

# En pratique : votre consommation d'énergie

- <https://olika.ch/calculateur/>



# Crise énergétique

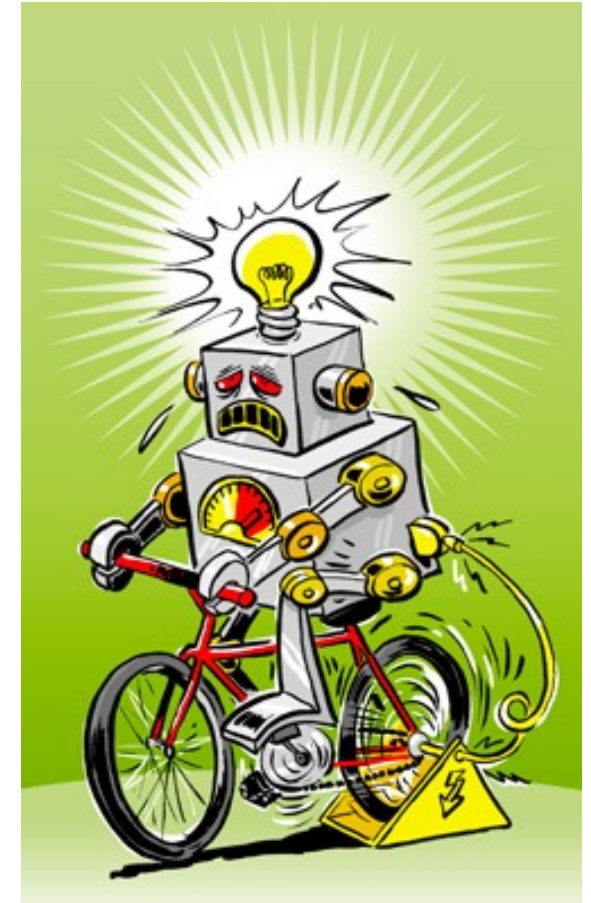
Chance ou malédiction ?

Arnaud Zufferey, ing. dipl. EPFL  
Version du 1er novembre 2022

Numéro des diapos en bas à droite.  
Mise à disposition des diapos sur Internet :  
[https://olika.ch/conference\\_energie.pdf](https://olika.ch/conference_energie.pdf)

# Qu'est-ce qu'un kilowattheure ?

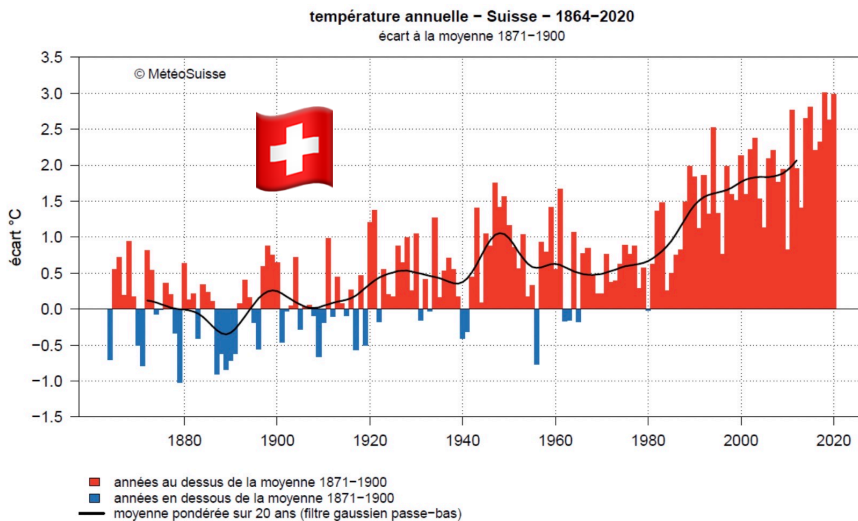
- Un cycliste qui pédale en continu fournit une puissance de 100 W
  - En 10h il a produit un kilowattheure ( $100 \text{ W} * 10 \text{ h} = 1'000 \text{ Wh} = 1 \text{ kWh}$ )
  - Ce kilowattheure vaut environ 18 ct en 2022 et 28 ct en 2023 !
  - L'énergie n'est pas assez chère, c'est pour cela qu'on la gaspille !
- 
- Unités
    - 1'000 Wh = 1 kWh (kilowattheure)
    - 1'000 kWh = 1 MWh (mégawattheure)
    - 1'000 MWh = 1 GWh (gigawattheure, un million de kWh)
    - 1'000 GWh = 1 TWh (térawattheure, un milliard de kWh)
  - On parle de km/h pour la vitesse mais pas de kW/h pour l'énergie ! (erreur fréquente dans les médias)
  - <https://www.romande-energie.ch/images/files/valeur-energie/re-livre-blanc-valeur-energie.pdf>



Situation

# Energie et climat ?

- Convergence nécessaire des politiques énergétiques et climatiques

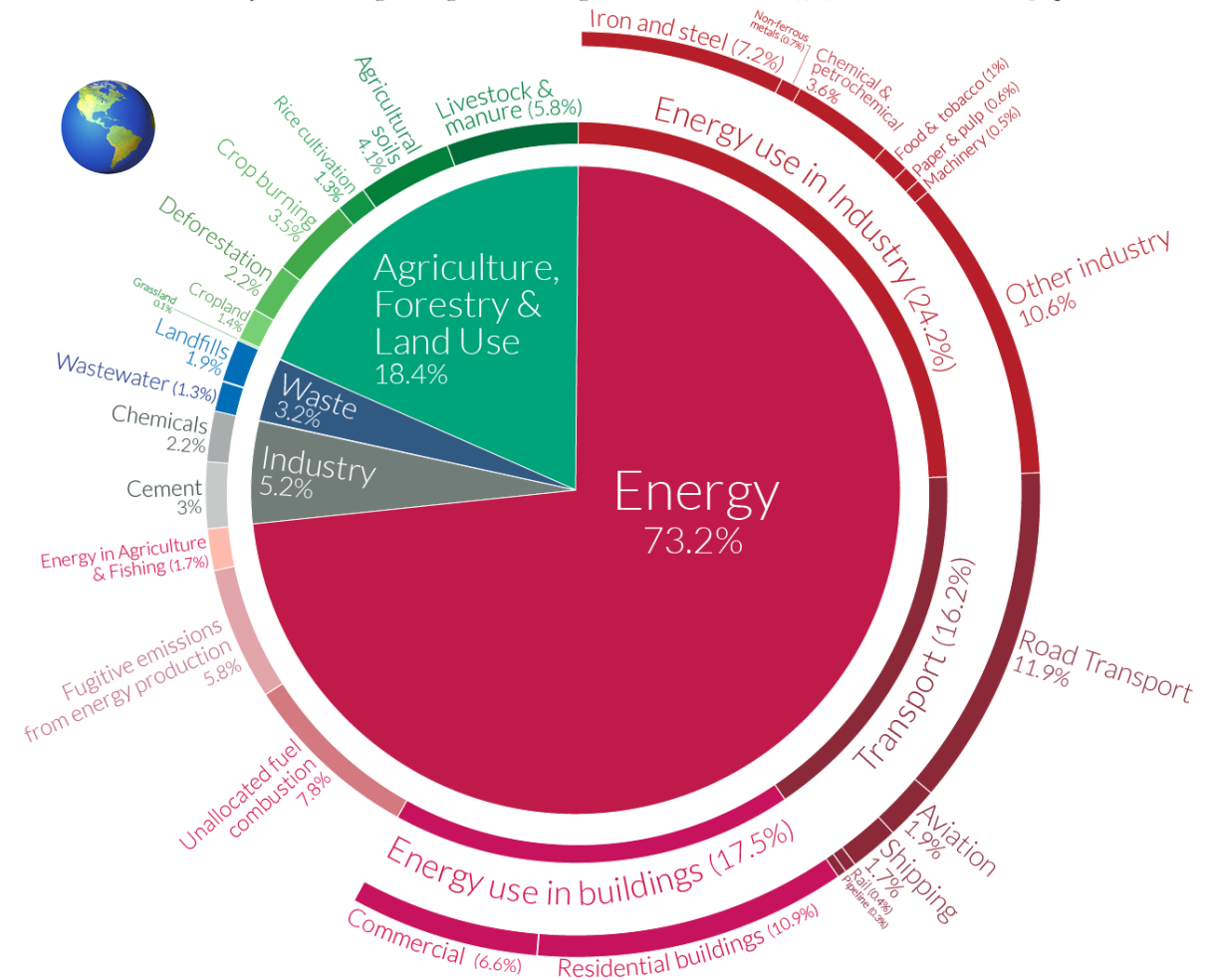


Source : MétéoSuisse

## Global greenhouse gas emissions by sector

This is shown for the year 2016 – global greenhouse gas emissions were 49.4 billion tonnes CO<sub>2</sub>eq.

Our World  
in Data



OurWorldinData.org – Research and data to make progress against the world's largest problems.

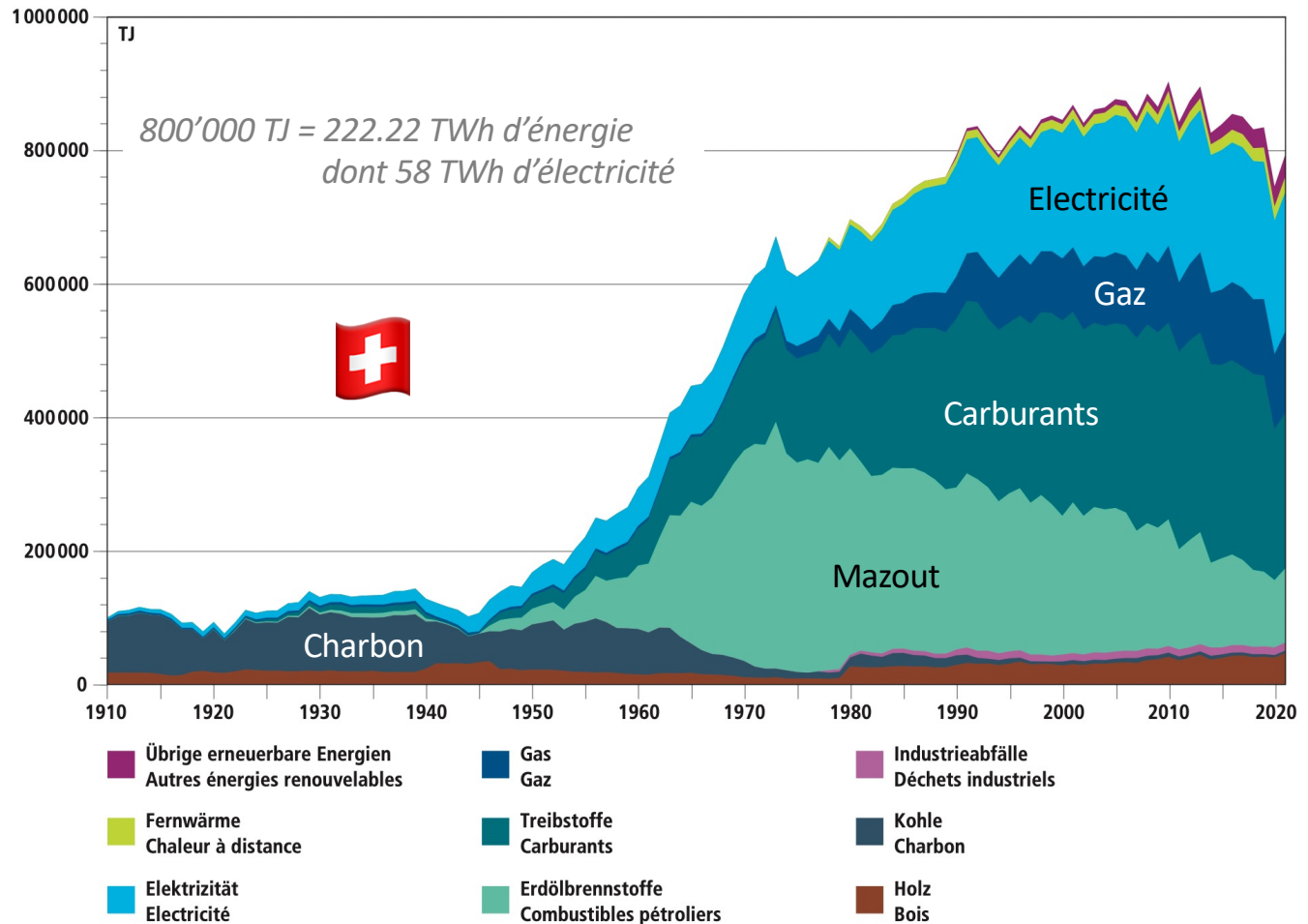
Source: Climate Watch, the World Resources Institute (2020).

Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie (2020).

# Produire plus ?

- Consommation d'énergie multipliée par 8 en un siècle (depuis 1945)
- Stabilisation depuis 1990 à un niveau très élevé.
- Dépendance fossile à 60%
- Est-ce un niveau soutenable ?
  - Empreinte écologique : CH = 2.8 planètes
  - Climat : (tonnes / hab)
    - CH : 14 tonnes de CO<sub>2</sub>
    - Monde : 6 tonnes de CO<sub>2</sub>
    - Limite : 0.6 tonnes de CO<sub>2</sub>

Fig. 1 Endenergieverbrauch 1910–2021 nach Energieträgern  
Consommation finale 1910–2021 selon les agents énergétiques



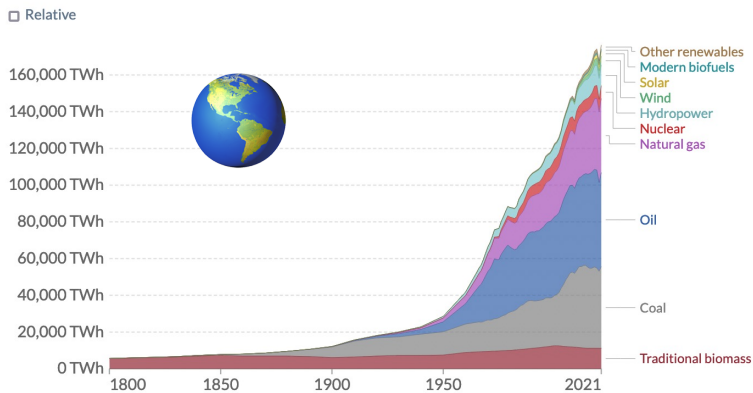
BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2021 (Fig. 1)  
OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2021 (fig. 1)

# Est-ce qu'il y a vraiment une transition ?

Au niveau mondial :

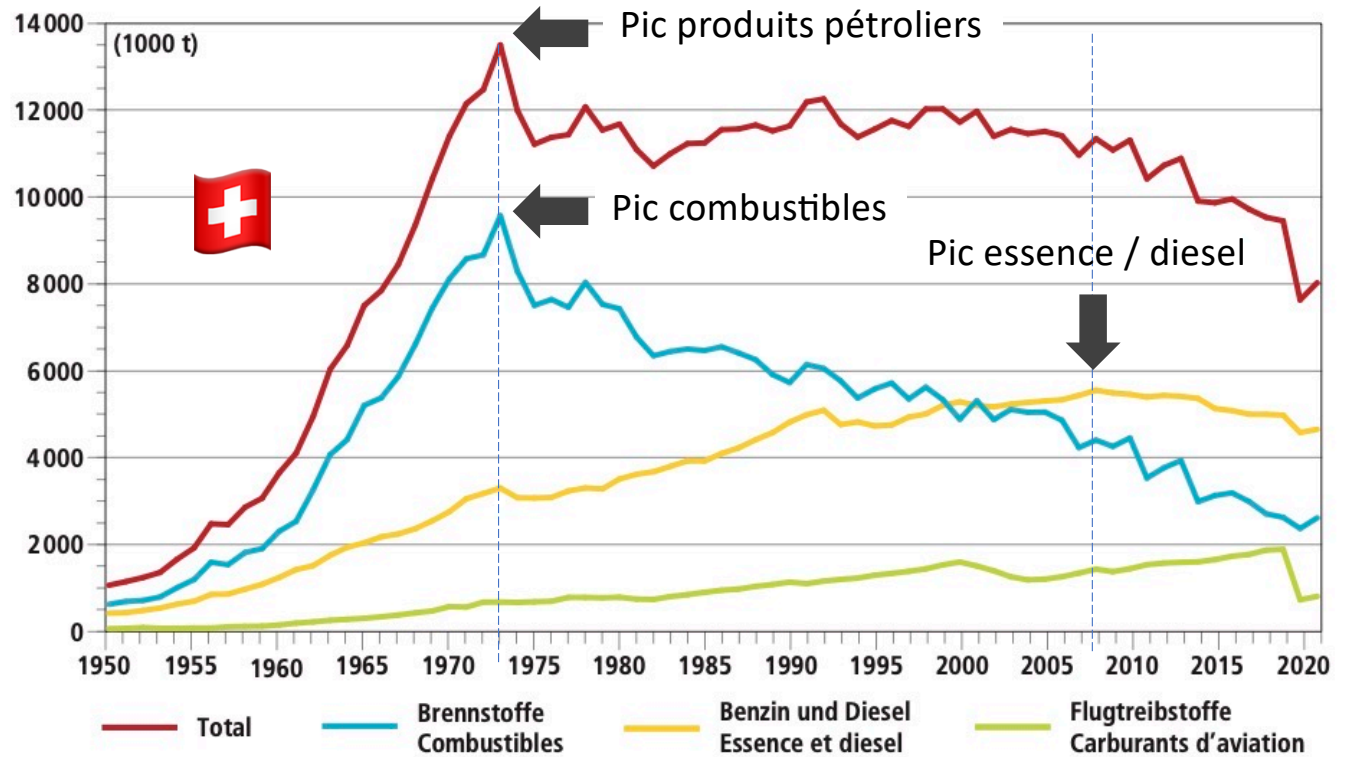
## Global primary energy consumption by source

Primary energy is calculated based on the 'substitution method' which takes account of the inefficiencies in fossil fuel production by converting non-fossil energy into the energy inputs required if they had the same conversion losses as fossil fuels.



Source: Our World in Data based on Vaclav Smil (2017) and BP Statistical Review of World Energy  
OurWorldInData.org/energy • CC BY

Fig. 10 Entwicklung des Endverbrauchs der Erdölprodukte  
Evolution de la consommation finale des produits pétroliers

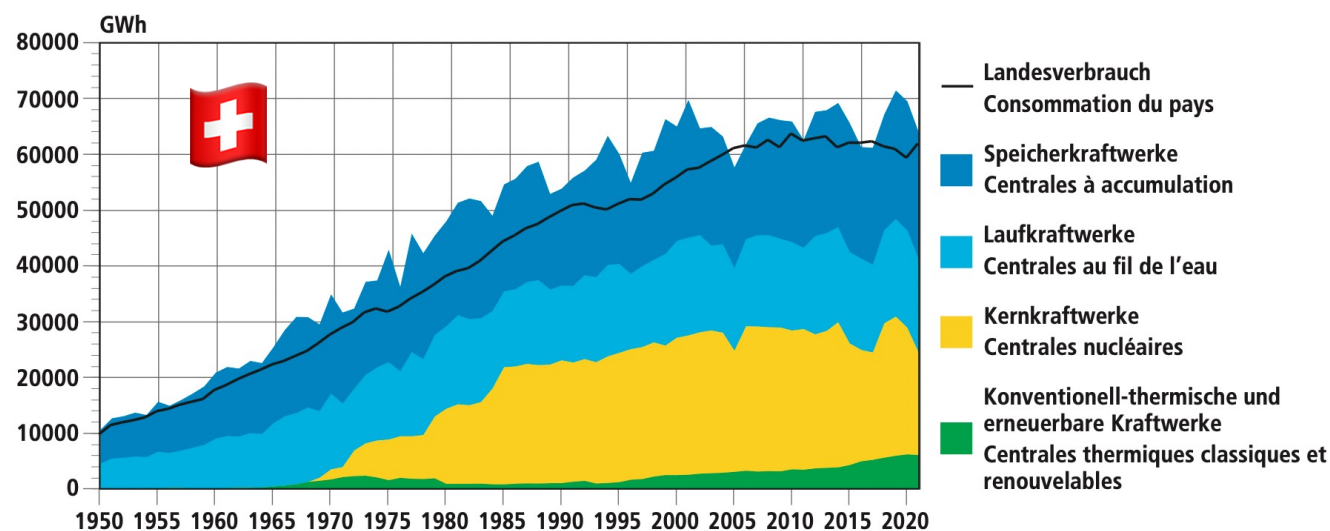


BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2021 (Fig. 10)  
OFEN, Statistique globale suisse de l'énergie 2021 (fig. 10)

# Situation de l'électricité ? (1/2)

- Equilibre entre offre et demande.
- Forte croissance (1950-2000) puis stabilisation depuis 2000 à un niveau élevé (60 TWh).
- 79.5% renouvelable
- Répartition :
  - 68% hydro-électricité
  - 11.5% nouvelles énergies renouvelables (solaire, éolien, mini hydro, biomasse)
  - 18.5% nucléaire

Fig. 9 Entwicklung der einzelnen Erzeugerkategorien seit 1950  
Evolution des différentes catégories de production depuis 1950



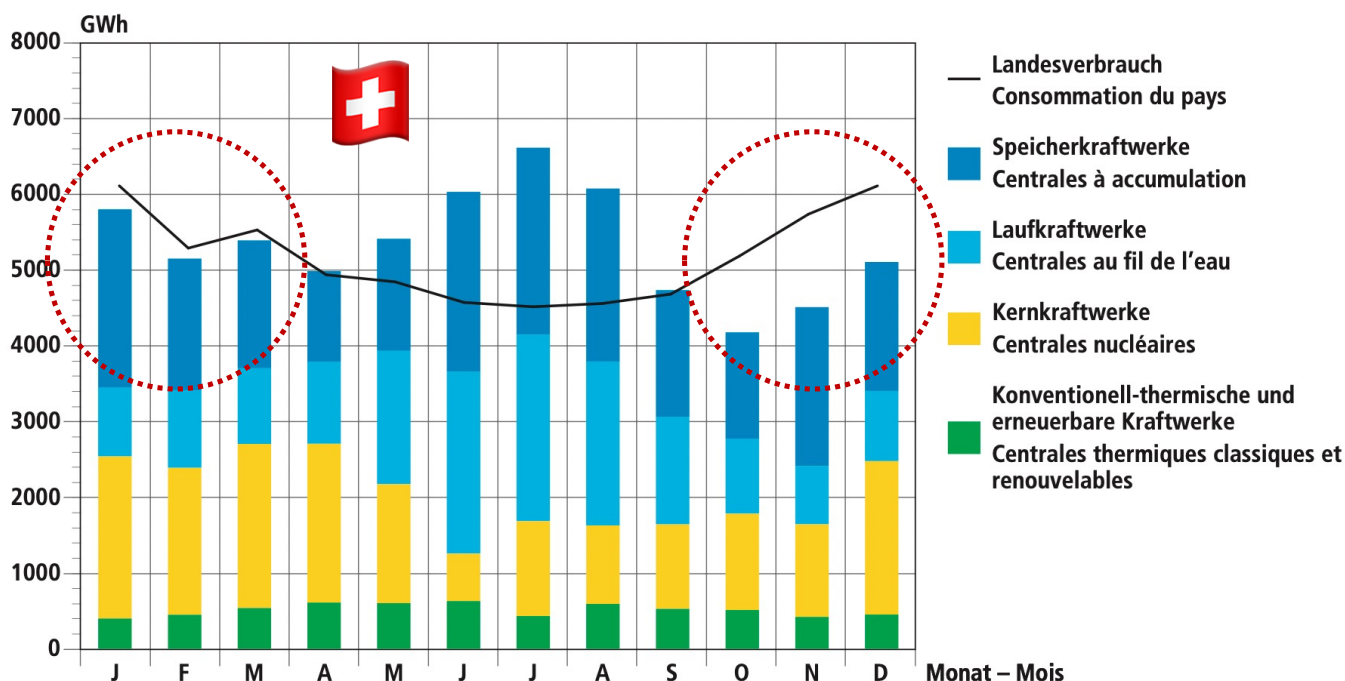
BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2021 (Fig. 9)  
OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2021 (fig. 9)



# Situation de l'électricité ? (2/2)

- Exportation l'été
- Importation l'hiver :  
1.8 TWh en 2020/2021  
9.7 TWh en 2016/2017
- Importations d'Allemagne et de France
- L'Allemagne ferme ses centrales nucléaires et la pénurie de gaz limite ses productions fossiles (20% de l'électricité produite à partir du gaz).
- Faible dispo du nucléaire F

Fig. 10 Monatliche Erzeugungsanteile und Landesverbrauch im Kalenderjahr 2021  
Quotes-parts mensuelles et consommation du pays durant l'année civile 2021



BFE, Schweizerische Elektrizitätsstatistik 2021 (Fig. 10)  
OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2021 (fig. 10)

# Causes de la pénurie ?

## **Pour le gaz :**

Chantage russe, guerre en Ukraine, sabotage des gazoducs Nordstream.

## **Pour l'électricité :**

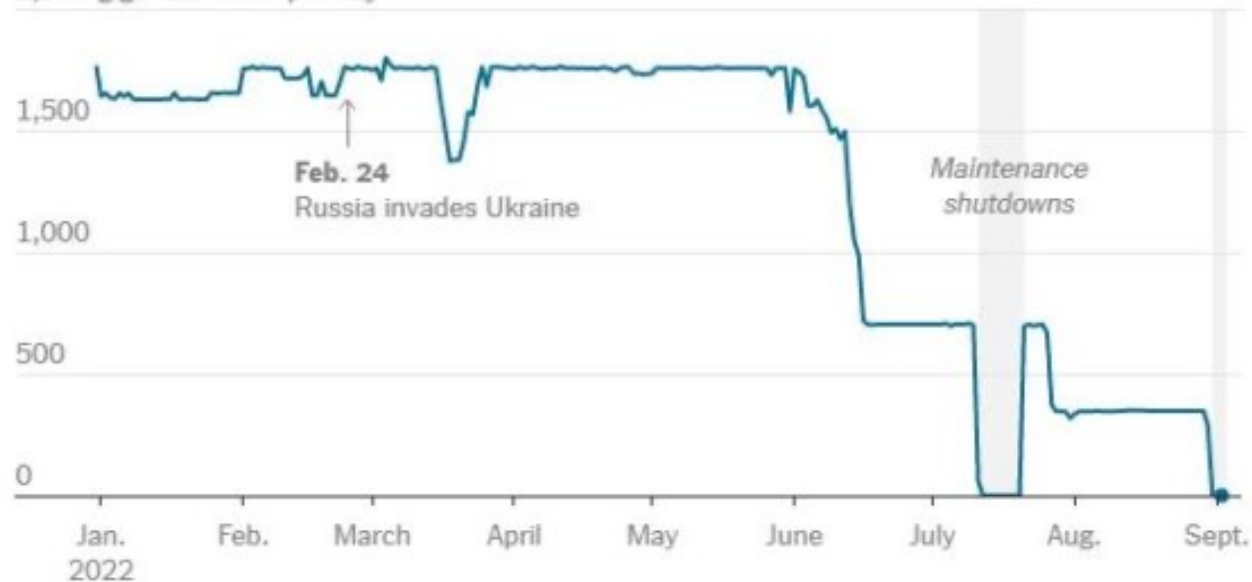
- 1. Disponibilité faible du parc nucléaire français (maintenances, pannes, grèves)**
- 2. Taux de remplissage des barrages faible dû à la sécheresse**
3. Fermeture de vieilles centrales (gaz, charbon, nucléaire) et pénurie de gaz
4. Problèmes logistiques (ex: transport par le Rhin réduit)
5. Périodes avec production réduite d'éolien ou de solaire PV

# Baisse des livraisons de gaz russe

## Russia has been restricting gas supplies to Germany

Daily flow of natural gas via Nord Stream 1 pipeline

2,000 gigawatt hours per day

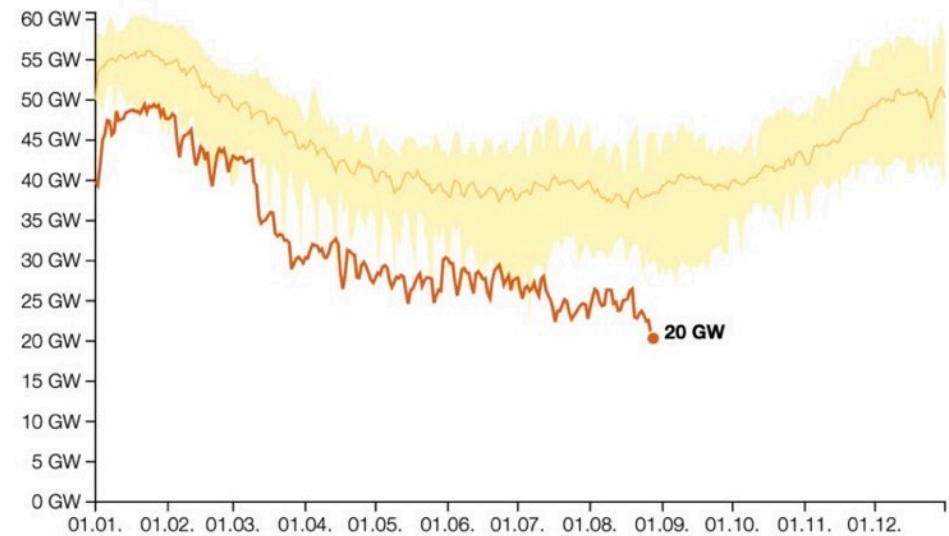


Source: Nord Stream - By The New York Times

# Production nucléaire en France

- Moyenne 2000-2015 :  
413 TWh/an.
- Prédiction 2022 :  
305 TWh soit -26%
- La baisse correspond à 1.9x la  
consommation annuelle de la Suisse

Stromproduktion aus Kernenergie in Frankreich



2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022

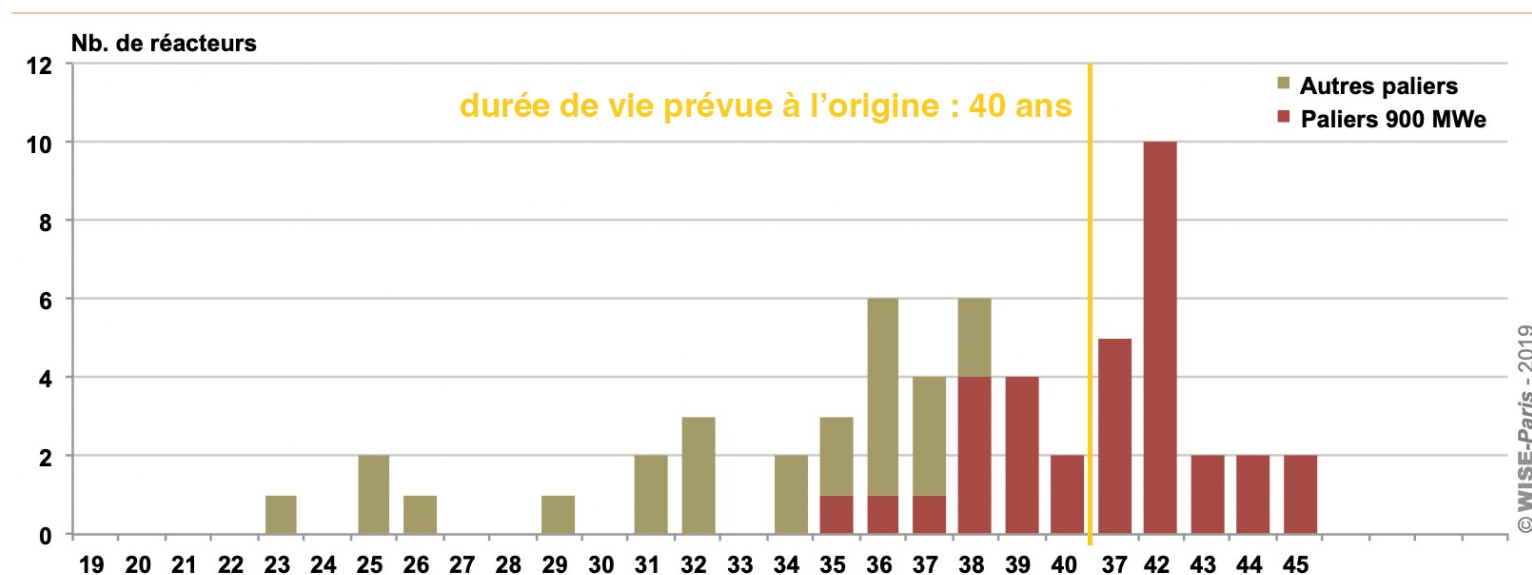
Minimum-Maximum-Bereich und Mittelwert, 2012 bis 2021

# Continuer à importer du nucléaire français ?

- 3/4 du parc nucléaire français aura dépassé 40 ans d'activité dans les 5 ans.
- Plus de 70% du mix énergétique français repose sur le nucléaire.
- Donc la moitié de la production d'électricité d'ici 5 ans sera assurée par des retraités encore actifs.

**Figure 3** Pyramide des âges du parc nucléaire français\*

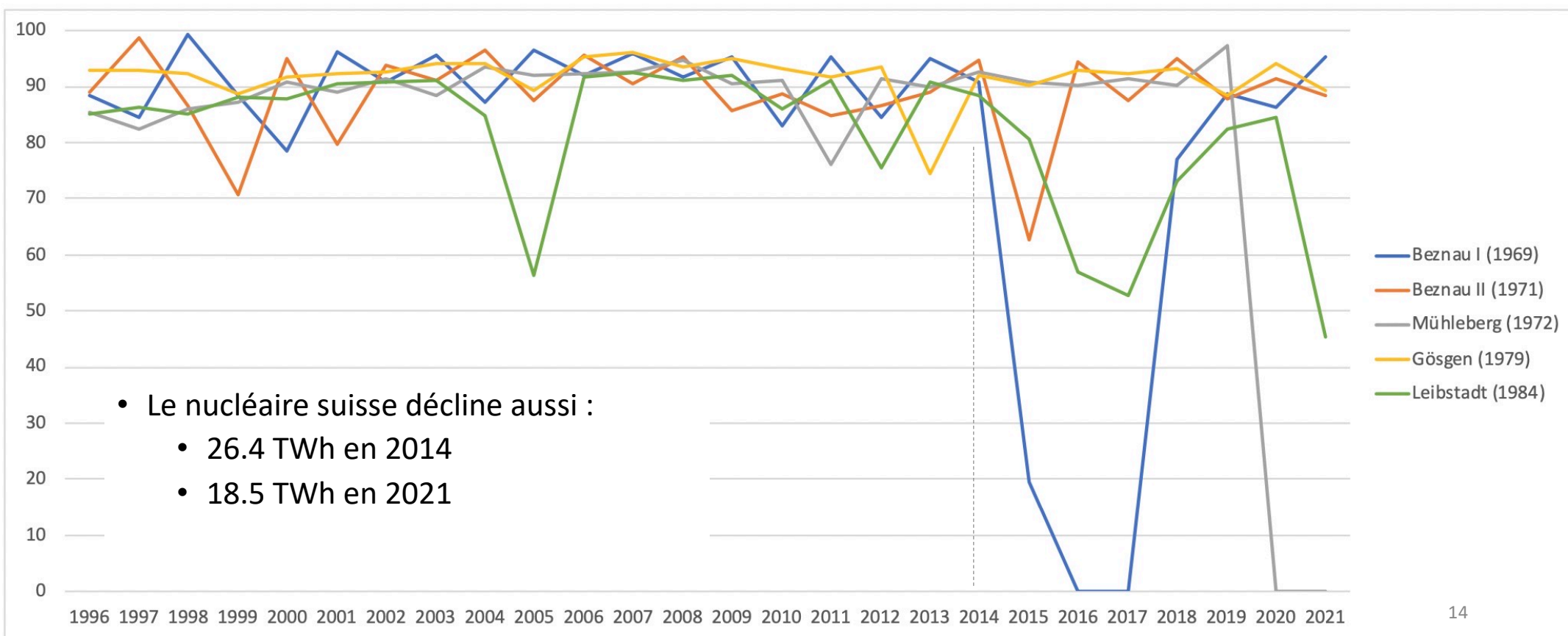
Répartition par nombre d'années de fonctionnement des réacteurs de 900 MWe et des autres paliers



\* Durée de fonctionnement mesurée à partir de la première divergence du réacteur, au 31 décembre 2022

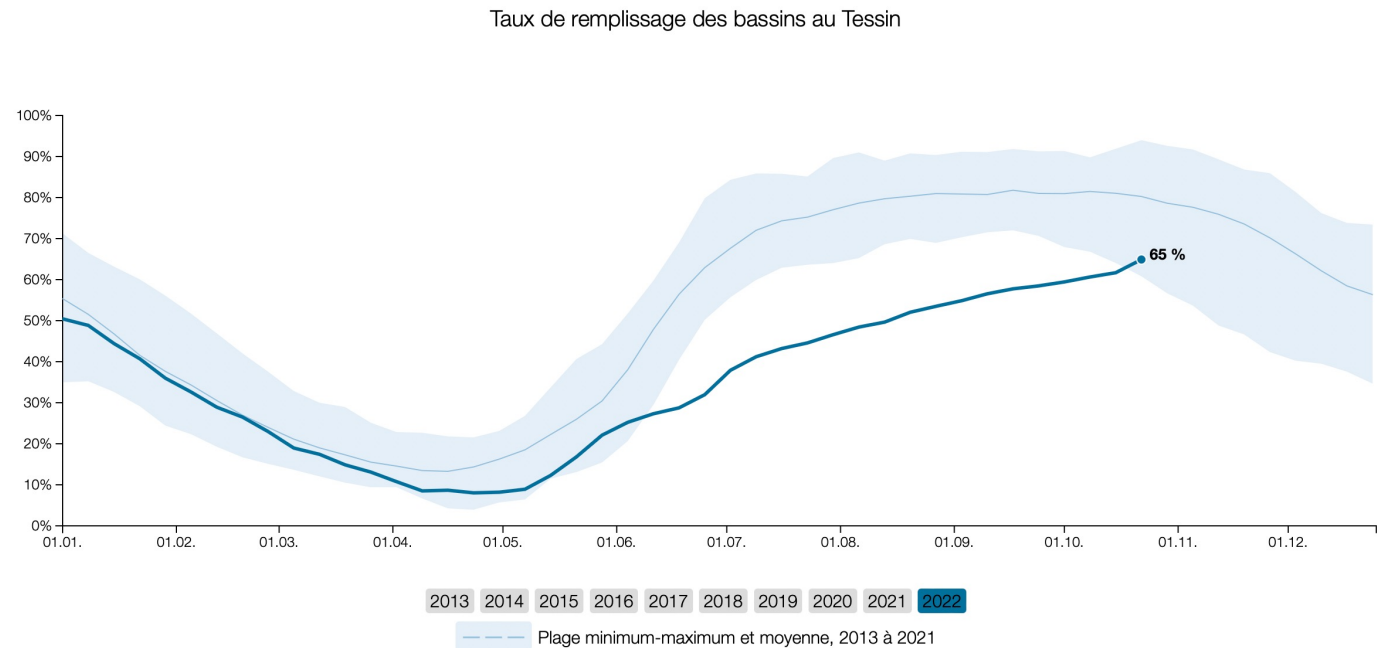
Source : WISE-Paris d'après AIEA et ASN, 2018

# Taux d'utilisation des centrales nucléaires CH



# Taux de remplissage des barrages ?

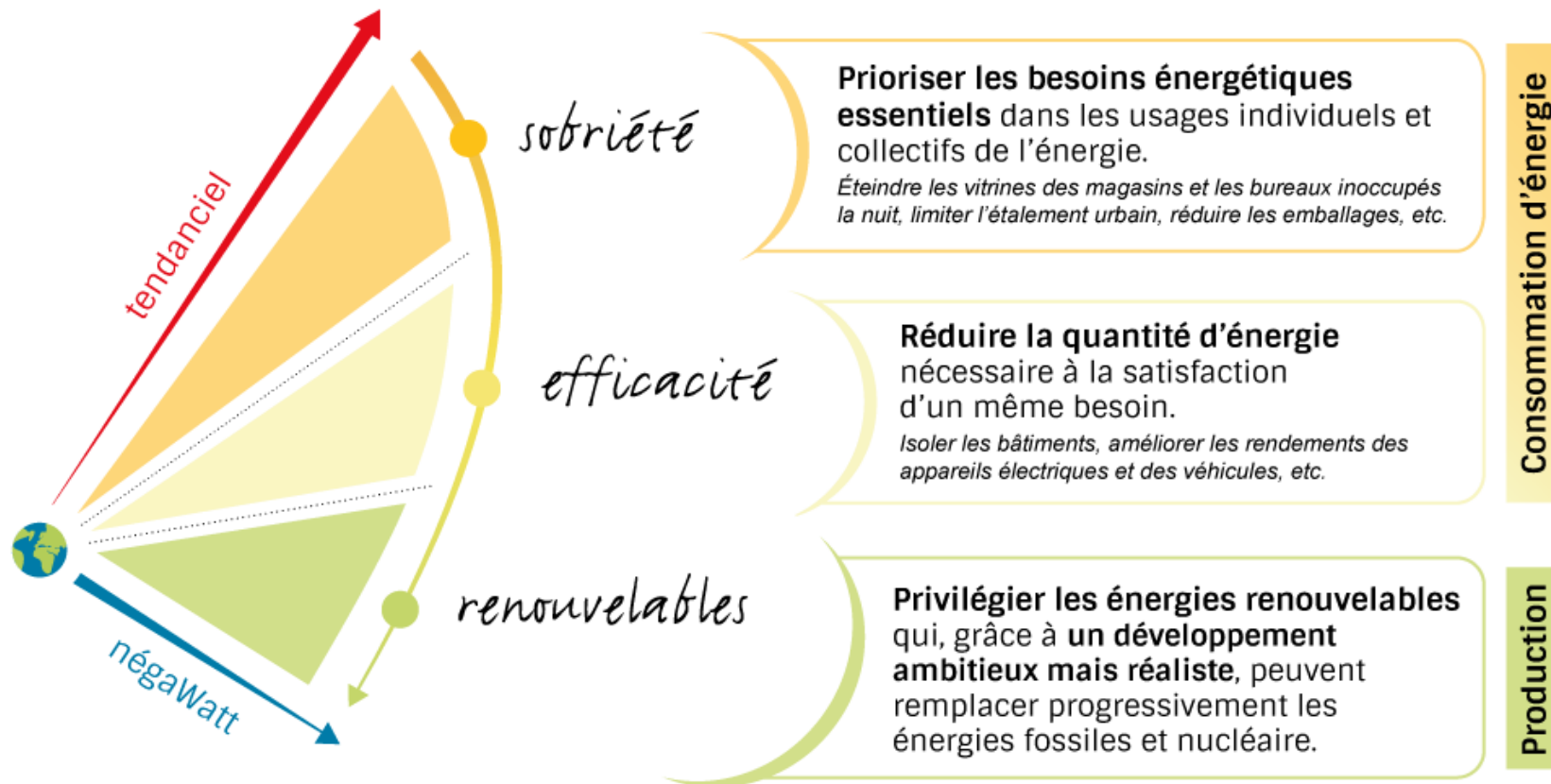
- Sécheresse => moins d'hydro-électricité
- Précipitations en baisse mais fonte des glaciers en hausse : masque la réalité.



# Perspectives

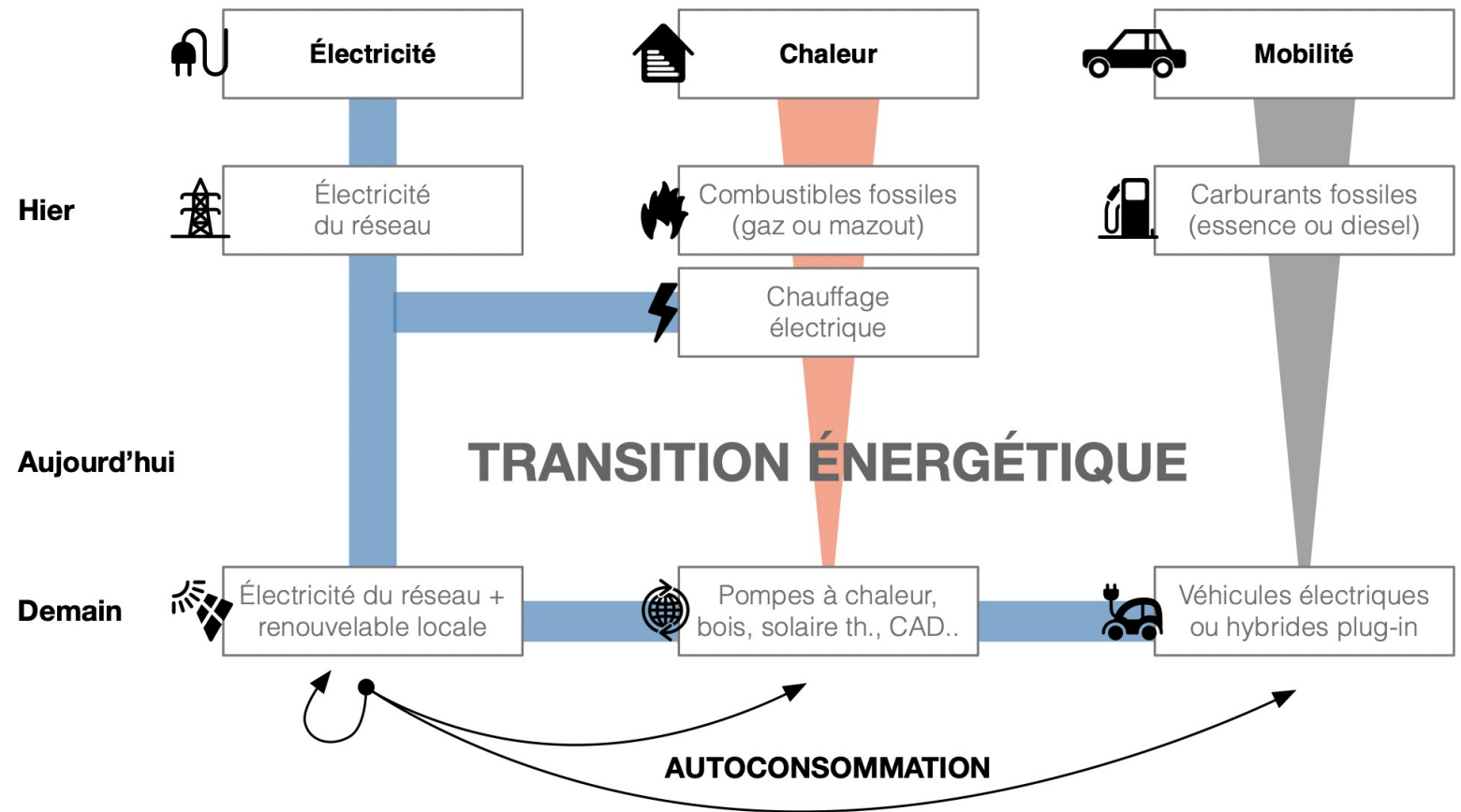


# Quelle démarche adopter ? négaWatt ?



# Quelle transition par usage ?

- Vue d'ensemble



# Vue d'ensemble



Electricité



Chaleur



Mobilité

...

Sobriété

Efficacité

Renouvelables



# Electricité : sobriété / efficacité

- A. Eclairage public 1h-5h : 144 GWh  
(= 41 éoliennes, = éolien en Suisse)
- B. Appareils en veille : 810 GWh  
(= 227 éoliennes)
- C. Chauffage électrique => PAC : 1'660 GWh  
(= 466 éoliennes)
- D. 49% de la consommation = entraînements  
électriques (pompes, moteurs)  
Potentiel de réduction de 20-30% selon Topmotors

Soit 5'700 à 8'500 GWh  
= 1'600 à 2'387 éoliennes !

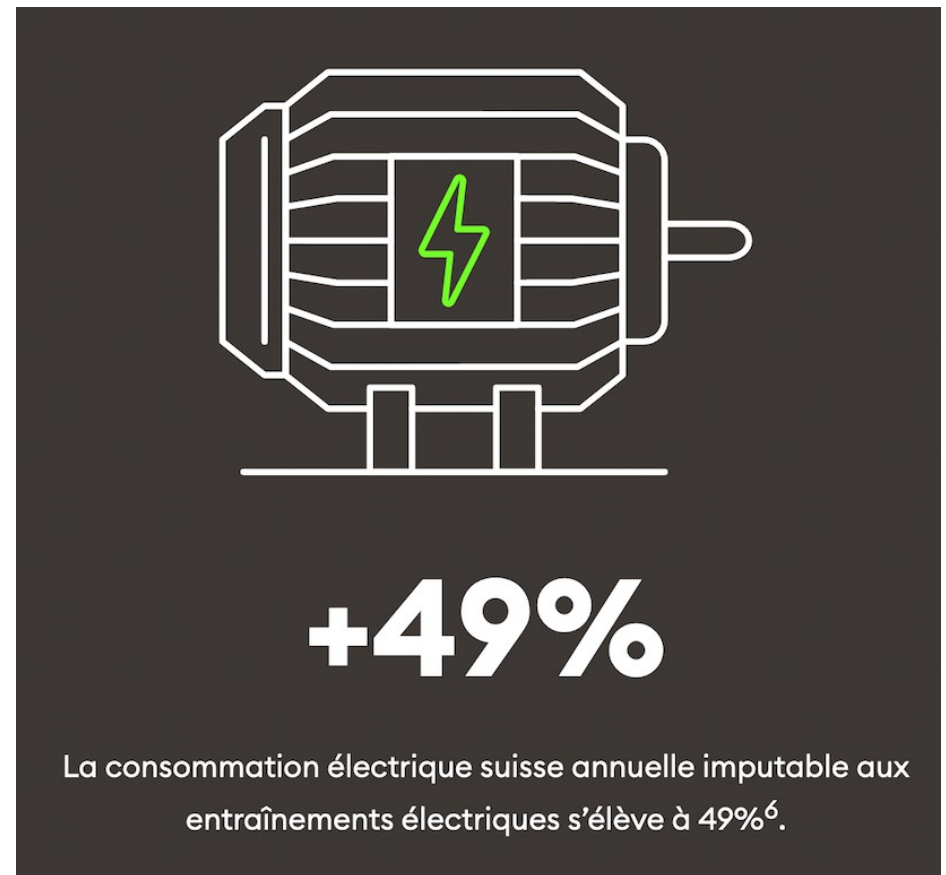
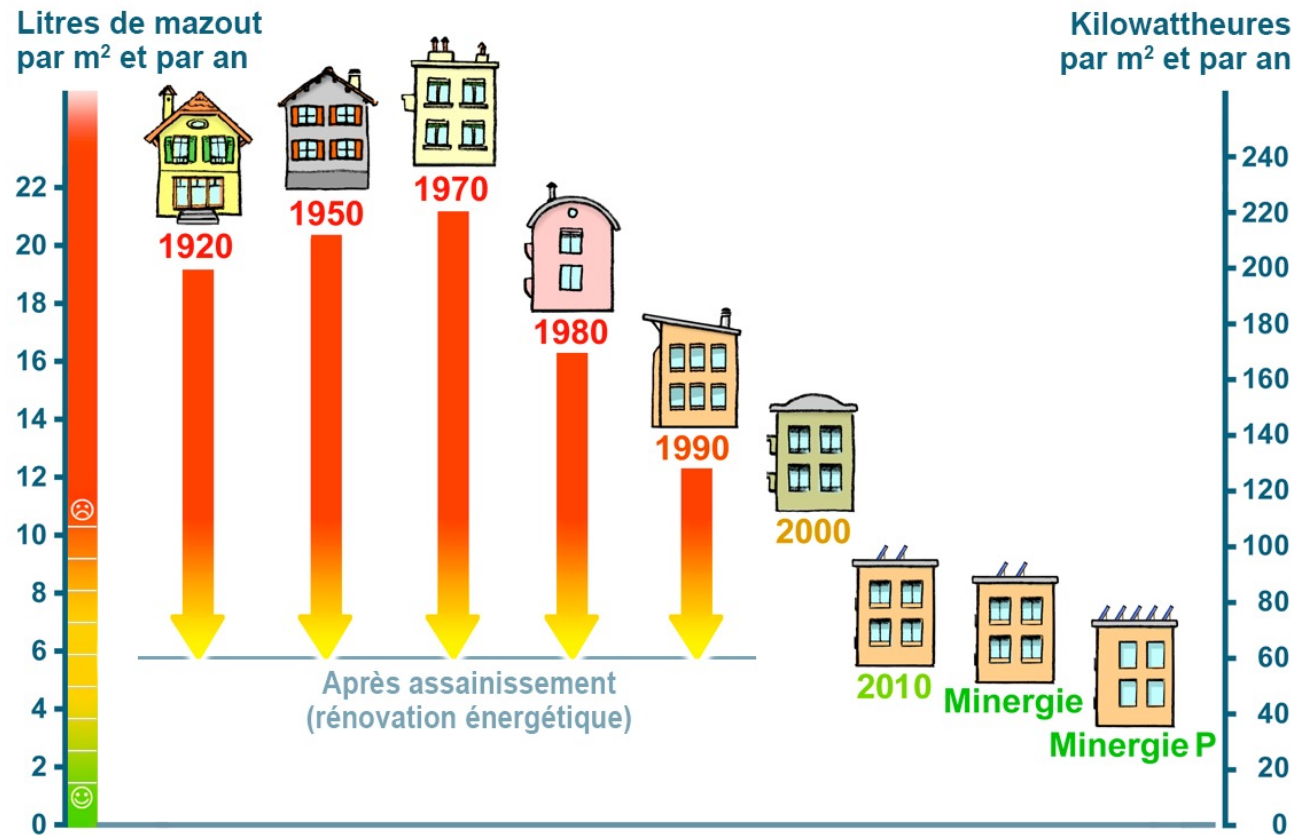


Illustration : OIKEN

# Chaleur : sobriété / efficacité

- Sobriété : 6% d'économie par degré de chauffage en moins
- Isolation : on sait réduire d'un facteur 3 les besoins de chaleur du parc de bâtiments (-66%).
- Au niveau Suisse : le parc immobilier consomme près de 100 TWh, ce qui correspond à 45% environ de la consommation finale d'énergie. Le potentiel d'économies est gigantesque.

<https://www.energie-environnement.ch/maison/renovation-et-chauffage/conception-du-batiment/besoins-de-chaaleur-et-cecb>



# Chaleur : efficacité (isolation, chauffage)

- Une villa de 1980 rénovée complètement avec une PAC air/eau consomme 10x moins d'électricité qu'à l'origine (18 contre 180 kWh/m<sup>2</sup>).

  
**Efficacité  
enveloppe**

 **Efficacité  
chauffage**

Epaisseur d'isolation	Standard de construction	Chauffage électrique	PAC air/eau	PAC géothermique
moins de 6 cm	1920	210	70	53
moins de 6 cm	1950	220	73	55
moins de 6 cm	1970	230	77	58
6 à 8 cm	1980	180	60	45
8 à 10 cm	1990	140	47	35
10 à 12 cm	2000	110	37	28
14 à 16 cm	2010	50	17	13
18 à 20 cm	Minergie	40	13	10
> 26 cm	Minergie-P	30	10	8

0 à 10 kWh/m <sup>2</sup>
11 à 20 kWh/m <sup>2</sup>
21 à 50 kWh/m <sup>2</sup>
51 à 100 kWh/m <sup>2</sup>
101 à 200 kWh/m <sup>2</sup>
201 à 230 kWh/m <sup>2</sup>

Consommation d'électricité  
en kWh/m<sup>2</sup> de logement chauffé

# Eau chaude

- Combinaison de sobriété et d'efficacité
- Efficacité : diviser par 4.4
- Sobriété : diviser par 10
- Total : diviser par 44 !
- En moyenne 63 L d'eau chaude par personne et par jour !
- 800 kWh/an par personne



**Efficacité  
douchette**



**Sobriété**

Etiquette énergie	Débit en L/min	Douche allumée pendant .. minutes					
		10	7	5	3	2	1
F	22	220	154	110	66	44	22
E	17	170	119	85	51	34	17
D	14	140	98	70	42	28	14
C	11	110	77	55	33	22	11
B	7	70	49	35	21	14	7
A	5	50	35	25	15	10	5

0 à 10 L
11 à 20 L
21 à 50 L
51 à 100 L
101 à 200 L
201 à 230 L

Nombre de litres d'eau chaude consommés.

# Mobilité : efficacité

Arnaud Zufferey - olika.ch

**10 m<sup>2</sup> de solaire PV  
produisent environ  
1'700 kWh/an.**

**De quoi parcourir  
environ 10'000 km  
avec une voiture  
électrique.**

**Pour moins  
de 3 ct/km.**



**Alors non merci, c'est gentil, mais on n'a pas besoin de nouvelles centrales nucléaires.**

(Surtout qu'avec 10 m<sup>2</sup> de solaire on peut alimenter 100 vélos électriques qui font 1'700 km/an !)

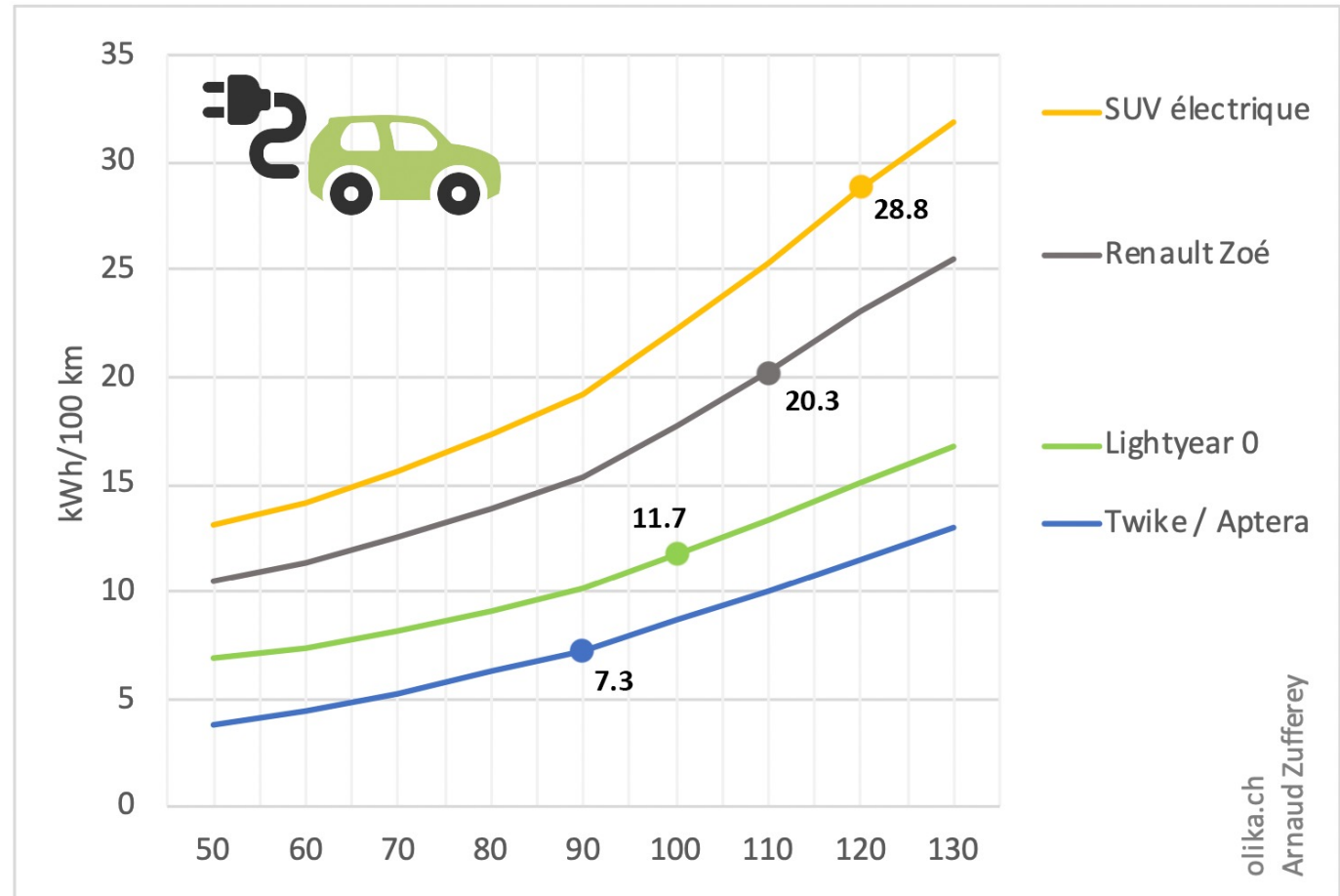
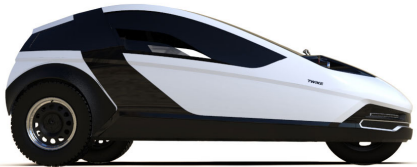
Hypothèses : 1 kWp = 6.5 m<sup>2</sup>, 1'150 kWh/kWp, consommation 17 kWh/100 km, 0.18 CHF/kWh.



↑  
120 kWh/100 km :  
SUV essence

# Mobilité : sobriété (> 50 km/h)

- Sobriété du choix du véhicule
- Sobriété lors du choix de la vitesse :  
23% de moins à 100 km/h au lieu de 120  
40% de moins à 80 km/h au lieu de 120
- Un SUV électrique à 120 km/h consomme 2.5x plus qu'une Lightyear 0 à 100 km/h et même 3.3 x plus qu'un Twike 5 à 100 km/h.



# Mobilité : sobriété (< 50 km/h)

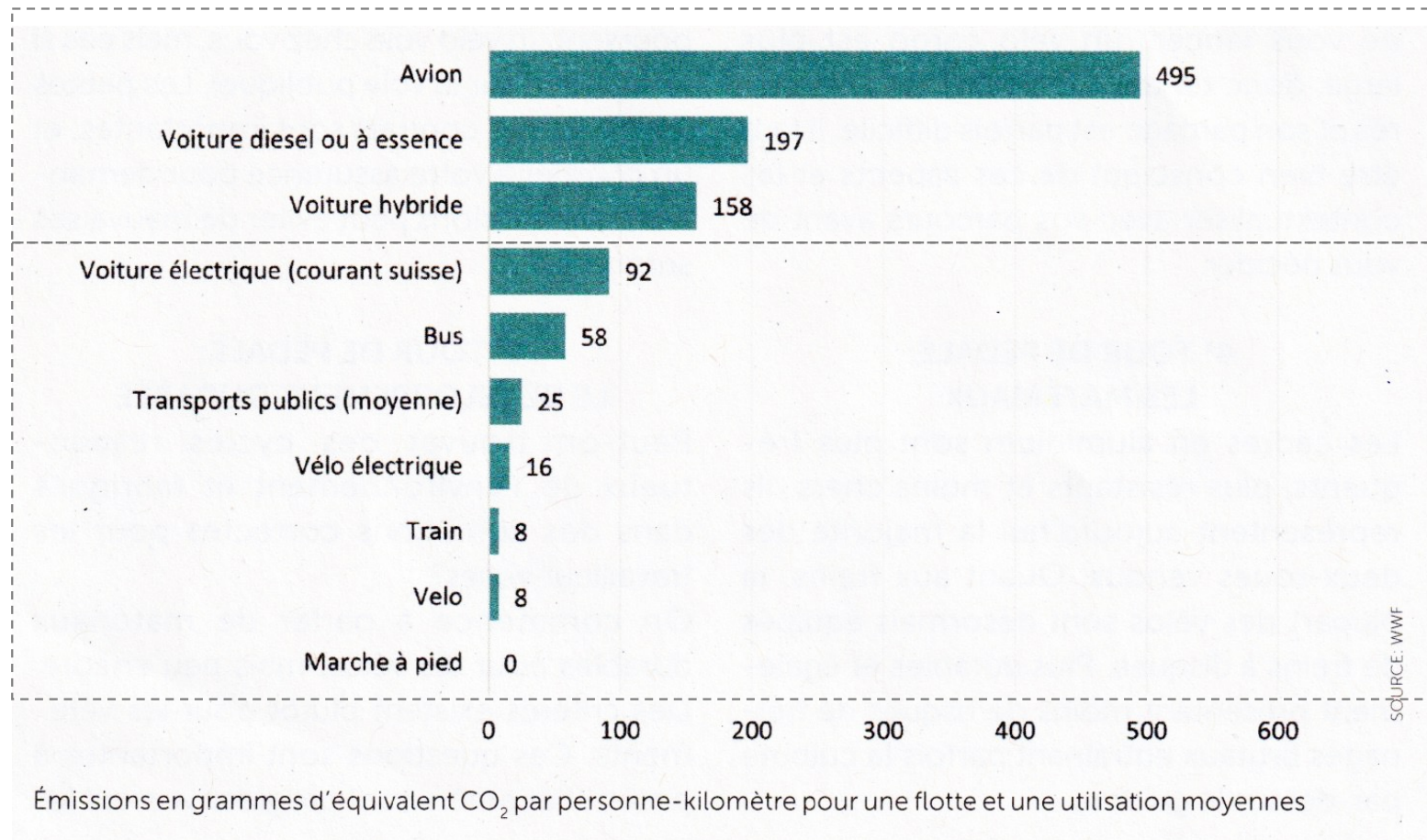
- Trajet en voiture :  
50% < 5 km  
70% < 10 km
- Voiture = 1.7 personnes en moyenne
- Vélo avec siège enfant = 1.5
- Vélo électrique avec siège enfant = 0.9 kWh/100 km soit 20x moins qu'une voiture électrique



- 44% des trajets pour les loisirs !

Illustration : Thule

# Emissions de CO<sub>2</sub>



# Vue d'ensemble



Electricité

Chaleur

Mobilité

...

Sobriété



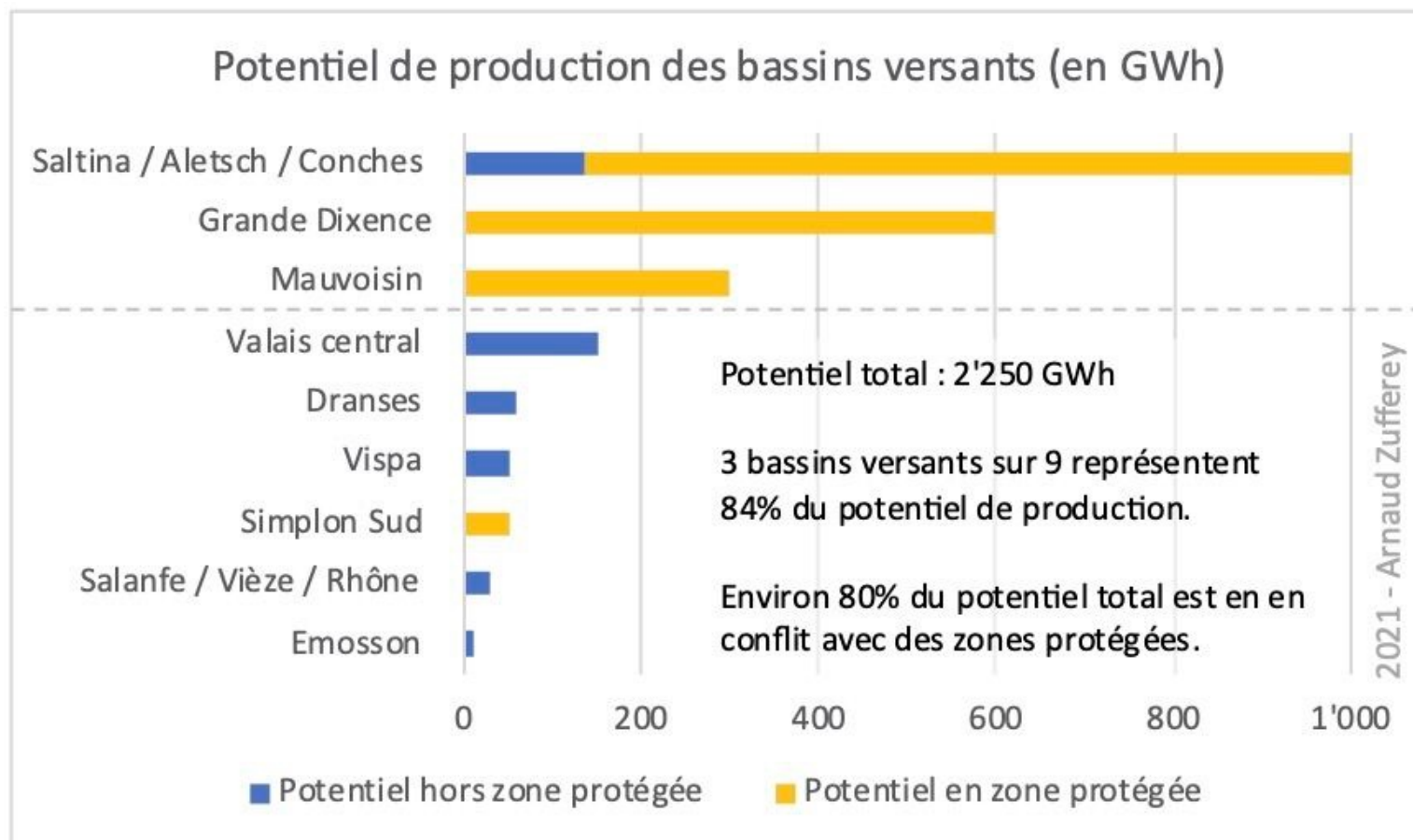
Efficacité



Renouvelables



# Energies renouvelables : nouveaux barrages ?





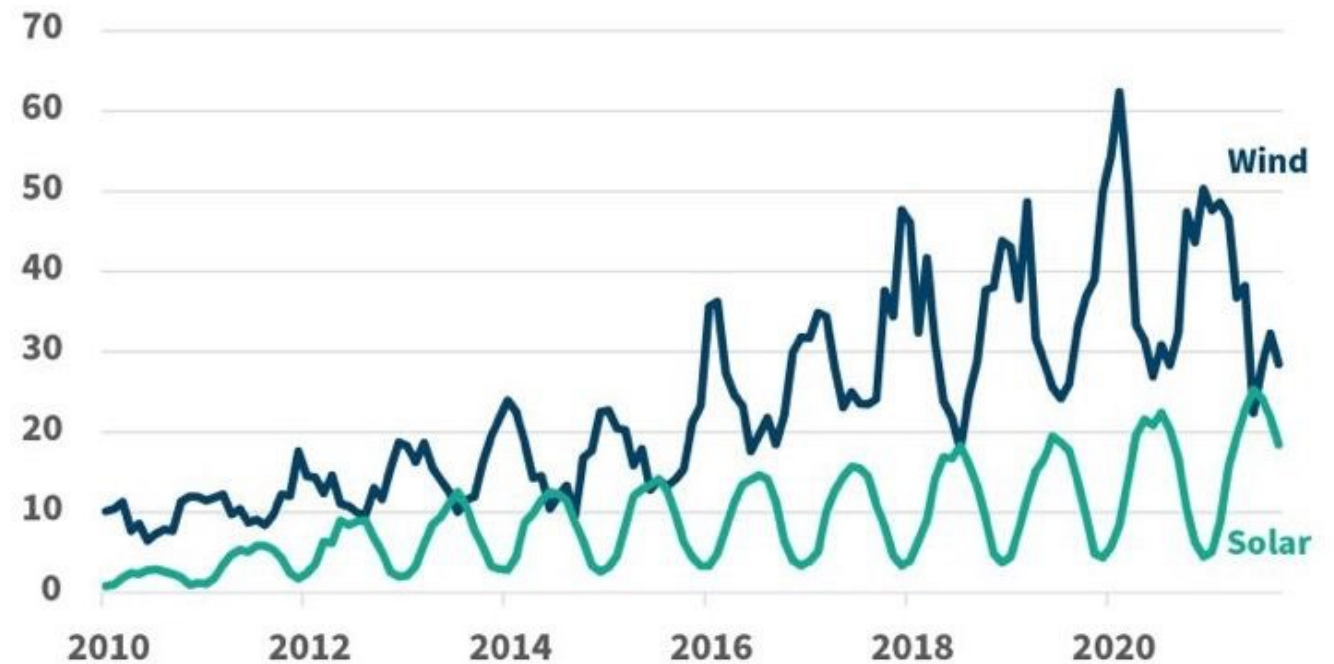
# Eolien

- Complémentaire du solaire (2/3 production en hiver)
- Potentiel de 29.5 TWh
- Mais 4'439 éoliennes ...



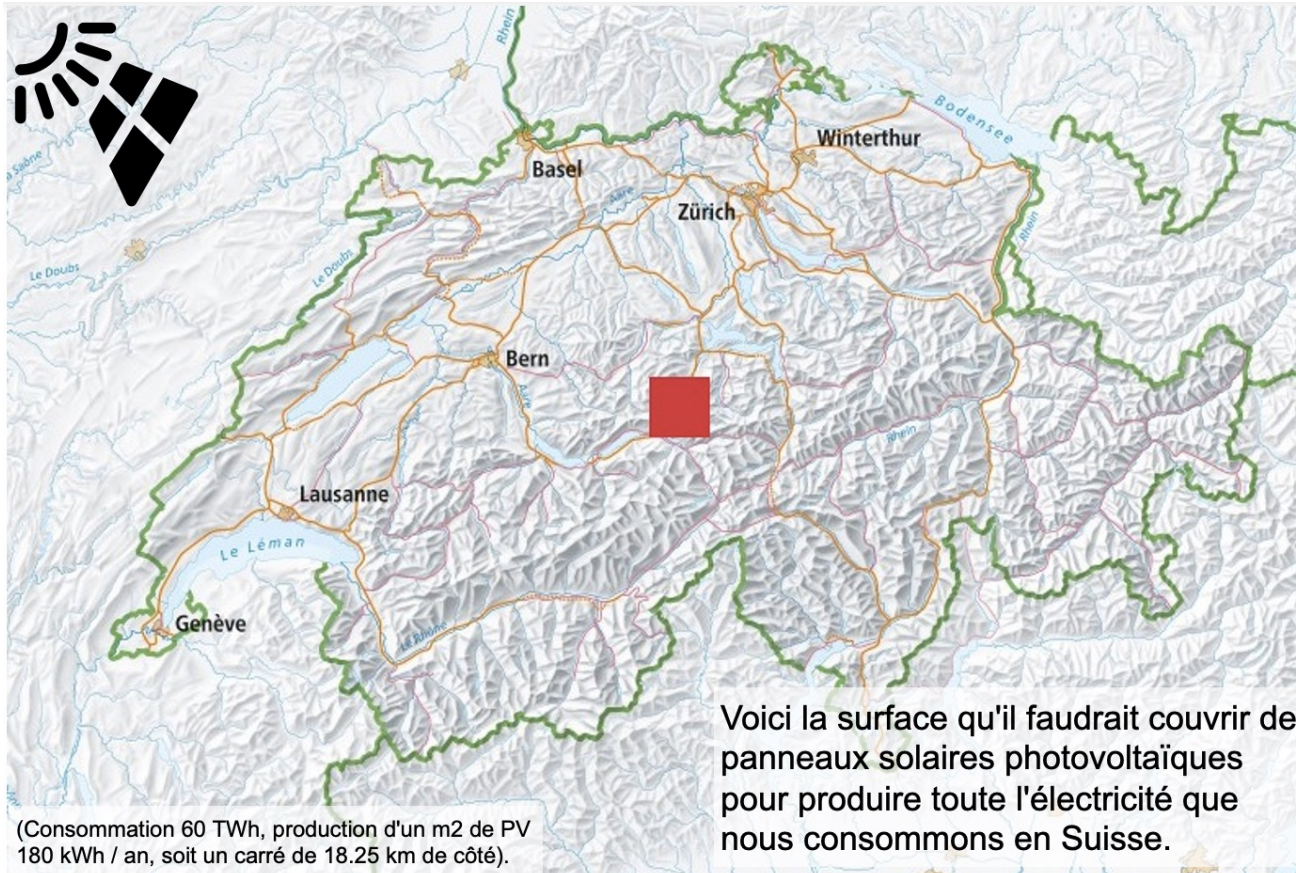
## Wind and Solar Generation in Europe

terawatt hours (monthly)



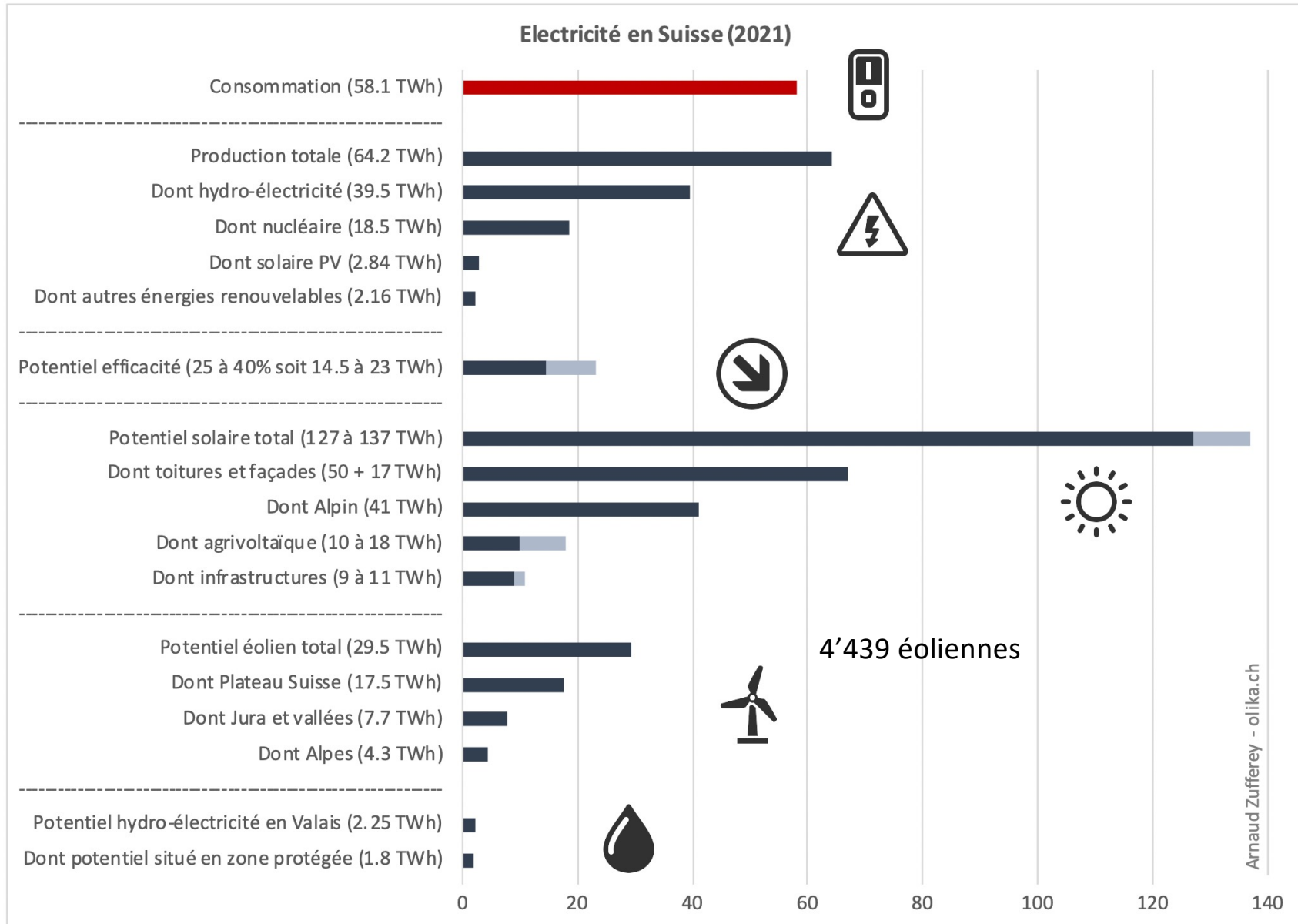
Source: International Energy Agency, Monthly Electricity Statistics, December 2021. Data for OECD Europe, updated to September 2021.

# Energies renouvelables : solaire PV



- Potentiel de > 120 TWh, besoin de 18 TWh pour remplacer le nucléaire
- On produit déjà 80% de renouvelable, donc il faudrait 20% de ce carré !
- Gondosolar : miroir aux alouettes : <https://olika.ch/index.php?art=gondosolar>

# Synthèse







# Conclusion


- Le secteur de l'énergie n'a jamais été aussi perturbé depuis 1945.
- Le changement climatique n'a jamais été aussi clair que cette année.
- C'est une situation de crise mais aussi une opportunité.
- Les leviers de la sobriété et de l'efficacité sont fortement sous-exploités tant au niveau individuel que collectif.
- A nous d'agir !


# Contact

- Olika.ch
- <https://www.linkedin.com/in/arnaud-zufferey/>



**Arnaud Zufferey**  
Ing. dipl. EPFL - Artisan de la transition énergétique  
Région métropolitaine de Berne  
+ de 500 relations

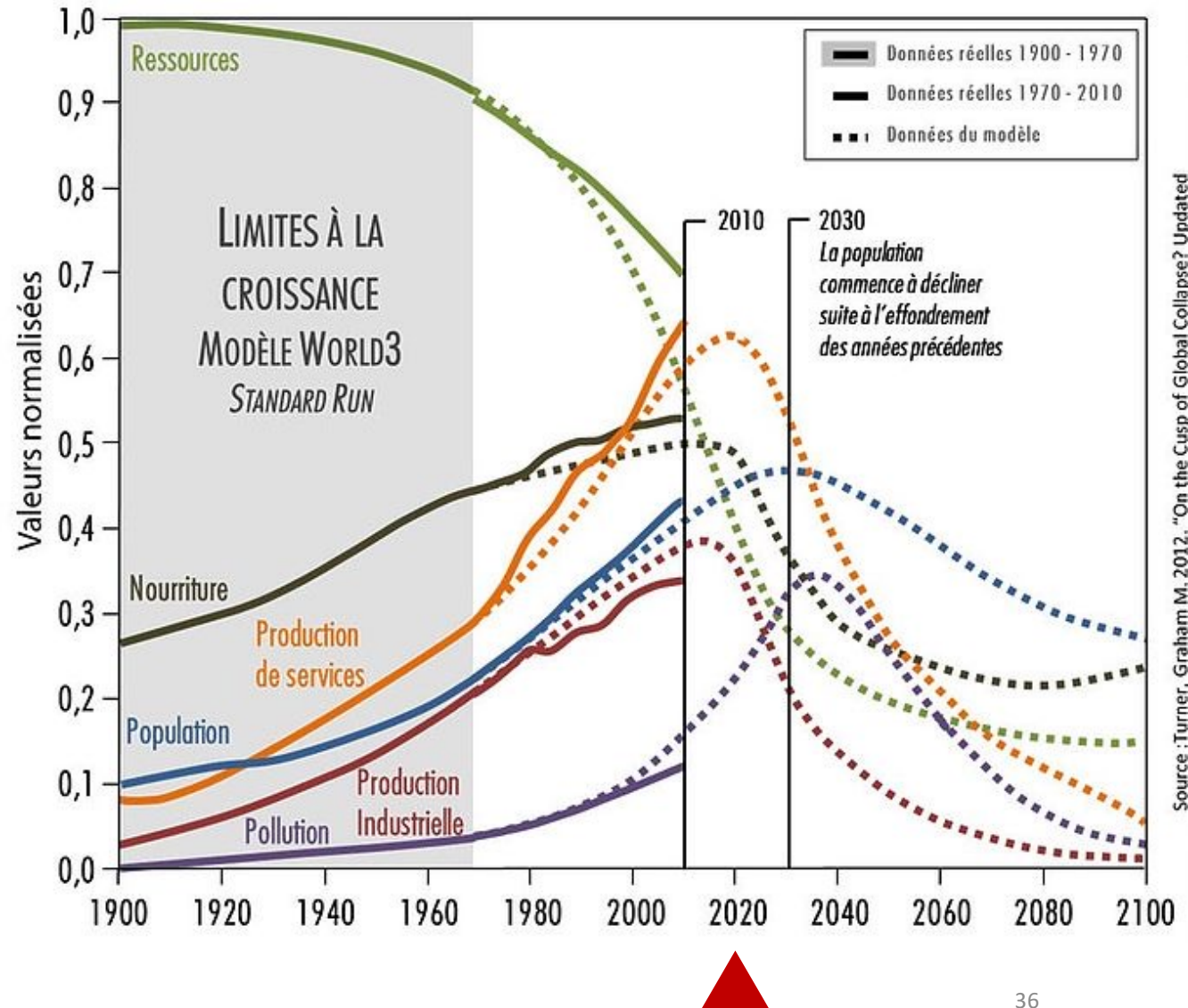
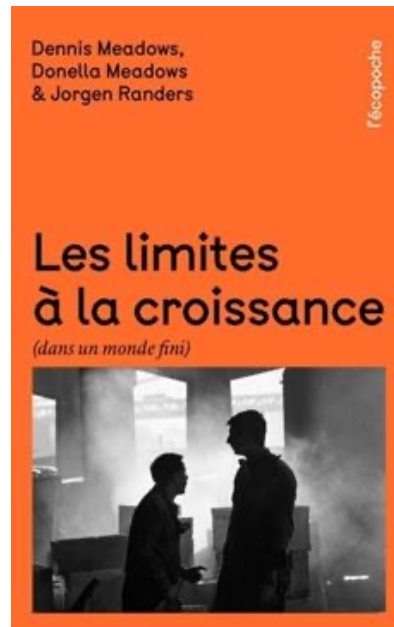
 **Olika sàrl**

 **EPFL (École polytechnique fédérale de Lausanne)**

# Annexes

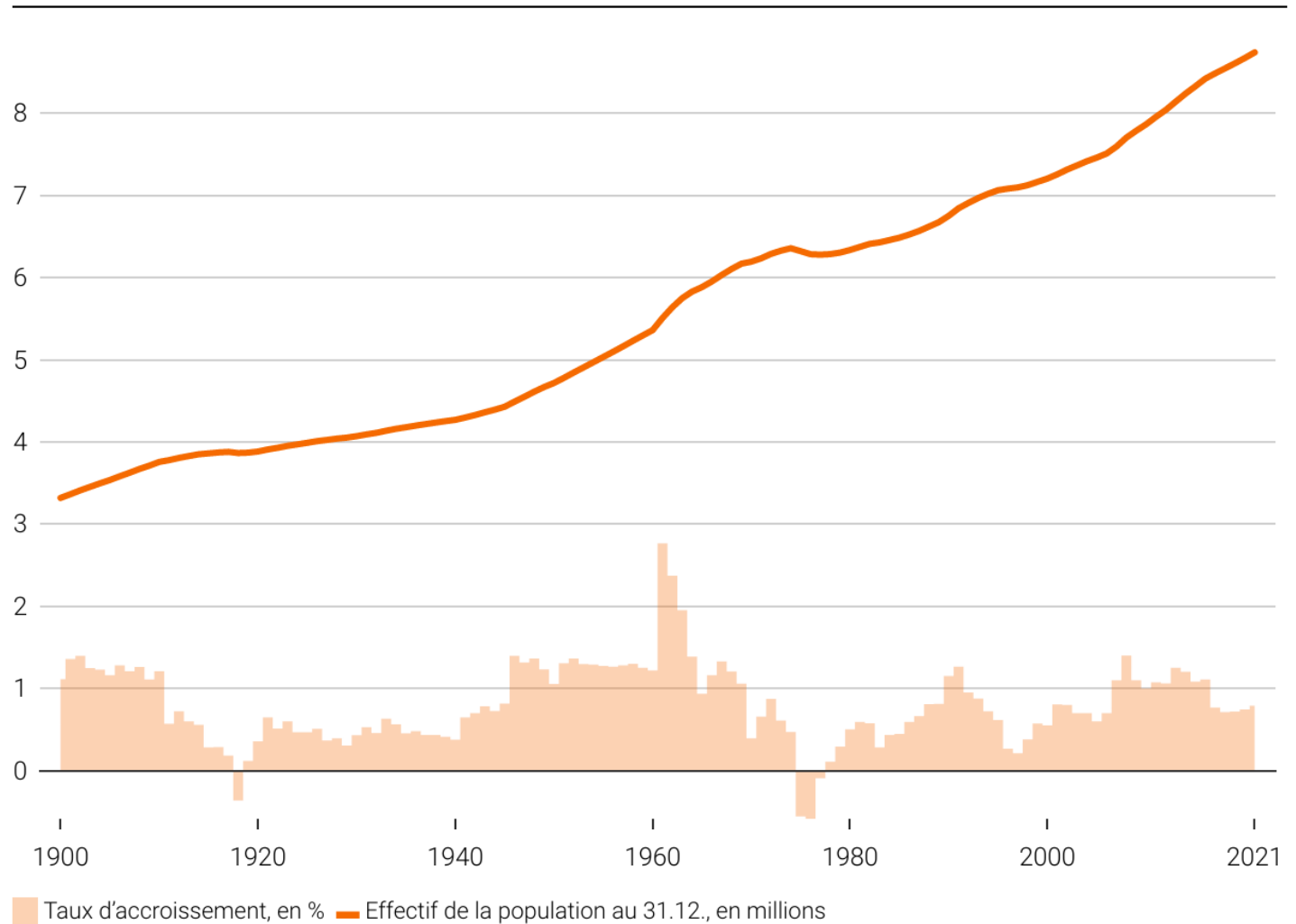
# Croissance ?

- The Limits to Growth, 1972
- Covid, sécheresse, canicules, inondations, guerre en Ukraine, pénuries...



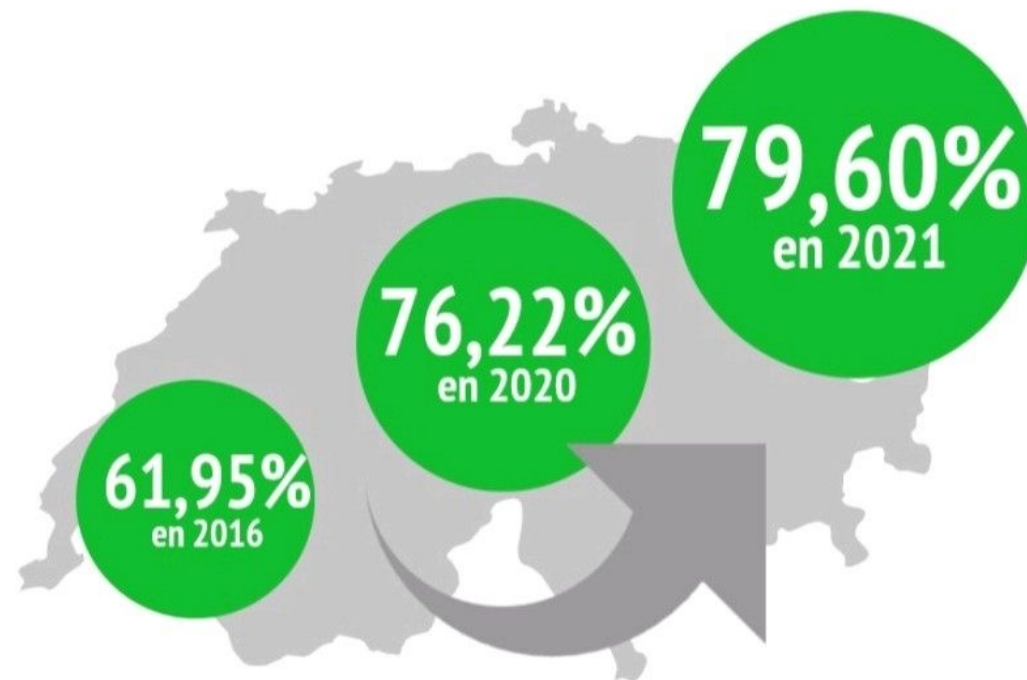
# Population

## Accroissement et effectif de la population



## Près de 80% d'énergies renouvelables

La part d'énergies renouvelables consommée en Suisse poursuit sa progression année après année.



## Russian gas flows to the EU are down 70% year on year

(million cu m per week)\*

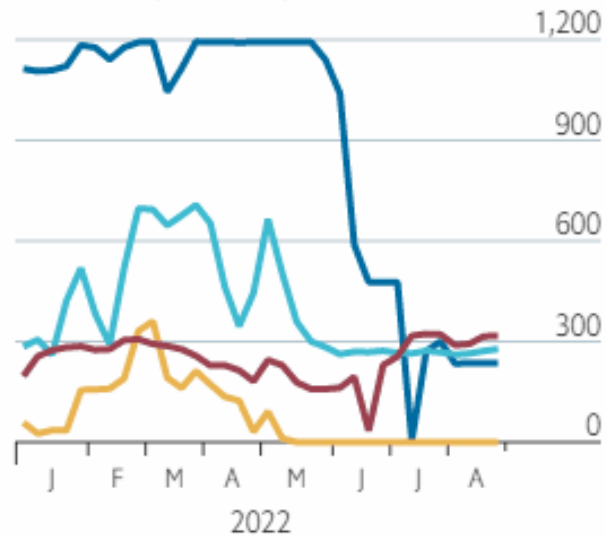
### EU gas imports by origin

— Russia    — LNG  
— Norway    — Algeria



### EU gas imports from Russia by pipeline

— Nord Stream 1    — Ukraine transit  
— Yamal (via Poland)    — Turkstream

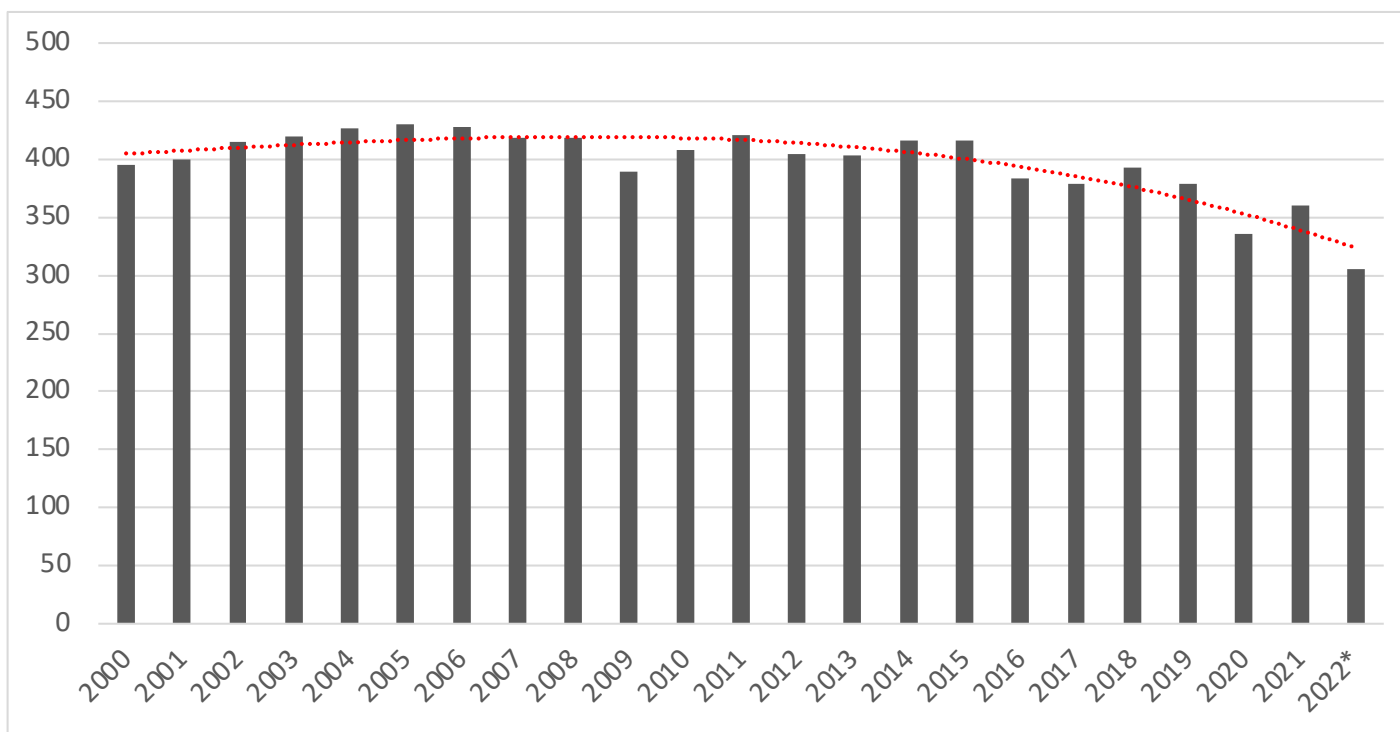


Sources: Bruegel; EIU.

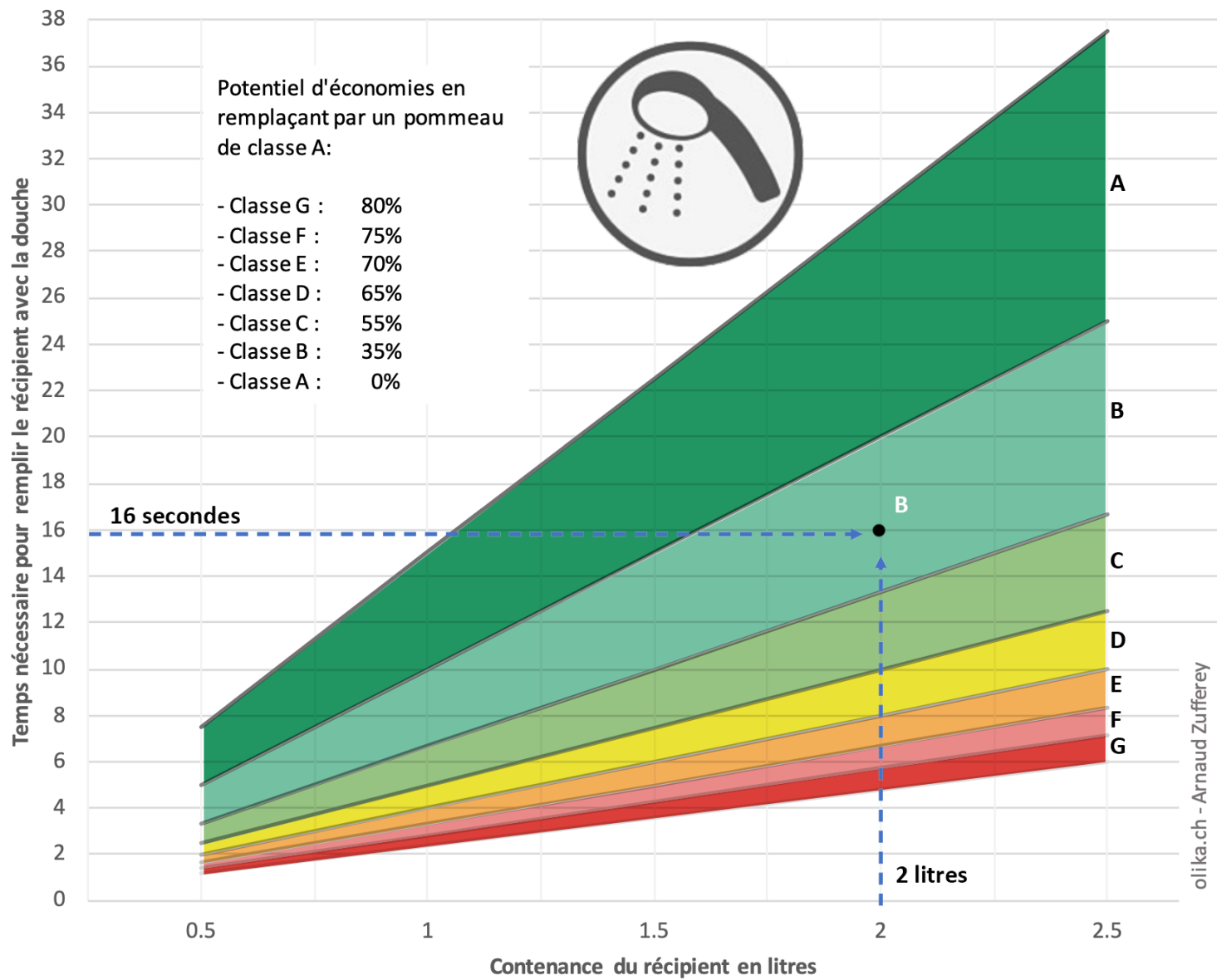
\*Data run to the week of August 22nd. Since then flows via Nord Stream 1 have fallen to zero.

# Continuer à importer du nucléaire français ?

- Moyenne 2000-2015 : 413 TWh/an.
- Prédiction 2022 : 305 TWh soit -26%
- La baisse correspond à 1.9x la consommation annuelle de la Suisse
- Le nucléaire suisse décline aussi :
  - 26.4 TWh en 2014
  - 18.5 TWh en 2021





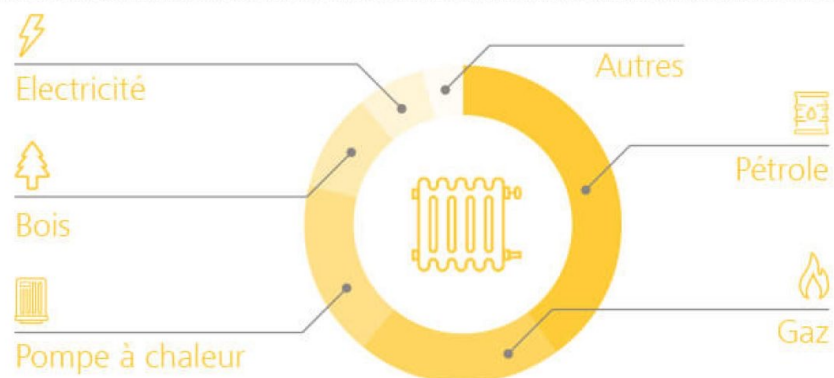
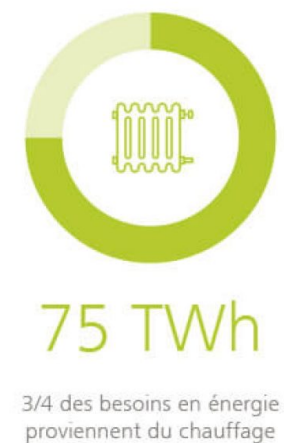


# Le vélo électrique a-t-il un rôle à jouer ?

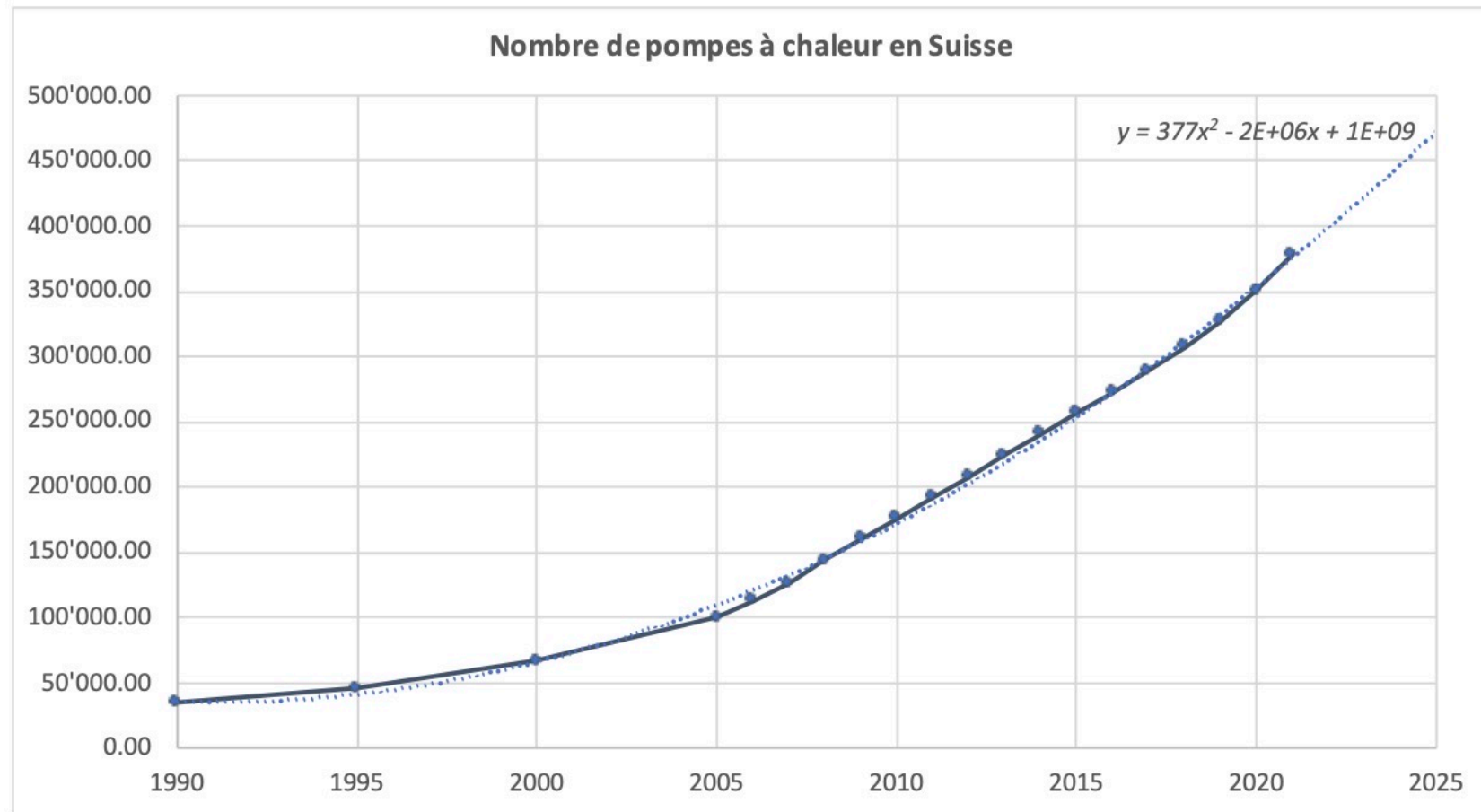
- 👉 En Suisse il y a environ 880 000 vélos électriques (pour 3.8 millions de ménages soit 23%).
- 👉 Ils parcourent 2.3 milliards de km/an (soit 2'600 km/an par vélo).
- 👉 38% des km parcourus auraient été fait en véhicule à moteur ce qui représente 122'000 tonnes de CO2 économisés.
- 👉 Ils sont 12x plus nombreux que les voitures électriques (70'000 en circulation).
- 👉 Ils consomment 1 kWh/100 km soit 18x moins d'énergie qu'une voiture électrique ou 80x moins qu'une voiture fossile.
- 👉 Leur batterie est en moyenne 100x plus petite que celle d'une voiture électrique (0.5 - 50 kWh).
- 👉 La consommation d'électricité est très faible : 26 kWh/an pour 2'600 km (soit 5 CHF/an).
- 👉 On peut alimenter 15 vélos électriques avec un seul panneau solaire de 320 W (380 kWh/an de production). ☀️
- 👉 On peut aussi alimenter un vélo avec des négaWatts : un seul lampadaire assaini = 400 kWh économisés, soit 15 vélos.
- 👉 Le prix d'achat a beaucoup baissé. On trouve des vélos électriques à partir de 1'500.- et aussi de très bonnes occasions.
- 👉 On peut se parquer partout. Sur une seule place de parking pour voiture on peut mettre 8 vélos, une vraie solution pour les villes.
- 👉 Le potentiel est énorme : 44% des trajets sont effectués pour les loisirs. Par ailleurs 34% des déplacements en voiture n'excèdent pas 3 km, la moitié fait moins de 5 km et 70% ne dépassent pas 10 km.
- 👉 En moyenne 1.6 passager dans une voiture, remplaçable par un vélo + remorque ou un cargo bike (1 adulte + 2 enfants) .
- 👉 Il existe des vélos pour tous les goûts et pour tous les usages : VTT, course, gravel, cargo, pliable, etc.
- 👉 Un VTT électrique passe vraiment partout, ce qui n'est pas le cas d'un SUV, même 4x4.
- 👉 Le vélo électrique permet de faire un effort modéré au quotidien, bon pour la santé.
- 👉 Dans bien des cas on peut aussi utiliser un vélo classique. 65% des ménages en sont équipés.

Sources des données : OFS, OFEN programme newride

# Chaleur : parc bâti

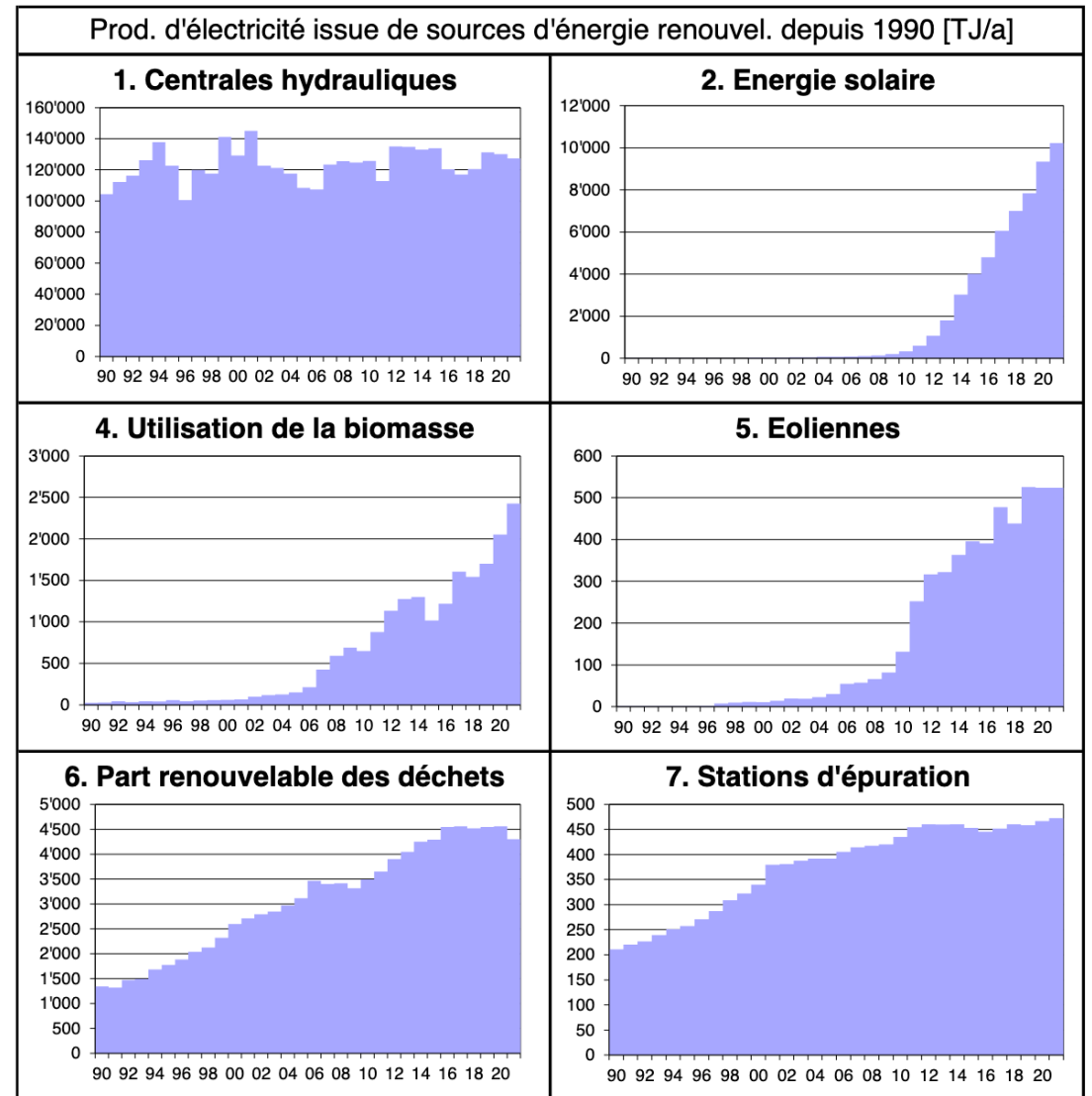


# PAC



# Energies renouvelables ?

- <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/approvisionnement/statistiques-et-geodonnees/statistiques-de-lenergie/statistiques-sectorielles.html>



G:\ALL\SdE\GESAMT\Stat-erneuerbar-2021.xls\Fich2 Ber50f

Tableau 1.7 Evolution de la production d'électricité tirée de sources d'énergie renouvelables depuis 1990 pour différentes technologies

# Pour en savoir plus : livres blancs

- Solaire PV :  
[https://oiken.ch/wp-content/uploads/2022/08/OIKEN Livre Blanc Solaire RVB final 20220419-1.pdf](https://oiken.ch/wp-content/uploads/2022/08/OIKEN_Livre_Blanc_Solaire_RVB_final_20220419-1.pdf)
- Sobriété :  
[https://oiken.ch/wp-content/uploads/2022/08/OIKEN Livre Blanc Elec.pdf](https://oiken.ch/wp-content/uploads/2022/08/OIKEN_Livre_Blanc_Elec.pdf)
- Chauffage :  
à paraître





# Quelles actions individuelles pour la sobriété énergétique ?

- Vidéo du Temps  
<https://www.youtube.com/watch?v=biUq46xtfnw>



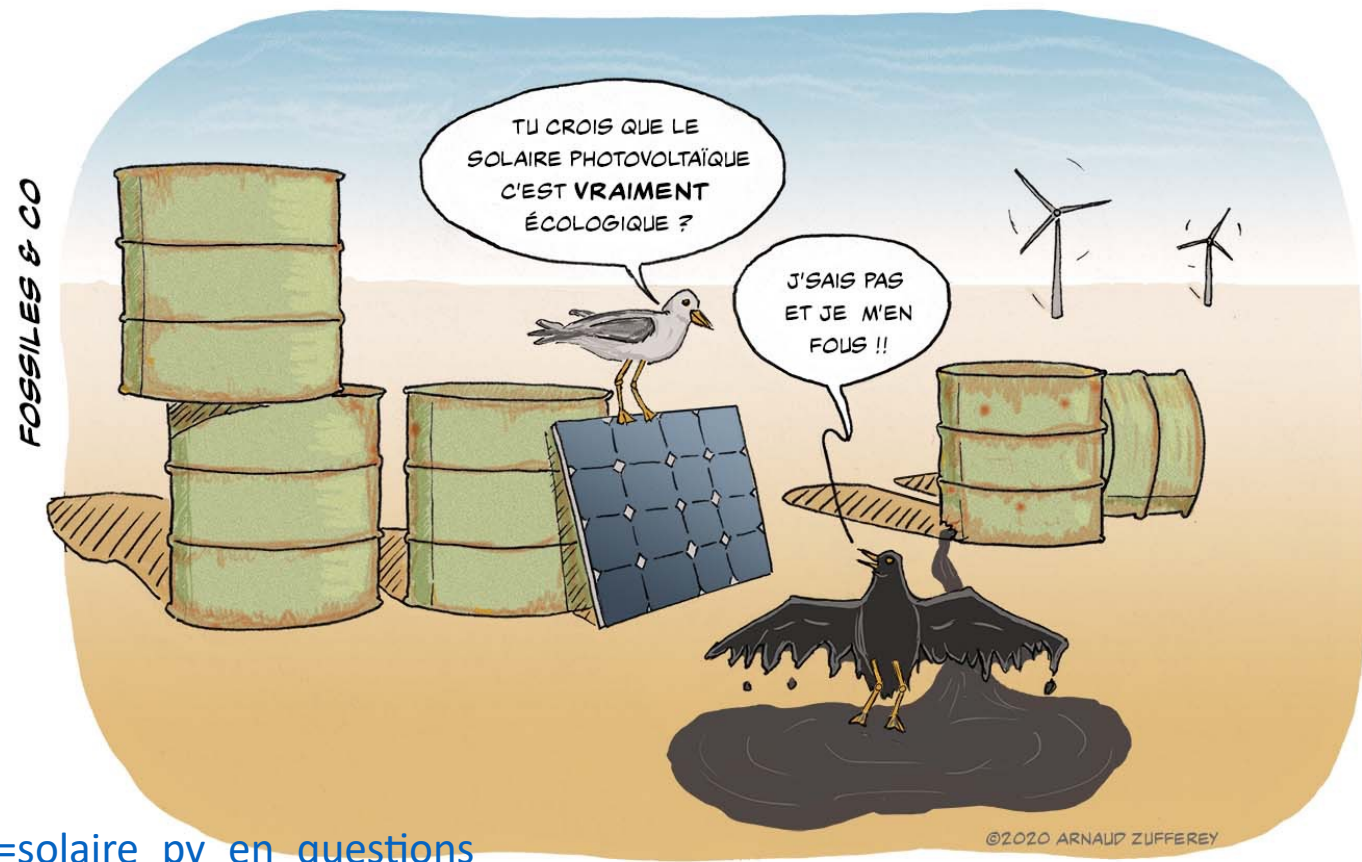
# Ecobilan des véhicules électriques ?



[https://olika.ch/index.php?art=ecobilan voitures elec](https://olika.ch/index.php?art=ecobilan%20voitures%20elec)



# Ecobilan du solaire PV ?



[https://olika.ch/index.php?art=solaire\\_pv\\_en\\_questions](https://olika.ch/index.php?art=solaire_pv_en_questions)