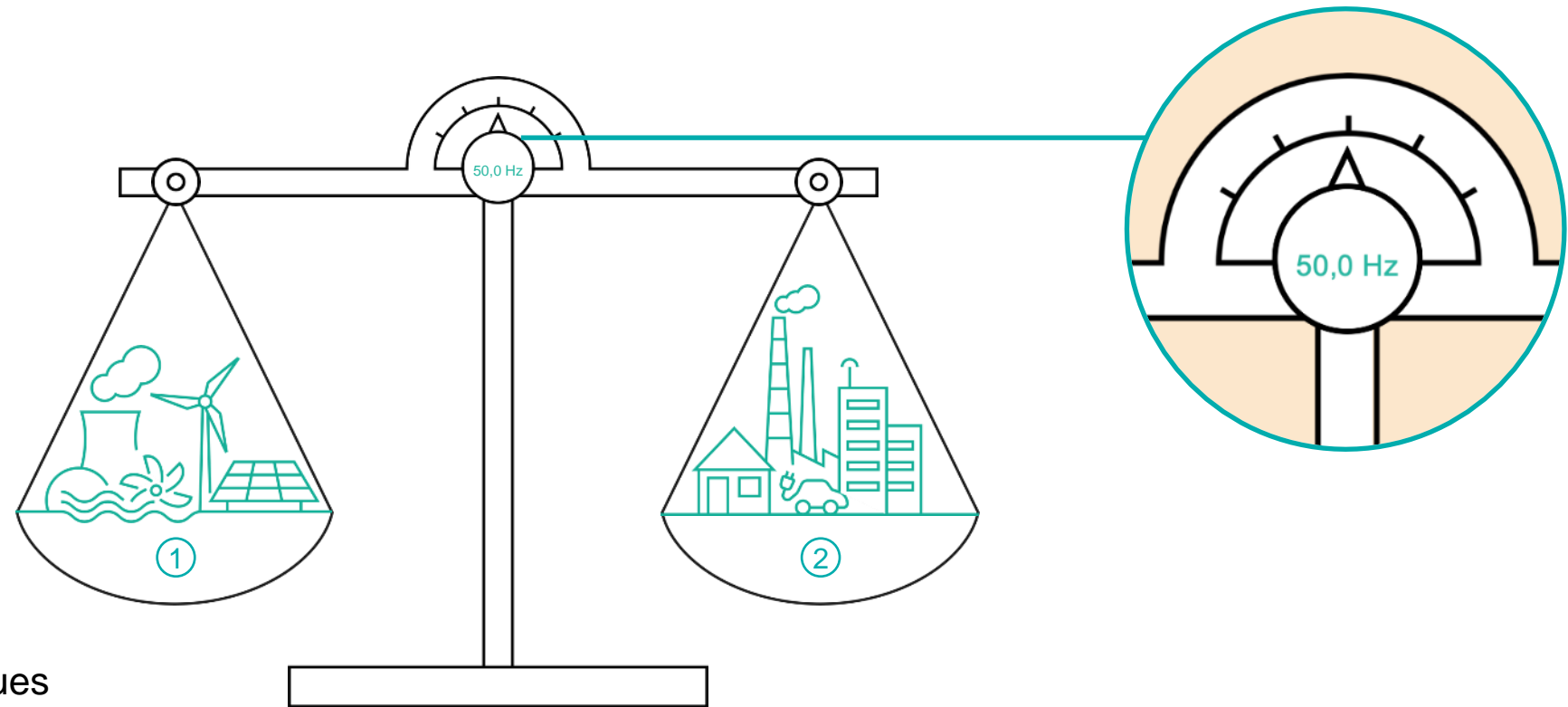
Allez sur [menti.com](https://www.menti.com) et utilisez le code 3736 9166



Sur le réseau de transport d'électricité interconnecté, lorsque la consommation est supérieure à la production, que se passe-t-il?

- A: La tension baisse
- B: La tension augmente
- C: La fréquence baisse
- D: La fréquence augmente

Swissgrid veille à ce que la fréquence du réseau de 50 hertz soit systématiquement respectée

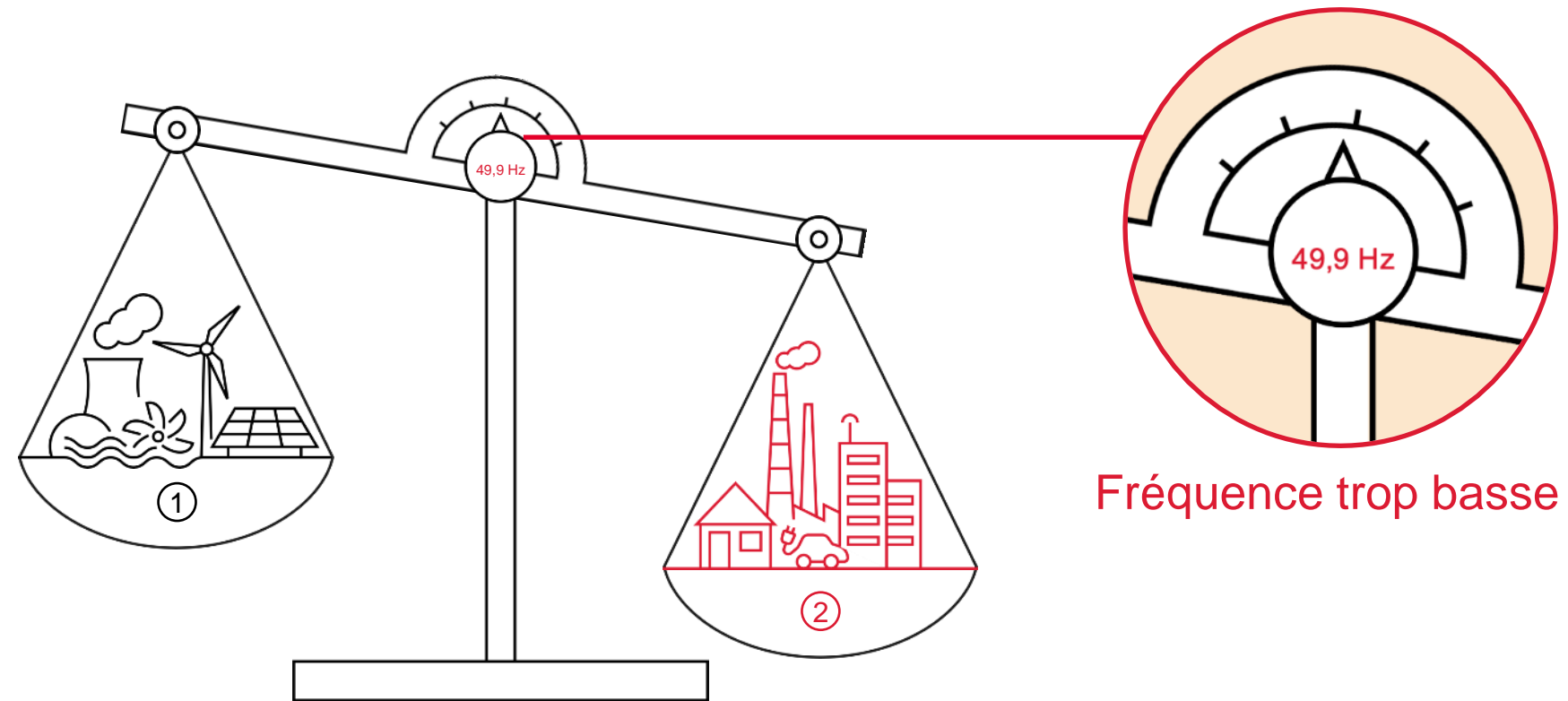


① Producteurs/centrales électriques

② Consommateurs: ménages privés et industrie

Situation de réseau à l'équilibre

Swissgrid veille à ce que la fréquence du réseau de 50 hertz soit systématiquement respectée



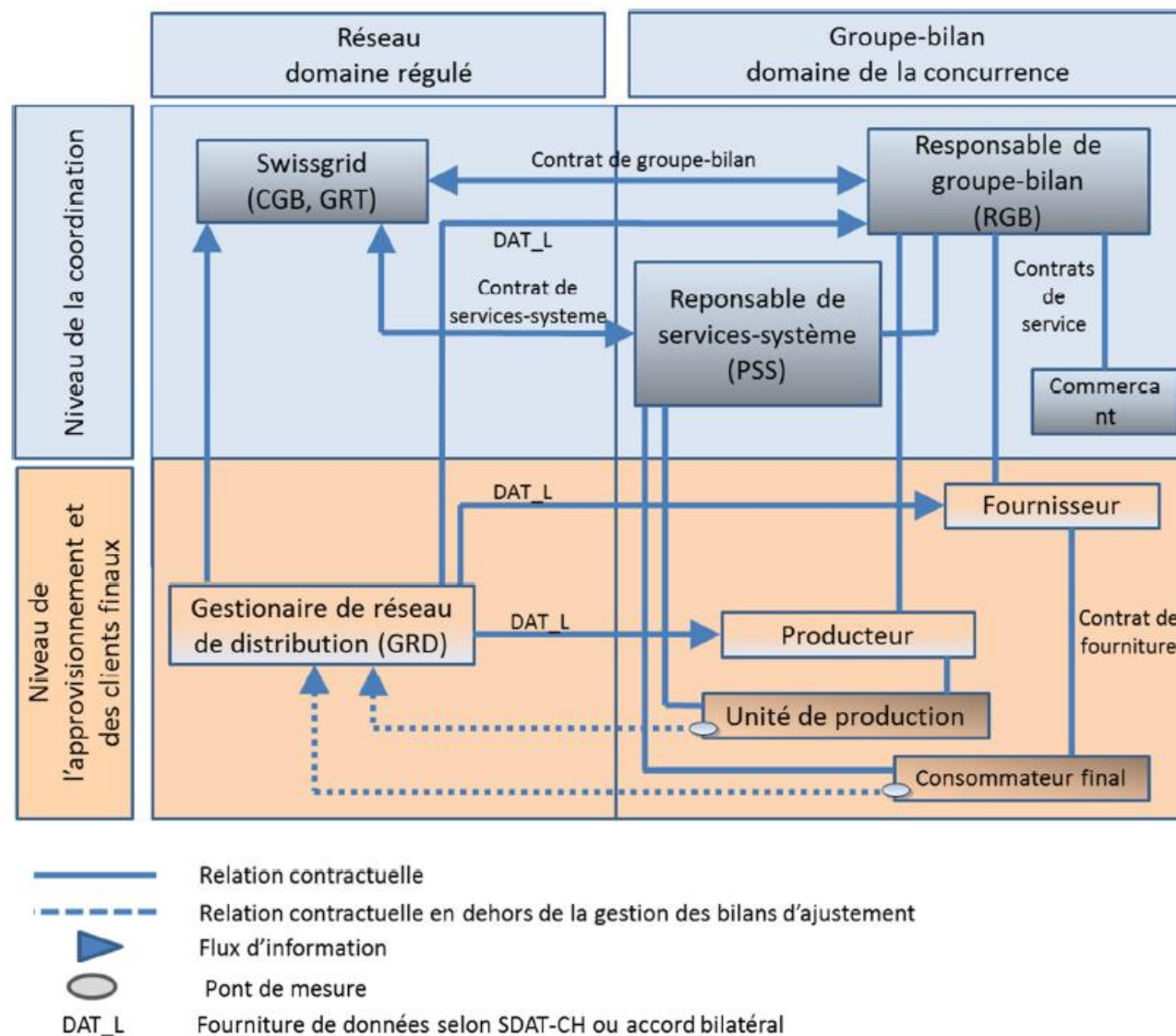
La consommation est supérieure à la production – situation «short»

Swissgrid veille à ce que la fréquence du réseau de 50 hertz soit systématiquement respectée



La production est supérieure à la consommation – situation «long»

Chaque responsable de groupe-bilan a la responsabilité de maintenir son groupe-bilan à l'équilibre



Swissgrid en tant que coordinateur de groupe-bilan met en œuvre les réserves d'ajustement pour maintenir la zone suisse équilibrée



Réglage primaire:
0.5 min après panne

- Mesure de fréquence à la centrale électrique
- Est automatiquement activé au niveau du générateur de la centrale électrique
- Dans toute l'Europe



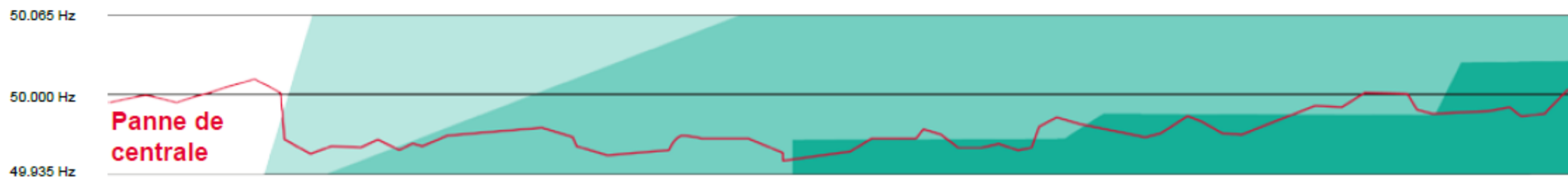
Réglage secondaire:
5 min après panne

- Mesures à la frontière suisse
- Activé par le régulateur de réseau central de Swissgrid
- dans toute la Suisse

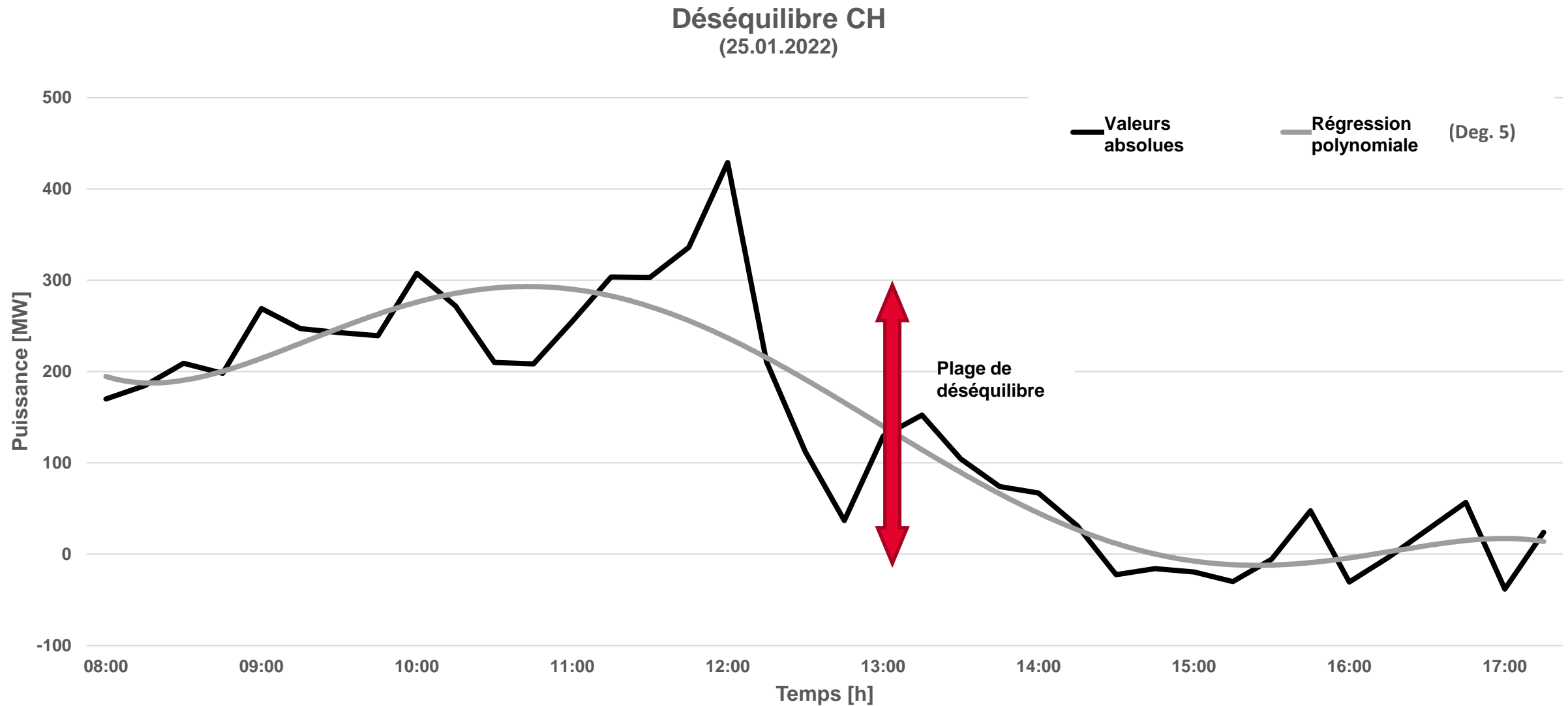


Réglage tertiaire:
15 min après panne

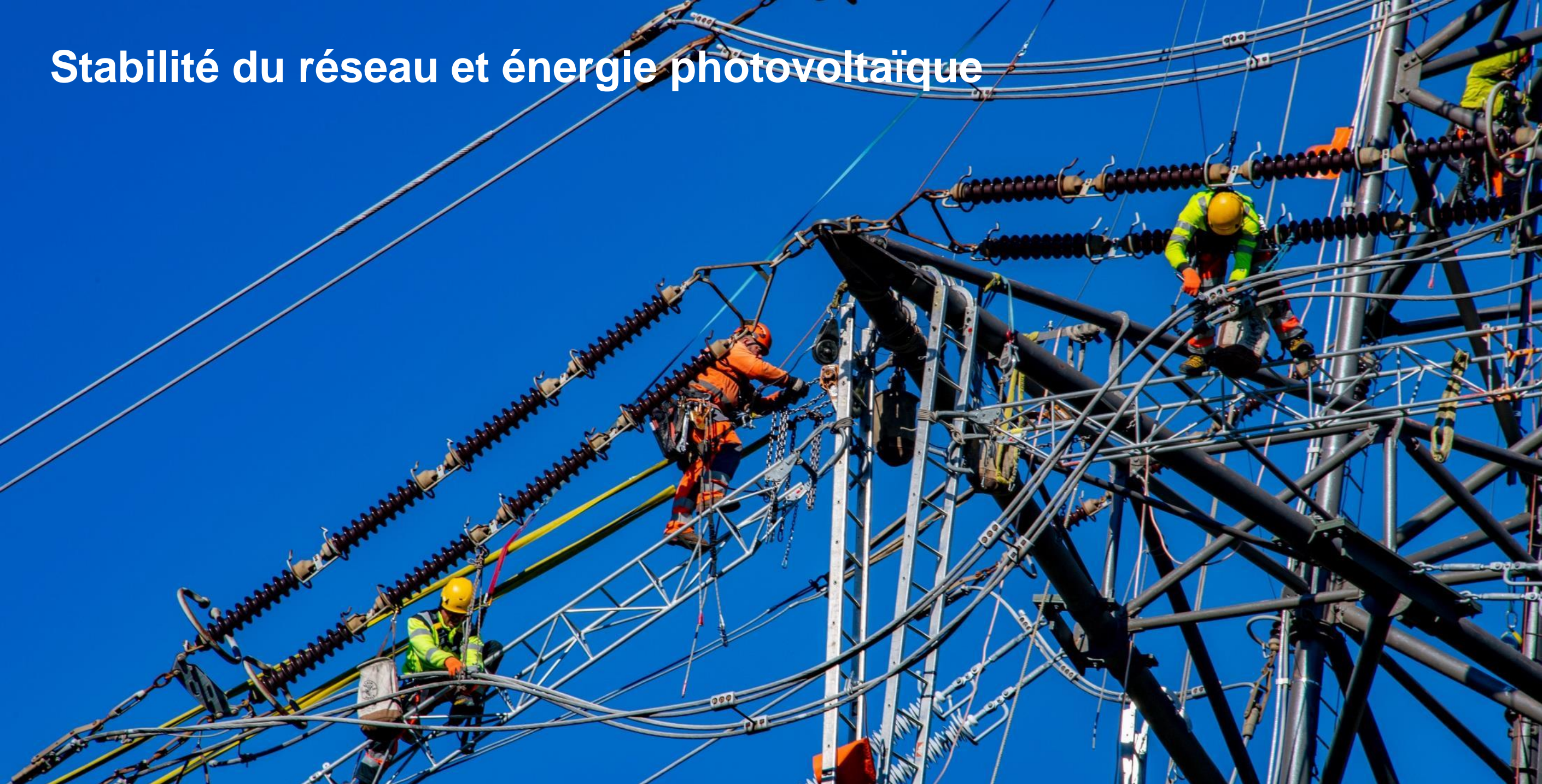
- Contrats temporaires avec des fournisseurs individuels à l'étranger
- Relief de la commande secondaire
- Activé par le dispatcher de Swissgrid



L'activation des réserves d'ajustement par Swissgrid quantifie la différence entre l'équilibre production/consommation prévu par les RGB et l'équilibre réel

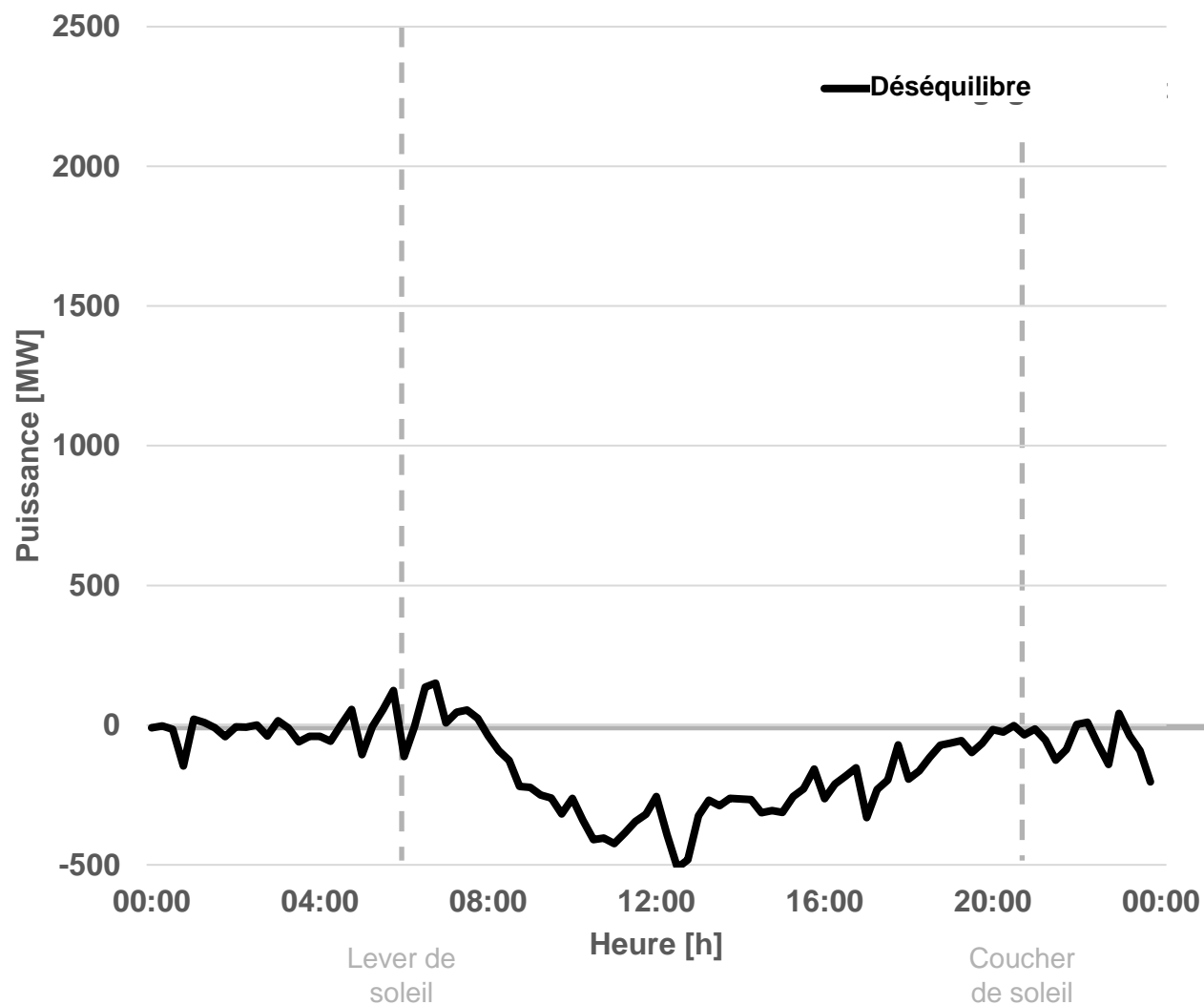


Stabilité du réseau et énergie photovoltaïque

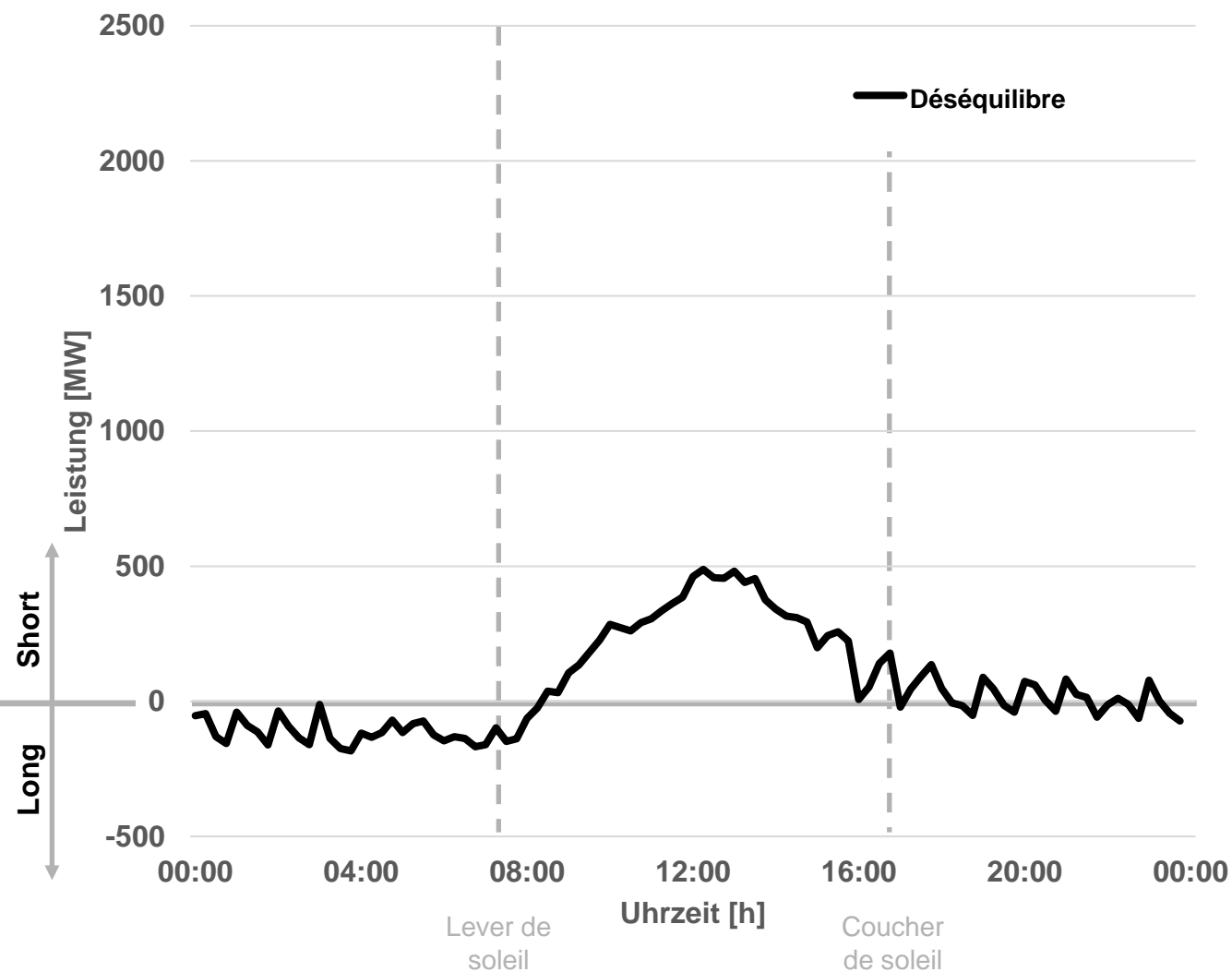


Depuis quelques années, on observe plusieurs jours par an des déséquilibres «fondamentaux» entre le lever et le coucher du soleil

Surplus entre le lever et le coucher du soleil
02.05.2022

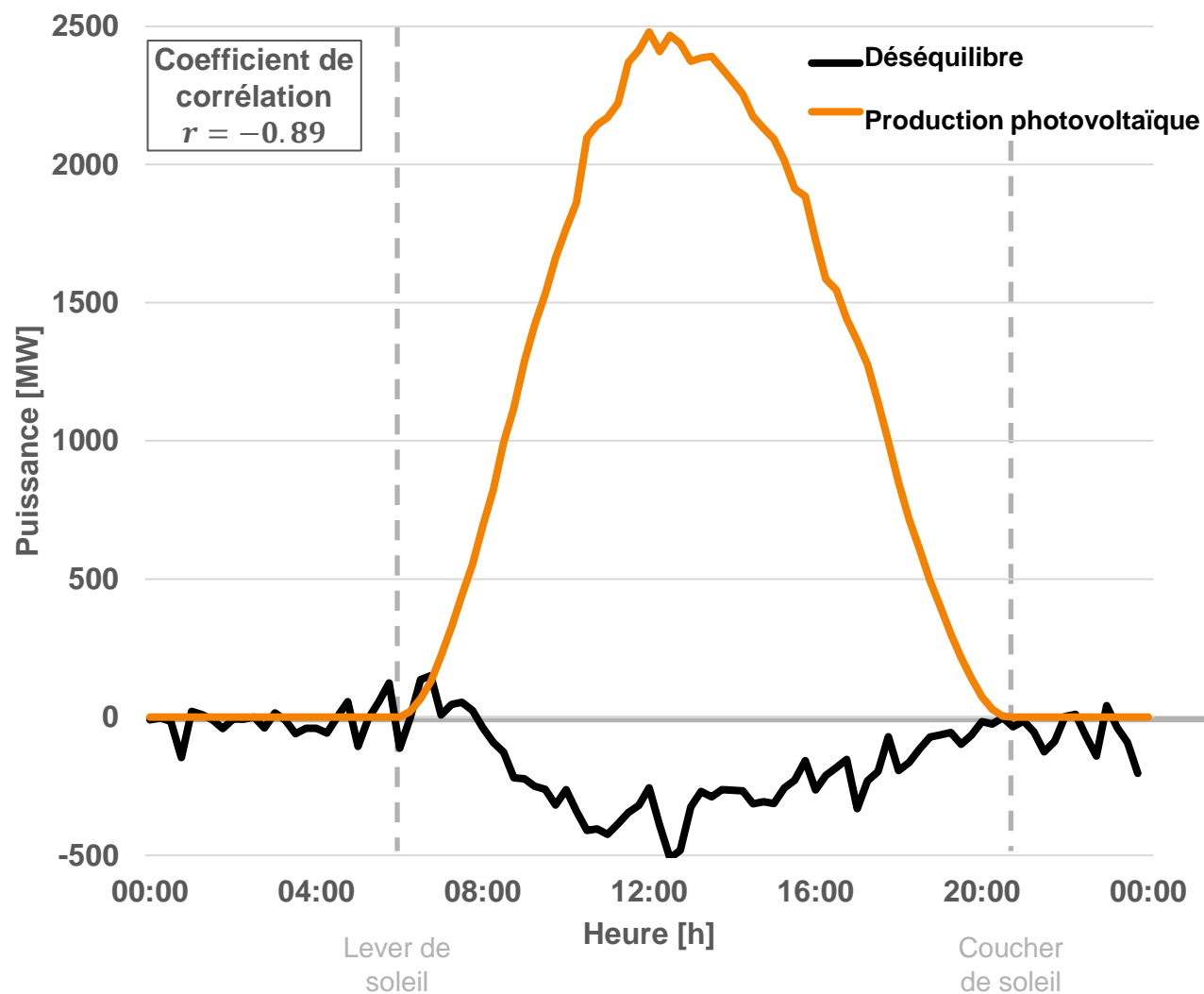


Déficit entre le lever et le coucher du soleil
13.11.2022

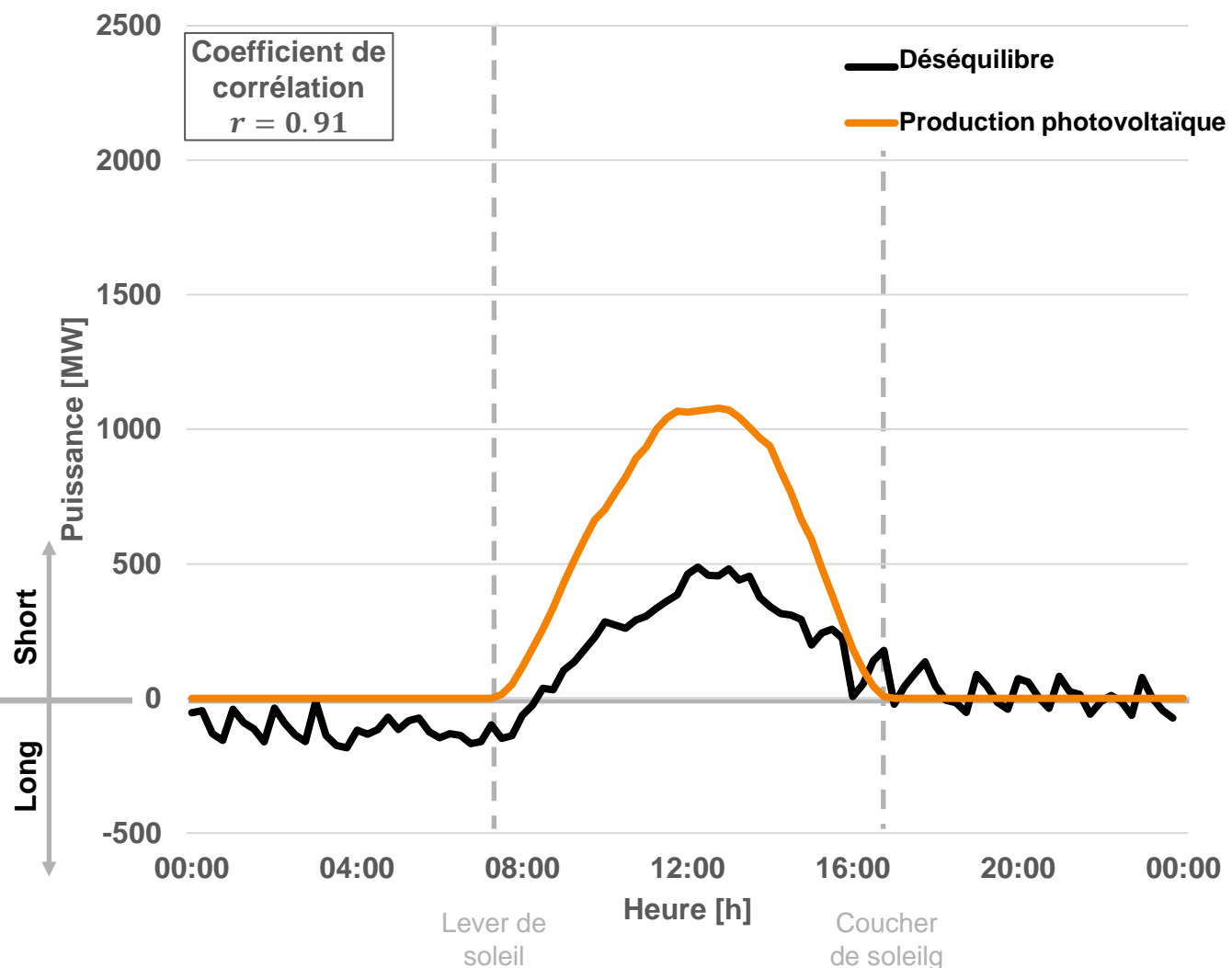


Ces déséquilibres fondamentaux sont corrélés négativement et positivement à la puissance photovoltaïque

Surplus entre le lever et le coucher du soleil
02.05.2022

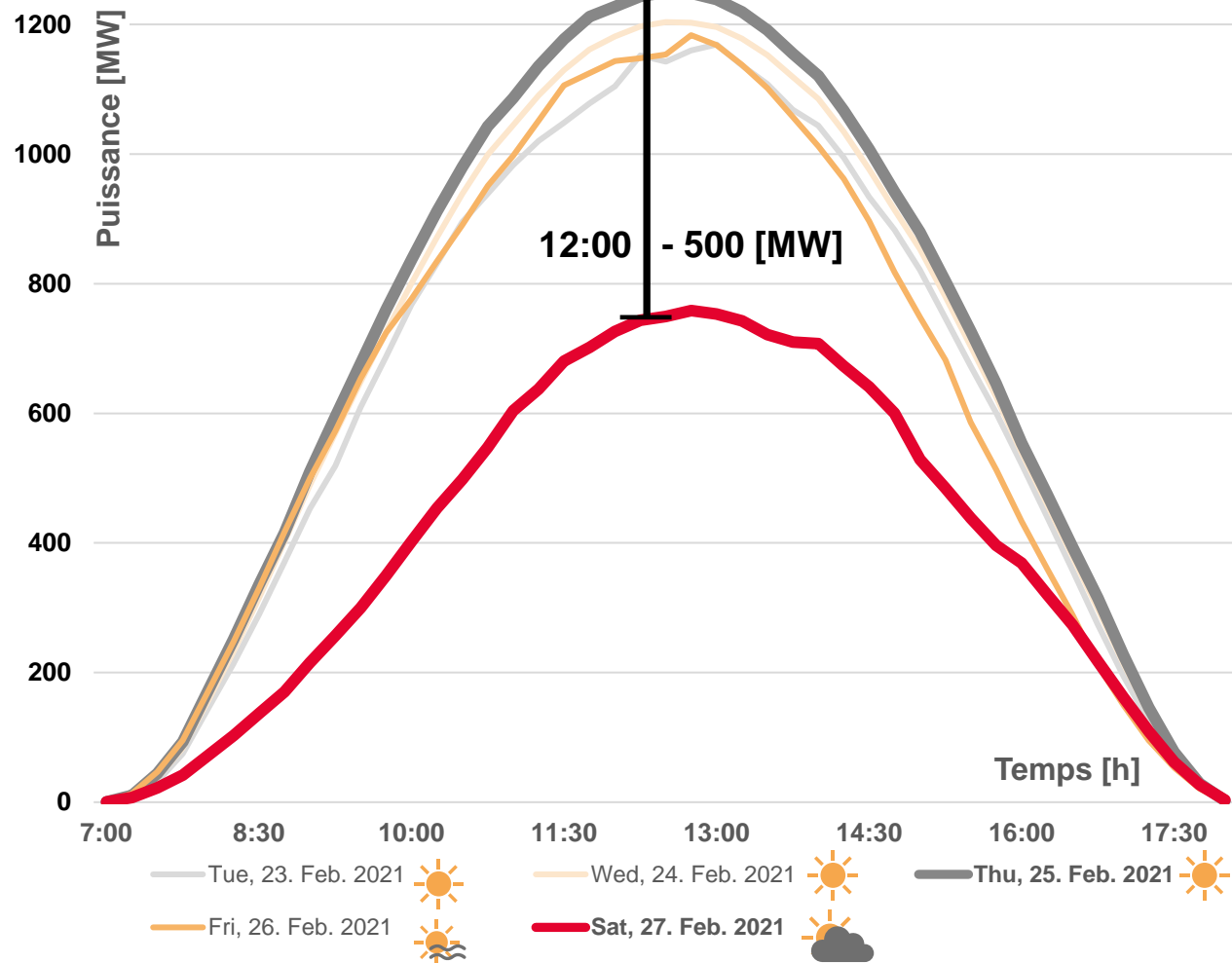


Déficit entre le lever et le coucher du soleil
13.11.2022

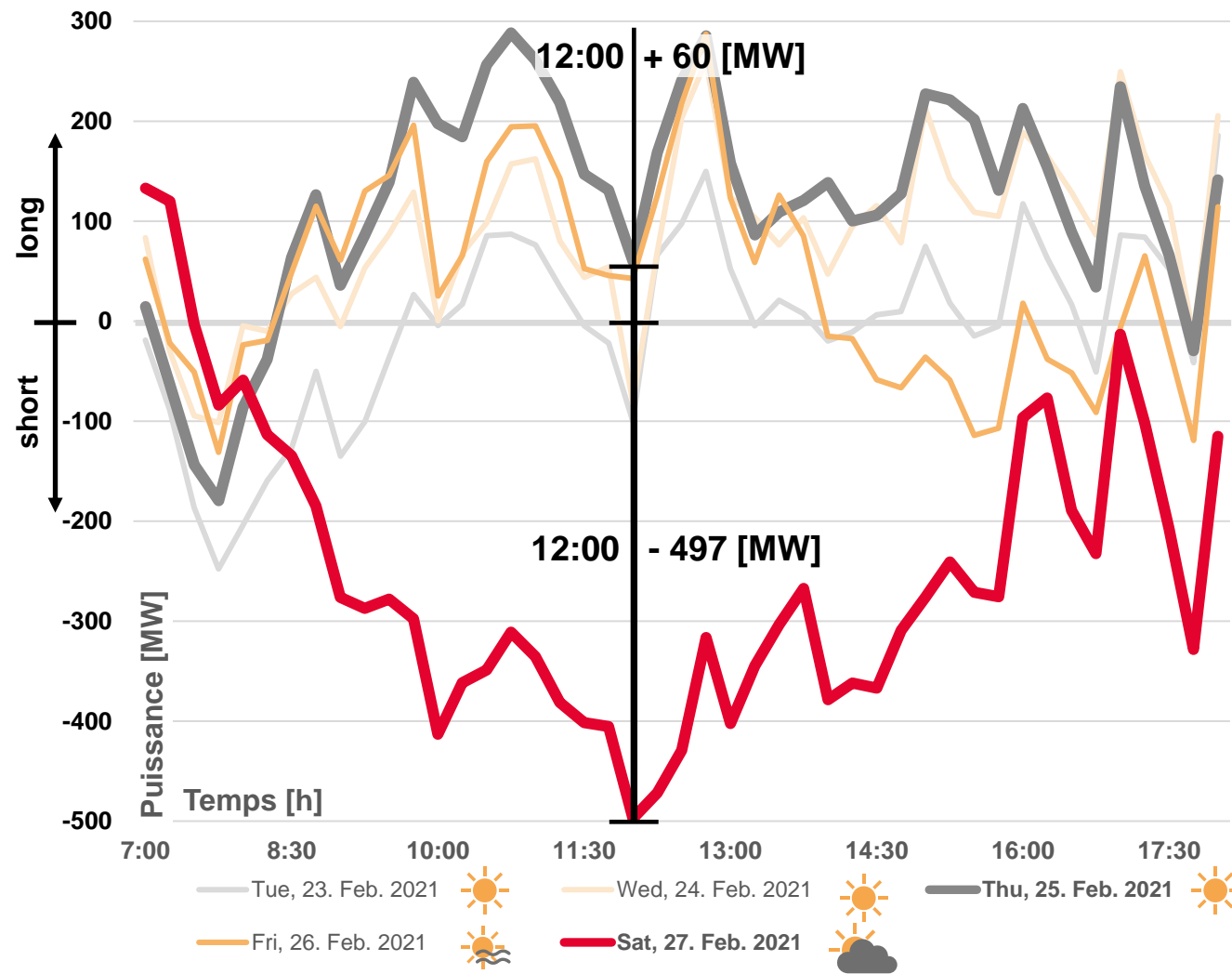


L'expérience montre que les déséquilibres apparaissent en général lors des variations de météo: exemple d'une variation d'un jour sur l'autre le 27 février 2021

Production PV

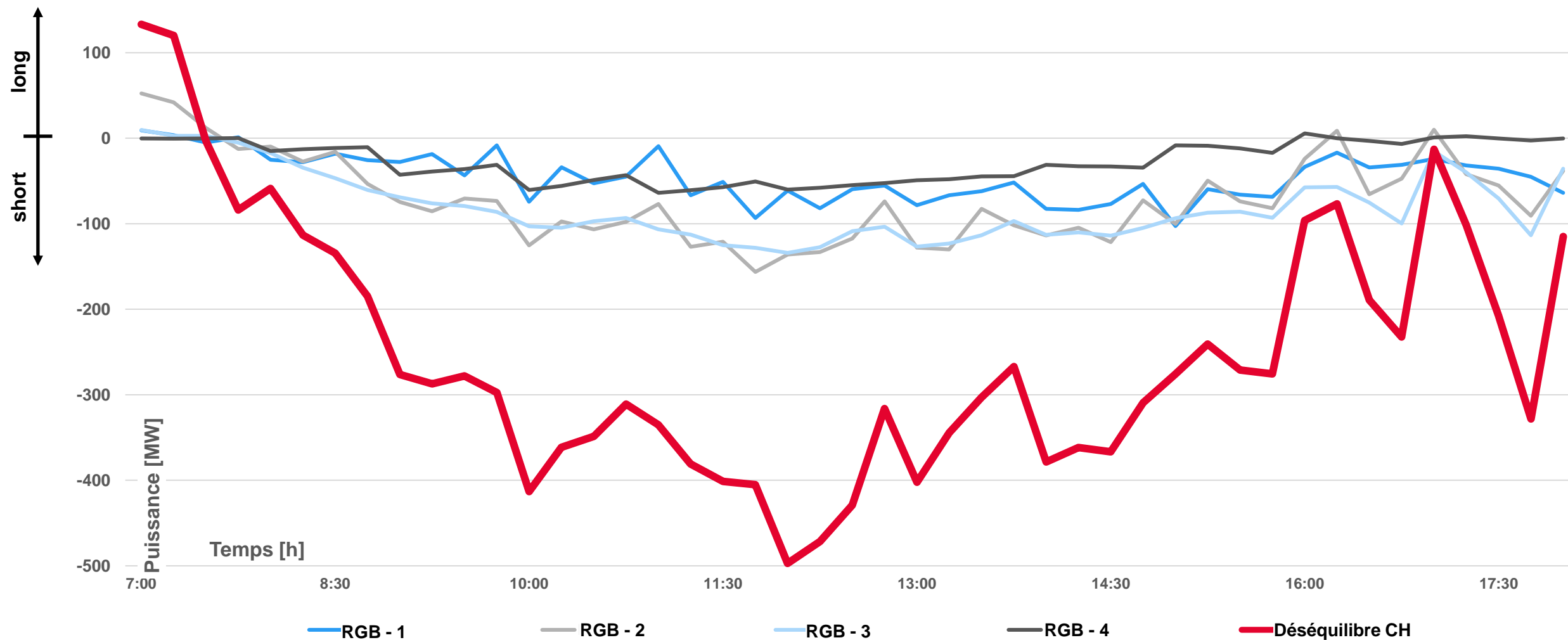


Déséquilibre CH

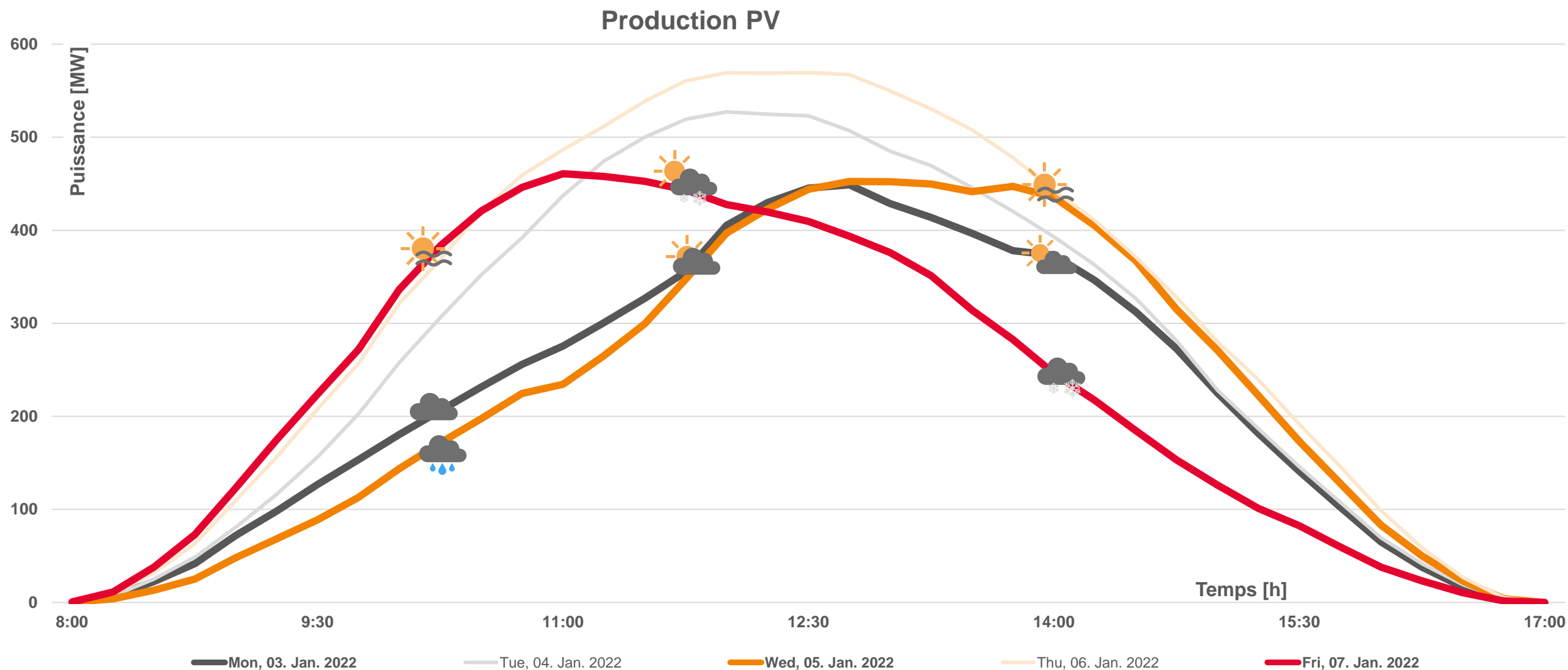


Le 27 février 2021, tous les responsables de groupe-bilan ont surévalué la production PV, ce qui a créé un déficit conséquent de puissance en Suisse

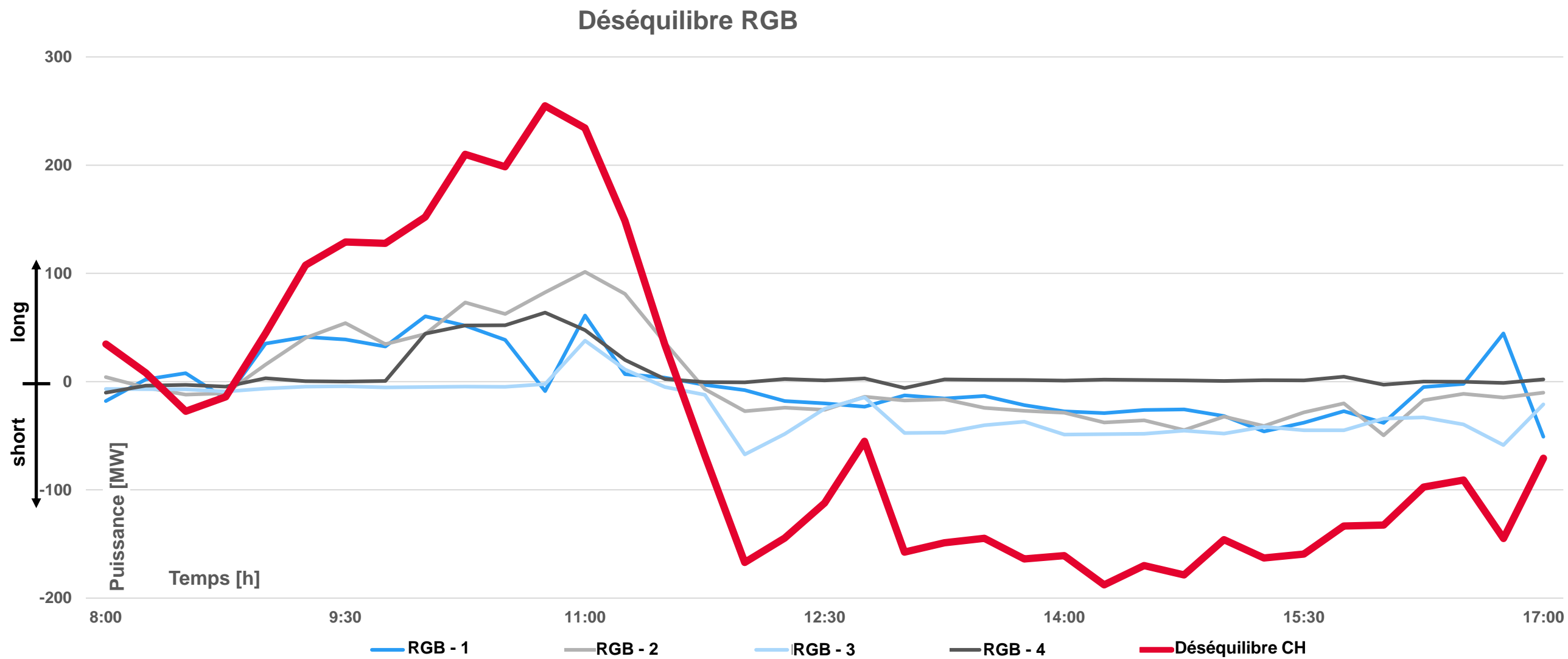
Déséquilibre RGB



L'expérience montre que les déséquilibres apparaissent en général lors des variations de météo: exemple d'une variation au cours de la journée le 7 Janvier 2022

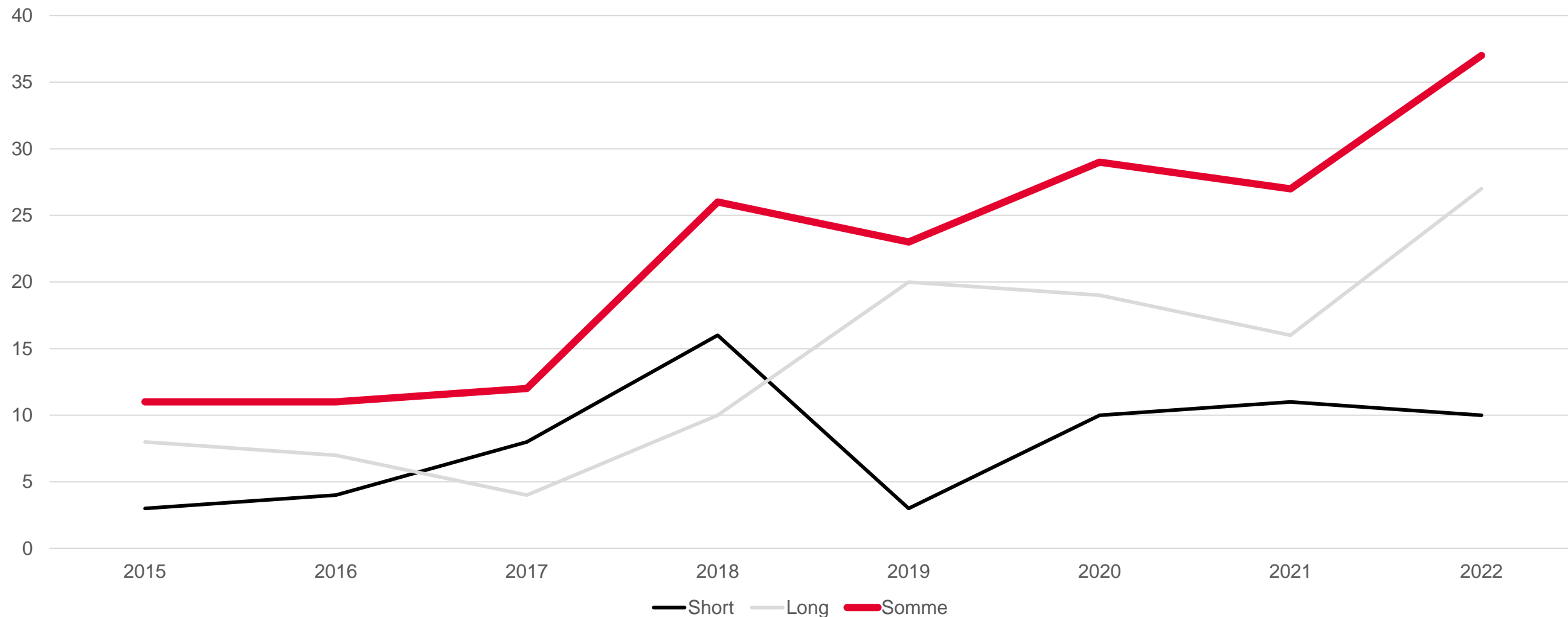


Le 7 janvier 2022 au matin, tous les responsables de groupe-bilan ont sous-évalué la production PV, ce qui a créé un surplus conséquent de puissance en Suisse

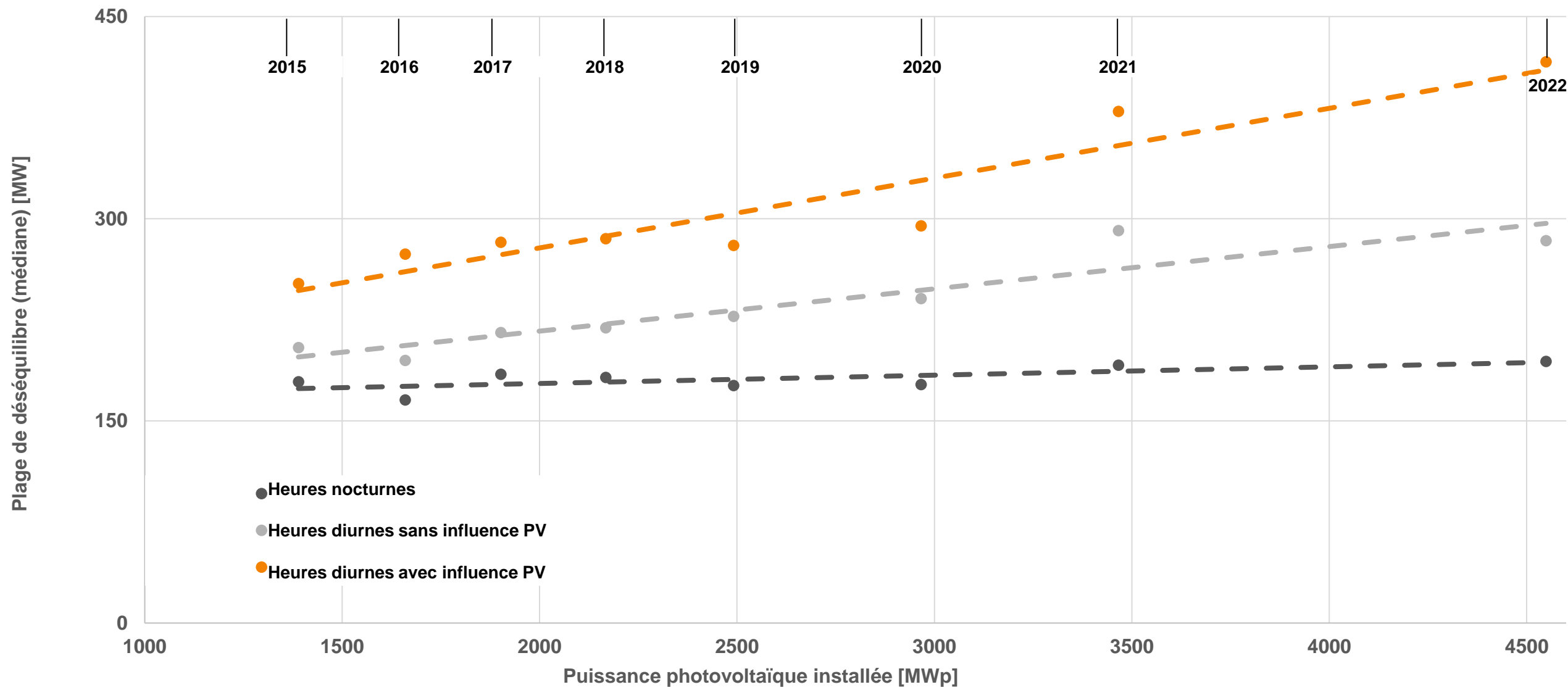


Les journées avec déséquilibre lié au photovoltaïque surviennent de plus en plus fréquemment

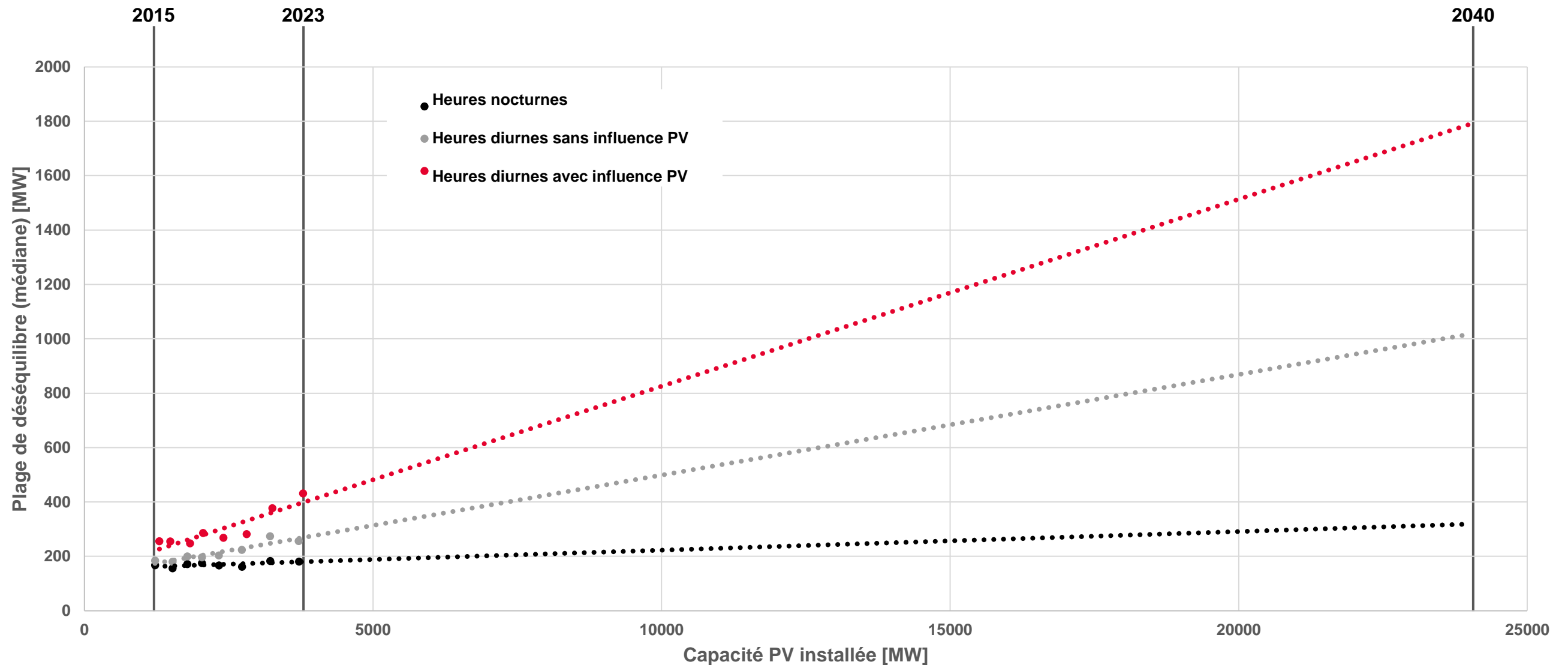
Nombre de jour de déséquilibre lié au photovoltaïque par an



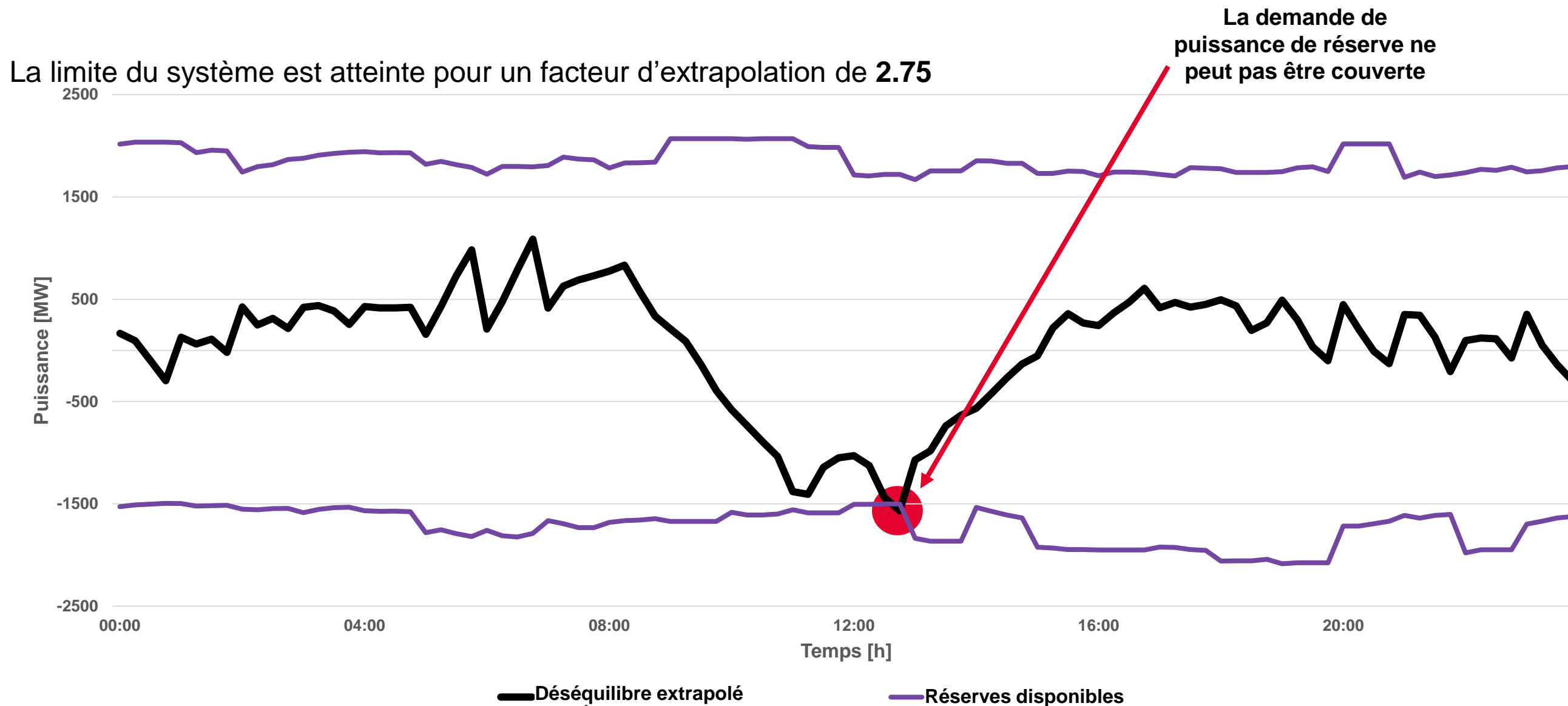
Les déséquilibres liés au photovoltaïque sont de plus en plus conséquents



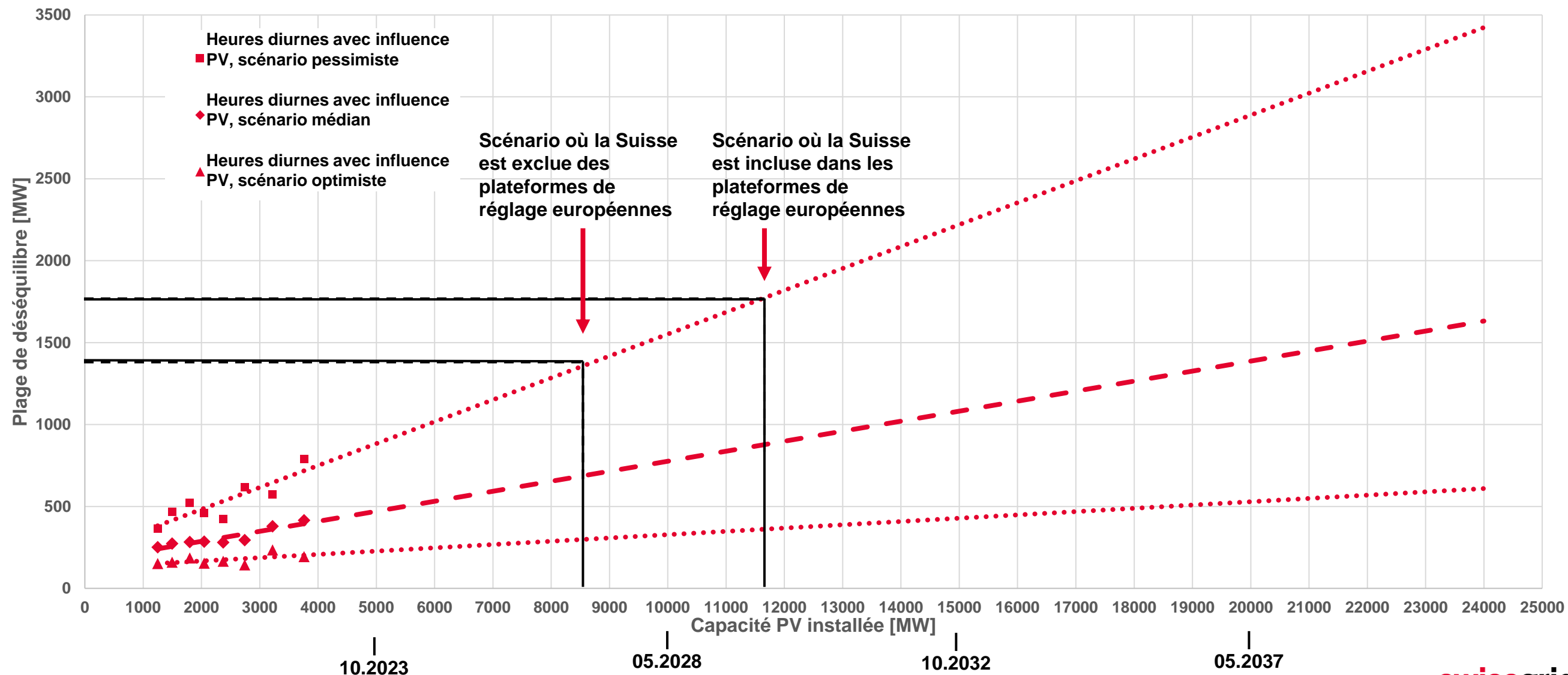
Les déséquilibres liés au photovoltaïque peuvent être extrapolés artificiellement jusqu'en 2040



L'extrapolation de la capacité photovoltaïque installée se heurte sur le long terme à une indisponibilité de puissance de réserve



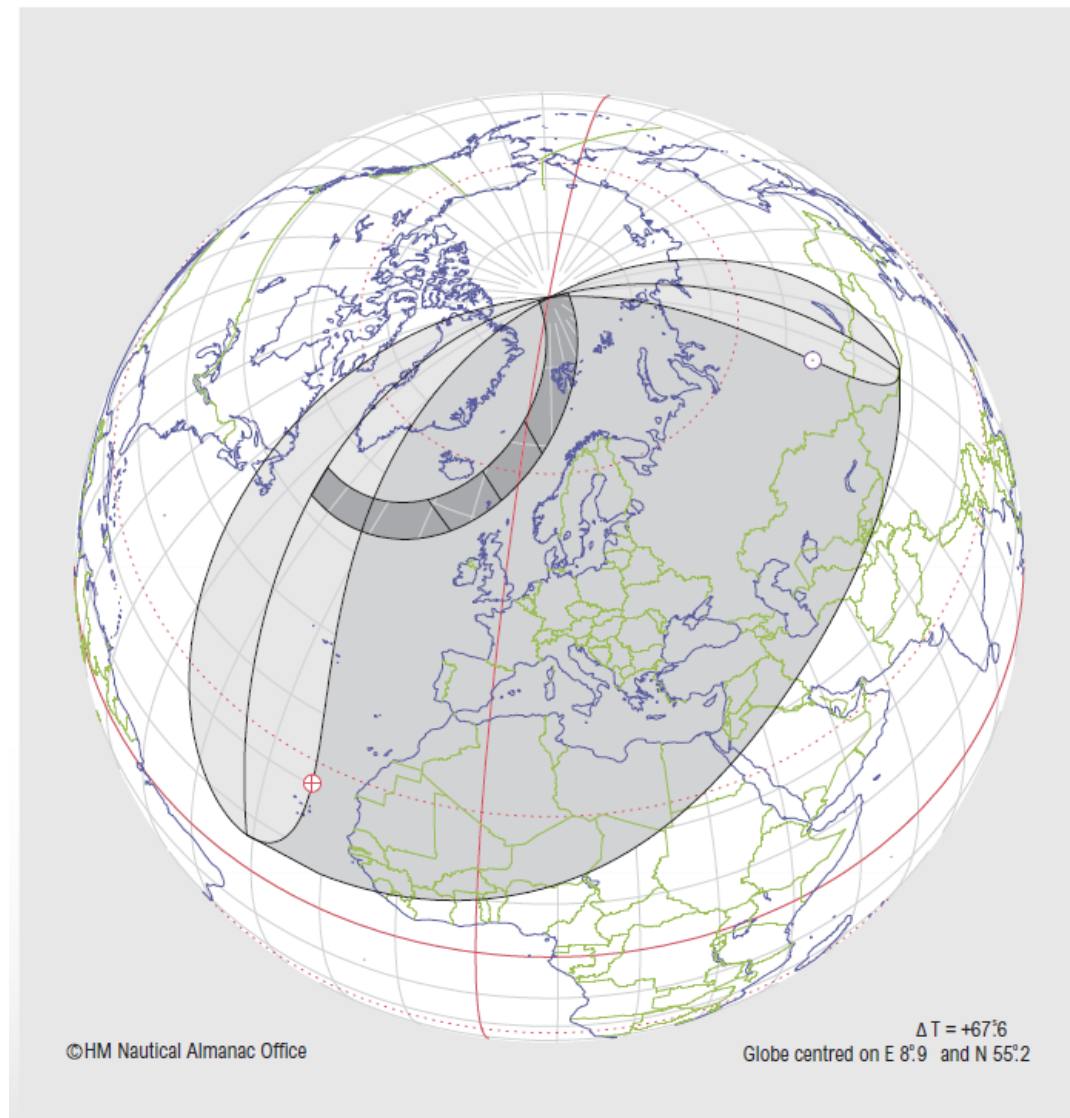
Selon les scénarios, l'indisponibilité de la puissance de réserve arrive plus ou moins tôt



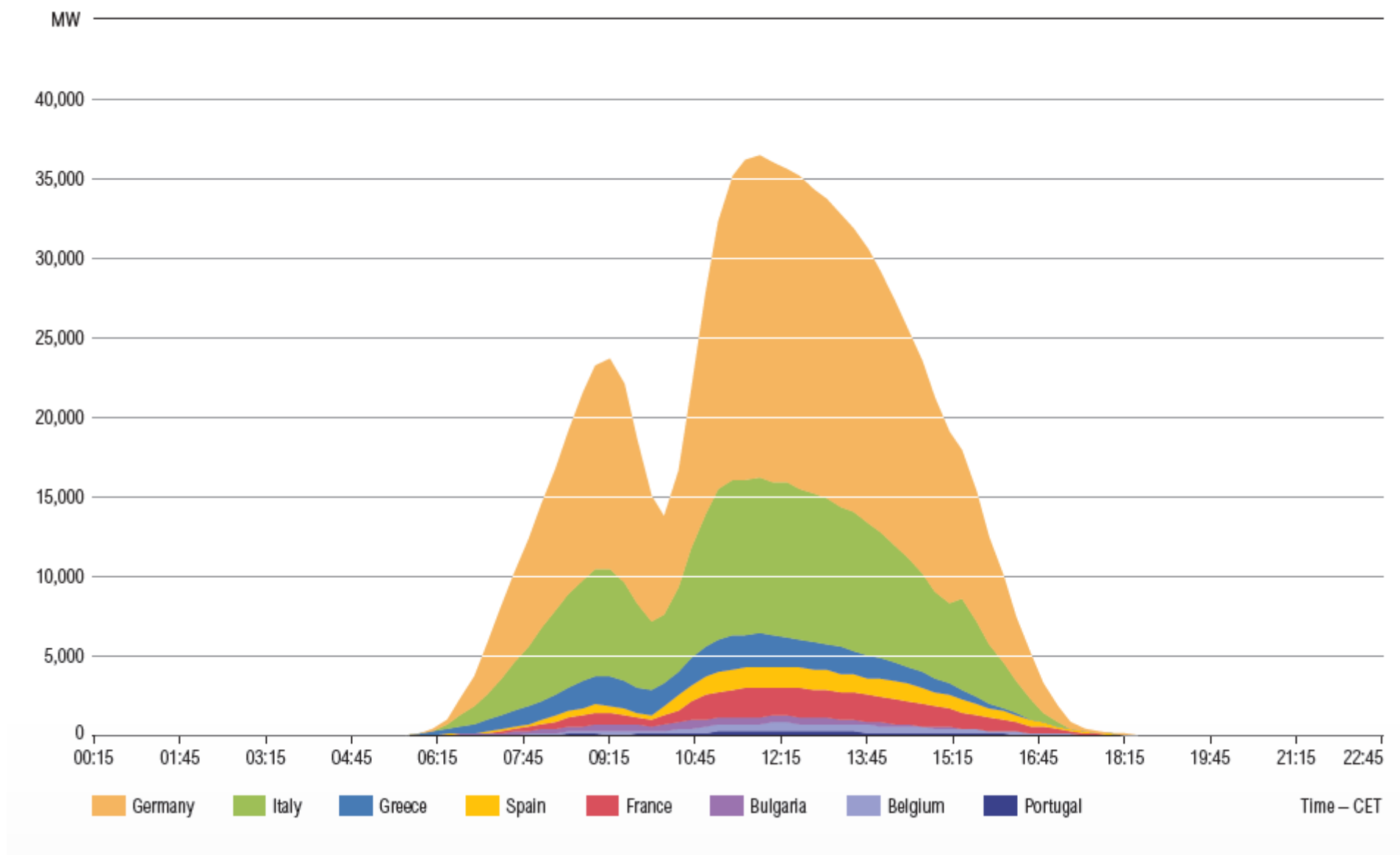
Eclipses solaires et énergie photovoltaïque



L'éclipse solaire du 20 mars 2015 a touché l'ensemble de la zone ENTSO-E



La baisse de production photovoltaïque européenne a atteint jusqu'à 15 GW



Question Menti

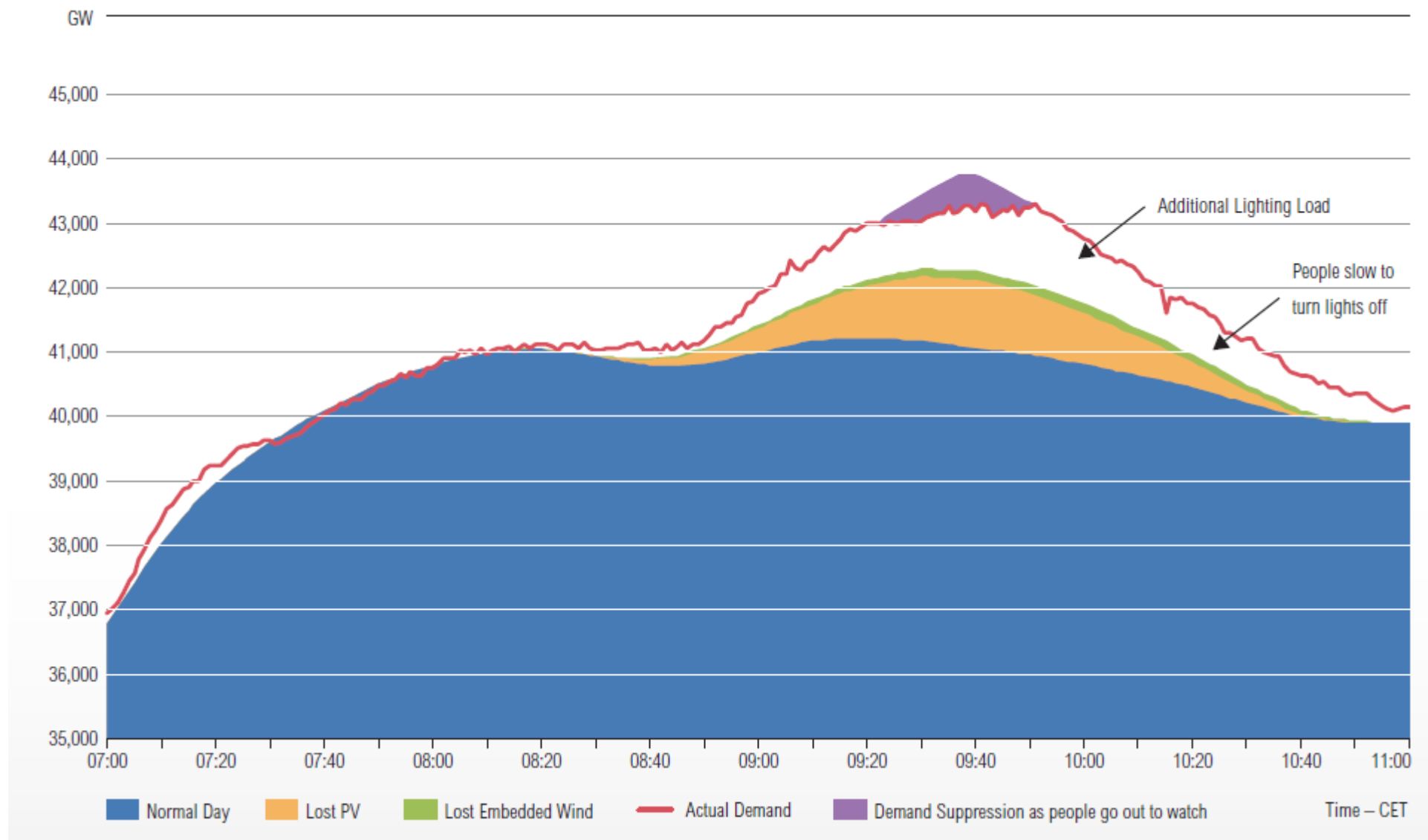
Allez sur [menti.com](https://www.menti.com) et utilisez le code 3736 9166



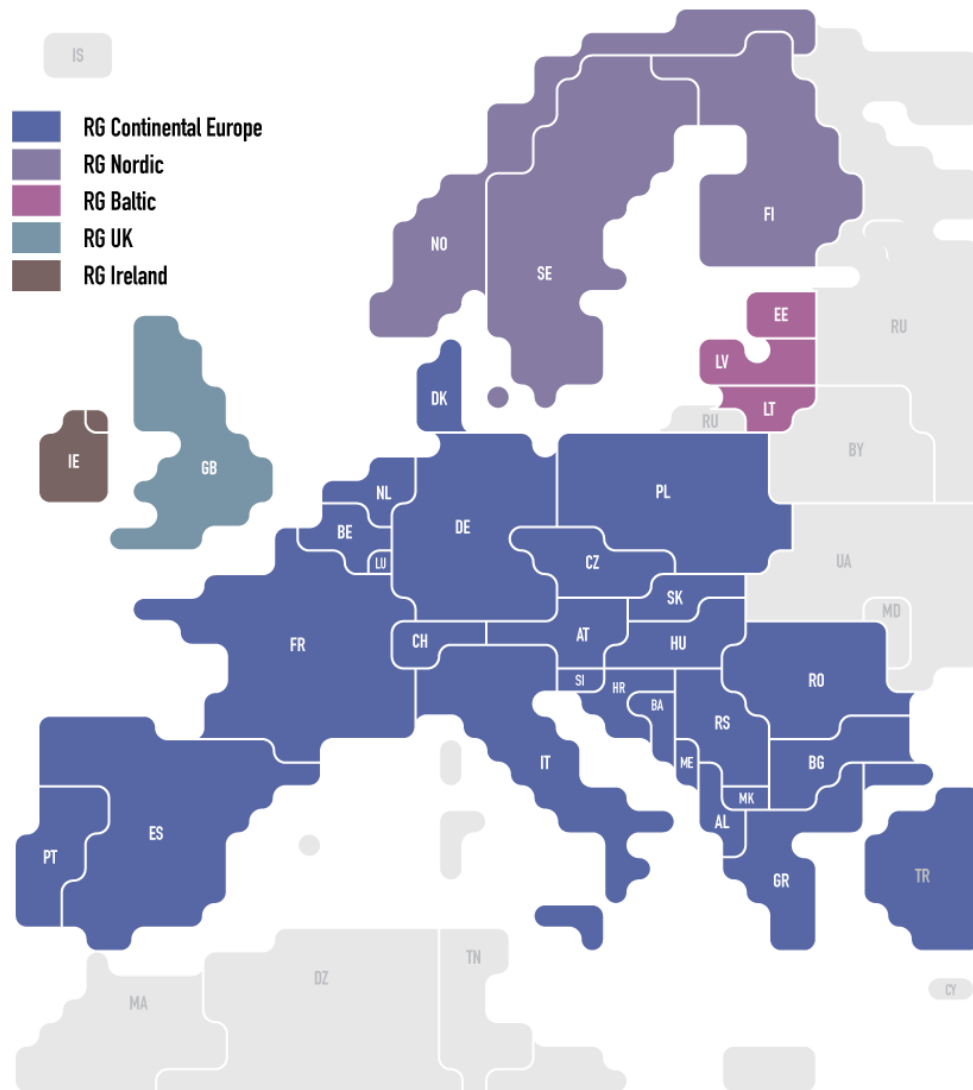
Quels sont les effets d'une éclipse de soleil sur le système électrique ?

- A: Les panneaux solaires produisent moins
- B: Les éoliennes produisent plus
- C: Les éoliennes produisent moins
- D: Les consommateurs consomment moins
- E: Les consommateurs consomment plus

La Grande-Bretagne a fait une analyse qualitative de la production photovoltaïque et éolienne ainsi que du comportement des consommateurs pendant l'éclipse

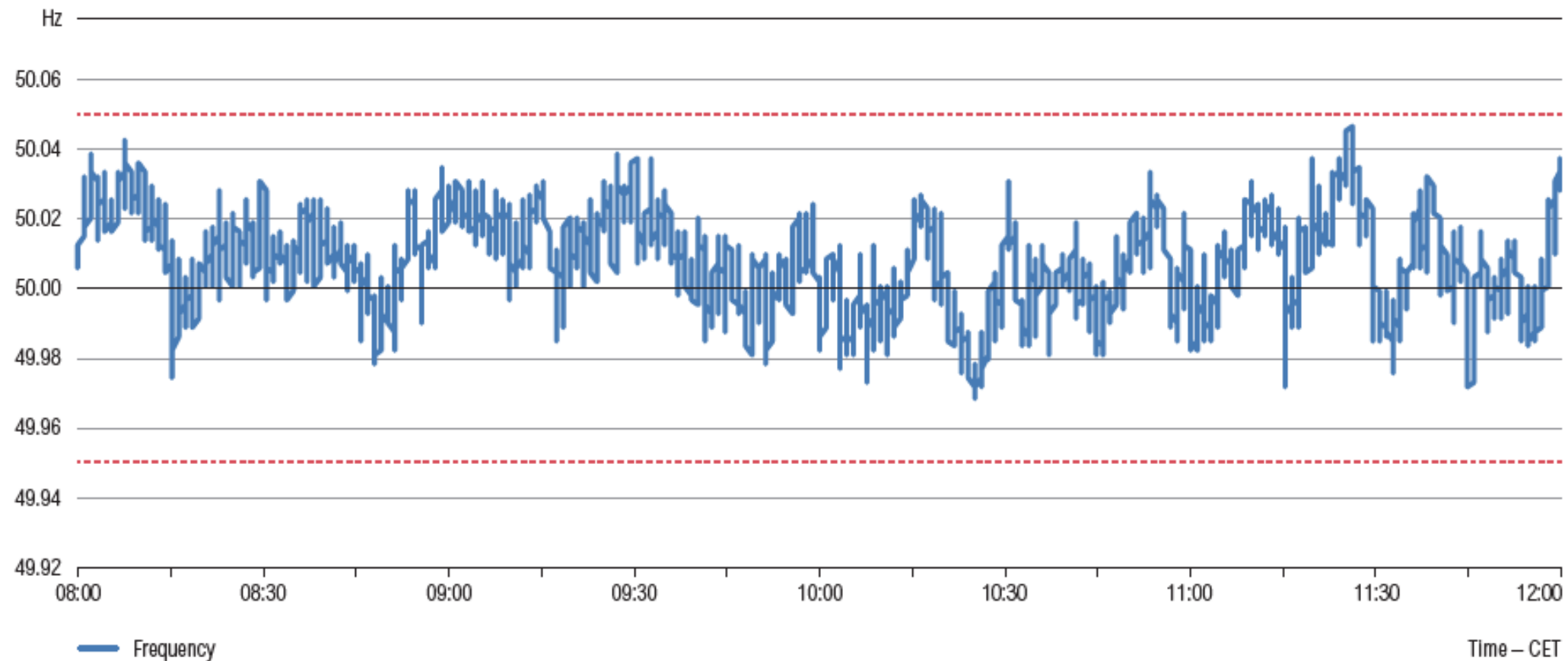


Tous les pays de l'ENTSO-E ont défini des mesures en amont pour préparer l'événement

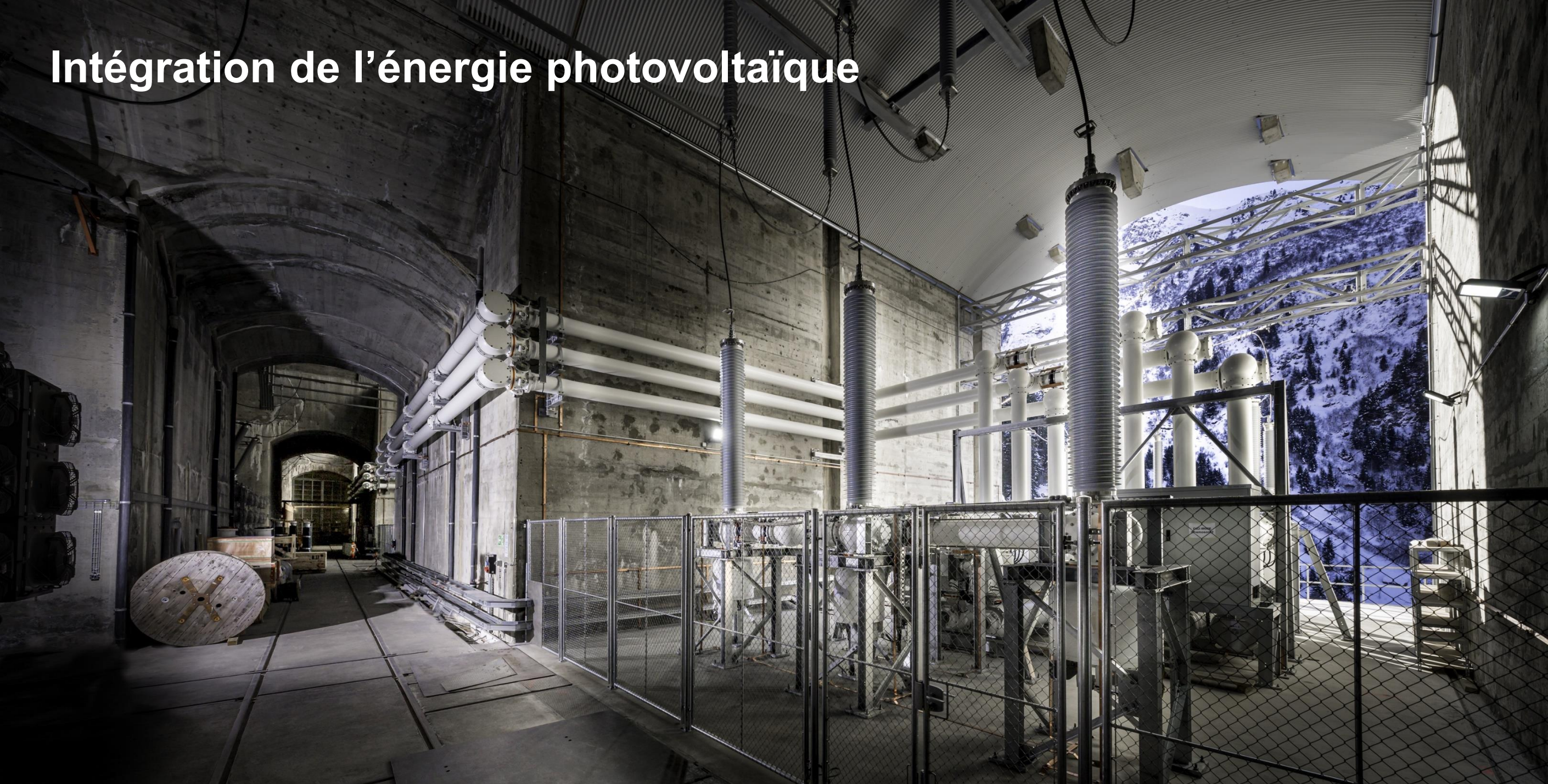


- Augmentation du volume de réserves primaire, secondaire, tertiaire
- Réduction des déséquilibres nationaux aussi près que possible du temps réel
- Diminution intentionnelle des capacités d'échange aux frontières proposées à la vente (Italie)
- Utilisation stratégique des stations de pompage-turbinage
- Déconnection préventive d'une partie de la puissance PV (Italie)
- Peu de maintenance des lignes pour conserver une disponibilité maximale du réseau
- Le RG Nordique peu affecté par l'éclipse se tient prêt à réalimenter l'Europe en cas de black-out via les liaisons HVDC

Grâce à la bonne préparation en amont, la qualité de la fréquence en Europe continentale est restée excellente



Intégration de l'énergie photovoltaïque



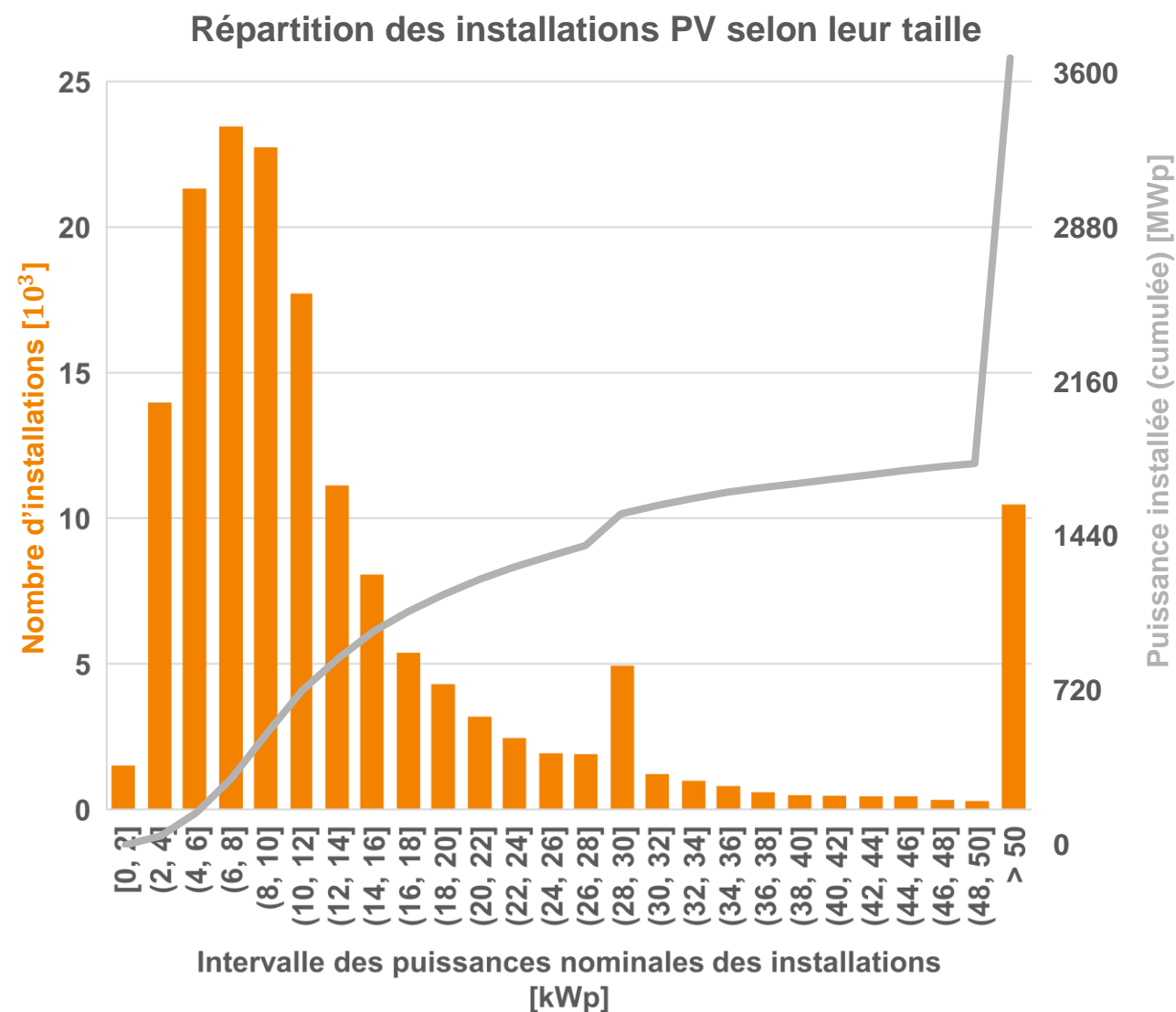
Les caractéristiques précises de la production photovoltaïque sont en grande partie inconnues

P_{Nom}	$\leq 30 \text{ kWp}$	$\geq 30 \text{ kWp}$
Annonce du raccordement	Volontaire ou via inscription à un programme d'incitation	Obligatoire
Transmission des données	Volontaire via compteur intelligent	Obligatoire une fois par an
Nombre des installations	$\approx 89.7\%$	$\approx 10.3\%$
Puissance cumulée	$\approx 42\%$	$\approx 58\%$

- Connaissance lacunaire de la puissance installée
- Connaissance lacunaire de la production d'électricité
- Données en temps réel seulement pour les grosses installations

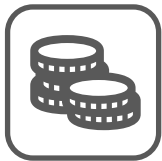


Améliorer la transmission des données de production photovoltaïque



La structure du marché de l'électricité n'est pas encore adaptée aux caractéristiques de la production photovoltaïque

- Augmenter la flexibilité du marché spot, pour permettre aux RGB de s'adapter aux constantes de temps de l'énergie photovoltaïque
- Modifier le système de facturation de l'énergie d'ajustement pour inciter les RGB à corriger les déséquilibres en temps réel
- Permettre la participation de l'énergie photovoltaïque à la réserve d'ajustement, pour gérer les problèmes de déséquilibre à la source
- En dernier recours, augmenter les réserves d'ajustement pour éviter les déséquilibres

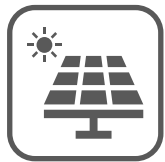


Créer les conditions de marché permettant l'intégration économique efficace de la production photovoltaïque



Les modèles fondamentaux de prévisions de la production photovoltaïque peuvent encore être améliorés

- Amélioration des modèles physiques de prévision de la production photoélectrique, en utilisant les données réalisées
- Amélioration des capacités de calcul des simulateurs, afin de diminuer les temps de calcul et d'affiner les modèles
- Large mise à disposition des données et des modèles, afin de réussir l'intégration de l'énergie photovoltaïque à l'échelle de l'ensemble de la branche



**Mieux modéliser pour mieux prévoir,
piloter l'énergie photovoltaïque au lieu
de la subir**



Conclusions



Pour résumer...

- Les caractéristiques de la production photovoltaïque (partiellement imprévisible, décentralisée) peuvent causer des déséquilibres dans le système électrique suisse et européen
- Cette tendance va en augmentant à mesure que les installations photovoltaïques se multiplient dans les années à venir
- Des solutions techniques, économiques et politiques existent pour réussir l'intégration de l'énergie photovoltaïque à grande échelle dans le réseau de transport d'électricité

Nous nous préparons avec votre aide à relever ces défis



**Nous vous remercions de
votre intérêt**

Swissgrid SA
Flumeaux 41
1008 Prilly-Malley
Suisse

