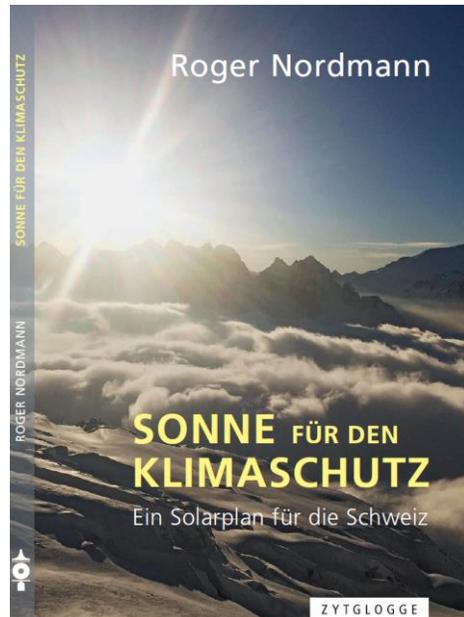


UniGE  
7 avril 2022

# *Le plan solaire et climat*



## **Roger Nordmann**

Conseiller national PS/VD, Président du Groupe socialiste aux Chambres fédérales,  
Membre de la Commission de l'environnement, de l'aménagement du territoire et de  
l'énergie (CEATE-N)

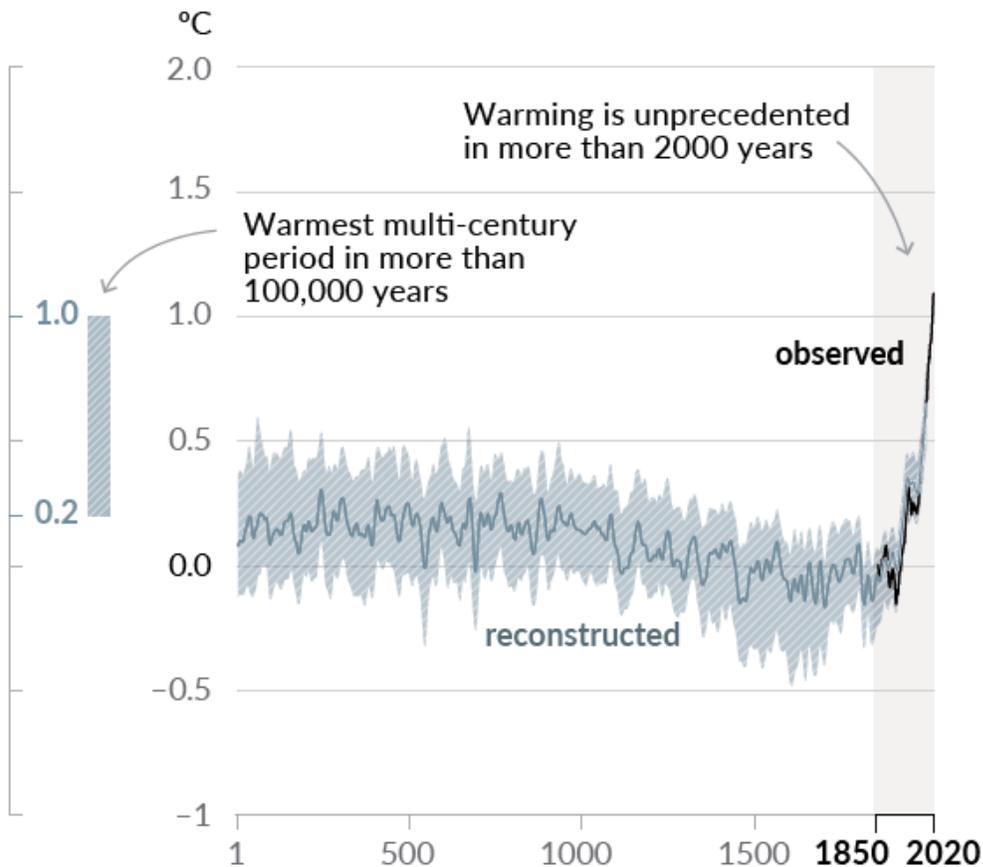
# Plan de la Présentation

- 1. Le défi climatique**
- 2. Climat: les champs d'action en Suisse**
- 3. Le besoin d'électricité pour la décarbonisation**
- 4. Consommation et production d'électricité par an**
- 5. Pourquoi le photovoltaïque est la variante la plus réaliste**
- 6. La variabilité du PV**
- 7. La modélisation sur une base mensuelle avec 50 GW PV**
- 8. La question hivernale**
- 9. Solutions à combiner pour éviter le scénario du pire, à savoir 9 TWh fossile**
- 10. Convergence « approx. hiver & décarbonisation de l'industrie »?**
- 11. Essentiellement une question d'investissement**

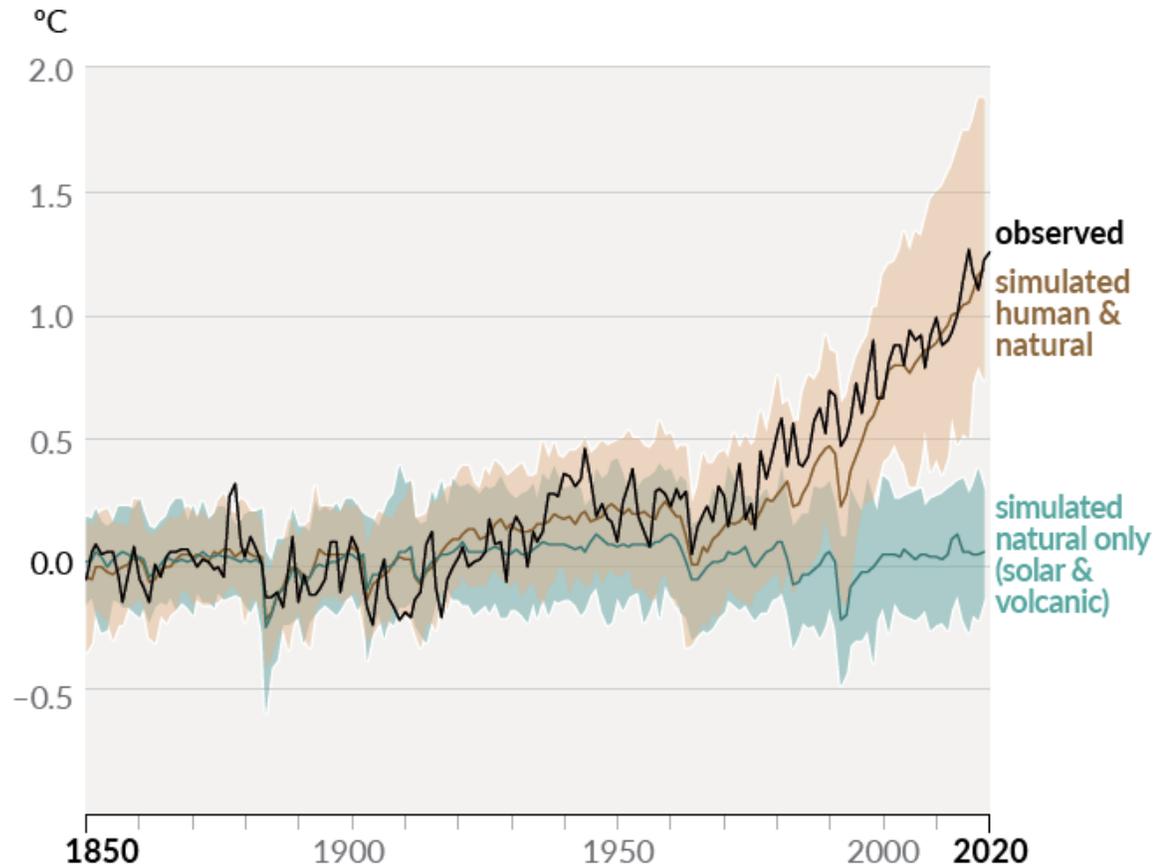
# 1. Défi climatique – impact sur l’humain

## Changes in global surface temperature relative to 1850–1900

(a) Change in global surface temperature (decadal average) as **reconstructed** (1–2000) and **observed** (1850–2020)

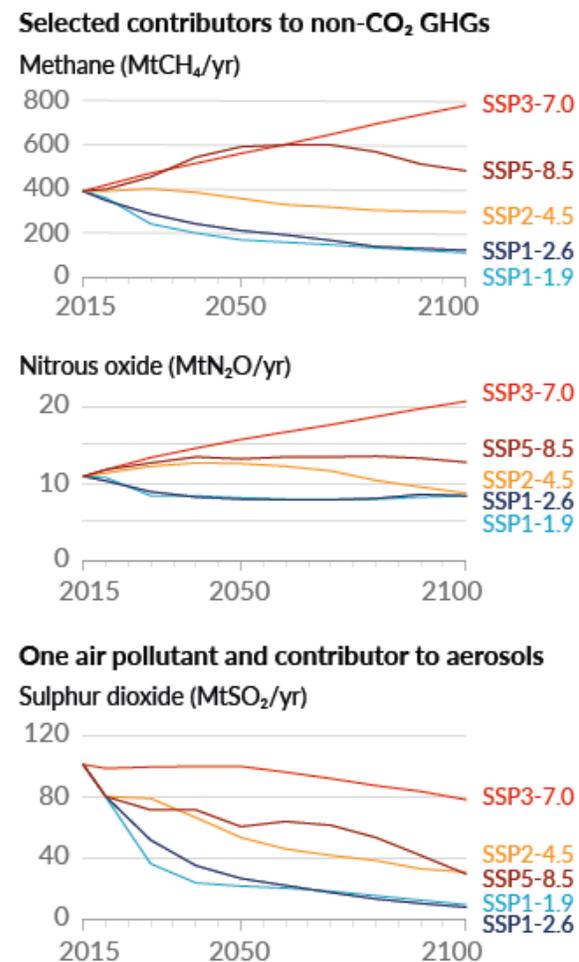
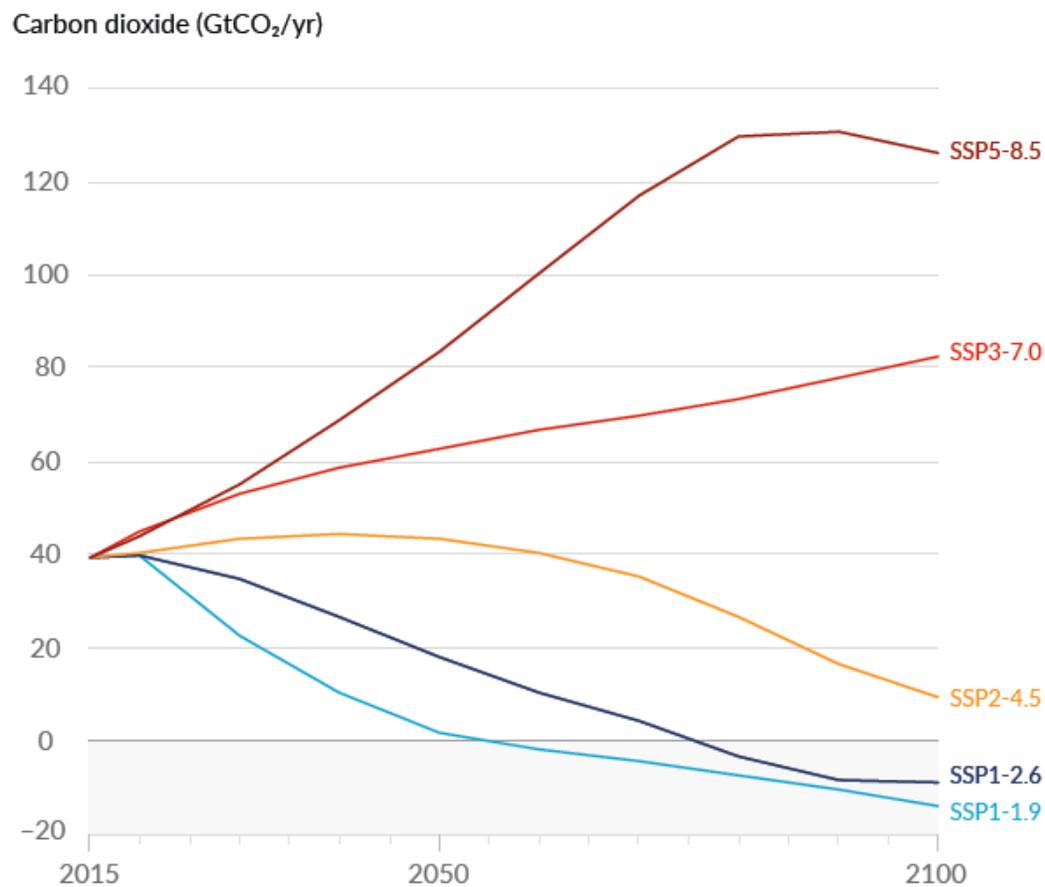


(b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850–2020)

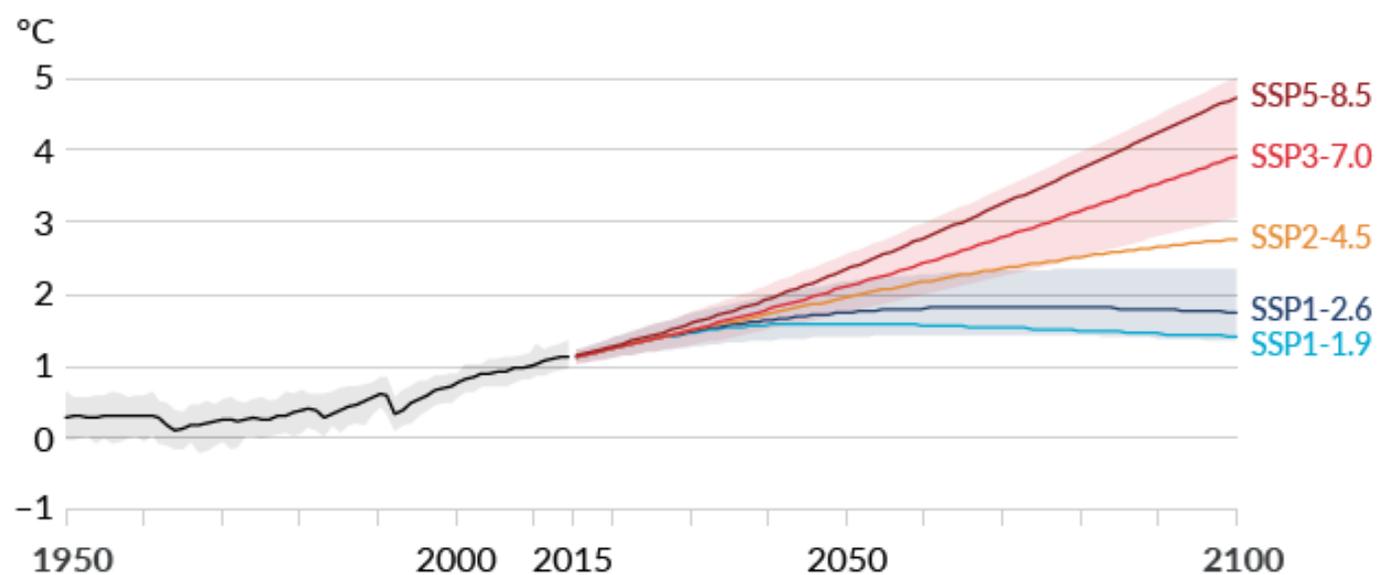


# Future emissions cause future additional warming, with total warming dominated by past and future CO<sub>2</sub> emissions

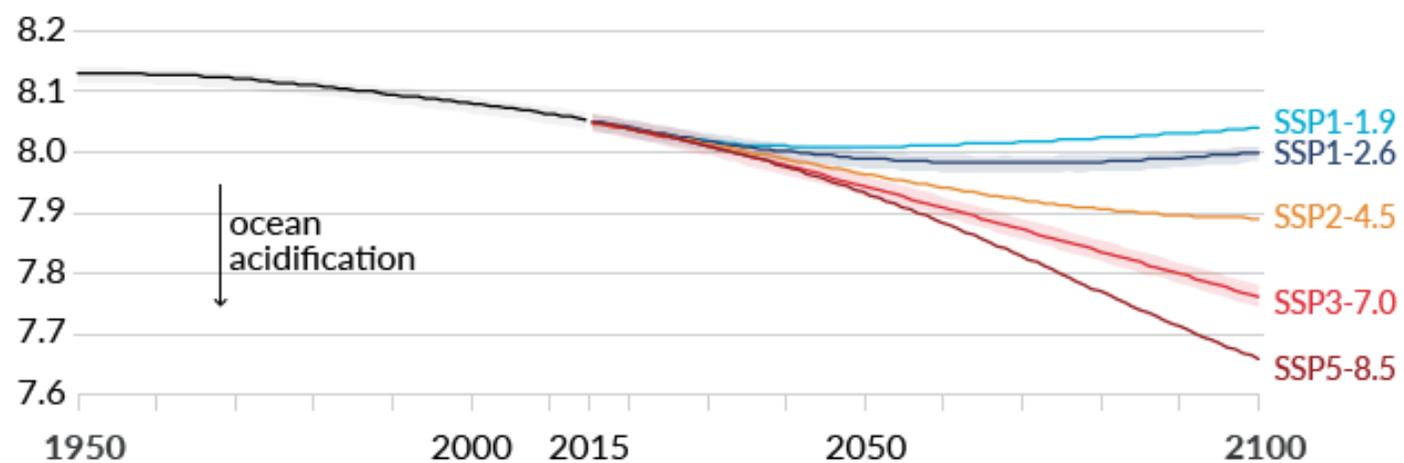
(a) Future annual emissions of CO<sub>2</sub> (left) and of a subset of key non-CO<sub>2</sub> drivers (right), across five illustrative scenarios



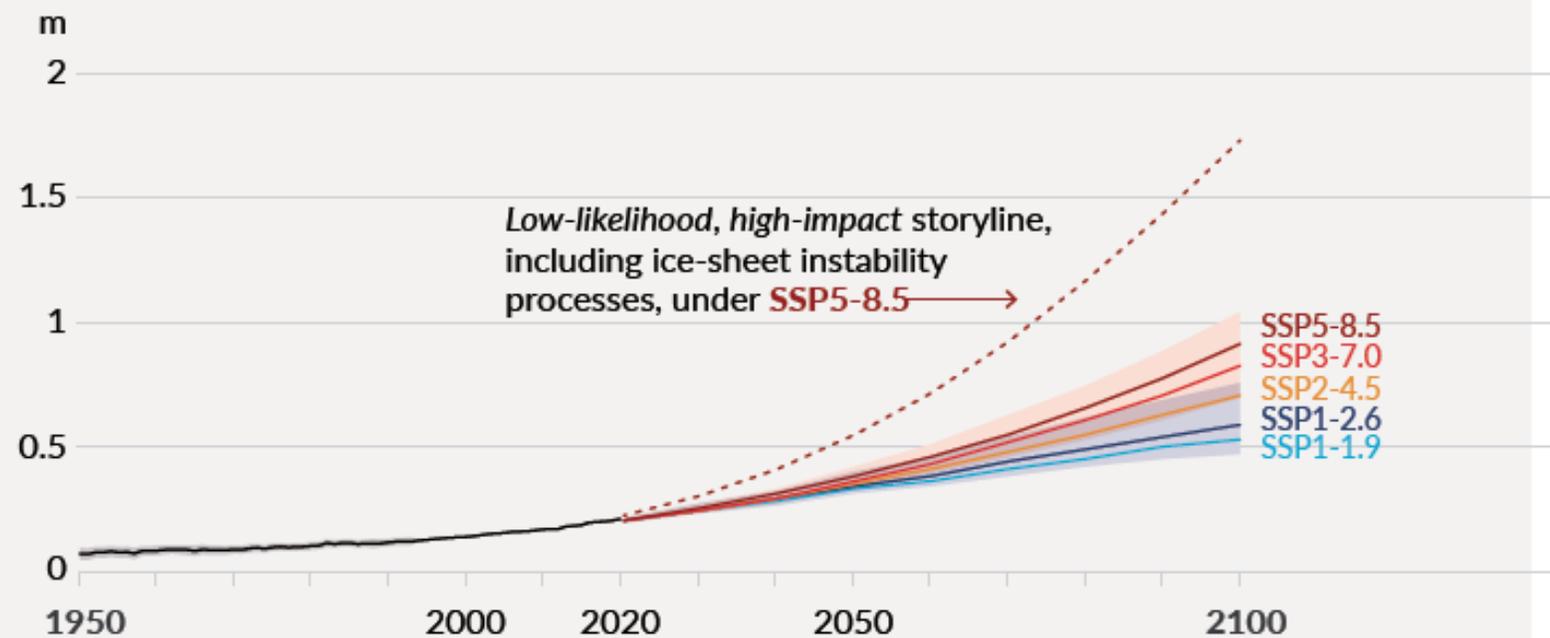
(a) Global surface temperature change relative to 1850–1900



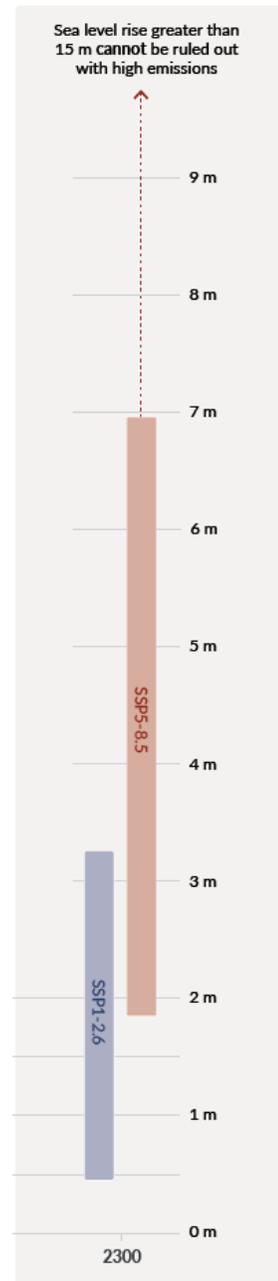
(c) Global ocean surface pH (a measure of acidity)



(d) Global mean sea level change relative to 1900

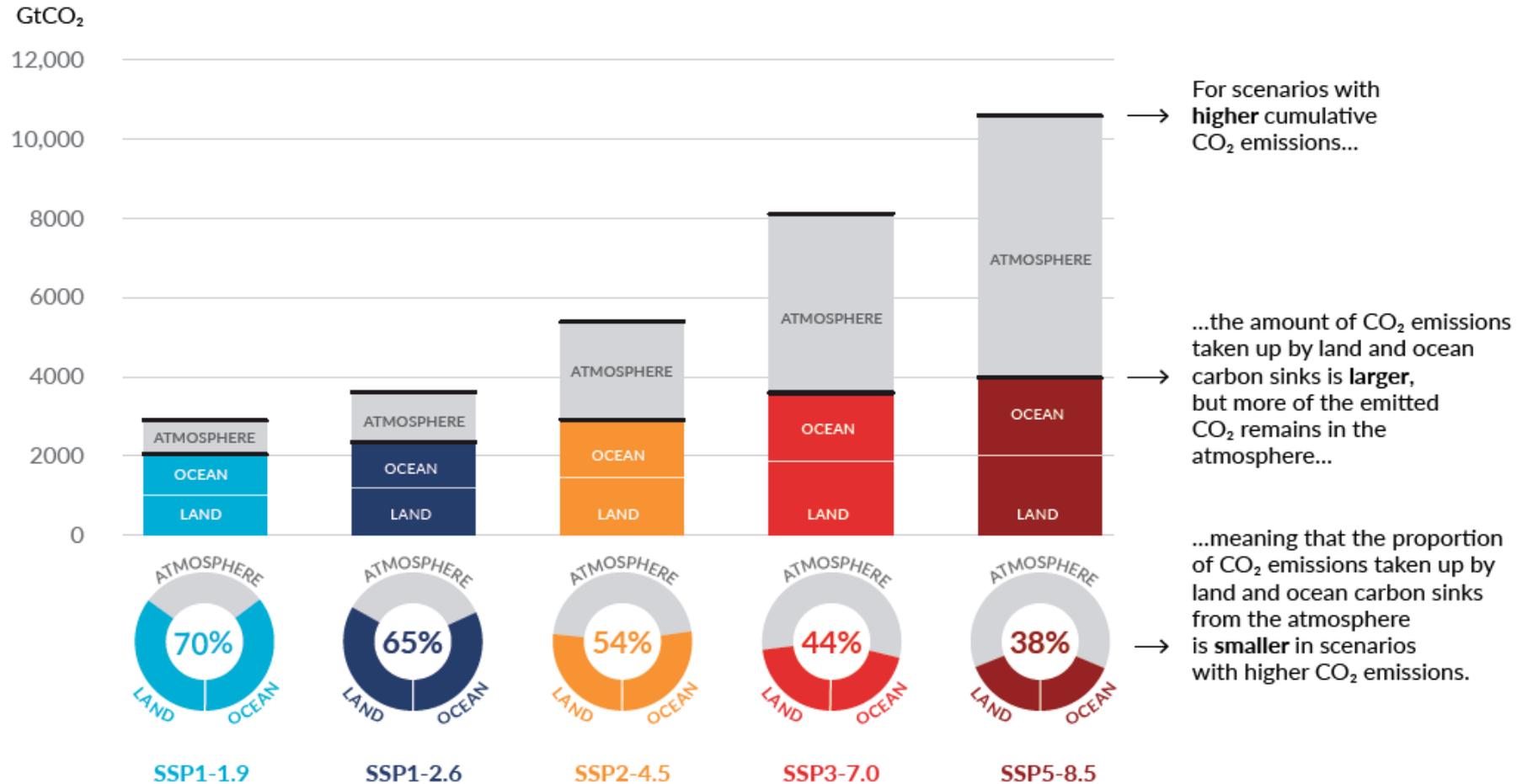


(e) Global mean sea level change in 2300 relative to 1900



# The proportion of CO<sub>2</sub> emissions taken up by land and ocean carbon sinks is smaller in scenarios with higher cumulative CO<sub>2</sub> emissions

Total cumulative CO<sub>2</sub> emissions taken up by land and ocean (colours) and remaining in the atmosphere (grey) under the five illustrative scenarios from 1850 to 2100

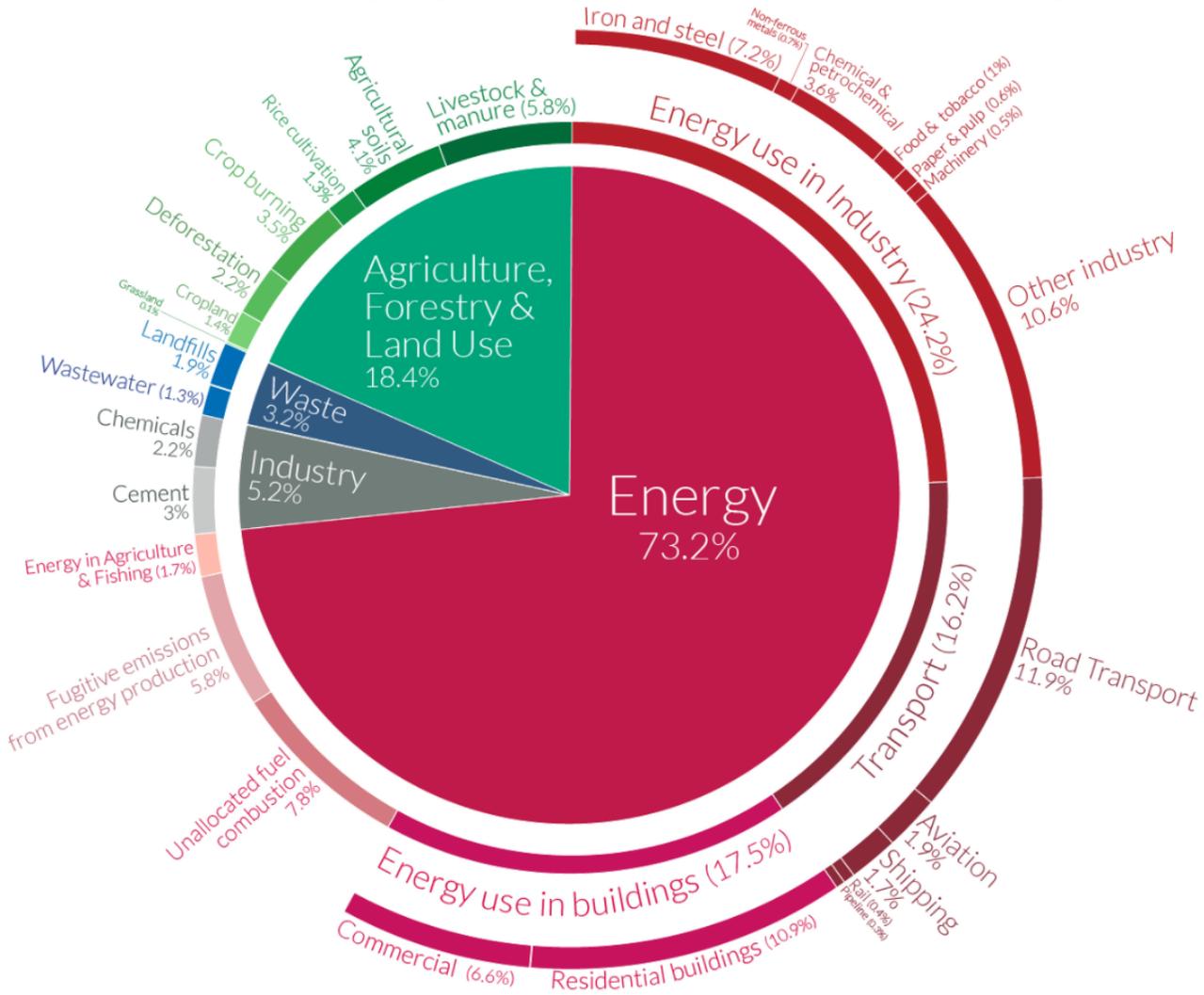


# 2. L'origine des gaz à effet de serre et l'électricité au niveau global

## 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.



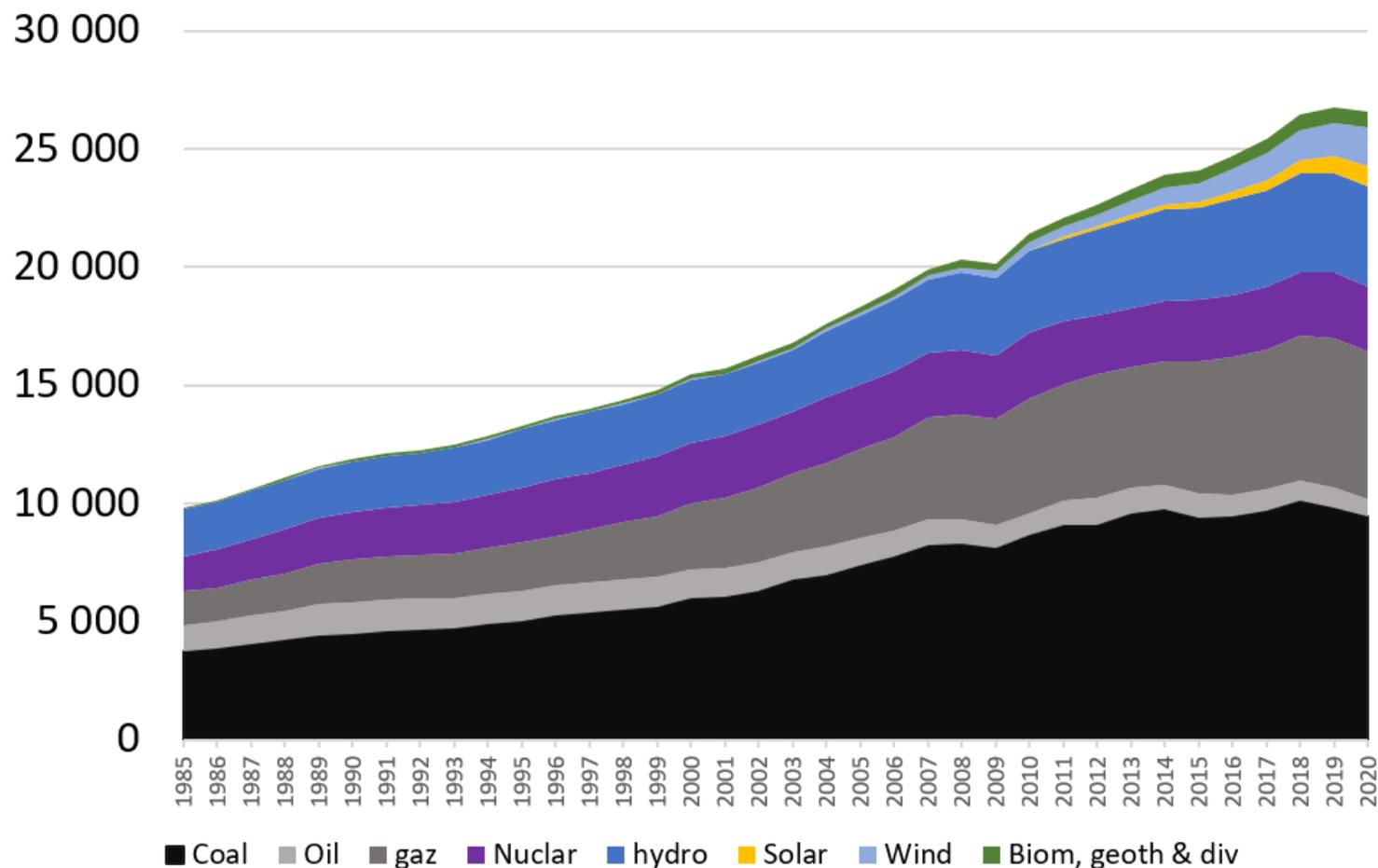
L'électricité et la chaleur industrielle représentent 30% de l'ensemble.  
(dont l'électricité ≈ 1/4 de l'ensemble)

L'alimentation représente aussi 1/4

Source: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>

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).

## Production électrique mondiale en TWh



	Mix 1990	Mix 2000	Mix 2010	Mix 2020
Coal	37,5%	40,3%	40,3%	35,4%
Oil	11,5%	4,4%	4,4%	2,9%
gaz	15,0%	22,7%	22,7%	23,6%
Nuclar	16,8%	12,9%	12,9%	10,2%
hydro	18,2%	16,0%	16,0%	16,2%
Solar	0,0%	0,2%	0,2%	3,2%
Wind	0,0%	1,6%	1,6%	6,0%
Biom, geoth & div	1,0%	1,8%	1,8%	2,6%

Source des données: bp Statistical Review of World Energy July 2021

<http://www.bp.com/statisticalreview>

# Le réchauffement est une menace existentielle partout

- + 5° et montée de la mer: centaines de millions de personnes sur les chemins de l'exil
- Presque tous les humains seront impactés, y compris en Suisse (p. ex. chaleur en ville, fin des glaciers, sécheresse)
- Les plus pauvres le seront davantage.
- Également dramatique pour la biodiversité (destruction/transformation des milieux naturels à une vitesse inouïe à l'échelle géologique).

**L'humanité doit se ressaisir!**

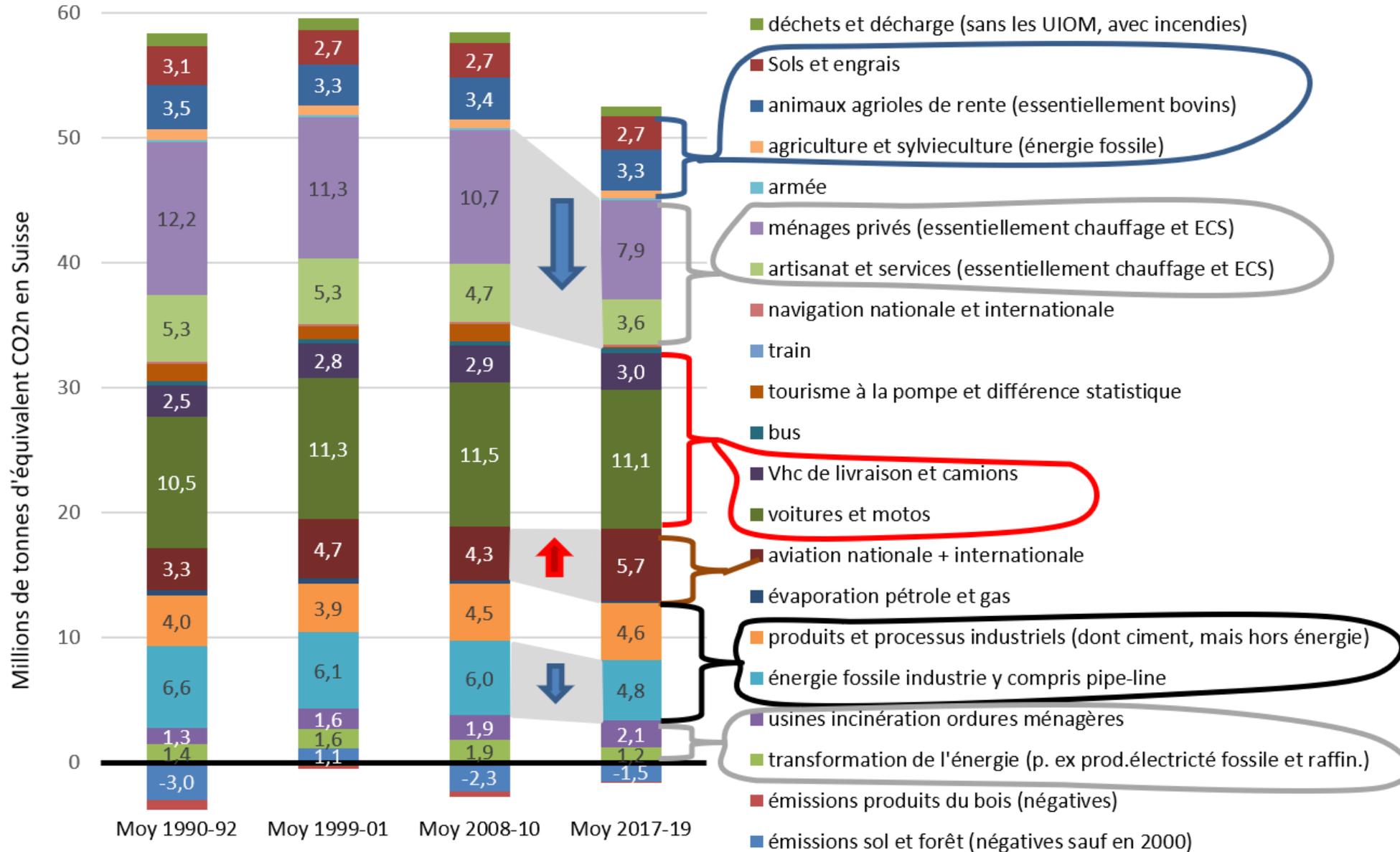
**Il est encore possible de limiter le désastre, mais c'est le dernier moment.**

**Au niveau global, et au sein de chaque pays.**

**Les deux niveaux sont imbriqués.**

Les mesures pour l'objectif 1,5° ont une très forte synergie avec les objectifs de développement durable du millénaire de l'ONU (SDG).

# 2. Climat: Les champs d'action en Suisse



Attention: pour 1 tonne émise en Suisse, la « swiss way of life » induite 1,5 à 2 tonnes à l'étranger

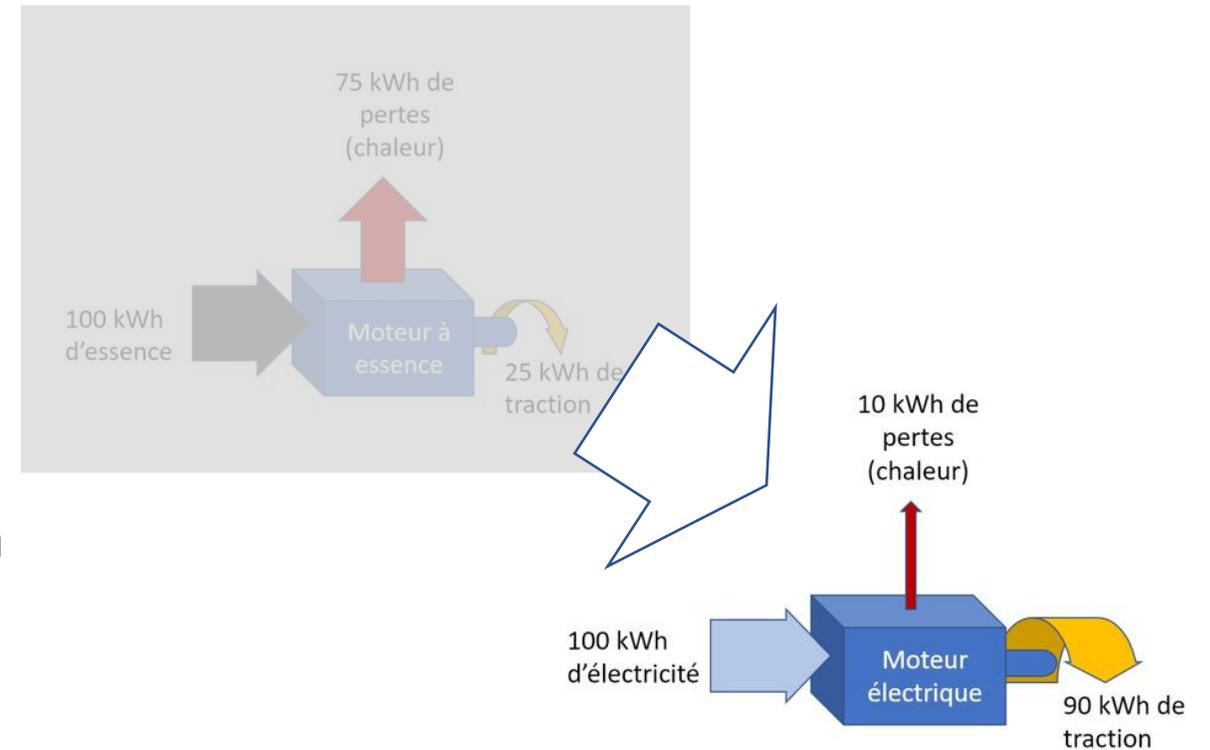
# 3. Le besoin d'électricité pour la décarbonisation

## Mobilité:

60 TWh d'essence et de Diesel

→ **+17 TWh** d'électricité dans des batteries

Avec Hydrogène → **+ 50 à 60 TWh** d'électricité



<https://rogernordmann.ch/energie-umwelt-und-klima-fur-eine-rasche-elektrifizierung-der-mobilitat-auf-der-strasse-bericht/>



Images: Galeuchet, Independent.co.uk, Siemens

La mobilité routière n'est pas près de disparaître même si on développe très bien les transports publics et la mobilité douce.

En tout cas sous l'angle climatique, il faut trouver une solution pour assainir ce qui restera de mobilité routière. L'électrification de la mobilité routière peut amener des progrès majeurs pour le climat et l'environnement (bruit, air).

A deux conditions:

- Parvenir à stopper la croissance des transports
- Utiliser de l'électricité renouvelable

Gros doutes sur les autres alternatives:

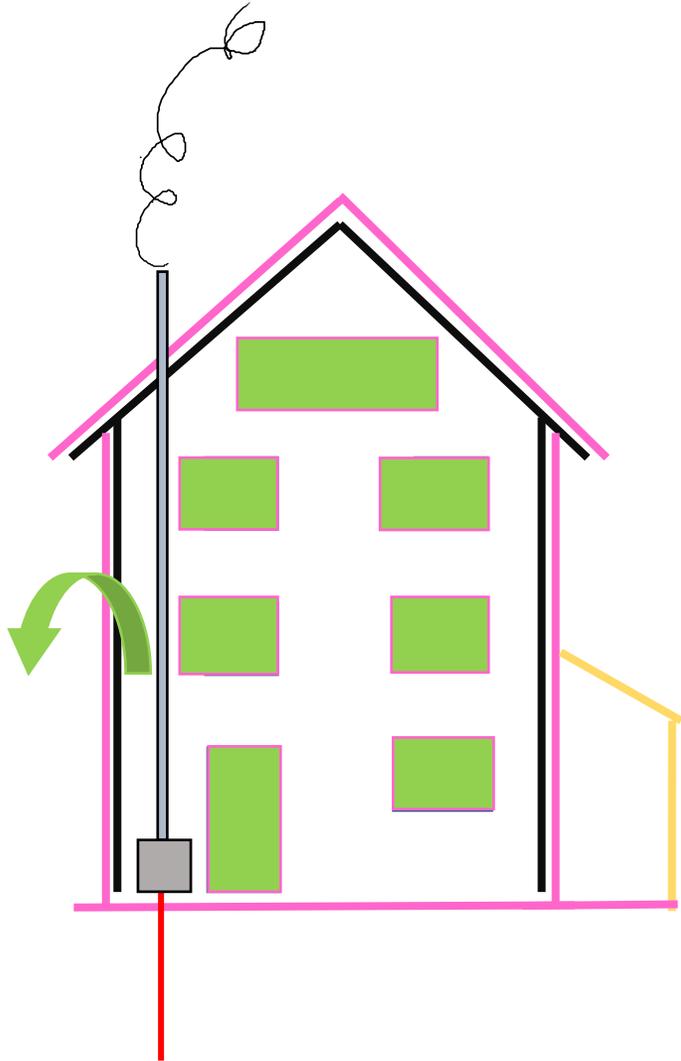
Agrocarburants: bilan écologique catastrophique des cultures et efficacité des moteurs aussi faible que fossile

Gas de synthèse (produit avec des surplus d'électricité renouvelable): chaîne de conversion peu efficace si utilisés dans moteurs à combustion. Plus efficace dans centrale à gaz ou cellules à combustibles.

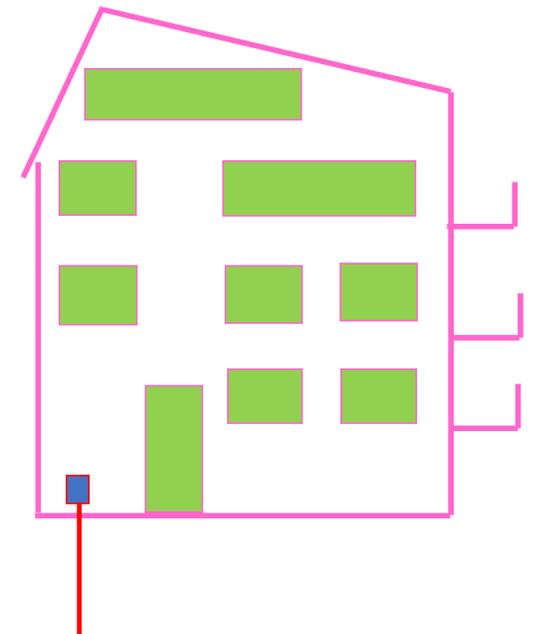
**Mais: 17 TWh pour l'électrification**

# Assainissement des bâtiments: l'électricité comme une partie de la solution

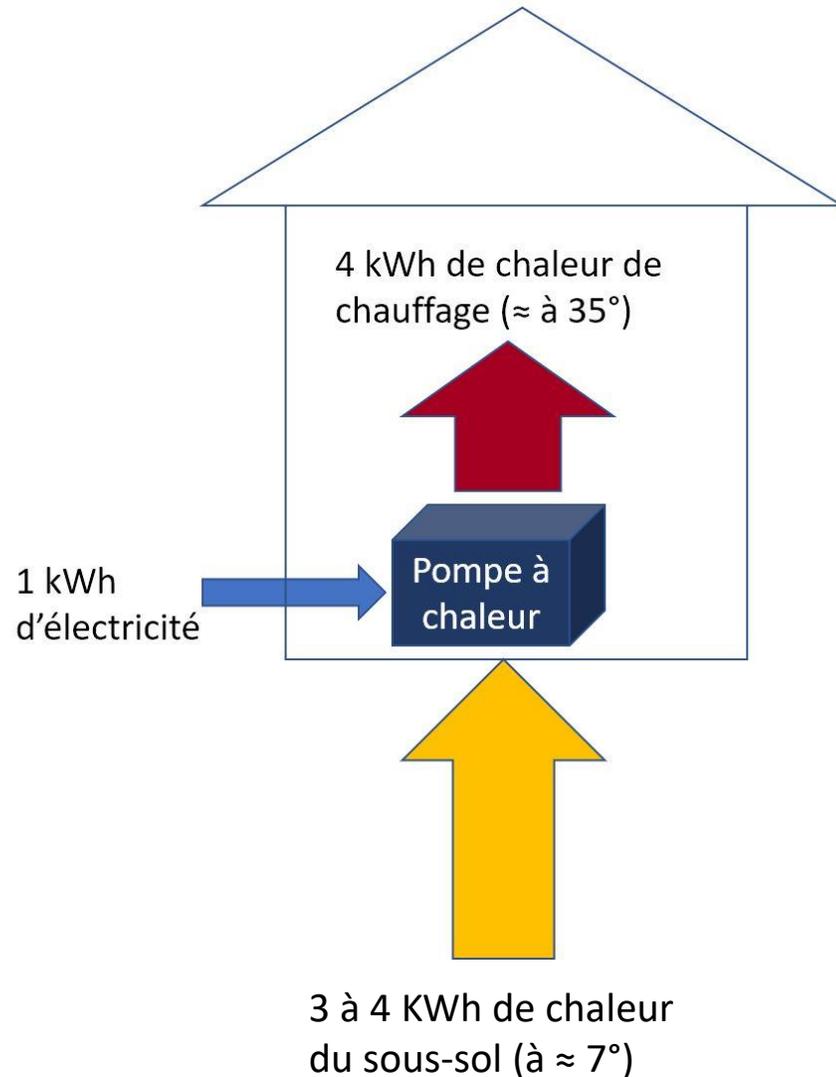
- Isolation de l'enveloppe
- Chauffage efficace, renouvelable
- Installations techniques (ventilation, éclairage, machines, etc)
- Utiliser le solaire passif
- Densification



Construction de remplacement à hautes performances



## L'efficacité de la pompe à chaleur



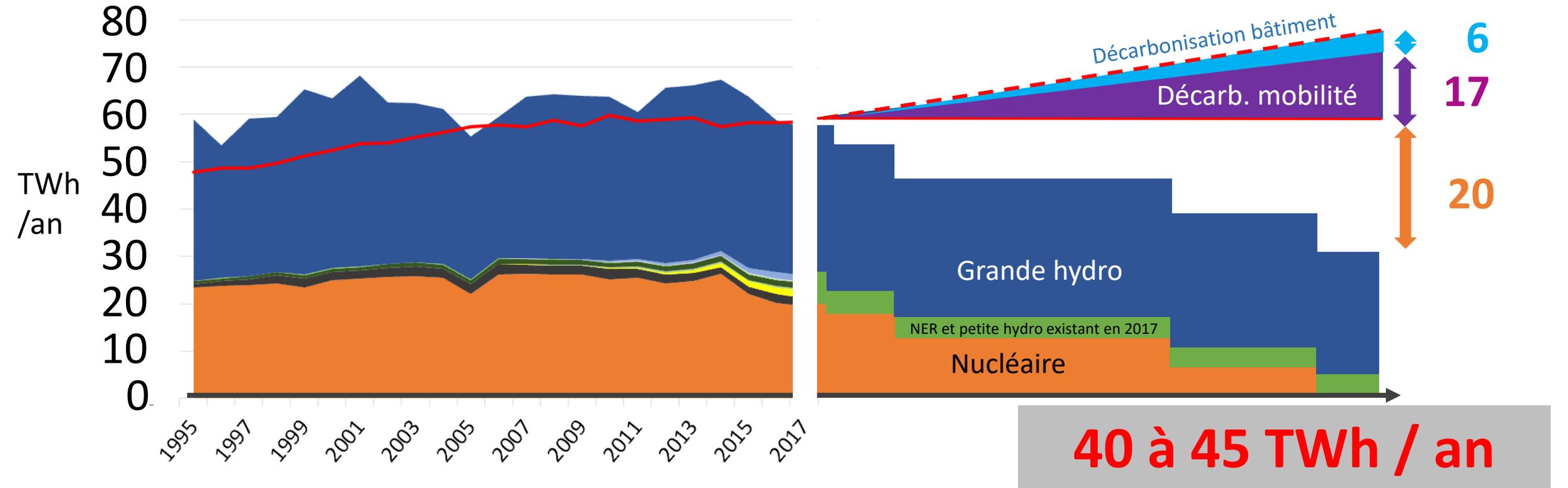
### Bâtiment:

**Actuellement environ 55 TWh de gaz et de mazout**

En tenant compte de l'isolation et de la chaleur renouvelable pour arriver à zéro fossile

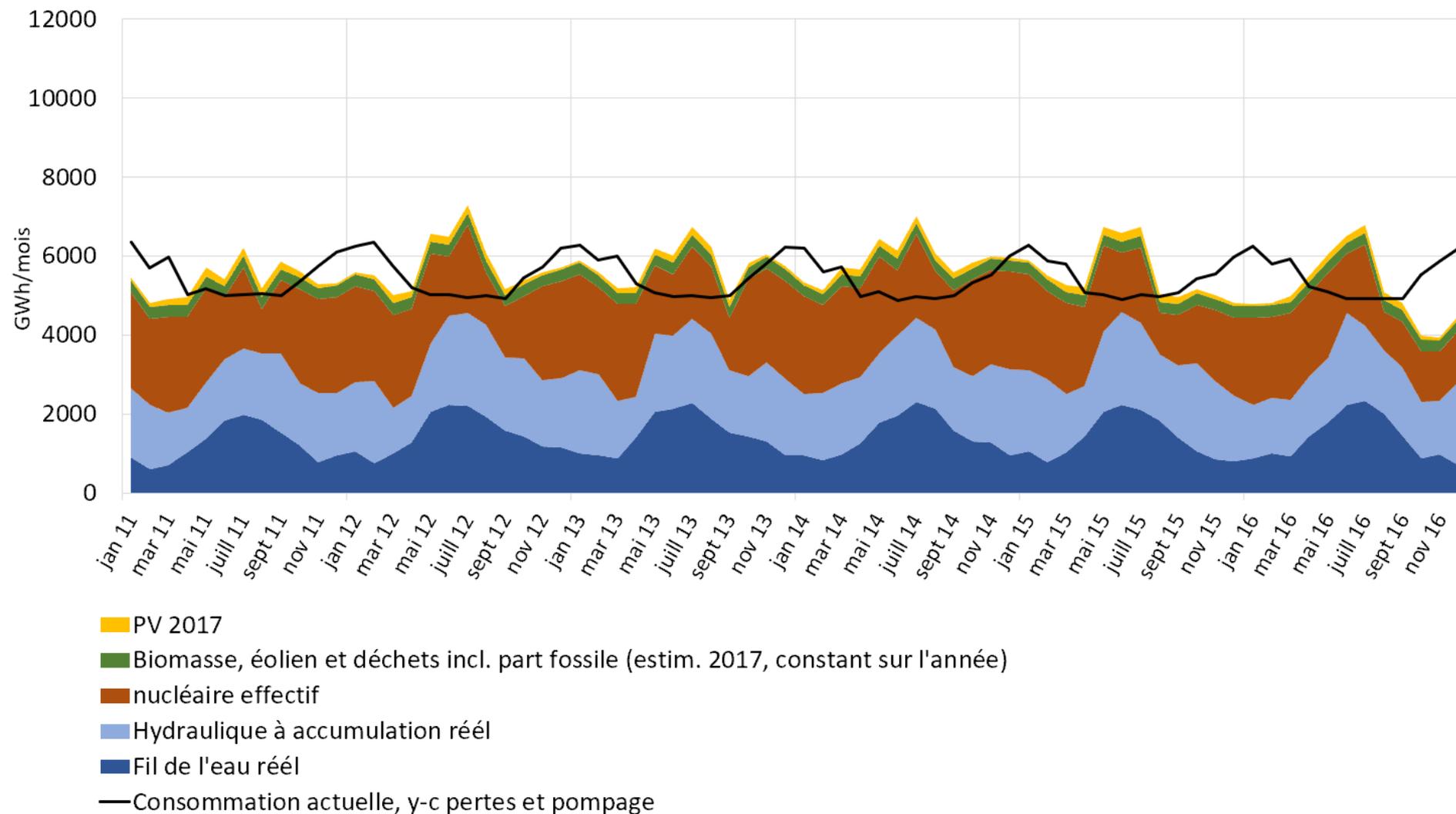
→ **+6 TWh d'électricité**

# 4. La production et le besoin d'électricité y-c la décarbonation

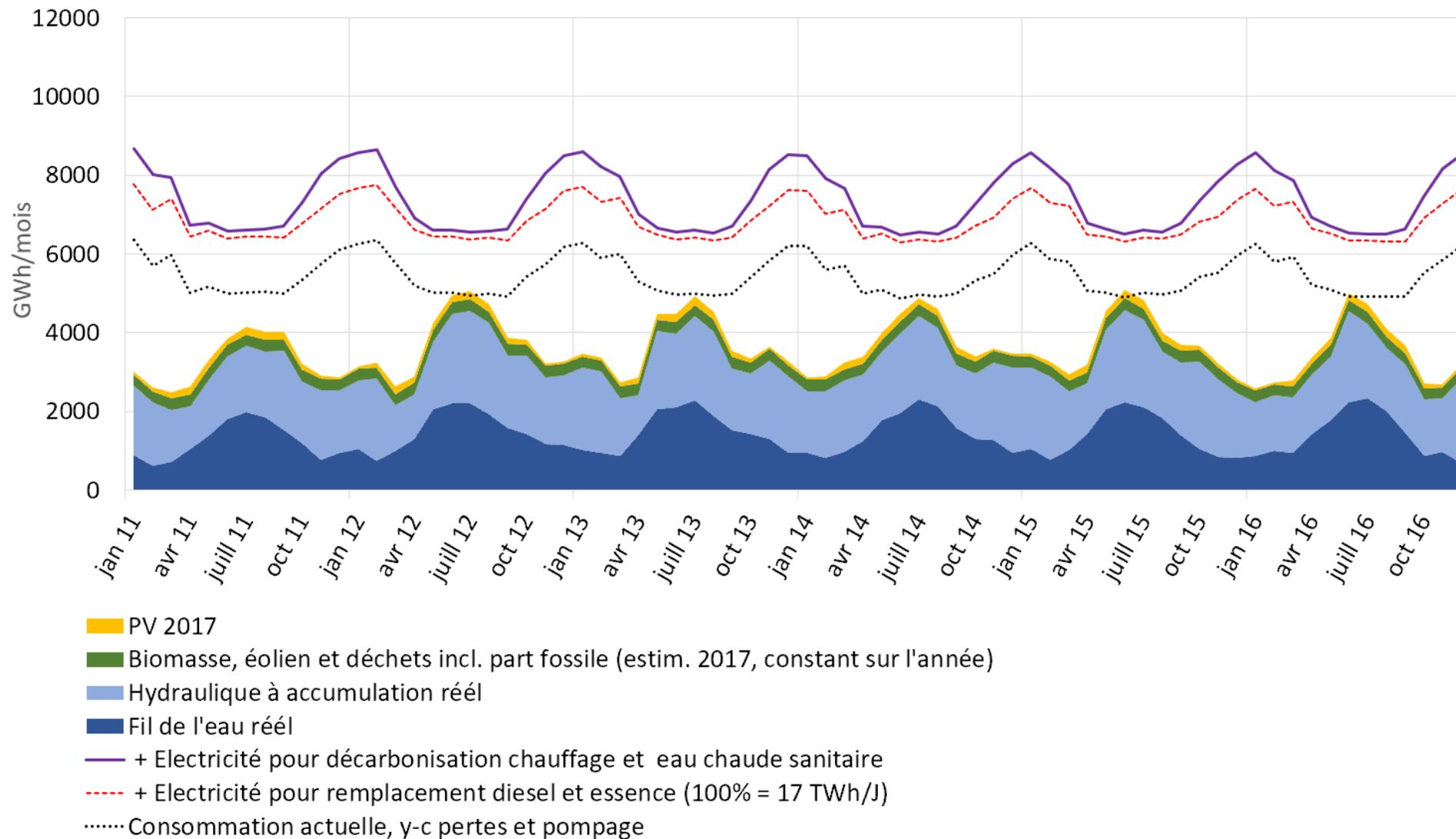


- Nucléaire
- Fossile (principalement déchets)
- Photovoltaïque
- Biomasse bois+agric.
- Déchets renouvelables
- Stations d'épuration
- Eolien
- Hydro RPC (<10MW)
- Grande hydro net (=./ . Pompage ./ . RPC)
- Consommation nette pour usages actuels
- - Consommation nette y c. décarbonisation mob. et bât.

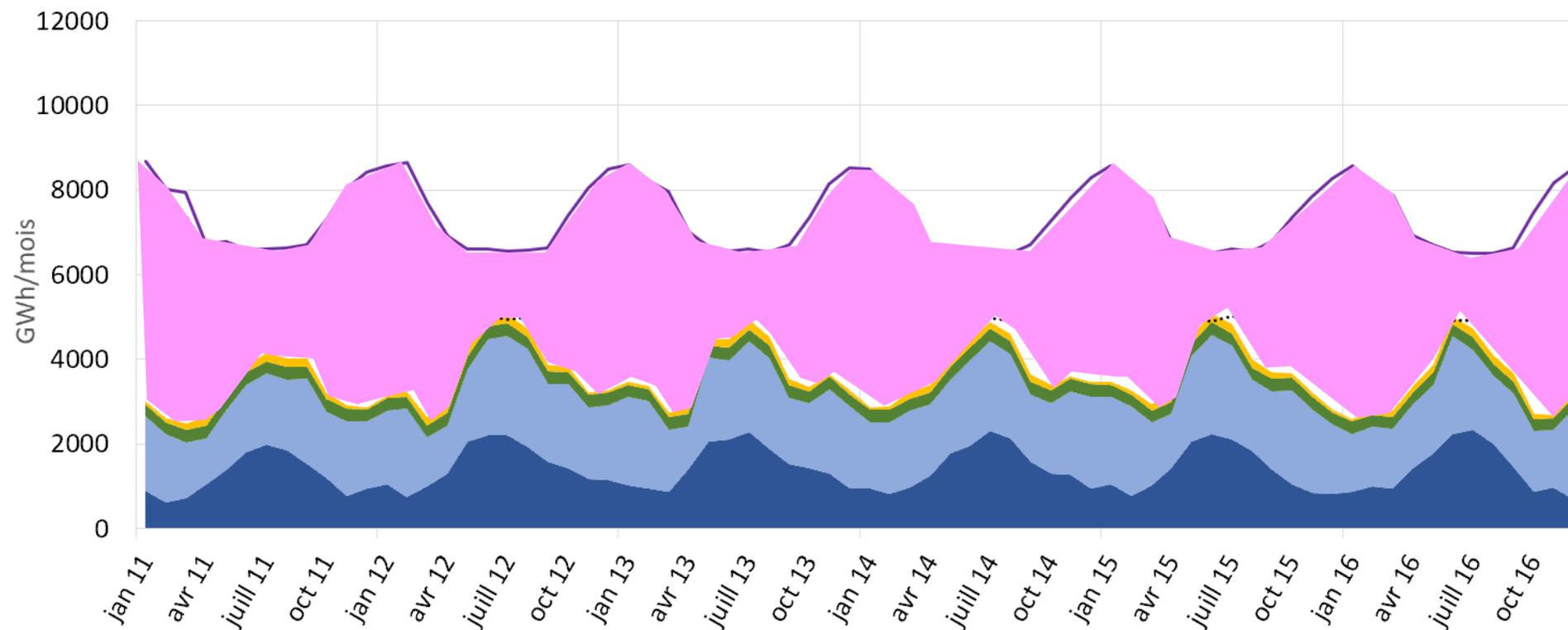
# La répartition mensuelle



# La répartition mensuelle

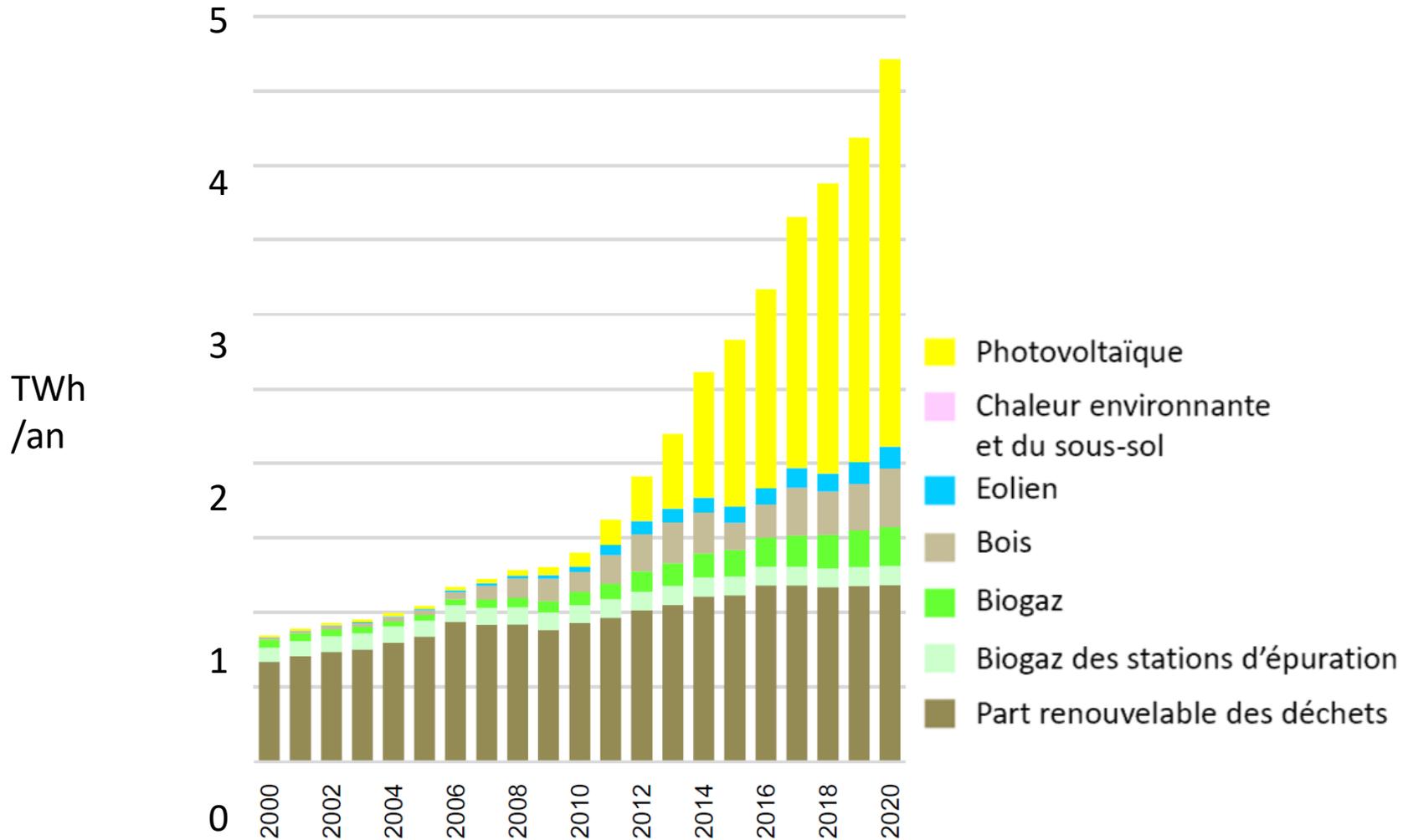


# La répartition mensuelle



- PV 2017
- Biomasse, éolien et déchets incl. part fossile (estim. 2017, constant sur l'année)
- Hydraulique à accumulation réel
- Fil de l'eau réel
- + Electricité pour décarbonisation chauffage et eau chaude sanitaire
- + Electricité pour remplacement diesel et essence (100% = 17 TWh/J)
- ..... Consommation actuelle, y-c pertes et pompage

# 5. Pourquoi le photovoltaïque est la variante la plus réaliste



Situation 2020:

3 GW produisant 2,6 TWh  
=Plus de 4% de la  
consommation brut

Notre proposition:

**Passer de 3 à 50 GW  
de photovoltaïque  
jusqu'en 2050  
(prod. 2020 x 17 )**

# Le potentiel de production photovoltaïque en Suisse

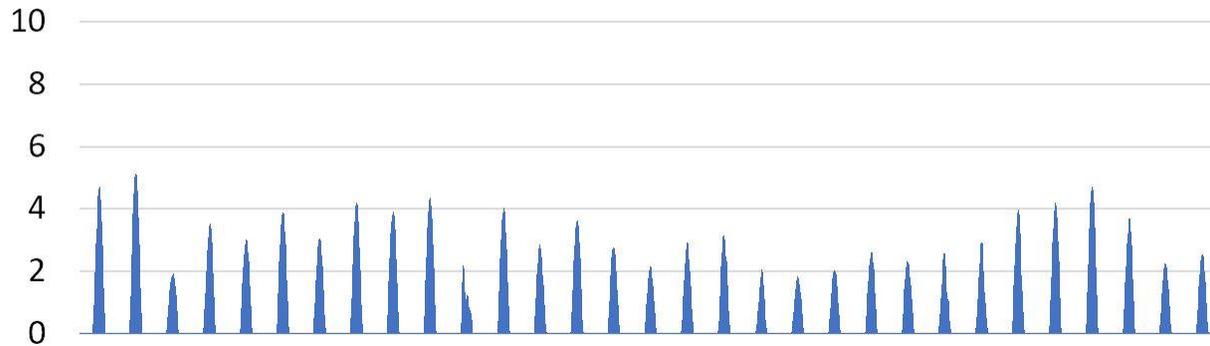
	TWh	Potentiel exploitable	Exploitable à court et moyen terme	Surface au sol [km <sup>2</sup> ]
Toits		49.1	23.3	153
Façades		17.2	8.2	(Surf. verticale: 107.4)
Routes		24.7	2.5	16.2
Parking		4.9	3.9	25.7
Bordure d'autoroutes		5.6	3.9	25.7
Alpes (Pâturages)		16.4	3.3	31.3
<b>Total</b>		<b>117.9</b>	<b>45.1</b>	251.9 (Sans façades)

Source: <https://www.swissolar.ch/services/medien/news/detail/n-n/schweizer-pv-potenzial-basierend-auf-jedem-einzelnen-gebäude/>  
et <https://www.bfe.admin.ch/bfe/fr/home/actualites-et-medias/communiqués-de-presse/mm-test.msg-id-74641.html>

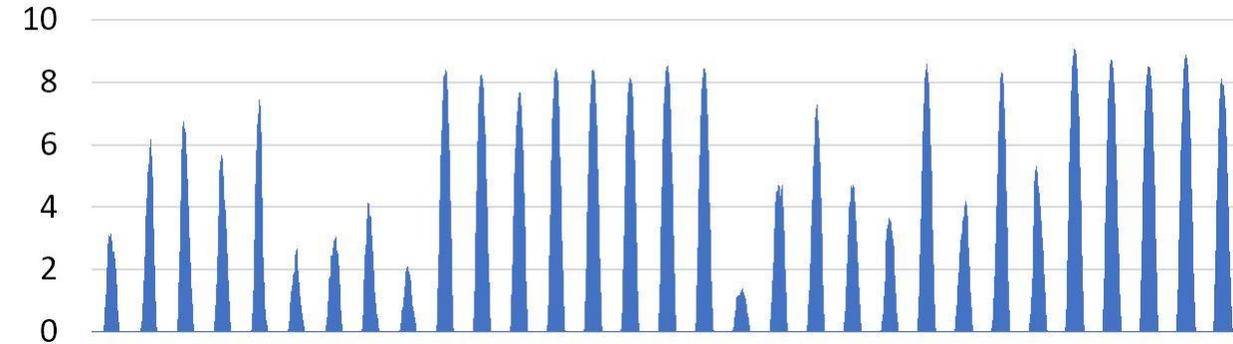
## 6. La variabilité du photovoltaïque et le réseau

Le profil de production effectif d'un échantillon RPC de 53,2 MWp

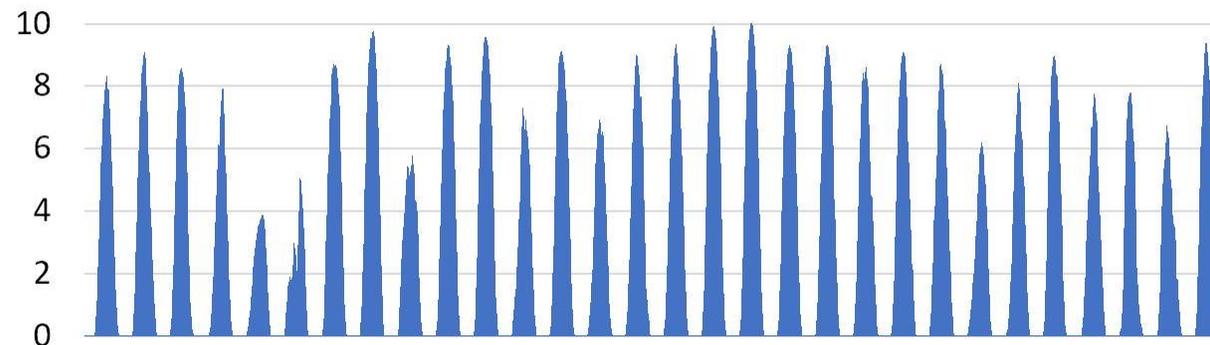
Les 31 jours de décembre 2016 (MWh/quart d'heure)



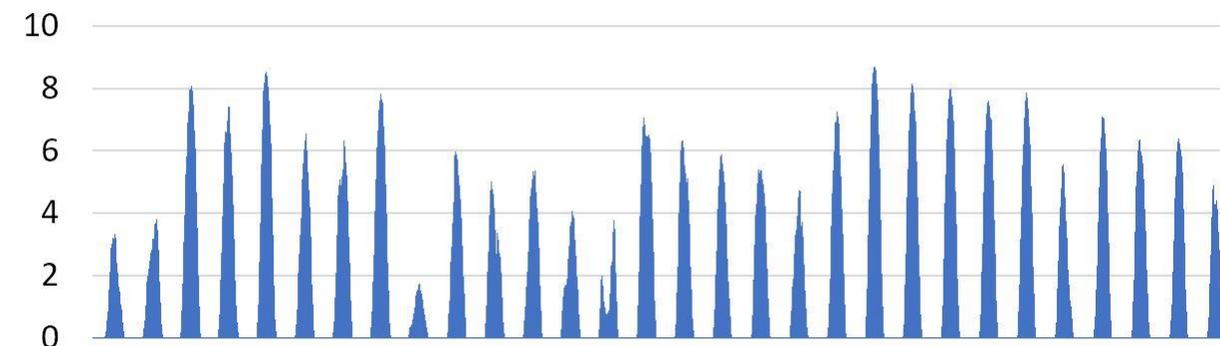
Les 31 jours de mars 2017 (MWh/quart d'heure)



Les 31 jours de juin 2017 (MWh/quart d'heure)



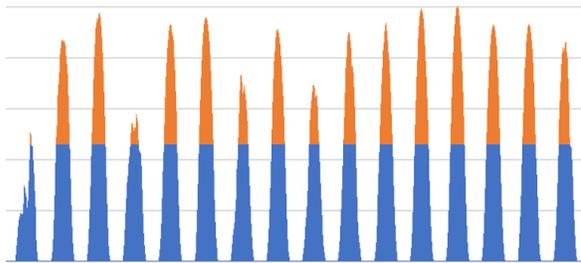
Les 30 jours de septembre 2017 (MWh/quart d'heure)



# Trop d'électricité en été?

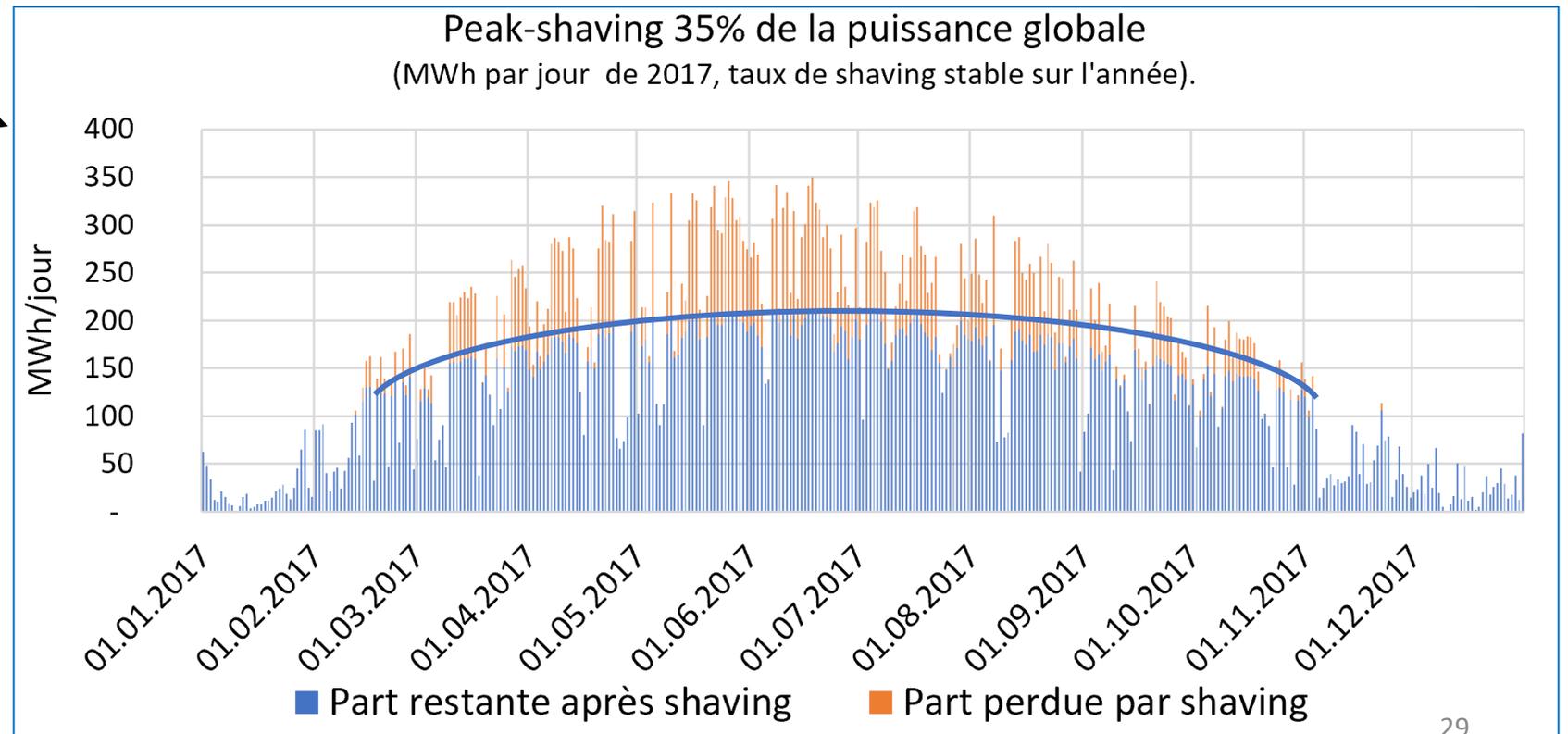
D'abord remplir les installations de stockage.

Si plus de capacité disponible: aucun problème grace au **Peak Shaving** (=limitation temporaire de l'injection: elle est adaptée en **temps réel** à la consommation)



■ Après Shaving à 35%   ■ Partie perdue

**Peak-shaving à 35% de la puissance nominale= 20% de renoncement à la production (Lorsque la valeur est basse)**



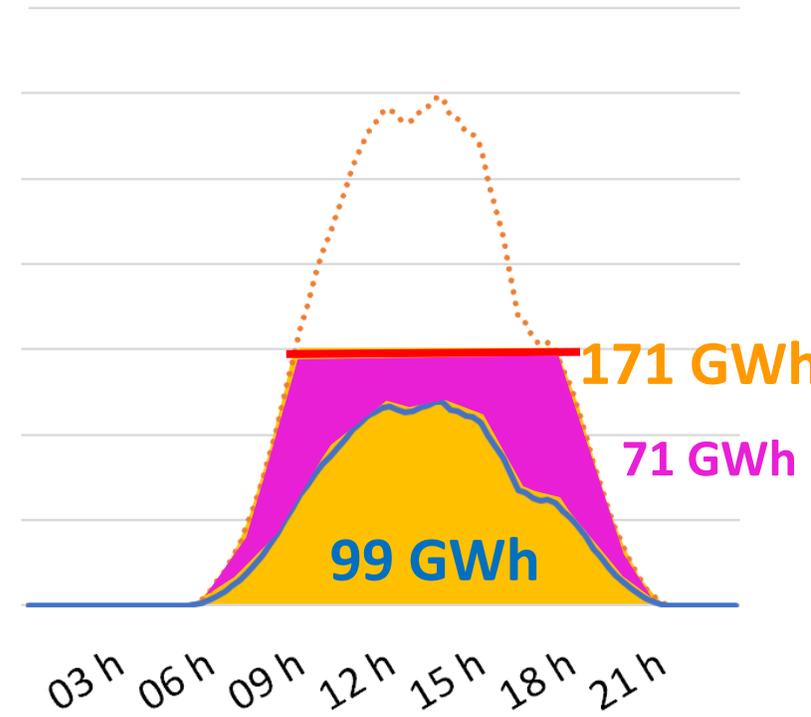
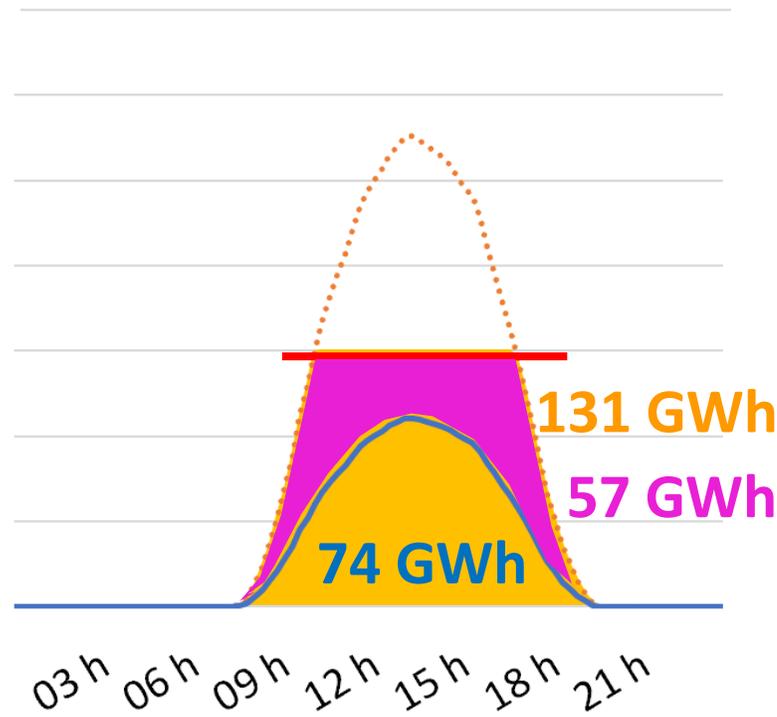
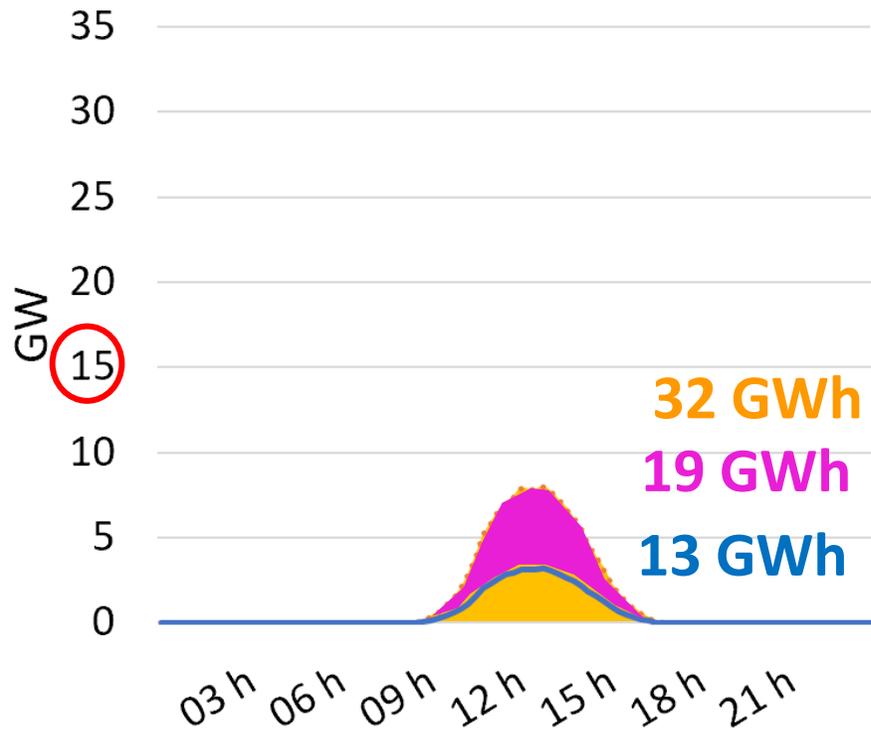
# Grace au Peak-shaving davantage d'électricité solaire en hiver

Puissance PV installée = **50 GW = 17x plus** qu'en 2020

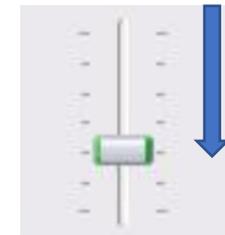
21 décembre 2017

23 septembre 2017

21 Juin 2017



Peak-shaving



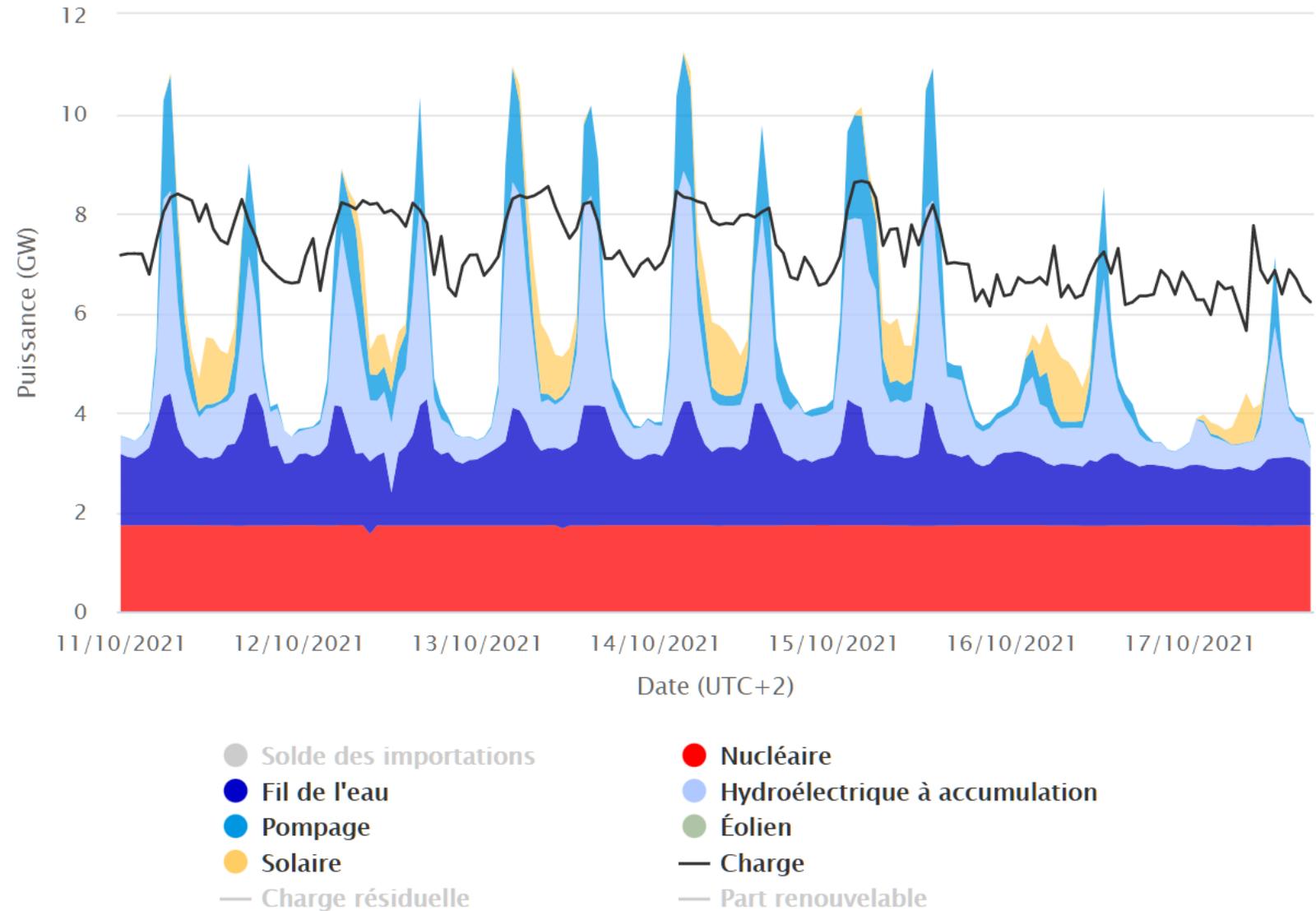
## Production électrique en Suisse dans la semaine 41 2021

Grâce aux installations hydroélectriques, la Suisse dispose d'une énorme flexibilité à court terme :

Elle peut ajuster très rapidement la puissance des pompes et des turbines. Assez unique au plan international

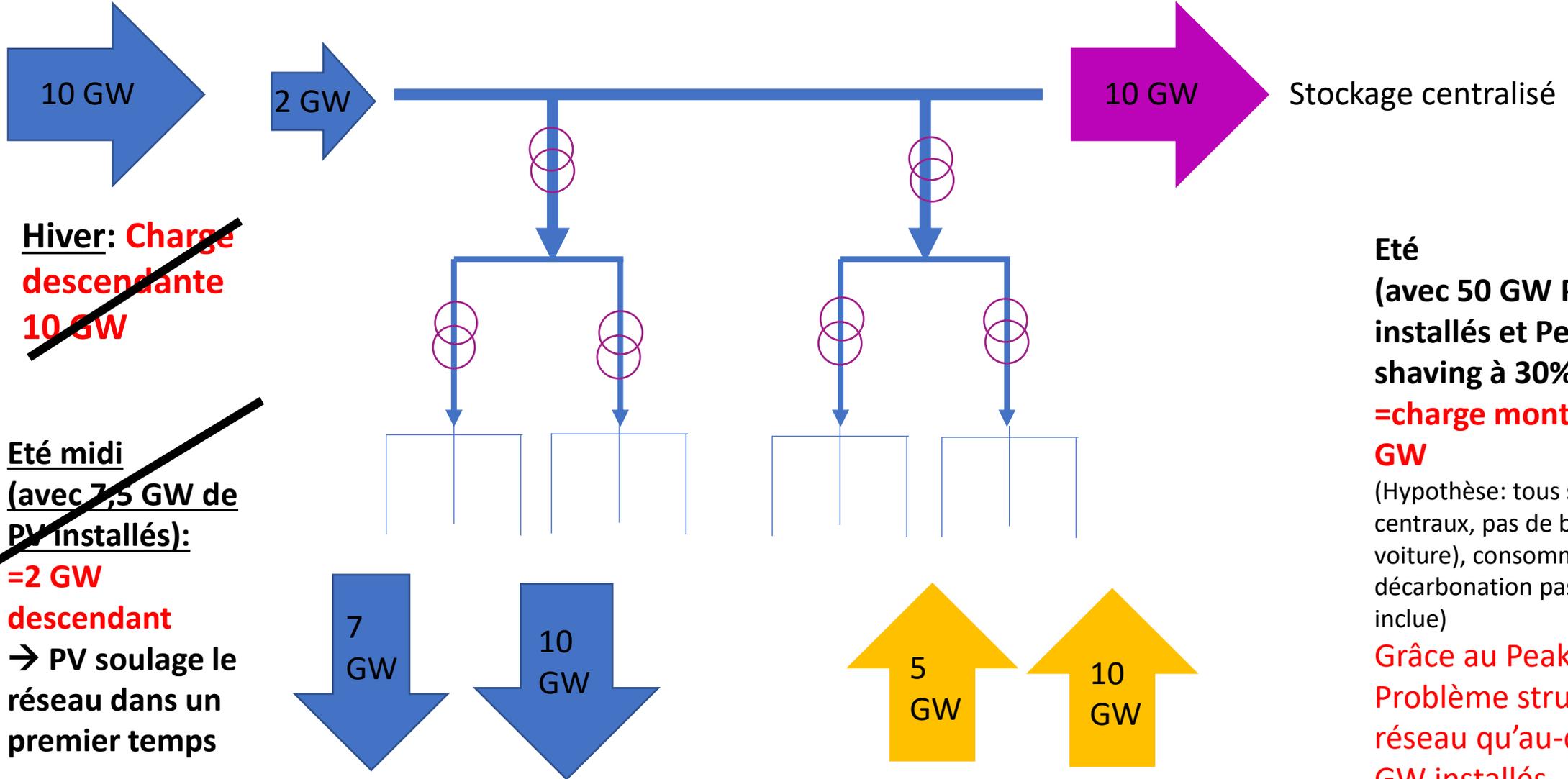
Donc aucun problème pour stocker de l'électricité pour quelques heures ou jours, voire pour 1-2 semaines

Variabilité à court terme = Pseudo-problème (contrairement aux variations saisonnières.)



# Le réseau totalement dépassé avec 50 GW de PV?

Centrales de production

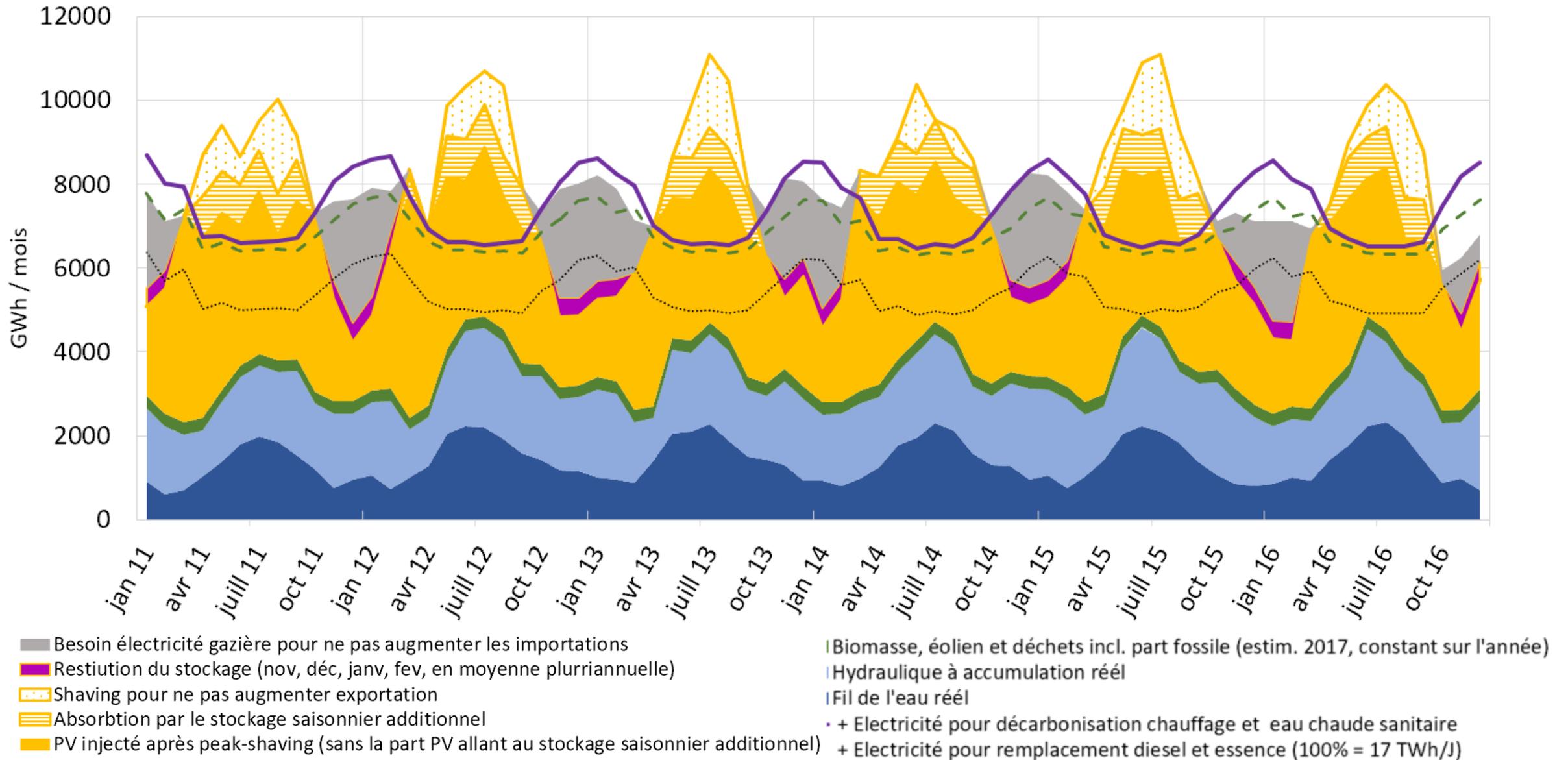


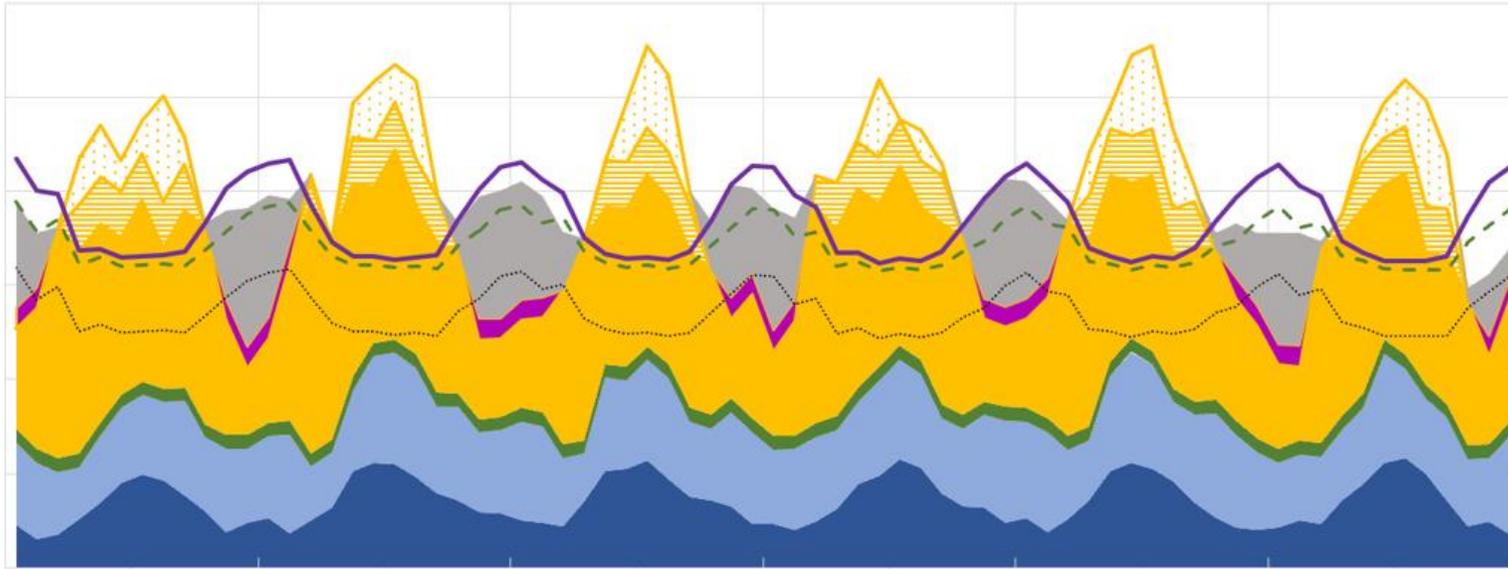
**Eté**  
**(avec 50 GW PV installés et Peak-shaving à 30%= 15GW)**  
**=charge montante de 8 GW**

(Hypothèse: tous stockages centraux, pas de batterie (de voiture), consommation de la décarbonation pas encore incluse)

**Grâce au Peak-shaving: Problème structurel du réseau qu'au-delà de 50 GW installés.**

# 7. La modélisation sur une base mensuelle, 50 GW PV





49 TWh PV productible  
 -5 TWh perdus par peak-shaving (11% sur l'année)  
 =38 TWh PV utilisées dans le mois (jaune)  
 et 6 pour le stockage additionnel (rayures jaunes)

En l'absence de capacité additionnelle de stockage  
 ou de renouvelable (en particulier éolien)

**Au pire: 9 TWh d'électricité gazières fossiles (gris).**  
 = 4,4 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>

## Bilan CO<sub>2</sub>

Millions de tonnes CO <sub>2</sub>	Actuel	Décarbonisation mob. et bât. à 100%, et 50 GW PV
Transports	16	0
Bâtiment et ECS	14.8	0
Electricité gaz fossile	0	4.4
<b>Total</b>	<b>30.8</b>	<b>4.4</b>
<b>Baisse du CO2</b>		<b>-86%</b>

## 8. L'approvisionnement hivernal

Actuellement, nous importons environ 6 TWh de courant en hiver (de facto gaz ou charbon = demande marginale, donc fossile + Russie).

Dans le worst case, viendraient 9 TWh en plus, fossile.

Nier le problème ou le défi serait contre-productif:

- Soit hypocrisie totale cachant l'origine cet apport hivernal.
- Soit les black-outs, qui pourraient faire dérailler la transition énergétique.

Mais des règles strictes sont indispensables:

- Le gaz uniquement comme petit complément d'une politique ambitieuse de développement de l'électricité renouvelables et de décarbonation des bâtiments ainsi que de la mobilité
- Renforcement de la production de biogaz et du «power-to-gas», pour réduire progressivement à zéro la part de gaz fossile.
- **Objectif: le gaz comme support de stockage saisonnier, et non plus comme énergie primaire Et en aucuns cas pour le chauffage (sauf couplage chaleur-force).**

# 9. Solutions à combiner pour éviter le scénario du pire, à savoir 9 TWh fossile

## Simple stockage saisonnier

- Rehaussement des barrages (+ 2 à 3 TWh ?)
- Concentration de l'utilisation du stock hydraulique sur 3,5 mois (nov. à mi-Fev.) + davantage de PV, pour couvrir octobre et février-mars

## Production hivernale

- Eolien (environ 60% en hiver)
- Centrales à bois avec utilisation de la chaleur
- Importation de l'électricité renouvelable en hiver, en coordination avec la gestion des lacs à accumulation

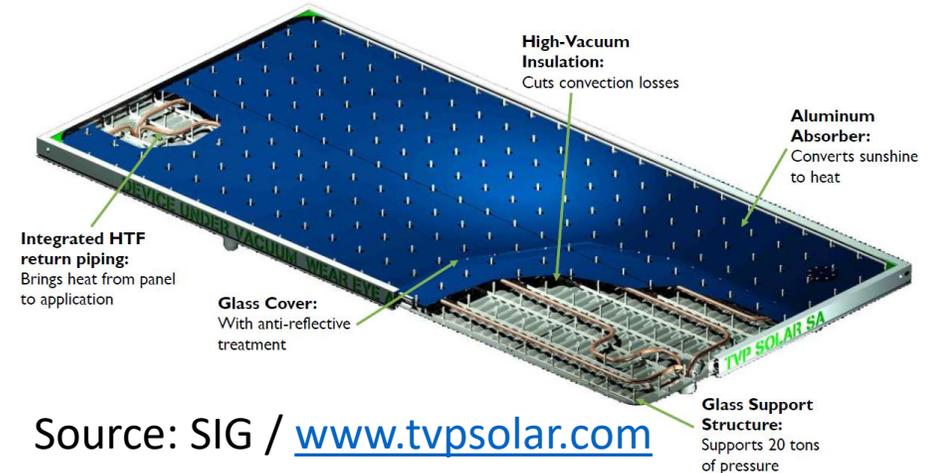
## Réduction du besoin d'électricité en hiver.

- Stockage saisonnier de chaleur selon le système Jenni des «Thermos» géants avec capteurs thermiques
- Réduire la consommation hivernale grâce à la régénération estivale des sondes géothermiques de pompes à chaleur
- Chauffage à bois et/ou Solaire



Source: [www.jenni.ch](http://www.jenni.ch)

## Solaire therm. plat vaccum temp. constante



Source: SIG / [www.tvpsolar.com](http://www.tvpsolar.com)

# Le « modèle d'assurance » de Powerloop.ch est intéressant



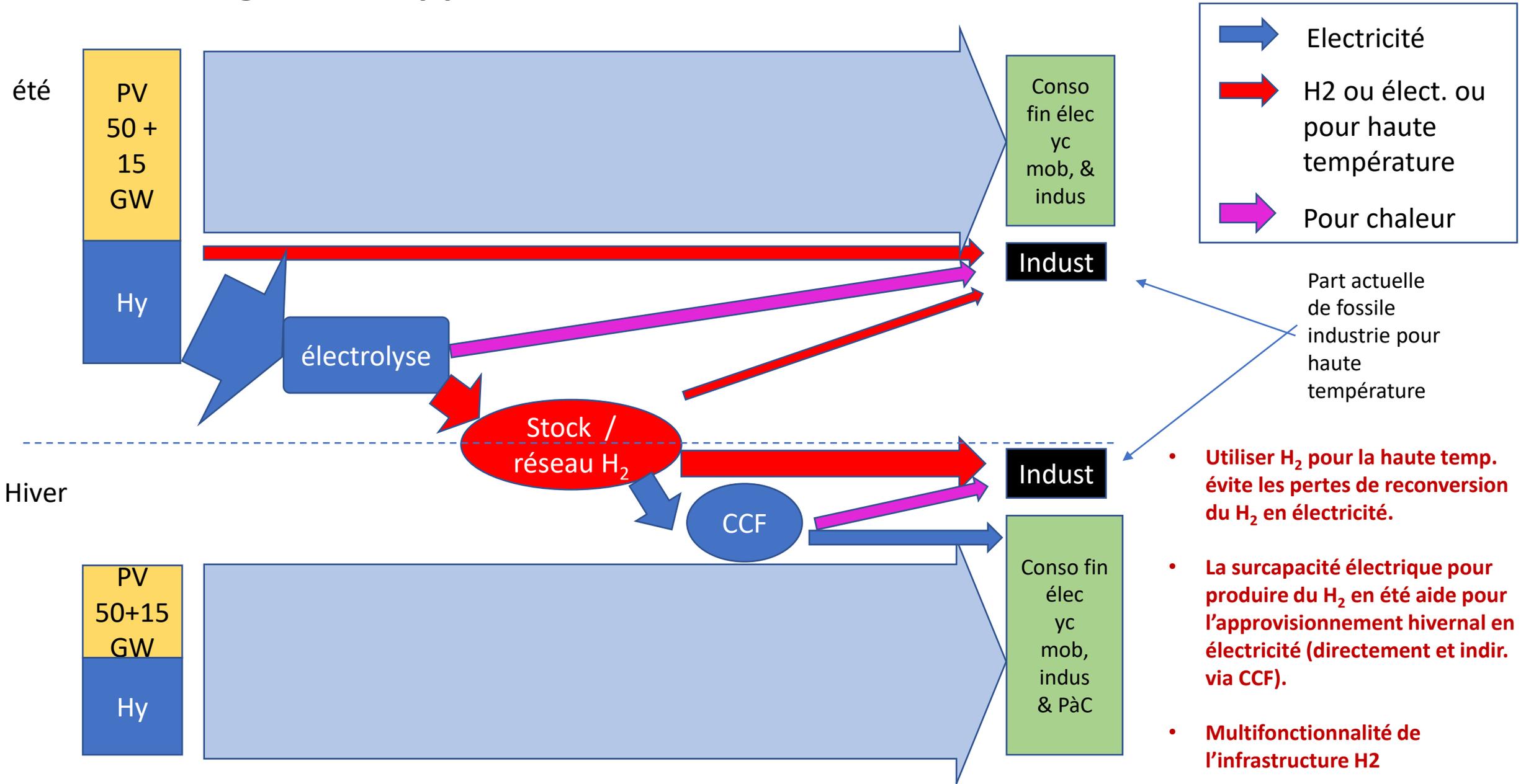
2 x 1 MW<sub>el</sub> sur un toit à ZH (ici une génératrice de secours, photo Powerloop.ch )

- Quelques centaines de blocs de couplage chaleur-force de 0,5 bis 10 MW, décentralisés, avec procédure de construction simple.
- Financement collectif, et en contrepartie pas de rabais CO2 → Dernière position dans l'ordre de mérite → utilisation qu'en cas de prix élevés à la bourse.
- Pleine utilisation de la chaleur (CàD = puit de chaleur»)
- Passage en quelques minutes de l'arrêt à la pleine puissance
- Swissgrid peut donner l'ordre de démarrage
- Prêt pour le gaz renouvelable
- La production de chaleur permet de couvrir les pointes de demande et donc d'agrandir les réseaux de chaleur

**Mais véritablement crédible que si production +- équivalent de gaz renouvelable.**

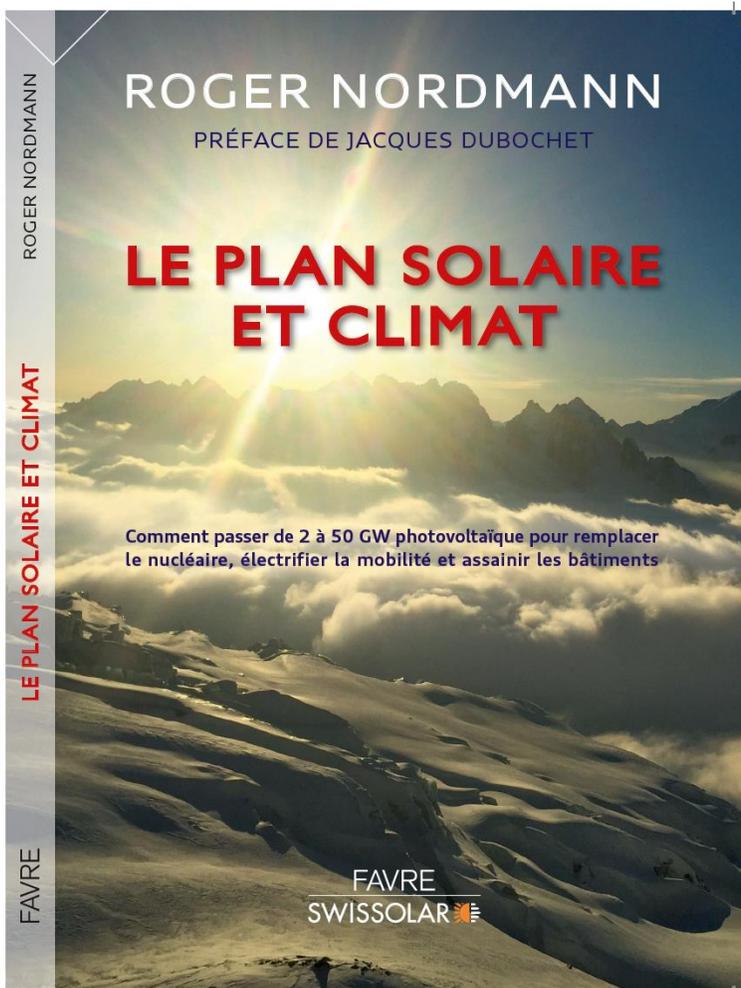
Dans 4-5 ans, nous aurons les surplus (2023= 1 GW de PV!)

# 10. Convergence « approx. hiver & décarbonisation de l'industrie »?



# 11 Essentiellement une question d'investissement

1. Planification étalée dans le temps de la mise hors-services des centrales nucléaires, pour donner un signal clair aux investisseurs et réduire le risque de défaillance imprévue due au vieillissement
2. Le Parlement vient d'améliorer le financement des énergies renouvelables, en particulier du PV sans autoconsommation. Il faut ancrer des objectifs d'expansions plus ambitieux, la réserve hydraulique et un rehaussement prochain des moyens (parce que le marché est irrémédiablement dysfonctionnel, avec des prix au niveau des coûts marginaux au lieu des coûts totaux).
3. Simplifier les procédures d'autorisation pour l'hydro à accumulation et l'éolien (Proposition S. Sommaruga).
4. Accès au marché électrique UE: torpillé par le CF avec l'accord-cadre
5. Première tranche de «Power-to-gas»
6. Première tranche de bloc de couplages chaleur-force, selon le «concept d'assurance»
7. Loi CO2 de remplacement après l'échec du 13 Juni (décarbonation des bâtiments, des transports et de l'aviation)
8. Fonds pour le Climat (0,5% à 1% du PIB) pour soutenir l'investissement privé et public.



Merci pour l'attention

[www.roger-nordmann.ch](http://www.roger-nordmann.ch)

