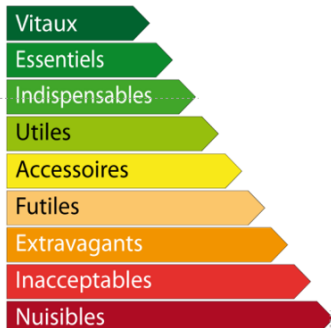


Sobriété, négaWatt et avenir énergétique

Besoins énergétiques



Thierry SALOMON

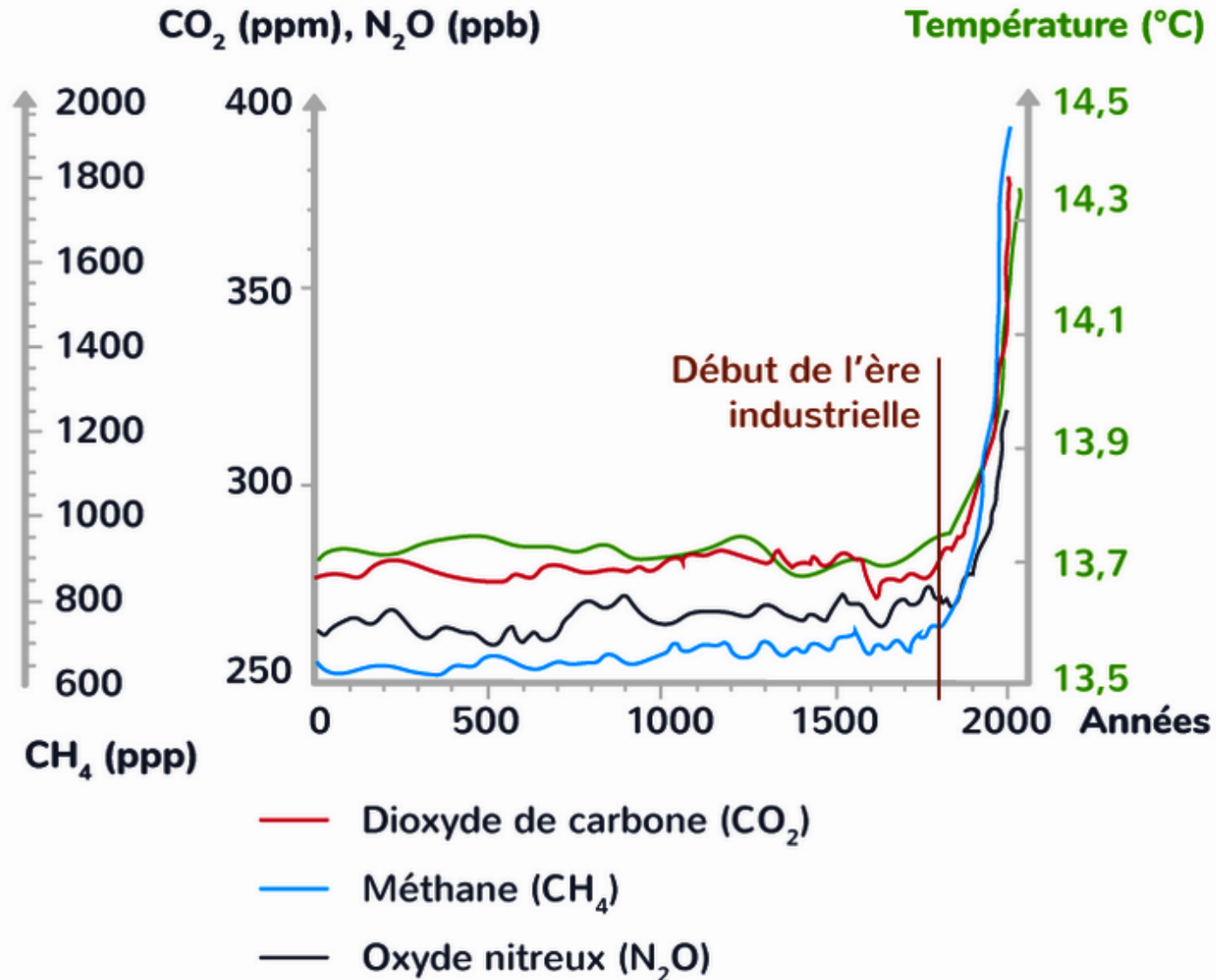
Terre de Camargue
St Laurent d'Aigouzes
6 octobre 2022

A stylized graphic of a globe on the left side of the slide, showing green and blue segments separated by white lines.

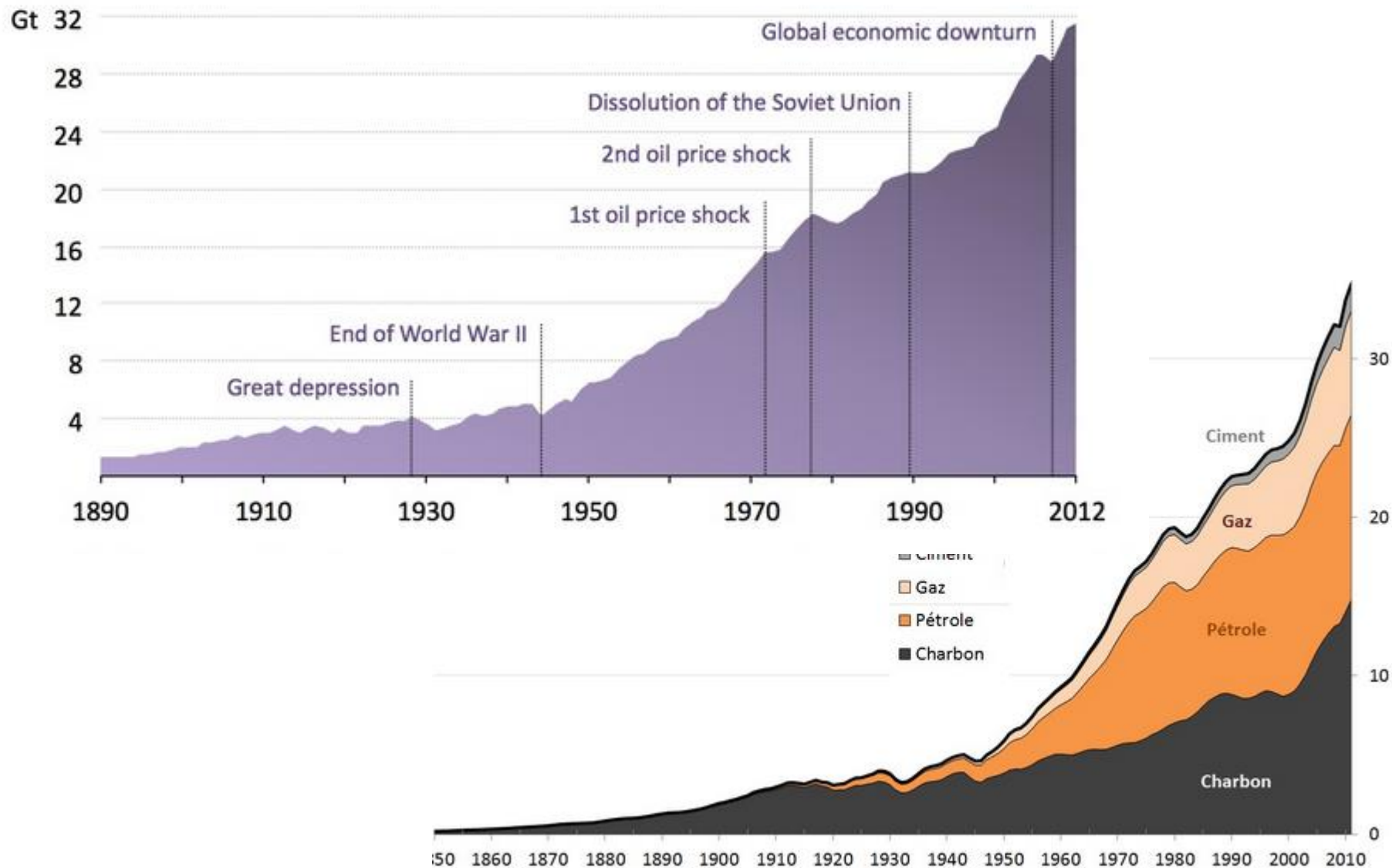
L'urgence d'agir



Accélération des gaz à effet de serre et de la température



Historique énergie et CO2



↘ Sécheresse et incendie ...



➤ Pollution de l'air énergétique ...



↘ Extractivisme à outrance ...



➤ Risques et impasse du nucléaire ...



- Le nucléaire est-il réellement compatible avec un authentique développement soutenable ?



Tchernobyl, 1986

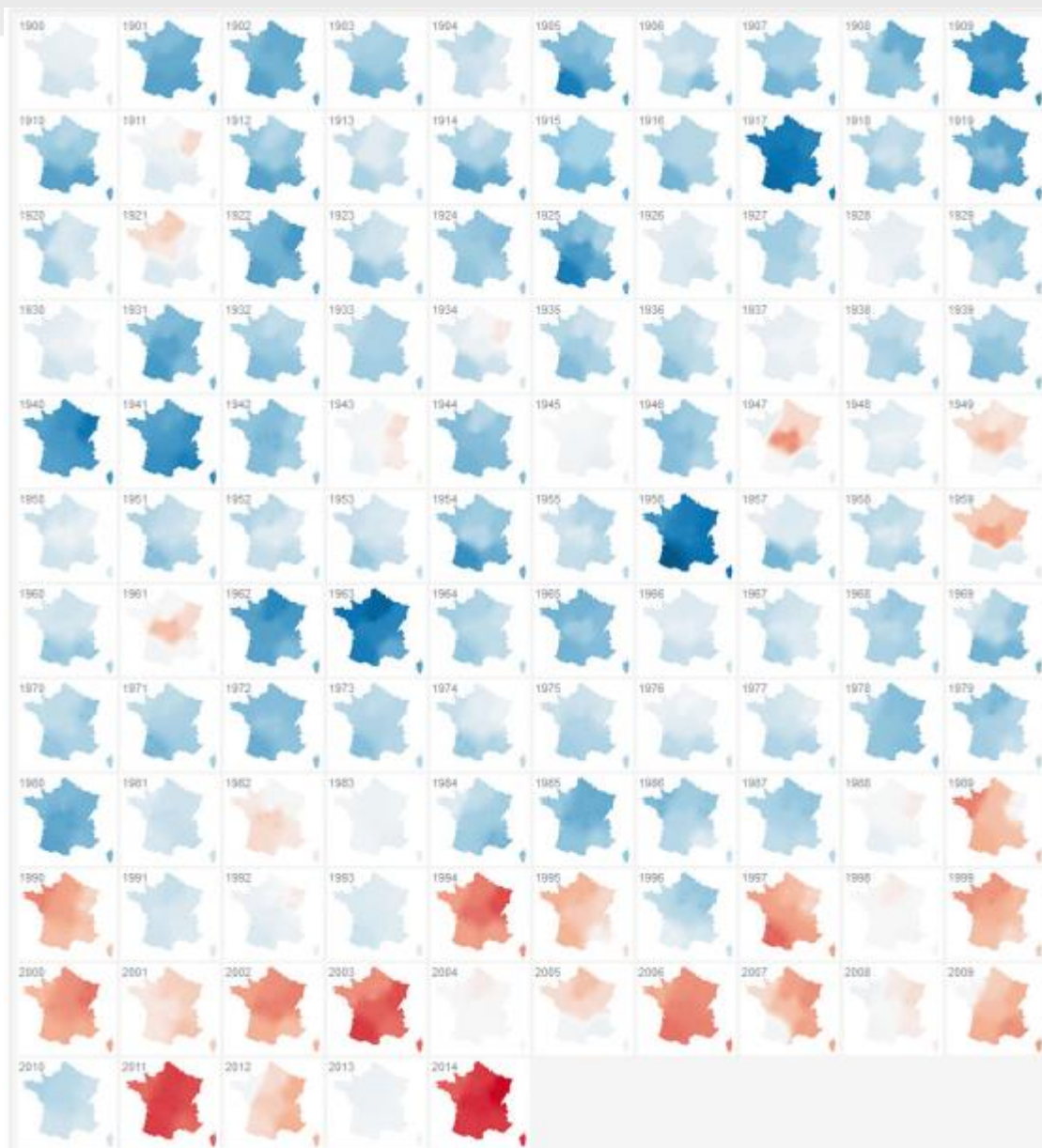
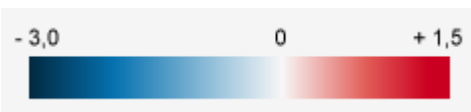


Fukushima, 2011

↘ Canicules à répétition



Ecart de température en France par rapport à la normale depuis 1900 jusqu'à 2014 ...



↘ Une biodiversité bouleversée



L'impact du réchauffement

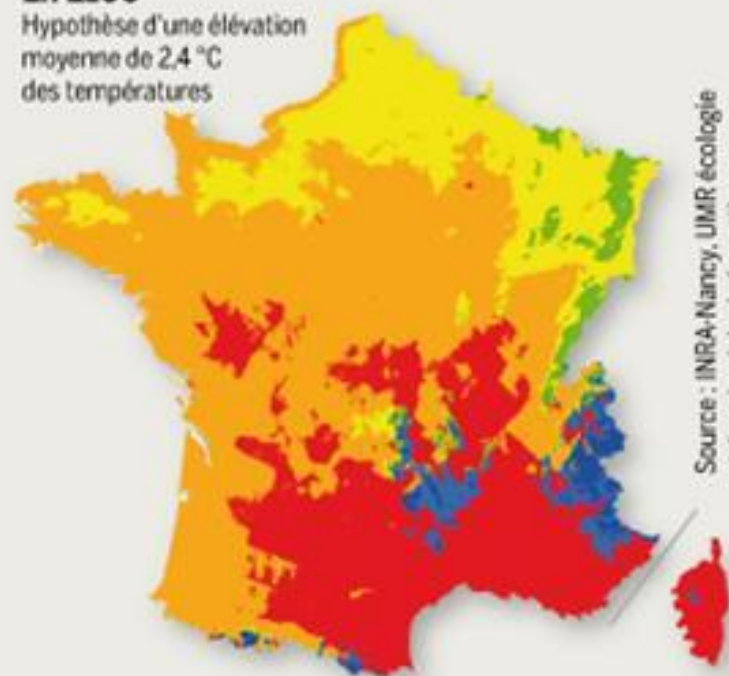
Climat : En 2000

-  **Montagnard**
(pin, aulne, érable,
sapin, sureau, orme...)
-  **Continental**
(érable, hêtre,
pin sylvestre...)
-  **Atlantique**
(châtaignier, néflier...)
-  **Aquitain**
(pin maritime, bruyère...)
-  **Méditerranéen**
(chêne vert,
chêne-liège, olivier...)



En 2100

Hypothèse d'une élévation
moyenne de 2,4 °C
des températures



Source : INRA-Nancy, UMR écologie
et écophysiologie forestières

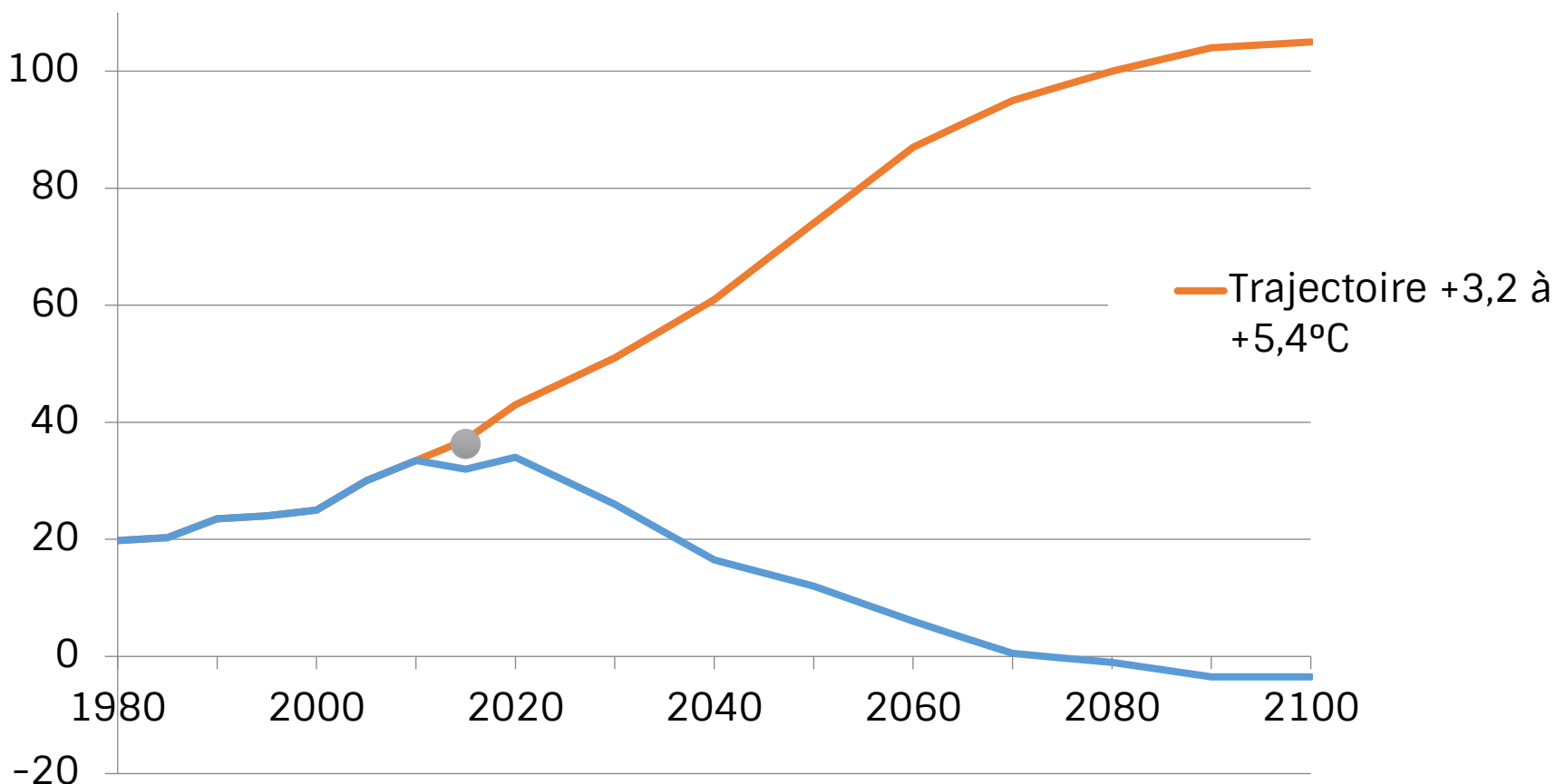
↘ Elévation du niveau de la mer



↘ Elévation du niveau de la mer



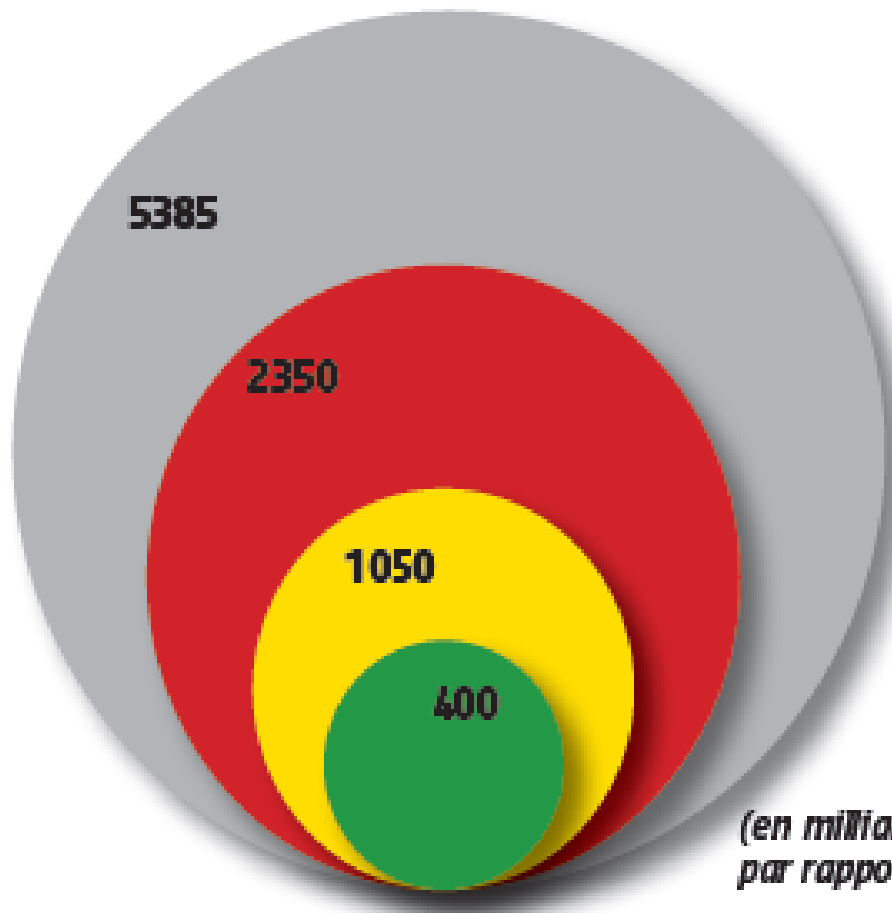
Milliards de tonnes de CO₂ émis par an



Scénarios du GIEC



L'enjeu mondial sur le carbone



Quantité de CO₂ émise dans l'atmosphère...

- ... si on brûle toutes les réserves fossiles
- ... pour que le réchauffement soit de +3°C
- ... pour que le réchauffement soit de +2°C
- ... pour limiter le réchauffement à +1,5°C

(en milliards de tonnes de CO₂ - Réchauffement terrestre moyen par rapport à l'ère pré-industrielle - D'après le 5^{ème} rapport du GIEC)

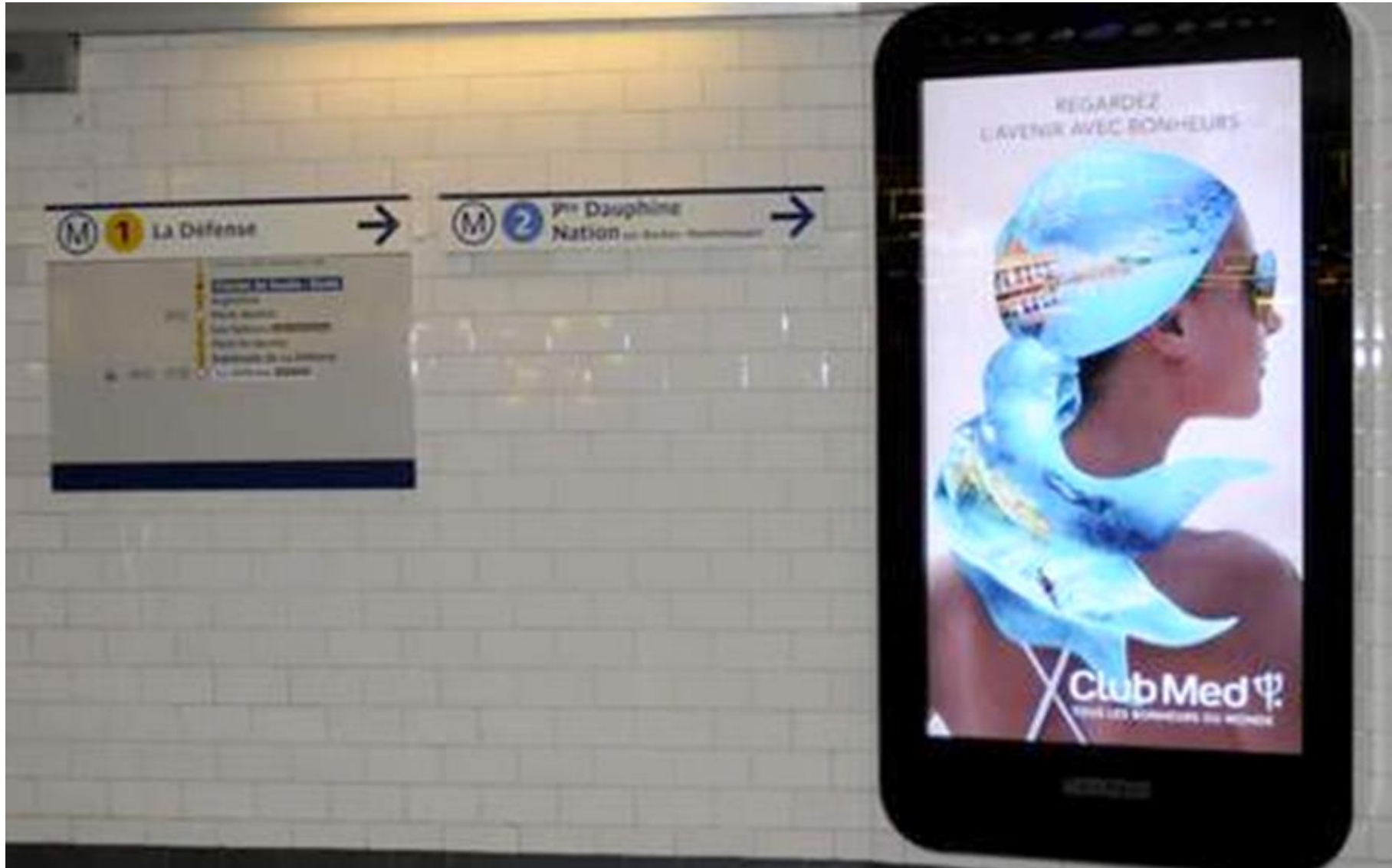
➤ Derrière un innocent clic ...



↘ Sobriété ou ébriété énergétique ?



➤ Sobriété ou ébriété énergétique ?



➤ Sobriété ou ébriété énergétique ?



Un seul de ces écrans vidéo de pub
= 2000 à 3000 kWh par an
= consommation de tous les appareillages
élec (hors chauffage) d'une famille !

➤ Sobriété ou ébriété énergétique ?



➤ “Notre maison brûle...”



... et en pyromanes, nous contemplons
l'incendie et l'extincteur

Urgence
climatique

Inégalités
croissantes

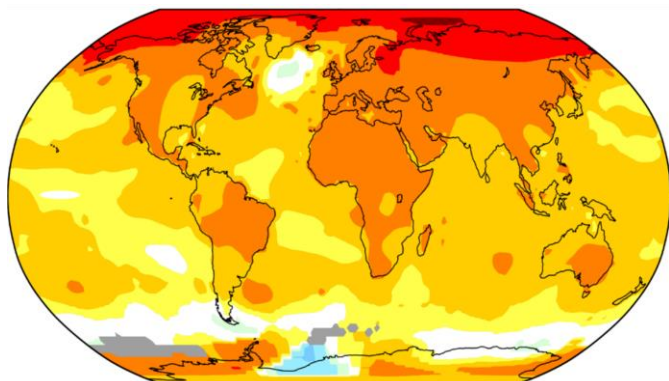
Effondrement
de la biodiversité

Vulnérabilité
des sociétés

Tensions
géopolitiques

Démocratie
menacée

Atteintes à la santé





Alors,
que faire sur
notre unique
et solitaire
planète ?

Solitaire, vraiment ?





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

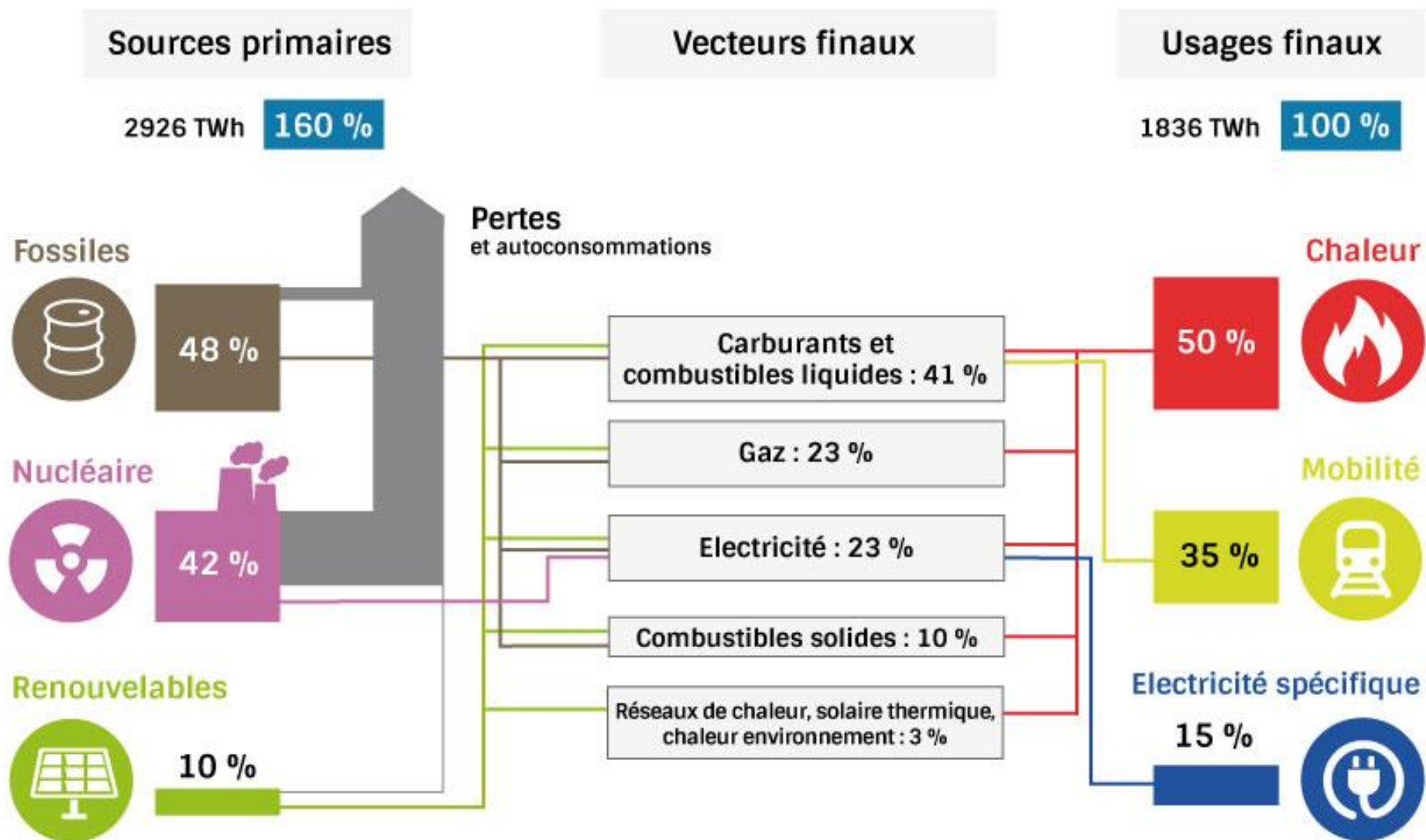
et matière première



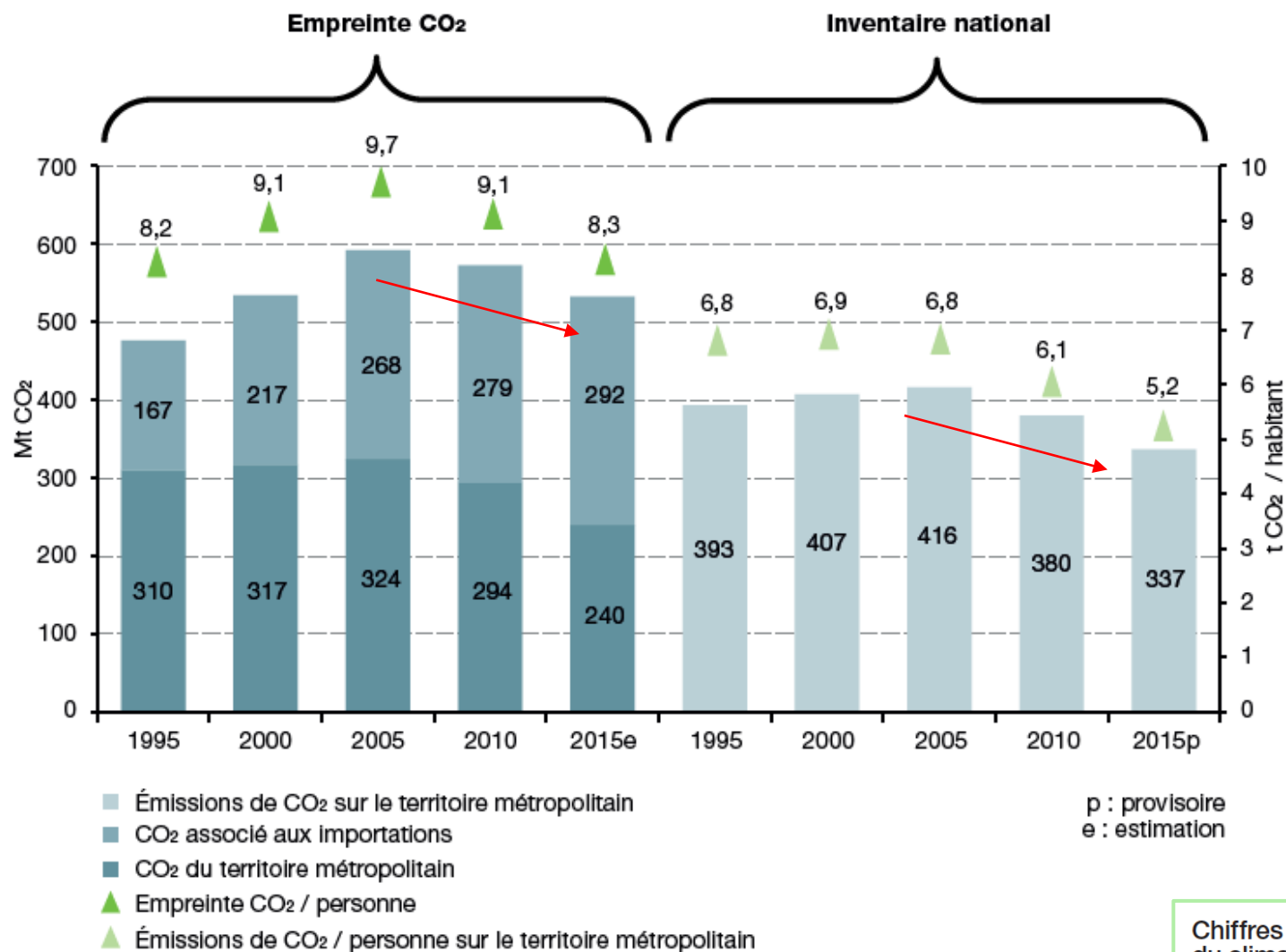
A stylized graphic of a globe on the left side of the slide, showing green and blue segments separated by white lines.

Énergie en France

➤ Des usages aux ressources primaires



8,3 tonnes de CO₂ émises par an ...



Source : SoeS d'après Citepa, Eurostat, Insee, Douanes, AIE, 2016

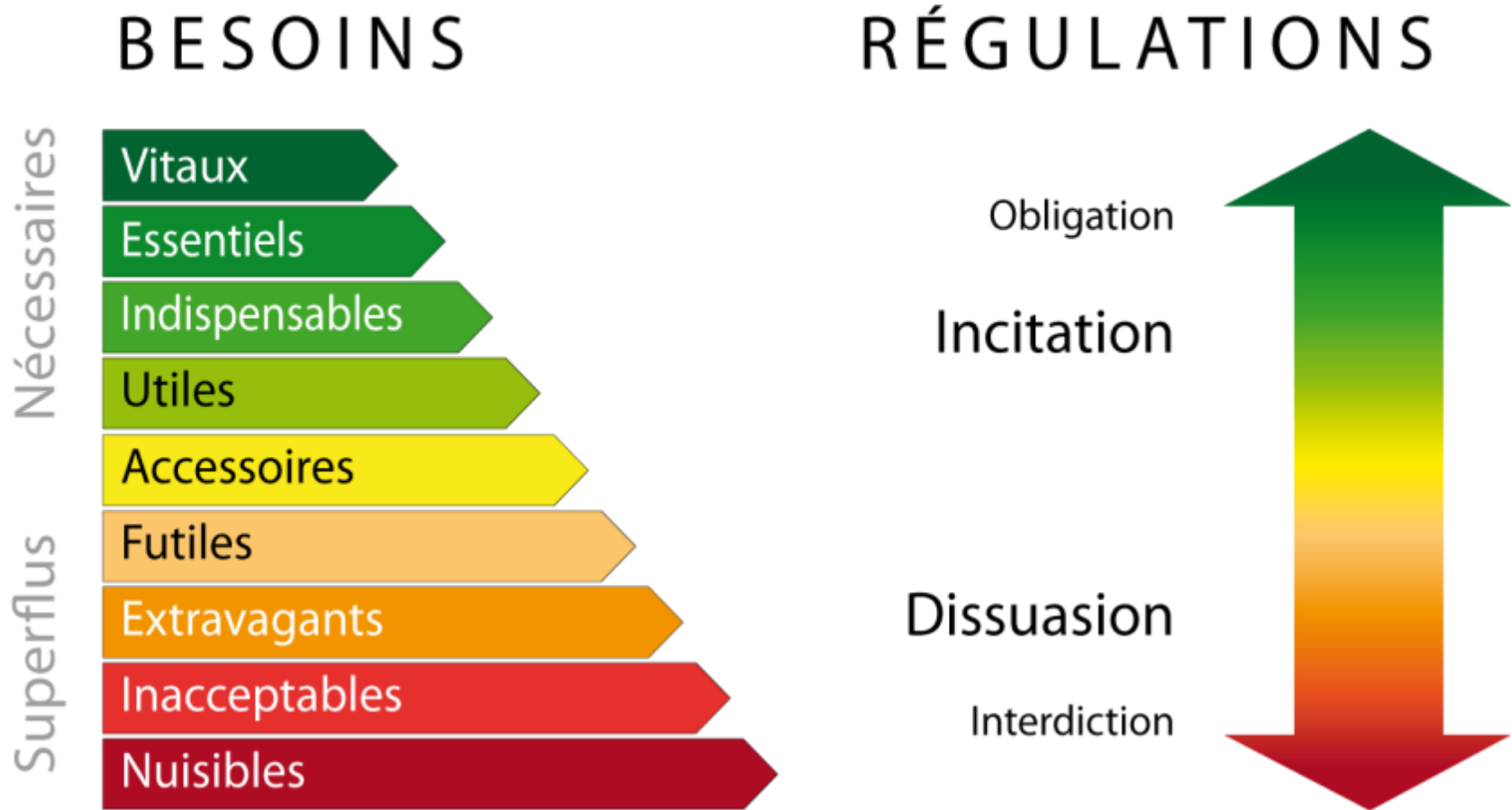
Chiffres clés
du climat
France et Monde
ÉDITION 2017



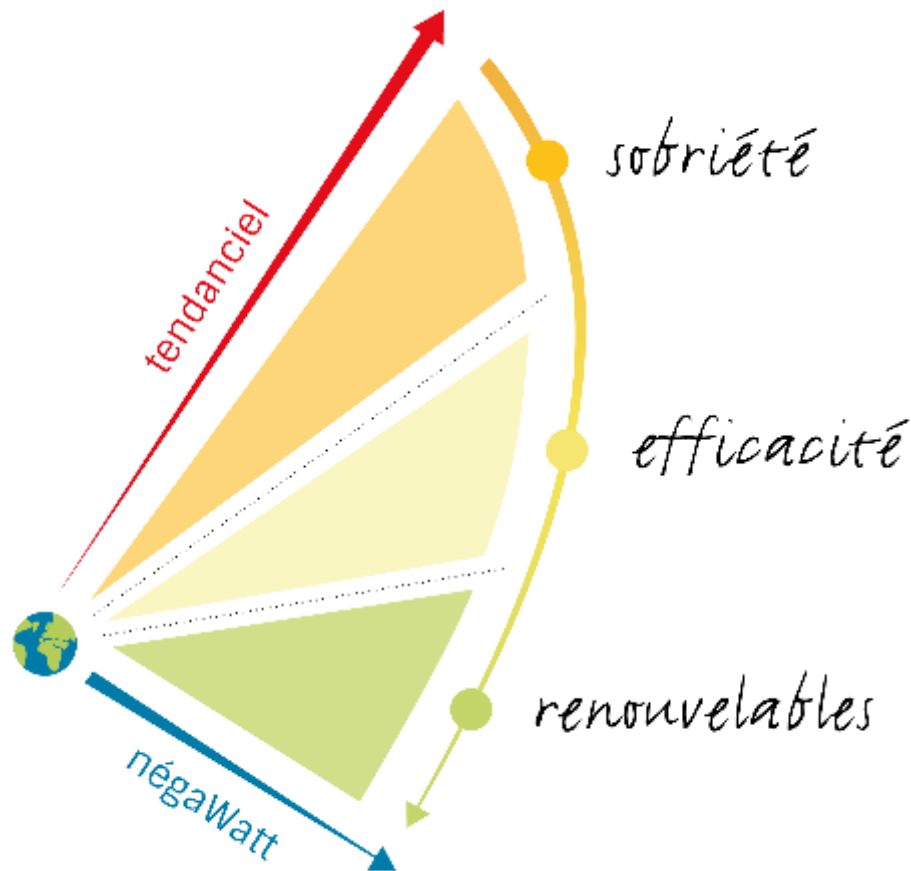


La démarche négaWatt

➤ L'urgence d'un nouveau regard sur nos besoins



➤ La trilogie de la démarche négaWatt



**Prioriser les besoins
énergétiques essentiels**

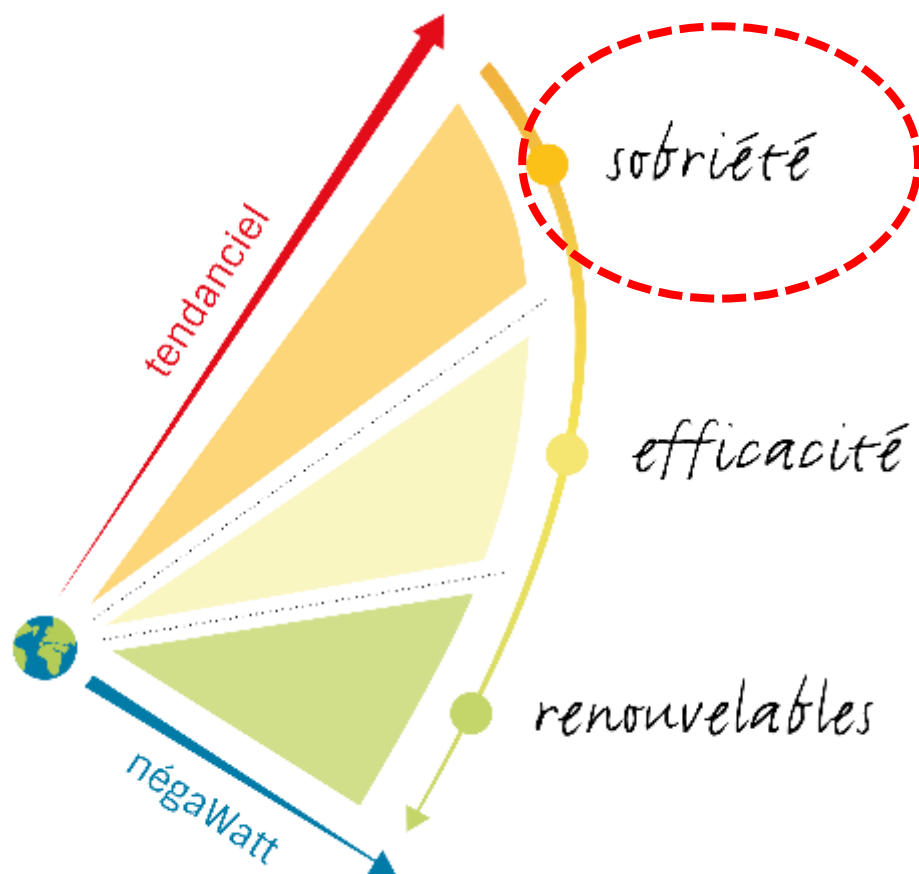
**Réduire la quantité
d'énergie nécessaire à la
satisfaction d'un même
besoin**

**Privilégier les énergies
renouvelables**

Demande d'énergie

Production

➤ 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, juste dimensionnement

Exemples :

- Surface chauffée non ou mal utilisée
- Poids excessif des voitures urbaines

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

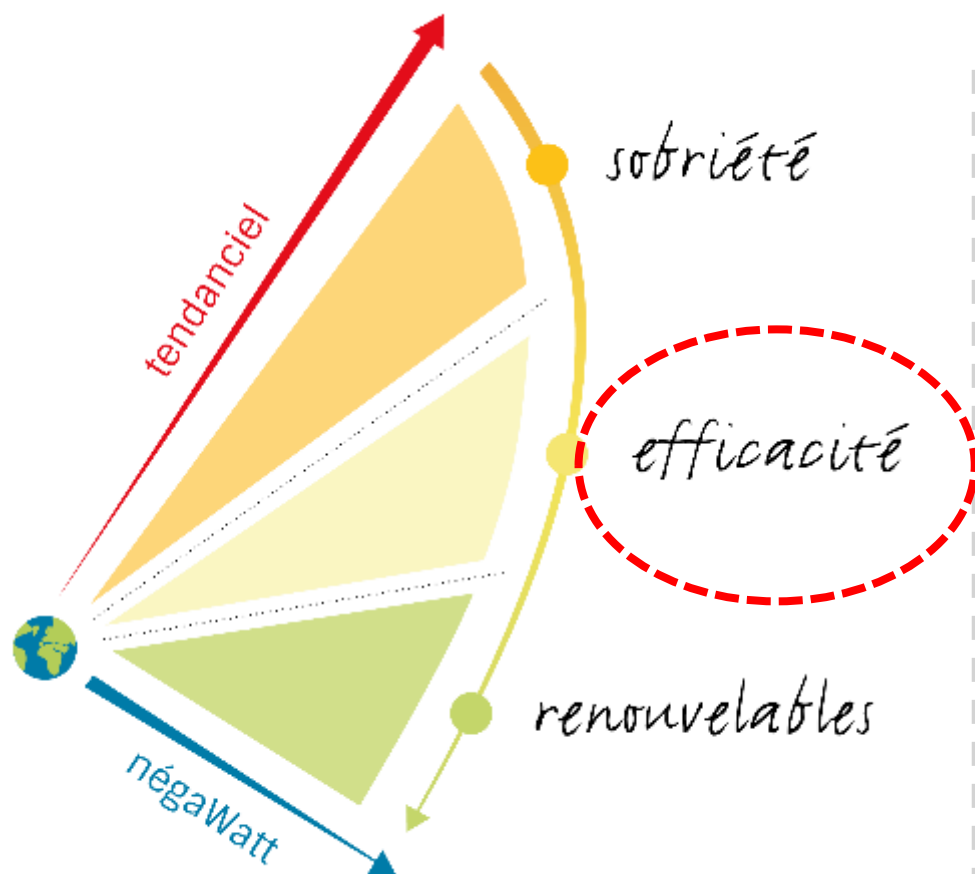
Organisation collective du territoire et de l'urbanisme, mutualisation



Exemples :

- Habitat collectif
- Transports en commun

➤ Les quatre efficacités ...



**Prioriser les besoins
énergétiques essentiels**

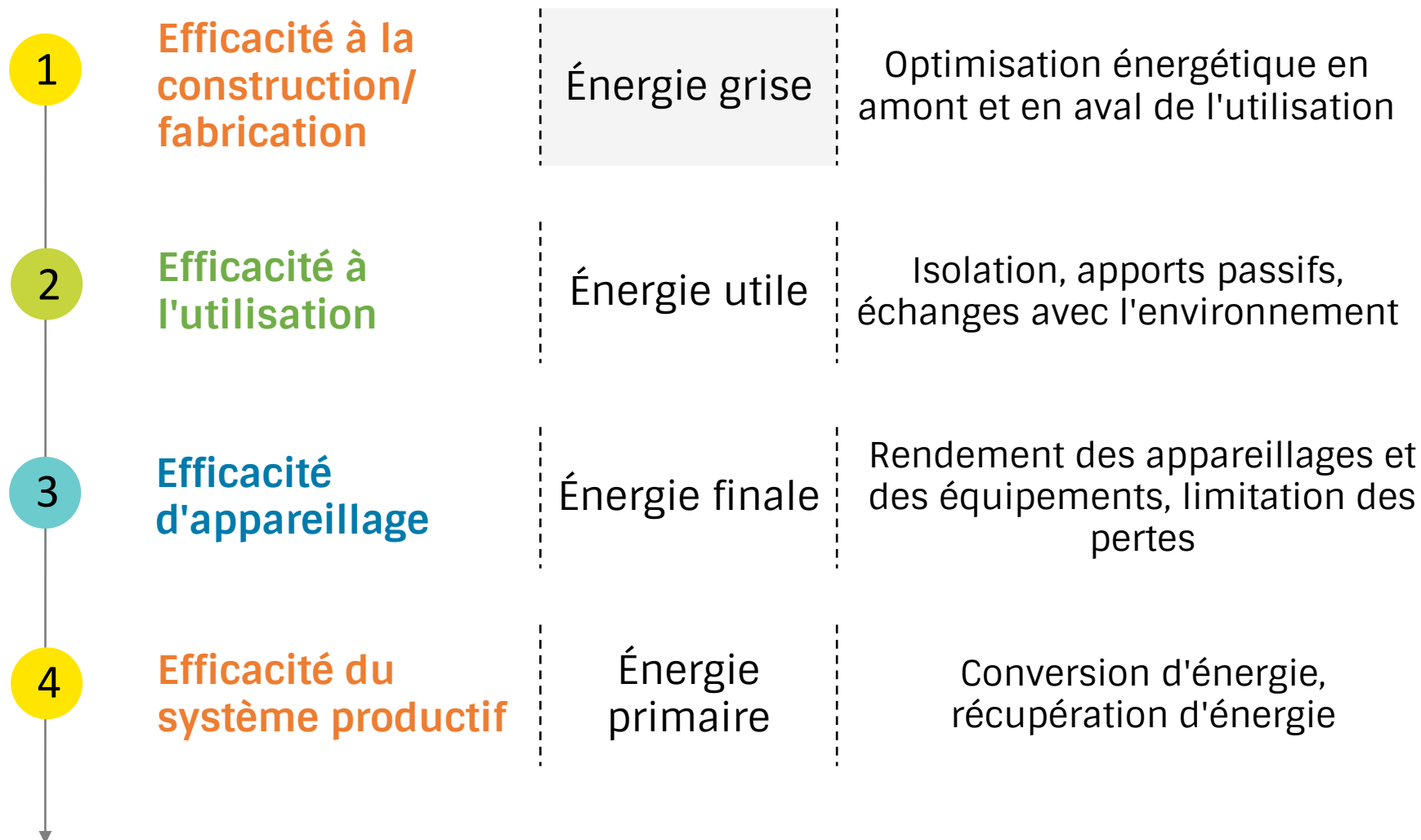
**Réduire la quantité
d'énergie nécessaire à la
satisfaction d'un même
besoin**

**Privilégier les énergies
renouvelables**

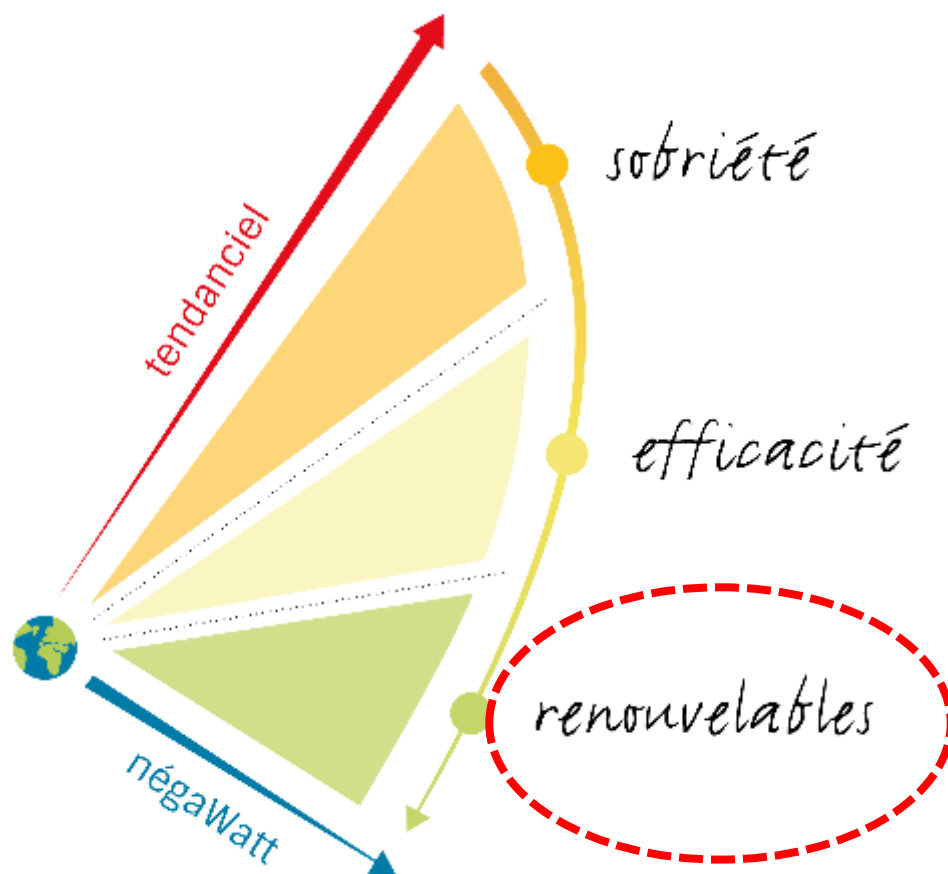
Demande d'énergie

Production

↘ Les quatre efficacités



➤ Les quatre efficacités ...



**Prioriser les besoins
énergétiques essentiels**

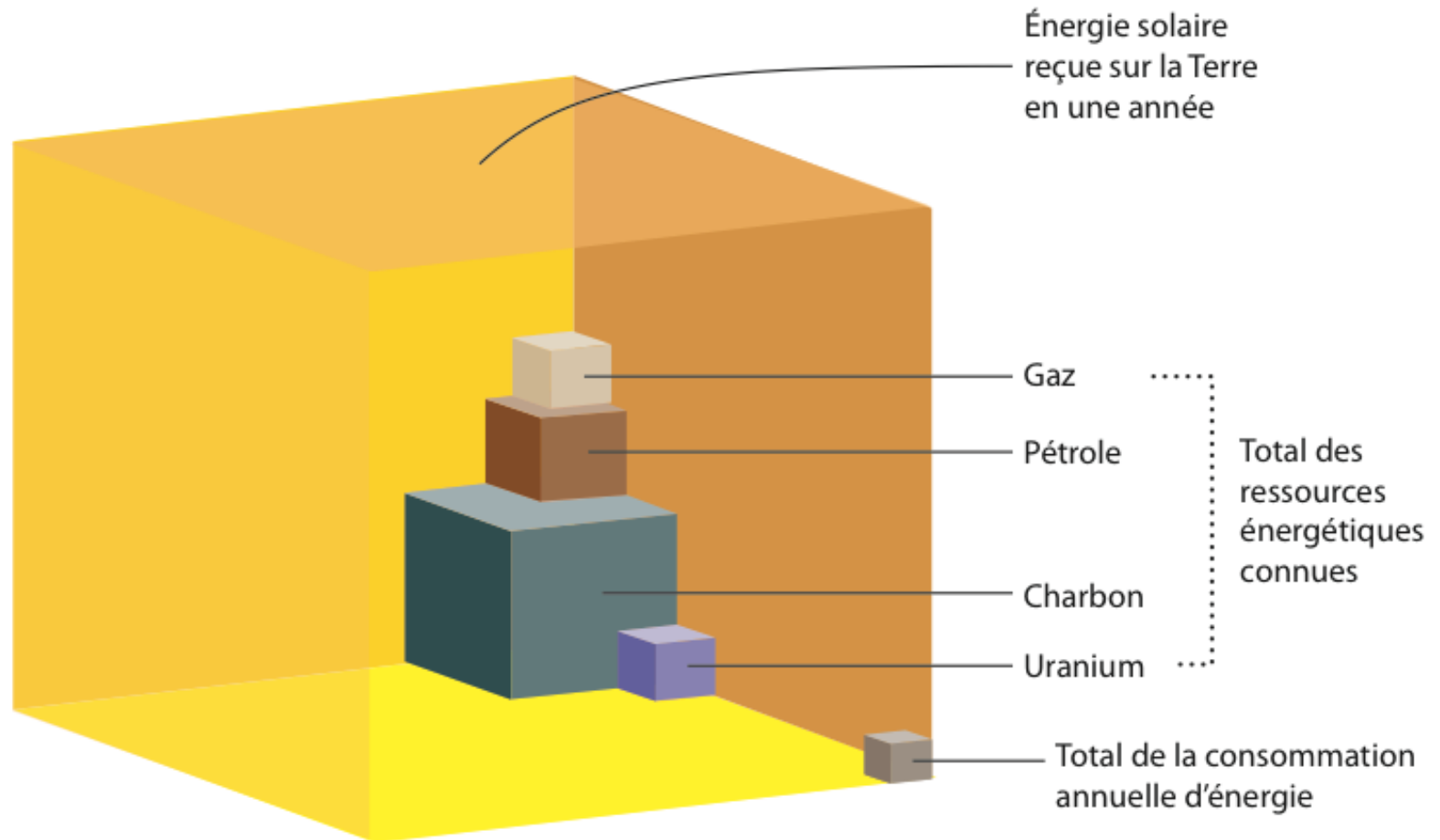
**Réduire la quantité
d'énergie nécessaire à la
satisfaction d'un même
besoin**

**Privilégier les énergies
renouvelables**

Demande d'énergie

Production

➤ Les renouvelables : des énergies de flux



Représentation des quantités d'énergies disponibles sur Terre

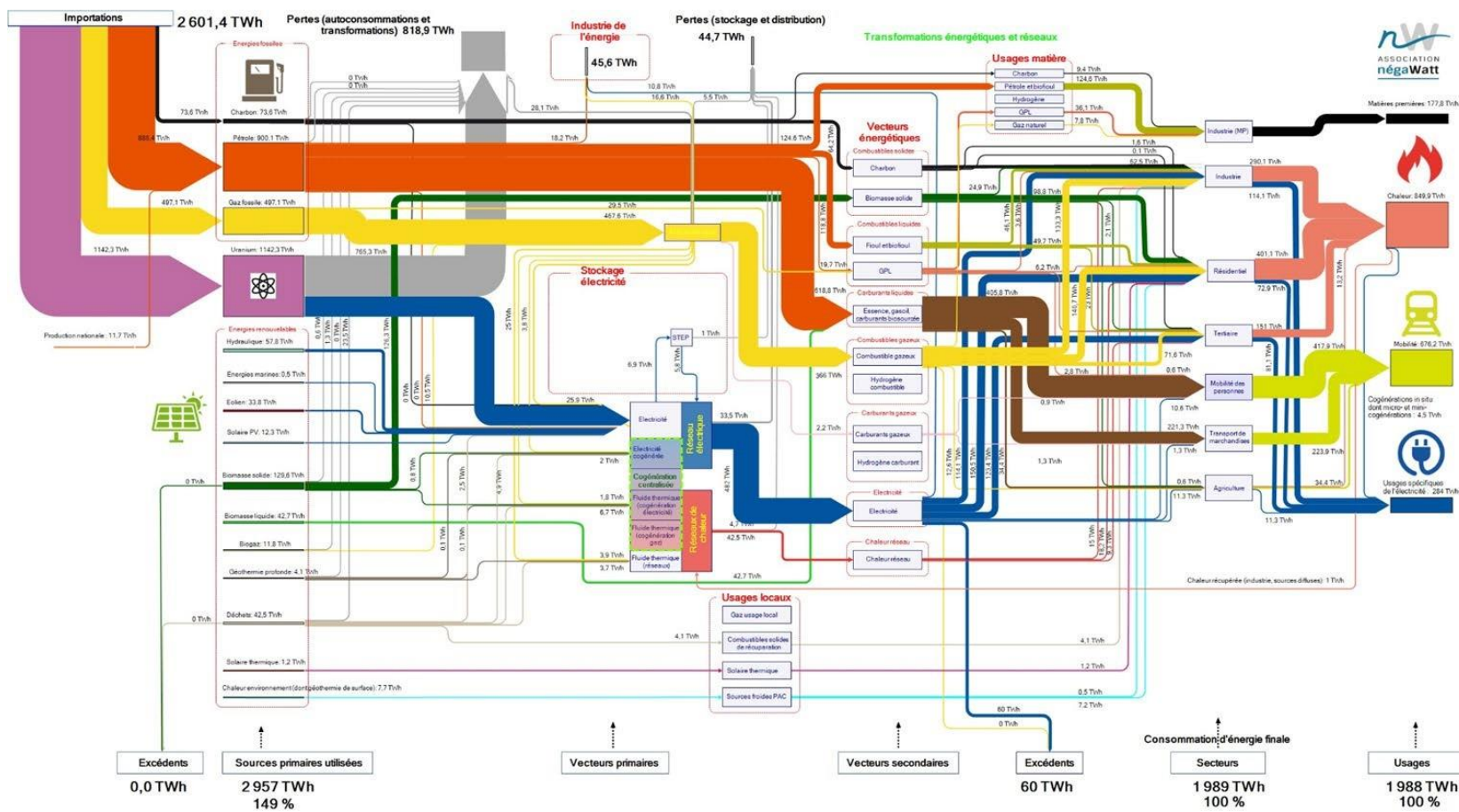


Scénario négaWatt

2022-2050

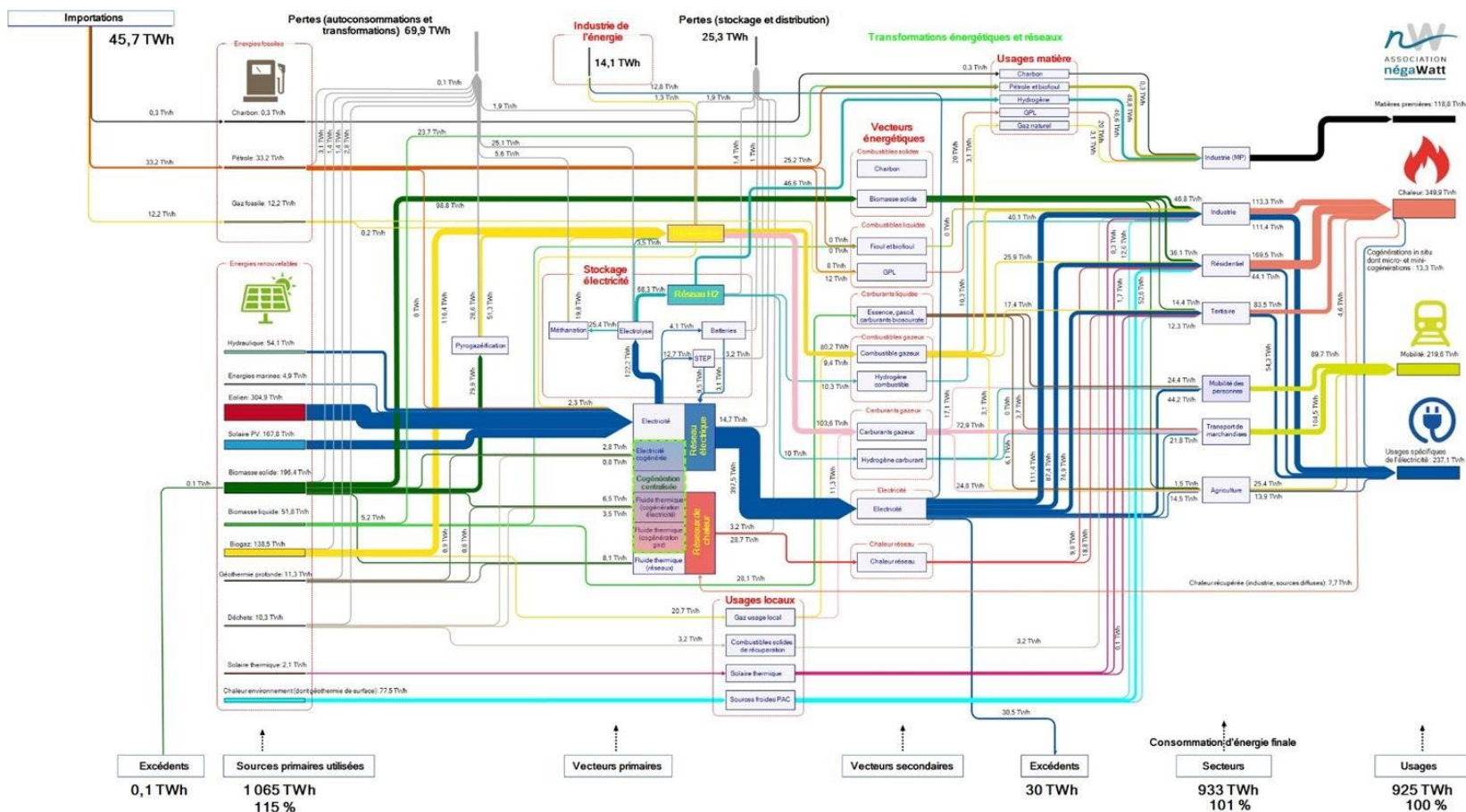


Bilan énergie France 2019





Bilan énergie France 2050





La demande d'énergie

- **Bâtiment : résidentiel et tertiaire**
- Transports
- Industrie et matériaux
- Agriculture et alimentation

➤ Un grand programme de rénovations performantes



- Objectif : **une division par 4 en moyenne** de la consommation de chauffage ($< 50 \text{ kWh/m}^2.\text{an}$)
- Rénover en profondeur et non partiellement (ne pas « tuer le gisement » d'économies)
- Mettre en œuvre de **solutions techniques simples**
- Augmenter progressivement le rythme de rénovation jusqu'à **1,1 million équivalent-logements par an**
- Rendre la rénovation obligatoire, avec un accompagnement technique et financier
- 300 000 emplois à la clé, non délocalisables

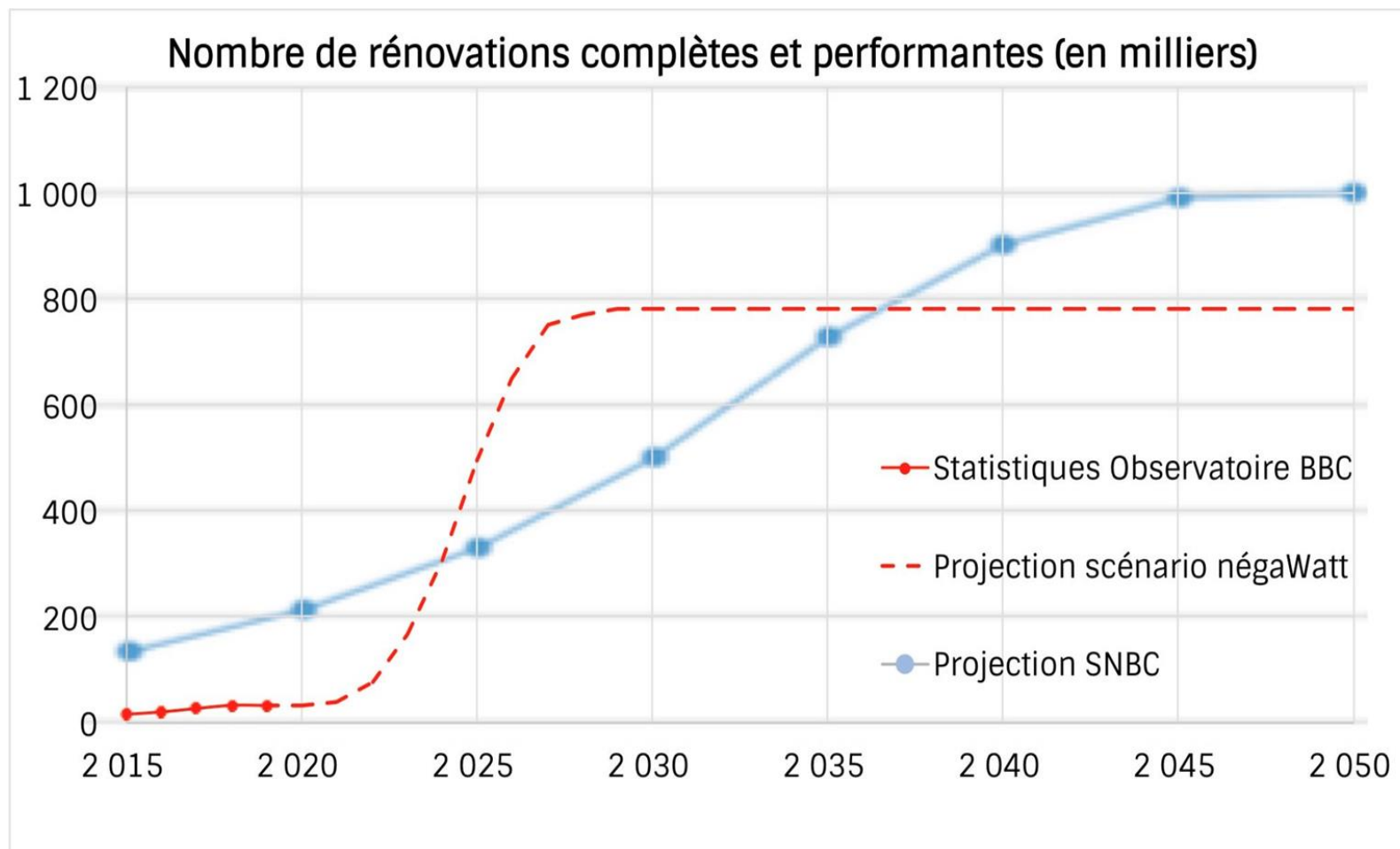




Scénario négaWatt Accélérer le rythme des rénovations BBC



Objectif : Passer de 33 000 logements /rénovés chaque année au niveau BBC à près de 800 000 en 2030.





La demande d'énergie

- Bâtiment : résidentiel et tertiaire
- **Transports**
- Industrie et matériaux
- Agriculture et alimentation

○ Sobriété

- **Réduction des distances parcourues par an et par habitant**
 - Aérien : division par 2 des distances parcourues
 - Dans 30 ans on retrouve le même niveau qu'il y a 20 ans
 - Hors aérien : diminution de 6 % des distances parcourues
 - Télétravail, réaménagement de l'espace
- **Augmentation du taux moyen de remplissage des voitures : 1,6 à 1,8**
- **Baisse de la vitesse sur route et autoroute**
- **Report modal vers transports en commun, vélo et marche à pied**



○ Efficacité énergétique

- **Consommation moy du parc de voitures : - 58 % entre 2015 et 2050**

○ Abandon du pétrole au profit du gaz et de l'électricité

- **Du gaz dans la majorité des véhicules routiers**
 - › Aucune rupture technologique
 - › Valorisation du gaz d'origine renouvelable
 - › Impacts positifs sur la qualité de l'air
- **Des véhicules électriques adaptés à leur environnement**
 - › Principalement en milieu urbain, en autopartage
 - › Mais aussi en péri-urbain / rural
 - › Impacts positifs sur la qualité de l'air



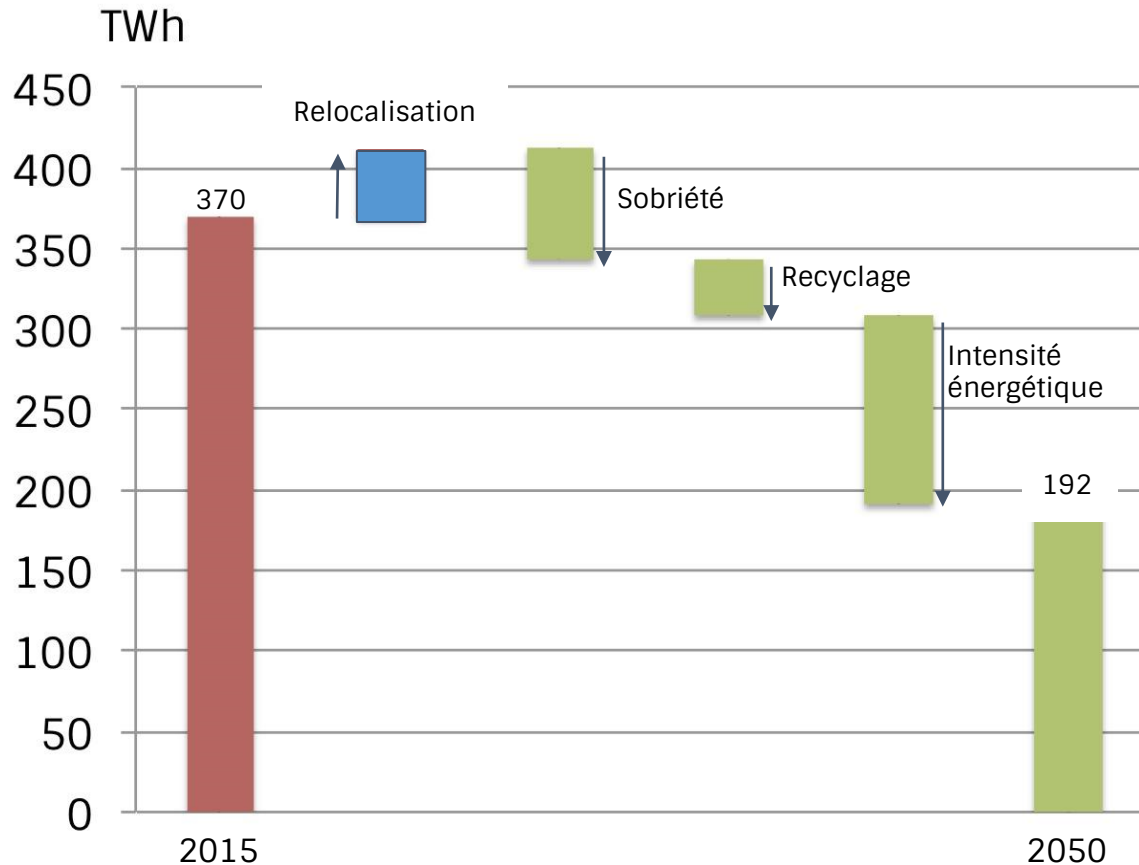
La demande d'énergie

- Bâtiment : résidentiel et tertiaire
- Transports
- **Industrie et matériaux**
- Agriculture et alimentation



Industrie et biens de consommation

4) Efficacité



Amélioration des process

Moteurs plus performants

Électrification

**Au final, une division par
de la consommation liée),
l'industrie et la production
de biens de
consommation**



Industrie et biens de consommation

Le problème des réserves de matières premières



La démarche suivie consiste à :

- évaluer les réserves de matières premières allouables à la France,
- évaluer les quantités de matières consommées entre 2020 et 2050-2070,
- comparer ces deux évaluations.

Dans le scénario négaWatt 2022, le lithium, le cobalt et le cuivre figurent parmi les matériaux les plus critiques.

Pour le lithium, la consommation est multipliée par près de 10 entre 2020 et 2050.

La réserve n'est pas totalement atteinte grâce à :

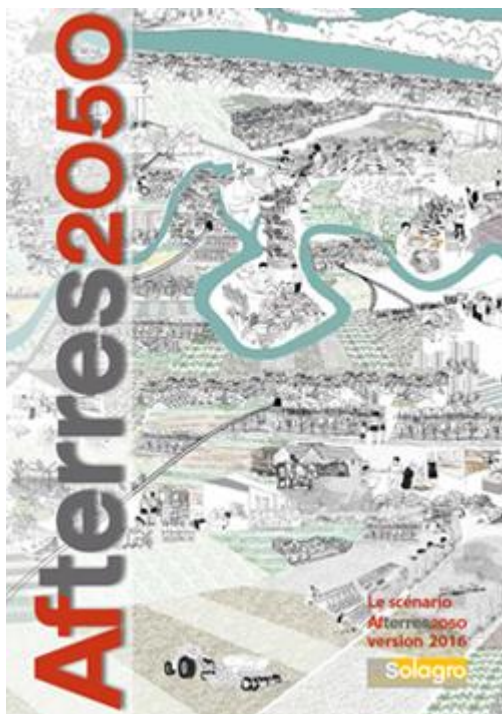
- un déploiement raisonné de la mobilité électrique
- un recyclage très poussé





La demande d'énergie

- Bâtiment : résidentiel et tertiaire
- Transports
- Industrie et matériaux
- **Agriculture et alimentation**



- Hiérarchisation des usages :
 1. Alimentation
 2. Matériaux
 3. Production d'énergie

- Evolution de l'assiette alimentaire : plus de protéines végétales et moins d'origine animale

Rapport complet disponible
en ligne sur

<http://afterres2050.solagro.org>

↘ Evolutions des pratiques agricoles





La production d'énergie

- **Bioénergies**
- Énergies renouvelables électriques
- Nucléaire
- Vecteurs et équilibre des réseaux

↘ 4 fonctions majeures de la méthanisation



Produire de l'énergie

Biométhane

Carburant

Fournir du CO2

Méthanation

Favoriser la transition agroécologique

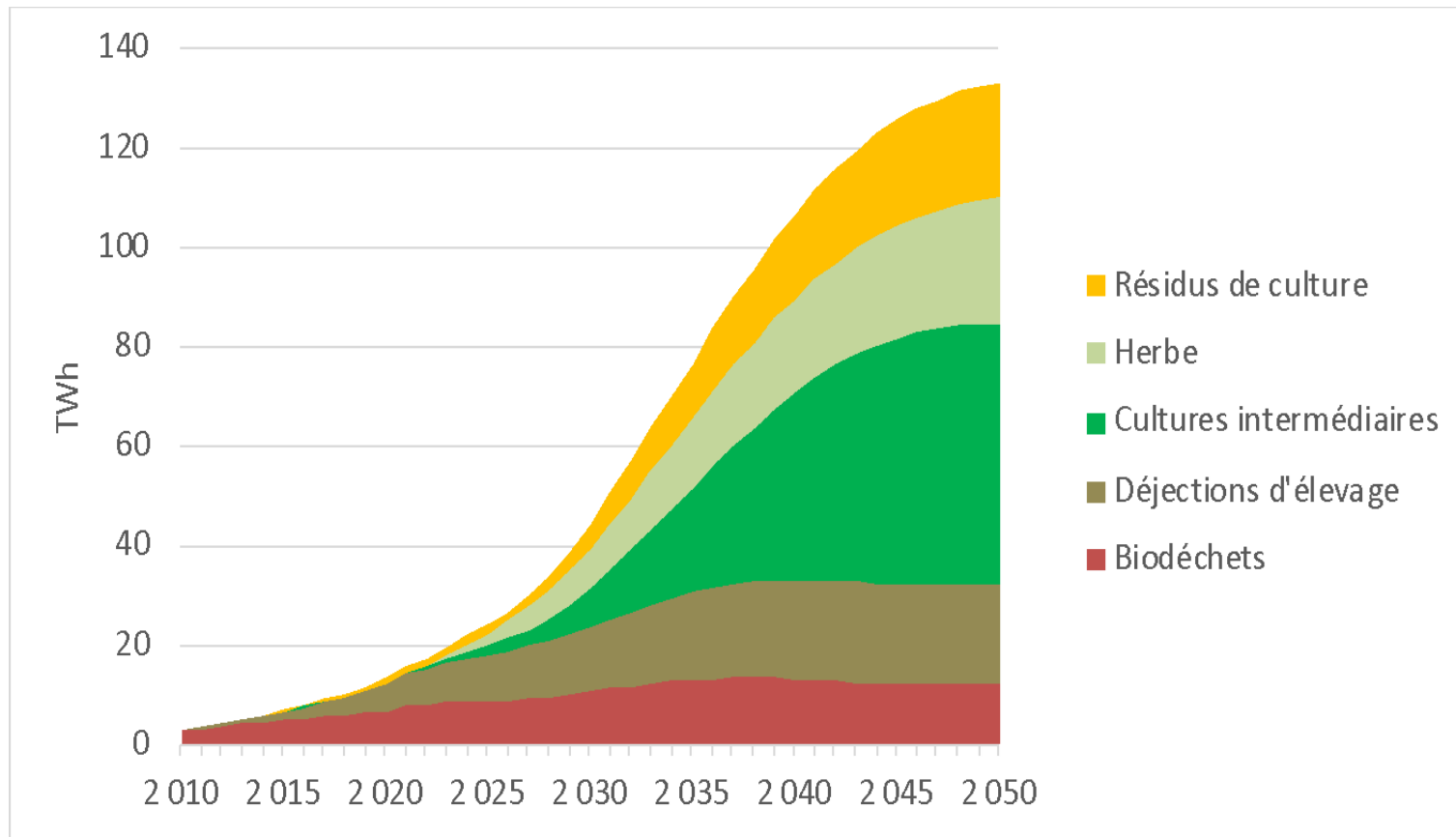
Recyclage
nutriments (**NPK**)

Optimisation
matière organique

Créer un outil socio-économique

Bioéconomie rurale,
territoriale,
circulaire,
Multi-fonctions, co-
productions

➤ Développement du biogaz





La production d'énergie

- Bioénergies
- **Énergies renouvelables électriques**
- Nucléaire
- Vecteurs et équilibre des réseaux

➤ Développement d'éoliennes en mer



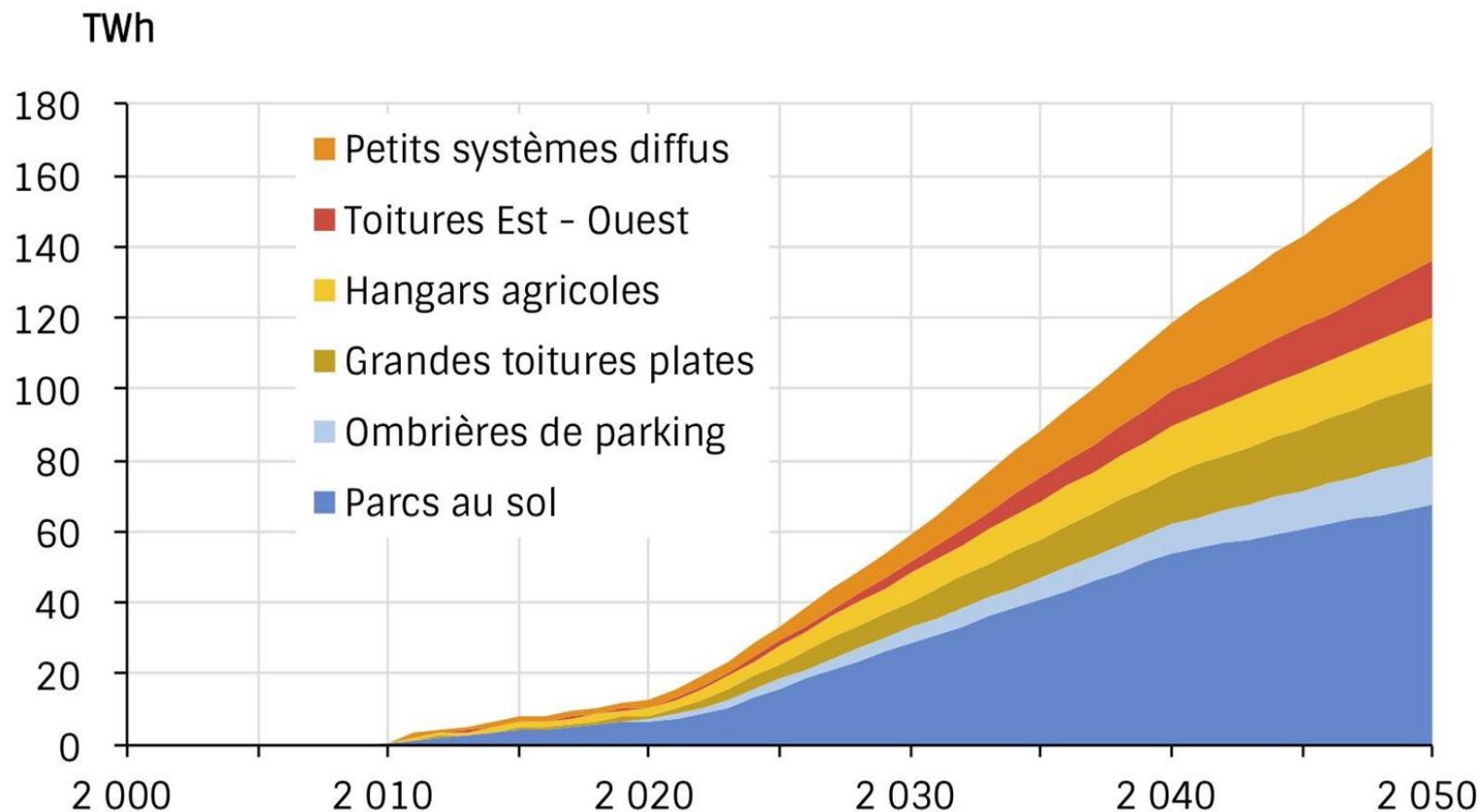
↘ Le photovoltaïque dans le scénario négaWatt



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.





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



La production d'énergie

- Bioénergies
- Énergies renouvelables électriques
- **Nucléaire**
- Vecteurs et équilibre des réseaux



Une fermeture maîtrisée et responsable du parc nucléaire actuel



2017 → 2022

Un système encore
plus sous contrainte

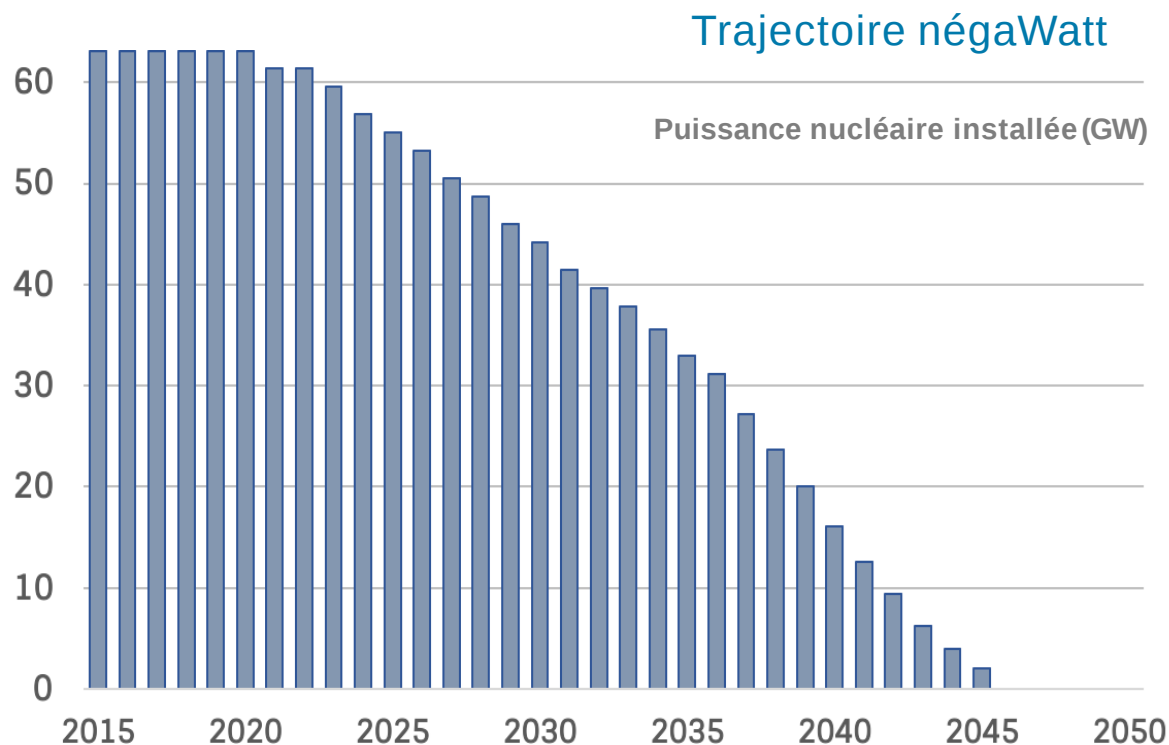
Trajectoire actuelle

Prolongations massives de l'existant après 40 an et 50 ans
6, 8 ou 14 EPR2 ?

Position négaWatt

Aucune prolongation au-delà de 50 ans
Pas d'EPR

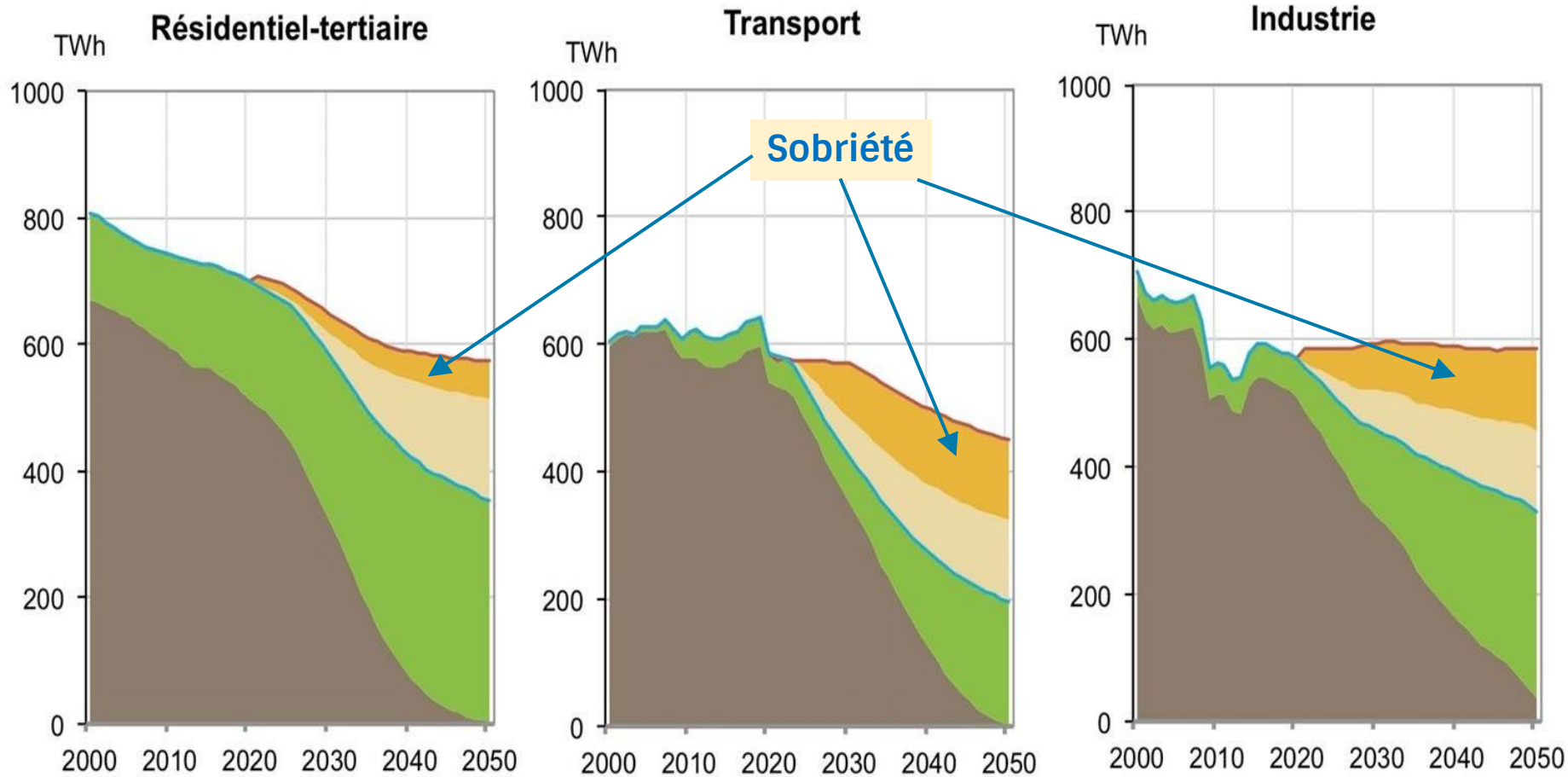
- **Lissage** des arrêts par rapport au calendrier VD4 / VD5
- **Flexibilité** dans la date finale d'arrêt / garantie de capacité
- **Prise en compte responsable** des facteurs externes :
 - étalement (impact social)
 - fin des usines
 - inventaire "matières"



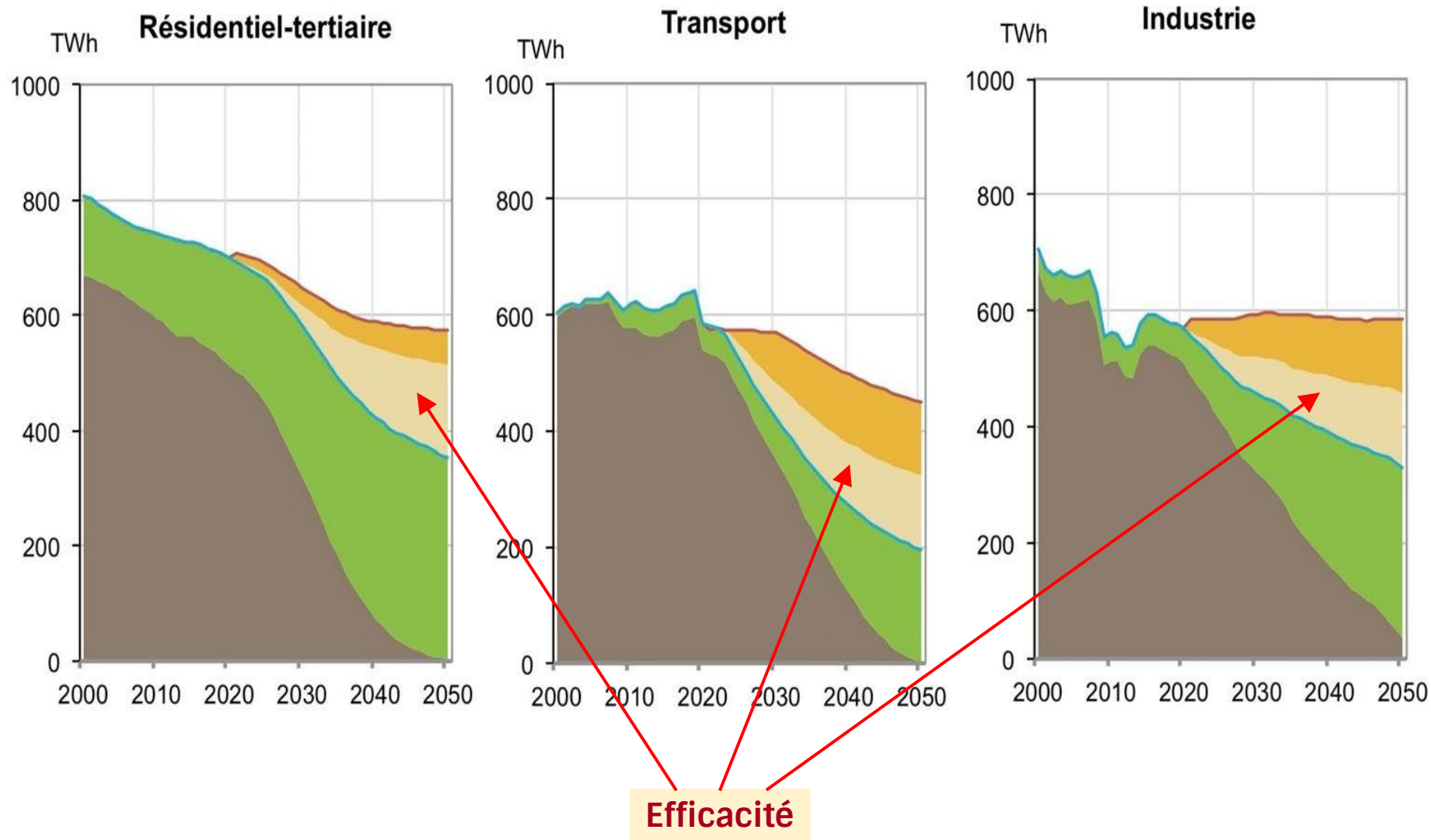


Bilan énergétique

➤ Nécessaire sobriété ...



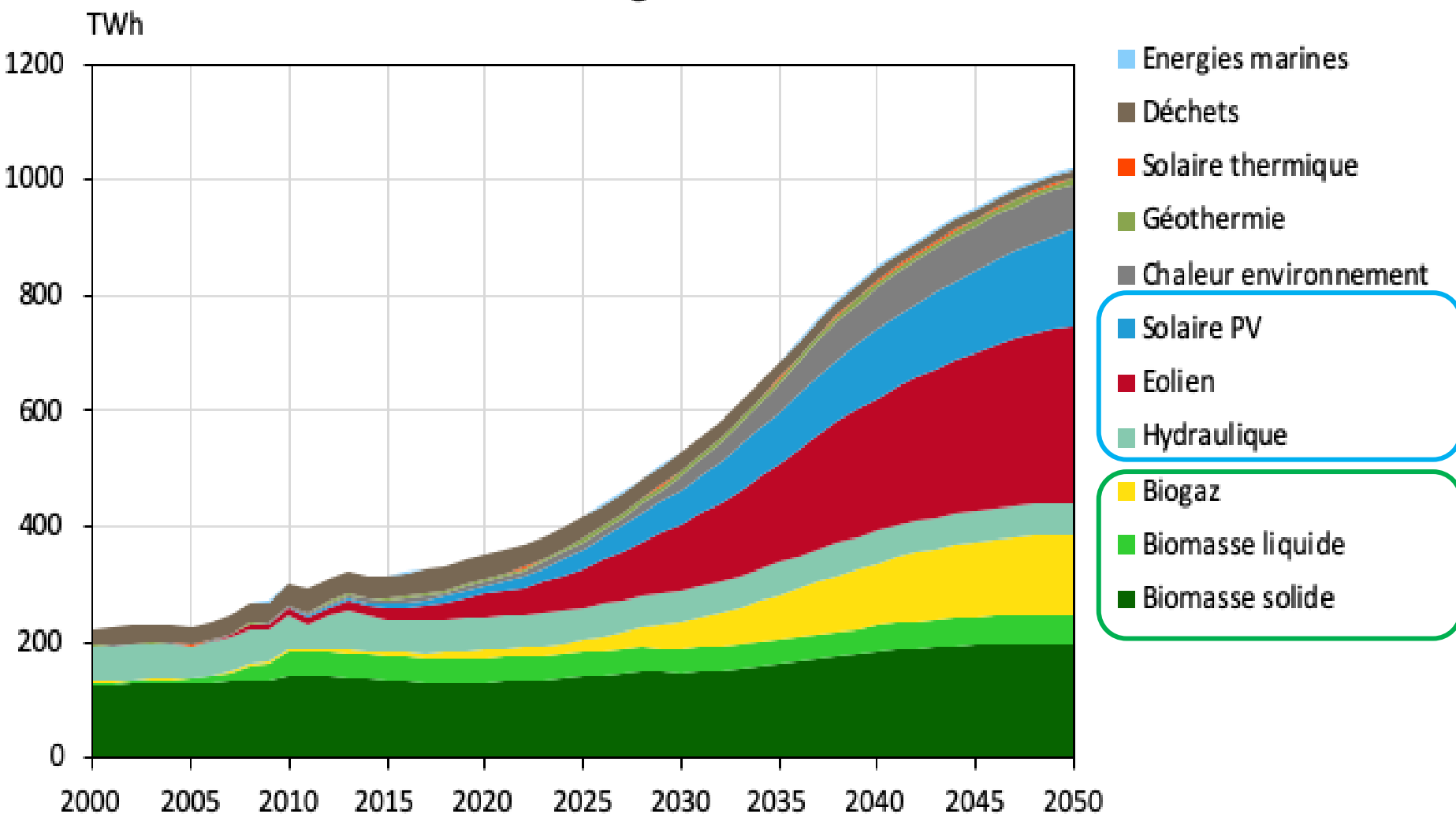
➤ ... indispensable efficacité !



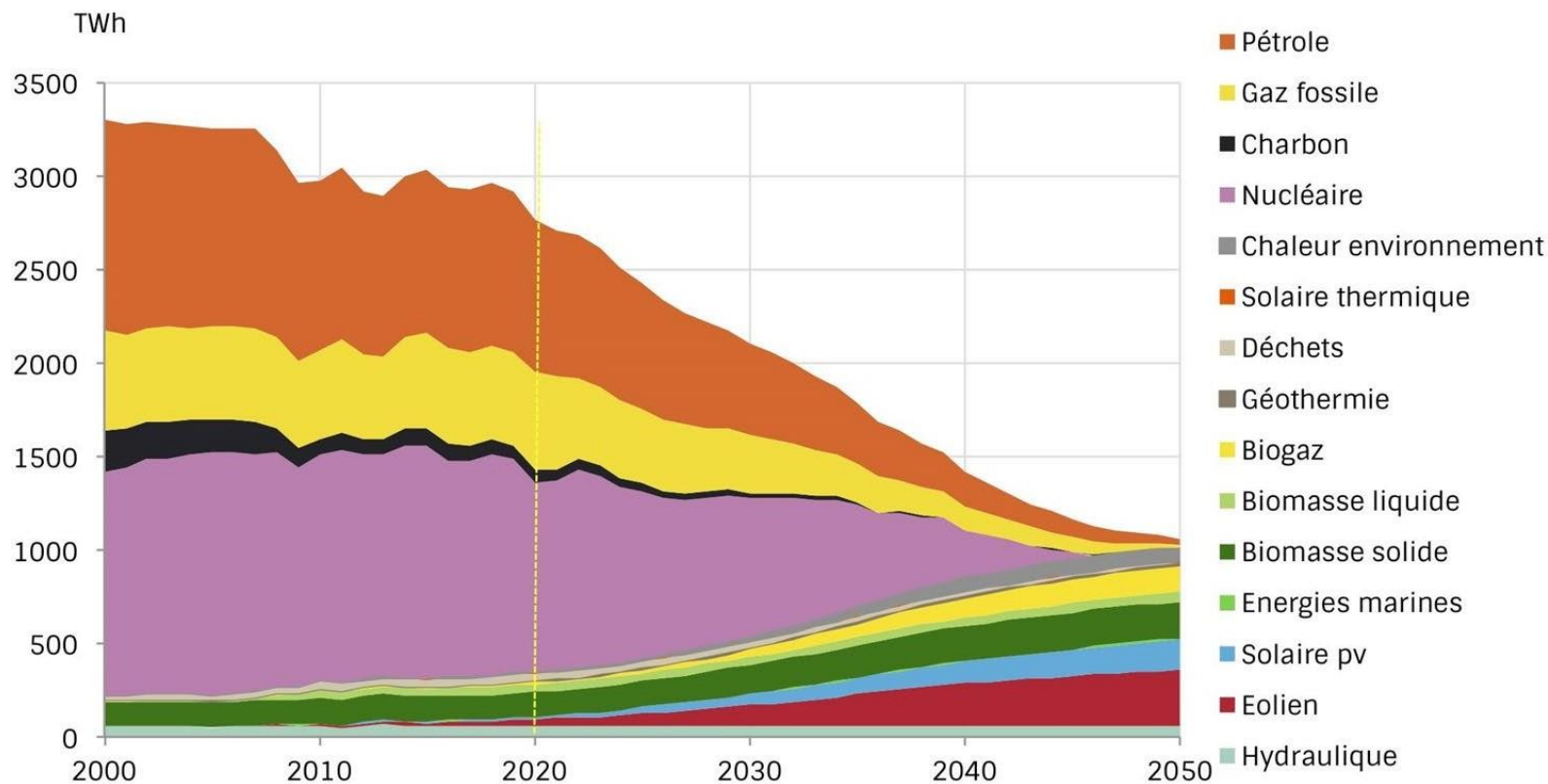
↘ Le mix renouvelable



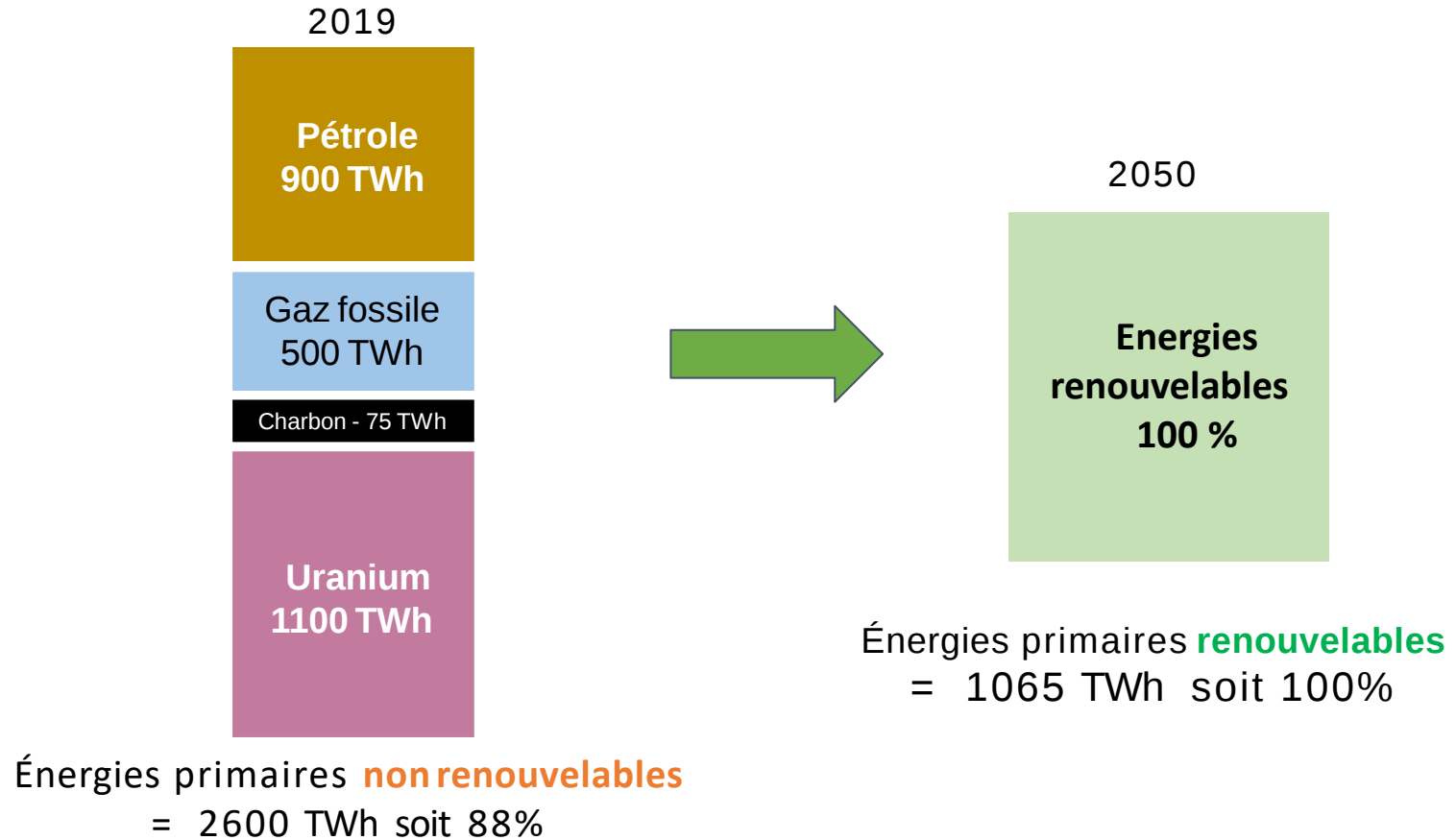
Bio-énergies + électricité + autres renouvelables



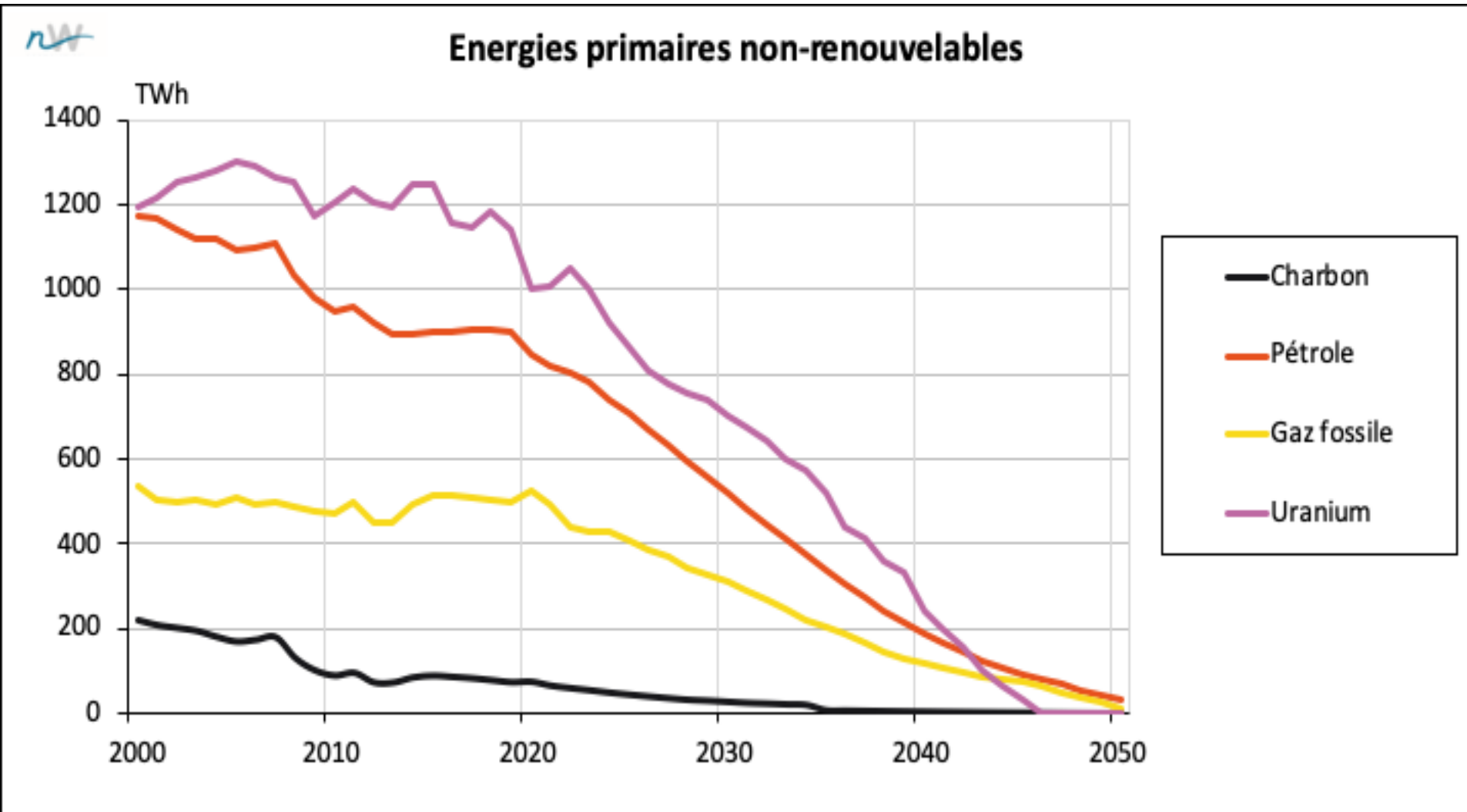
↘ Bilan en énergie primaire : -64 %



La fin en France des fossiles et du nucléaire



↘ Évolution des énergies non-renouvelables



A stylized graphic of a globe on the left side of the slide, showing green and blue segments representing land and water, with white lines indicating latitude and longitude.

Bilan Gaz à effet de serre

↘ 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.

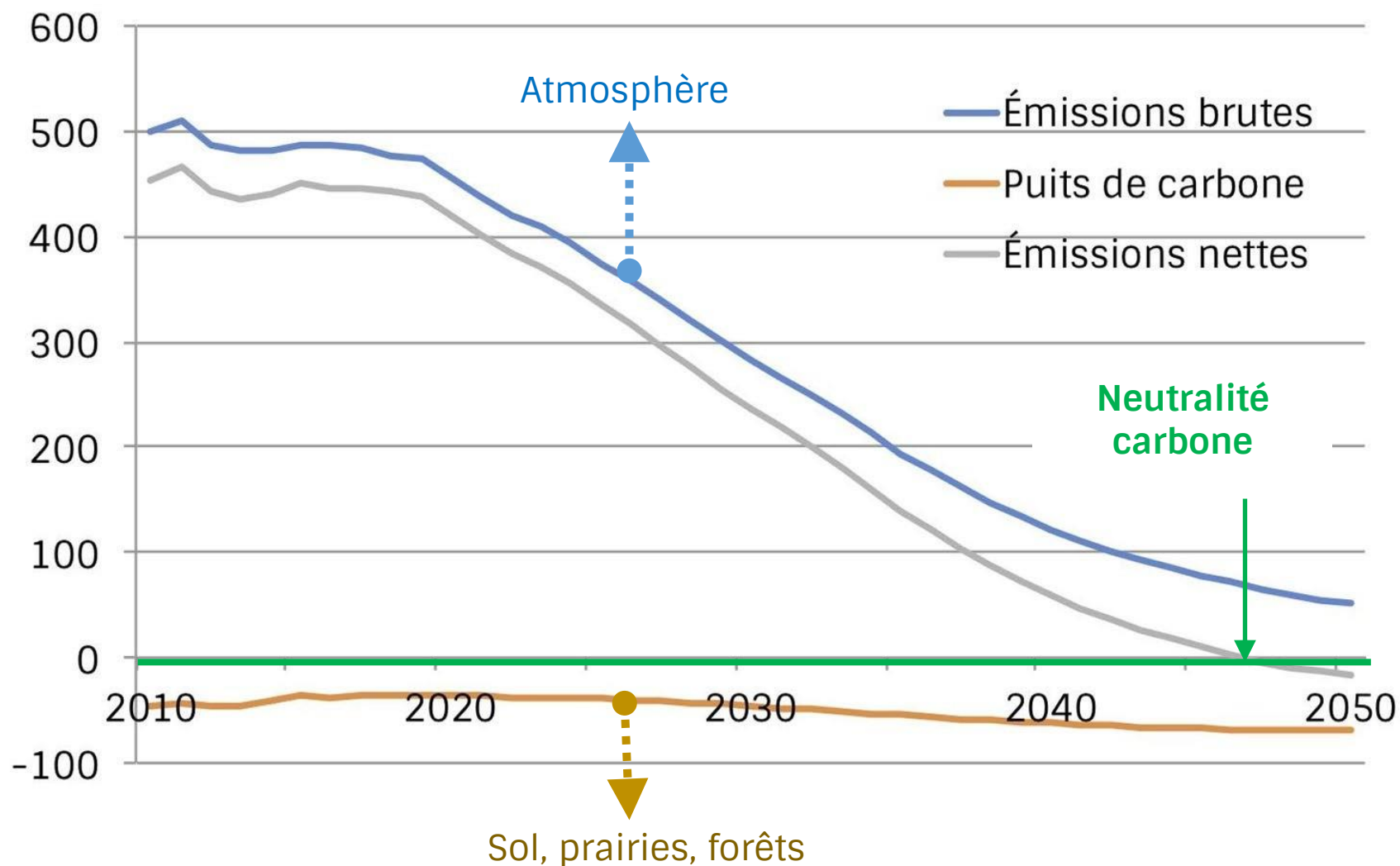


Les émissions de méthane (CH_4), provenant essentiellement du secteur agricole, sont divisées par 3.

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





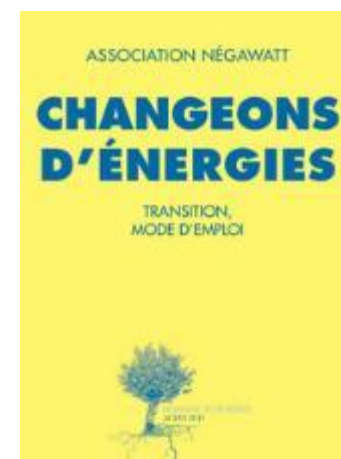
Pour aller plus loin ...

➤ 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

➤ Qui sommes-nous ?



- Une association, créée en 2001 par des professionnels de l'énergie
- Missions :
 - Expertise et prospective énergétique
 - Plaidoyer à l'échelle nationale
- 12 salariées - 30 membres actifs - 1500 adhérents



- Un institut, créé en 2009
- Filiale et outil opérationnel de l'association
- Mission :
Accompagner les acteurs de terrain (collectivités, entreprises, etc.) dans la mise en œuvre de la transition
- 16 salariées



- Une entreprise de l'ESS, créée en 2017
- Filiale dédiée à la rénovation performante des maisons individuelles
- Missions :
 - Former des groupements d'artisans
 - Accompagner les territoires
- 35 salariées - 5 agences régionales



La production d'énergie

- Bioénergies
- Énergies renouvelables électriques
- Nucléaire
- **Vecteurs et équilibre des réseaux**

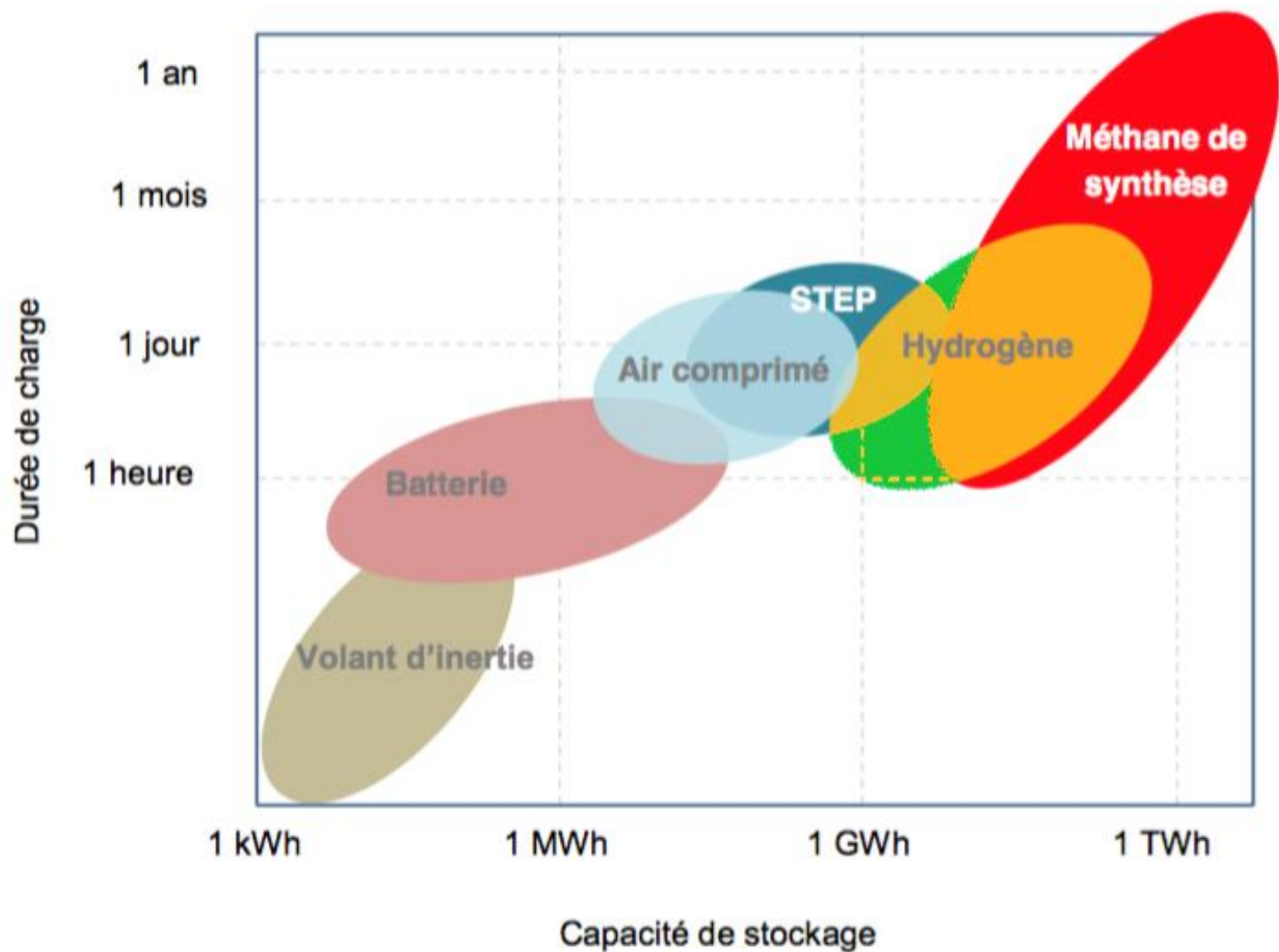
➤ Gérer et sécuriser un réseau 100 % renouvelables ? Les techniques existent



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

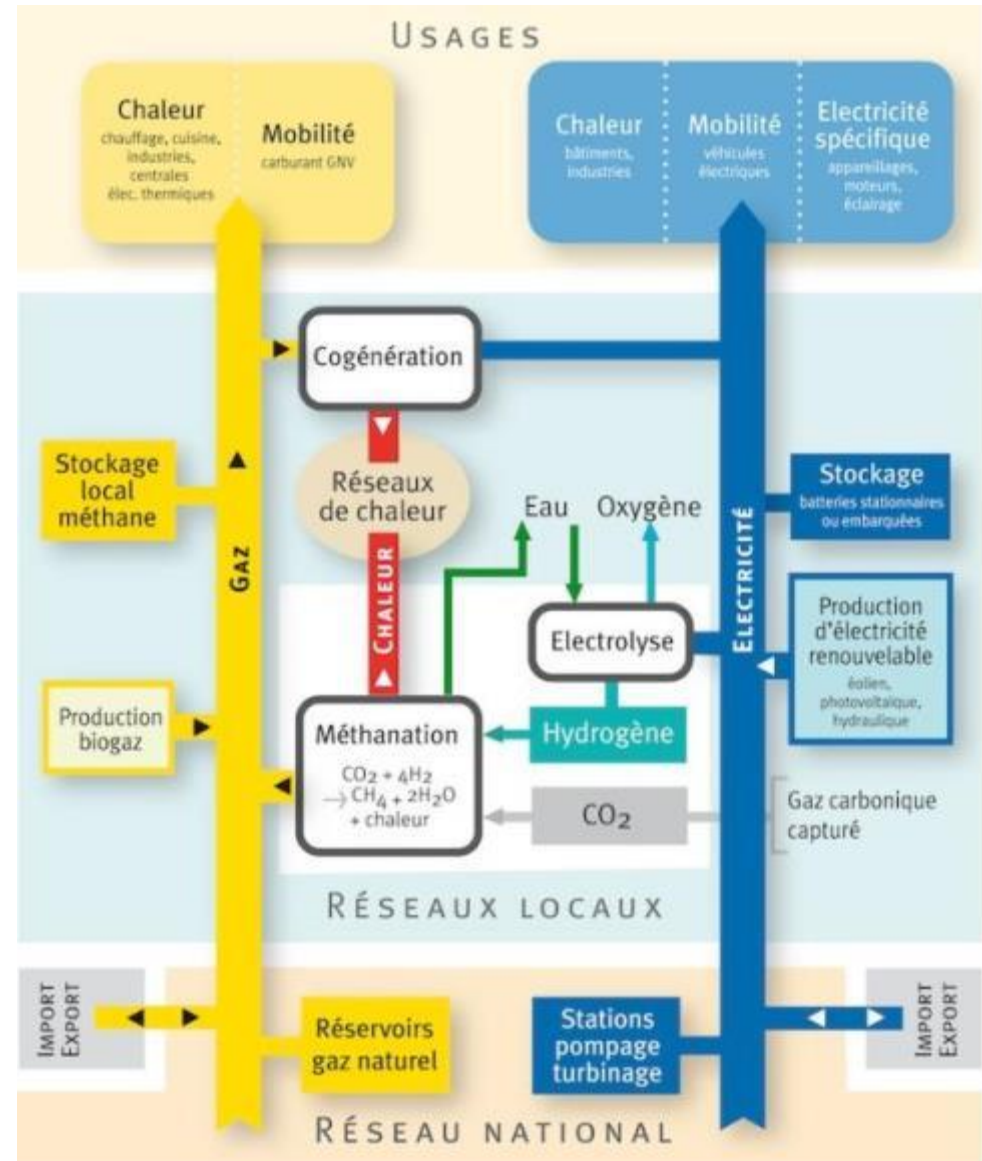
➤ **Stockage de l'électricité : des solutions existent même pour des besoins massifs**



➤ Power-to-Gas : le mariage électron-méthane



- Production d'hydrogène (H_2) grâce aux excédents d'électricité
- Capture du dioxyde de carbone (CO_2) : épuration du biogaz, industrie, ...
- Production de méthane (CH_4) par réaction de Sabatier (*méthanation*)
- Injection et stockage du CH_4 dans le réseau de gaz, production de chaleur
- **Interopérabilité** des réseaux (électricité, gaz et chaleur)
- Rôle primordial des **collectivités** et des **territoires**



➤ Un système électrique vers le 100 % renouvelable

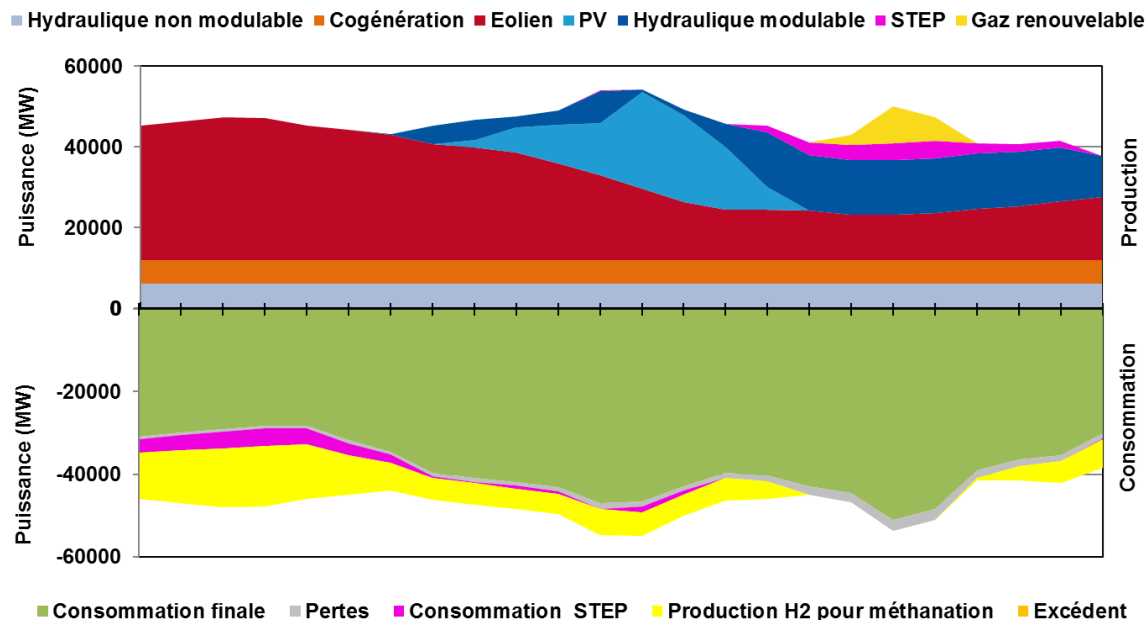


Une électrification maîtrisée des usages
(pointe à 60 GW en 2050 contre 100 GW aujourd'hui)

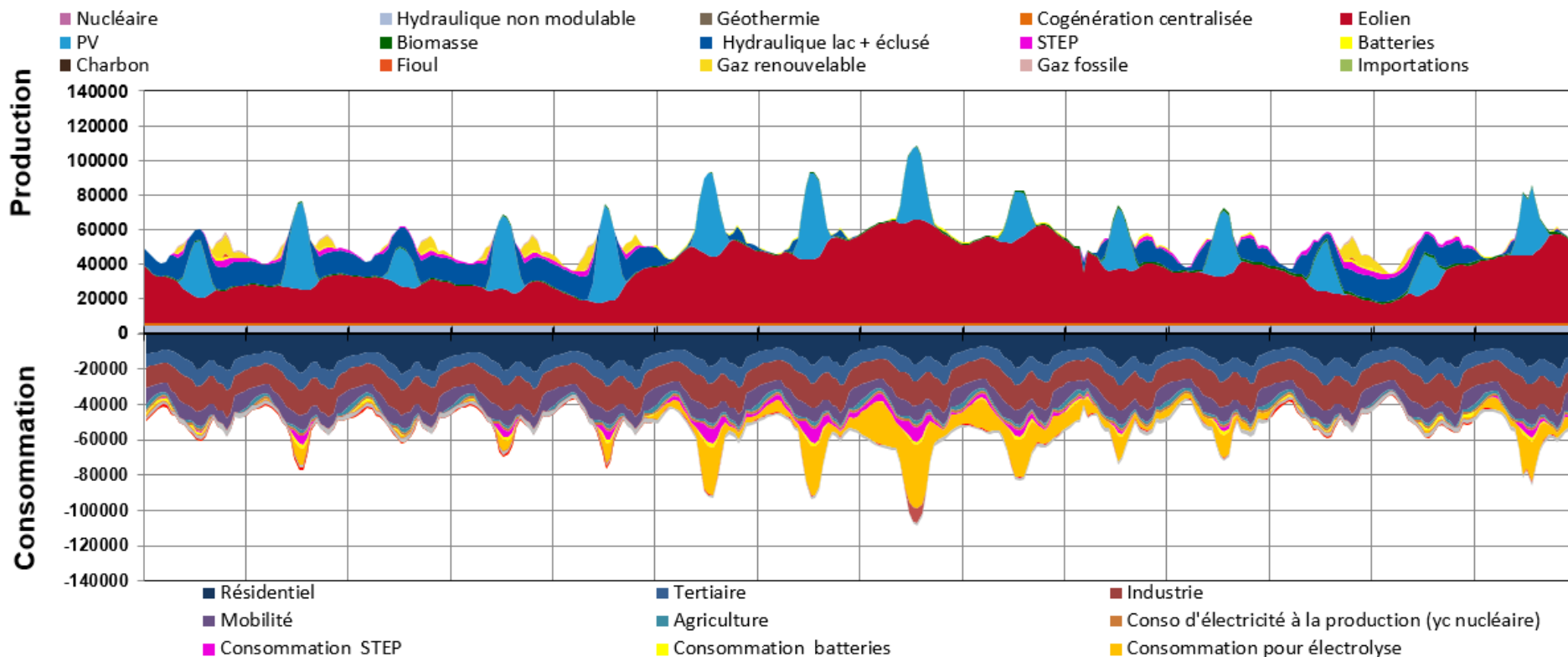
La **sécurité d'approvisionnement** est assurée grâce à l'association des différentes solutions

- flexibilités
- stockage
- services-système
- adaptation du réseau

Exemple d'ajustement journalier



Un système électrique 100% renouvelables sécurisé est possible



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

Source : Modélisation horaire scénario négaWatt 2022 2050