

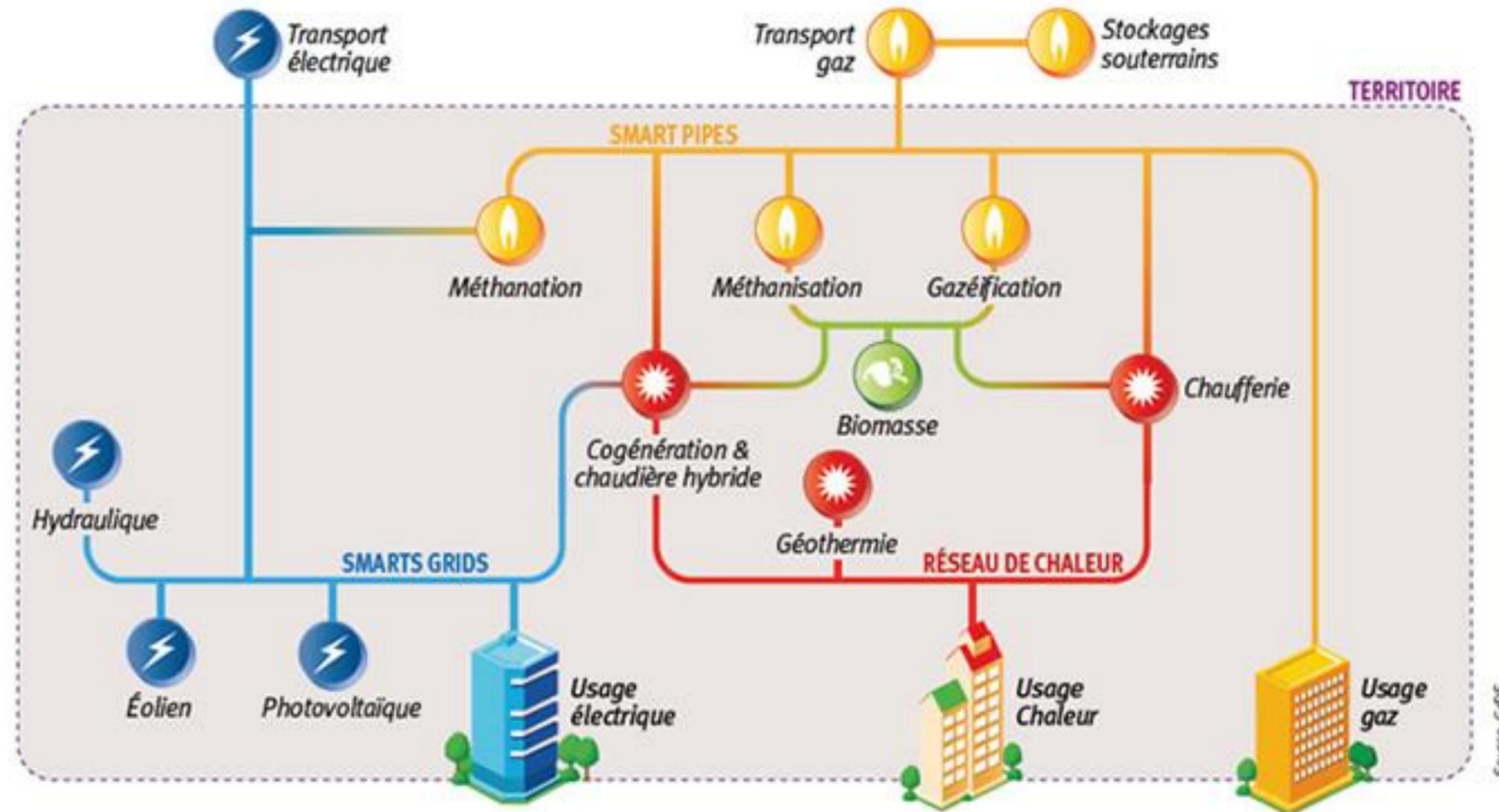
# Bienvenue à notre conférence

*Les réseaux énergétiques du futur*

**mardi 28 mars 2023**

# Le convergence des réseaux

Les réseaux d'énergie intelligents, une des clés pour l'optimisation des infrastructures territoriales



Prof. M. Carpita, M. Capezzali, Institut IESE

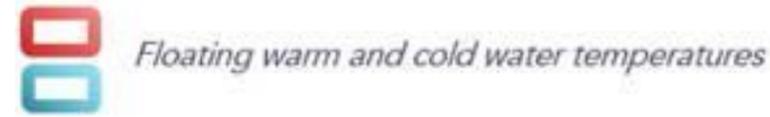
Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud

# ***Nouveaux besoins – Convergence comme réponse ?***

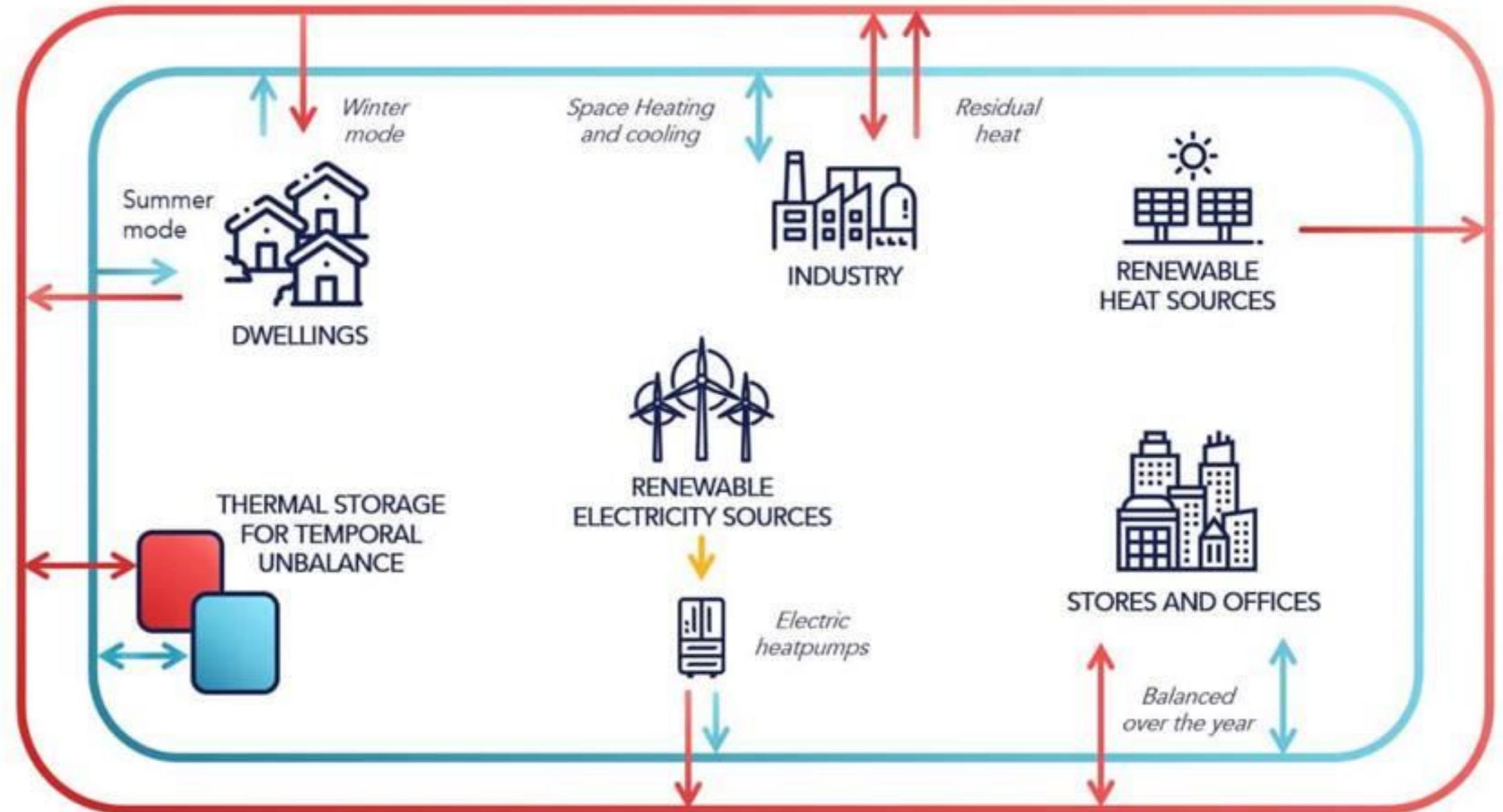
La convergence des réseaux émerge de trois constatations:

1. Chaque type de réseau énergétique va au-devant de défis propres;
  - a) Réseau électrique : **pénétration massive des sources intermittentes, variation de la charge, bidirectionnalité**
  - b) Réseau de gaz naturel : **diminution des volumes** par effet de mesures d'efficacité énergétique et choix politiques
  - c) Réseau CAD/froid : **diminution des densités de demande**, mais expansion par le biais du soutien politique aux éner-gies renouvelables, sources de valeur énergétique variable
2. Les **autres types de réseaux énergétiques**, souvent existants sur le même territoire, peuvent apporter des réponses à ces défis, en jouant sur les synergies
3. Le **réseau de gaz naturel** peut servir comme “interface flexible” pour cette interopérabilité

# Réseau de 5eme generation



- **Boucle énergétique fermée.**
- Valoriser l'énergie basse température
- approvisionnement énergétique **décentralisé** et **piloté par la demande**
- Approche **intégrée** des flux d'énergie
- Utilisation de **ressources locales et durables**



Source : Yverdon-Energies

# Power-to-gas – Questions ouvertes

## Quel type d'électrolyseur ?

- Cycles on-off et lifetime
- Quelle interface optimisée avec le réseau électrique en entrée ?

## Méthaniser ou ne pas méthaniser ?

- Source(s) de CO<sub>2</sub>
- Méthanisation par voie biologique ou autre ?
- Hydrogène valorisé différemment (par exemple raffineries) ?

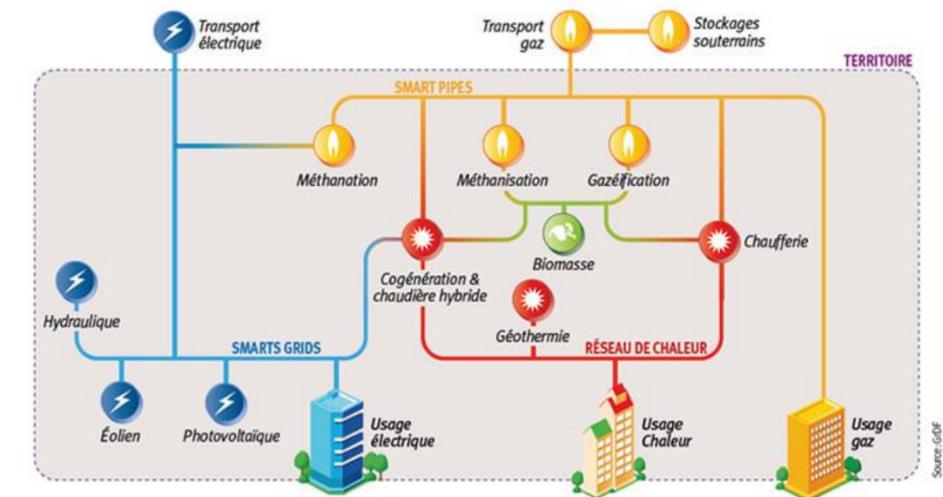
## Quelle proportion entre 0 et 20 % d'injection d'hydrogène dans le réseau de gaz naturel (2% autorisés en CH, SVGW) ?

- Chauffage (pompes à chaleur, chaudières)
- Applications industrielles et véhicules à gaz naturel
- Deblending

## Aspects réglementaires

- Prix d'achat de l'électricité par les installations power-to-gas ?
- Mensuration et aspects fiscaux

## Rentabilité économique



# ***Sources renouvelables – Réseau électrique***

La pénétration croissante de sources renouvelables dans le mix de génération électrique apporte de nouveaux défis :

1. Production **intermittente** (à différentes échelles de temps)
2. Production **en partie décentralisée** (e.g. PV dans le résidentiel)
3. Production souvent **éloignée des centres de consommation** (e.g. champs éoliens)

D'où la nécessité, pour le réseau électrique, soit :

- De disposer d'importantes **capacités de stockage** à différentes échelles
- De disposer de technologies pouvant **absorber de la puissance** lors de pics de productions (e.g. PV en été -> PtG)
- De pouvoir faire appel à des **capacités de génération** pour compenser les pics de consommation (e.g. pompes à chaleur lors de jours froids en hiver <- cogénération décentralisée)

**Dans les trois cas, la convergence entre réseaux apporte des solutions**

# ***Les défis liés au réseau électrique – Une opportunité pour les autres réseaux***

Les nouveaux défis liés au réseau électrique peuvent être en partie affrontés sans faire appel à la convergence des réseaux :

- Effet de foisonnement et de distribution géographique de sites de production (déjà partiellement le cas pour l'éolien au niveau EU)
- Gestion différente des capacités dans les barrages hydrauliques
- (CCGT, Combined Cycle Gas Turbine), centrales au charbon, load-follow NPP, importations

Des solutions faisant appel aux autres réseaux, toutefois, apportent de multiples opportunités :

- **Infrastructures existantes**
- Nouvelles **opportunités** de marché
- Réponse à la **baisse des volumes**
- Solutions **locales**
- Flexibilité pour **nouveaux besoins**
- Entreprises **multi-énergies**



**Prof. Mauro Carpita**  
Directeur de l'Institut  
d'énergie et Systèmes  
électriques  
HEIG-VD



**Prof. Stéphane Genoud**  
Professeur en  
management de l'énergie  
HES·SO Valais-Wallis



**Nicolas Charton**  
Managing director  
E-CUBE



**Gaël Zbinden**  
Directeur Département  
Réseaux de distribution  
Yverdon Énergies

# Prof. Stéphane Genoud

- Professeur responsable de l'Exergy Management Lab à l'Institut Entrepreneuriat & Management et de l'institut Energie et Techniques Environnementales de la HES-SO Valais-Wallis,
- Il coordonne les activités « énergétiques et agricoles » de son lab.
- Il est titulaire d'un CFC d'électricien, d'un diplôme d'ingénieur HES, d'une licence en économie (Université de Genève), de plusieurs masters (finance Université de Genève et énergie EPFL) et d'une Thèse de Doctorat en économie (Université de Neuchâtel) sur l'analyse, d'un point de vue du développement durable, des modes de production de l'électricité.
- En parallèle à ses activités académiques, il a créé plusieurs sociétés dans les domaines de l'énergie, du tourisme ou de l'agriculture.
- Il y travaille encore comme directeur, consultant senior ou membre du conseil.

# Nicolas Charton

- Ingénieur spécialisé sur les enjeux énergie.
- Dans la continuité de ses travaux dans le conseil en stratégie, il a fondé E-CUBE Strategy Consultants à Lausanne en 2015 qu'il dirige.
- Il accompagne les directions de différents groupes suisses et européens ainsi que des pouvoirs publics sur les thèmes de l'énergie, mobilité et décarbonation.
- Il est diplômé de l'école des Mines de Paris.

*Les réseaux énergétiques du futur /  
Jeremy Rifkin (La nouvelle société du  
coût marginal zéro) et l'EMPA  
(Blumenenergie)*

**Prof. Stéphane Genoud**

Professeur en management de  
l'énergie

# La transition énergétique, c'est ici et maintenant

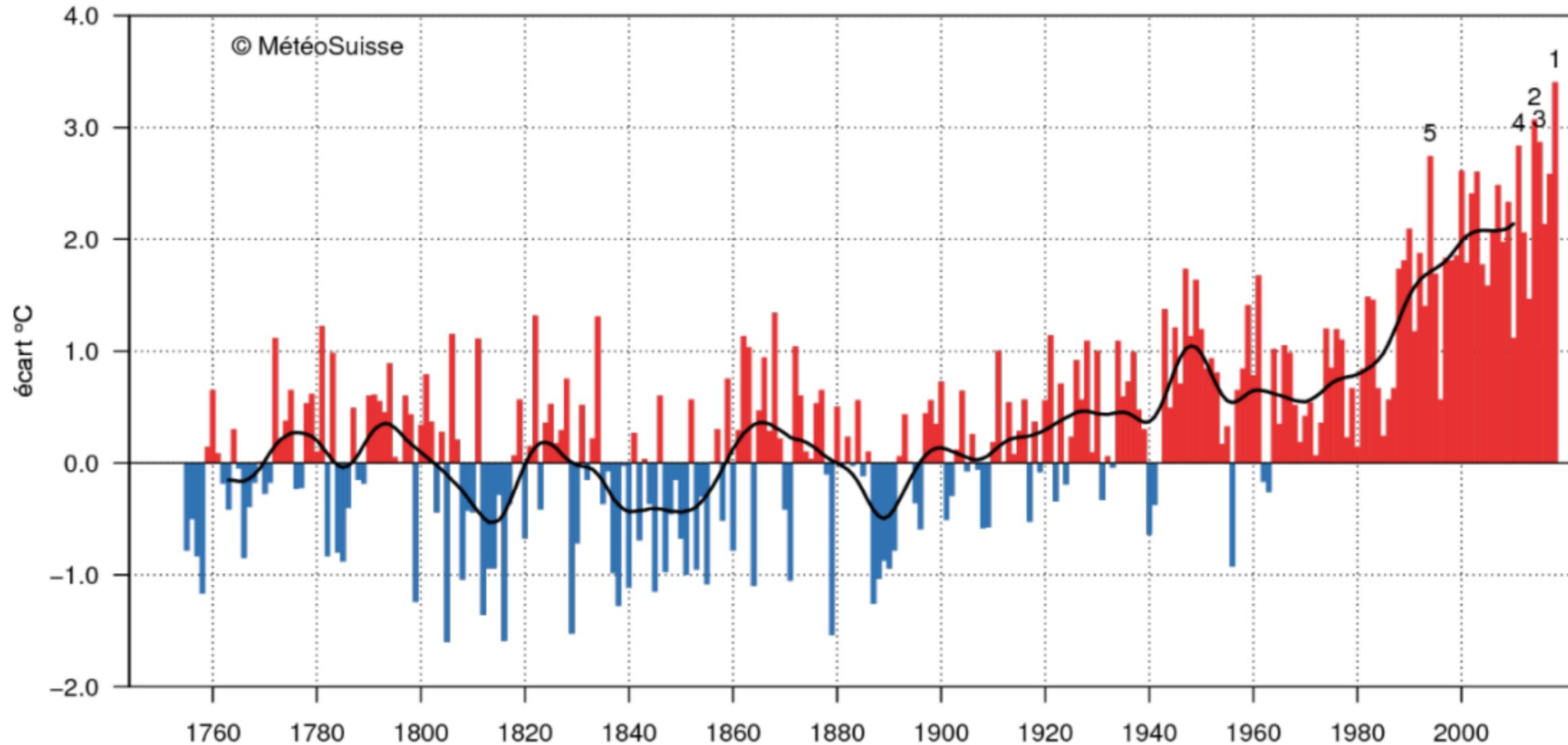


*Alexis84*

Prof Stéphane Genoud, Ph.D

# Les faits

température annuelle – Basel / Binningen – 1755–2018  
écart à la moyenne 1864–1900



- années au dessus de la moyenne 1864–1900
- années en dessous de la moyenne 1864–1900

année 2018: +3.4°C (rang 1 ↓)

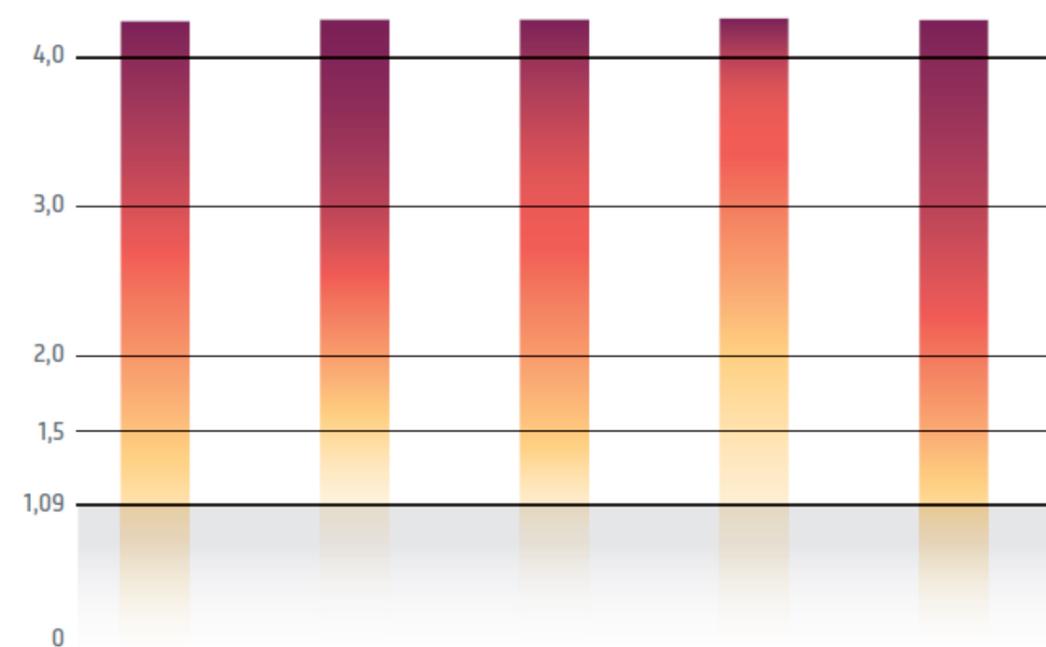
+ 5° C



### 3.1 Les conséquences se multiplient en Europe avec le changement

Risques en lien avec l'augmentation de la température superficielle mondiale par rapport à la période 1850-1900. La valeur mondiale s'établit à 1,09 °C.

En degré Celsius



Stress dû à la chaleur, mortalité et morbidité chez les êtres humains



Perturbations des écosystèmes terrestres



Pertes des récoltes en Europe occidentale et centrale



Pénuries d'eau en Europe occidentale et centrale



Crues des fleuves

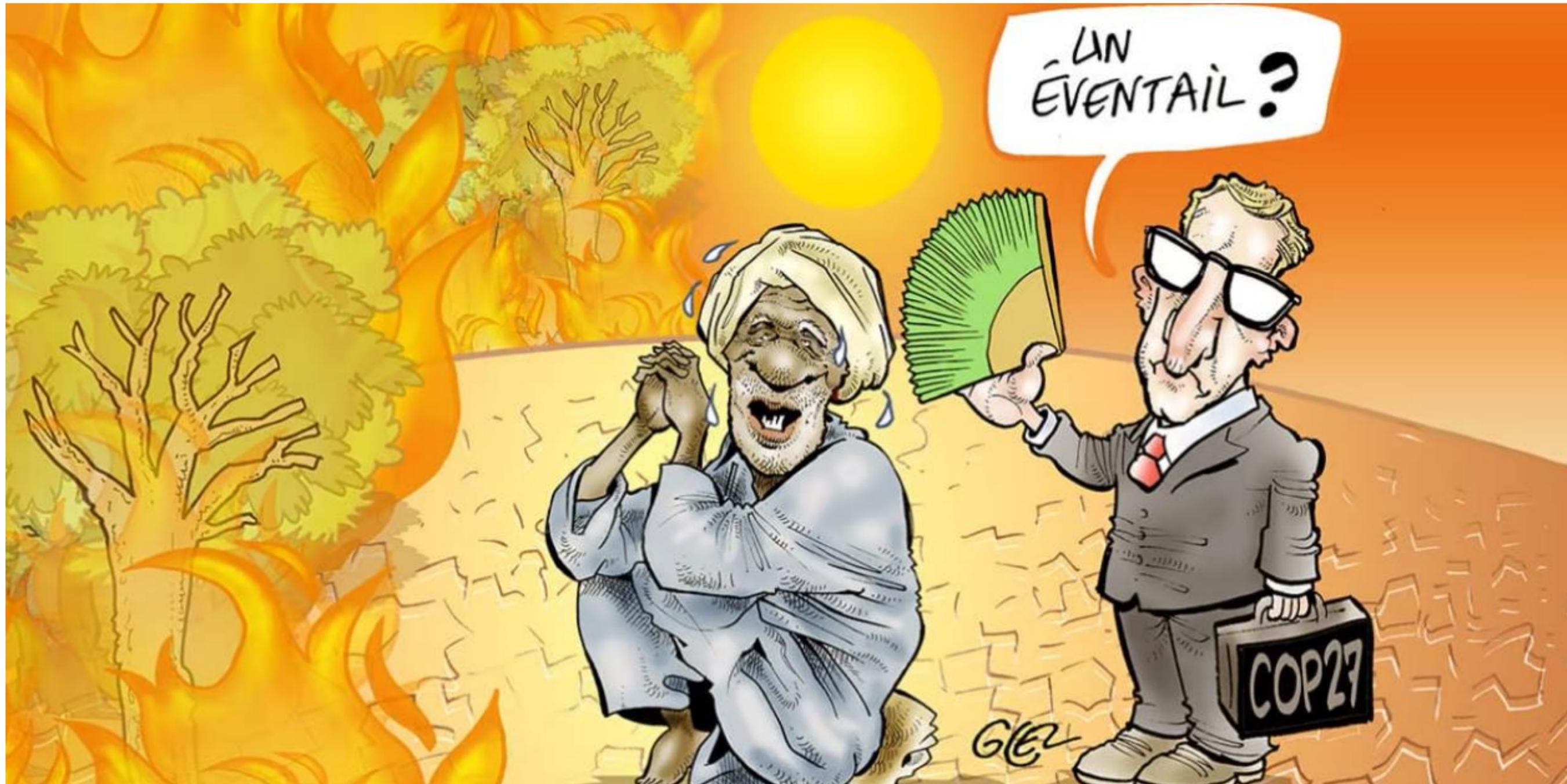
#### Risques

En cas d'adaptation similaire à aujourd'hui

- **Très élevés**  
Exemple : en moyenne jusqu'à 30 fois plus de décès annuels qu'aujourd'hui du fait de la chaleur et des capacités limitées à s'adapter
- **Elevés**  
Exemple : jusqu'à 10 fois plus de décès annuels qu'aujourd'hui du fait de la chaleur
- **Modérés**  
Exemple : décès du fait de la chaleur provoquée par le changement climatique
- **Non vérifiable**

Source : IPCC, AR6, WG2, chapter 13, supplementary material, factsheet europe, fig. 2

# COP27



EMIRATS ARABES UNIS

## La COP 28 sera présidée par le PDG de la compagnie pétrolière nationale émiratie DISCUSSION

Par Euronews avec AFP • Mise à jour: 13/01/2023



Sultan Ahmed Al Jaber, ministre émirati de l'Industrie, sera président de la COP 28. - Tous droits réservés UAE'S MINISTRY OF PRESIDENTIAL AFFAIRS/RASHED

# Le dernier Rapport de GIEC

## Climat - Le Giec publie son "guide de survie pour l'humanité"

### réchauffement mondial atteindra 1,5°C dès 2030-2035

Dans son dernier rapport de synthèse publié ce lundi, le Giec prévient que le réchauffement mondial atteindra 1,5°C dès 2030-2035. Il appelle à une division par deux des émissions de gaz à effet de serre.

Monde

Environnement

20 mars 2023, 14:15



Les phénomènes climatiques extrêmes comme ici les récentes inondations à Monterey (Californie) sont appelés à se multiplier, selon le Giec.  
KEYSTONE/AP/Shmuel Thaler

Rôle central des énergies fossiles

Réchauffement de 1,5°C dès 2030-2035

Les impacts plus graves qu'estimé auparavant

La chaleur d'aujourd'hui sera la fraîcheur de demain

Moins cher d'investir que de subir

Suisse très impactée

# Consommation de Baril par jour



La consommation mondiale de pétrole a dépassé les 95 millions de barils par jour. Le baril, qui est l'unité de volume utilisée dans les milieux industriels et financiers, équivaut à environ 159 litres (158,987 litres exactement). Autrement dit, notre civilisation "boit" chaque jour plus de 15 milliards de litres de cette énergie fossile.

Combien d'heure de travail humain contient un baril de pétrole ?

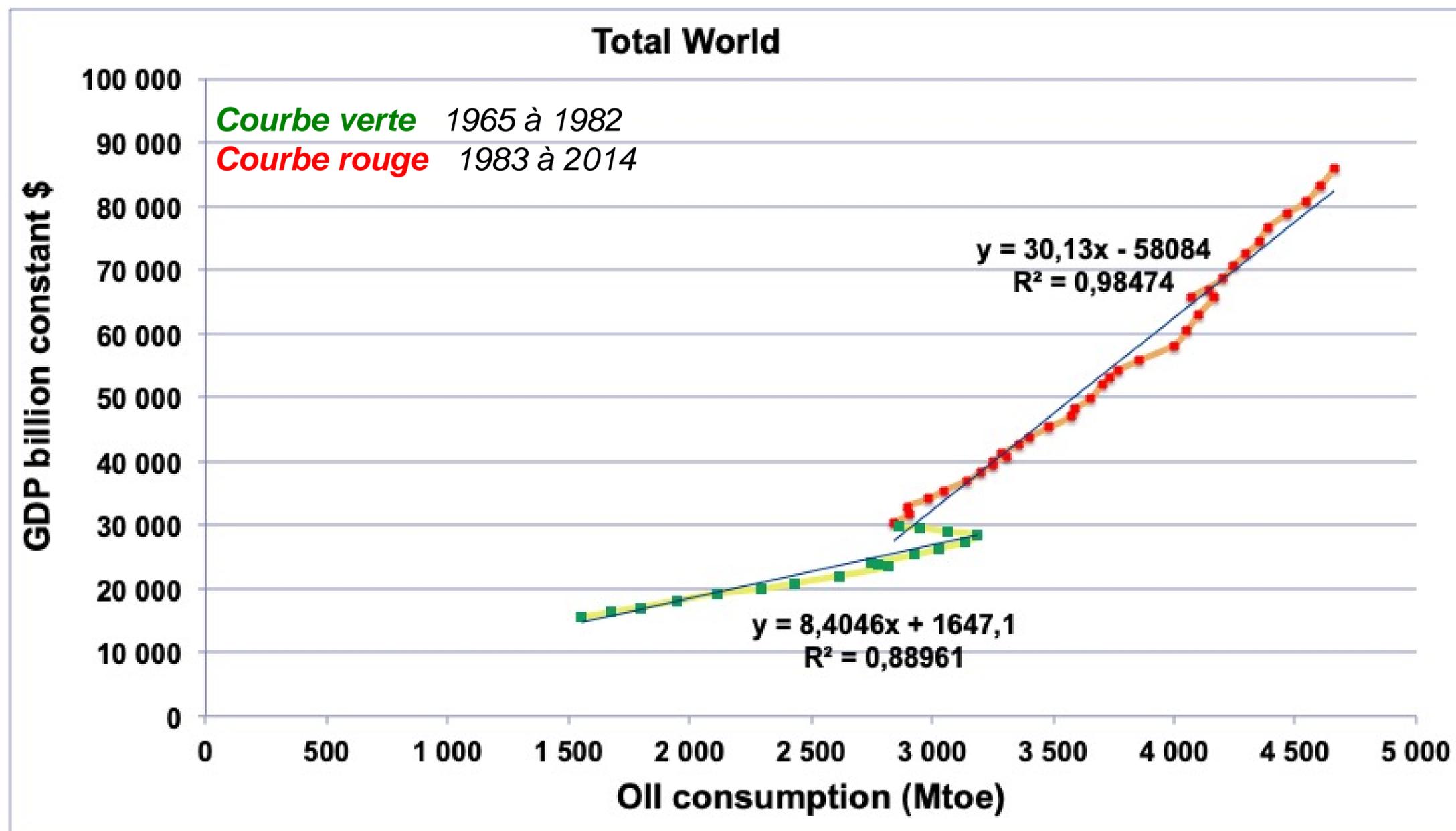
Réponse : 160 litres x 10 = 1600 kWh, soit 1'600'000 Wh

Chez un individu en bonne santé et dont la corpulence est stable la puissance sur 8h correspond à une puissance moyenne d'environ 150 W.

$$\frac{1'600'000 \text{ Wh}}{150 \text{ W}} = 10'666 \text{ h soit } \frac{10'666 \text{ h}}{50 \text{ semaines} \times 10^{\text{h}}/\text{jour} \times 5 \text{ jours}} = 4.2 \text{ ans}$$

donc en Suisse avec no 88 millions de baril, on multiplie par 40 le travail que nous pouvons faire...

# Lien PIB et énergie

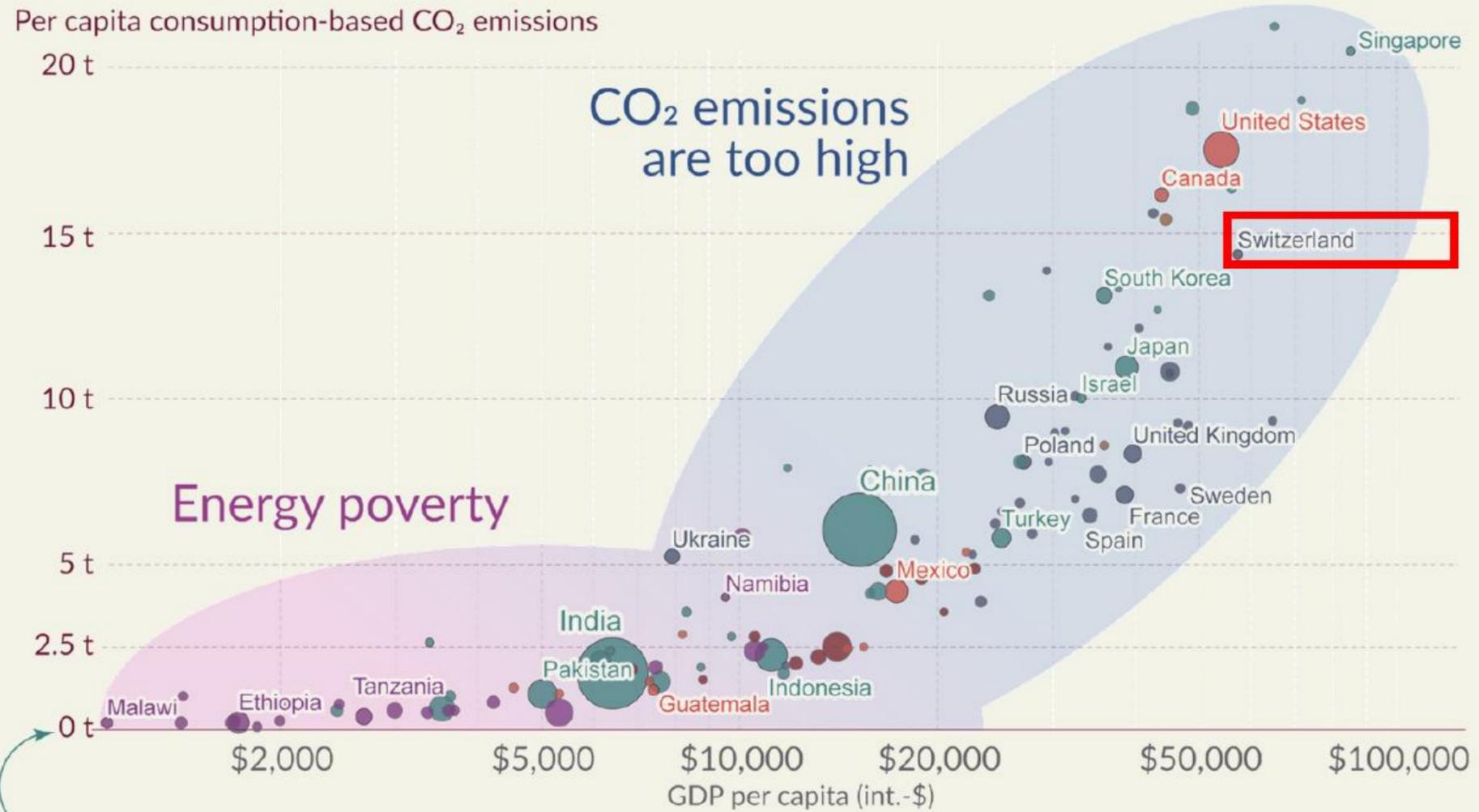


<https://jancovici.com/>

# Regard sur le pays

## CO<sub>2</sub> emissions per capita vs GDP per capita

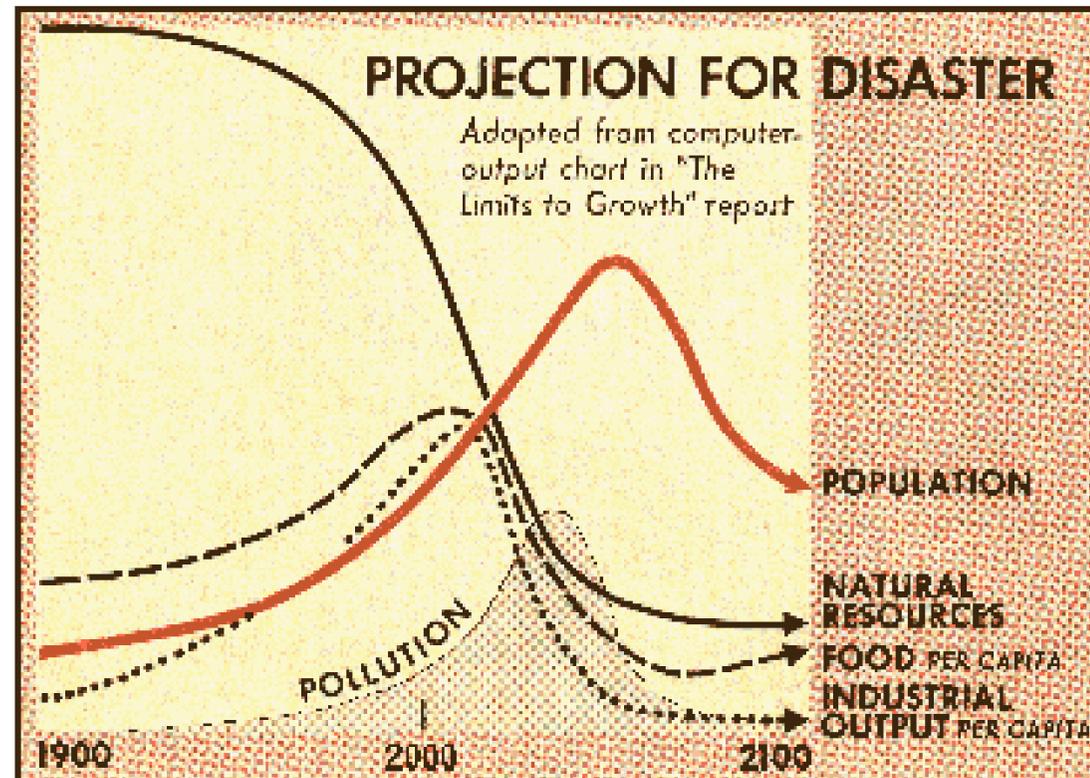
Our World in Data



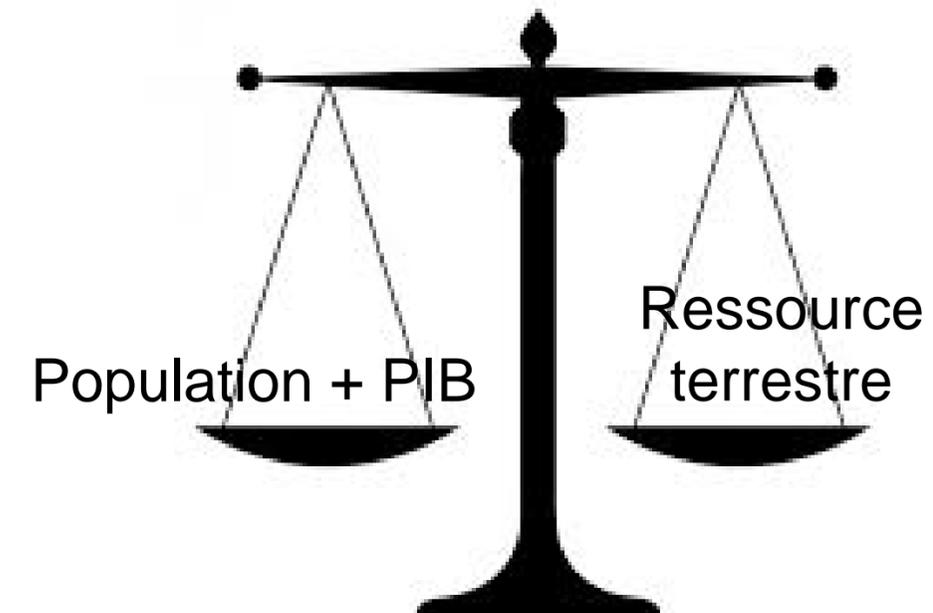
Data for 2017: Global Carbon Project, UN Population, and World Bank.  
OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the author Max Roser.

# En 1972 le club de Rome prédisait :



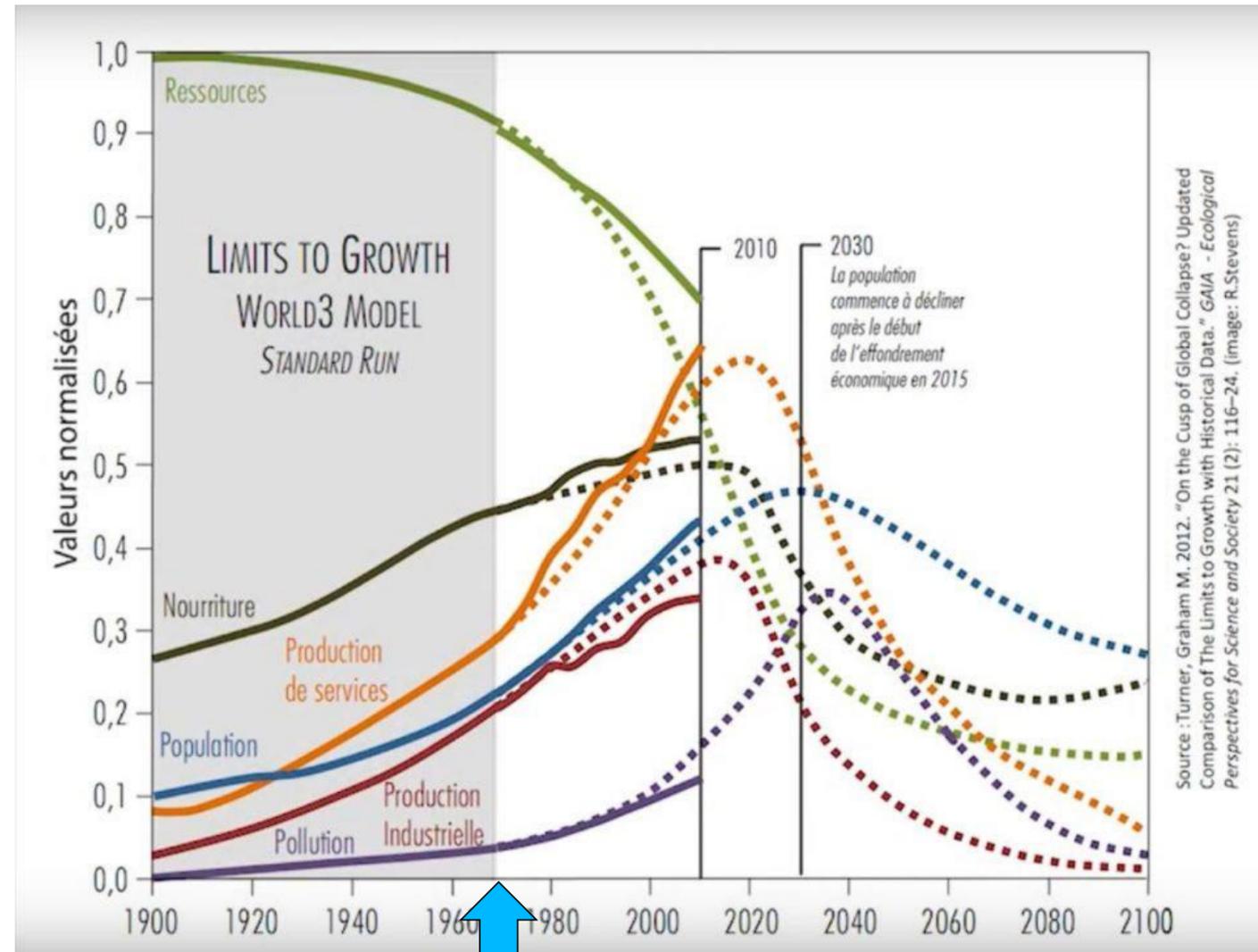
Meadows 1972 «Il existe une alternative viable...



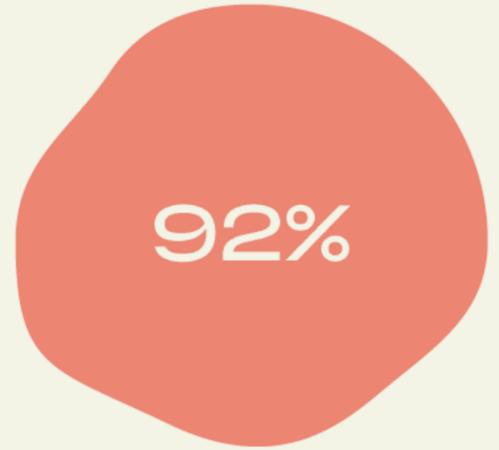
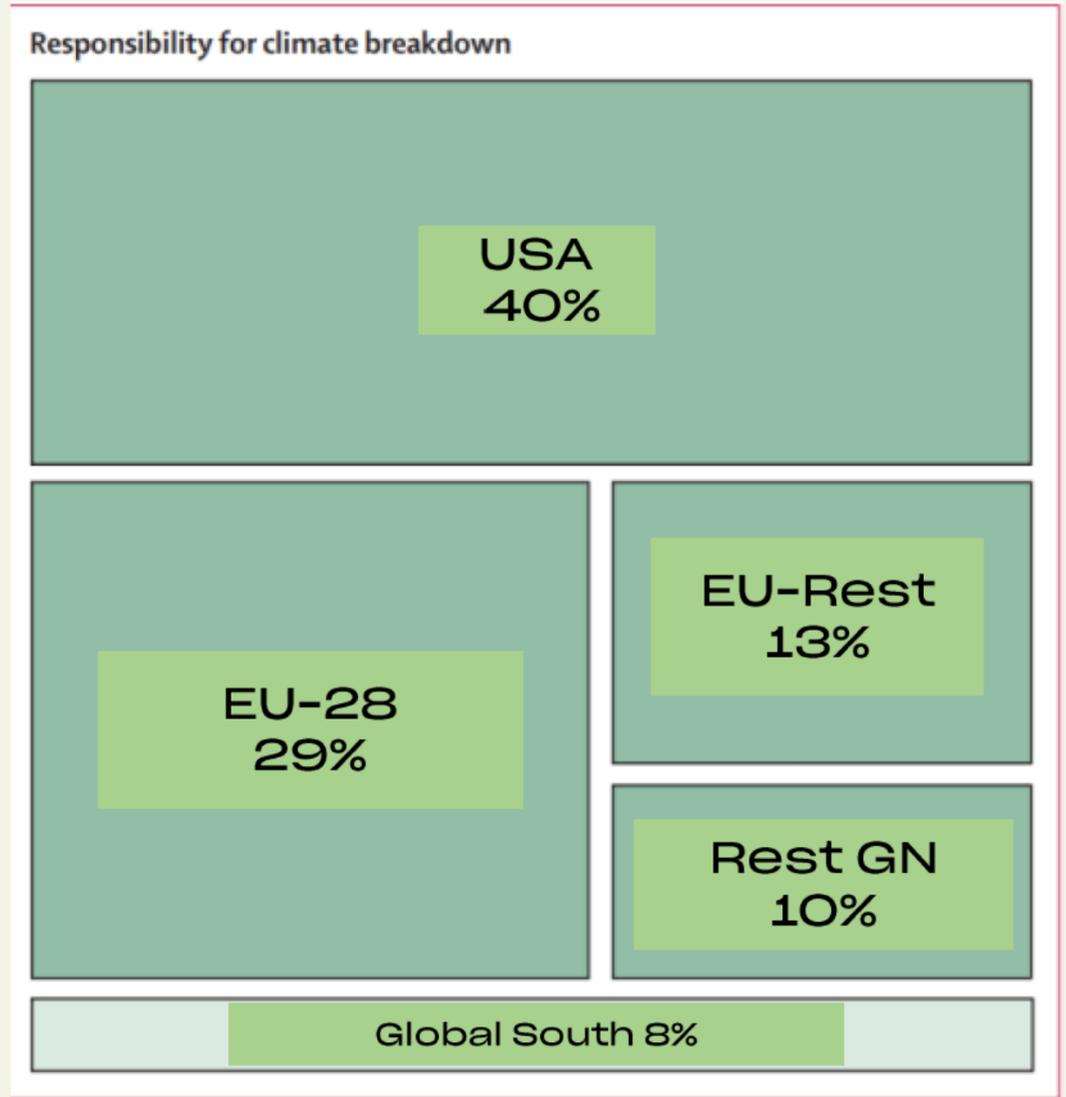
... à faire dans les 50 prochaines années»

«Et chaque année perdue rendra la transition beaucoup plus difficile»

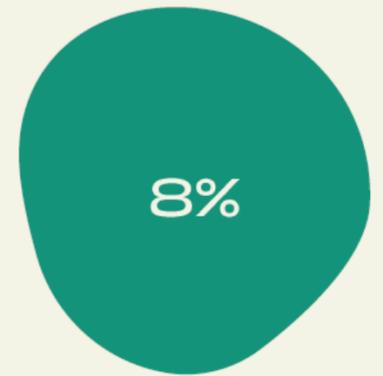
# Ce qui devrait ce passer



# Qui a déjà produit du CO2 ?



Pays du nord

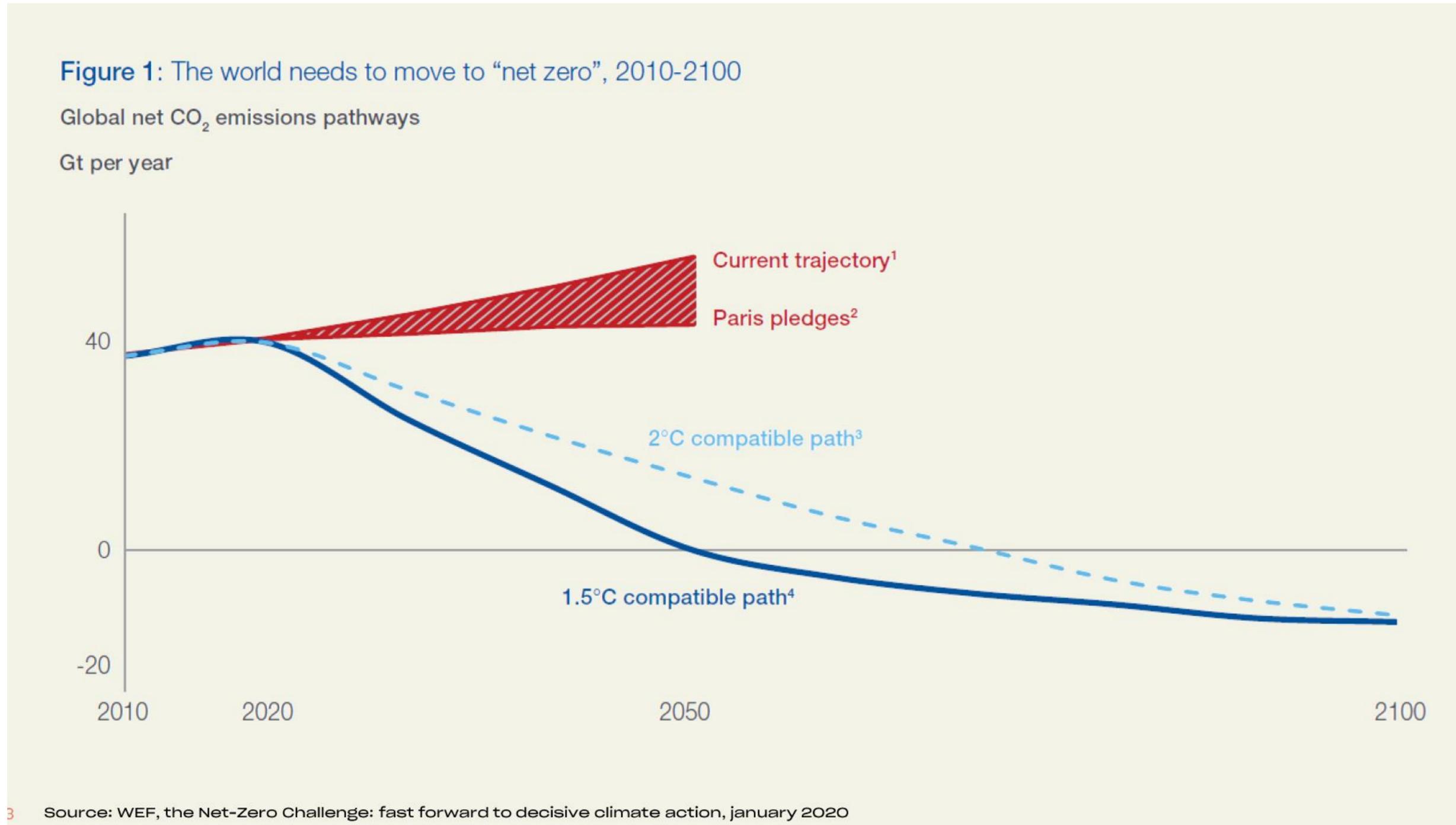


Amérique latine, Afrique, Moyen orient, Asie

20/03/23 Source: Jason Hickel, Less is more, 2020, p.112 s.



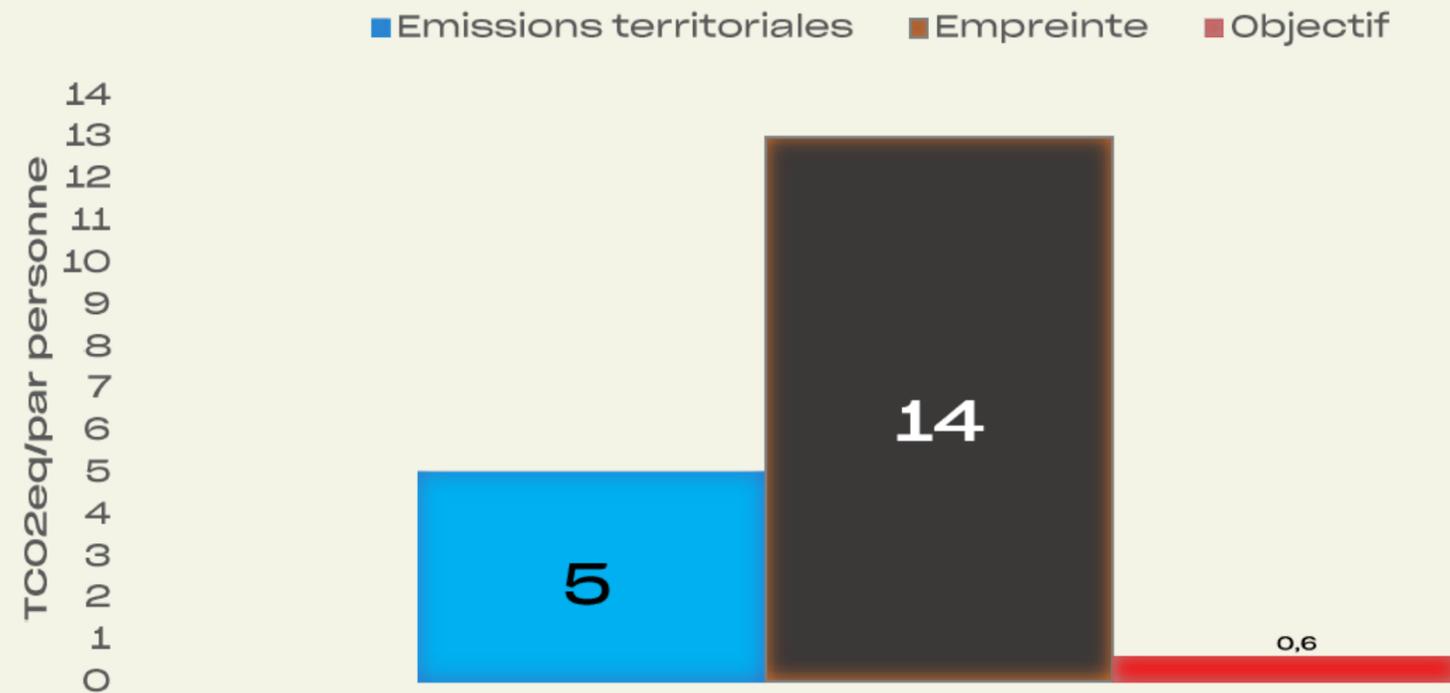
# Accord de Paris suffisant?



# CH émet surtout à l'étranger

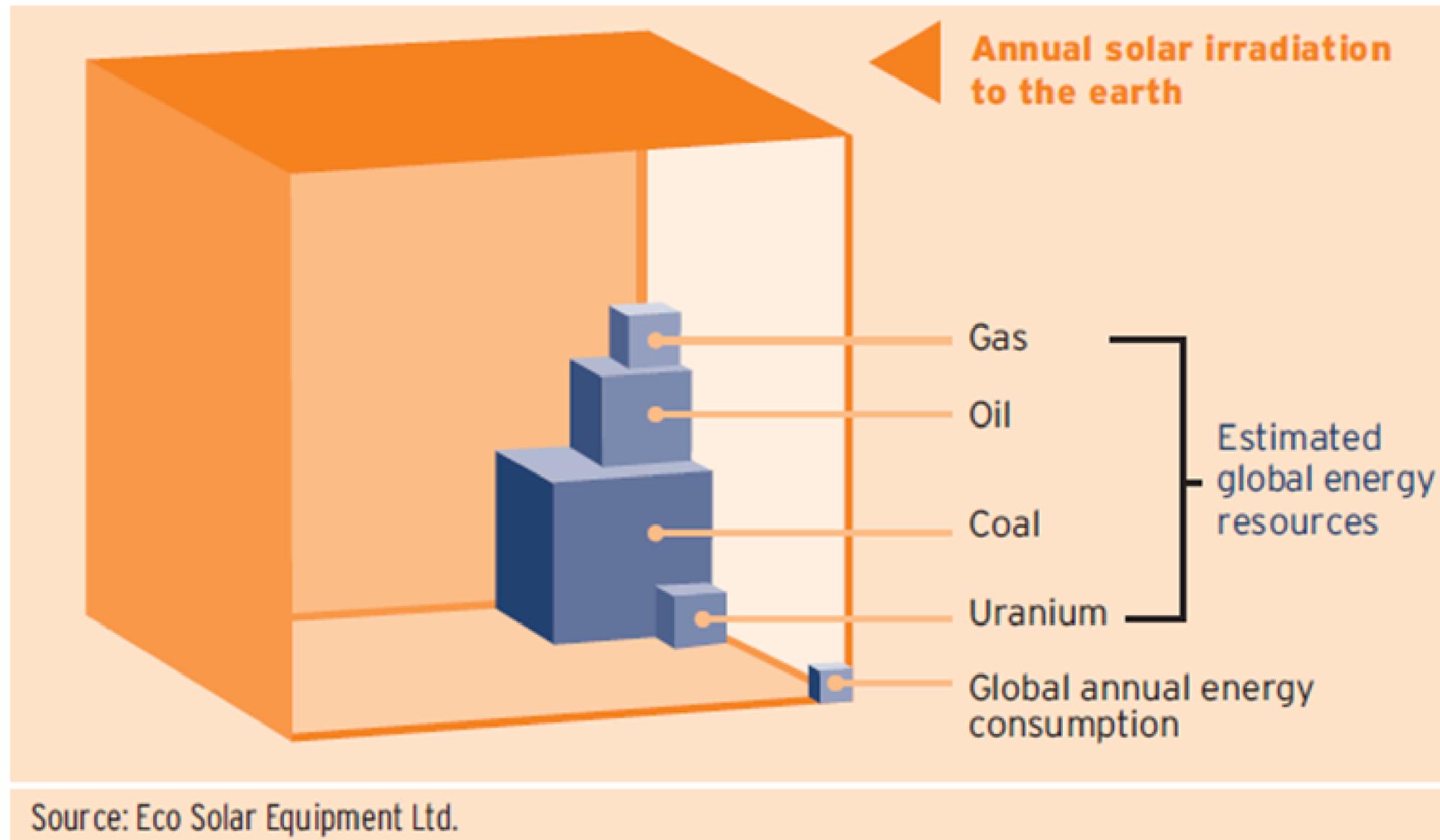
Les émissions territoriales CO2 eq VS Les émissions globales (empreinte)

## EMISSIONS TERRITORIALES VS EMPREINTE VS OBJECTIF

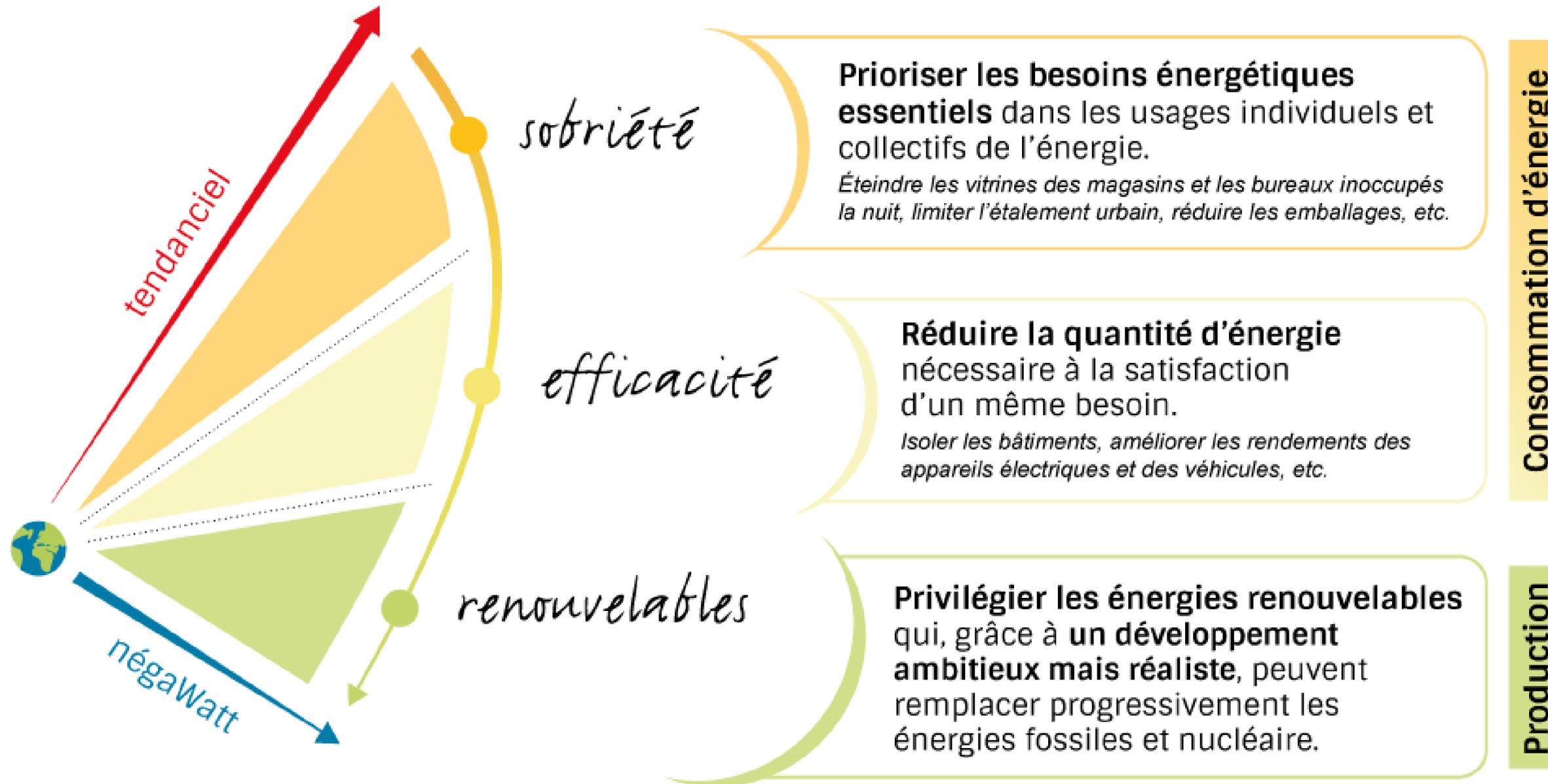


Source: <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/en-bref.html>

# Pourquoi je peux encore dormir?

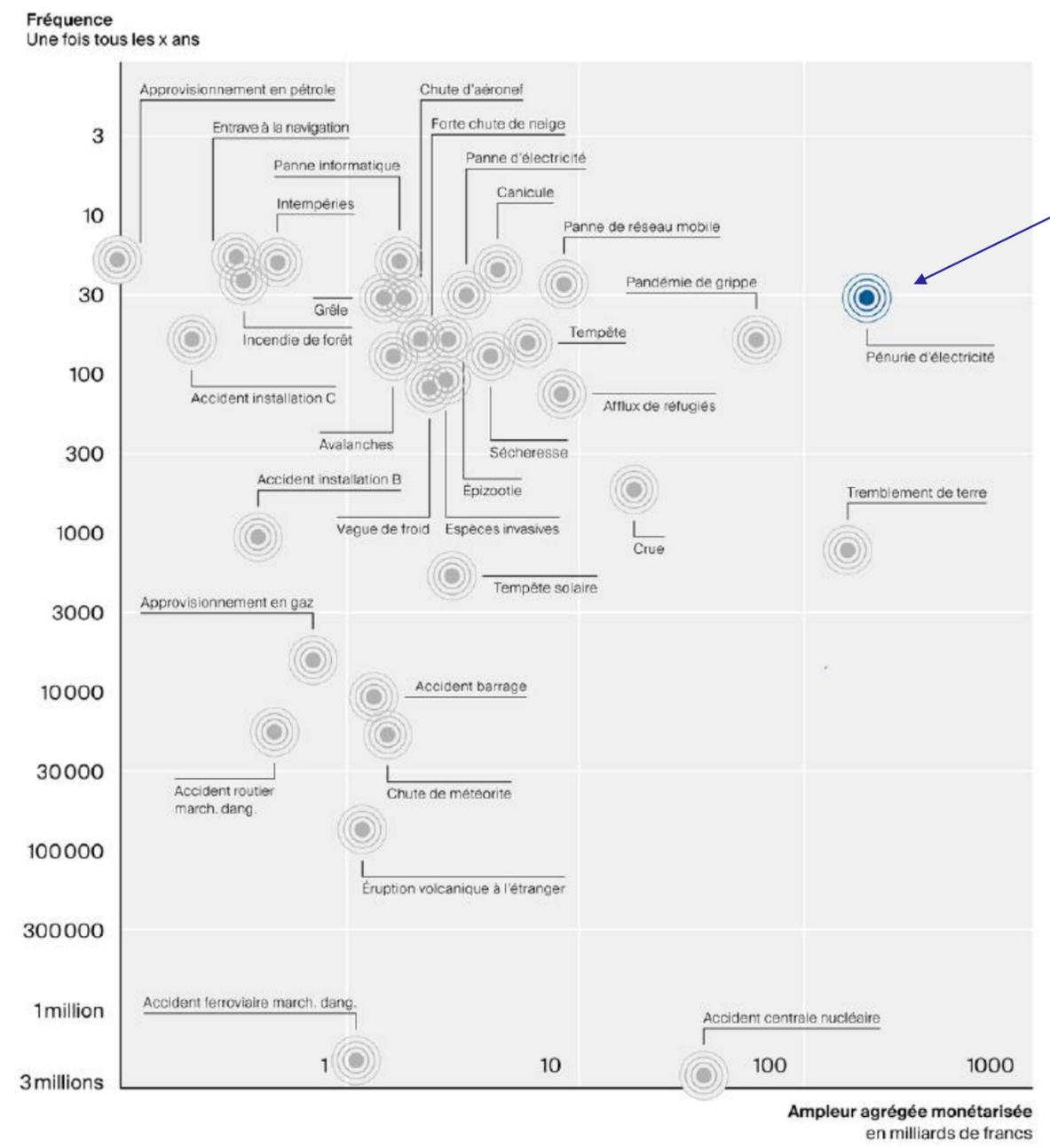


# Ce qu'il faut faire

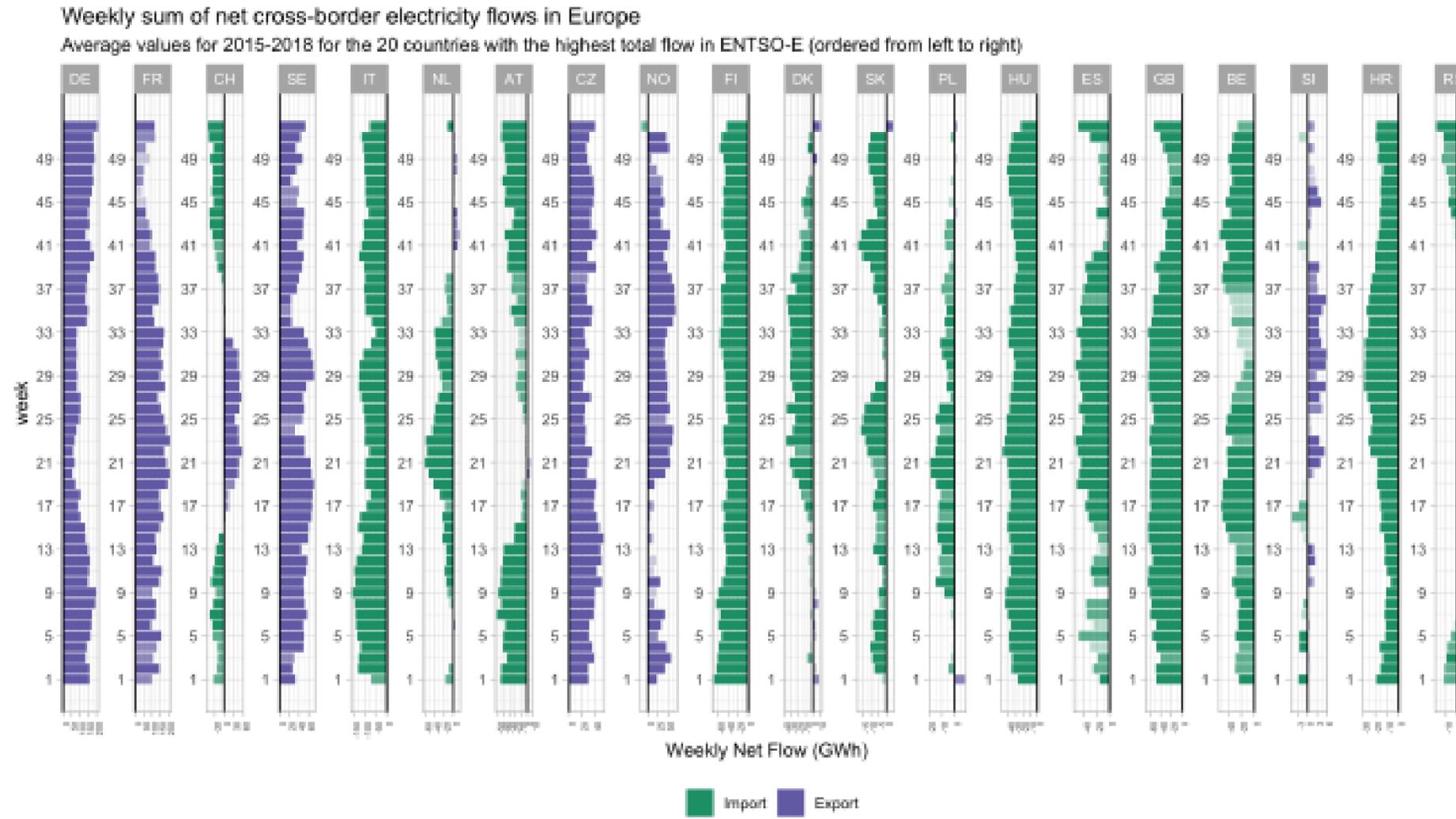


©Association négaWatt - [www.negawatt.org](http://www.negawatt.org)

# Enjeux d'une pénurie d'électricité



# Les flux d'énergie des pays EU

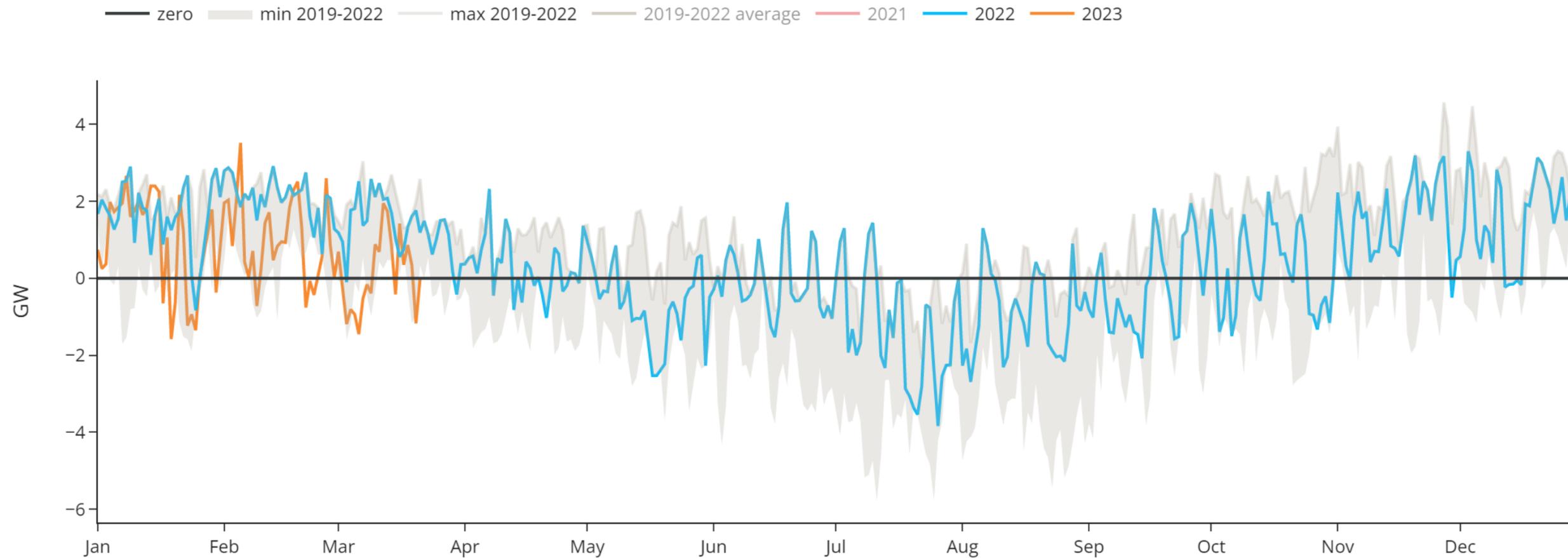


Solid bars show the weeks where in all the four years the net flow has the same sign - Data from ENTSO-E - Dataviz by @matteodelfice

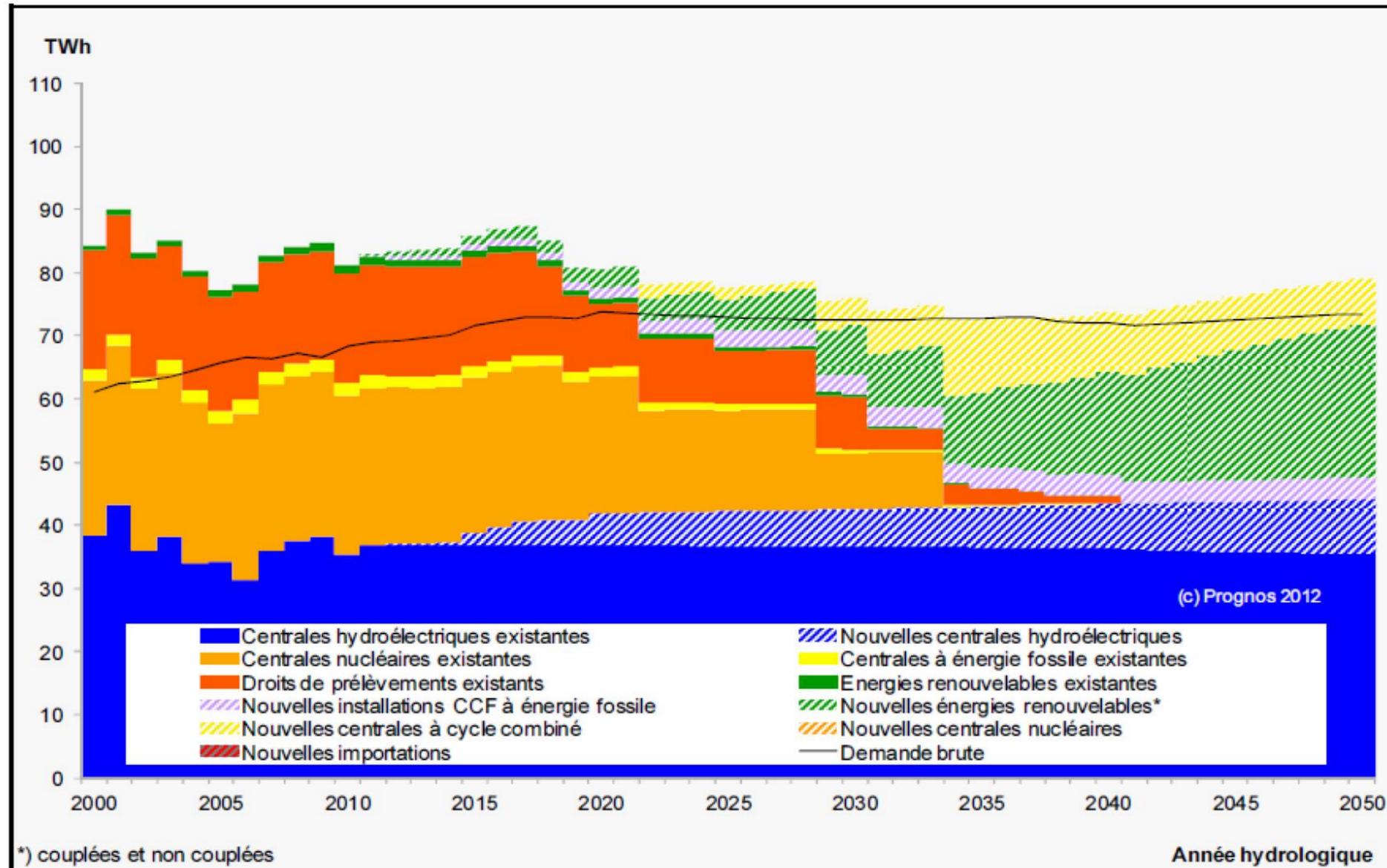
# Les imports net de la Suisse

## Switzerland daily net power imports

22-03-23 05:54



# Et le futur...



Source: Prognos 2012

# Il faut produire plus en hiver...mais pas comme ça

Le projet de Grengiols prévoit d'alimenter 200 000 ménages. Mais sans vouloir bétonner la montagne

## Une forêt de modules solaires sur l'alpe

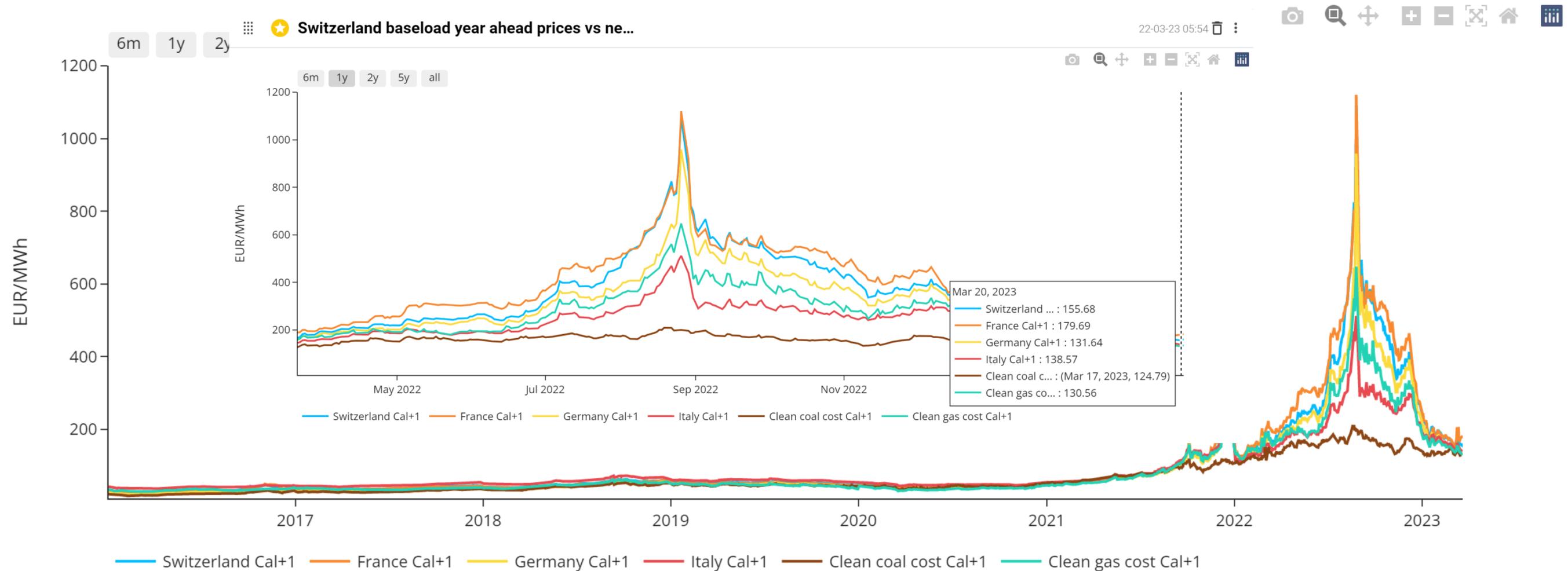


Le parc solaire alpin projeté à Grengiols dans la vallée de Binn comprendrait 910 000 modules photovoltaïques. SWISSTOPO/NIGHTNURSE IMAGES

# Les Cal+1

🌟 **Switzerland baseload year ahead prices vs ne...**

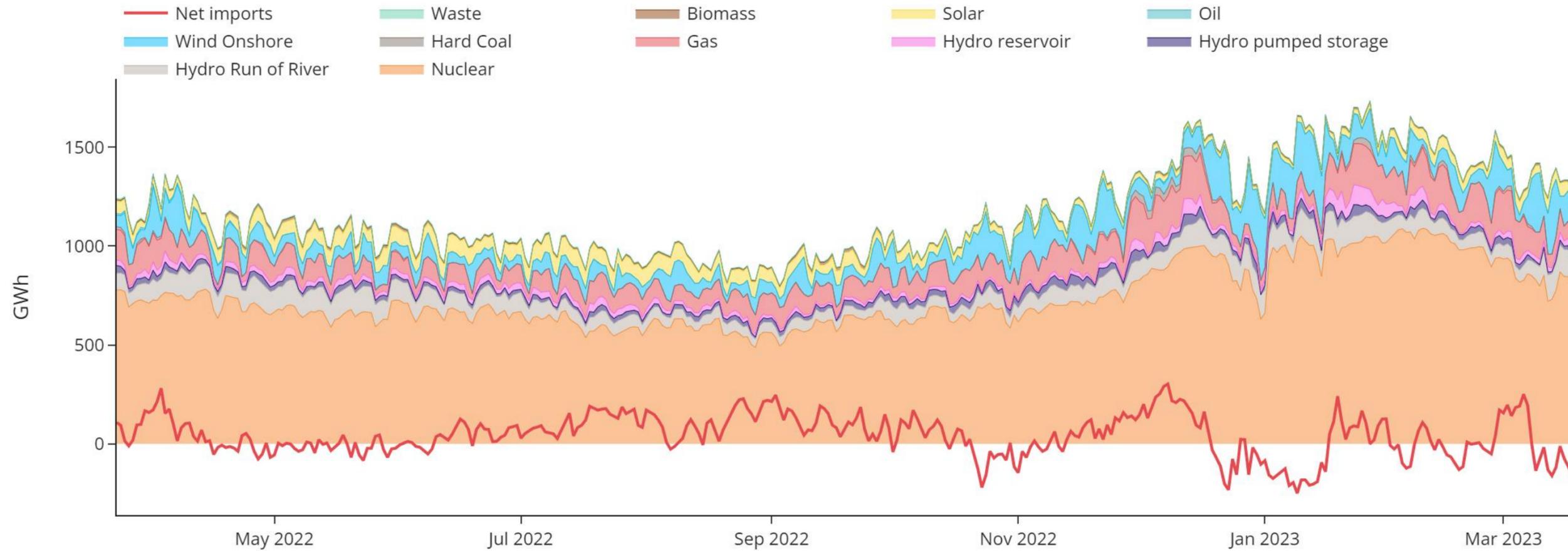
22-03-23 05:54



# La situation actuelle en France

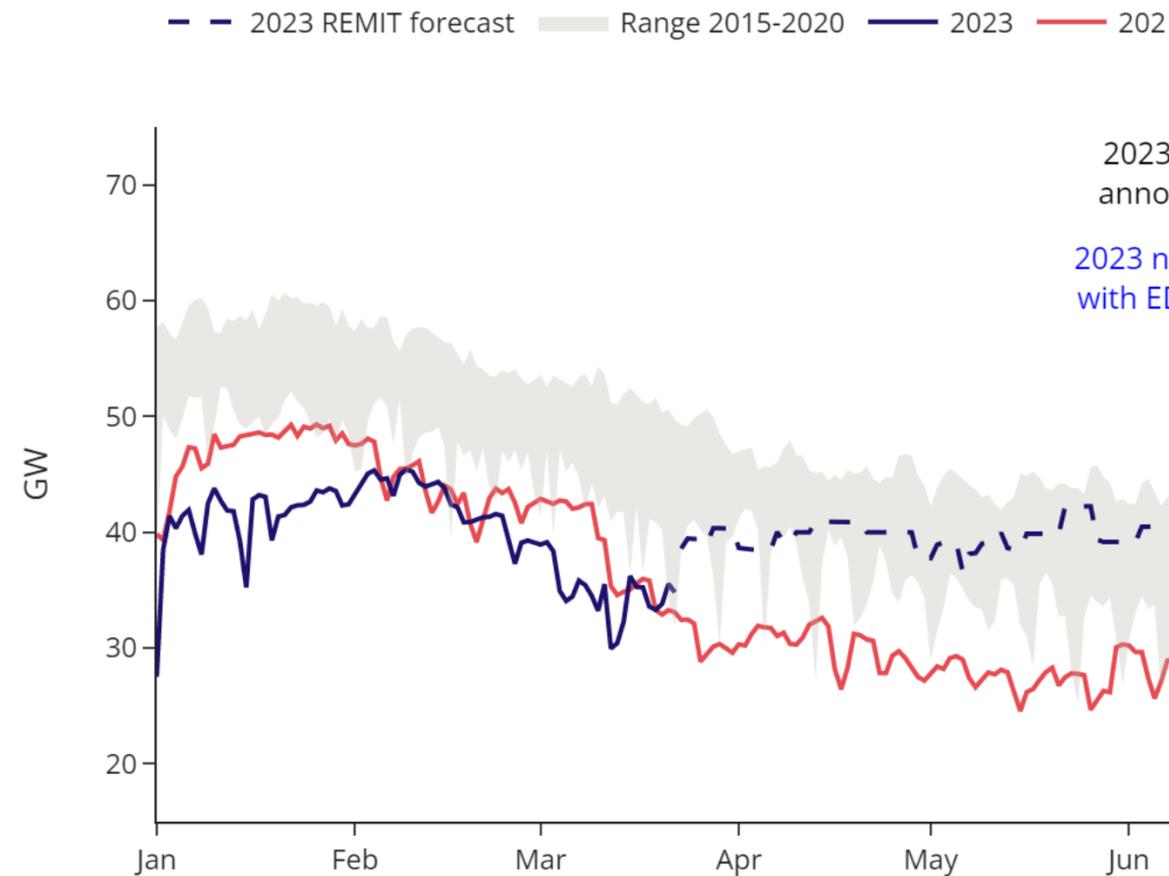
## 🌟 Daily France power generation stack

22-03-23 05:35 🗑️ ⋮



# La situation actuelle en France

## France nuclear generation with REMIT forecast



### Nucléaire : EDF, obligé de contrôler 200 soudures à risque

Une nouvelle fissure, plus grave, a été détectée sur un tuyau à Penly. ? L'électricien est contraint de vérifier plus de réacteurs que prévu. ÉNERGIE

# Gaz Allemand

## GEOPOLITIQUE DE L'ENERGIE DES PAYS BALTES



Browser tabs: https://si x | Sites et p x | Notion x | Thierry B x | smartvot x | Neuer Pe x | smartmc x | My tabs x | Revue M x | **RTS Sans gaz** x | Nord Str x | +

Address bar: rts.ch/info/monde/13803167-sans-gaz-russe-l-allemande-opere-un-virage-energetique-a-marche-forcee.html?rts\_source=rss\_t

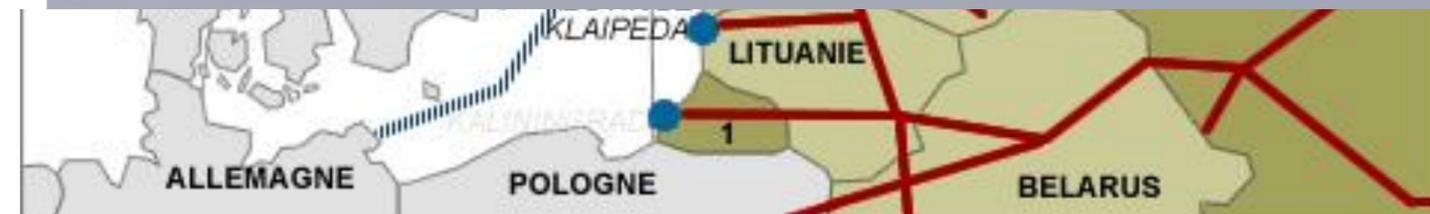
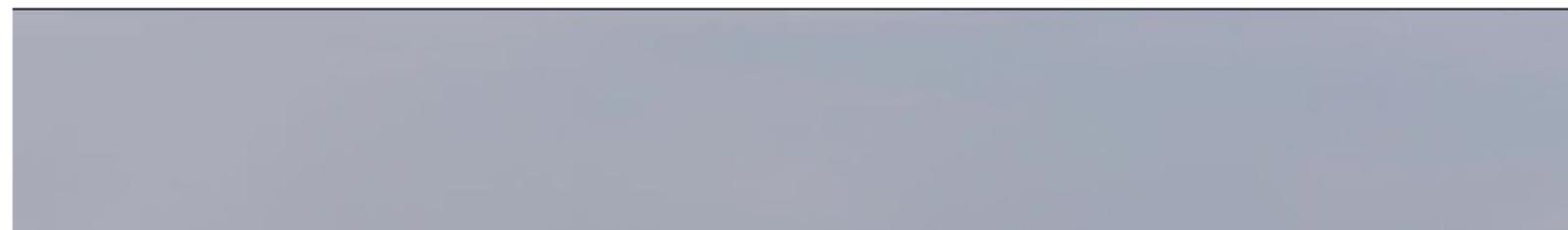
Navigation: Se connecter | S'inscrire | ma **RTS** | INFO | SPORT | CULTURE | PLAY RTS | AUDIO | TV | PROGRAMME TV | MÉTÉO | **LA RTS** | PLUS | RECHERCHER

Footer: INFO | TV | RADIO | UKRAINE | SUISSE | MONDE | ENVIRONNEMENT | ECO | SPORT | PLUS | Rechercher

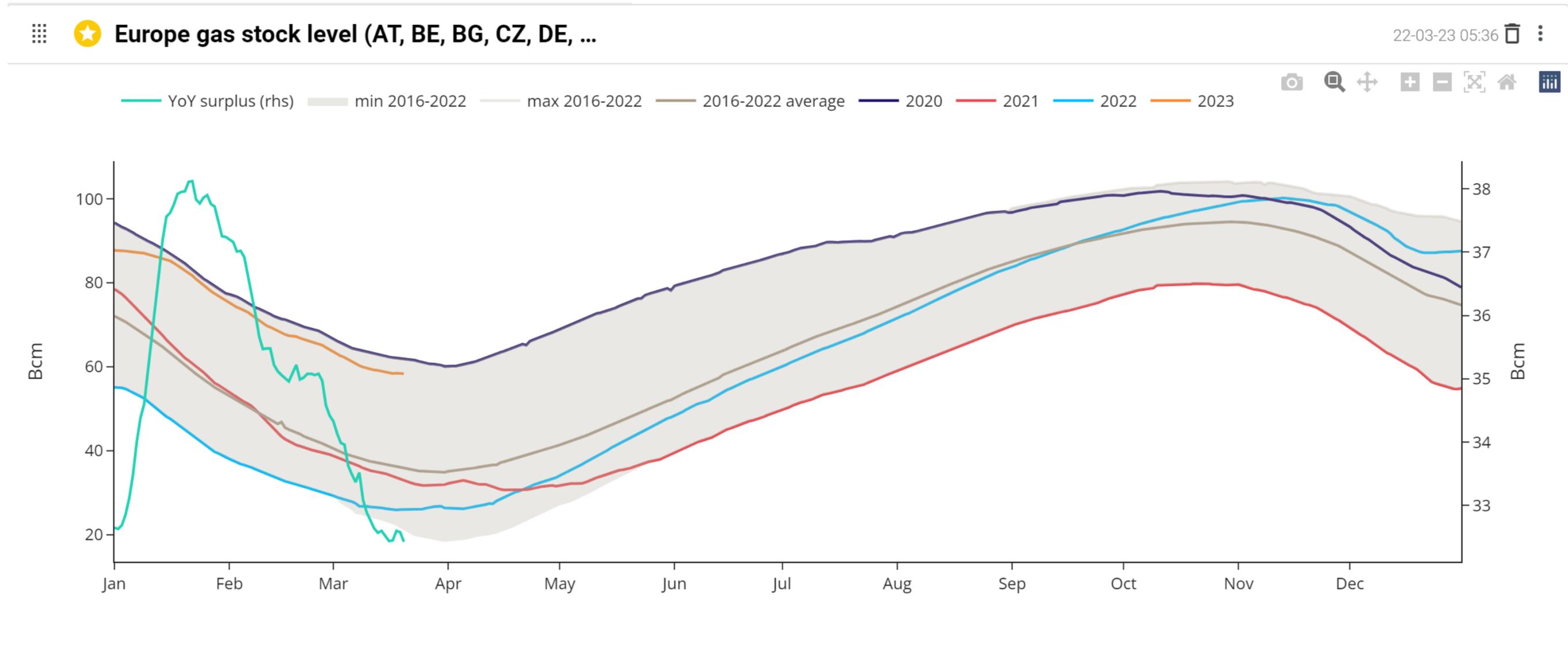
Monde Modifié le 23 février 2023 à 21:39



# Sans gaz russe, l'Allemagne opère un virage énergétique à marche forcée



# Stocks de gaz en Europe



# La Suisse est un pays TIERS pour le domaine de l'énergie

Agefi Online

## Energie: l'isolement de la Suisse s'accroît

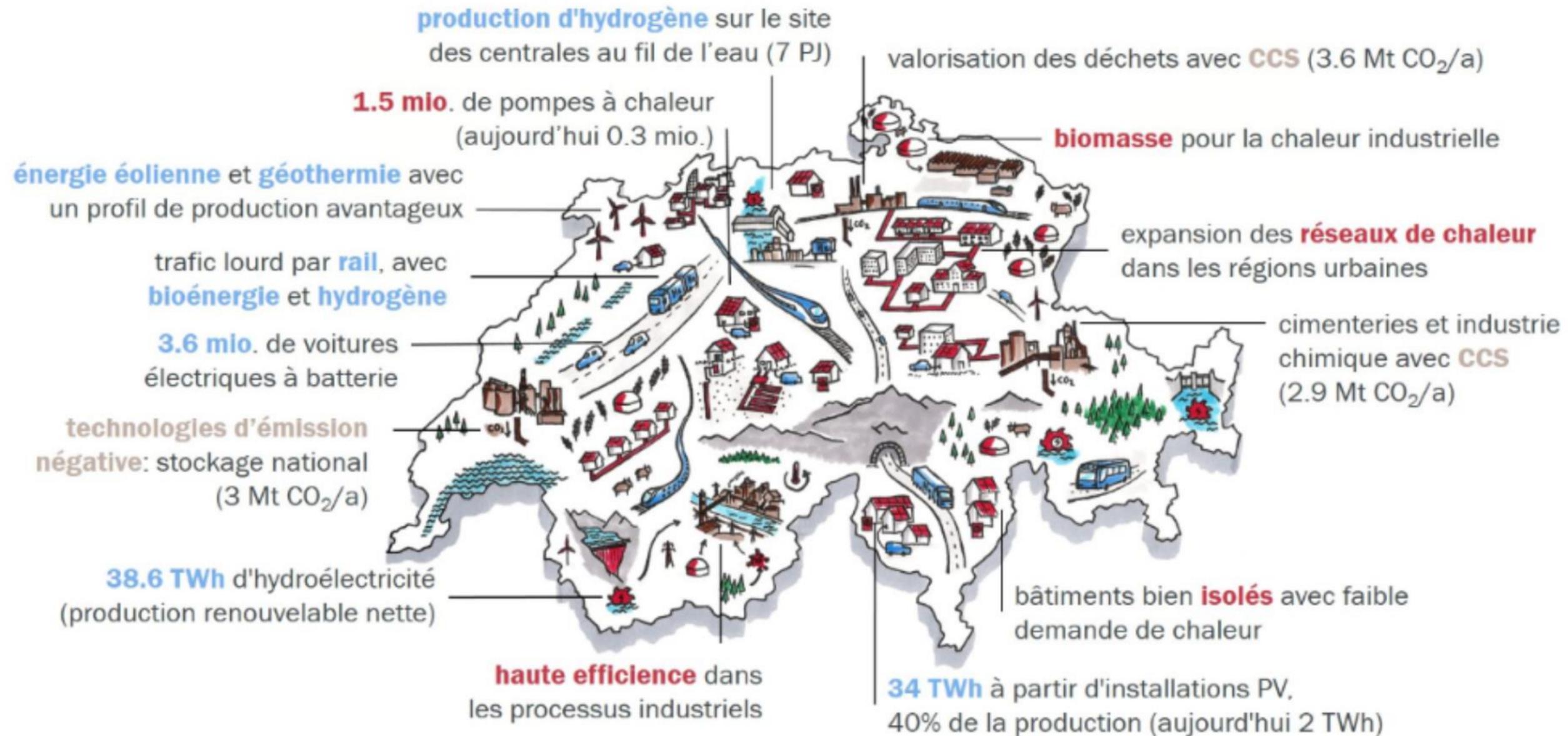
Fr 6.5.2022 | in 2 Minuten gelesen

«Sur l'échelle des priorités de l'UE en matière énergétique, l'approvisionnement de la Suisse ne se trouve qu'au 747 échelons», ironise un défenseur des intérêts du pays auprès des instances européennes qui préfère rester anonyme. Il admet cependant que le traitement envers la Suisse

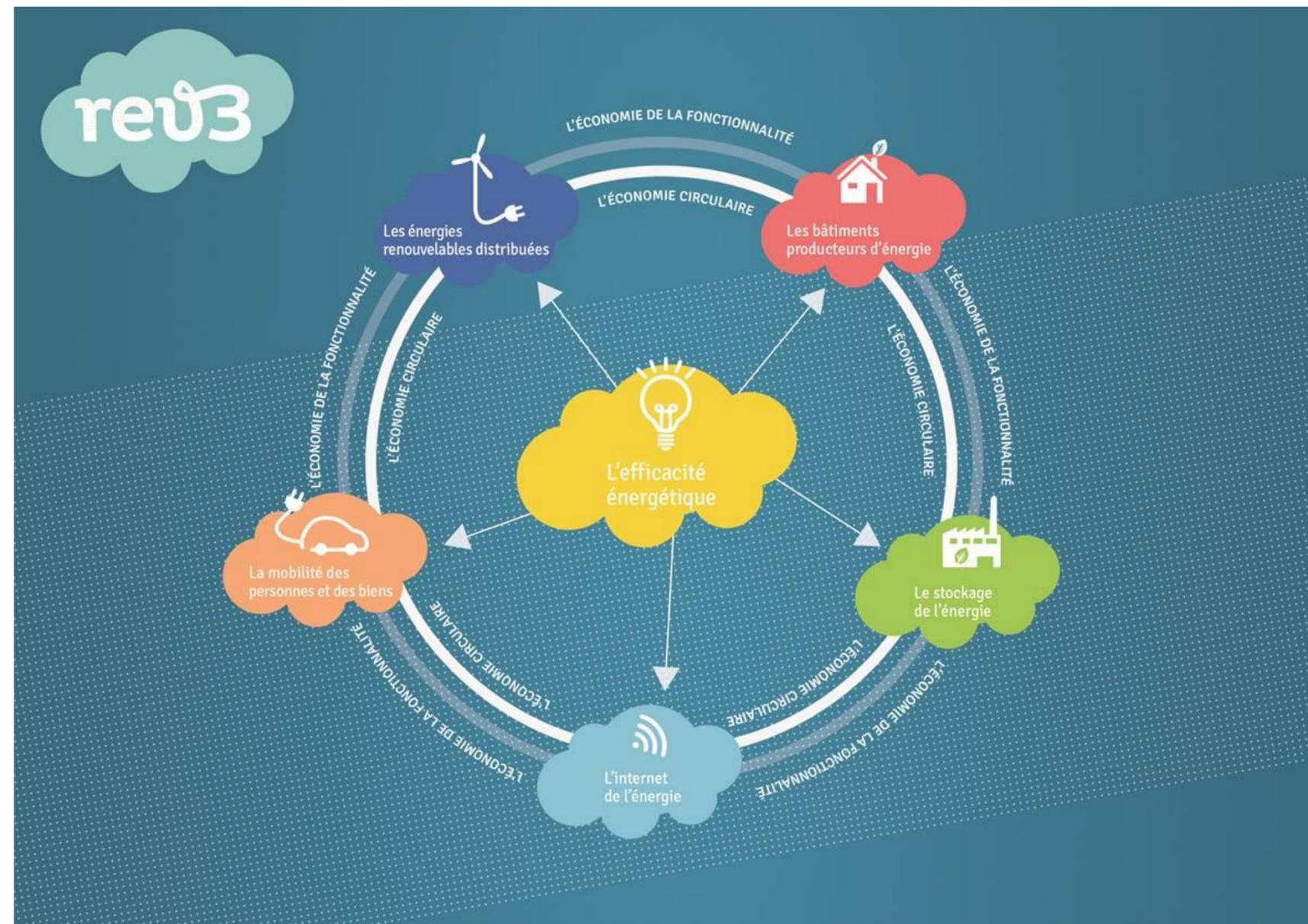
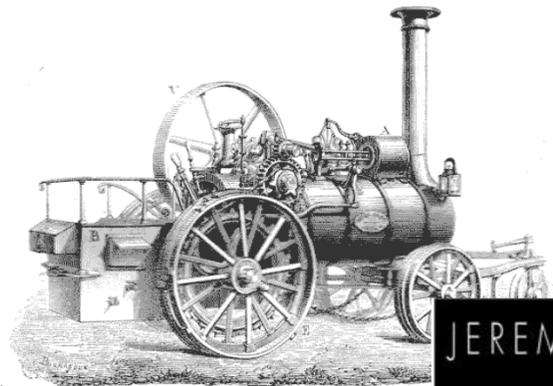
fonctionnaire de la Commission européenne. En plus, sans accord sur l'électricité entre les deux territoires, ils ne sont pas soumis à ce devoir d'entraide supranationale. Pour le fonctionnaire, «cette

# Objectif d'une Suisse neutre pour le climat en 2050

## Objectif d'une Suisse neutre pour le climat en 2050

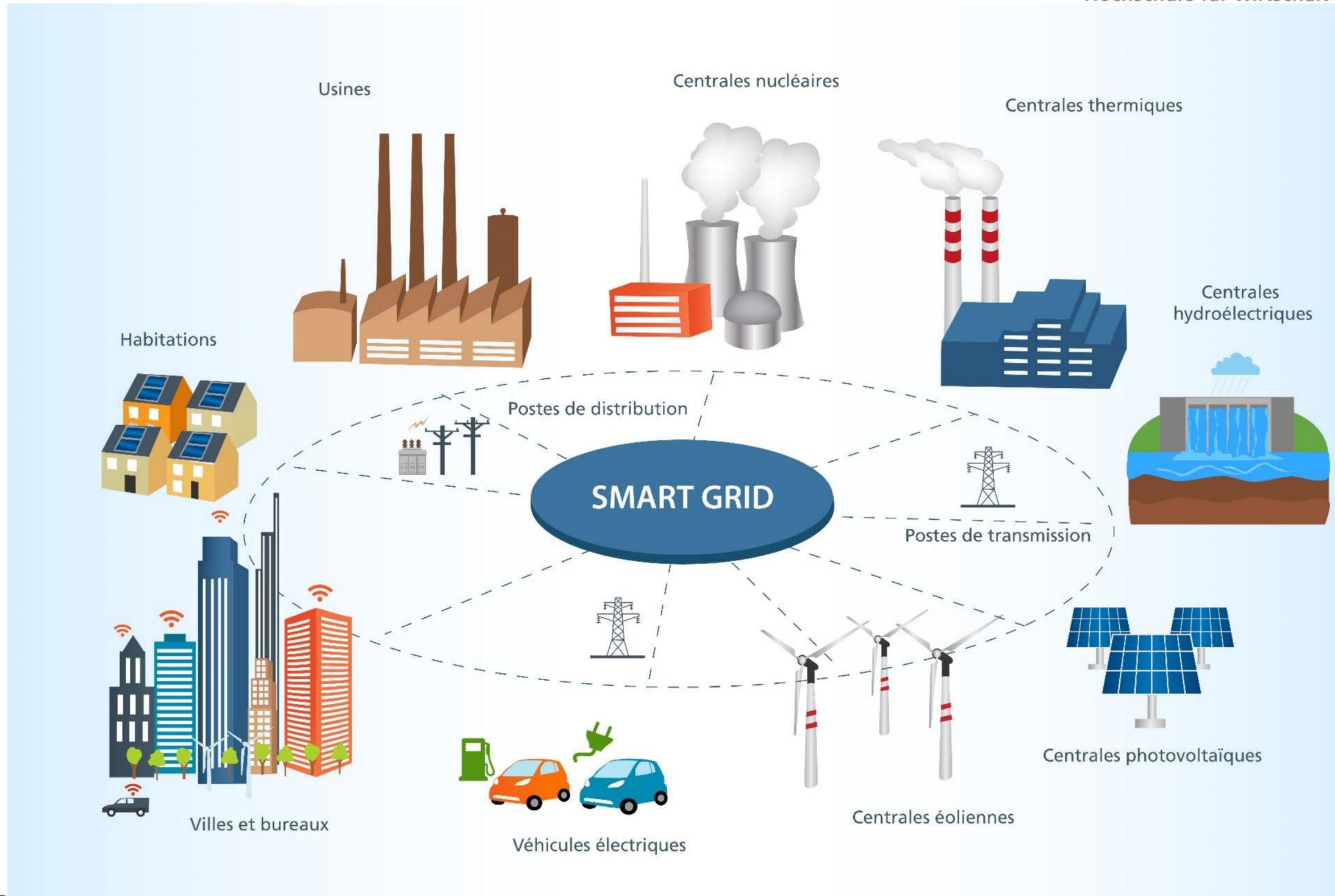


# La 3ème révolution énergétique

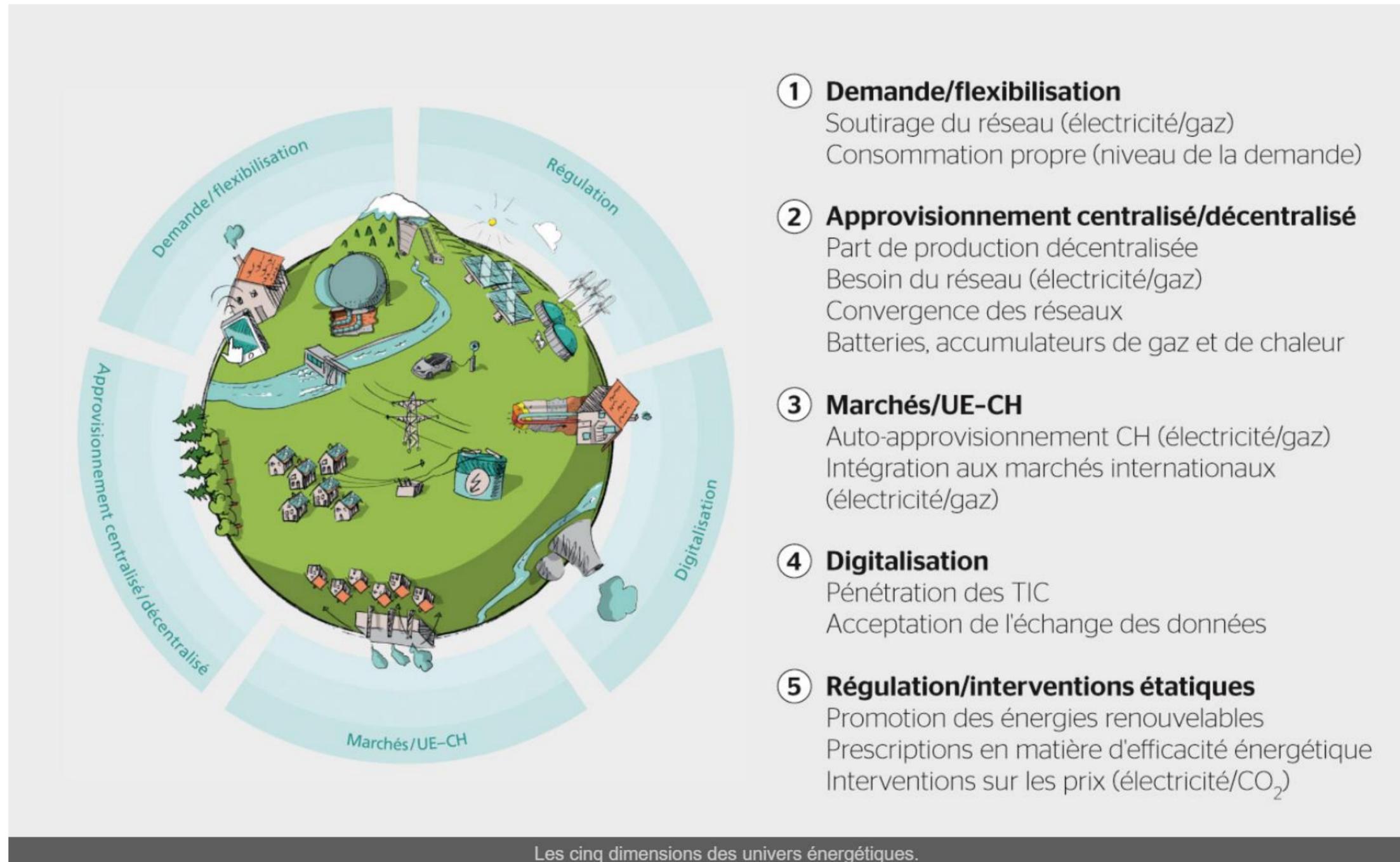




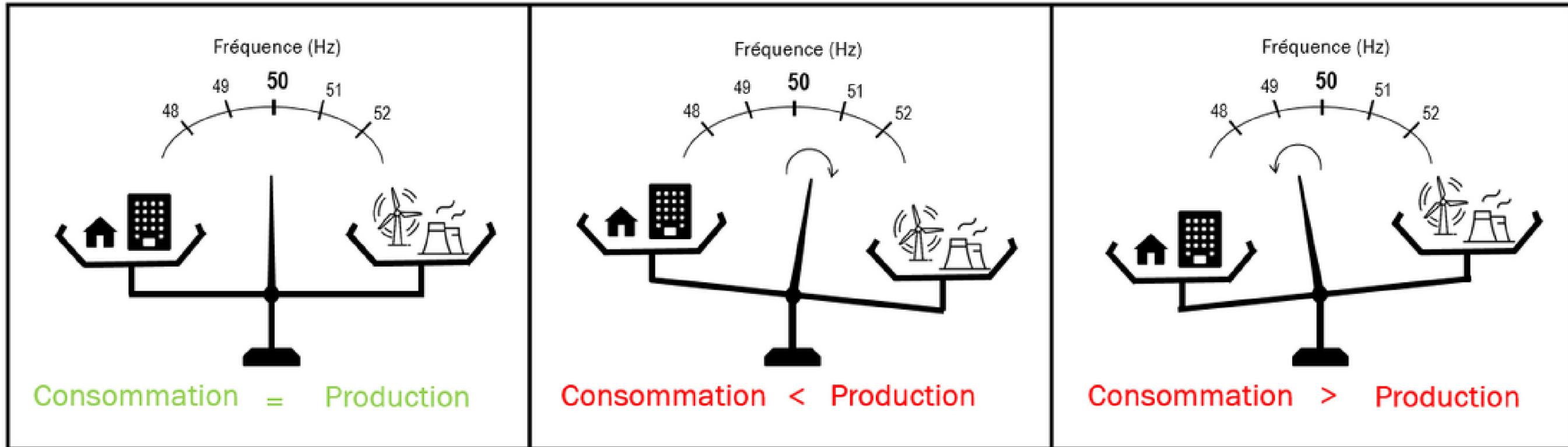
# Smart grid / smart metering



# Les enjeux vision de AES

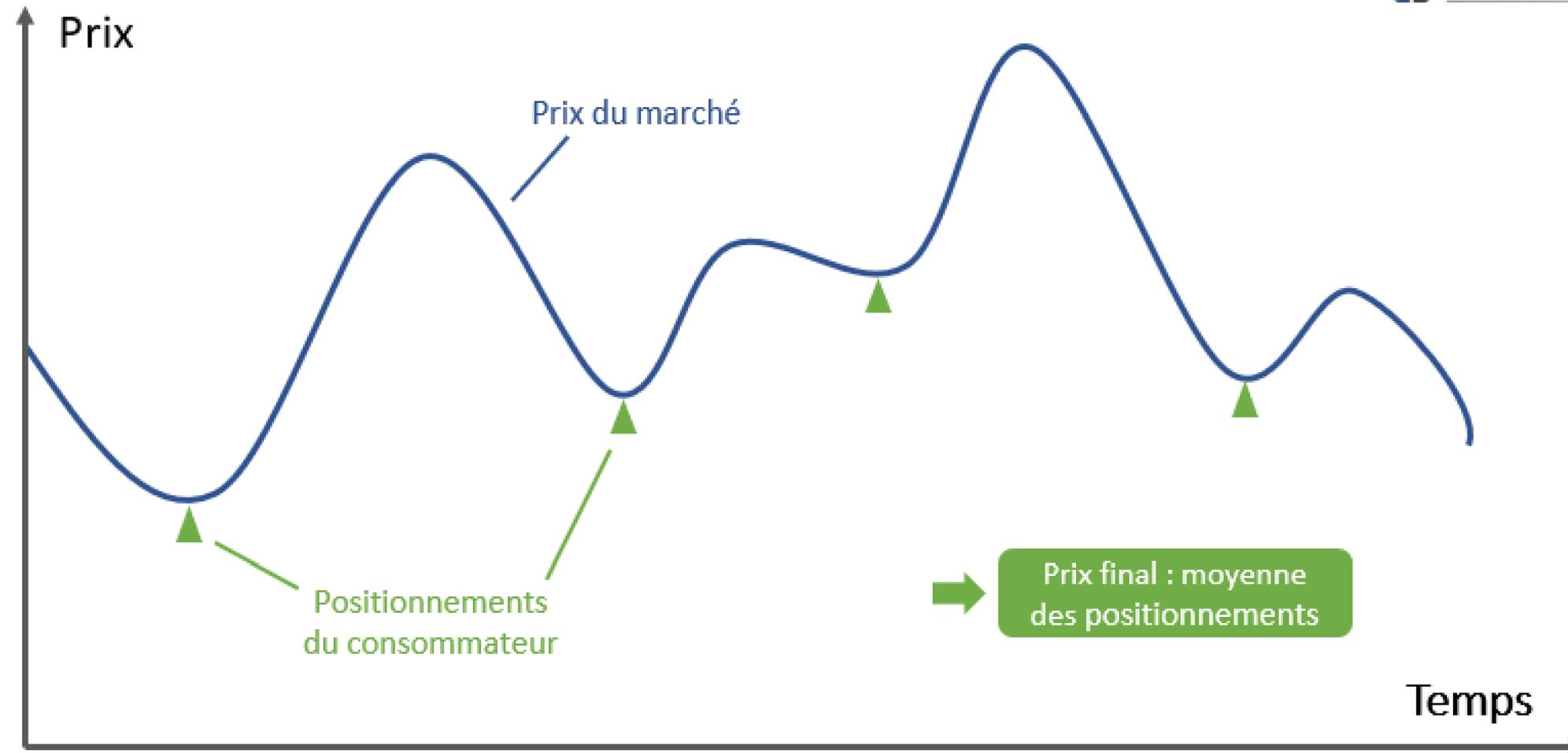


# Flexibilité



# Tarif dynamique

## Fonctionnement de l'offre dynamique



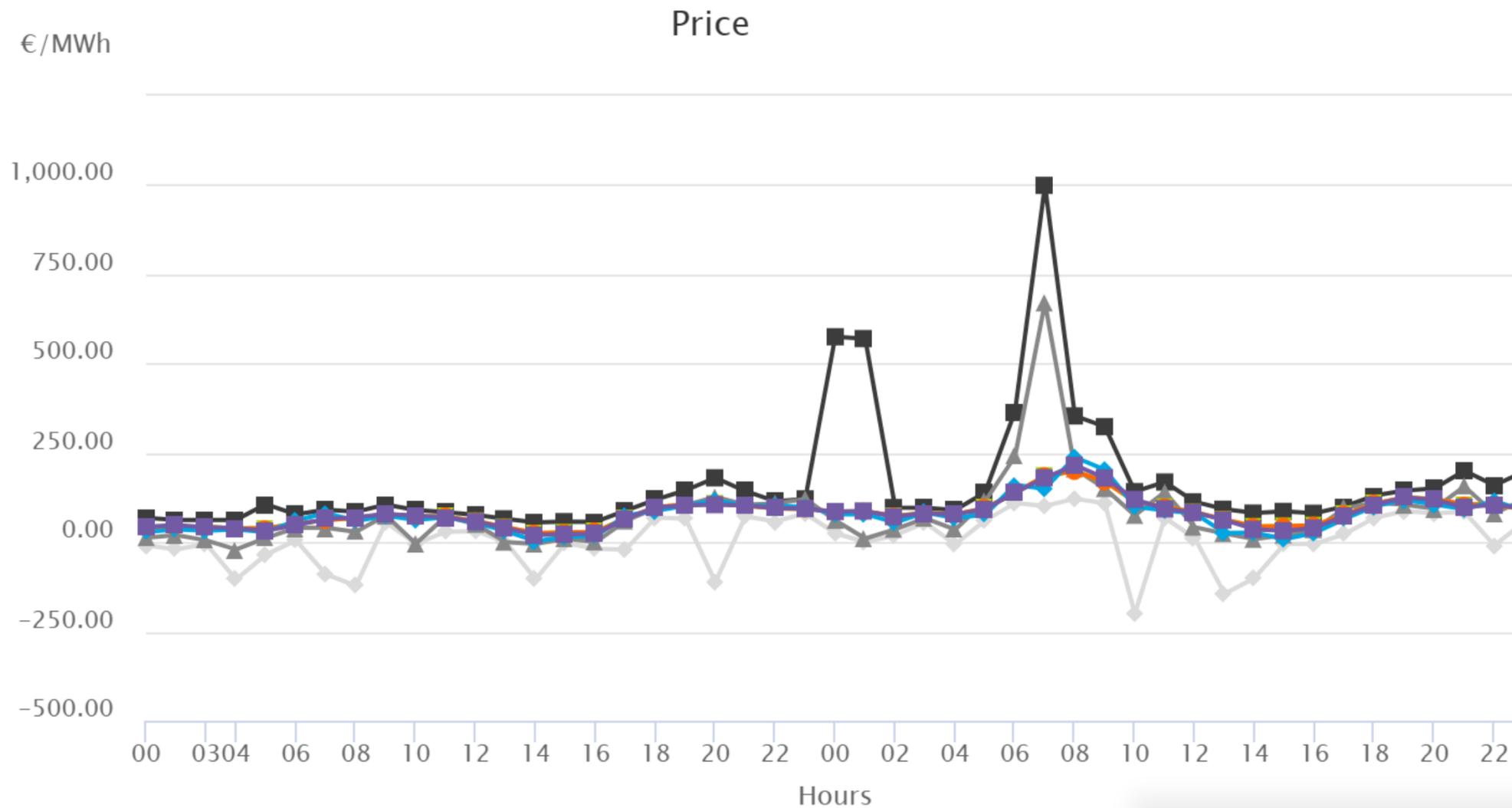
# Prix intraday

## Continuous > 60min > DE > 26 März 2023 & 27 März 2023

Letzte Aktualisierung: 28 März 2023 (01:47:35 CET/CEST)

Time Range 2 Days

Price



# Scénario Tournesol (EMPA)

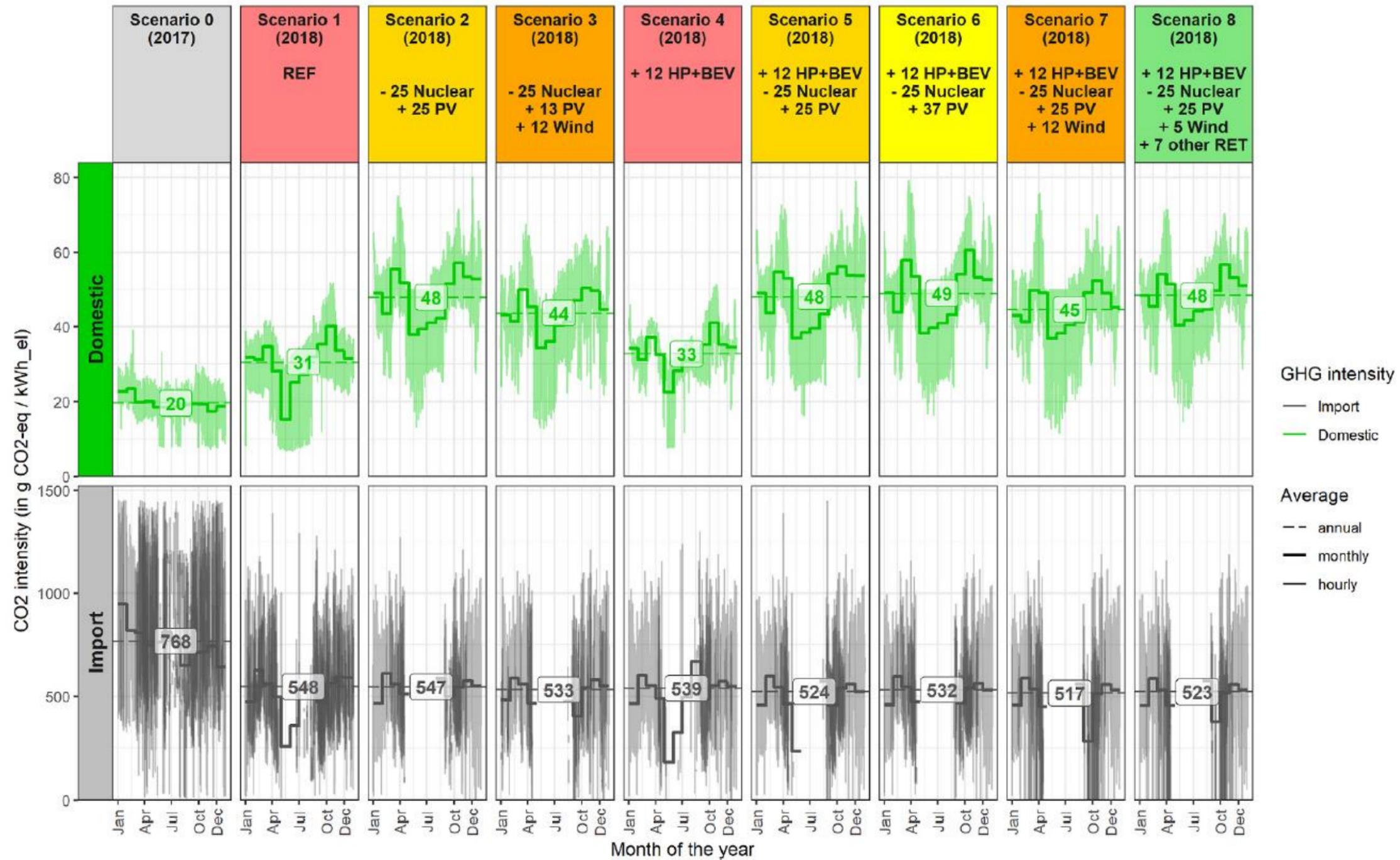


Fig. 9. Hourly, monthly, and annually-averaged GHG intensities of domestically produced (top) and imported electricity (bottom).

# Gérer les communs



Un village suisse à l'origine de deux petites révolutions écologiques



## Merci de votre attention



Stéphane Genoud, Ph.D  
Haute Ecole de Gestion et Tourisme,  
Institut Entrepreneuriat et management  
Techno-Pôle 3  
3960 Sierre  
+41 79 625 56 53  
[Stephane.genoud@hevs.ch](mailto:Stephane.genoud@hevs.ch)

*Transition énergétique, les réseaux électriques seront-ils encore nécessaires demain ?*

**Nicolas Charton**

Managing director  
E-CUBE

# Comptoir Nord Vaudois

Transition énergétique, les  
réseaux électriques seront-ils  
encore nécessaires demain ?

Yverdo

08.03.202

3

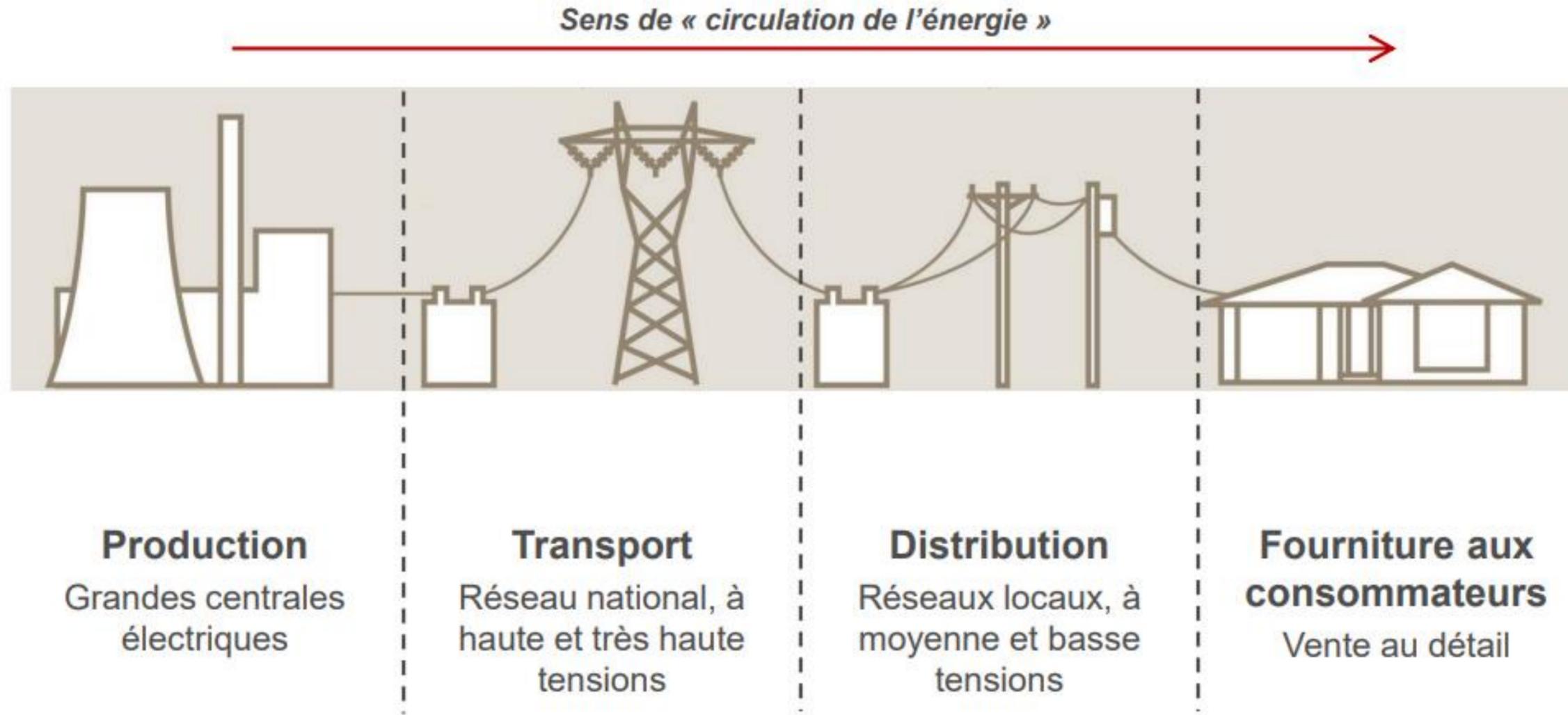


**E-CUBE**

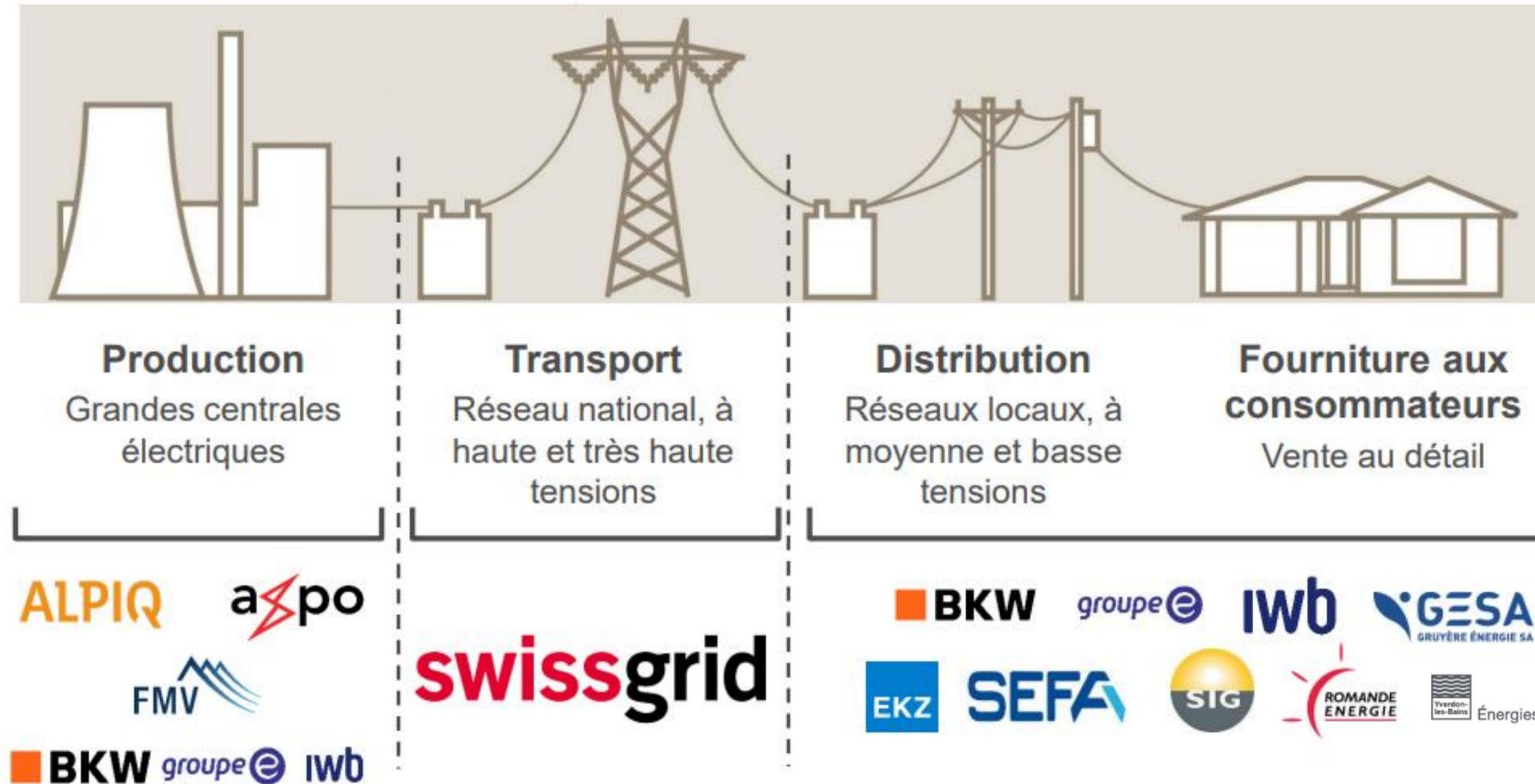
**STRATEGY  
CONSULTANTS**

# Historiquement le système électrique est organisé « en sens unique » de manière centralisée

SCHEMA DE L'ORGANISATION HISTORIQUE DU SYSTEME ELECTRIQUE



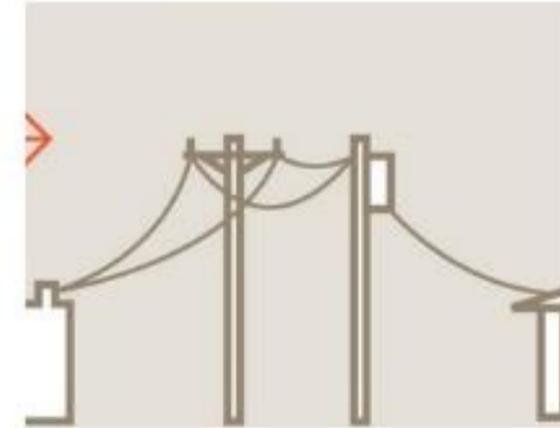
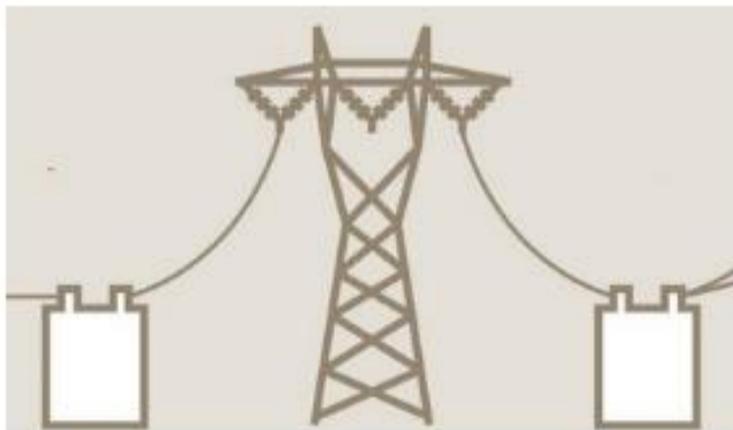
# En Suisse les acteurs se positionnent sur le marché suivant cette organisation



# Le réseau électrique Suisse, c'est plus de 200'000 km de lignes de transport et distribution

## Transport [2019]

- 6'590 km de lignes
- 2'641 MCHF d'immobilisations
- 140 MCHF d'investissement annuel

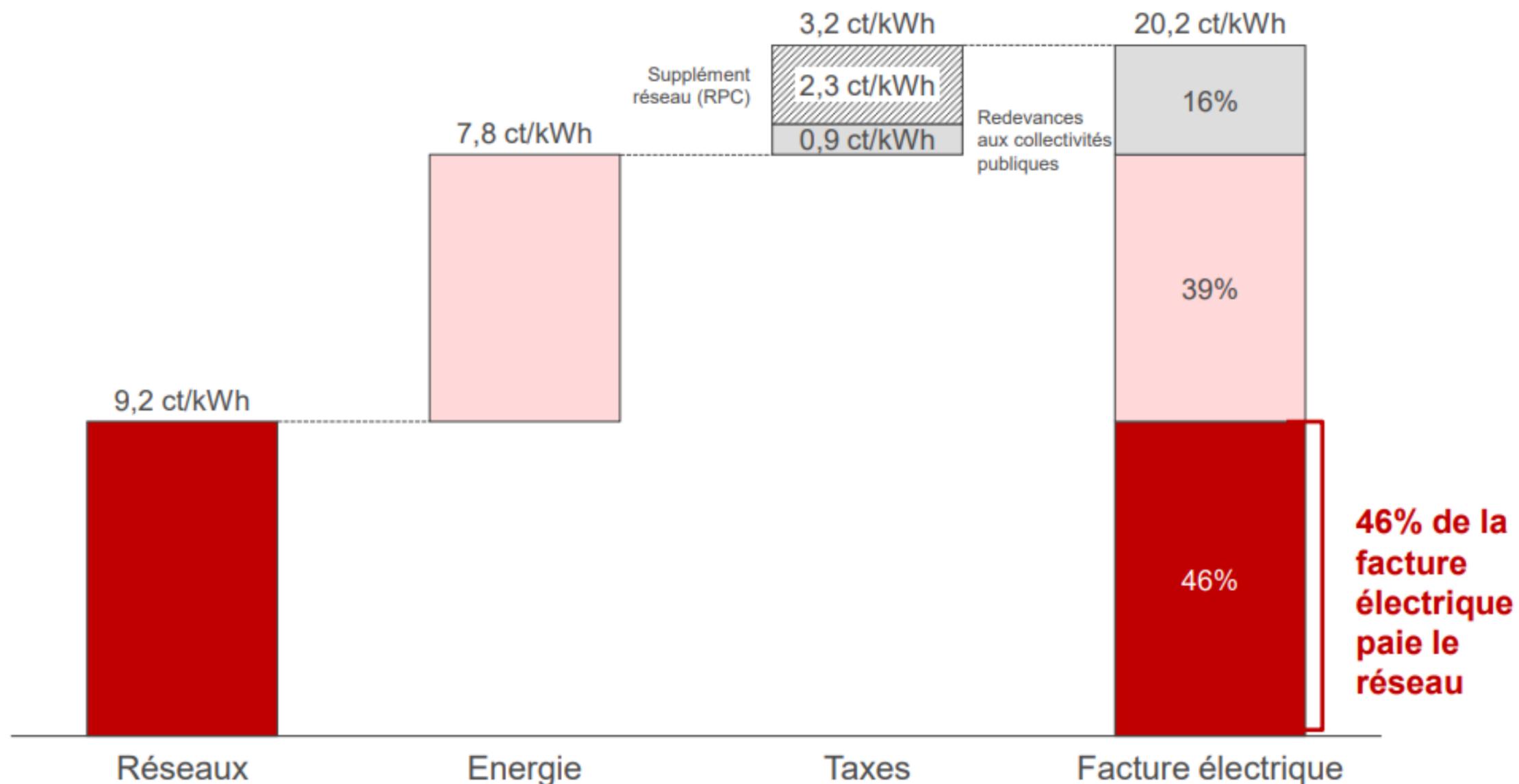


## Distribution [2019]

- 195'793 km de lignes
- 18'900 MCHF d'immobilisations
- 1'350 MCHF d'investissement annuel

# La facture électrique nationale se décompose en trois parts, dont les réseaux représentent 46% du total

COMPOSITION DE LA FACTURE ELECTRIQUE EN SUISSE (ct/kWh, 2019)



Plus largement ce réseau est interconnecté avec le réseau électrique européen géré de manière synchronisée



Imbalancing netting:  
IGCC



aFRR: PICASSO



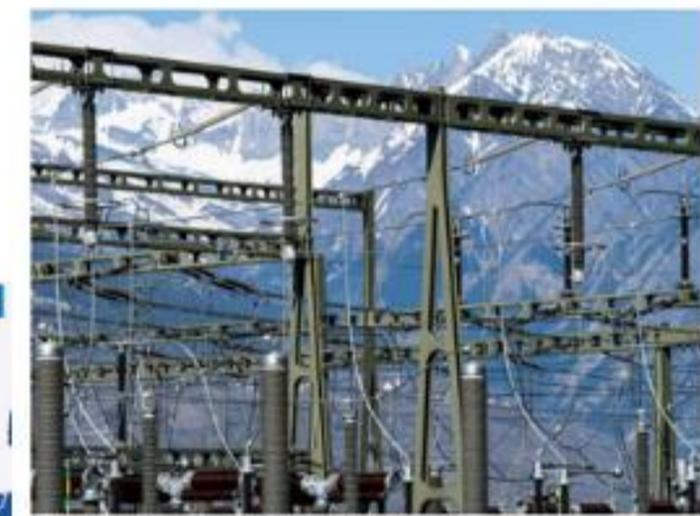
mFRR: MARI



RR: TERRE



**ÉCONOMIE**  
**Le réseau électrique ukrainien est « connecté » au réseau européen**  
16-03-2022 10h29



L'Ukraine était jusqu'à l'invasion connectée au réseau russe (Photo d'illustration)  
Photo: GETTY IMAGES/OLIVIER MARI  
Le réseau électrique ukrainien est désormais 'connecté' au réseau européen, ce qui doit aider à préserver sa stabilité et son fonctionnement malgré la guerre, ont annoncé mercredi l'Union européenne et l'Ukraine.

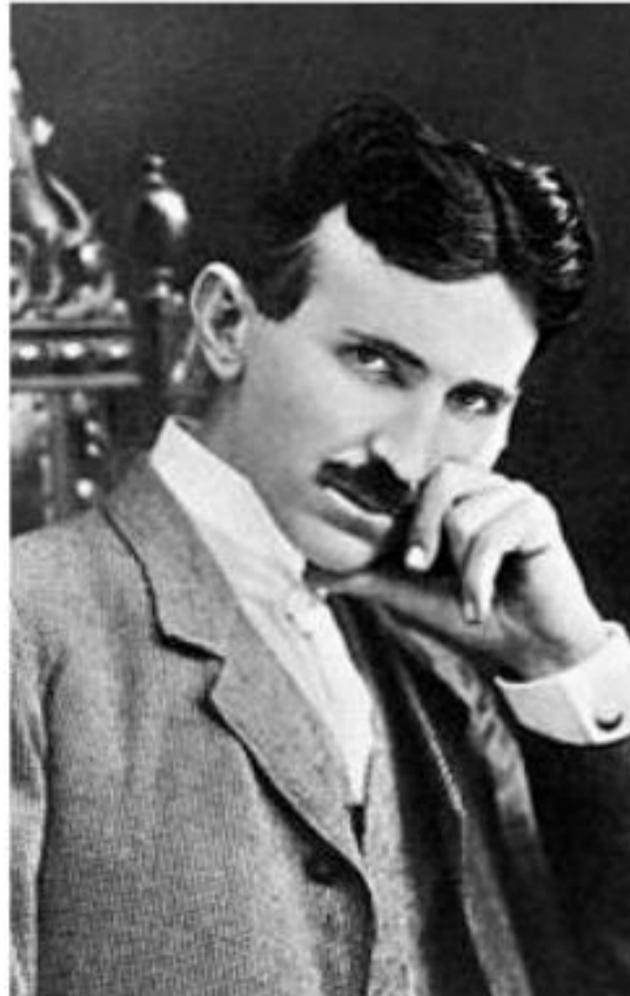
# Les interconnexions sont aujourd'hui essentielles pour la sécurité d'approvisionnement de la Suisse

- Swissgrid communique régulièrement sur **l'importance des interconnexions et de la coordination avec l'UE** sur ce sujet – Yves Zumwald «*Durant la période hivernale, la nuit, la Suisse importe jusqu'à 40% de ses besoins en électricité.*» ; «*Les accords techniques ne sont pas une alternative à l'accord suspendu sur l'électricité. Il s'agit d'éléments partiels, qui ne concernent pas la solidarité européenne générale dans l'approvisionnement en cas de pénuries.*»
- **Les puissances en jeu (NTC import de ~8.5 GW) sont conséquentes** par rapport à la production (~20 GW installés) et demande (~10 GW de pointe) suisse
- Les dernières études publiées par le DETEC (2021) montrent qu'une réduction de 80% de ces interconnexions peut créer un risque de pénurie sur **2 jours en moyenne par an – contre zéro avec.**

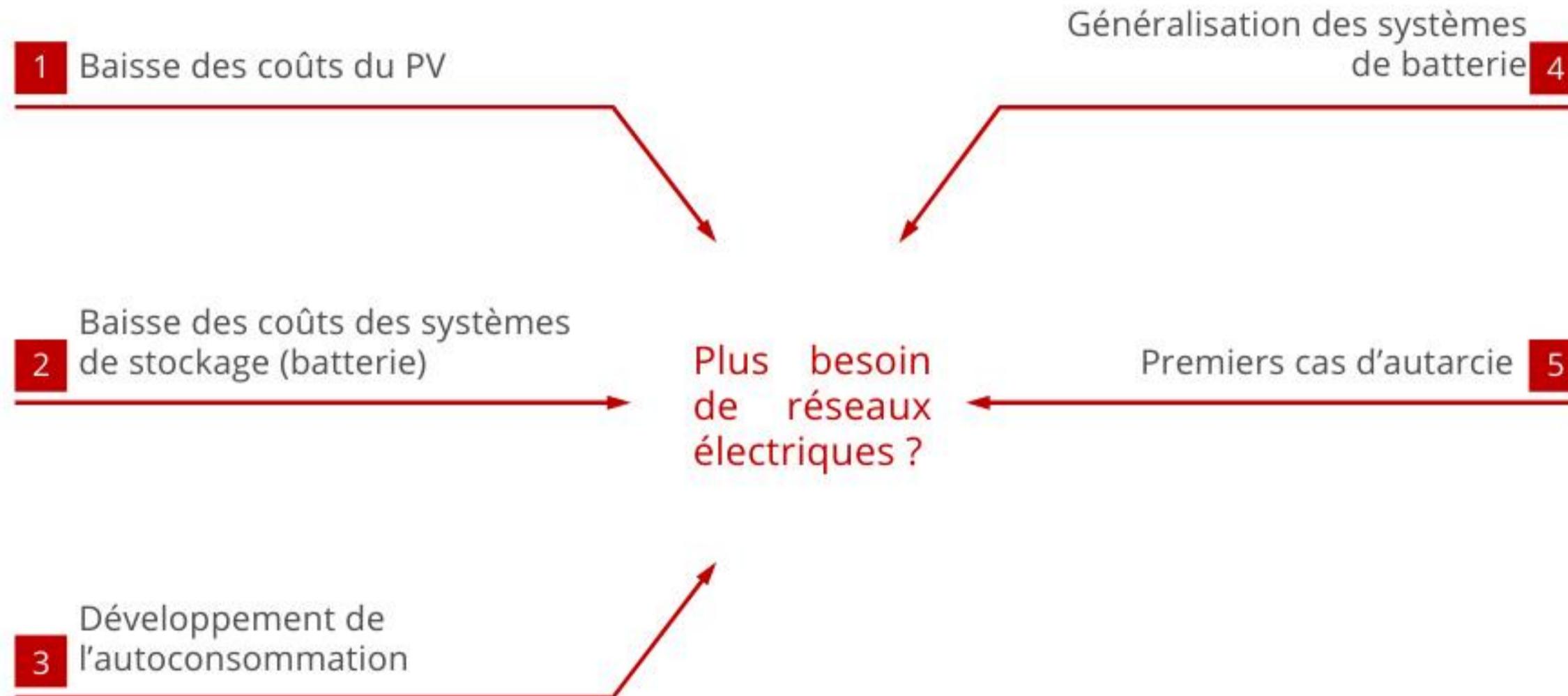
Malgré tout cela la question ...

Transition énergétique, les réseaux électriques seront-ils encore nécessaires demain ?

C'est une des premières questions du système électrique



Plusieurs facteurs conduisent aujourd'hui cette question à émerger de nouveau



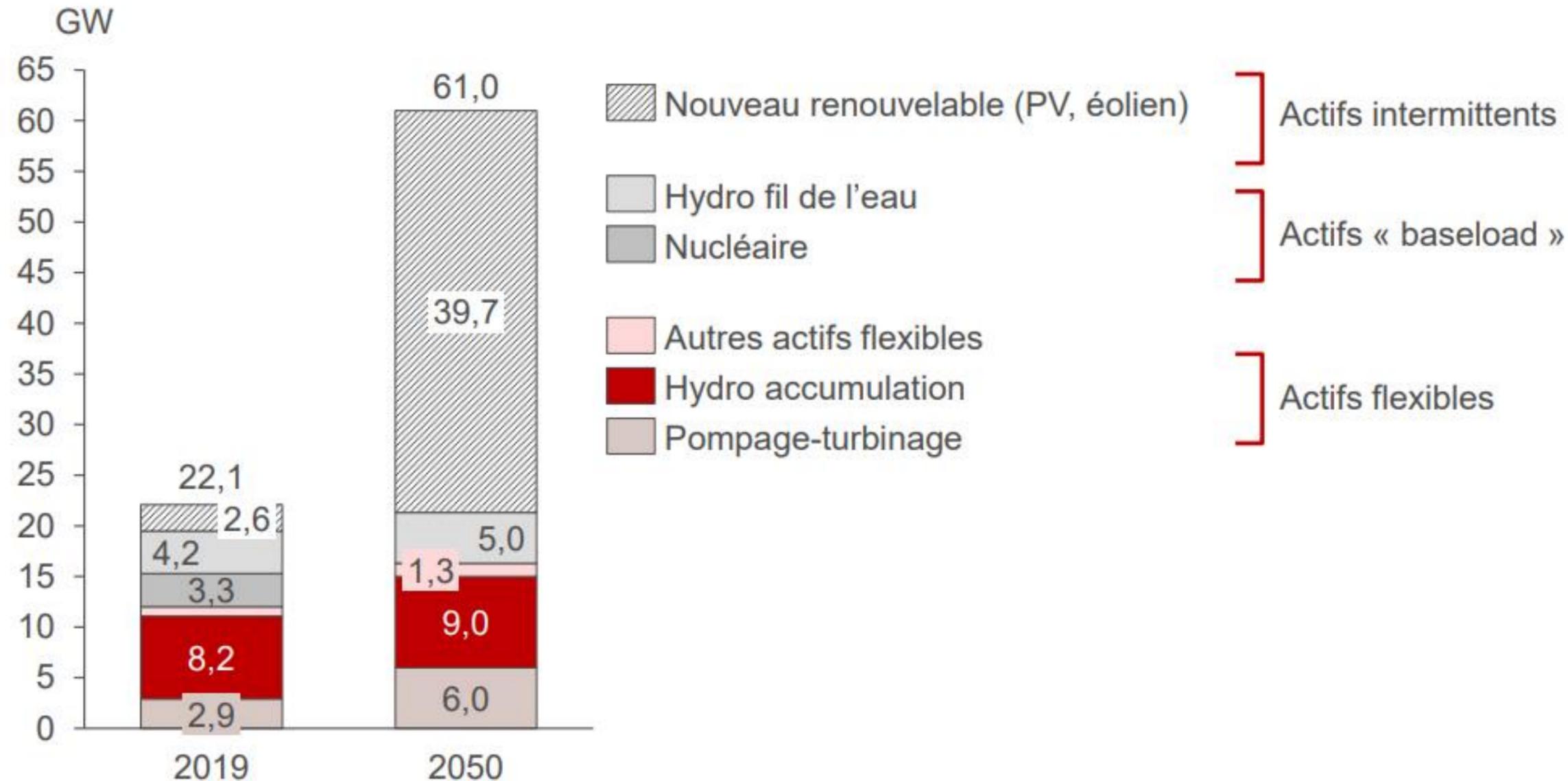
Pourtant on communique sur une augmentation des investissements dans le réseau

UE (Eurelectric) : 400 Mrd€  
d'investissement d'ici à 2030

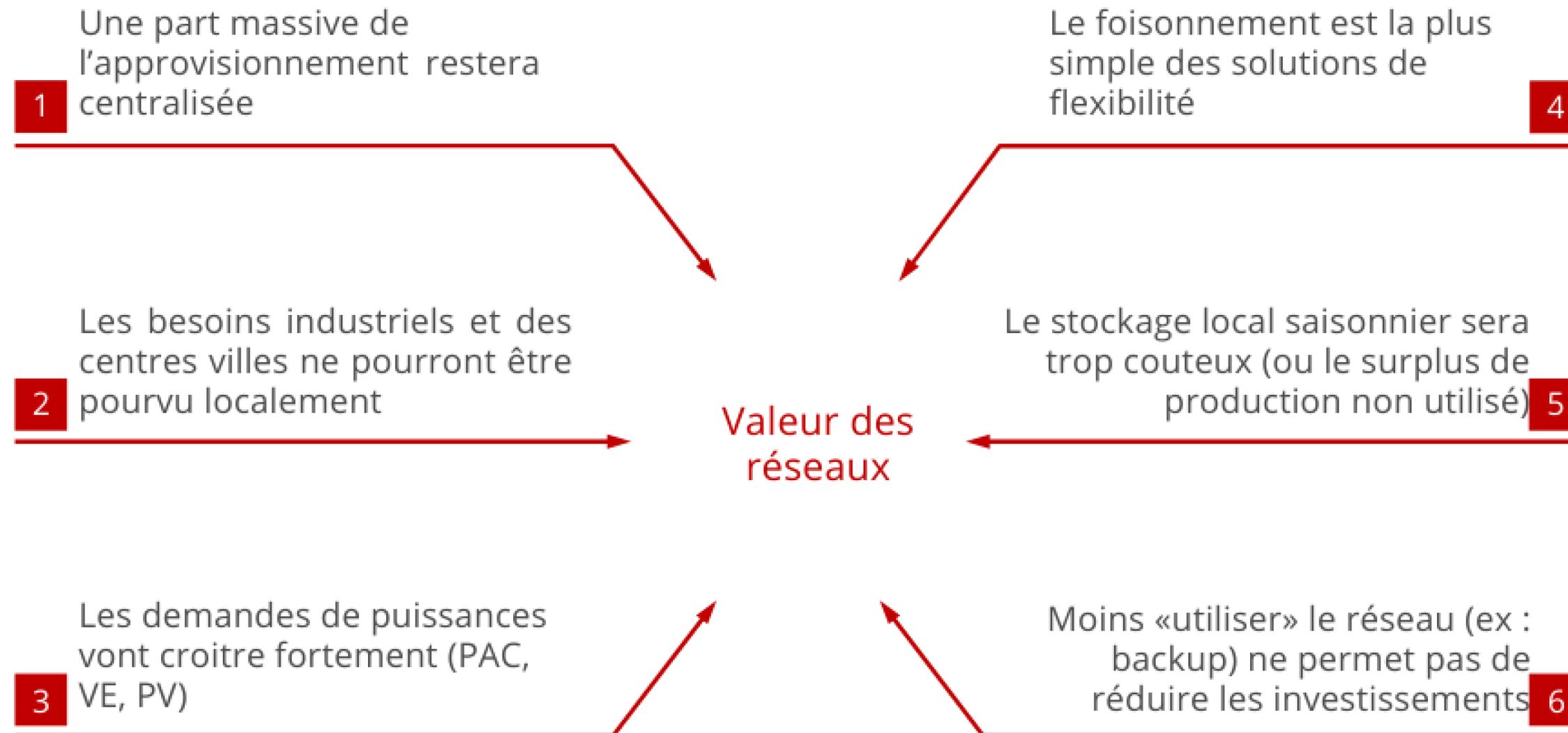
CH (OFEN) : 50% à 70%  
d'investissements supplémentaires  
pour accueillir l'électrification

# Le mix énergétique Suisse va drastiquement évoluer

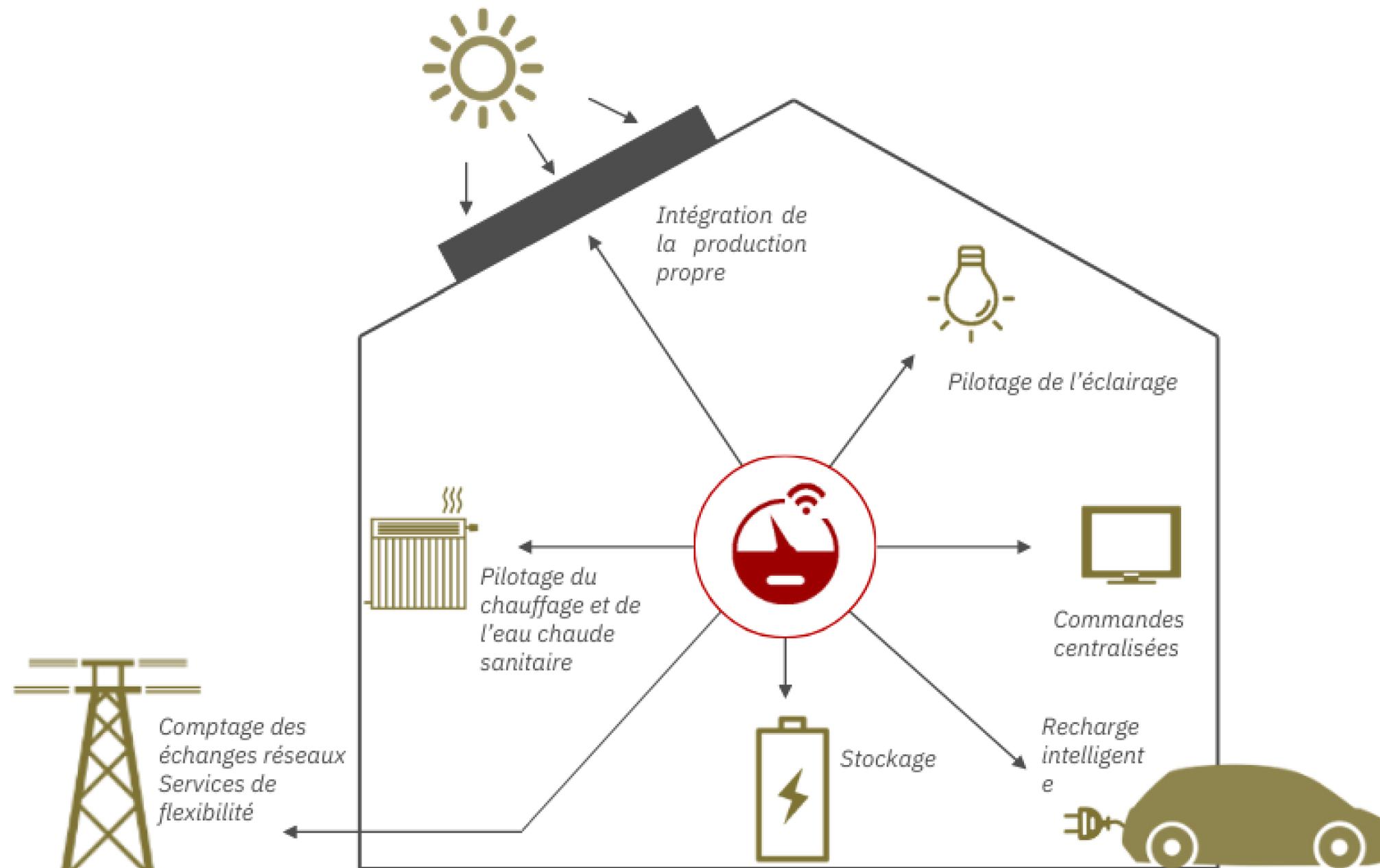
## PUISSANCE INSTALLÉE EN SUISSE [GW]



# In-fine, même si localement des cas d'autarcie peuvent apparaître, l'optimum global passera par les réseaux



Pour autant, le réseau va fortement évoluer : il devra fonctionner en cohérence avec un ensemble de systèmes pilotables



Merci pour votre attention



**Nicolas Charton**  
*Managing Director Lausanne*

Av. de Rumine, 33  
CH – 1005 Lausanne, Suisse  
+41 78 976 82 32



*E-CUBE Strategy Consultants is a tier-1 strategy consultancy focusing on Energy, Mobility and Infrastructure issues. We operate globally with offices located in Paris, Lausanne, Brussels, Munich, Tunis, San Francisco, Chennai and Hong-Kong.*

*For more information please visit our website: [www.e-cube.com](http://www.e-cube.com)*

# *Quid des réseaux pour Yverdon Énergies?*

## **Gaël Zbinden**

Directeur Département  
Réseaux de distribution  
Yverdon Énergies



Proches de vous,  
engagés pour un avenir durable.

**Yverdon Energies**  
Est un acteur majeur et reconnu  
de la transition énergétique.  
Il ...

Contribue à l'élaboration **des politiques énergétiques** et à leur mise en œuvre locale

Offre un cadre de travail permettant d'attirer et de **conserver les compétences, développer l'employabilité**

Est à l'écoute de ses **clients et des parties prenantes** et leur propose des solutions performantes, concurrentielles et durables

Accélère **la digitalisation** de ses processus et favorise **l'innovation** en collaboration avec le monde académique et les start-ups

## VISION: 4 axes stratégiques

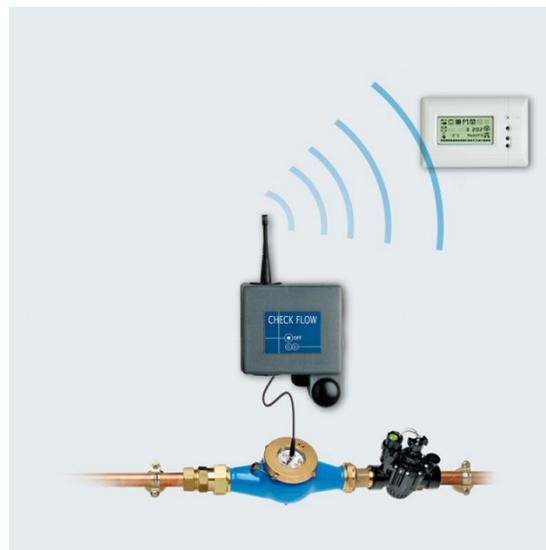
Parties prenantes=  
partenaires professionnels,  
Etat, corporations

Proches de vous,  
engagés pour un avenir durable.

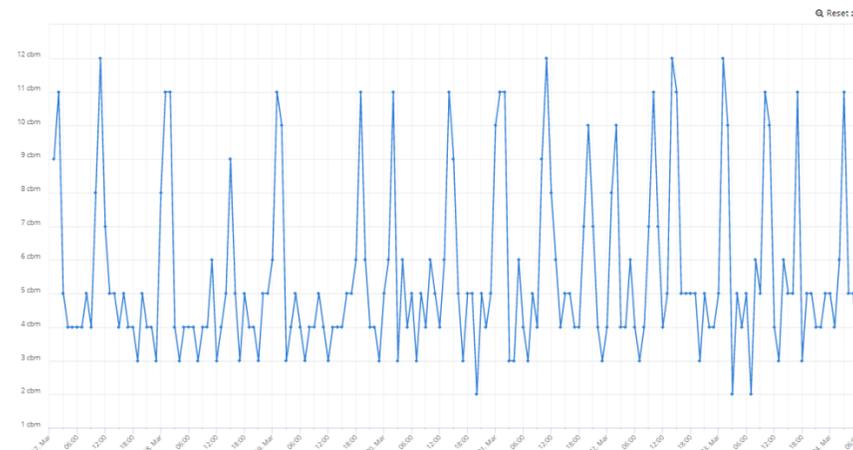


## Réseau "eau potable"

- Régionalisation (SAGENORD SA), Plan Directeur Régional De l'eau.
- Plan Directeur De l'eau (PDDE), développer l'infra communale.
- Asset Management, gestion des investissements et renouvellements.
- Digitalisation (SCADA, comptage, entretien, détection précoce des fuites)



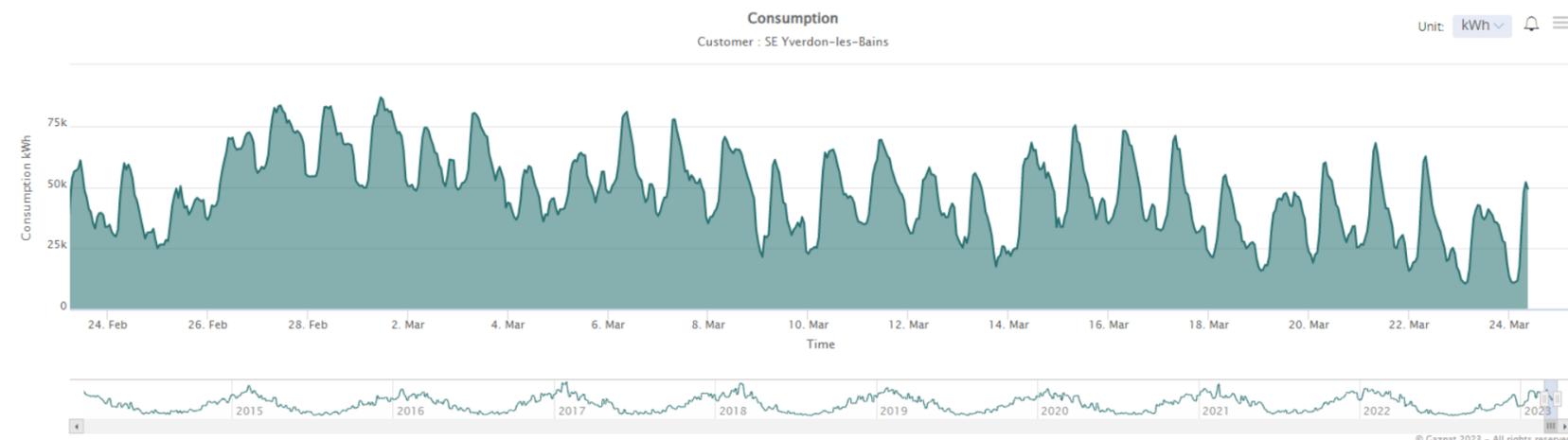
Proches de vous,  
engagés pour un avenir durable.





## Réseau "gaz naturel"

- *Plan Directeur Du Gaz 2035, lié avec les énergies renouvelables.*
- *Asset Management, gestion des investissements et renouvellements.*
- *Digitalisation (SCADA, comptage, suivi de pression sur PDC)*
- *Diminution du volume de gaz naturel au profit du CAD et des PAC.*

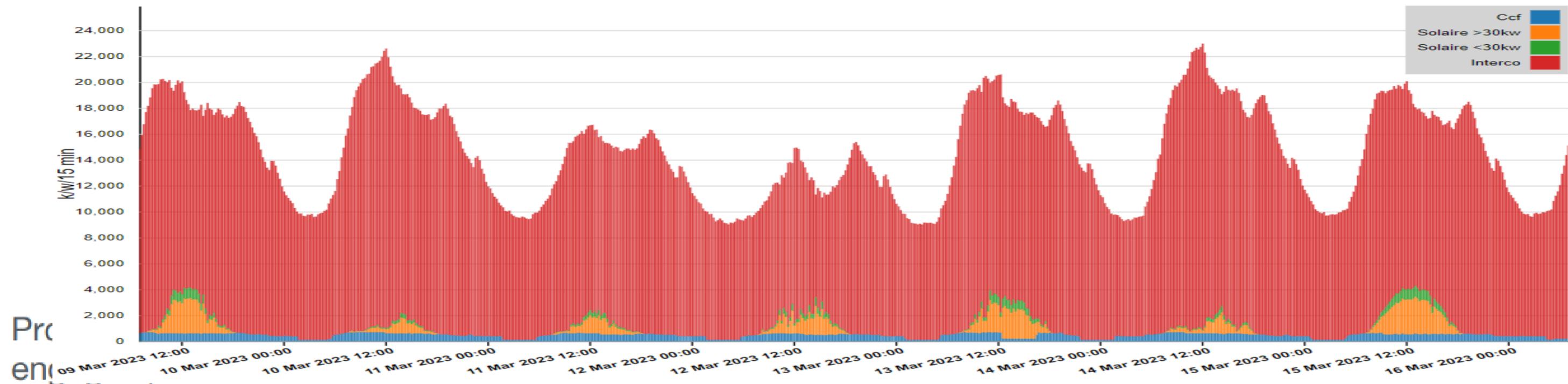


Proches de vous,  
engagés pour un avenir durable.

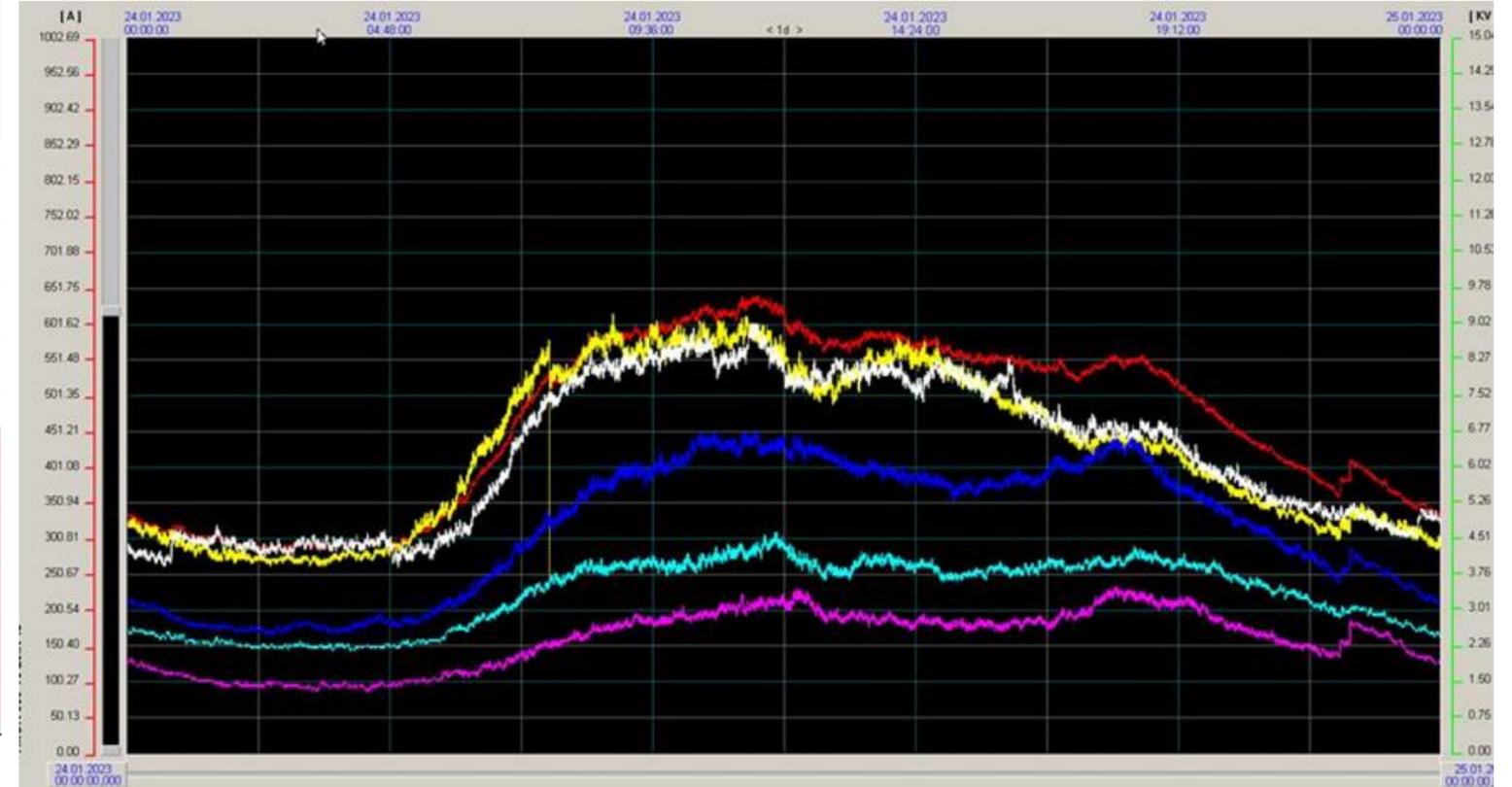
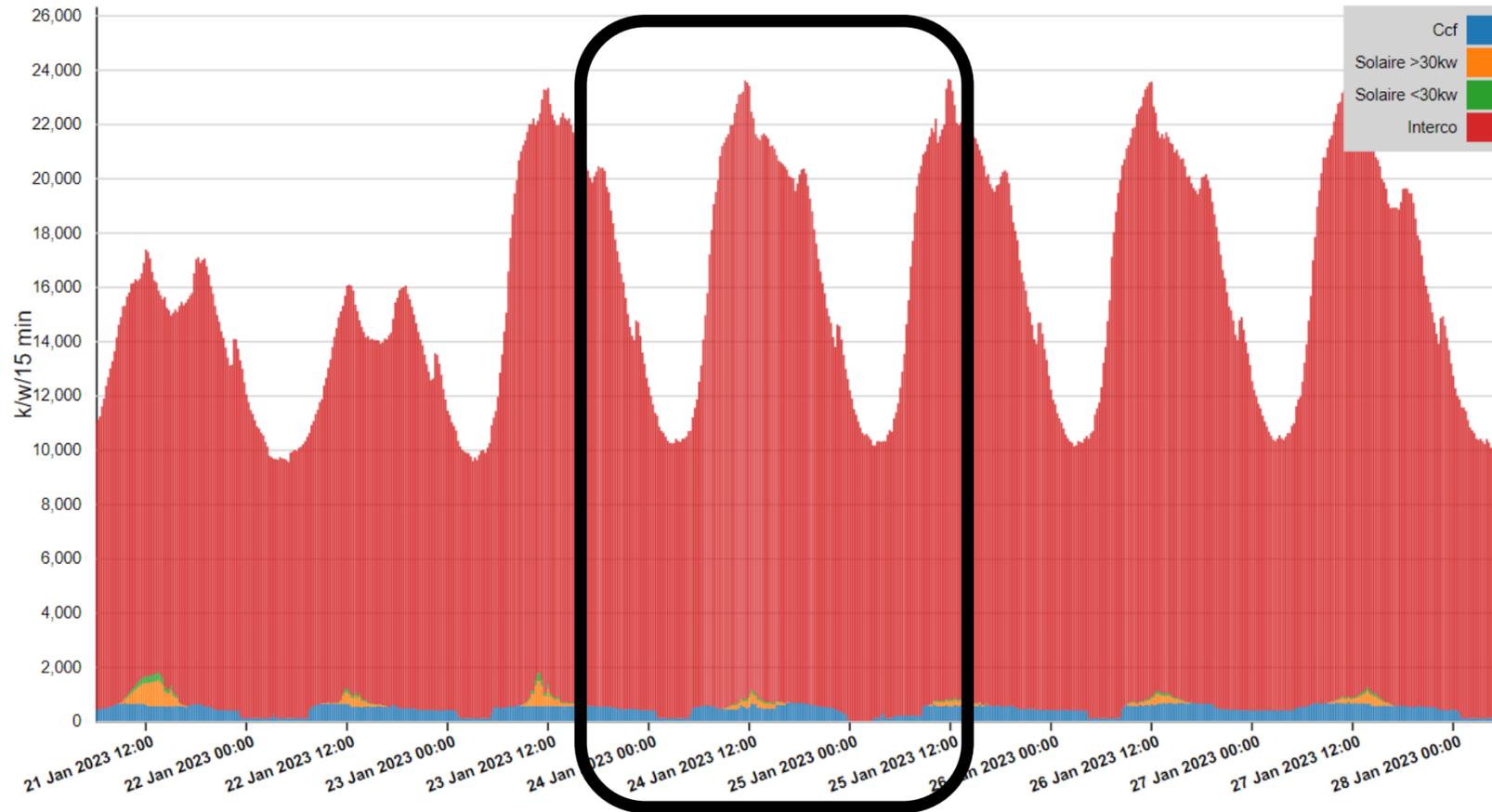
# Réseau "électrique"



- *Plan Directeur Electricité (PDDe), 2023 YLB -> 25MVA // 2032 -> 32MVA -> 30 %*
- *Asset Management, intégration des productions PV et dans PAC*
- *Digitalisation (Smart Metering, PQ EN50160, Poursuite de tension)*



Prc  
enc

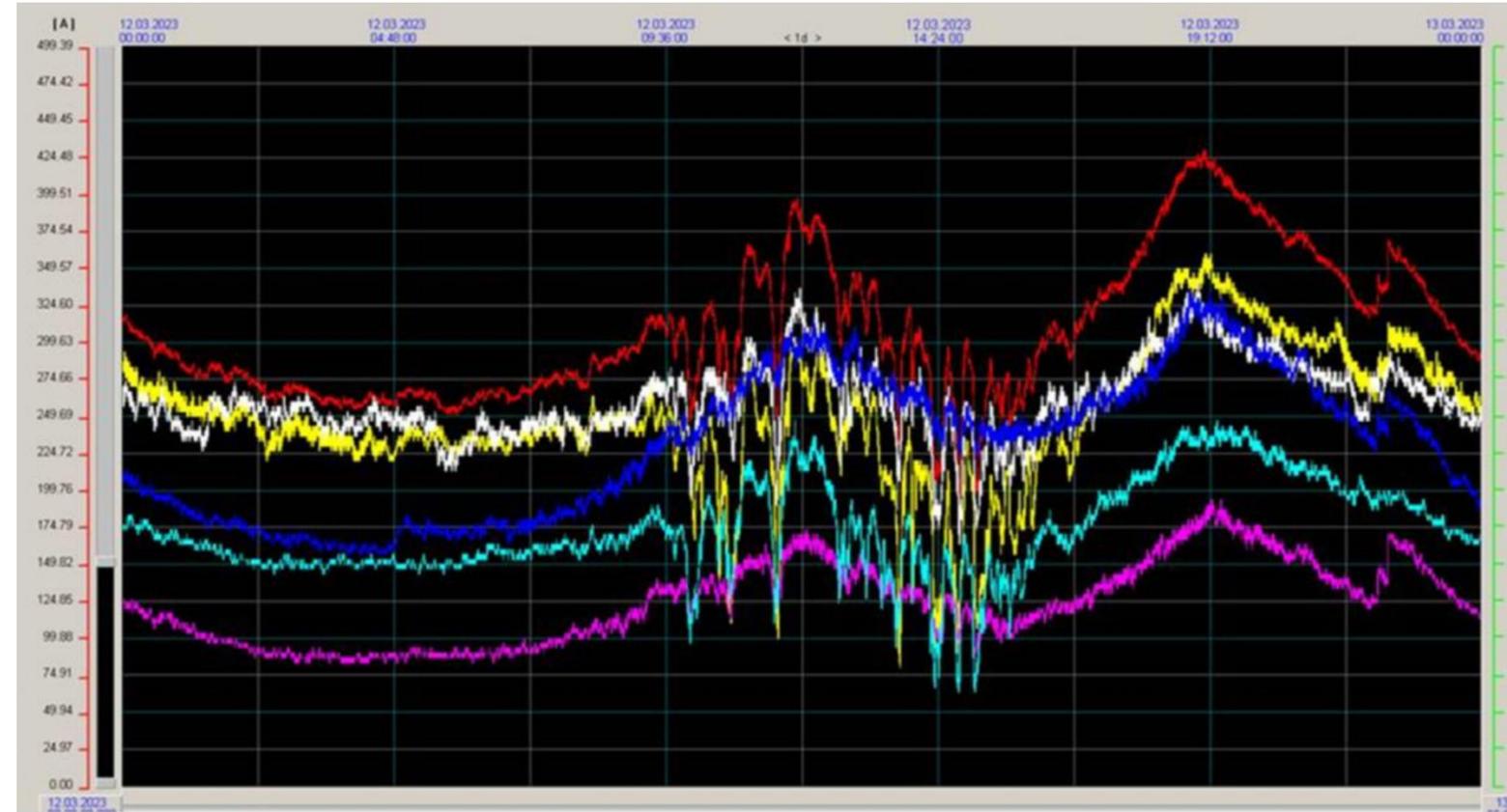
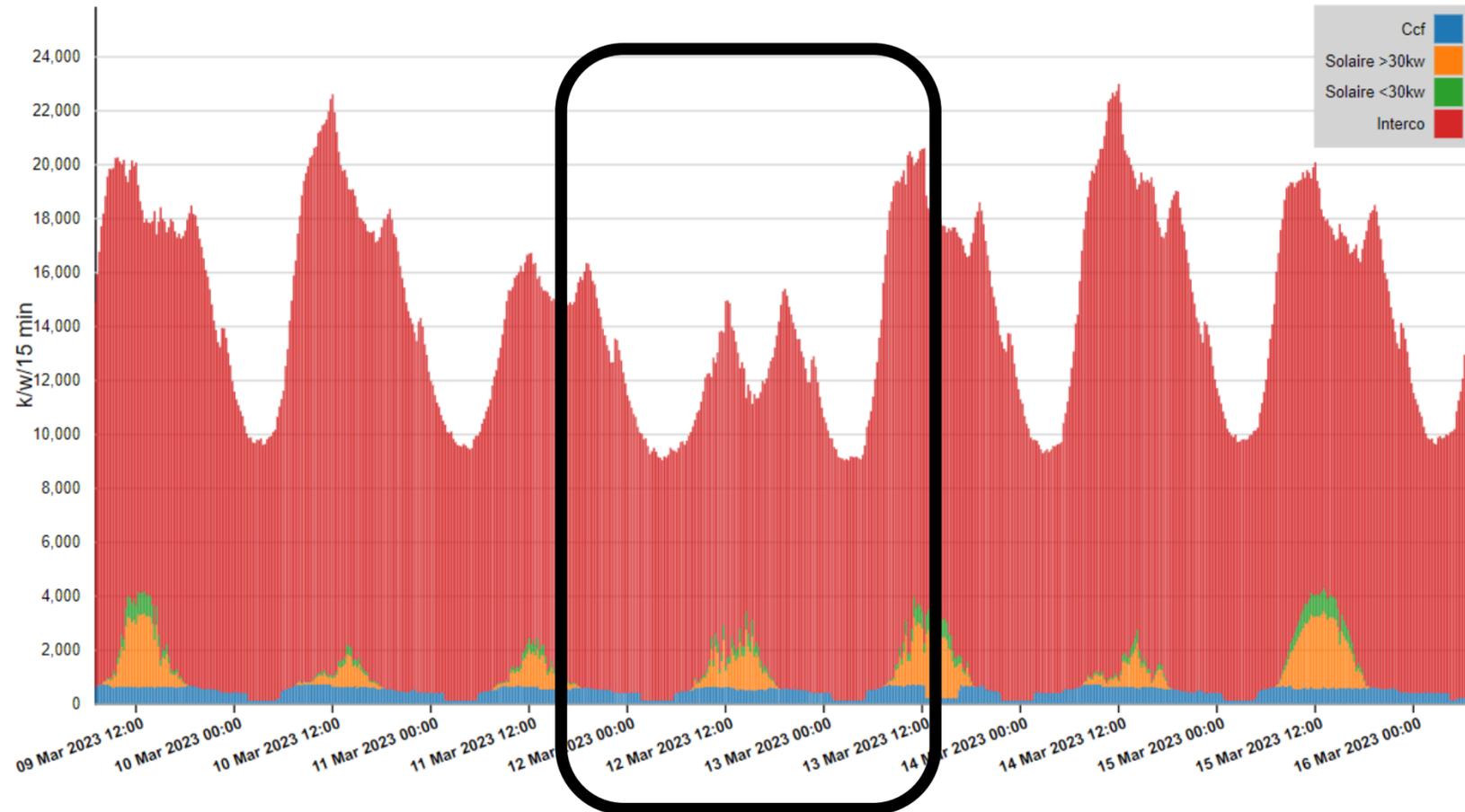


24 janvier 2023, 12h00

Production PV = 480 kW

Interco 23800 kW -> Ratio 2 % d'injection dans le réseau -> OK

Proches de vous,  
engagés pour un avenir durable.

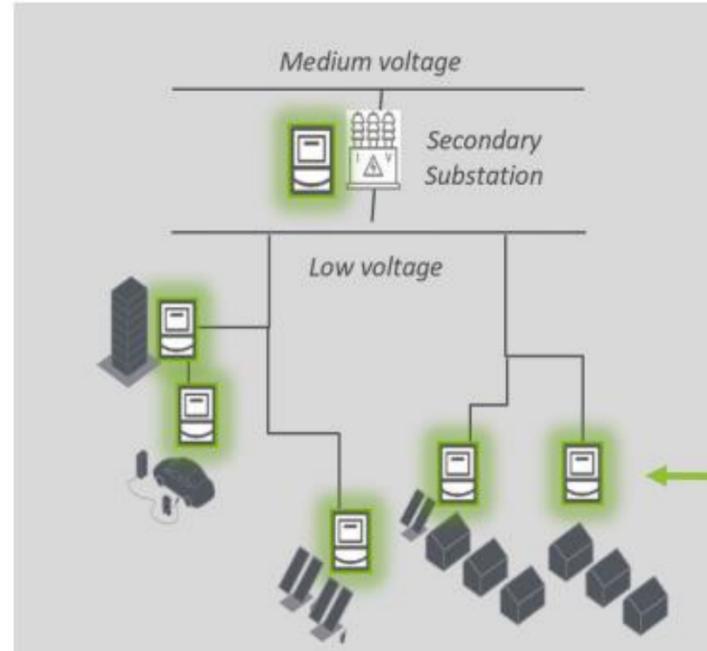
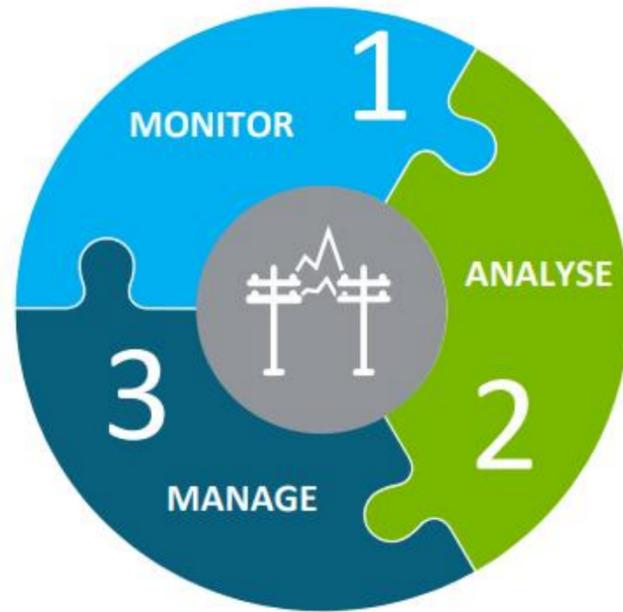


12 mars 2023, 12h00

Production PV = 1100 kW

Interco 13800 kW -> Ratio 8 % d'injection dans le réseau -> Perturbations du réseau

Proches de vous,  
engagés pour un avenir durable.



*Installation d'instrument de mesure temps réel (15-10min) aux endroit stratégiques du réseau*

*Monitoring en temps réel du réseau basse tension*

*Action direct sur la production décentralisée (écrêtage, lissage)*

Proches de vous,  
engagés pour un avenir durable.

## En conclusion

- *Diminution du volume de gaz naturel au profit du CAD et des PAC.*
- *Asset Management, Digitalisation*
- *Investissement dans les réseaux de distribution afin d'être moteur de la transition énergétique en garantissant des prestations de qualité à nos clients*

# Merci de votre participation !

*Retrouvez-nous sur notre stand,  
à l'entrée du comptoir*

