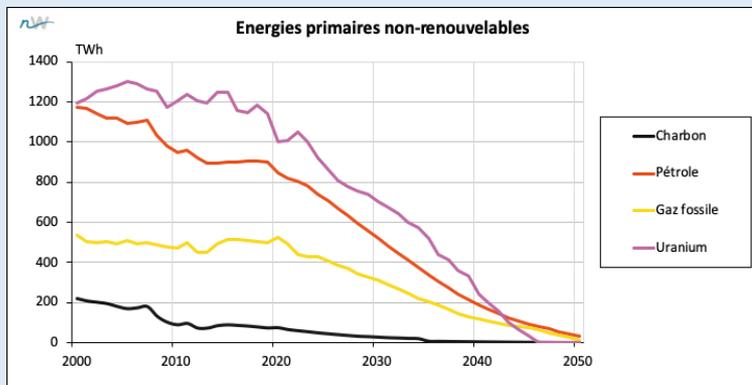


Besoins énergétiques



Démarche et scénario négaWatt un chemin sans regret



Thierry SALOMON

Energéticien

Fondateur et vice-président de négaWatt

Solaire Watt Lodévois
Energies Citoyennes

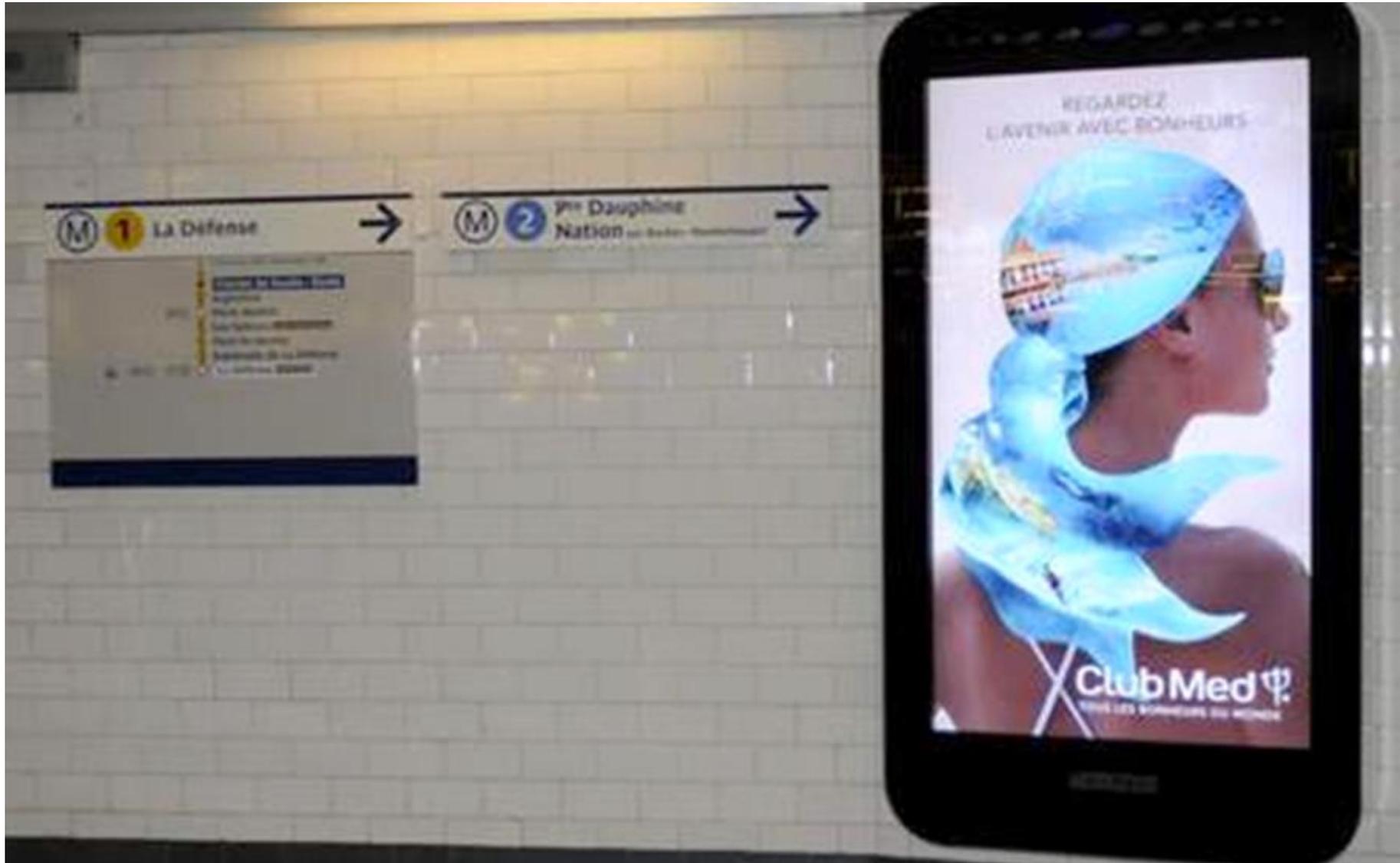
Lodève, 9 mars 2025

090325a

↳ Sobriété ou ébriété énergétique ?



↳ Sobriété ou ébriété énergétique ?



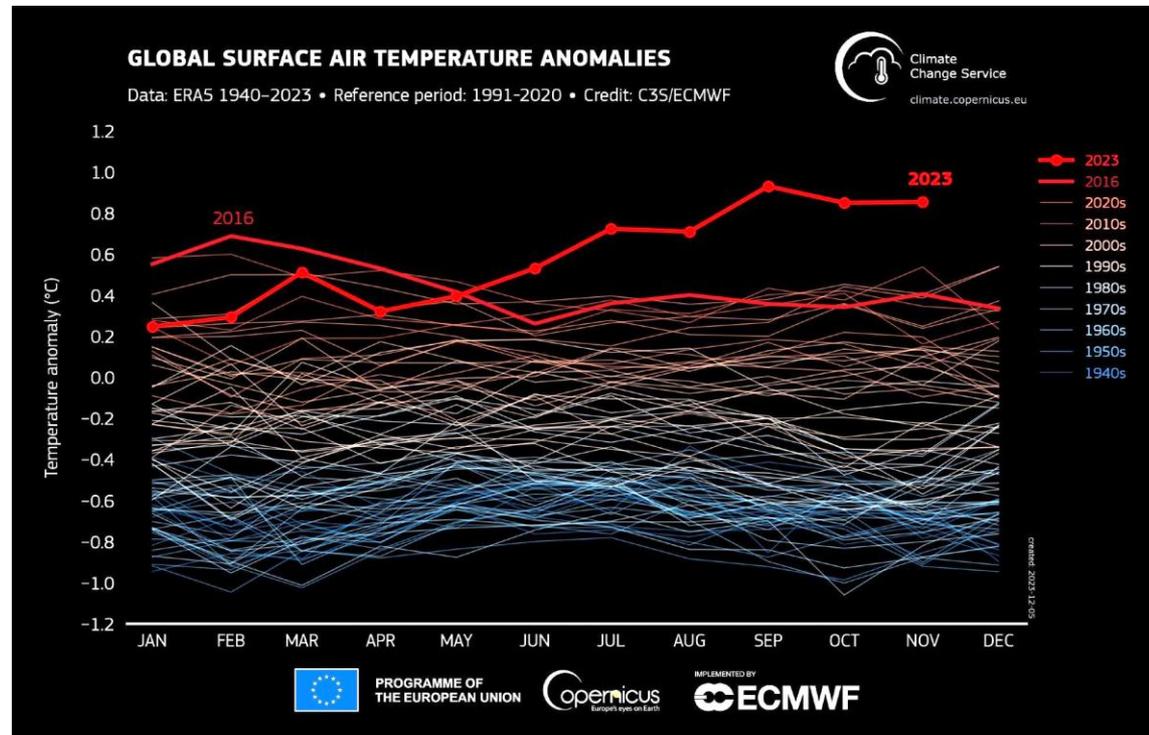
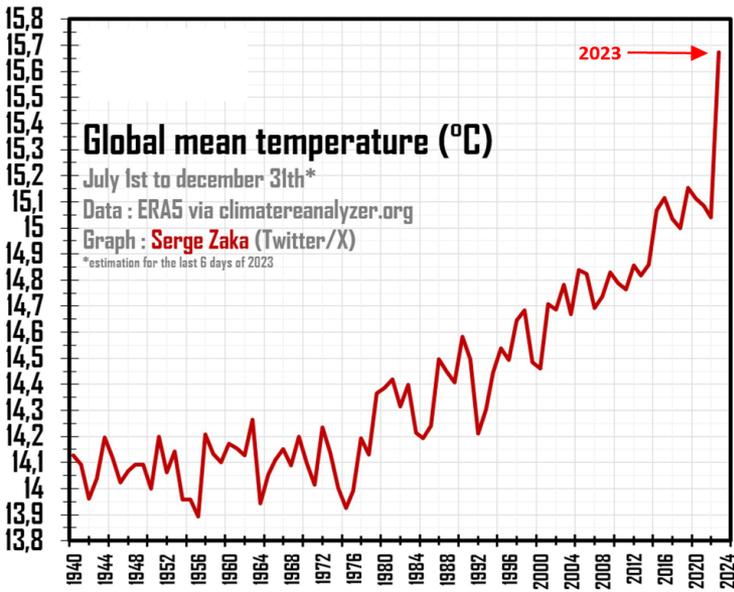
↳ Sobriété ou ébriété énergétique ?



↳ Sobriété ou ébriété énergétique ?



↘ Accélération des températures du globe

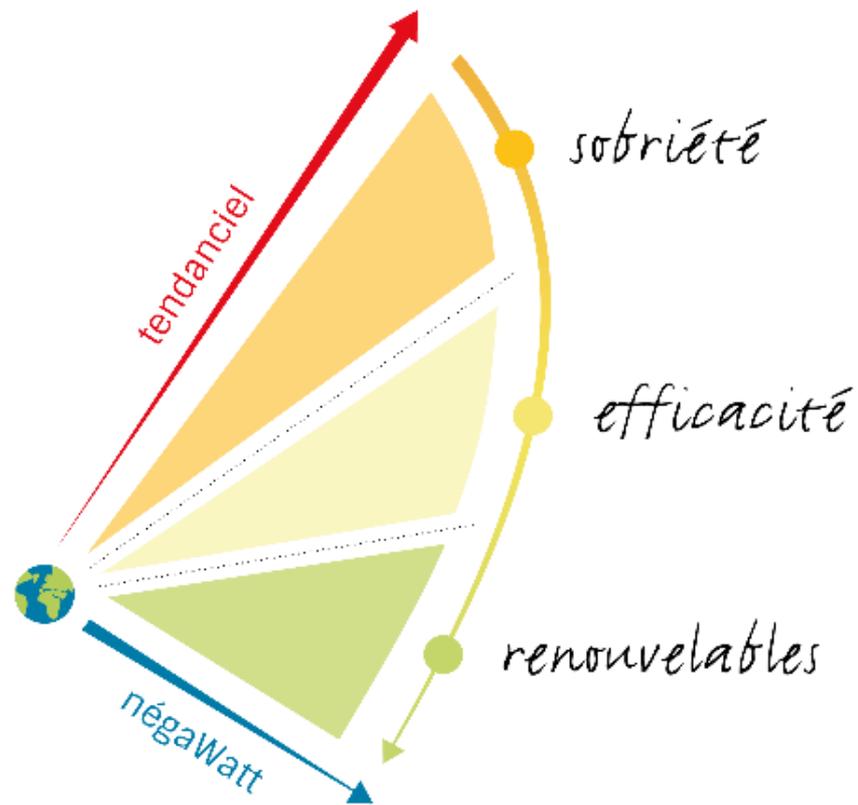


PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION



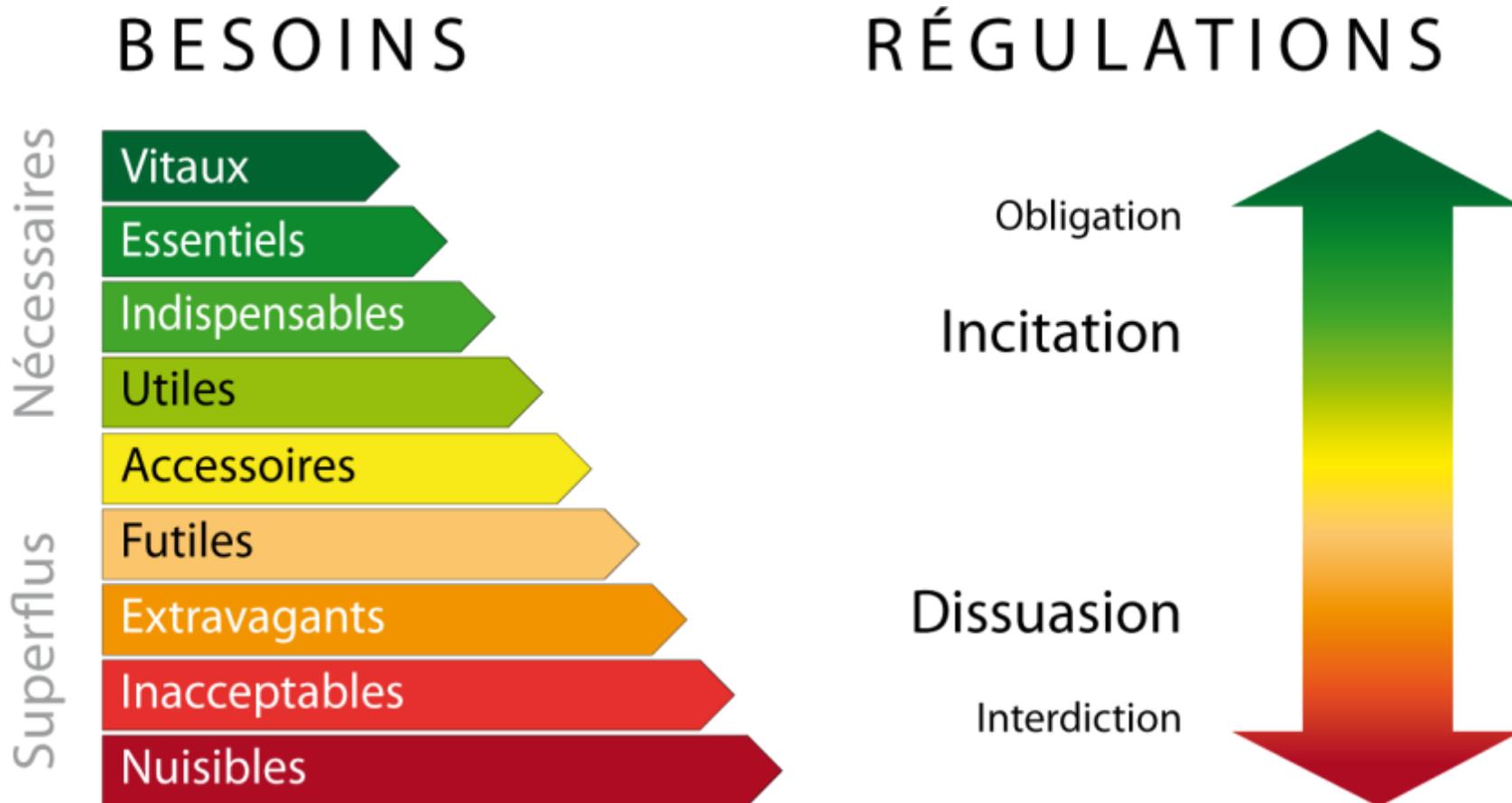
IMPLEMENTED BY ECMWF

La démarche négaWatt





Fondamentaux 1 - Prioriser les besoins par des régulations justes et collectivement acceptées.



➤ Fondamentaux 2 – Respecter les 17 objectifs de l'ONU du Développement Durable



OBJECTIFS **DE DÉVELOPPEMENT DURABLE**

1 ÉRADICATION DE LA PAUVRETÉ 	2 LUTTE CONTRE LA FAIM 	3 ACCÈS À LA SANTÉ 	4 ACCÈS À UNE ÉDUCATION DE QUALITÉ 	5 ÉGALITÉ ENTRE LES SEXES 	6 ACCÈS À L'EAU SALUBRE ET À L'ASSAINISSEMENT 
7 RECOURS AUX ÉNERGIES RENOUVELABLES 	8 ACCÈS À DES EMPLOIS DÉCENTS 	9 INNOVATION ET INFRASTRUCTURES 	10 RÉDUCTION DES INÉGALITÉS 	11 VILLES ET COMMUNAUTÉS DURABLES 	12 CONSOMMATION RESPONSABLE 
13 LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE 	14 PROTECTION DE LA FAUNE ET DE LA FLORE AQUATIQUES 	15 PROTECTION DE LA FAUNE ET DE LA FLORE TERRESTRES 	16 JUSTICE ET PAIX 	17 PARTENARIATS POUR LES OBJECTIFS MONDIAUX 	 OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

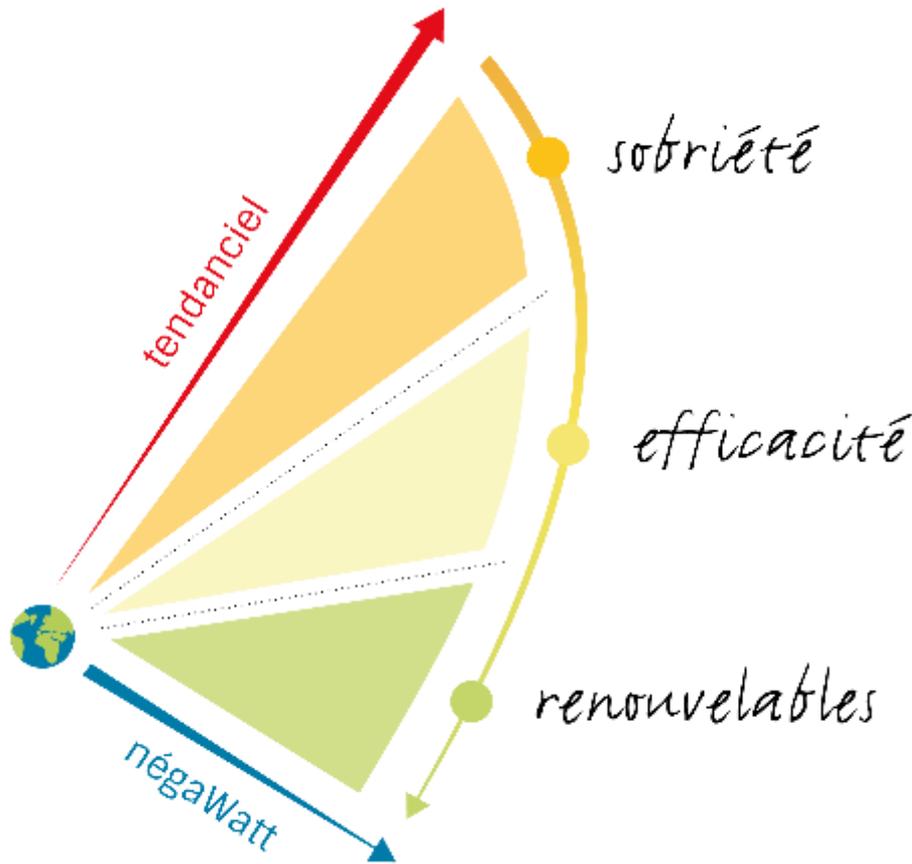


Économies d'énergie ?
Maîtrise de l'énergie ?
Décroissance ?
Réduction ?
Modération ?
Frugalité ?
Satiété ?



Sobriété
Efficacité

➤ La trilogie de la démarche négaWatt



**Prioriser les besoins
énergétiques essentiels**

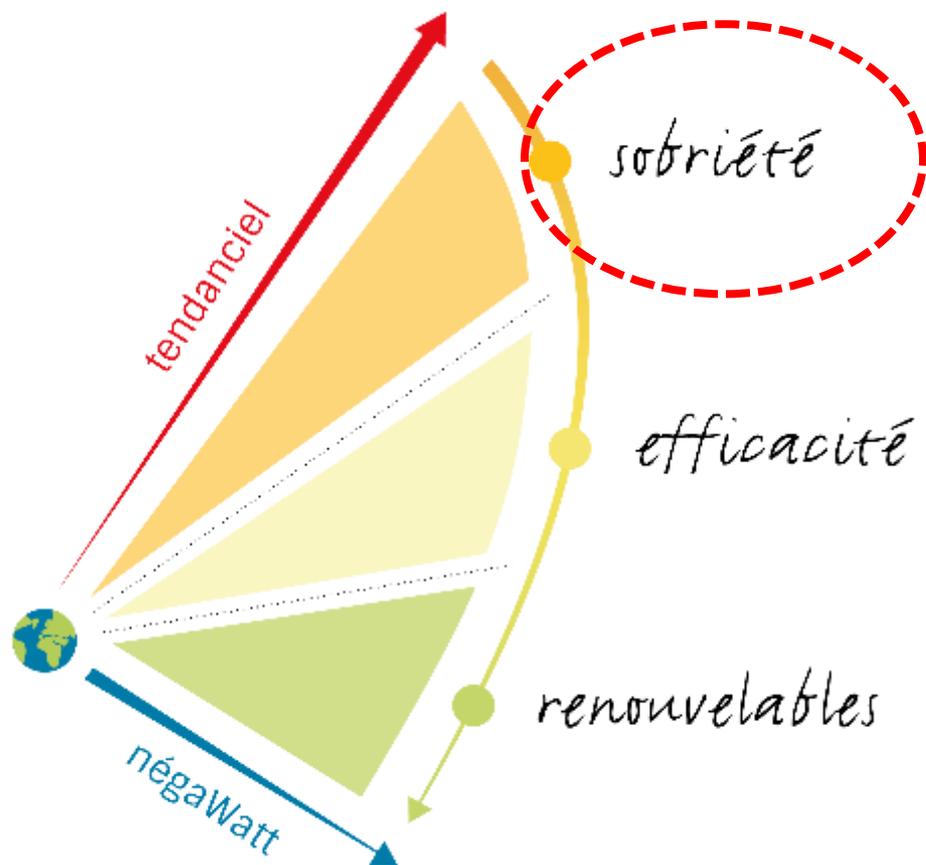
Demande d'énergie

**Réduire la quantité
d'énergie nécessaire à la
satisfaction d'un même
besoin**

**Privilégier les énergies
renouvelables**

Production

↳ Les trois sobriétés ...



**Prioriser les besoins
énergétiques essentiels**

**Réduire la quantité
d'énergie nécessaire à la
satisfaction d'un même
besoin**

**Privilégier les énergies
renouvelables**

Demande d'énergie

Production

1

Sobriété dimensionnelle

Taille adapté à l'usage
Juste dimensionnement

- Locaux trop grands ou mal utilisés
- Poids excessif des voitures urbaines



1400 kg



450 kg

Réduction de la masse par 3



18 kg
par 78 !

1 Sobriété dimensionnelle

Taille, juste dimensionnement

2 Sobriété d'usage

Niveau et durée d'utilisation et d'exploitation



Exemples :

- Arrêt des appareils inutiles
- Vitesse excessive
- Éclairage inutile ou trop fort

1 Sobriété dimensionnelle

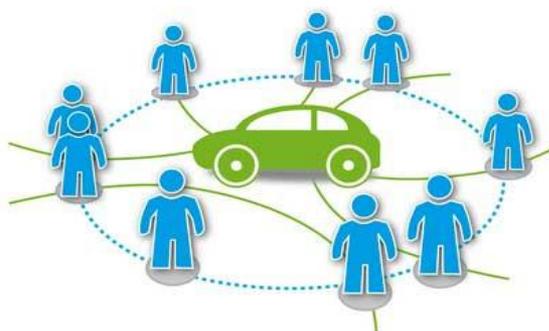
Taille, juste dimensionnement

2 Sobriété d'usage

Niveau et durée d'utilisation et d'exploitation

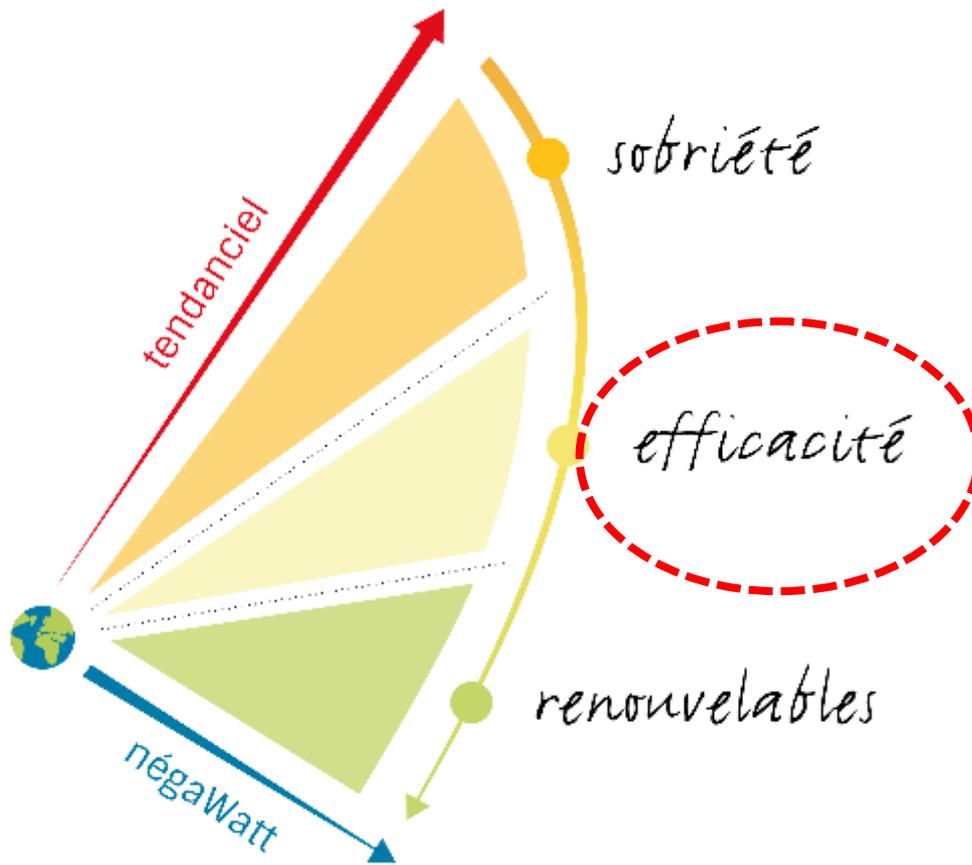
3 Sobriété de mutualisation

Organisation collective du territoire et de l'urbanisme, partage des équipements



habitat collectif
transports en commun
covoiturage, copartage

↳ Les quatre efficacités ...



**Prioriser les besoins
énergétiques essentiels**

**Réduire la quantité
d'énergie nécessaire à la
satisfaction d'un même
besoin**

**Privilégier les énergies
renouvelables**

Demande d'énergie

Production

1

Efficacité à la construction/ fabrication

Énergie grise

Optimisation énergétique en
amont et en aval de l'utilisation

Exemple :

- construction en bois



↘ Les quatre efficacités



1

Efficacité à la construction/fabrication

Énergie grise

Optimisation énergétique en amont et en aval de l'utilisation

2

Efficacité à l'utilisation

Énergie utile

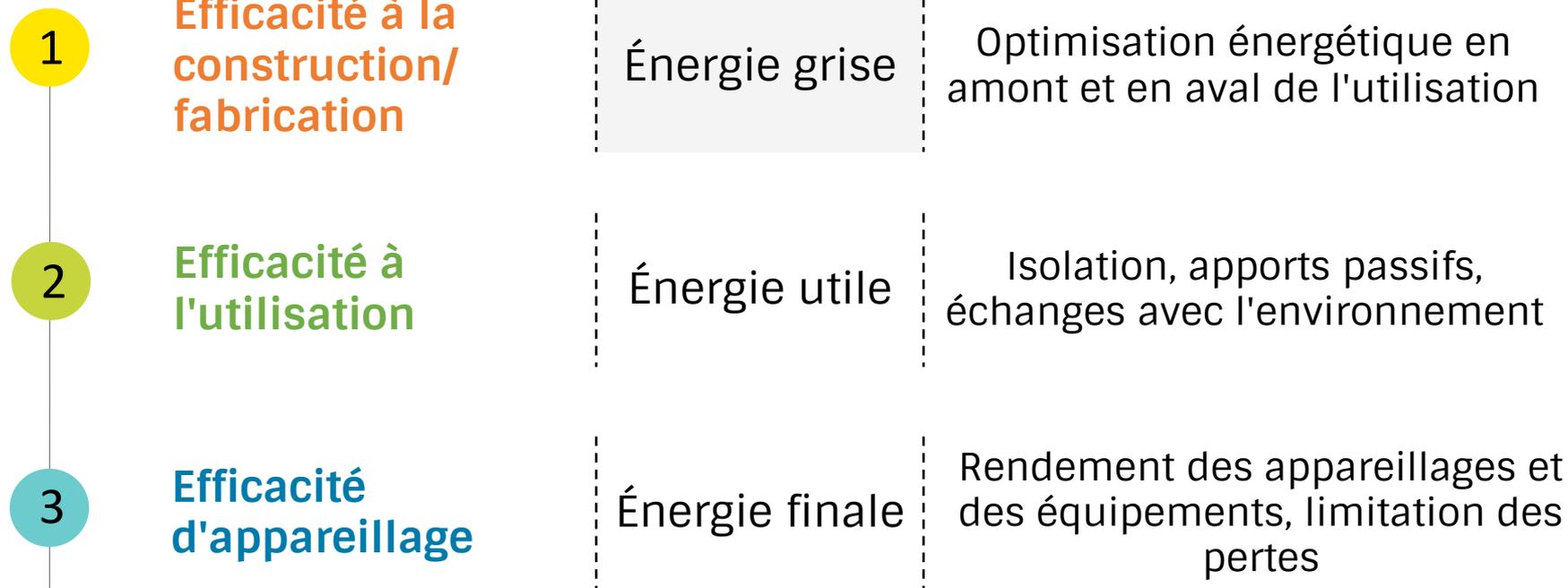
Isolation, apports passifs, échanges avec l'environnement

- Exemple : isolation des logements

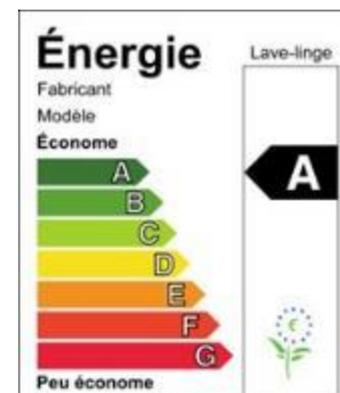


Crédit photo : Enertech

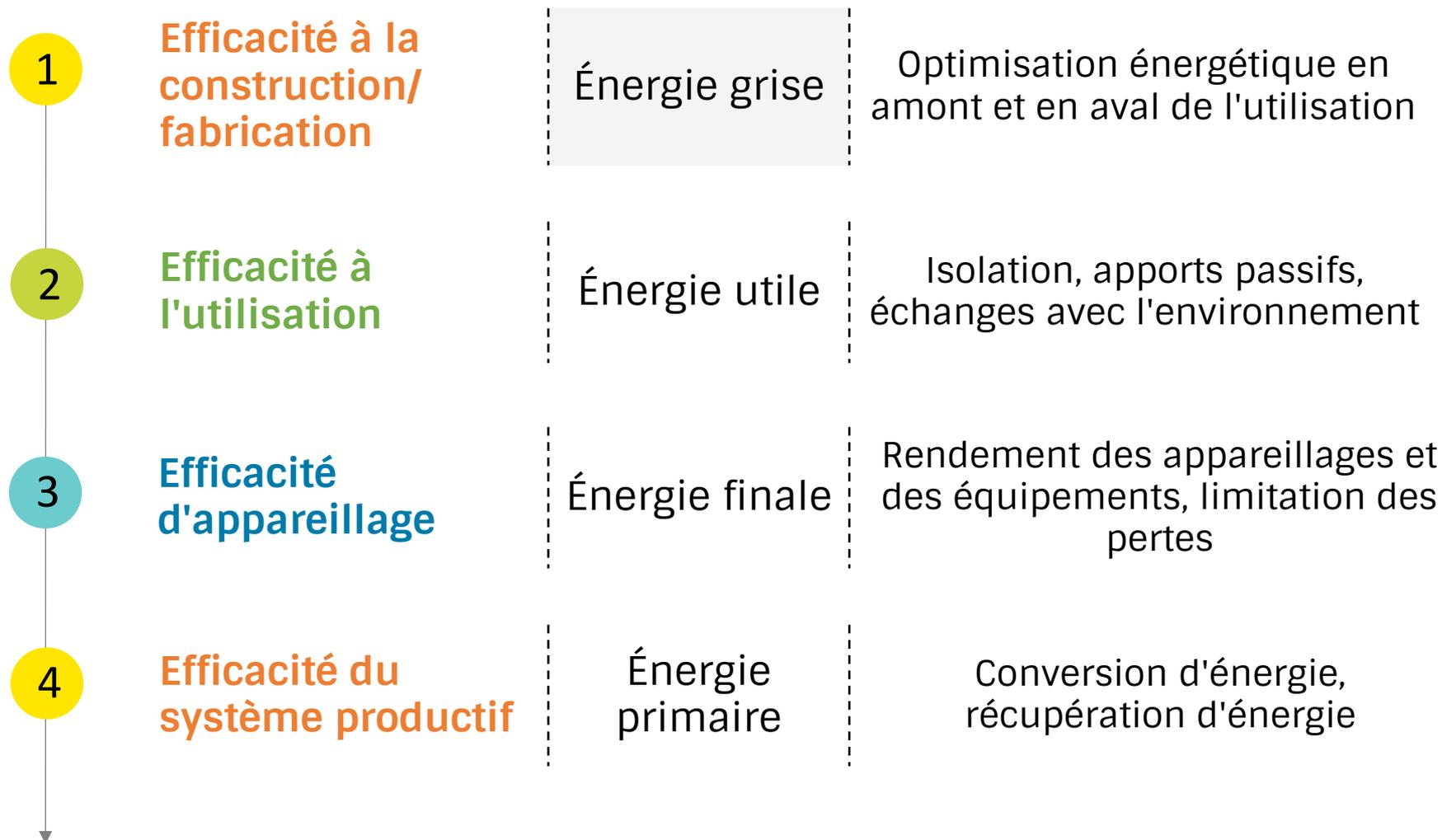
↘ Les quatre efficacités



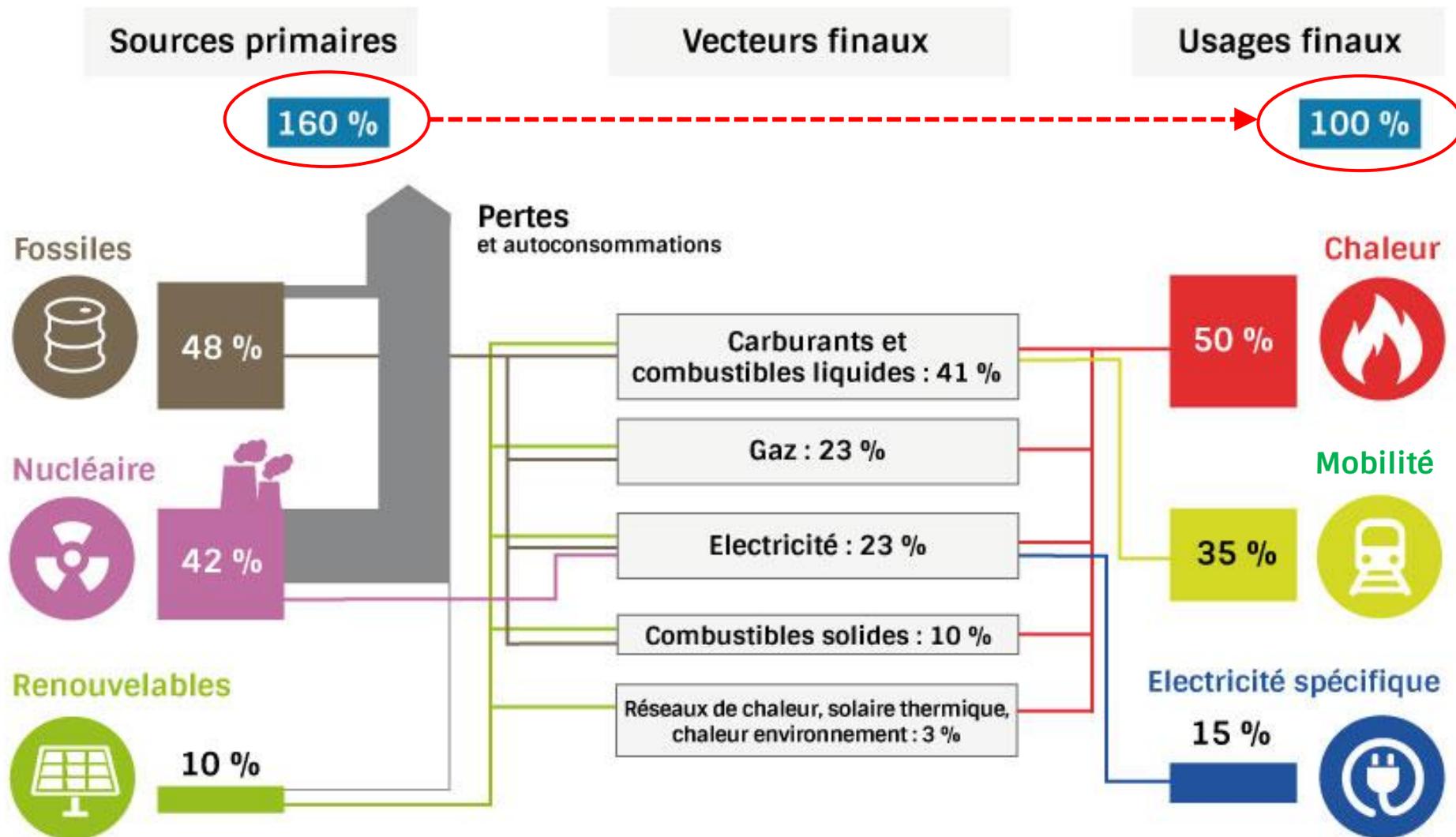
- Exemple : utilisation d'appareils électroménagers et d'équipements de chauffage performants et efficaces.



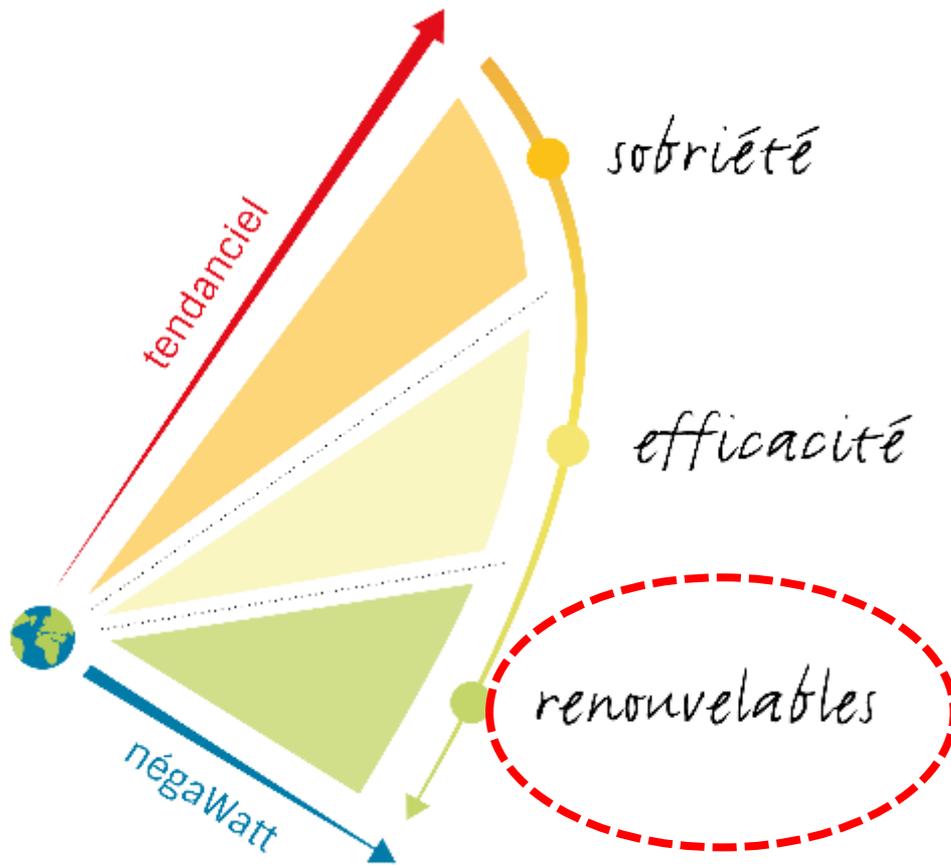
↘ Les quatre efficacités



Des énergies primaires aux usages : 60 % de pertes !



↳ Les quatre efficacités ...



Prioriser les besoins énergétiques essentiels

Réduire la quantité d'énergie nécessaire à la satisfaction d'un même besoin

Privilégier les énergies renouvelables

Demande d'énergie

Production

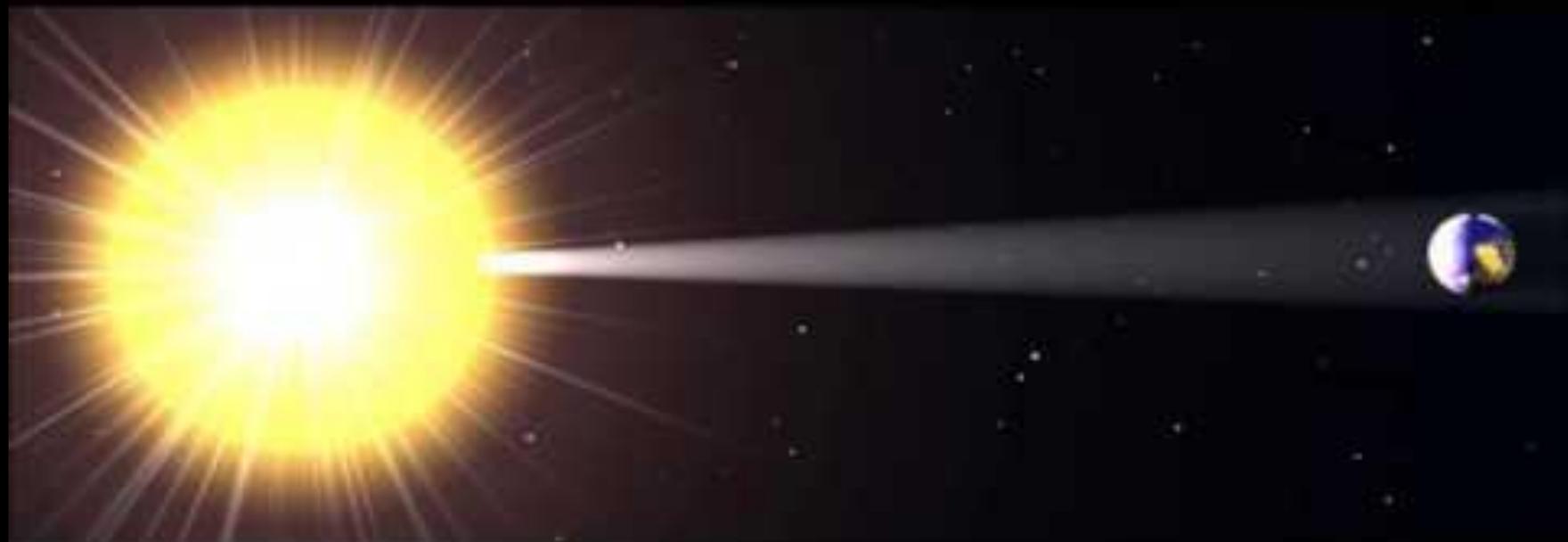


Où trouver
durablement notre
énergie sur notre
unique et solitaire
planète ?

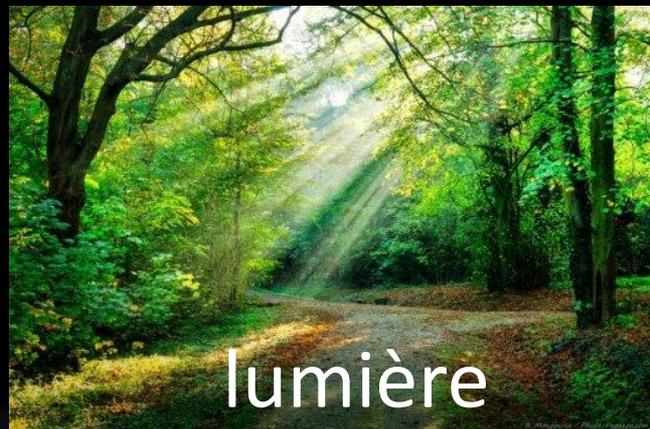
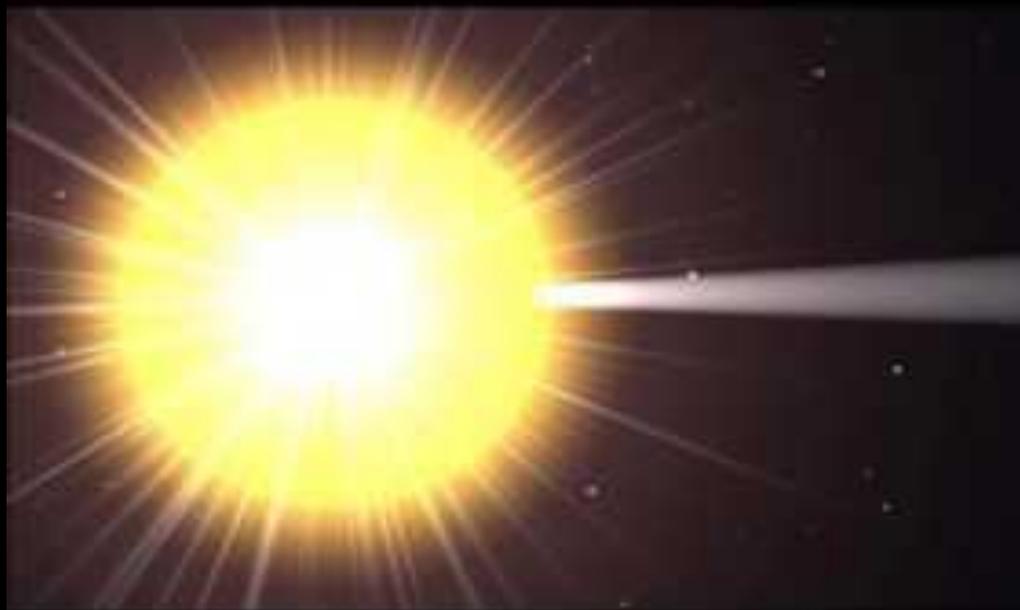
Unique, sûrement.

Mais solitaire, vraiment ?





Le soleil est le carburant
de toute vie sur Terre,
nous offrant



lumière

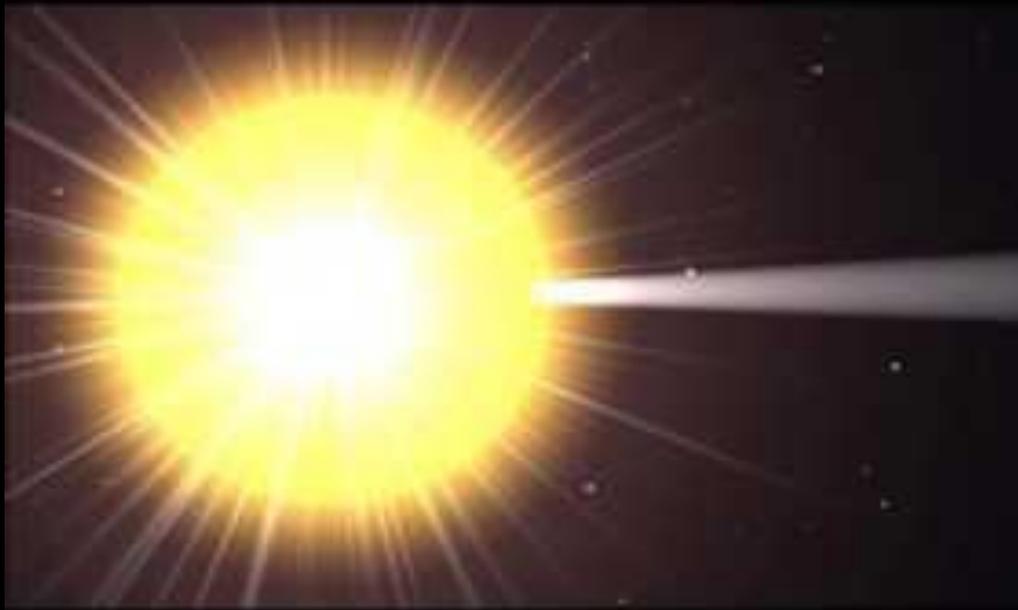


énergie



matière

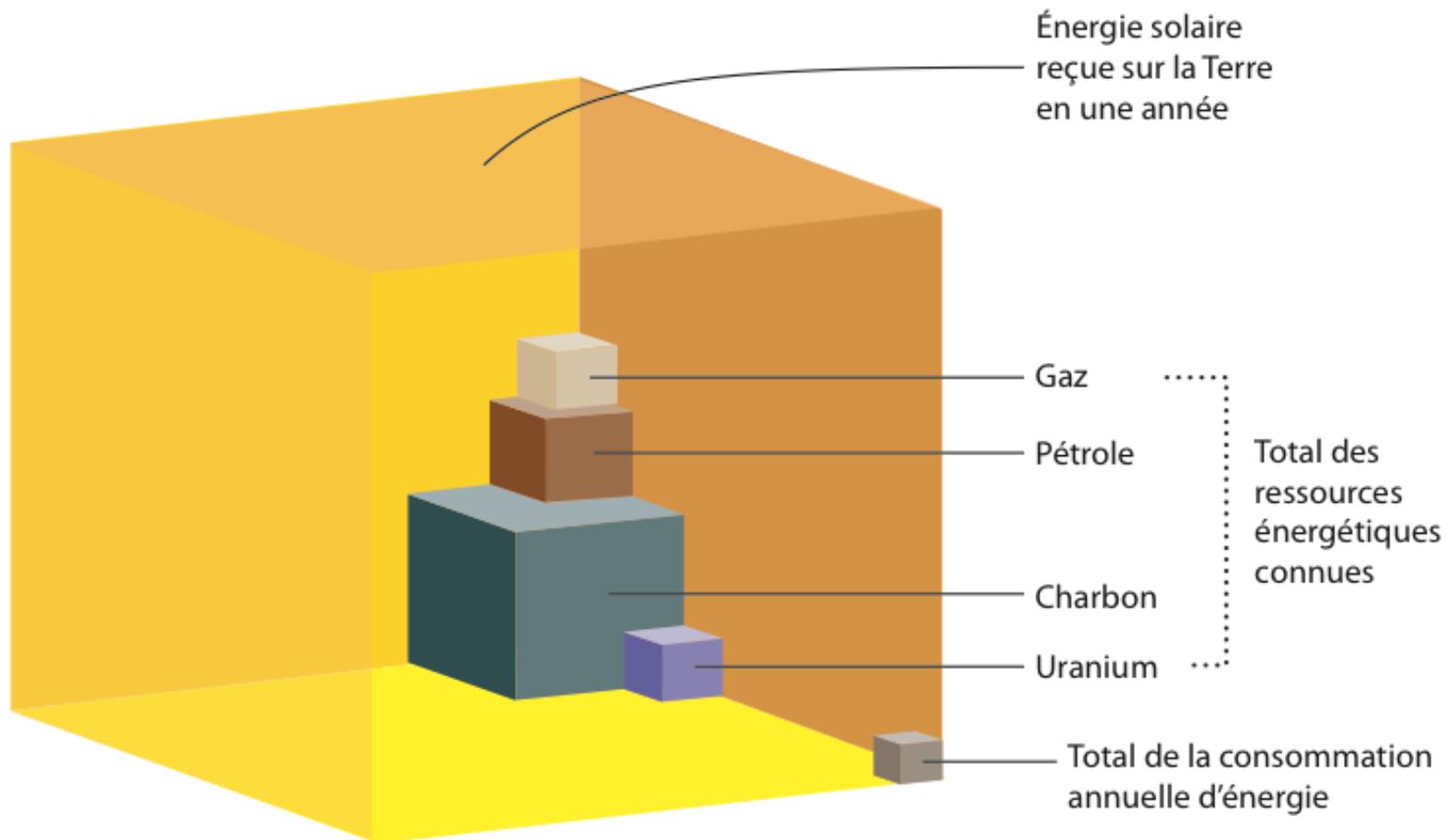
Le soleil, chaque **millième de seconde** rayonne



l'équivalent de l'énergie
consommée sur Terre
durant **un an** !

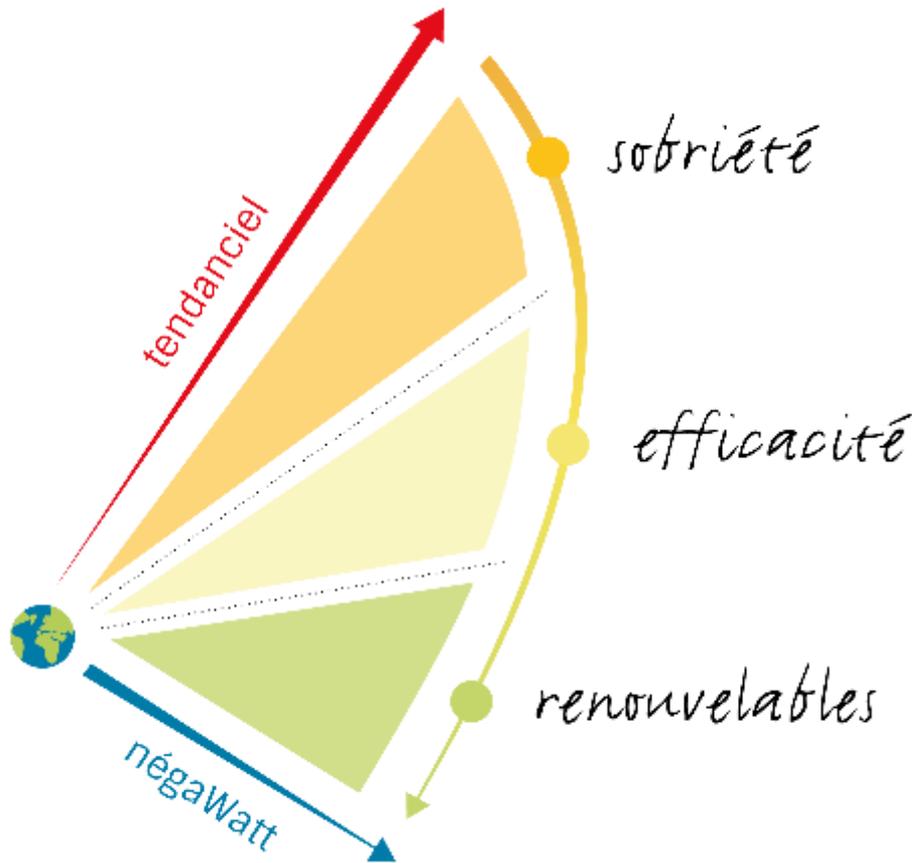


➤ Capturer des flux renouvelés et non extraire des stocks limités



Représentation des quantités d'énergies disponibles sur Terre

➤ La démarche négaWatt : une triple intelligence



Intelligence sur **l'usage** de l'énergie

Intelligence sur **les équipements** de consommation et de production d'énergie

Intelligence sur la **ressource** énergétique

Demande d'énergie

Production

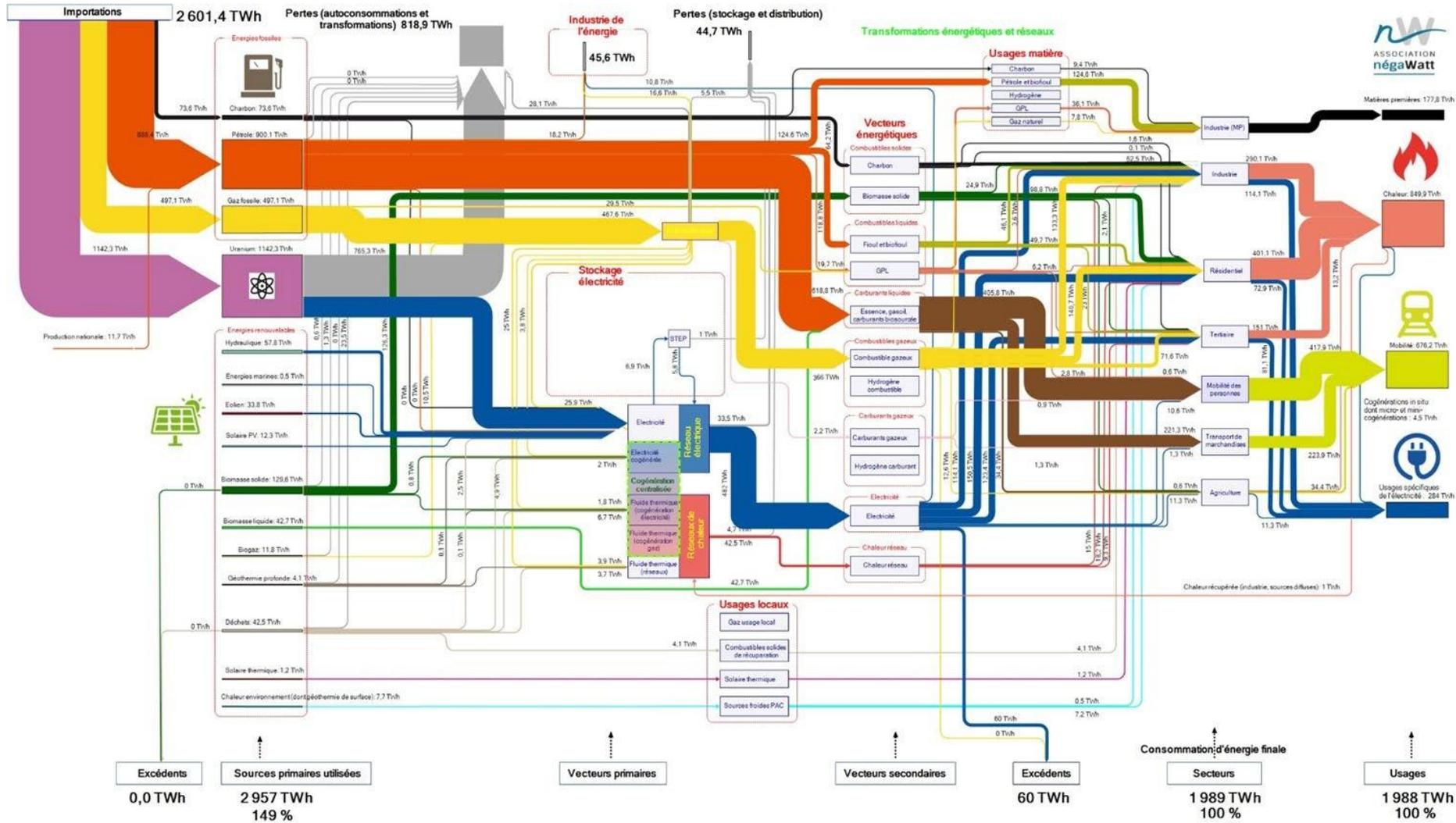


Le scénario négaWatt 2022-2050

Bilan énergétique et climatique

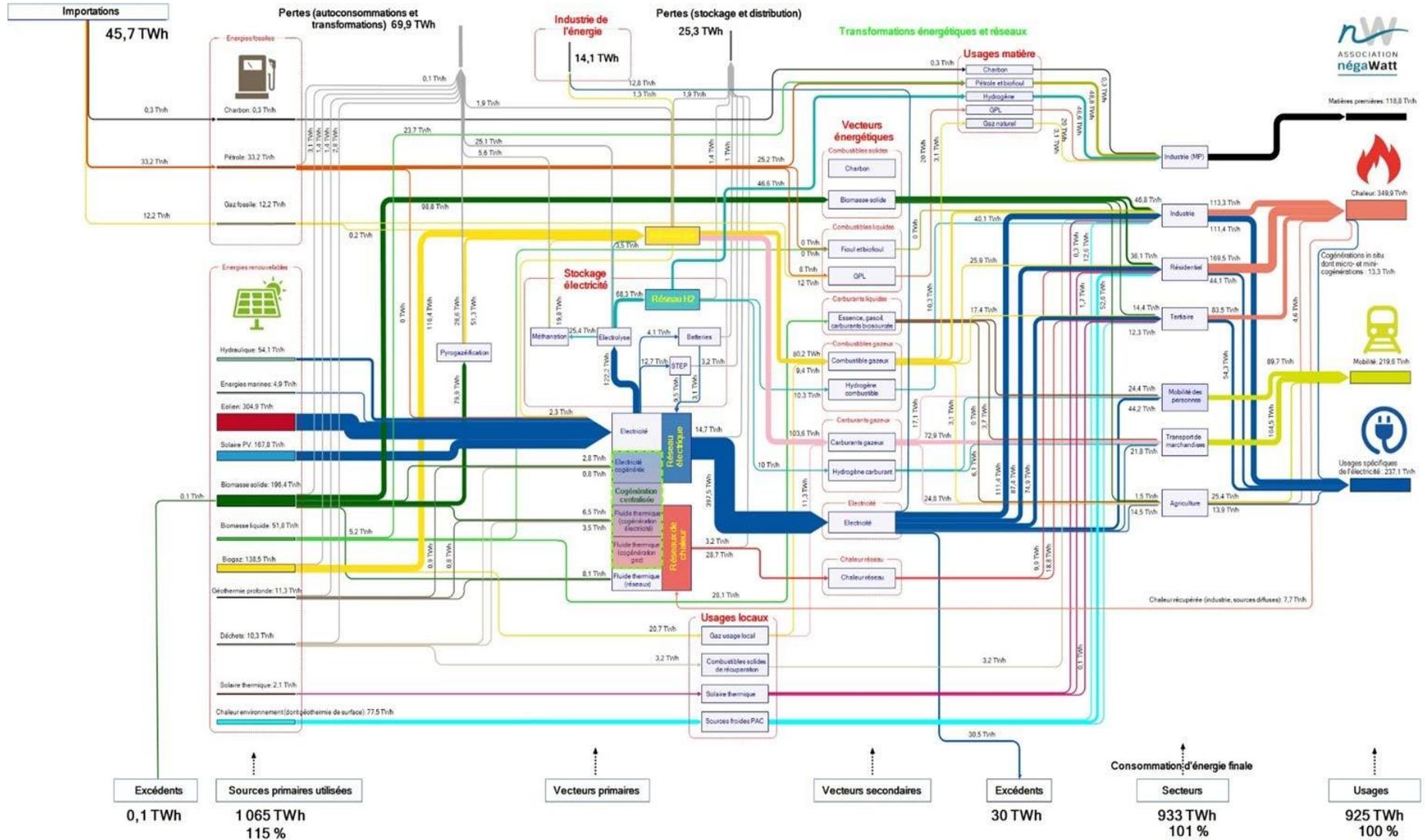


Bilan énergie France 2019

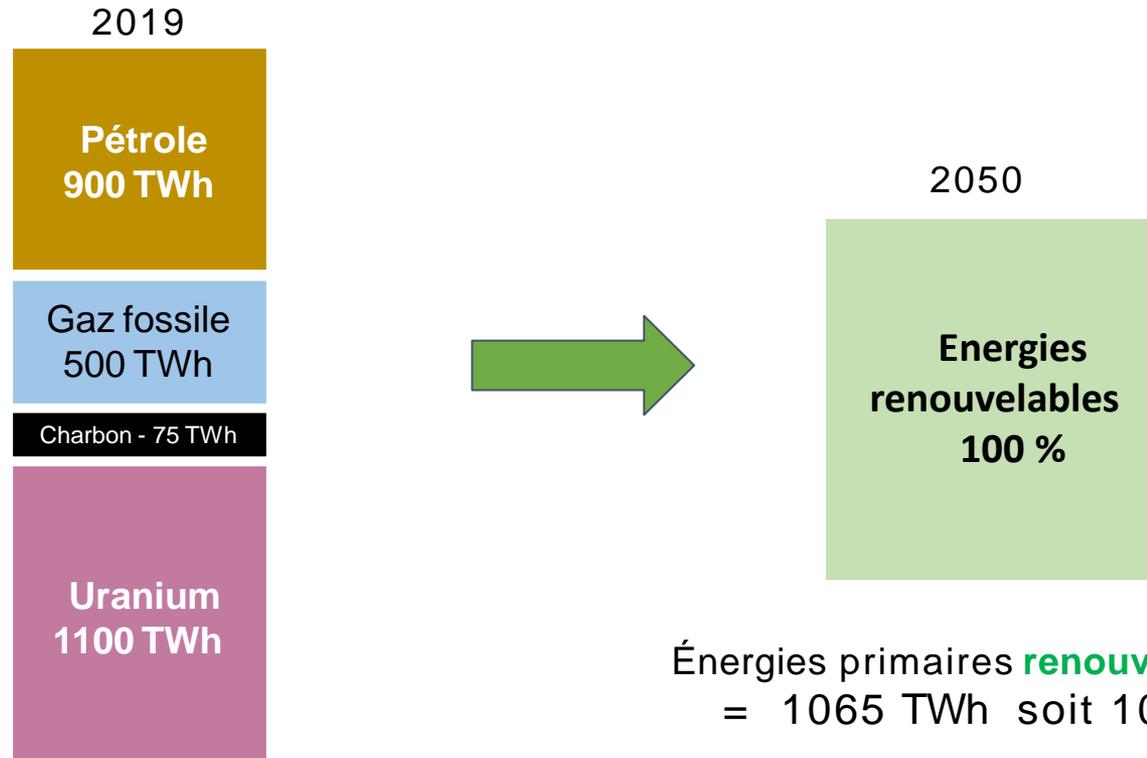




Bilan énergie France 2050



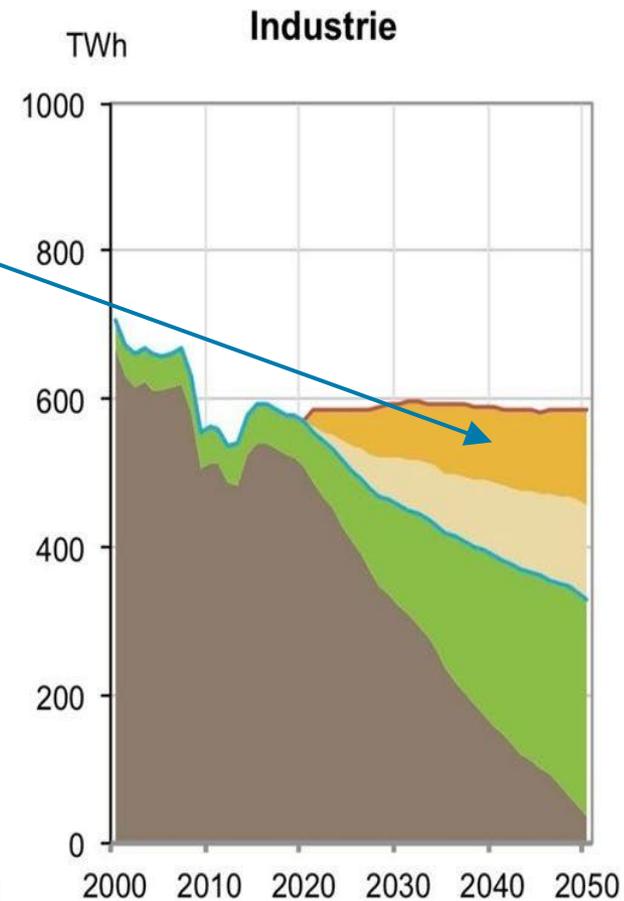
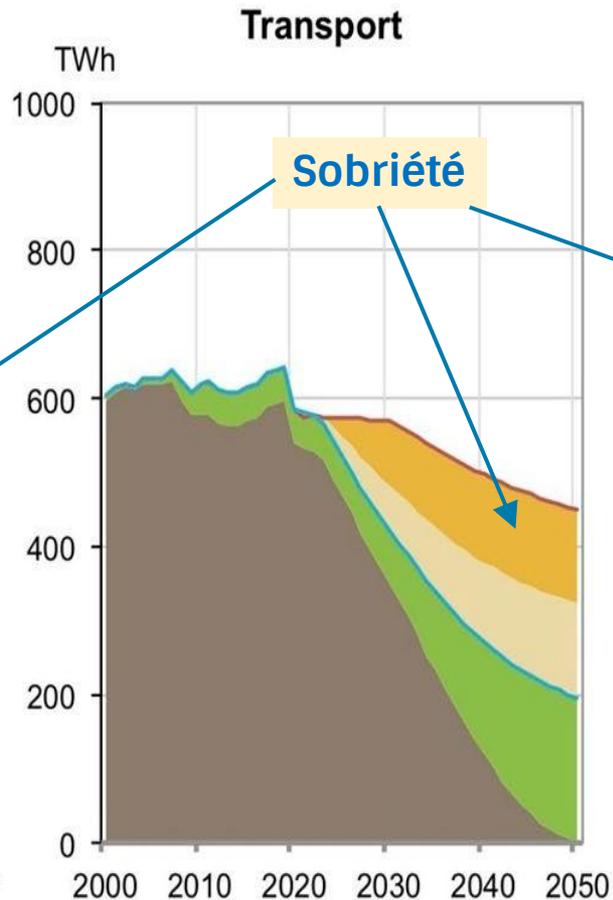
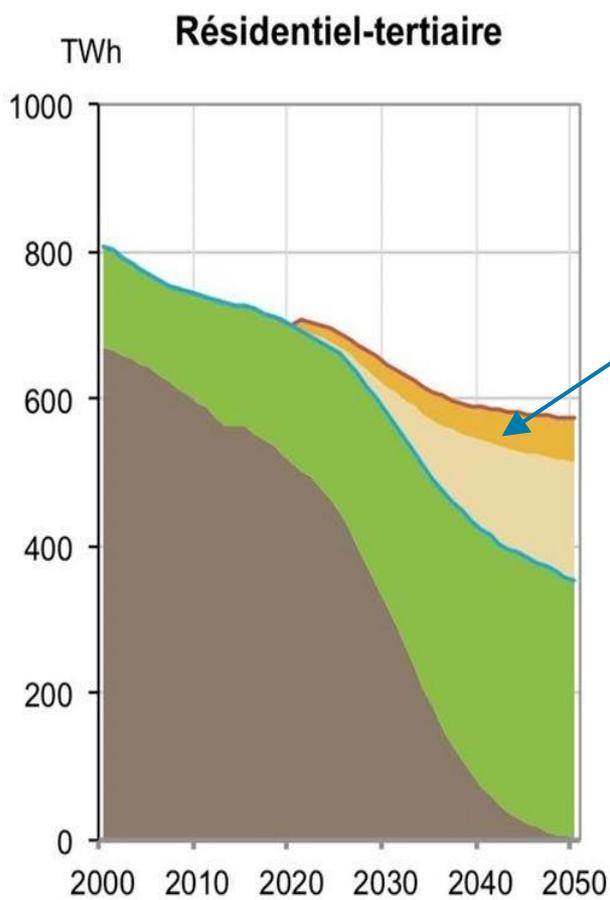
La fin en France des fossiles et du nucléaire



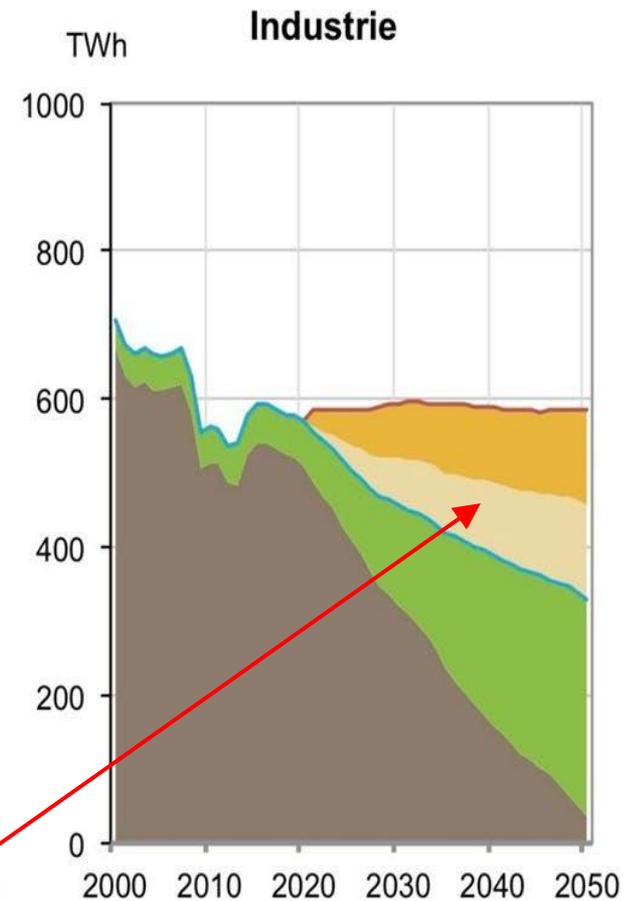
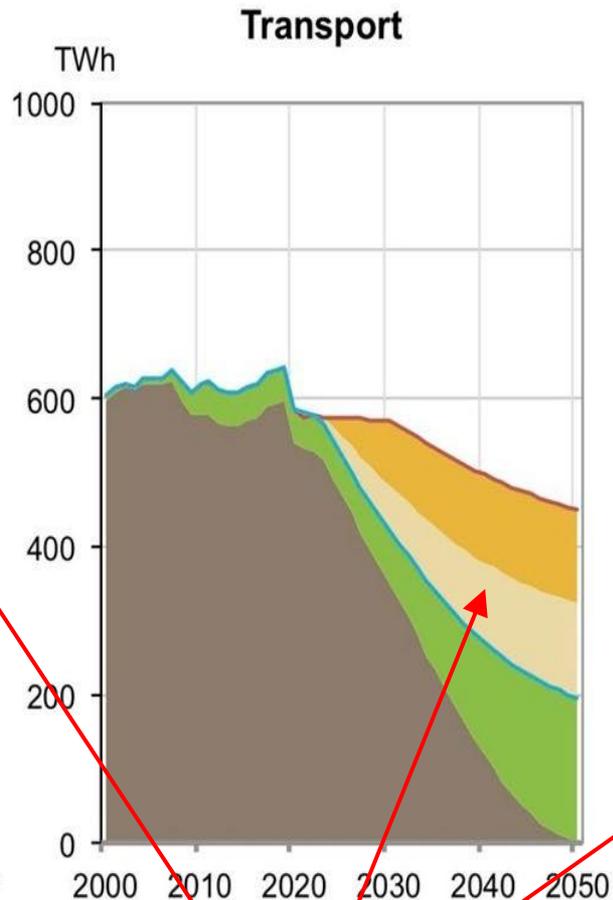
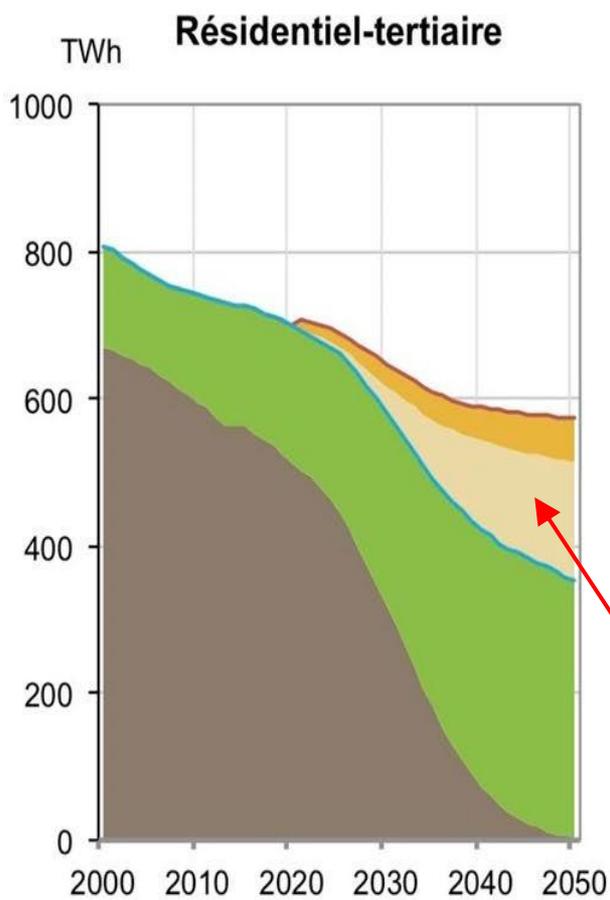
Énergies primaires **non renouvelables**
= 2600 TWh soit 88%

Énergies primaires **renouvelables**
= 1065 TWh soit 100%

↘ Nécessaire sobriété ...



↘ ... indispensable efficacité !



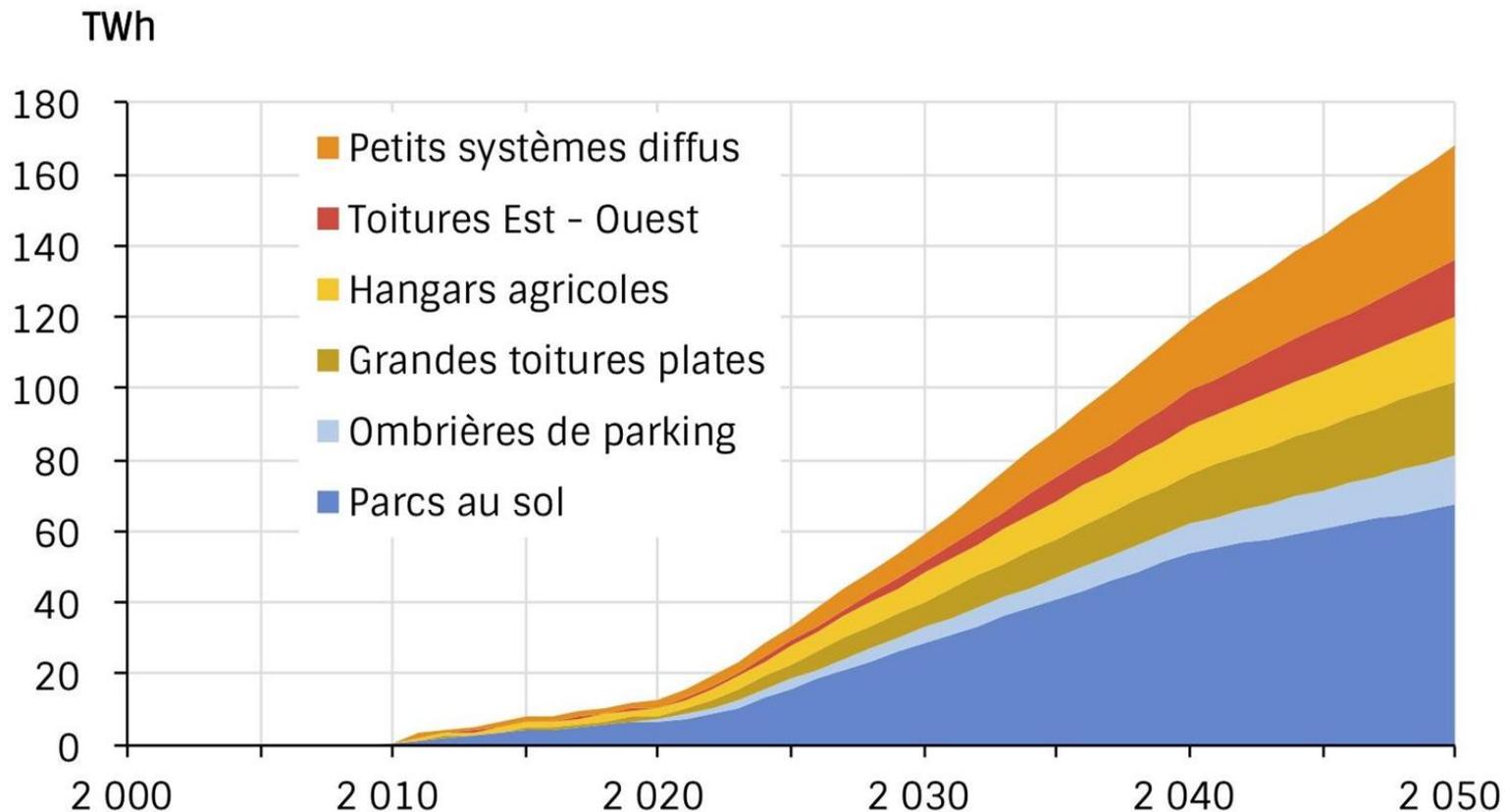
Efficacité

↘ Le photovoltaïque dans le scénario négaWatt



Production totale de **168 TWh** en 2050 avec en moyenne 4 GW installés par an.
Une grande diversité d'installations.

Parcs au sol : pas de concurrence avec les usages agricoles mais co-usages possibles





Production d'électricité renouvelable dans le scénario négaWatt

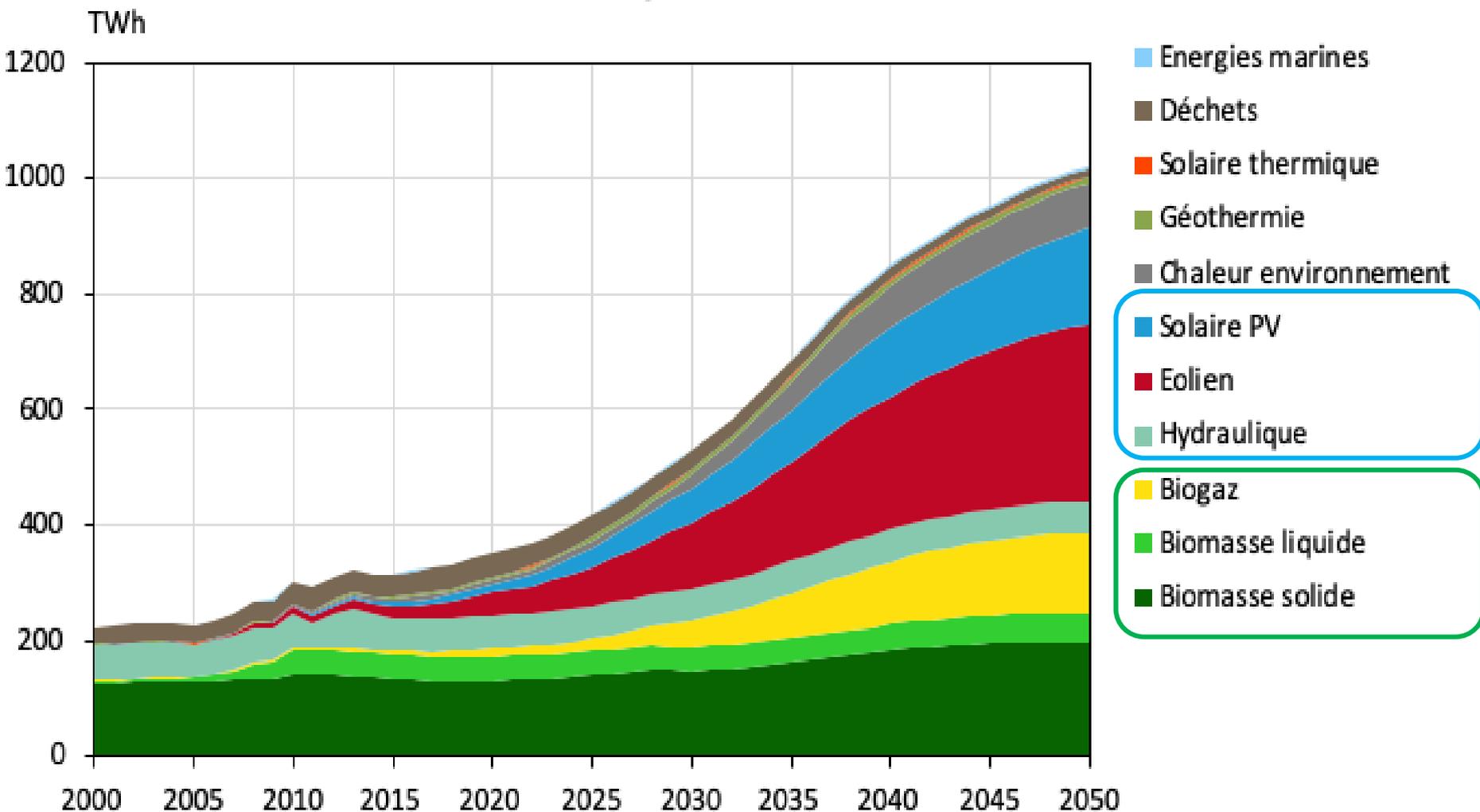


	2020 (64,5 M habitants)	2050 (72,3 M d'habitants)
Eolien terrestre	8 600 éoliennes 1 pour 7500 habitants	18 500 éoliennes 1 pour 3900 habitants
Eolien en mer	1 éolienne prototype	3 200 éoliennes
Photovoltaïque	10,4 GWc 0,16 kWc par habitant	139 GWc 1,9 kWc par habitant
Hydraulique	25,5 GW	Pas de nouveaux grands barrages. Meilleure efficacité des équipements existants

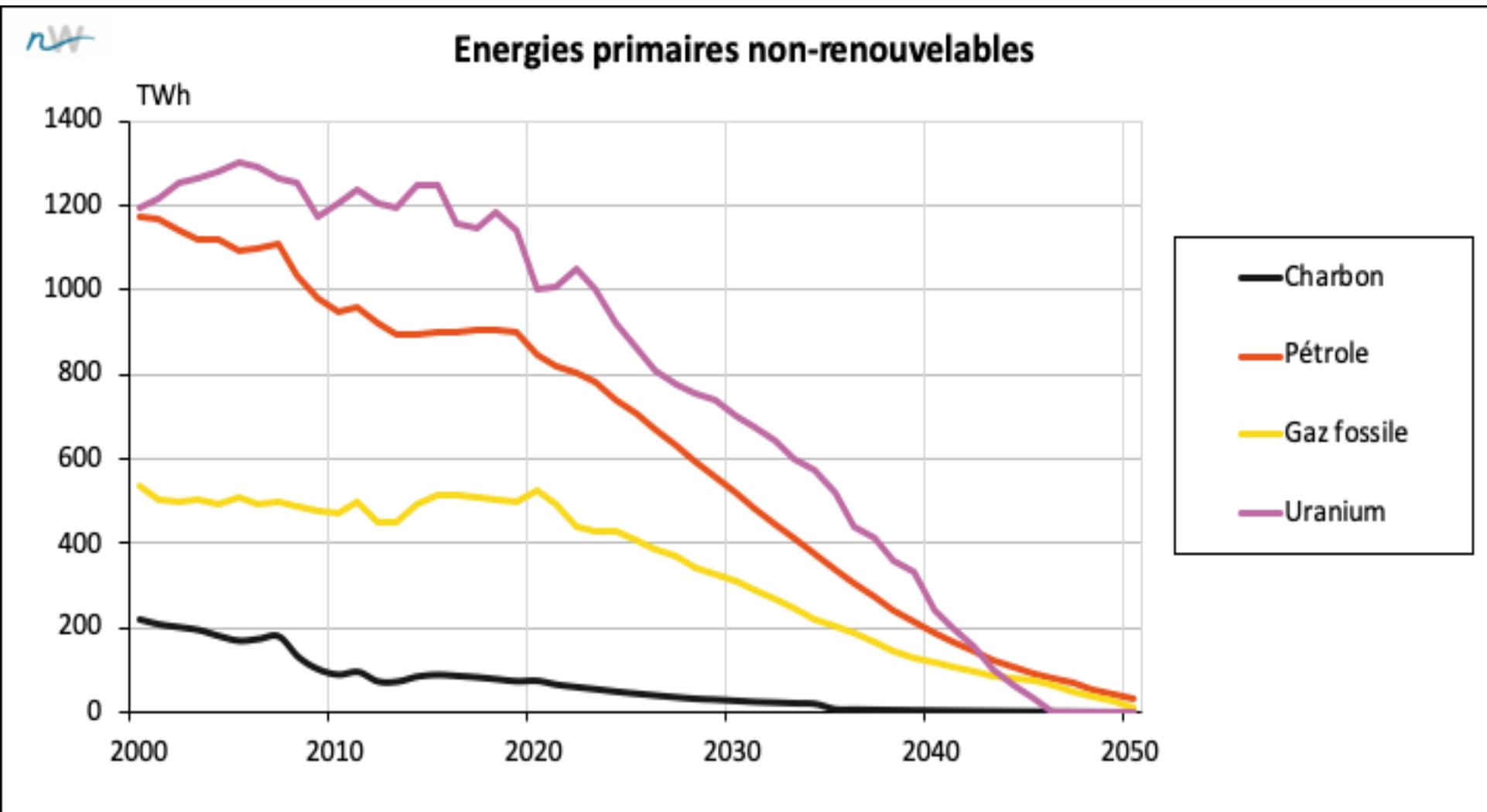
Le mix renouvelable



Bio-énergies + électricité + autres renouvelables



➤ En finir avec les énergies primaires polluantes et toxiques



↳ Une réduction drastique des gaz à effet de serre



Les émissions de dioxyde de carbone (CO_2) liées à notre consommation d'énergie sont divisées par 28.



Les émissions de méthane (CH_4), provenant essentiellement du secteur agricole, sont divisées par 3.

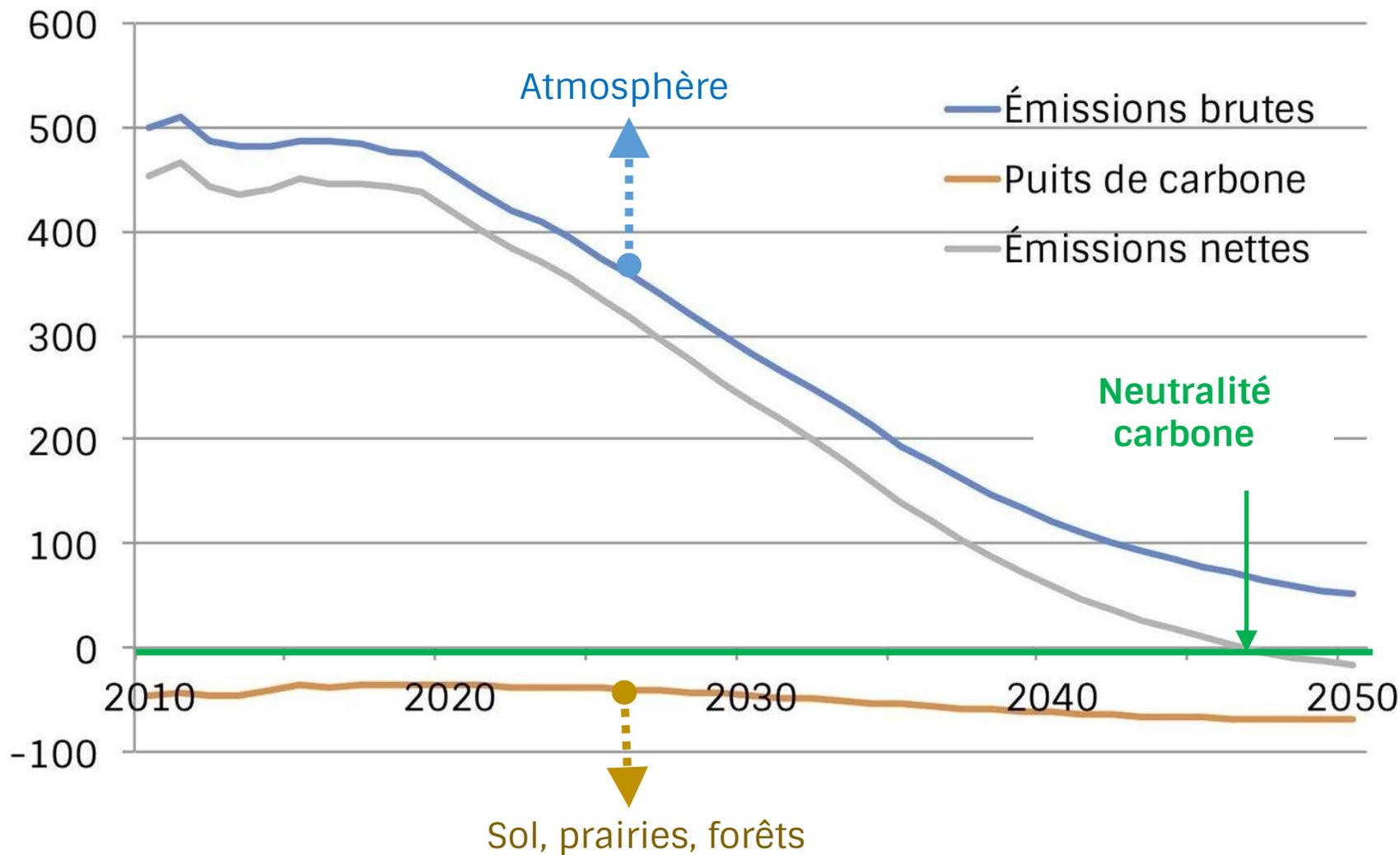


L'ensemble de nos émissions de gaz à effet de serre est divisé par près de 9.

↘ Neutralité carbone avant 2050



Millions de tonnes d'équivalent CO2





Les points en débat

Les autres scénarios ?

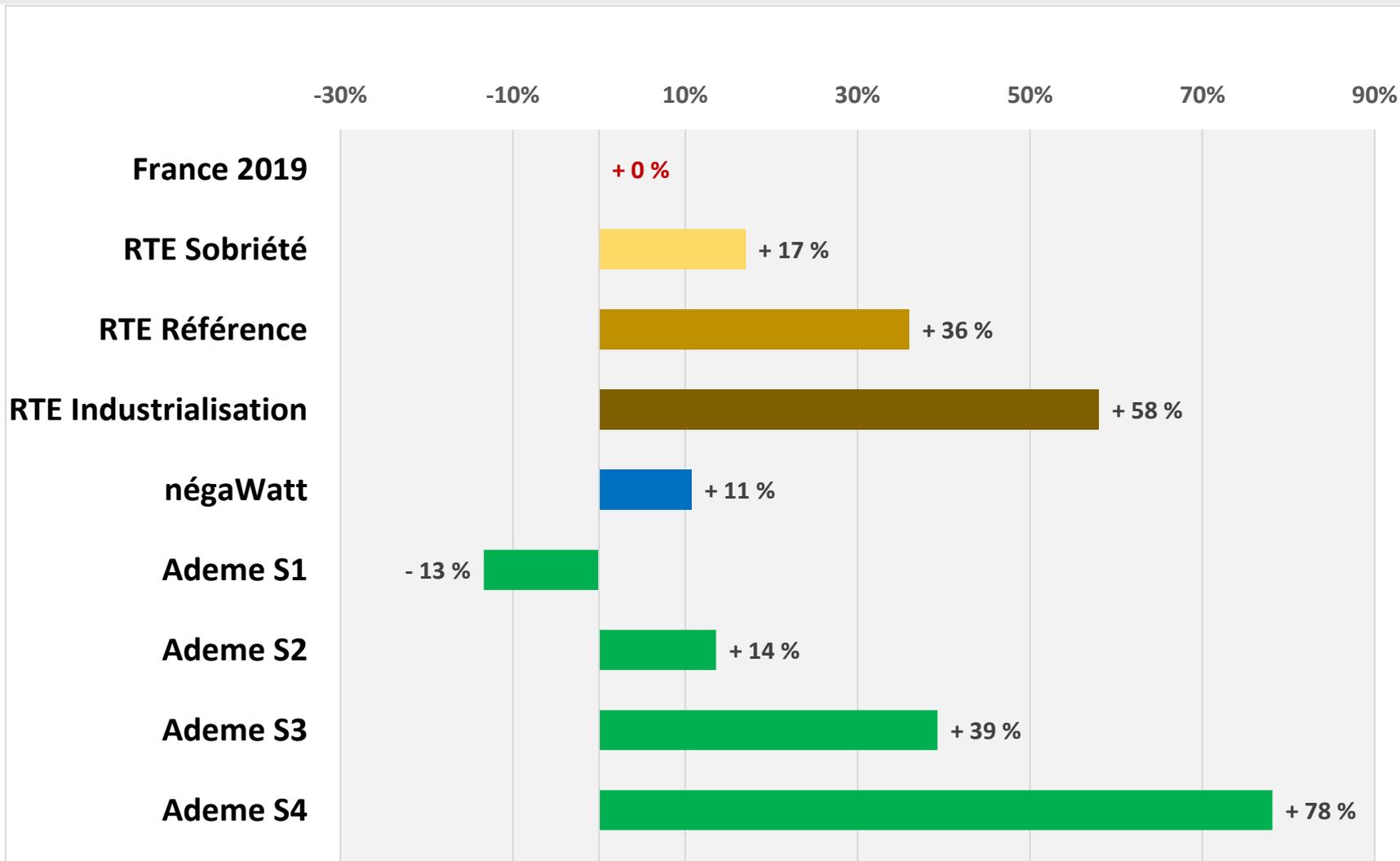
Et l'intermittence ?

Plus coûteux ?



CONSOMMATION d'ELECTRICITE par rapport à 2019

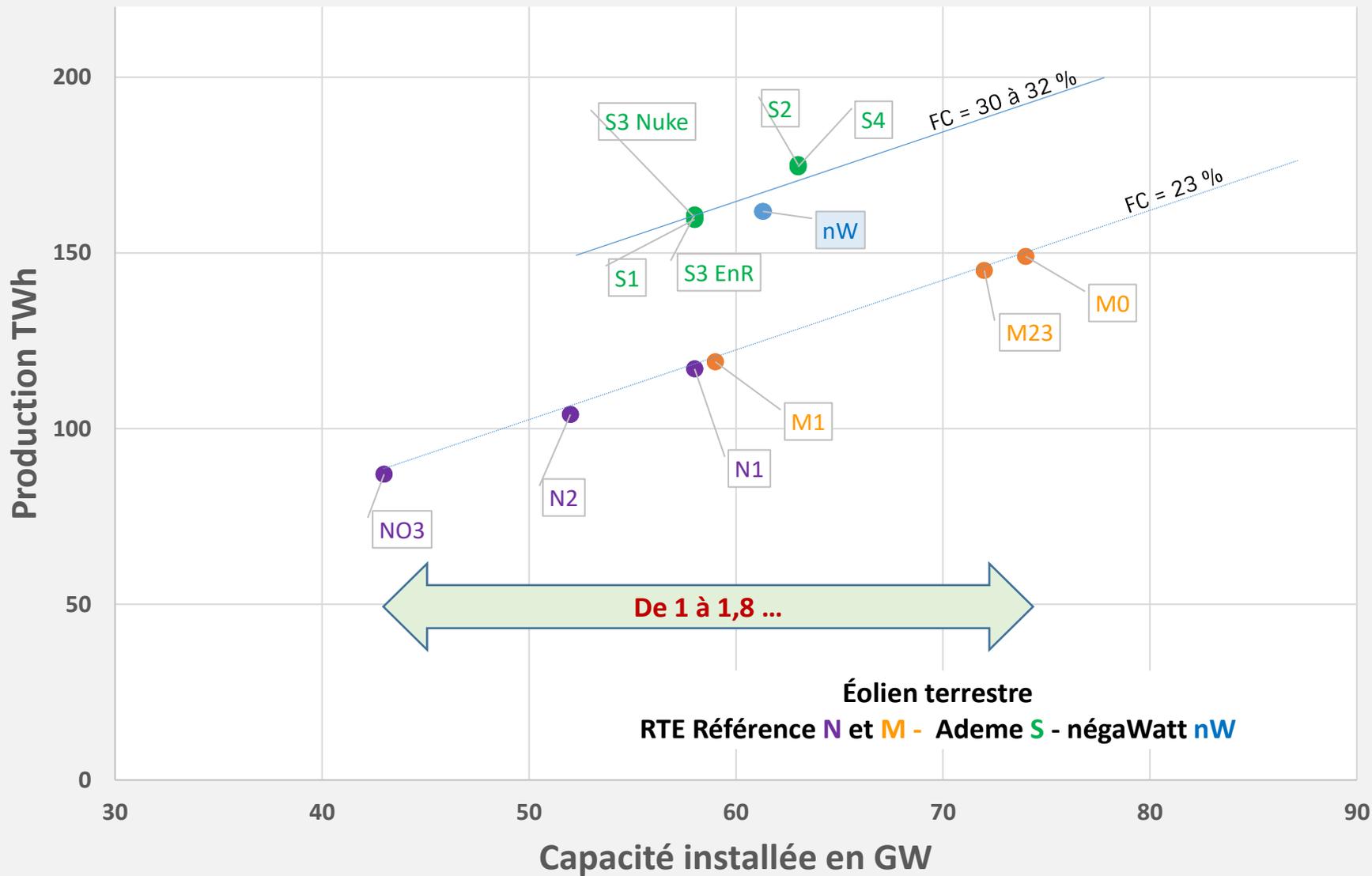
(usages totaux)





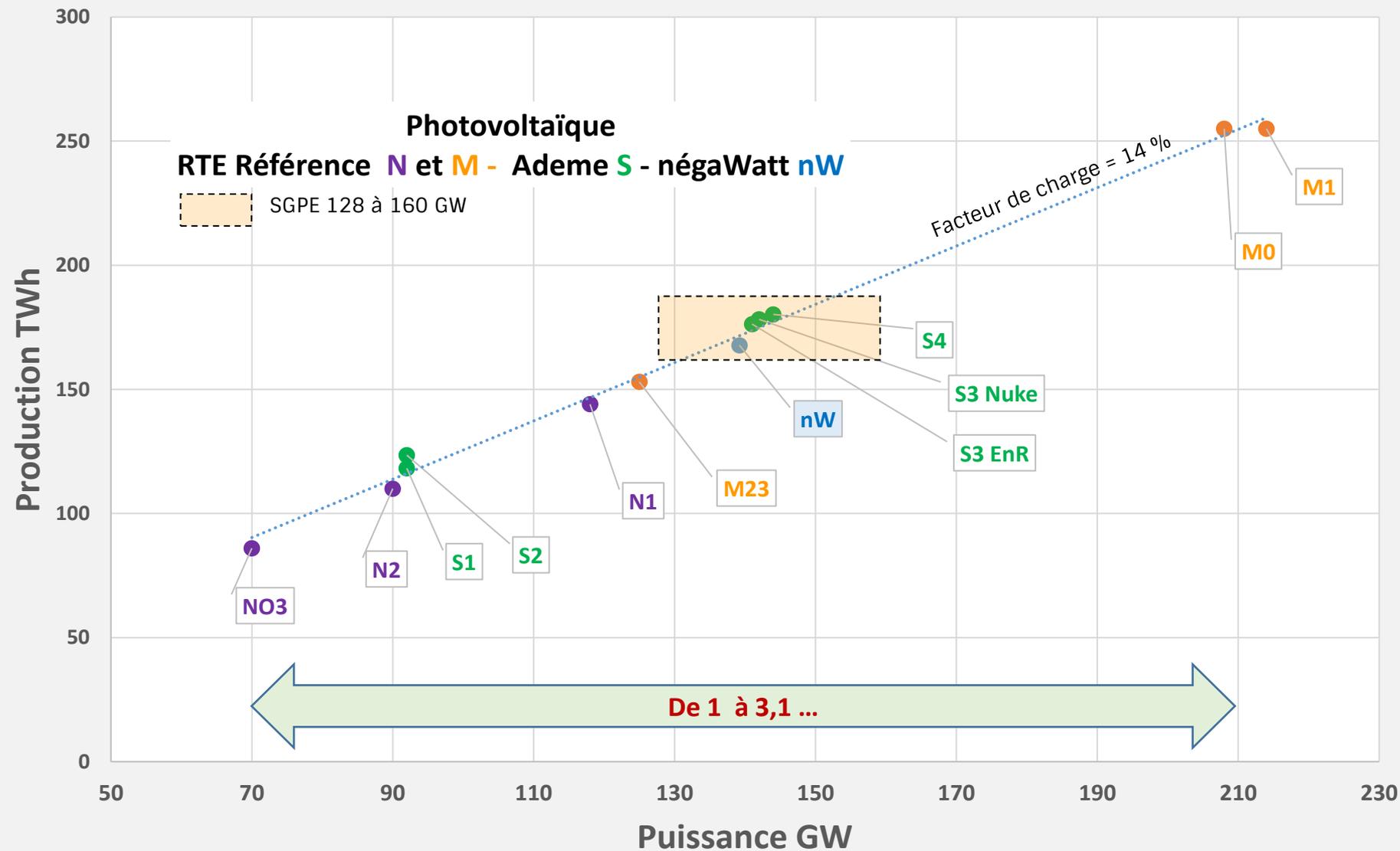
Comparatif scénarios RTE - ADEME – négaWatt

ÉOLIEN TERRESTRE en 2050





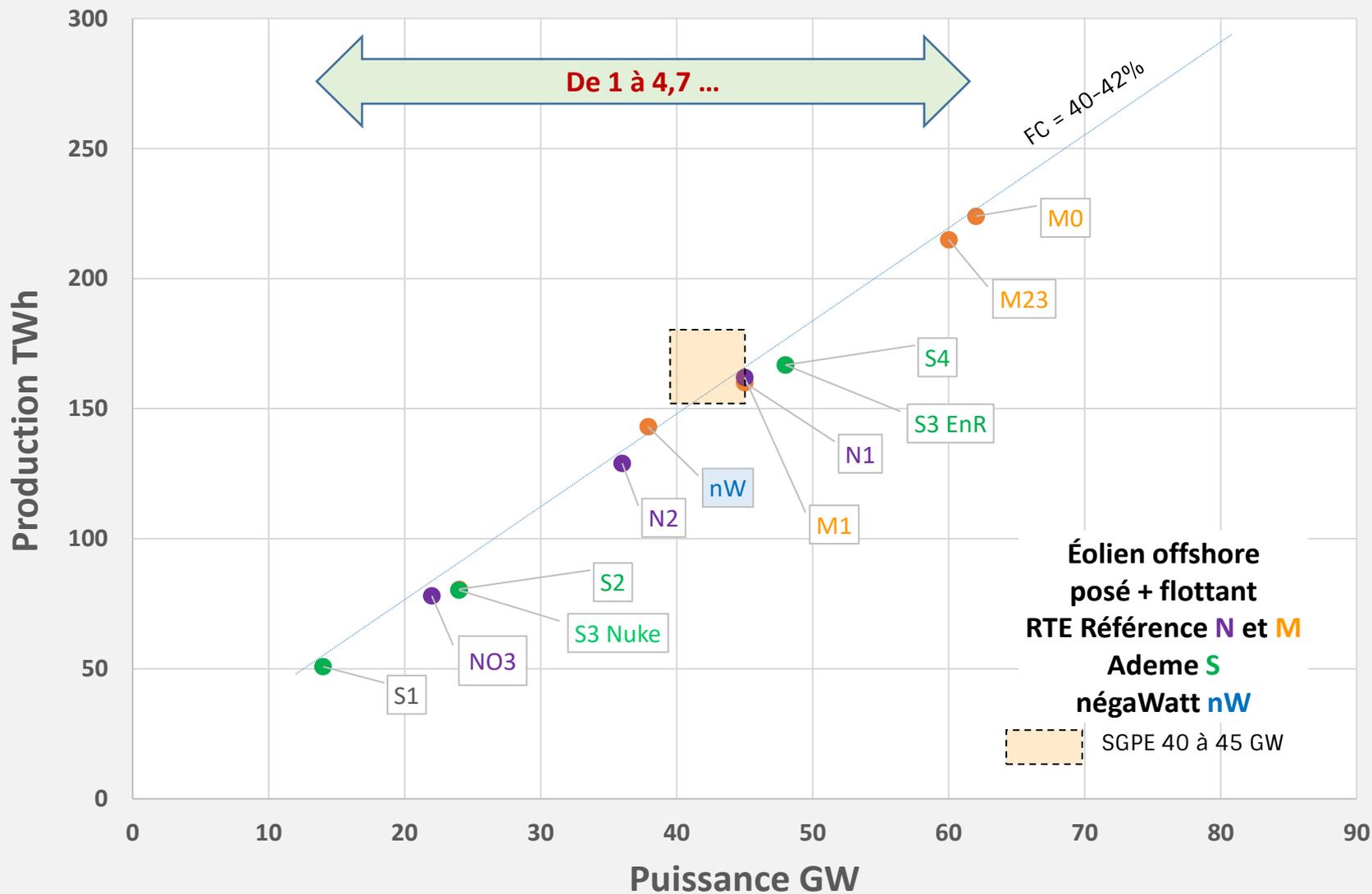
Comparatif scénarios RTE - ADEME – négaWatt PHOTOVOLTAÏQUE en 2050





Comparatif scénarios RTE - ADEME – négaWatt

ÉOLIEN OFFSHORE en 2050



➤ Gérer et sécuriser un réseau 100 % renouvelables ? Les techniques existent



Dans le scénario négaWatt, la modélisation assure heure par heure, année par année jusqu'à 2050 l'équilibre production-consommation d'électricité par appel à de la flexibilité et au stockage :

- Flexibilité d'une partie de l'offre renouvelable actuelle (hydraulique)
- Flexibilité de la demande (effacement, smart-grids, stockage batterie)

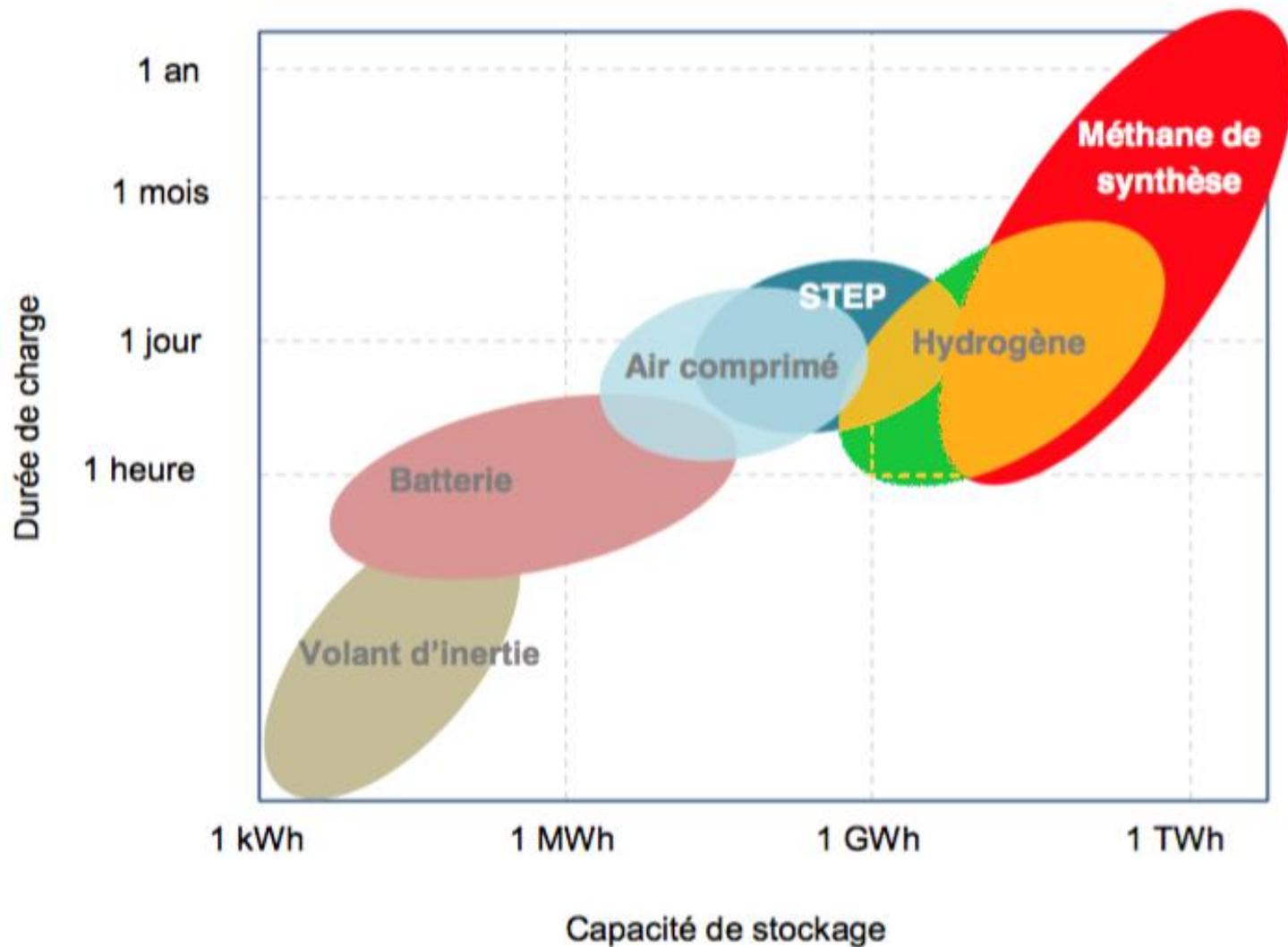
- Interconnexion des réseaux

- Stockage dans les barrages de type STEP

- Stockage de gaz verts en cavités :
 - Méthane CH₄ produit par méthanisation et pyrogazéification
 - Hydrogène (par électrolyse) puis méthane de synthèse (méthanation)

- Production élec flexible grâce à ces stockages massifs en cas de déficit
 - Stockage gaz déjà existants : 130 TWh + Production par centrale gaz

➤ **Stockage de l'électricité : des solutions existent même pour des besoins massifs**



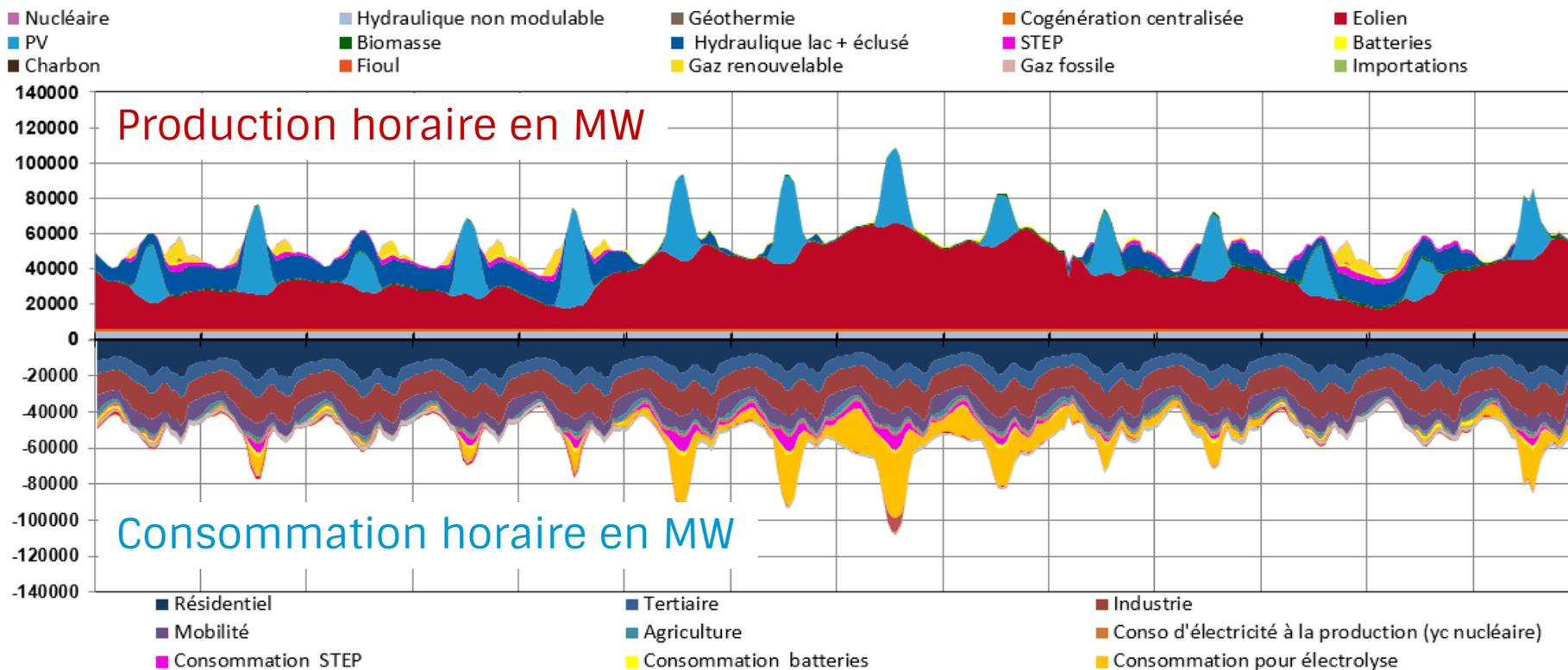
➤ Stockage gaz en France : 110 à 138 TWh déjà existants



Carte des différents sites et types de stockage de gaz naturel en France



Un système électrique 100% renouvelables sécurisé est possible



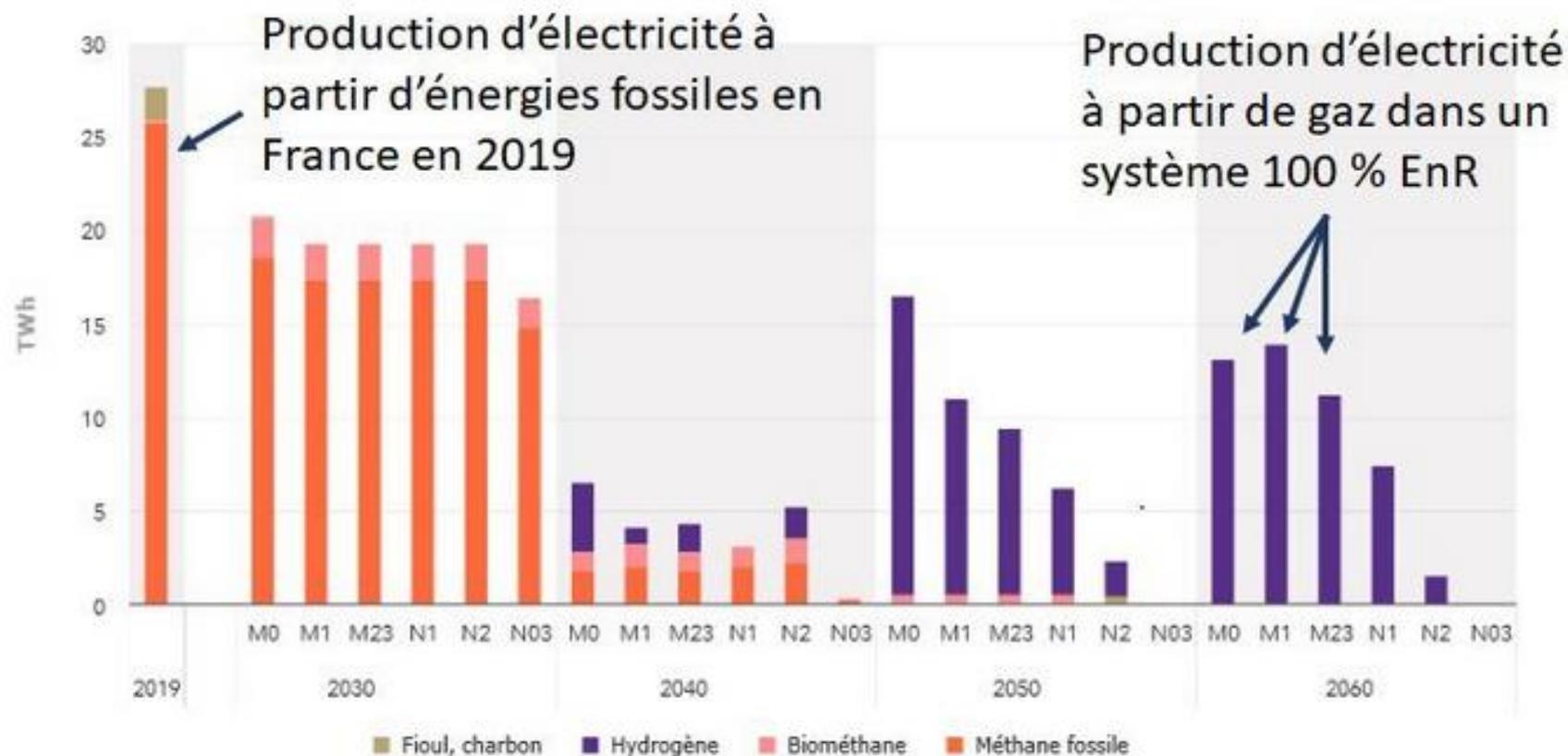
Exemple d'équilibre électrique entre **production** et **consommation** en MW sur 14 jours en janvier 2050

Source : Modélisation horaire scénario négaWatt 2022 2050

Flexibilité dans 2050 dans les scénarios RTE



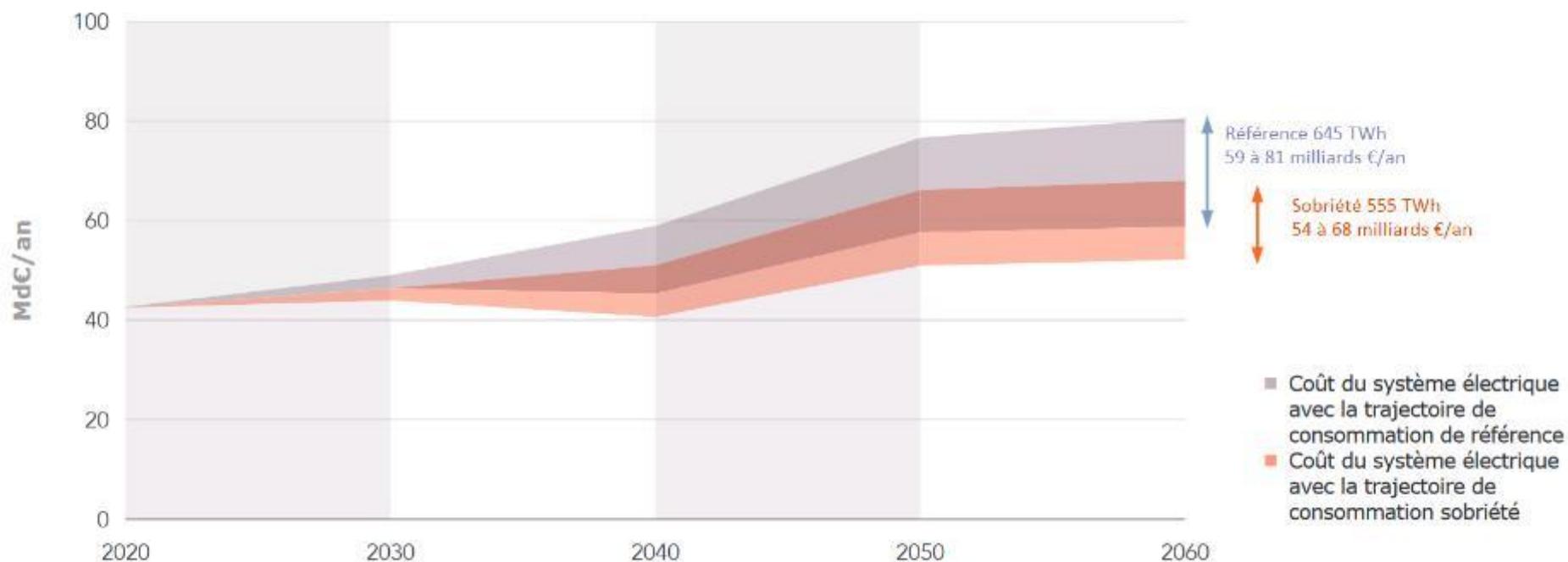
Figure 7.38 Production d'électricité à partir de capacités thermiques à flamme flexibles³⁰, pour les différents scénarios dans leur configuration de référence.



Production thermique **quasi-uniquement via H2** dans les scénarios M : 10 à 15 TWh (e)

La sobriété, un choix de moindre charge financière

Figure 11.47 Coûts complets du système électrique dans le scénario de consommation «sobriété», comparés à ceux de la trajectoire de référence



Selon RTE, le coût complet du système électrique est moindre de 5 à 13 milliards € par an sur une trajectoire « Sobriété » (555 TWh/an en 2050) que sur celle de « Référence » (645 TWh)
 Le scénario négaWatt est proche de « Sobriété » avec 520 TWh/an



Et ailleurs qu'en France ?

En Europe

Dans le monde



↘ Un basculement mondial est en route !

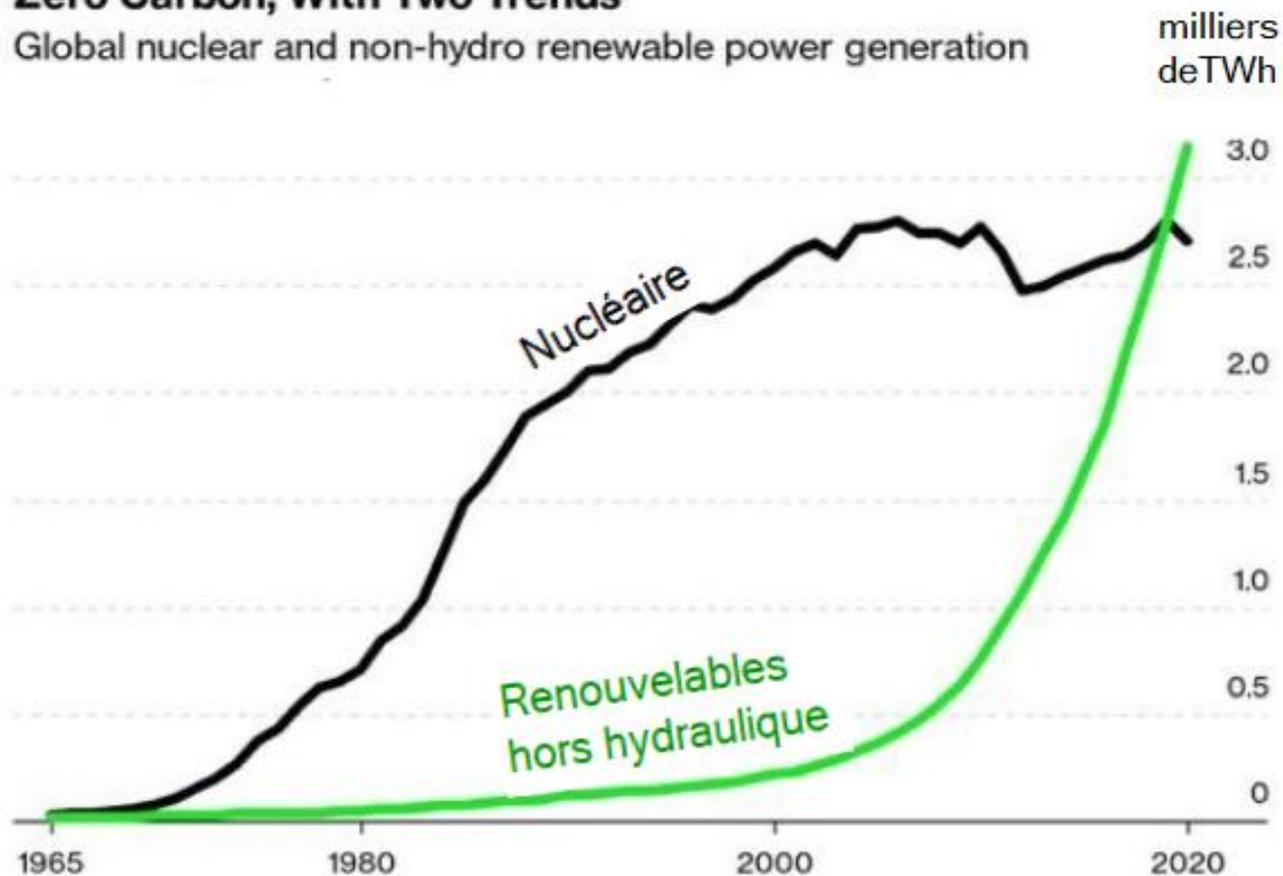


La production **mondiale électronucléaire** s'est stabilisée vers 2 500 TWh depuis 2000

En revanche durant cette période la production **mondiale éolienne + photovoltaïque** est passée de 200 TWh à plus de 3 000 TWh.

Zero Carbon, With Two Trends

Global nuclear and non-hydro renewable power generation



Source: BP Statistical Abstract of World Energy 2021

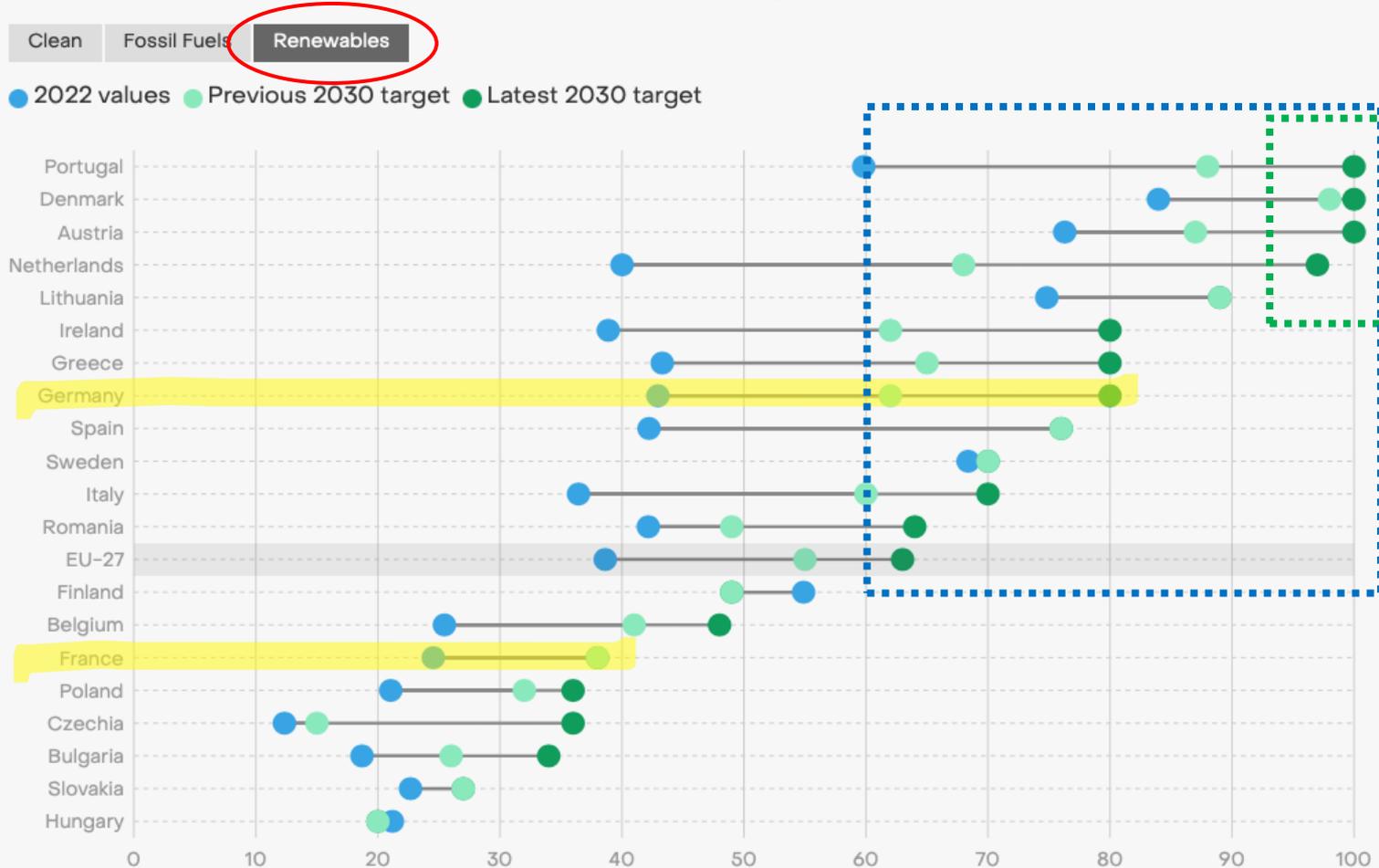
Bloomberg Green

Europe – Électricité 2022 > objectifs 2030

4 pays visent 100 % renouvelables, 11 et UE27 plus de 60 %

EU countries accelerate fossil fuel phase outs

Current (2022) and 2030 planned share in EU-27 electricity generation



Source: Ember research
 Previous = National Energy and Climate Plans (NECPs) from 2019; Latest = latest national policy announcements.
 The countries displayed account for >97% of EU-27 electricity consumption. Updated: 16/05/2023



Europe – Renouvelables 2020

La France est le seul pays d'Europe a ne pas avoir atteint ses objectifs ...

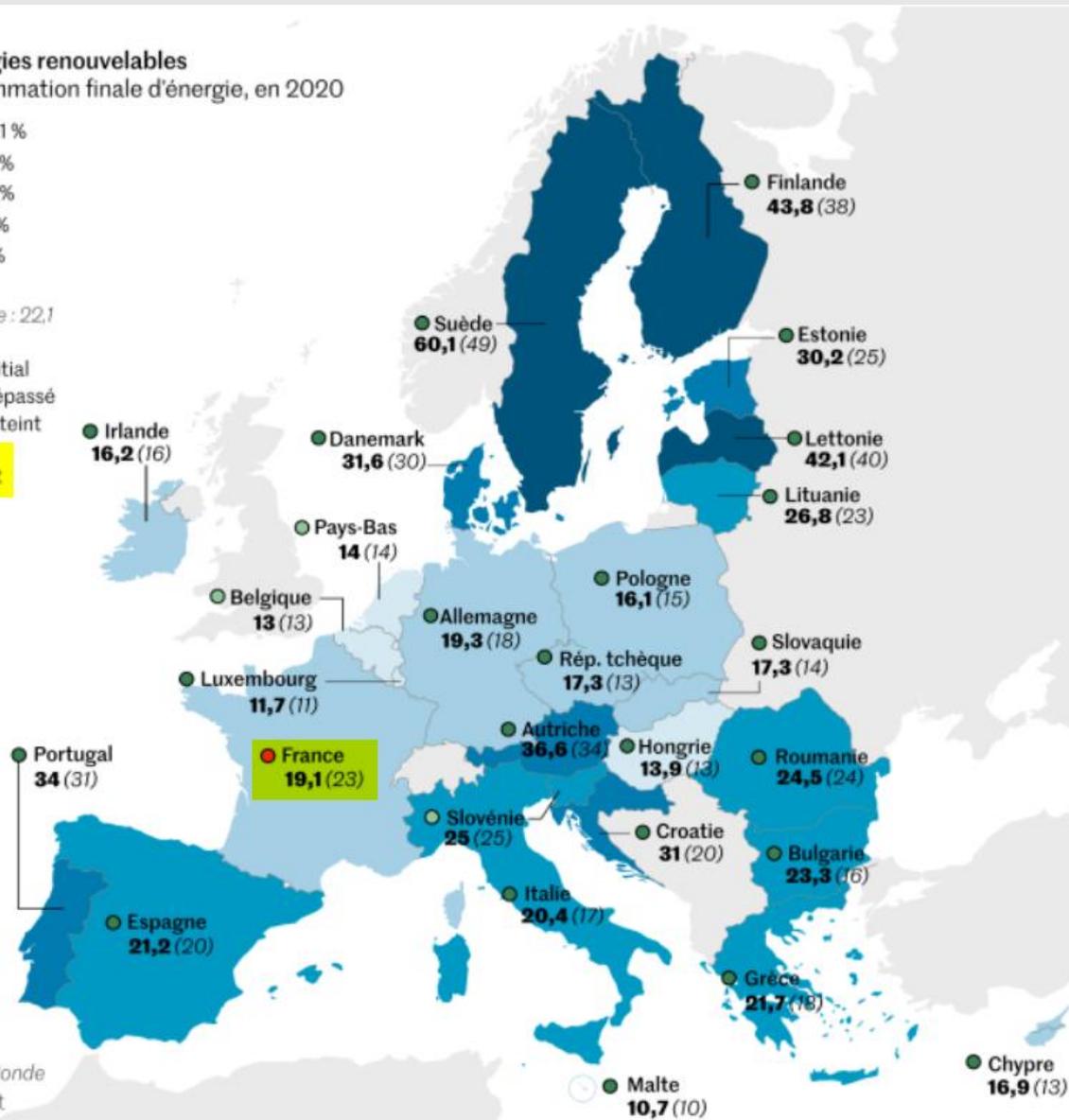
Part des énergies renouvelables
dans la consommation finale d'énergie, en 2020

- de 40 % à 60,1 %
- de 30 % à 40 %
- de 20 % à 30 %
- de 15 % à 20 %
- de 10 % à 15 %

Moyenne
Union européenne : 22,1

(XX) Objectif initial

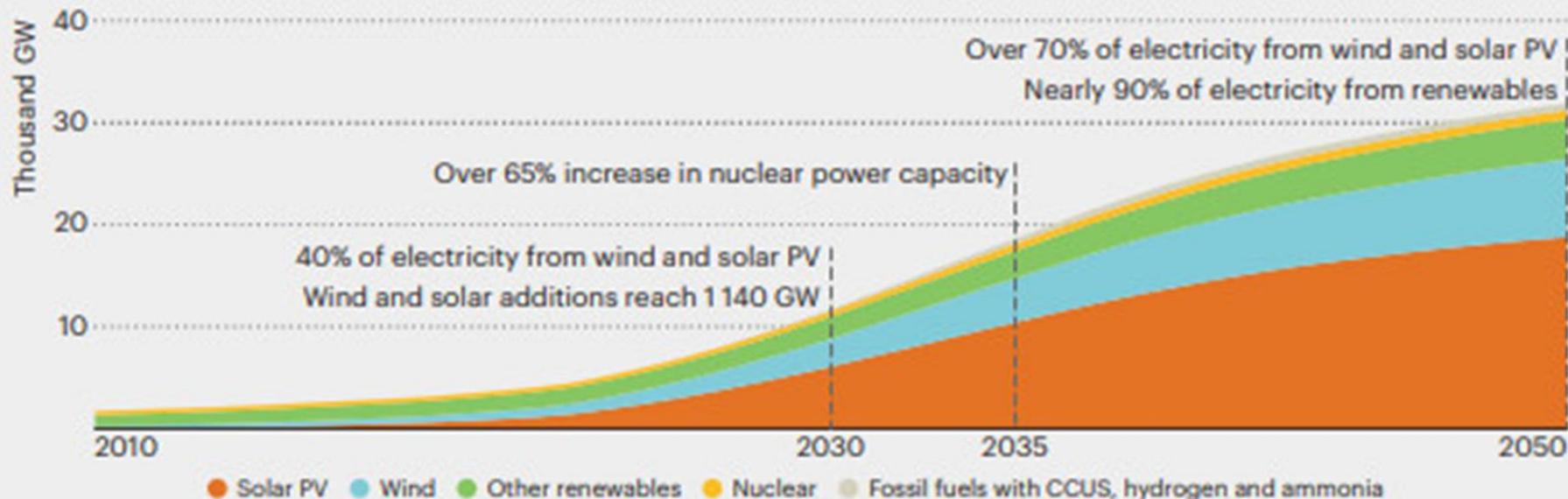
- Objectif dépassé
- Objectif atteint
- Objectif non atteint



Infographie Le Monde
Source : Eurostat

➤ Scénario mondial NZE « Net Zéro Emission » de l'AIE :
vers le 100 % élec en 2050 sans émissions avec 89 % de renouvelables

Low-emissions electricity generation capacity by source



Share of low-emissions sources in total generation	39%	71%	91%	99.7%
Share of solar PV and wind in total generation	12%	40%	58%	71%
Share of renewables in total generation	30%	59%	77%	89%
Average annual investment (USD billion 2022, MER)	2017-22	2023-30	2031-35	2036-50
Low-emissions	507	1 202	1 321	973
Renewables	466	1 080	1 185	875
Nuclear	41	114	121	93



Un scénario pour un monde apaisé

Réduction des risques

Partage des ressources

Robustesse et résilience

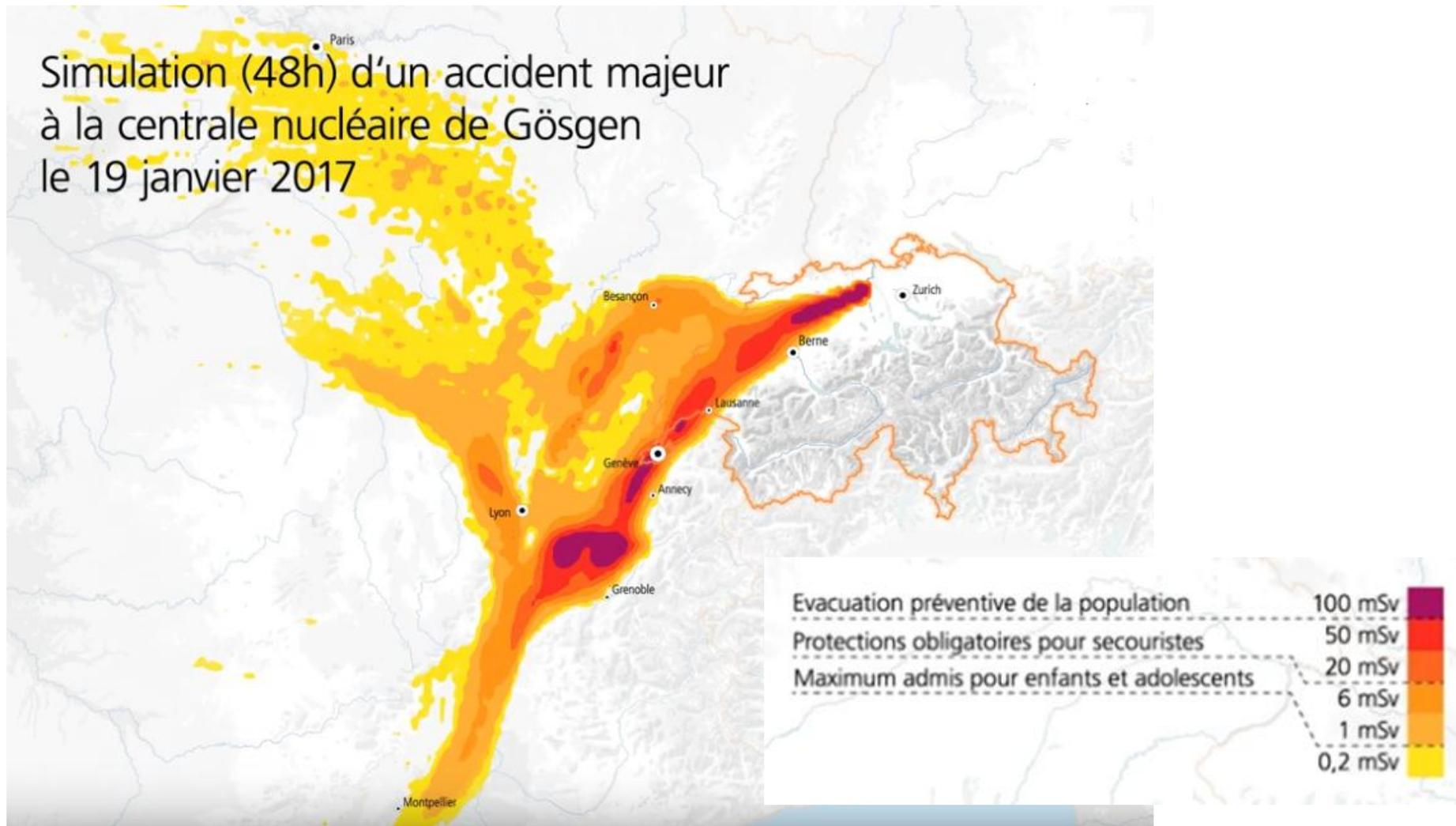
Legs de rentes et non de charges

Sécurisation à long terme ...



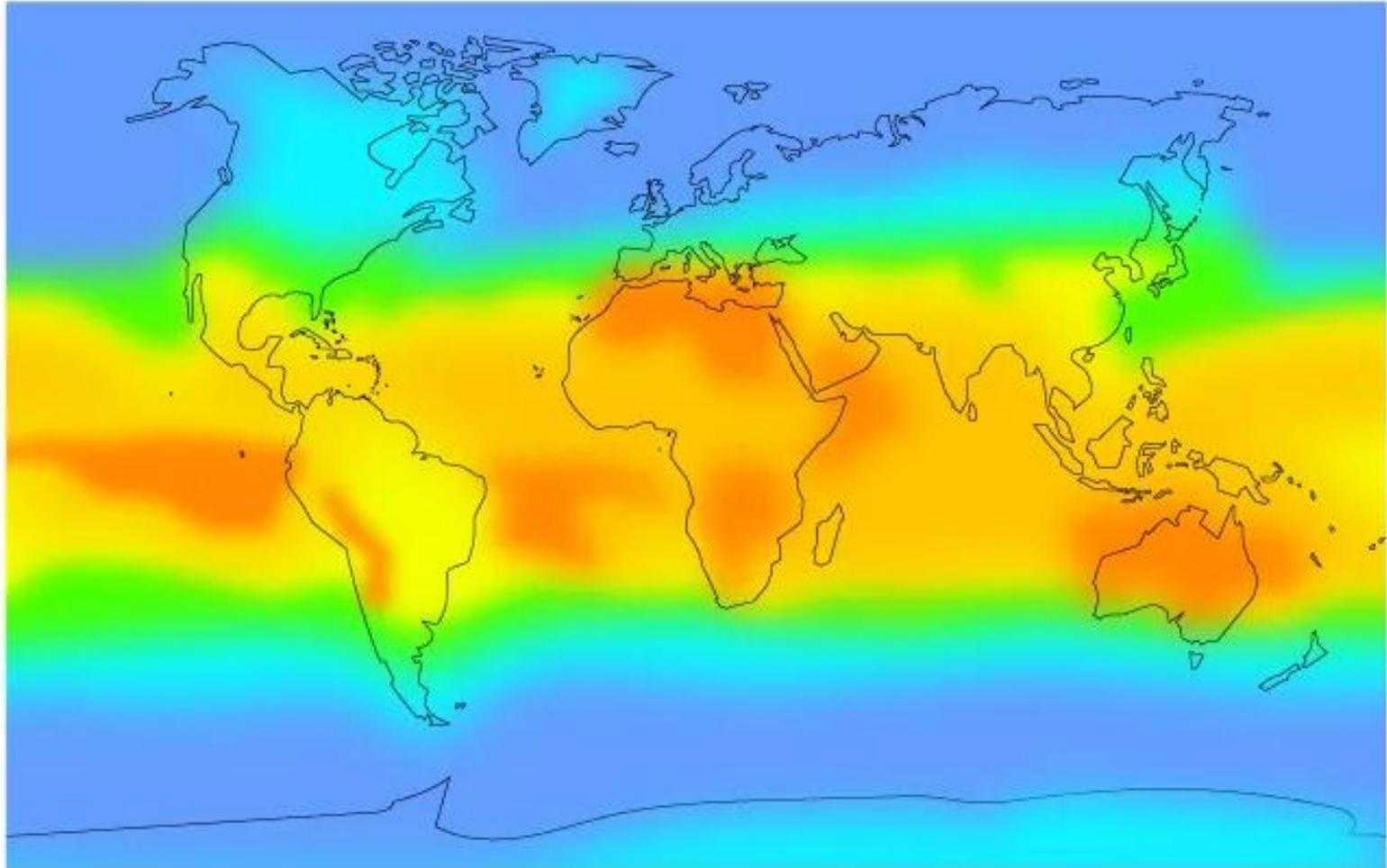
Réduction des macro-risques : accident local, mais conséquences globales et durables ...

Simulation (48h) d'un accident majeur
à la centrale nucléaire de Gösgen
le 19 janvier 2017





Utilisation de ressources gratuitement reçues et distribuées sur toute la planète



Energie solaire reçue en moyenne





À Davos, l'Ukraine annonce un investissement de 450 millions d'euros dans les éoliennes



Maxim Timchenko, le PDG de la compagnie ukrainienne DTEK, ici en mai 2023 lors de l'inauguration de la première tranche du parc éolien de Tyligulska, dans la région de Mykolaïv, à une cinquantaine de kilomètres du front. *Fabrice Nodé-Langlois / Le Figaro*

L'énergéticien ukrainien privé DTEK va déployer un nouveau parc éolien au moment, où 90% des infrastructures électriques du pays en guerre sont détruites ou endommagées.

↳ Léguer des rentes et non des charges

Les déchets nucléaires : un cadeau que devront « gérer » les 5000 générations à venir ...

 **-30 000 ans**
peintures rupestres
de la grotte Chauvet

LES DÉCHETS NUCLÉAIRES “À VIE LONGUE”

durée de vie moyenne du 
PLUTONIUM 239

240 000 ans

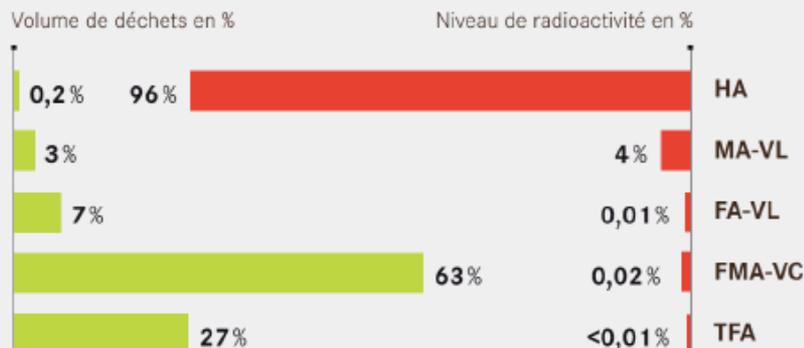
apparition de l'Homme
moderne — Homo sapiens 

-350 000 ans

GREENPEACE

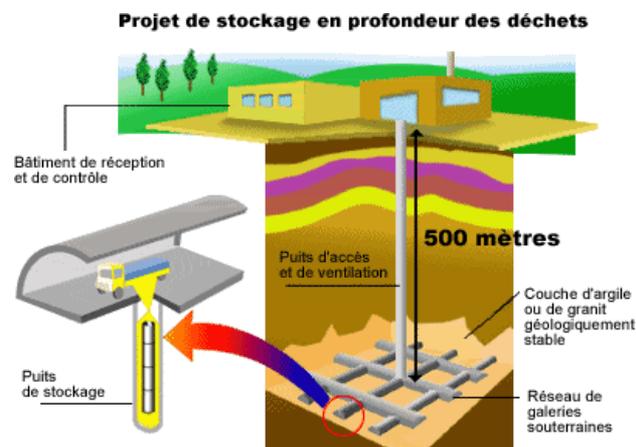
RÉPARTITION DU VOLUME ET DU NIVEAU DE RADIOACTIVITÉ DES DÉCHETS RADIOACTIFS

(Source : Andra - Inventaire national des matières et déchets radioactifs - édition 2012)



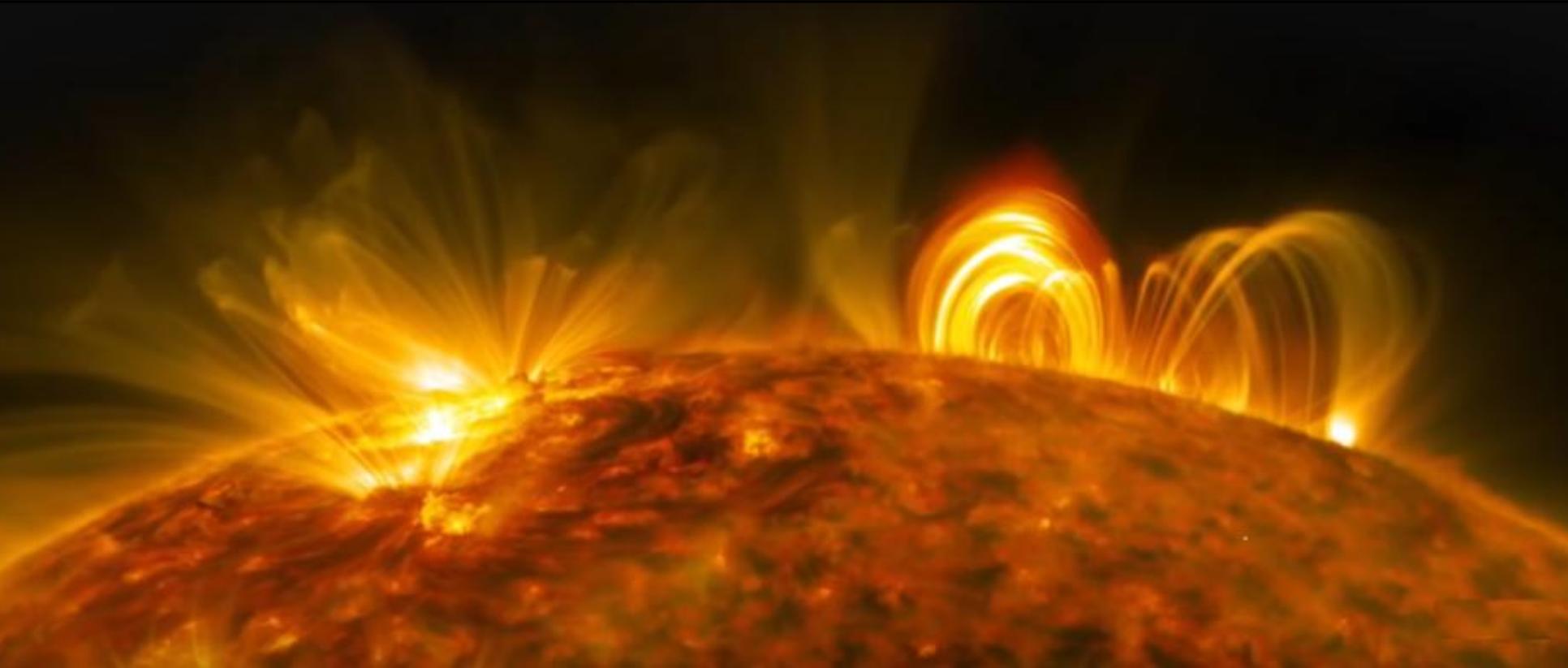
L'enfouissement (Cigéo)

- 10.000 m³ de déchets hautement radioactifs, dits de haute activité (HA)
- 70.000 m³ de déchets de moyenne activité à vie longue (MA-VL).
- 3 % de la totalité des déchets produits, mais plus de 99 % de la radioactivité totale avec une durée de vie pur certains supérieurs à 100.000 ans.
- Un coût d'au moins 35 milliards €





**Sécurisation de la ressource
... de l'énergie pour 4,6 milliards d'années !**

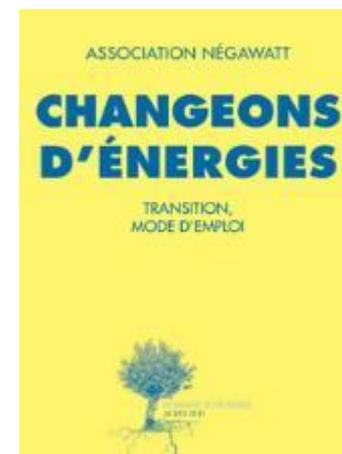


➤ Pour aller plus loin



- Rapport de synthèse du scénario
- Graphiques dynamiques
- Vidéos
- Revue de presse
- Recevoir nos actualités

- Deux ouvrages



www.negawatt.org

- Les réponses aux idées reçues sur la transition énergétique



www.decrypterlenergie.org