

Scénario négaWatt 2022

Réussir la Transition Energétique

Daniel MUGNIER

11 Octobre 2023 – Condrieu

↳ 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 salariés - 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 salariés



- 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**
- 46 salariés - 5 agences régionales



Contexte



Un contexte de plus en plus préoccupant



Plus que jamais,
“Notre maison brûle...”

**Urgence
 climatique**

**Inégalités
 croissantes**

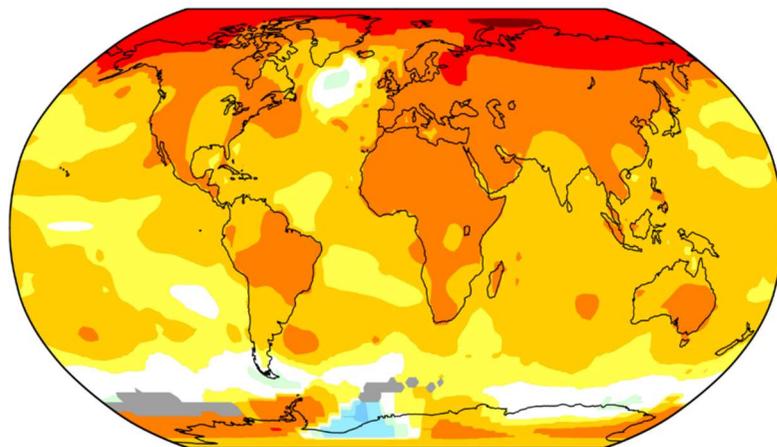
**Effondrement
 de la biodiversité**

**Vulnérabilité
 des sociétés**

**Tensions
 géopolitiques**

**Démocratie
 menacée**

Atteintes à la santé



Plus que jamais,
 ... nous contemplons l’extincteur

**Transition
 écologique**

**Faisabilité
 Rationalité
 Opportunité**

**Lenteur
 et inaction
 politique**



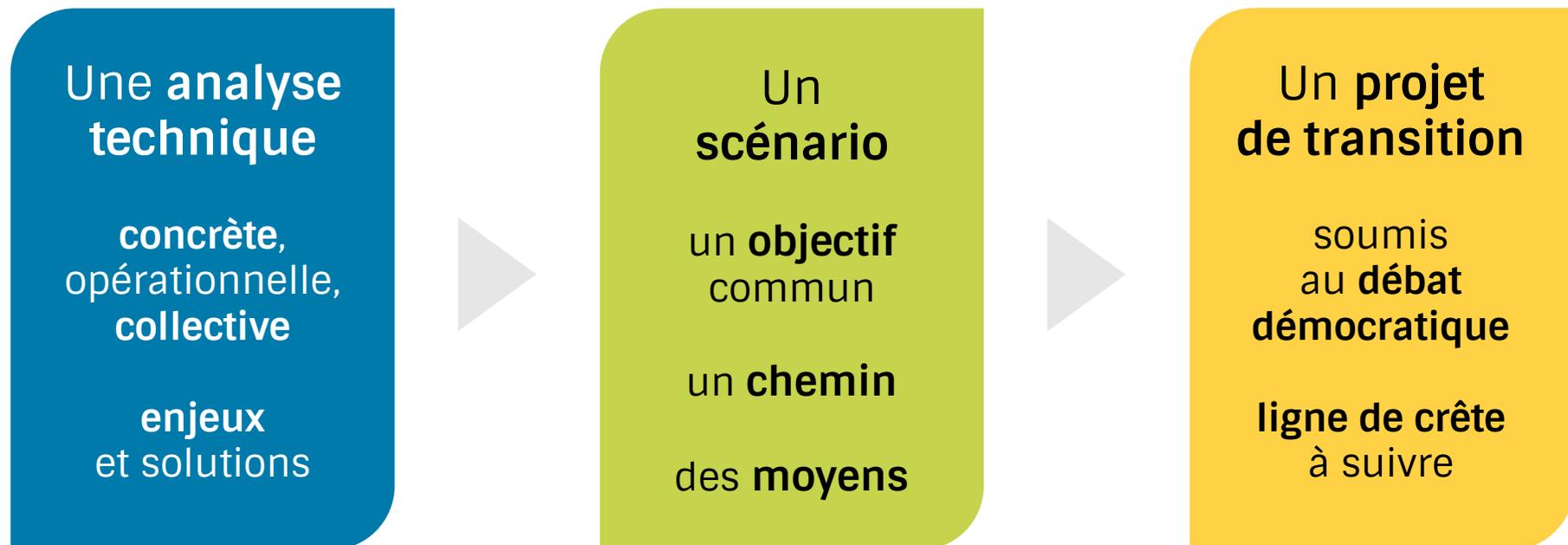


Qui sommes-nous ?

➤ Une approche prospective de plus en plus nécessaire



Plus que jamais, nous avons besoin d'une feuille de route pour agir ensemble





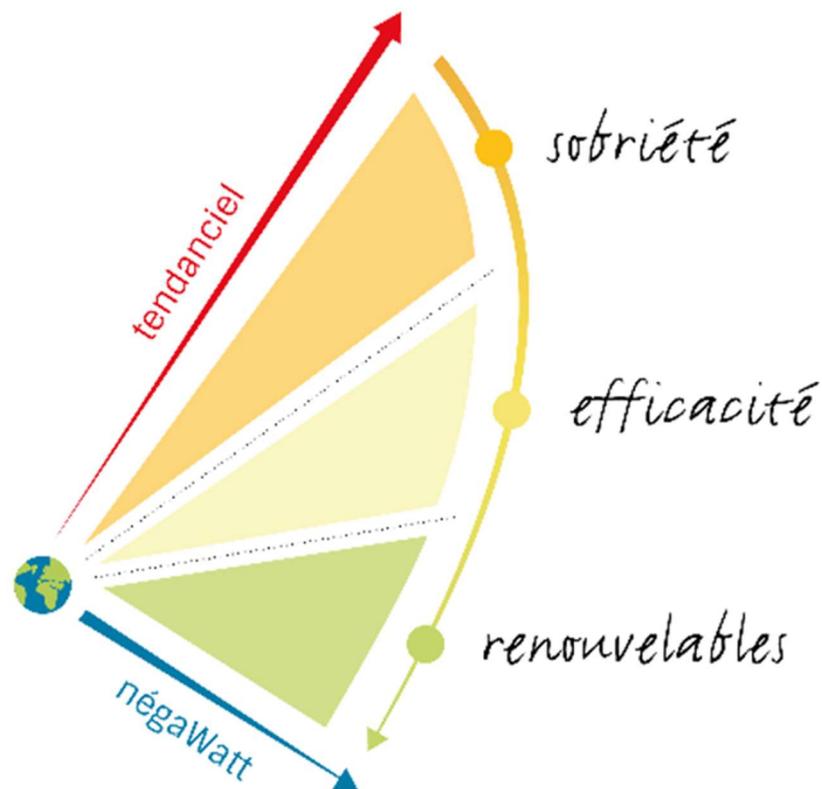
La démarche négaWatt

↳ La démarche négaWatt



Une démarche systématique pour répondre à un problème systémique

Partir des usages
pour remonter aux ressources



1

Agir collectivement et individuellement sur le niveau d'usage en priorisant et redimensionnant les services rendus

2

Réduire le ratio ressources / usages en améliorant les performances à toutes les étapes de transformation

3

Remplacer les ressources moins soutenables (stocks) par des ressources plus soutenables (flux)

↳ Sobriété ou ébriété énergétique ?



1

Sobriété dimensionnelle



Taille, juste dimensionnement

Exemples :

- Surface chauffée
- Poids d'une voiture

1

Sobriété dimensionnelle

Taille, juste dimensionnement

2

Sobriété d'usage

Niveau et durée d'utilisation et d'exploitation



Exemples :

- Arrêt des appareils inutiles
- Vitesse sur autoroute

1

Sobriété dimensionnelle

Taille, juste dimensionnement

2

Sobriété d'usage

Niveau et durée d'utilisation et d'exploitation

3

Sobriété coopérative

Organisation collective du territoire et de l'urbanisme, mutualisation



Exemples :

- Habitat partagé
- Transports en commun

↳ Sobriété – 50 mesures proposée par négaWatt

A collage of three images: a showerhead with water spraying, a car on a road, and a thermostat control panel. The thermostat panel shows a digital display with the number '19' and '°C', and a hand is shown adjusting a knob. The background is a dark blue gradient.

Réduire de plus de **10 %**
notre consommation
d'énergie **d'ici 2 ans**
c'est possible !

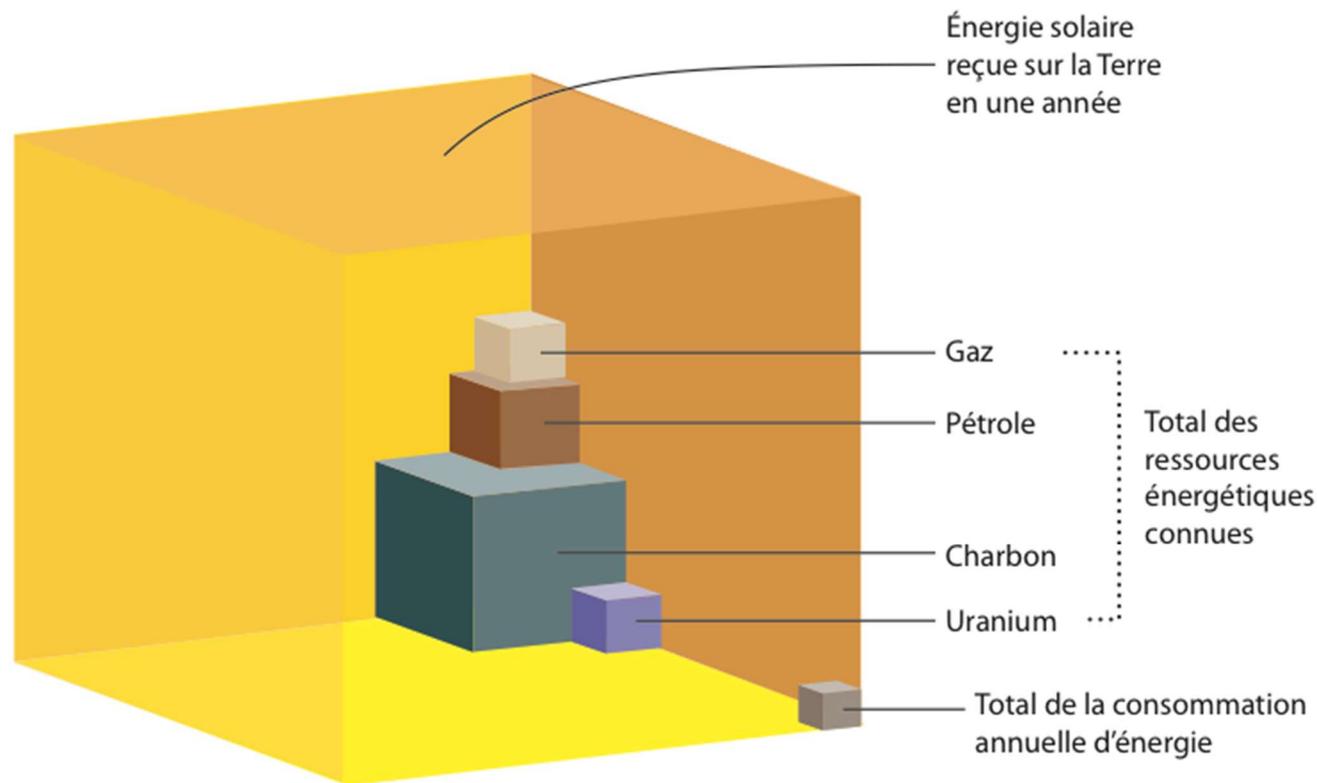
#Sobriété

[www.negawatt.org/
sobriete-
propositions-
chiffrees](http://www.negawatt.org/sobriete-propositions-chiffrees)

↳ Les renouvelables : des énergies de flux



- **La Terre** reçoit en **1 heure** la quantité d'énergie consommée en **1 an**



Représentation des quantités d'énergies disponibles sur Terre



Le scénario négaWatt 2022 en détail

- Un scénario de transition énergétique réaliste et soutenable

1

Hiérarchisation des solutions

- › Actions en priorité sur la demande
- › Utilisation des énergies de flux et non de stock

2

Réalisme technologique et économique

- › Des solutions « matures »
- › Une trajectoire physiquement réaliste, économiquement raisonnable

3

Développement soutenable

- › Réduire l'ensemble des impacts et des risques liés aux énergies
- › Une ligne directrice : *Léguer des bienfaits et des rentes aux générations futures plutôt que des fardeaux et des dettes*

Scénario négaWatt

→ Transition énergétique

- Évalue l'évolution possible de nos consommations d'énergie et de nos moyens de production
- Périmètre : France métropolitaine
- **Approche en empreinte carbone** → les émissions importées et les sources internationales sont incluses

Scénario négaMat

→ Matériaux et matières premières

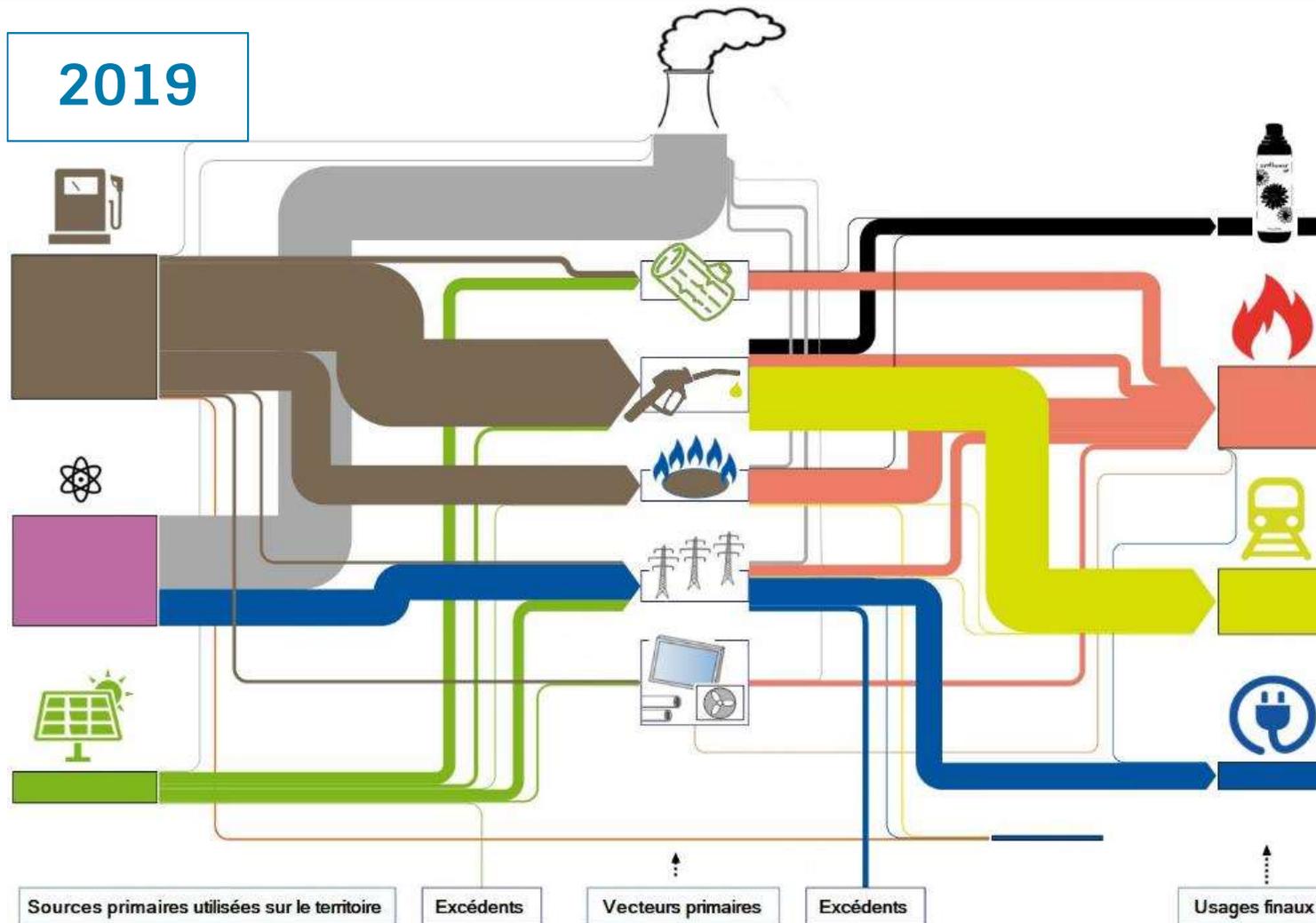
- Évalue l'évolution possible de nos consommations de matériaux et de matières premières
- **Approche en empreinte matière**

Scénario Afterres

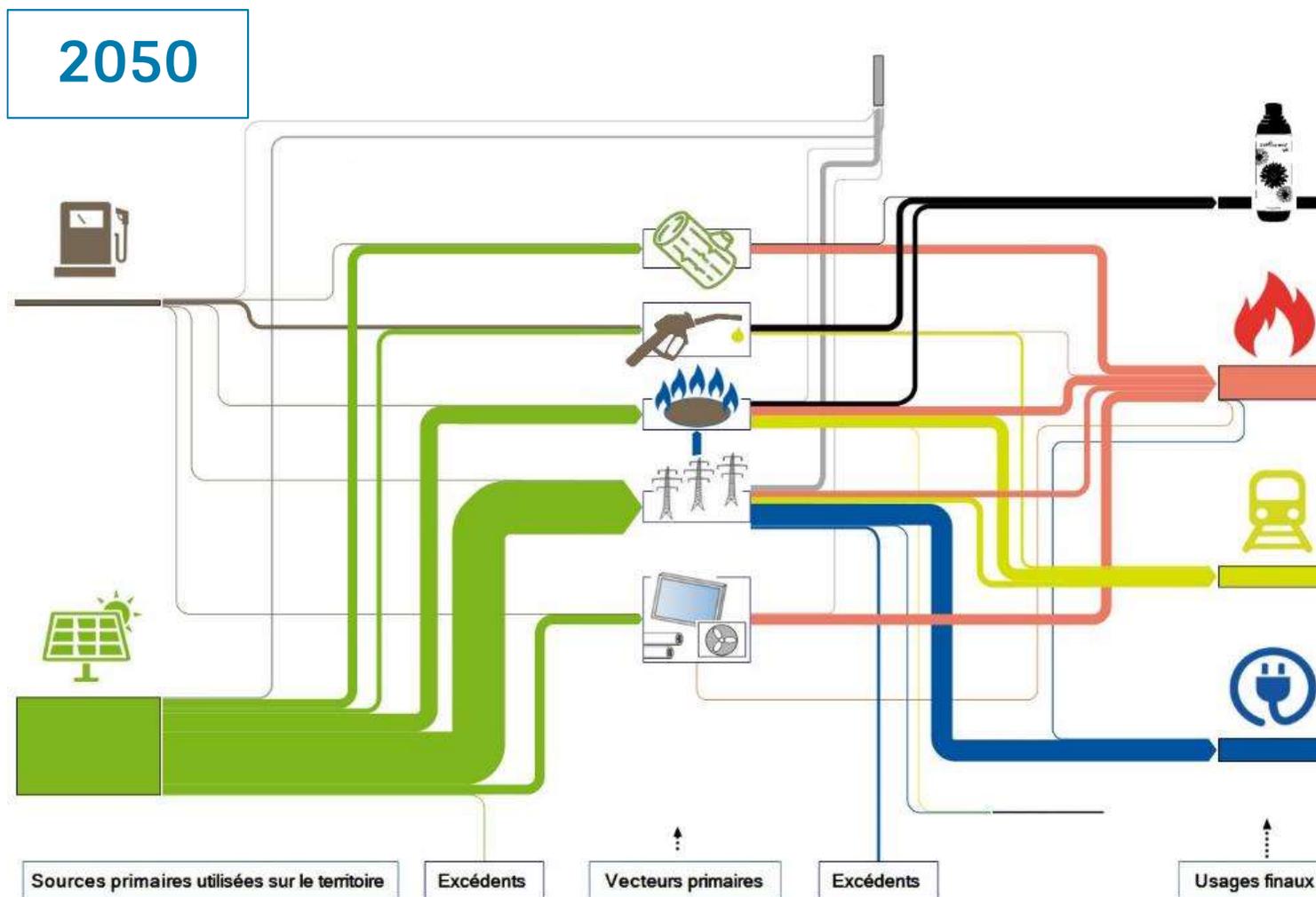
→ Transition agricole, sylvicole et alimentaire

- Évalue l'évolution possible de notre consommation de produits agricoles, de leur production, ainsi que de l'usage des sols, de la forêt et du bois

➤ Présentation des différents scénarios



➤ Présentation des différents scénarios





Bâtiment

↳ Bâtiment : contexte et enjeux



• Plus de 40 % de la consommation totale d'énergie finale, dont :



Chaleur : 80 %



Électricité spécifique : 20 %

• Chauffage des maisons individuelles d'avant 1975

= près d'un tiers des consommations d'énergie finale du résidentiel

• L'essentiel du parc immobilier de 2050 est déjà construit

• **Objectif : rénover un parc**

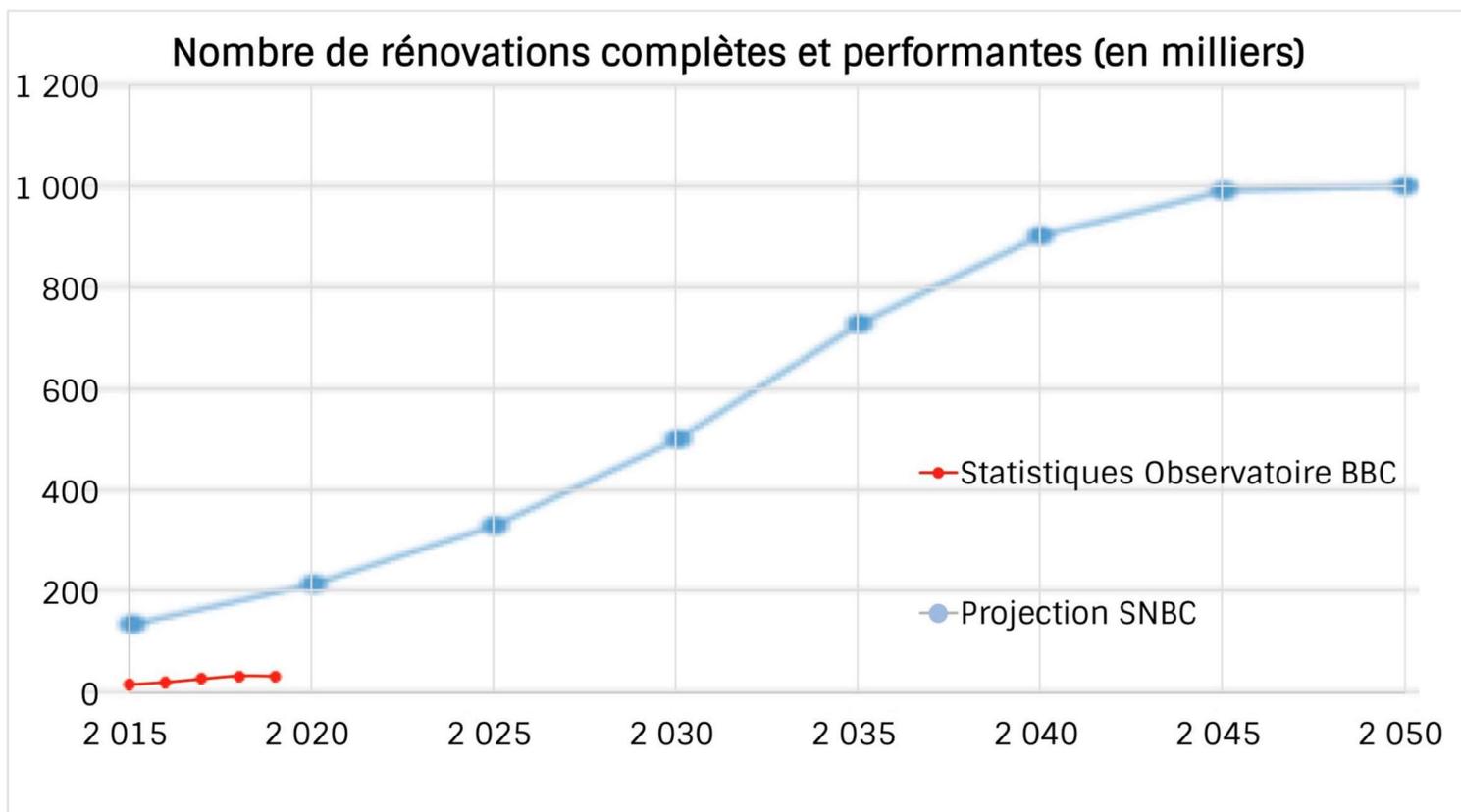
- **de 30 millions de logements et de 900 millions de m² de surfaces tertiaires**

- **de façon performante (division par 4 des consommations de chauffage)**

 - > Objectif = 50 kWh_{EF} / m² / an (chauffage uniquement)

 - > Ne pas tuer le gisement

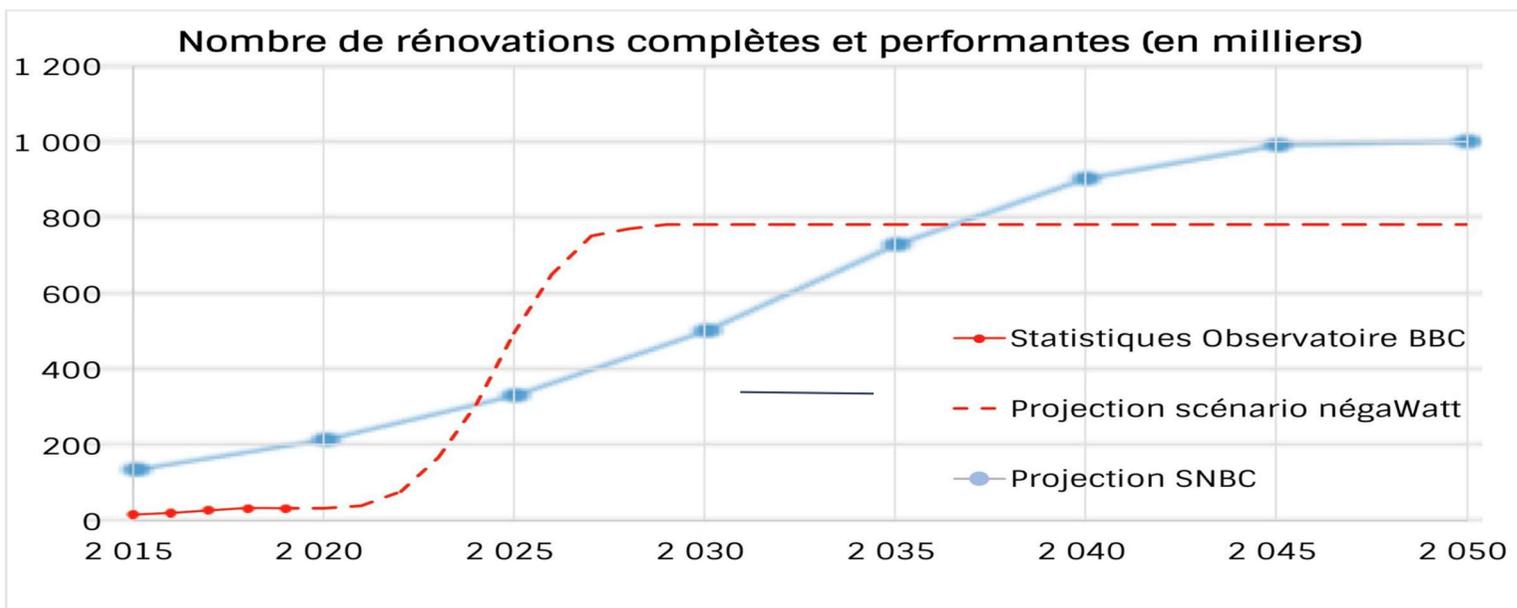
↳ Une accélération radicale de la rénovation performante



Constat :

La politique actuelle de rénovation n'est pas du tout en phase avec les objectifs de long terme

↳ Une accélération radicale de la rénovation performante



Objectif :

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

Mesures prioritaires :

- Une obligation de rénovation performante (sous conditions)
- Une formation renforcée de l'ensemble des acteurs

➤ Des appareils plus efficaces utilisés raisonnablement



Les **20 principaux types d'appareils** électroménagers, numériques et d'éclairage ont été finement modélisés pour évaluer leurs potentiels d'économie d'énergie.

Les gains d'efficacité continuent grâce à la réglementation, les normes sociales évoluent pour modérer le besoin et l'usage des appareils.

Quelques exemples d'évolutions (moyennes) de sobriété en 2050



Un seul grand écran par foyer, **moins** d'écrans pub



-35% de sèche-linge



Un appareil de froid (combiné) bien dimensionné



-15% de lampadaires, utilisés plus intelligemment

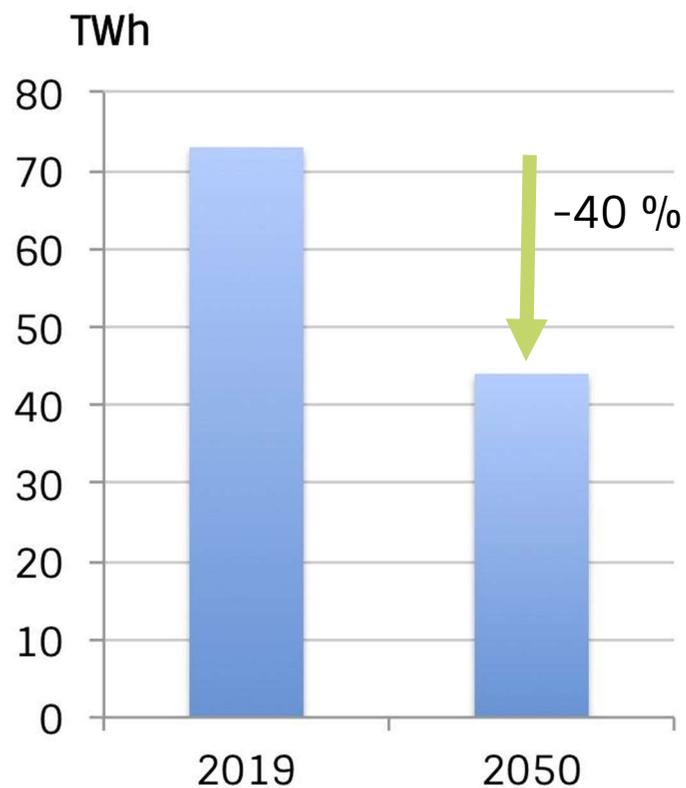
Le numérique et ses flux de données continuent à se développer, mais à partir de 2030 la consommation de l'ensemble des appareils électroniques et de réseaux commence à baisser



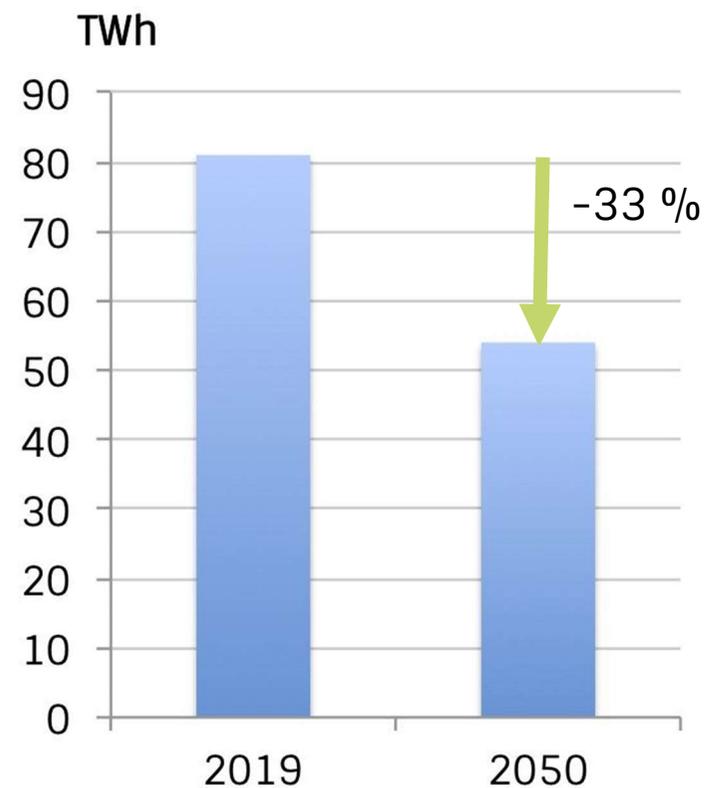
↘ Une forte réduction des consommations d'électricité



Résidentiel



Tertiaire



↳ Un cas concret : l'Hôtel du département du Bas-Rhin



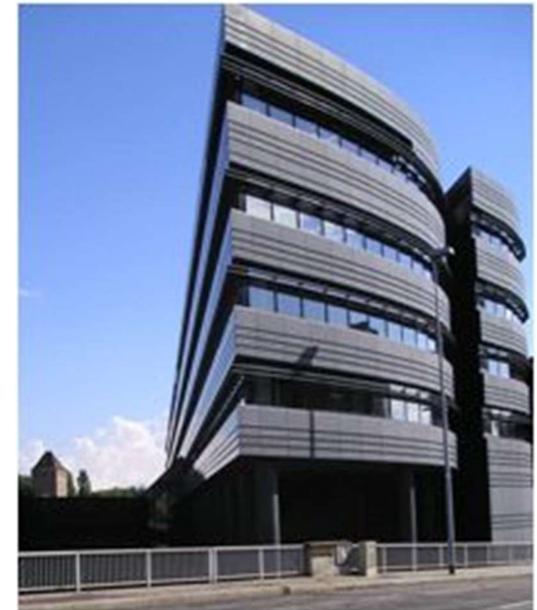
Réduction des consommations d'électricité spécifique

> Éclairage :

- Sobriété : détecteurs de présence
- Efficacité : éclairage performant
- Résultat : - 65 %

> Informatique :

- Sobriété : arrêt des appareils inutilement allumés
- Efficacité : remplacement progressif du parc
- Résultat : - 35 %



Bilan : 42 % de réduction de la consommation d'électricité
Temps de retour < 3 ans

↳ Exemple d'une rénovation performante



Réduction des consommations de chauffage et eau chaude

- Isolation conséquente des murs, de la toiture et du sol
- Mise en place d'une VMC double flux à haut rendement
- Remplacement des fenêtres
- Gestion des ponts thermiques, étanchéité à l'air
- Chaudière fioul remplacée par une pompe à chaleur performante



Bilan : division par 6 de la facture de chauffage
Temps de retour : 20-25 ans

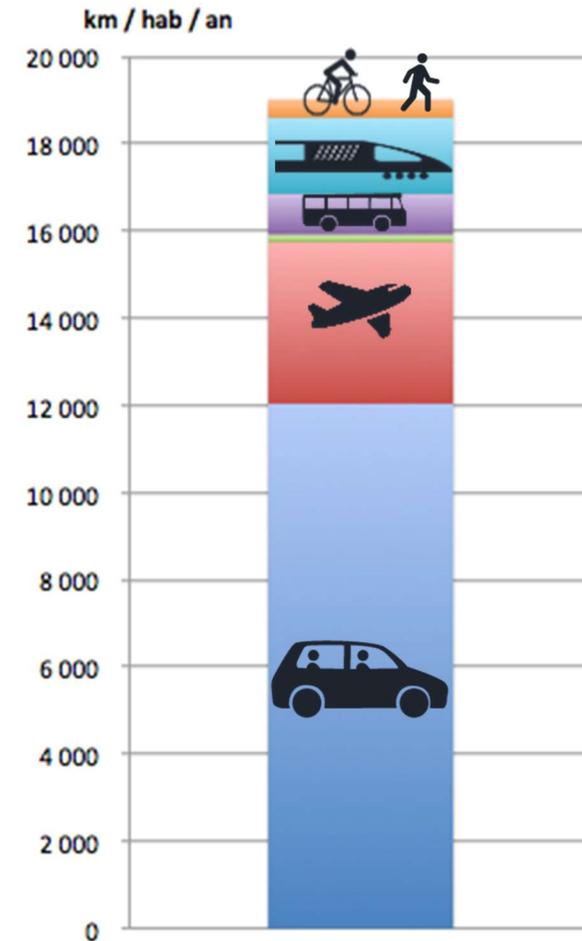


Mobilité

↘ Contexte et enjeux



- Premier secteur d'émissions de gaz à effet de serre
- Des déplacements fortement **dépendants du pétrole**
- Un aménagement du territoire **favorisant le trafic routier**
- Une **explosion du trafic aérien** : x 2 en 20 ans
- Un **effondrement du fret ferroviaire**
divisé par deux entre 2000 et 2010



↘ 1^{er} levier : baisse du trafic routier motorisé



= + de 60 % des km parcourus (80 % pour les trajets intérieurs)



= 88 % des tonnes.km

Pour réduire les impacts du trafic routier, la seule électrification n'est ni possible ni suffisante.

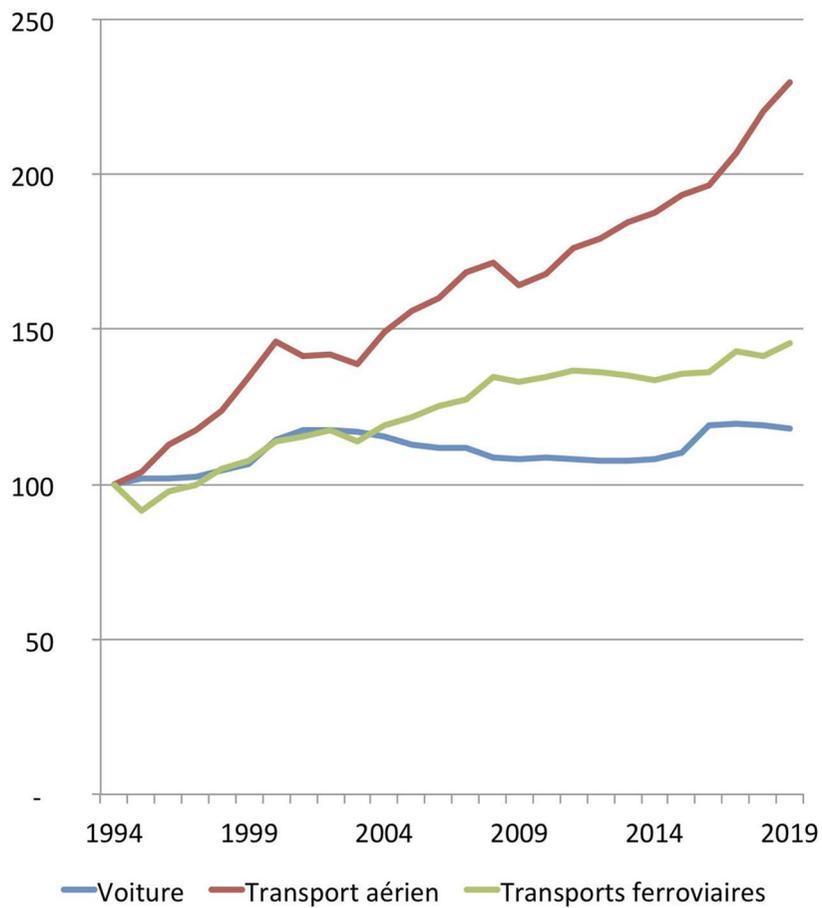
Différents leviers :

- réduction des déplacements contraints et des tonnages transportés
- report modal
- augmentation des taux d'occupation / de remplissage

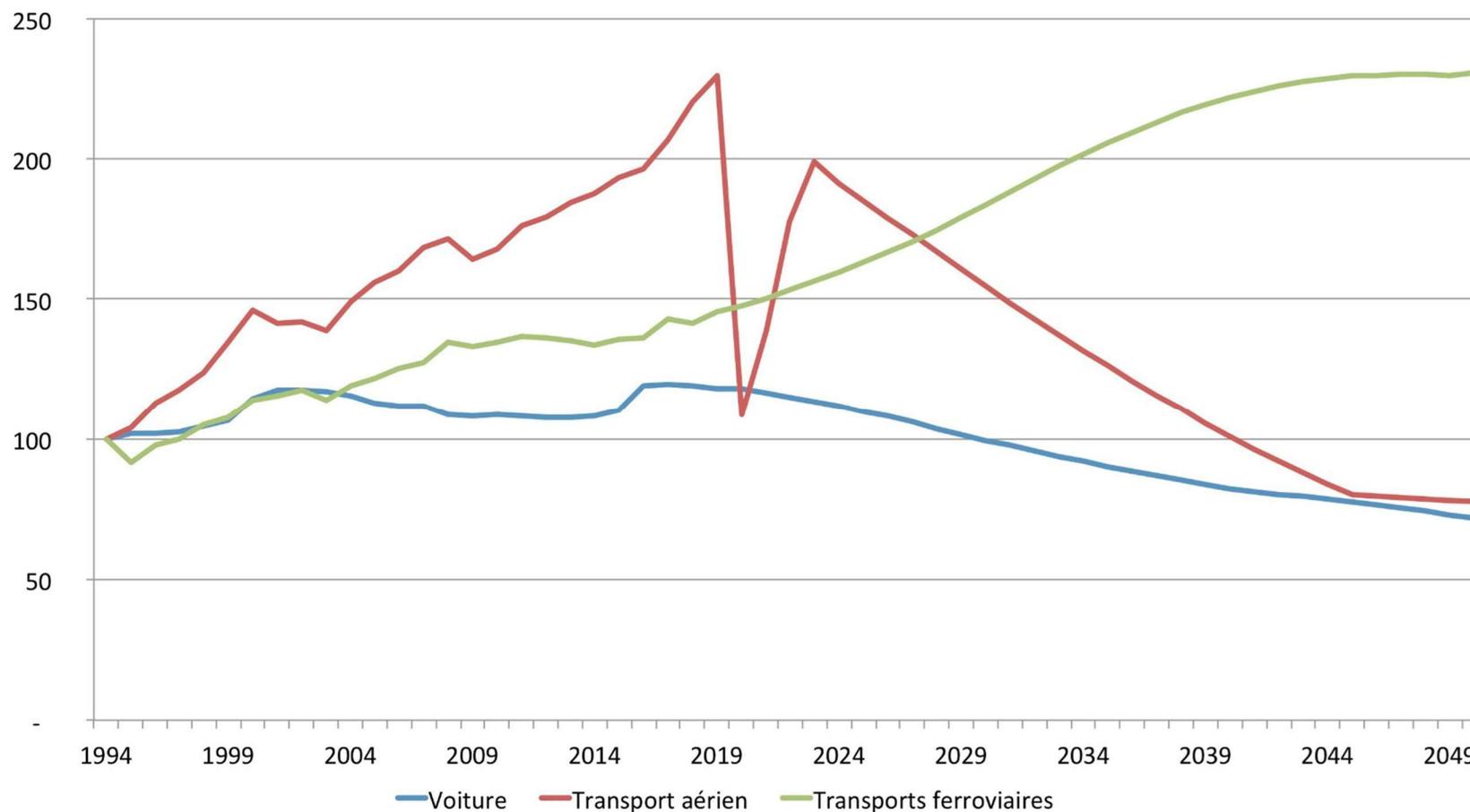
Deux mesures prioritaires :

- Investir massivement dans les alternatives au transport routier motorisé
- Instaurer une redevance kilométrique sur le fret routier pour financer le fret ferroviaire

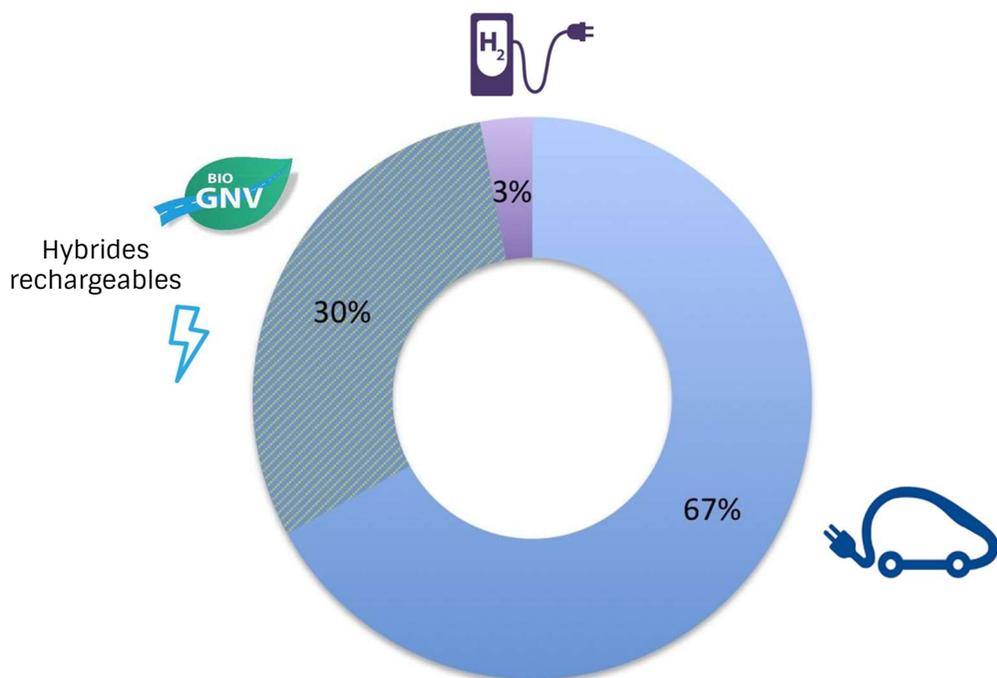
↘ 2^{ème} levier : moins de trafic aérien, plus de trains



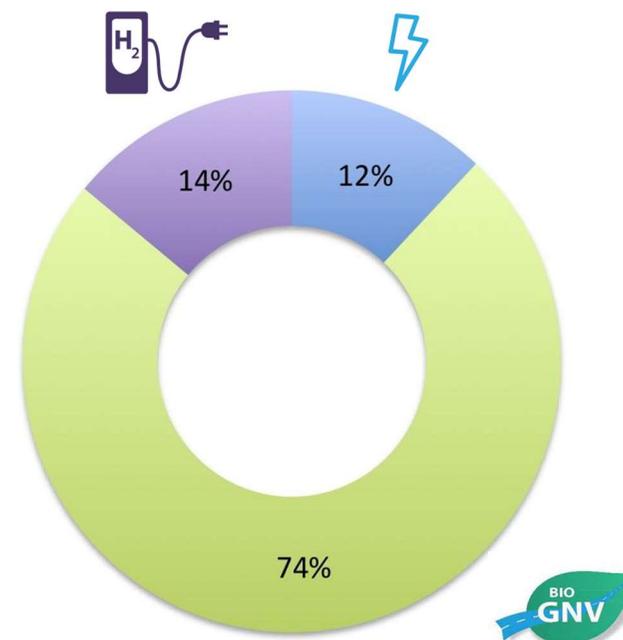
↘ 2^{ème} levier : moins de trafic aérien, plus de trains



3^e levier : des véhicules électriques... mais pas que !



Répartition des motorisations
des voitures en 2050

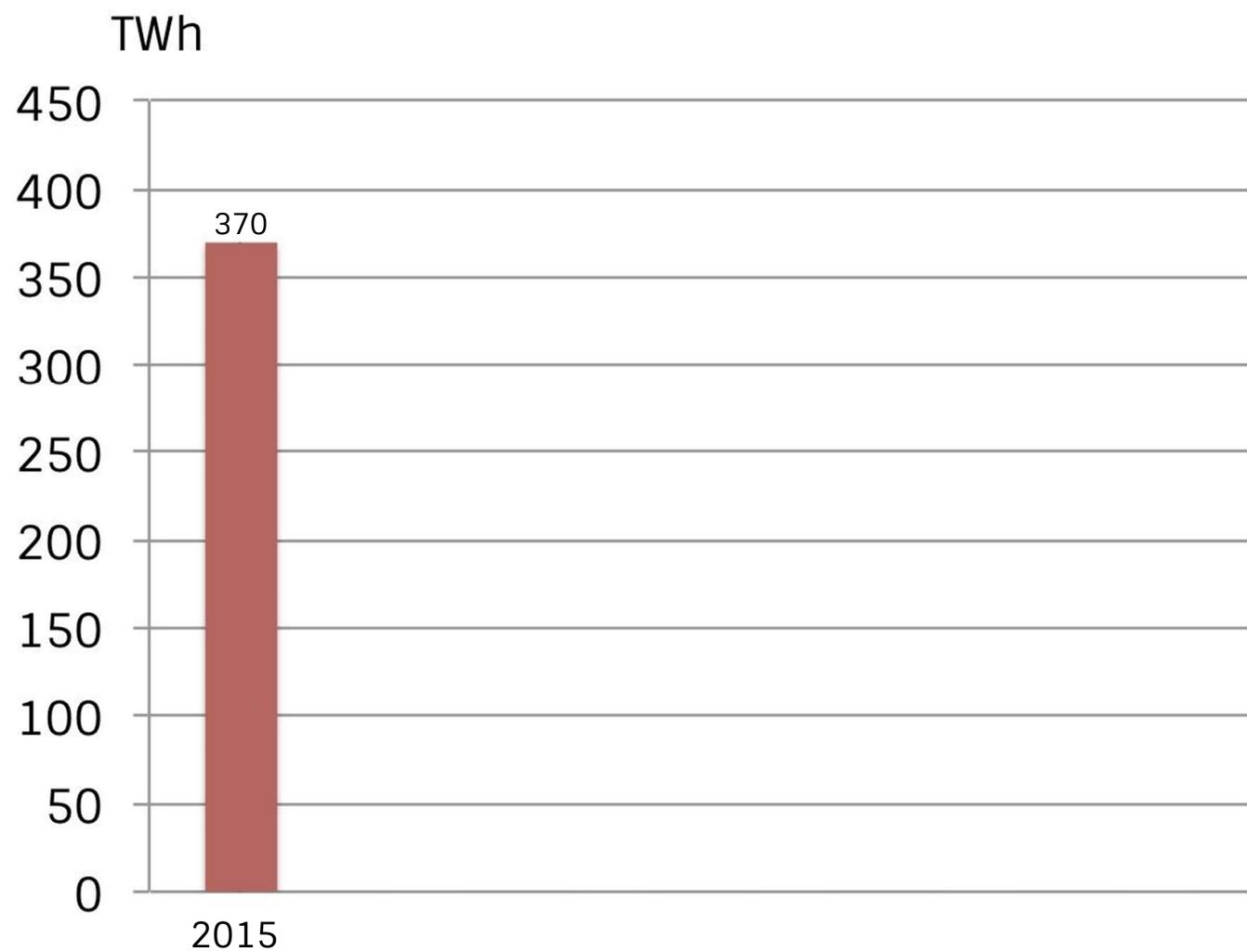


Répartition des motorisations
des poids lourds en 2050

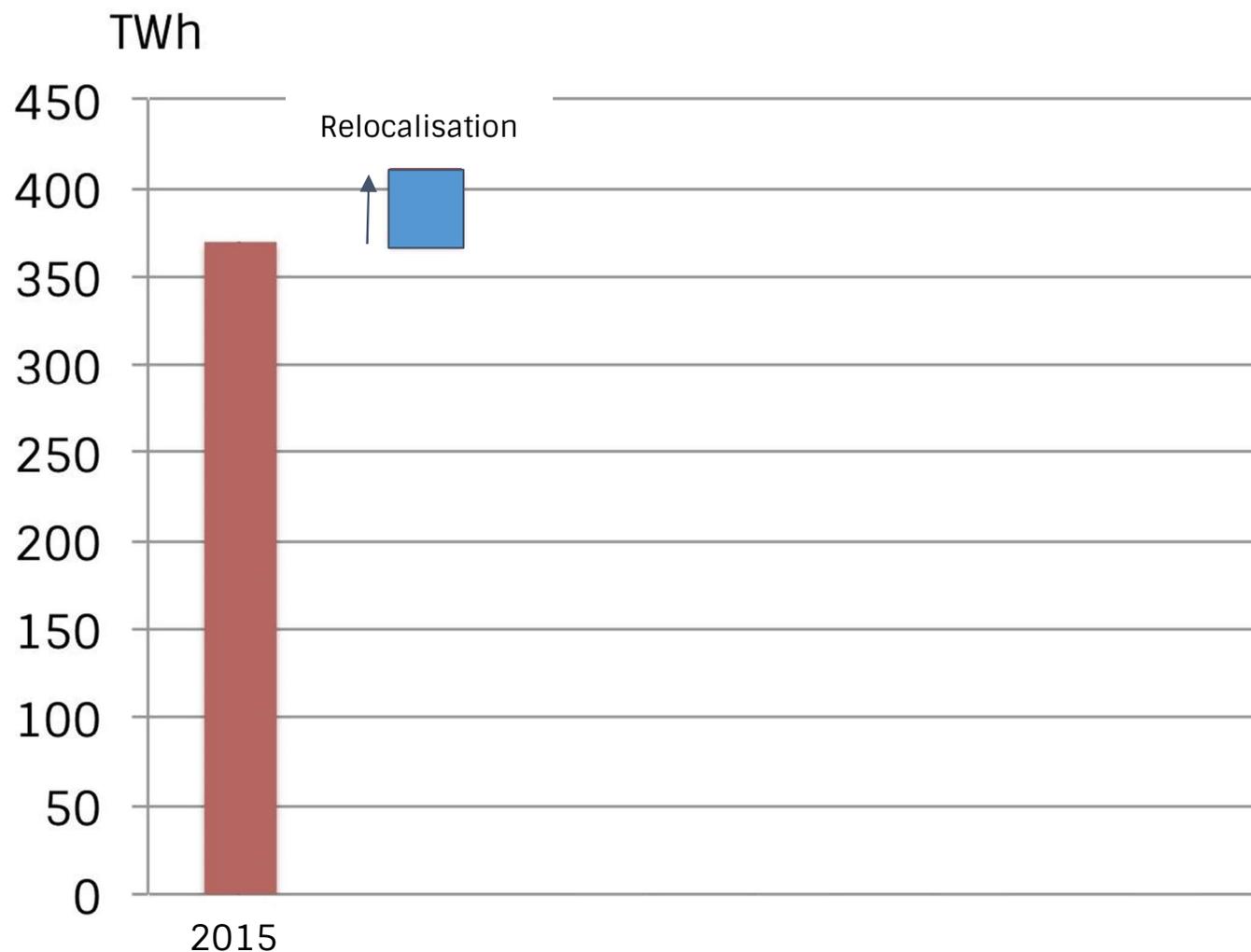


Industrie et biens de consommation

↘ Diviser par deux les consommations d'énergie



↘ Diviser par deux les consommations d'énergie

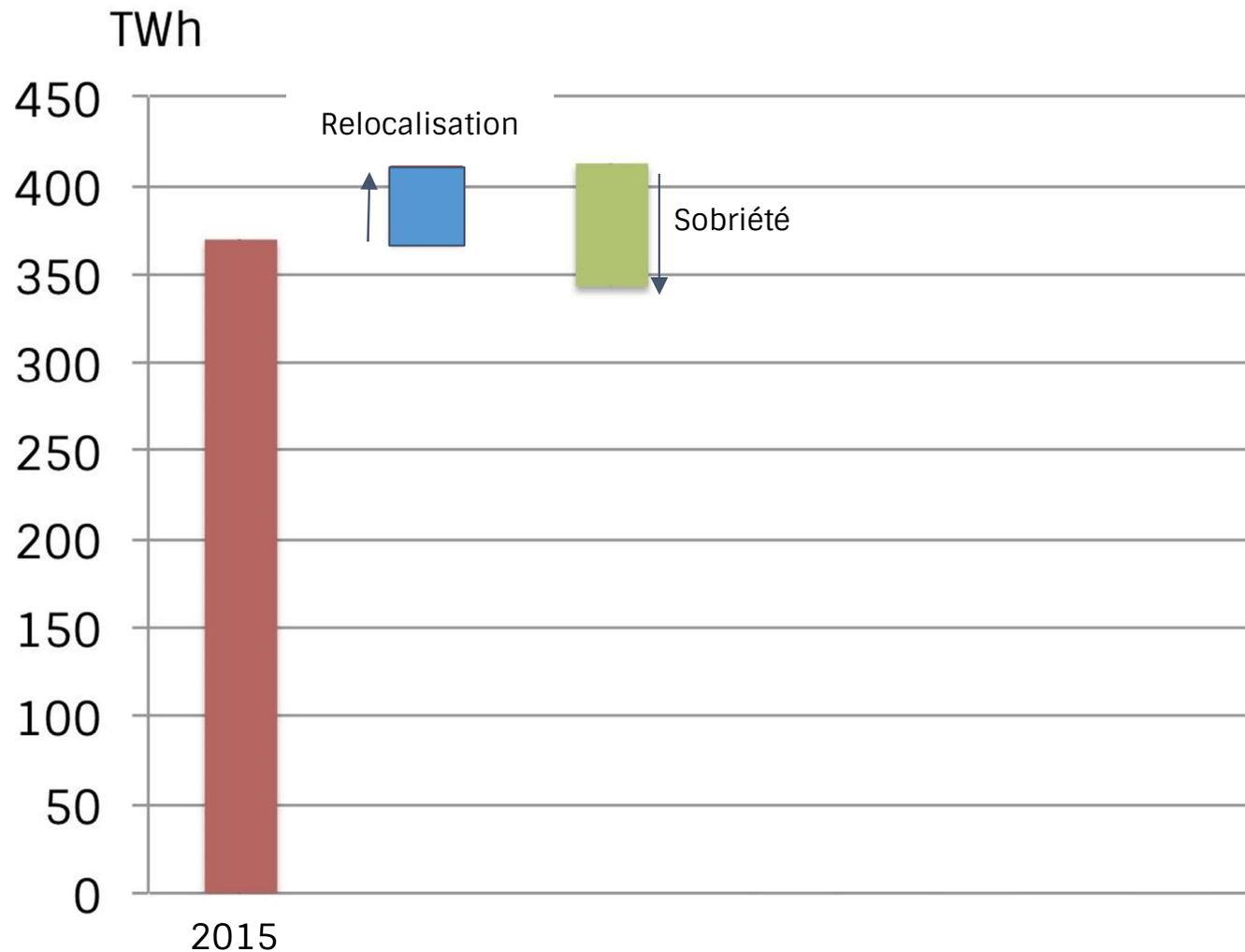


Produire ce que l'on consomme et non l'inverse : **une stratégie industrielle pour la France**

Les leviers d'action :

- **Réorientation** de secteurs du passé (ex. pétrochimie)
- **Relocalisation** de secteurs en décroissance (ex. mécanique, métallurgie)
- Développement de **filières d'avenir** (énergies renouvelables, batteries, etc.)

↘ Diviser par deux les consommations d'énergie



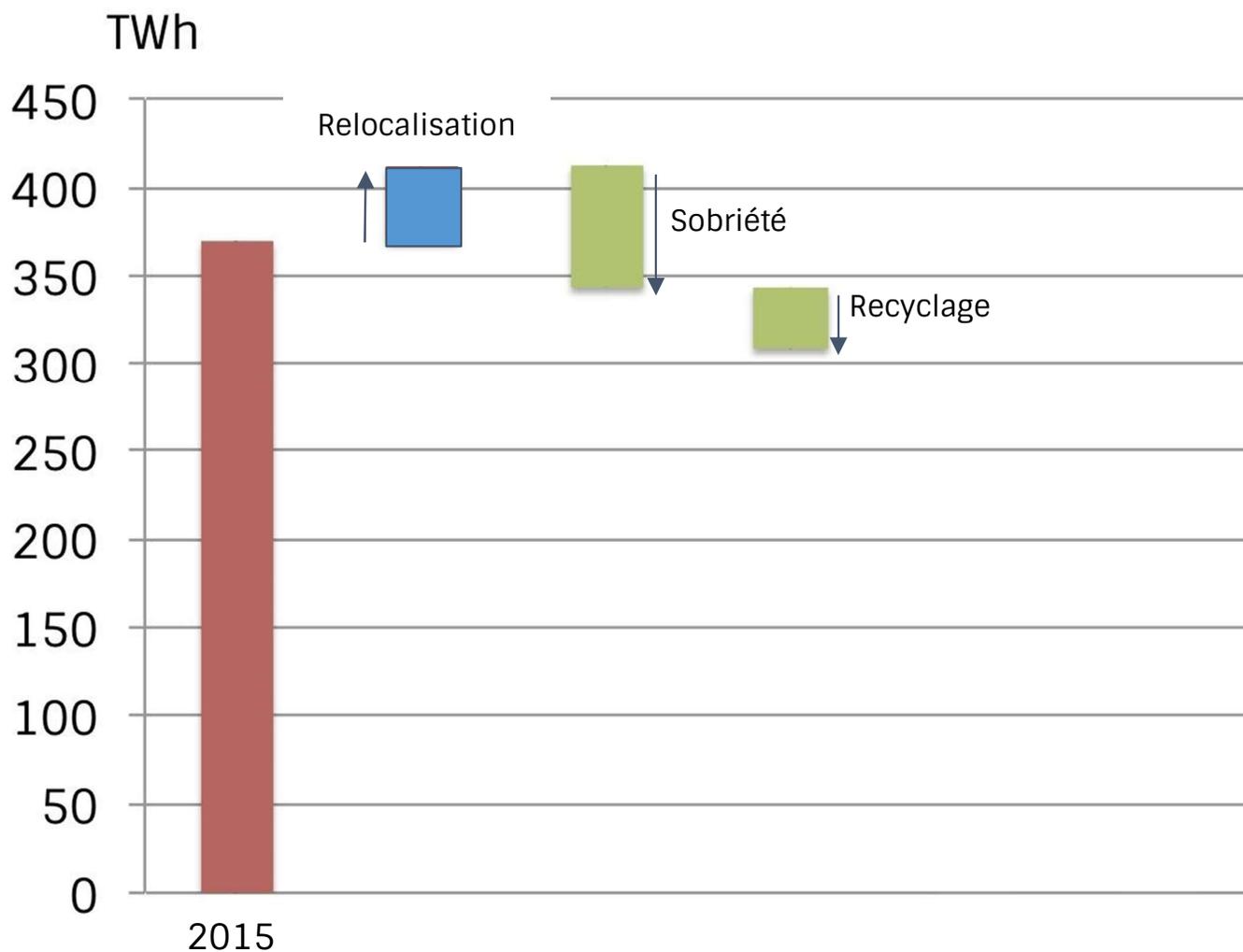
Maîtriser la consommation de biens

Les leviers d'action :

- La sobriété de consommation
- L'économie circulaire
 - durée de vie
 - réutilisation
 - réparation



Diviser par deux les consommations d'énergie



Favoriser le recyclage

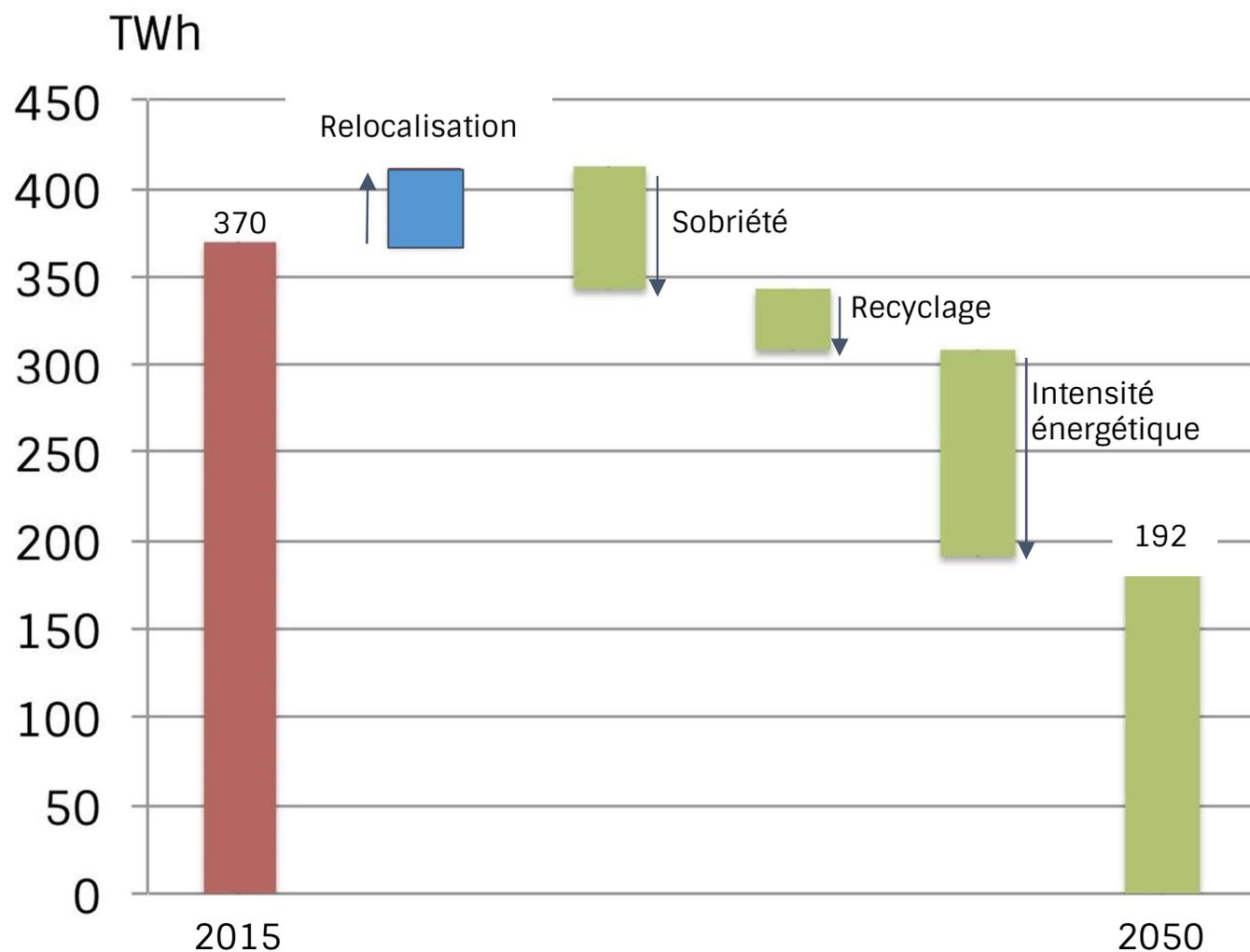


Métaux 80% → 95%

Plastiques 60% → 85%

Verre 75% → 85%

↘ Diviser par deux les consommations d'énergie



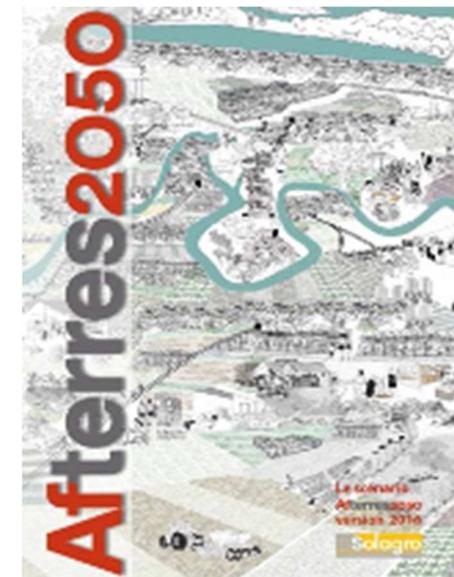
Amélioration des process

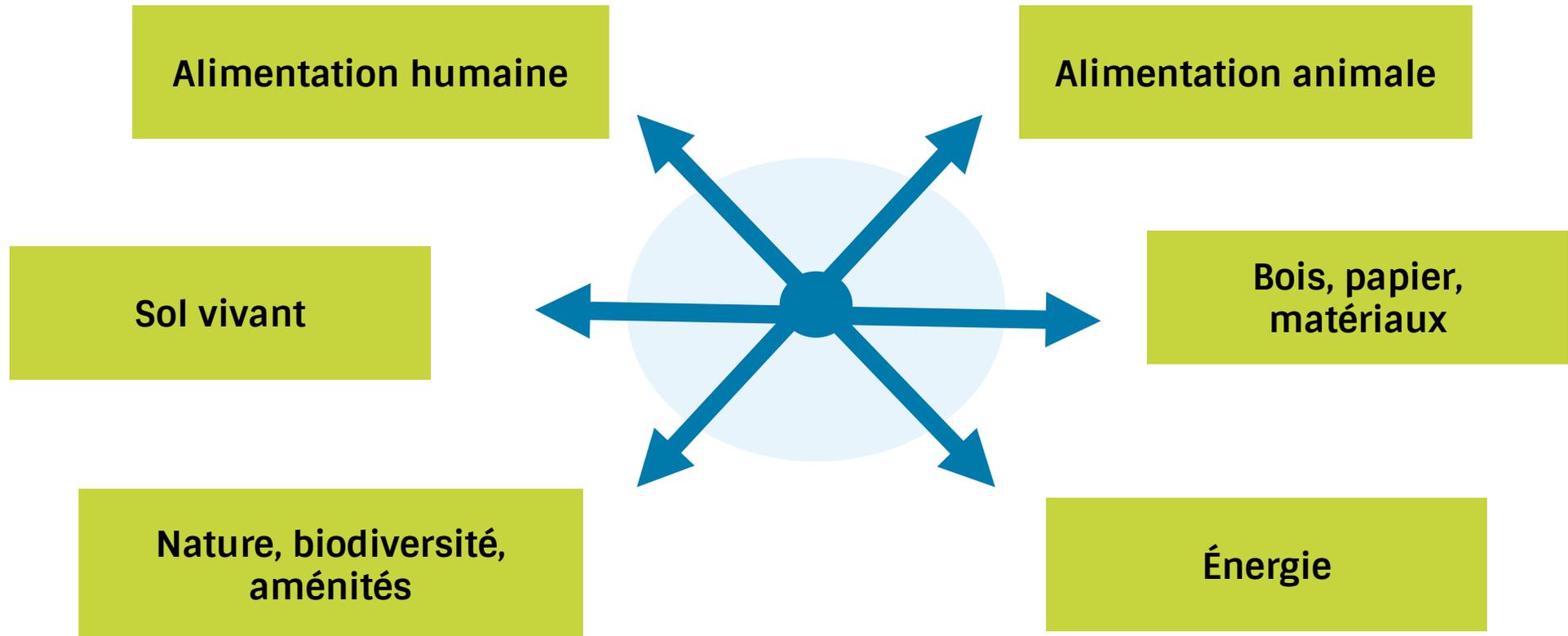
Moteurs plus performants

Électrification

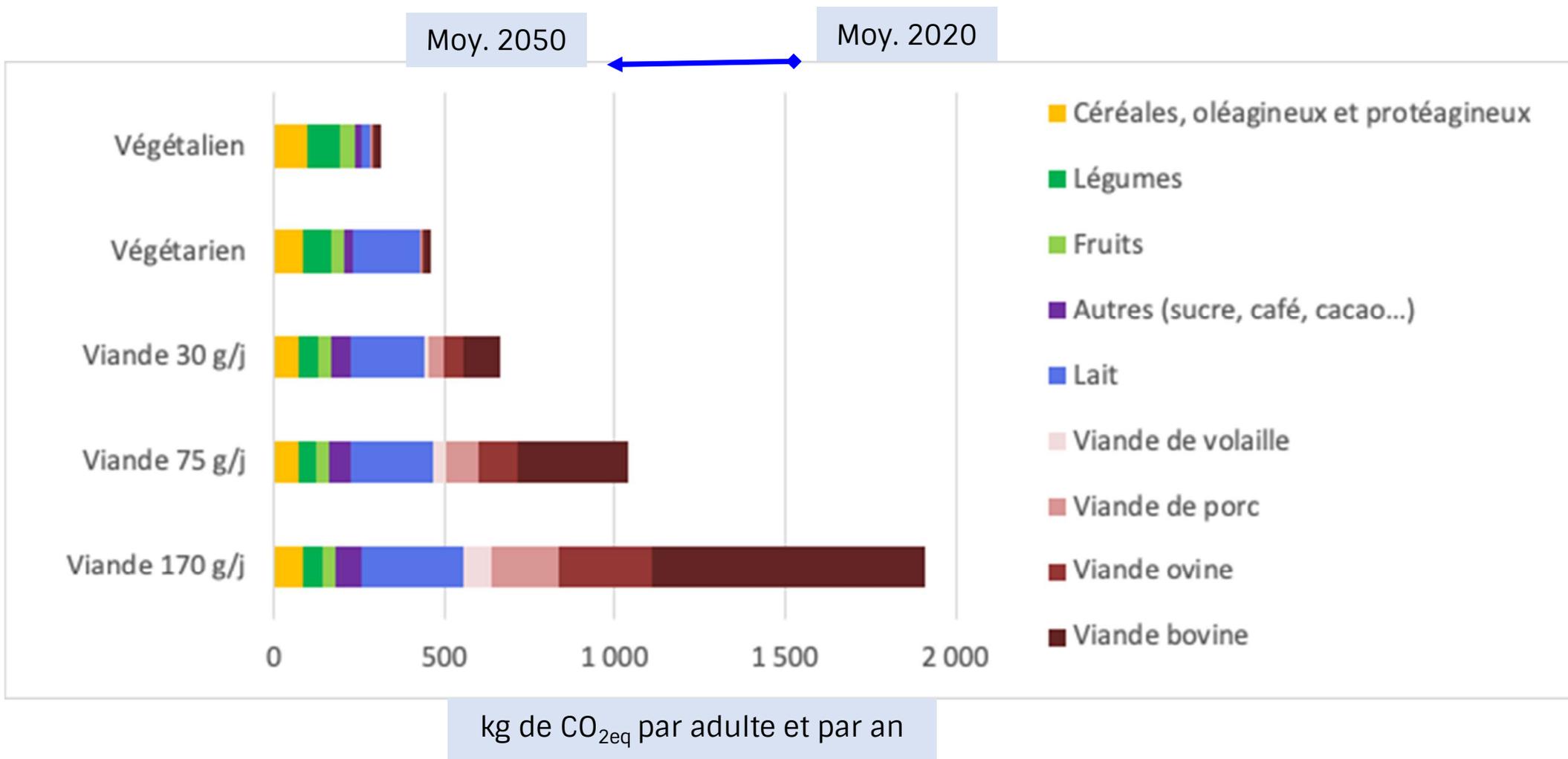
Le « secteur des terres »

Agriculture, alimentation, forêt, usage des terres





Empreinte climatique des régimes alimentaires





Production

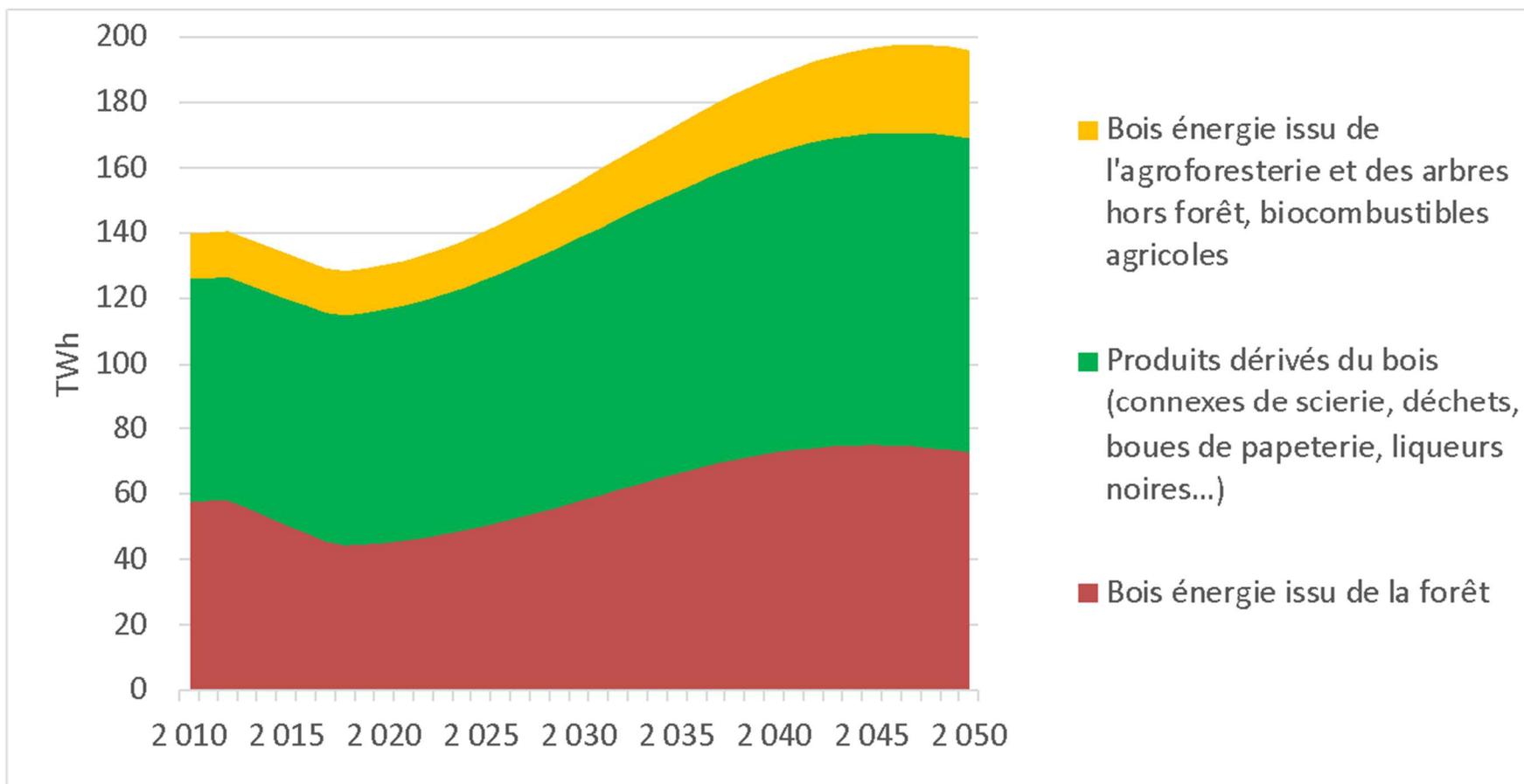
Développement des énergies renouvelables

Fin des énergies fossiles et du nucléaire

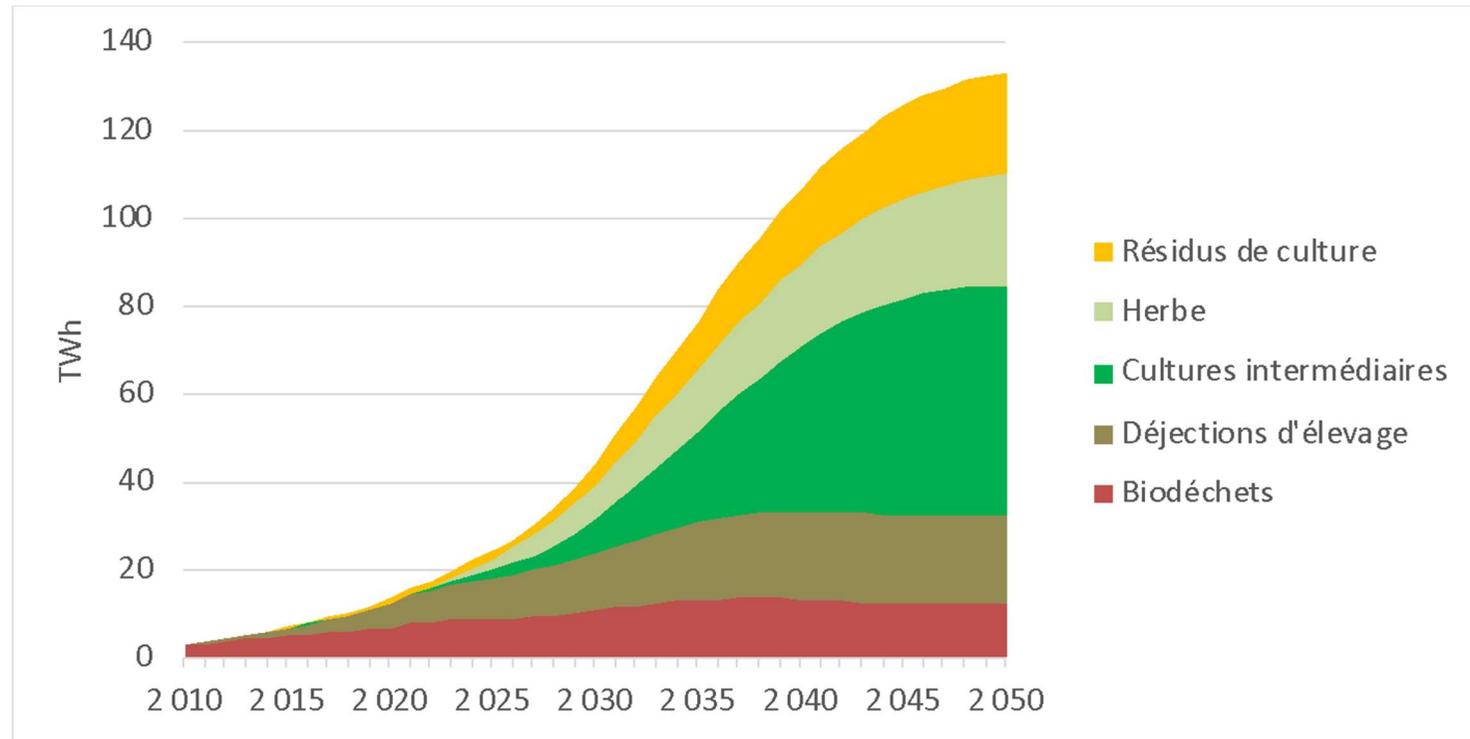


Bio-énergies

↘ Biomasse solide



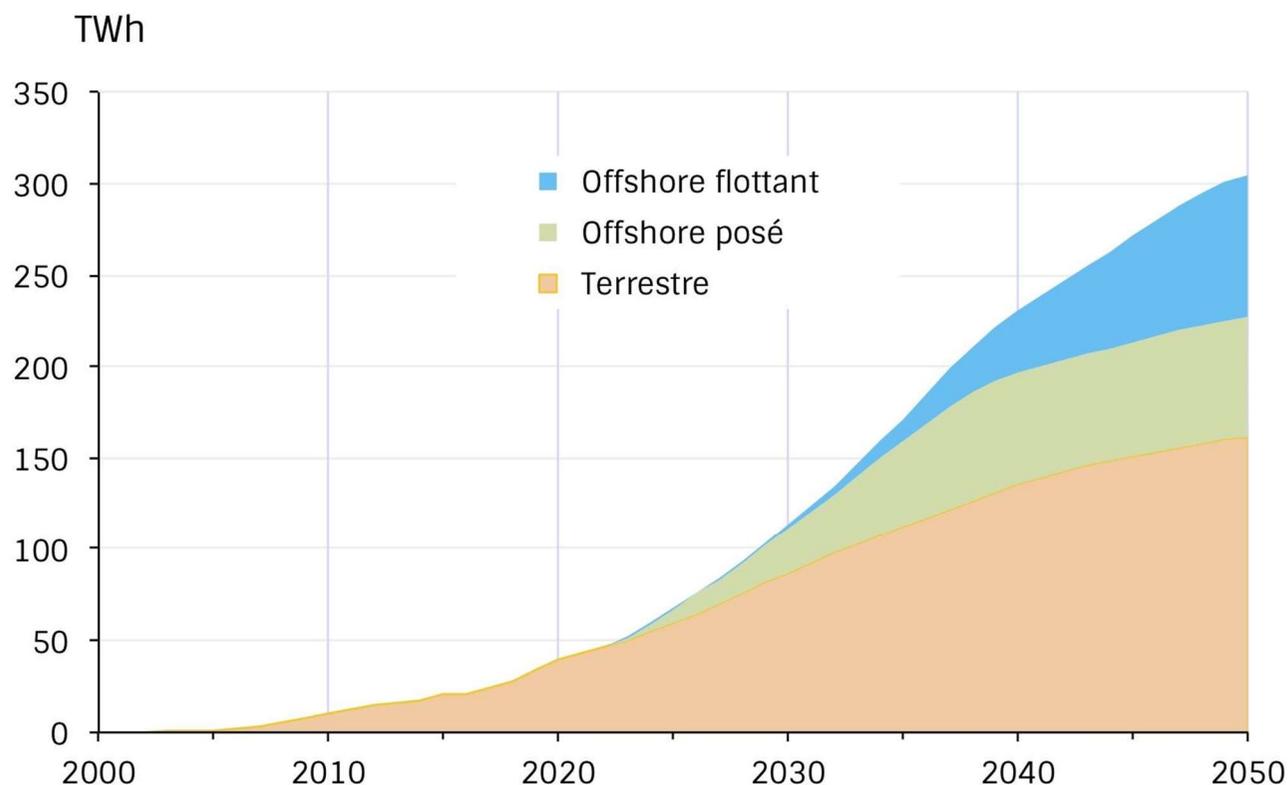
↘ Biogaz





Énergies renouvelables électriques

↳ L'éolien dans le scénario négaWatt



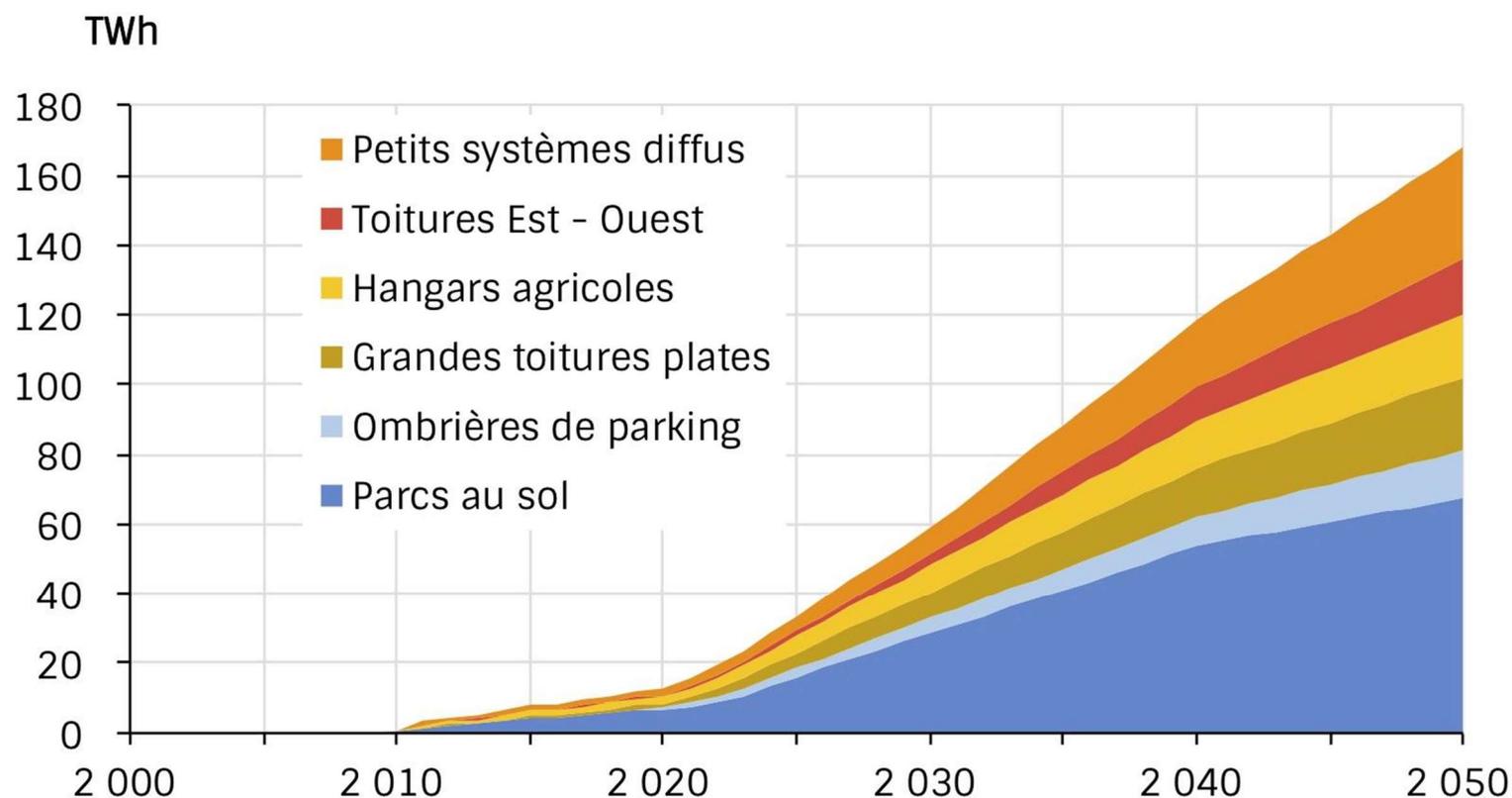
Production totale de **305 TWh** en 2050 dont :

- 162 TWh en terrestre
- 143 TWh en maritime

18 500 éoliennes terrestres en 2050 : multiplication par 2 par rapport à 2021.

Déploiement d'une filière industrielle française (notamment pour l'éolien maritime).

↳ Le photovoltaïque dans le scénario négaWatt



Production totale de
168 TWh en 2050.

4 GW installés / an

Des enjeux industriels
importants

Une grande diversité
d'installations.

Parcs au sol : pas de
concurrence avec les
usages agricoles.



Électricité 100% renouvelable, ça veut dire :



	Fin 2020 (67 M habitants)	2050 (72,3 M d'habitants)
Eolien terrestre	8 000 éoliennes 1 pour 8 400 hab	18 500 éoliennes 1 pour 4 000 habitants
Eolien en mer		3 200 éoliennes
Photovoltaïque	12 GWc 0,2 kWc par habitant	144 GWc 2 kWc (7m ²) par habitant
Autres sources		Hydraulique : légère diminution Énergies marines : incertitudes



Production

Développement des énergies renouvelables

Fin des énergies fossiles et du nucléaire

↘ Une orientation résolument 100 % renouvelable



Soutenabilité Le nucléaire, actuel ou nouveau, est intrinsèquement moins soutenable que les énergies renouvelables électriques.



Faisabilité Un système électrique 100 % renouvelable est possible à l'horizon 2050.



Performance L'éolien et le photovoltaïque sont plus rapides, plus fiables et moins coûteux à construire que les réacteurs nucléaires.

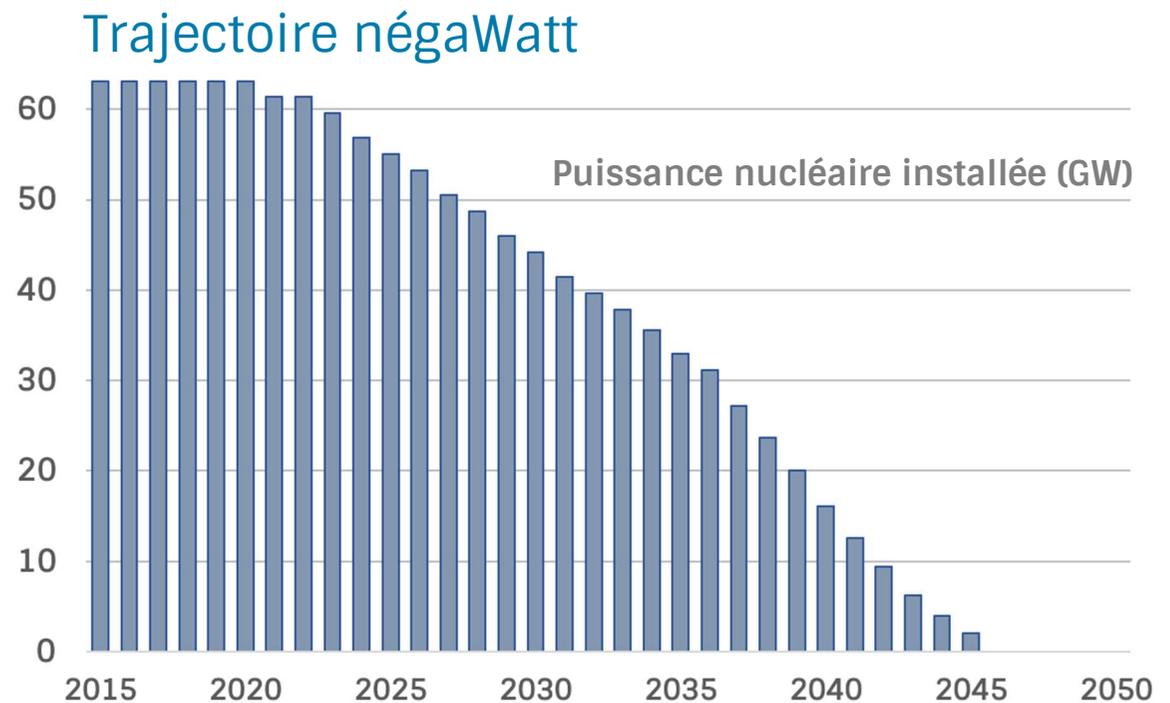
↘ Une fermeture maîtrisée et responsable du parc actuel



Orientations actuelles : prolongations massives post 40 et post 50 ans

Position négaWatt : aucune prolongation au-delà de 50 ans

- **Fermeture progressive des réacteurs**
- **Flexibilité** dans les dates d'arrêt pour garantir l'approvisionnement électrique
- **Prise en compte responsable** d'autres facteurs :
 - étalement (impact social)
 - fin des usines



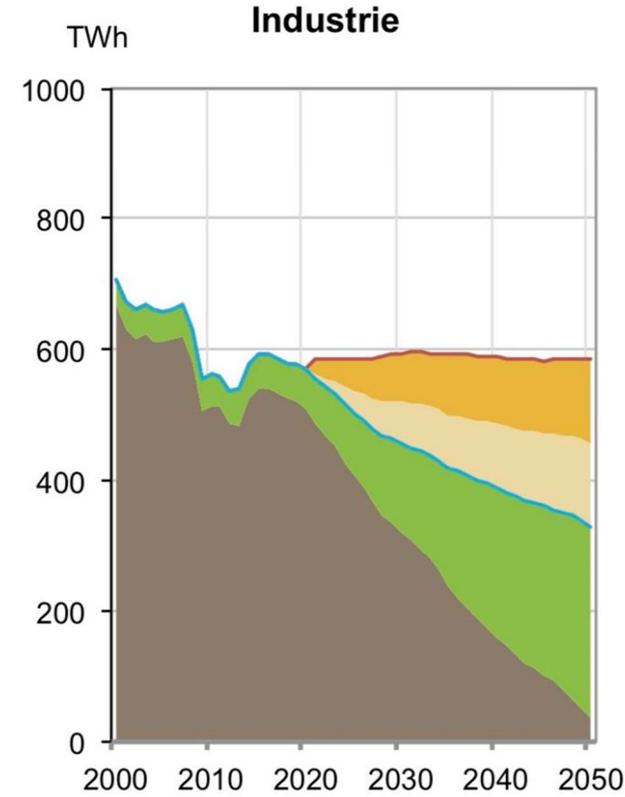
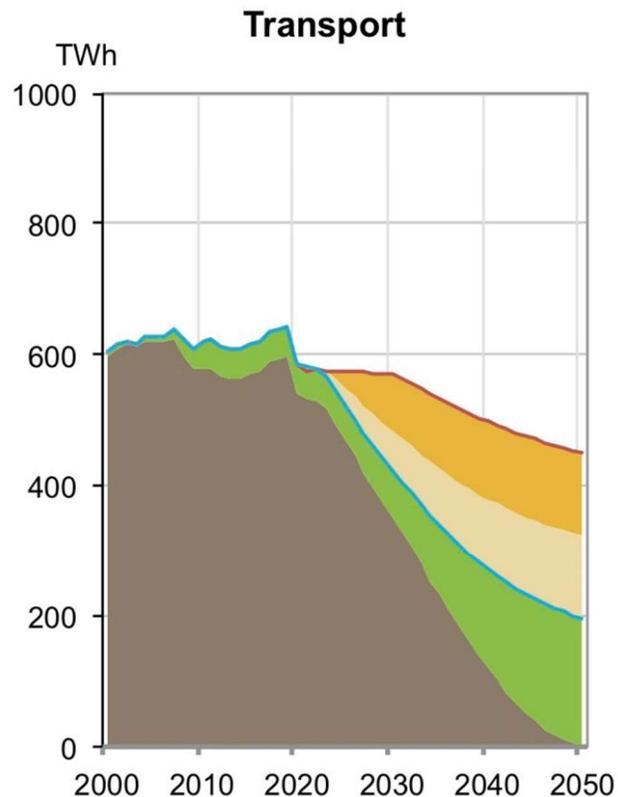
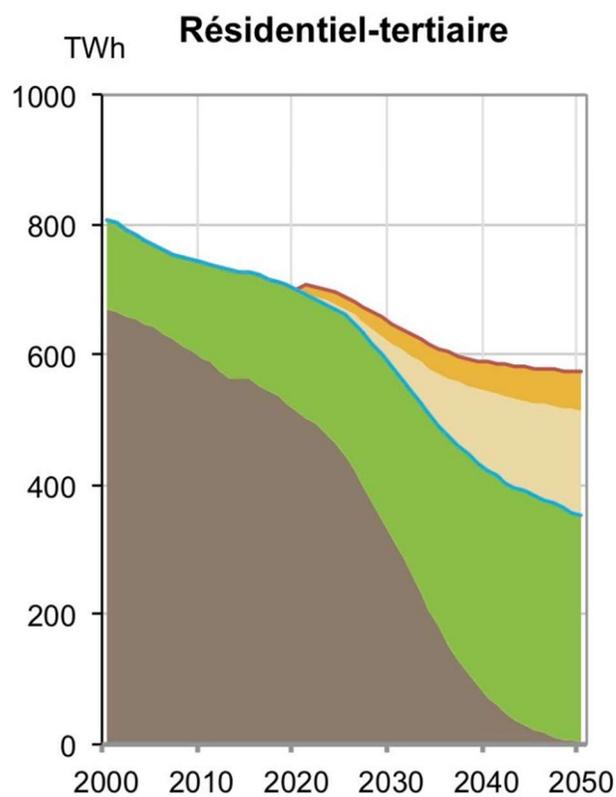


Bilan et résultats



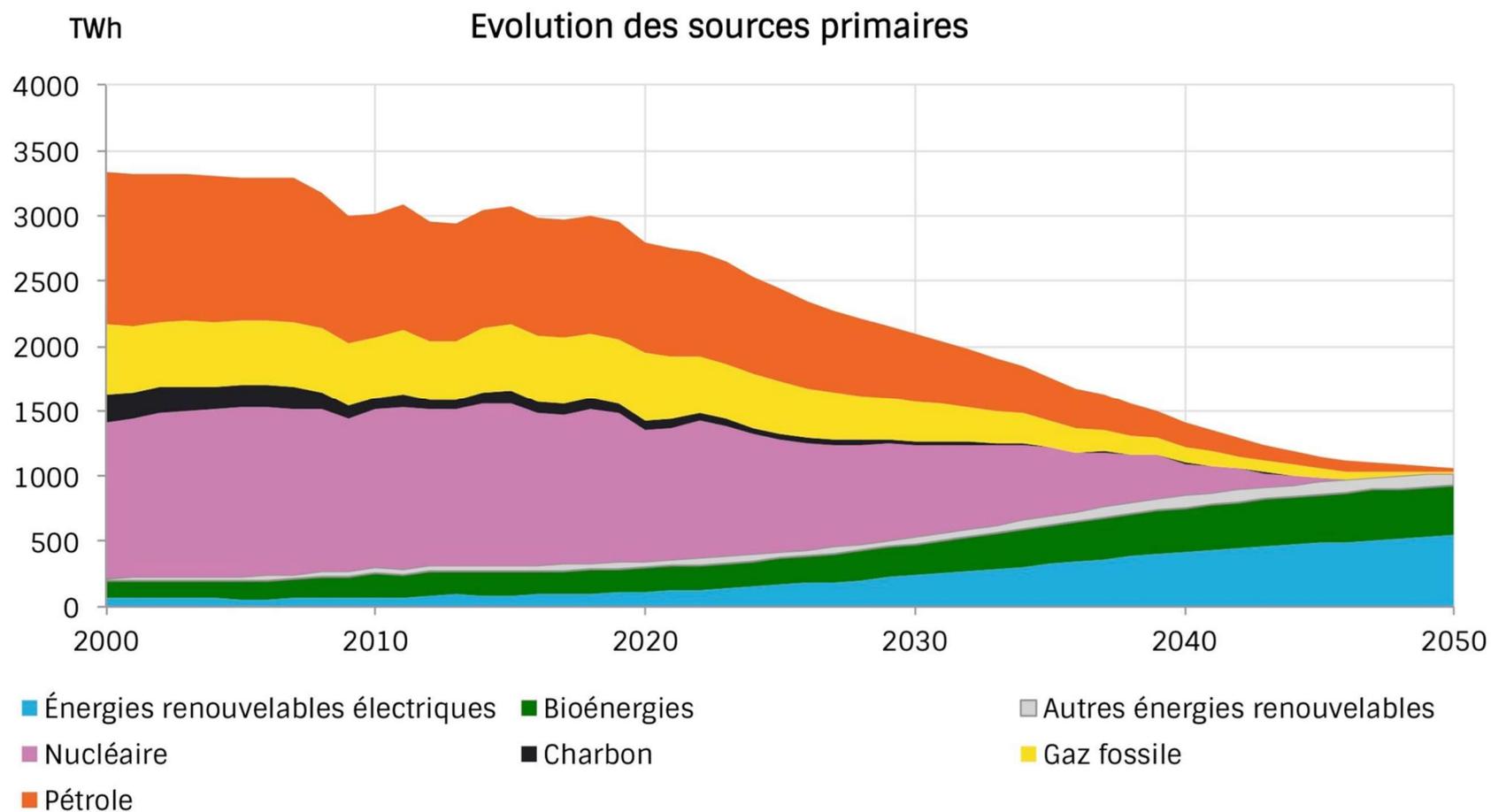
1. Bilan énergie

↘ Bilan en énergie finale : -53 %

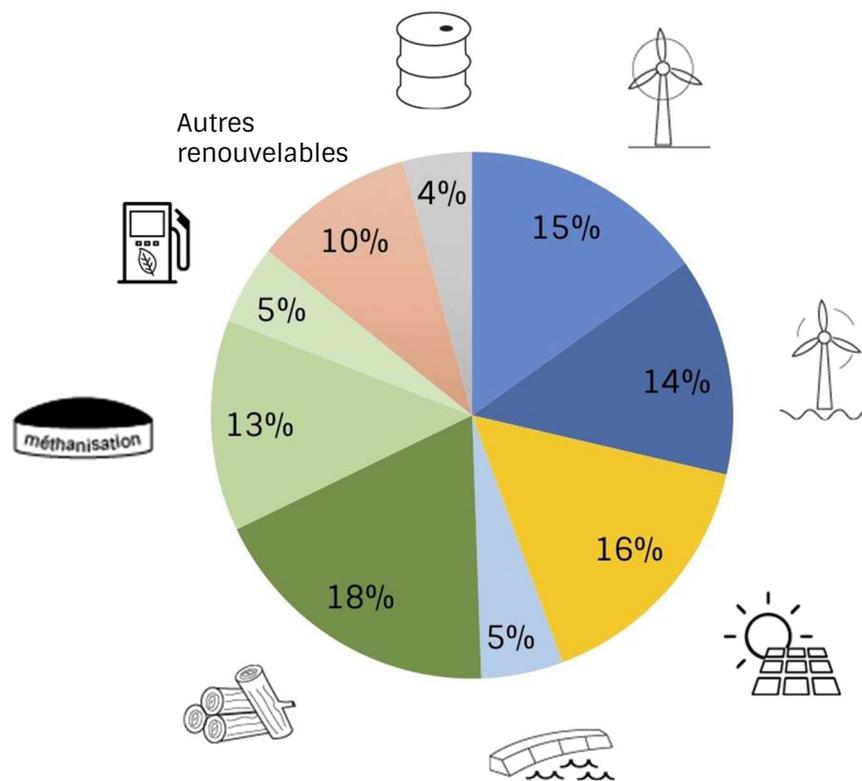


■ Sobriété ■ Efficacité ■ Renouvelables ■ Fossiles + Fissile ■ Tendanciel ■ Scénario nW 2022

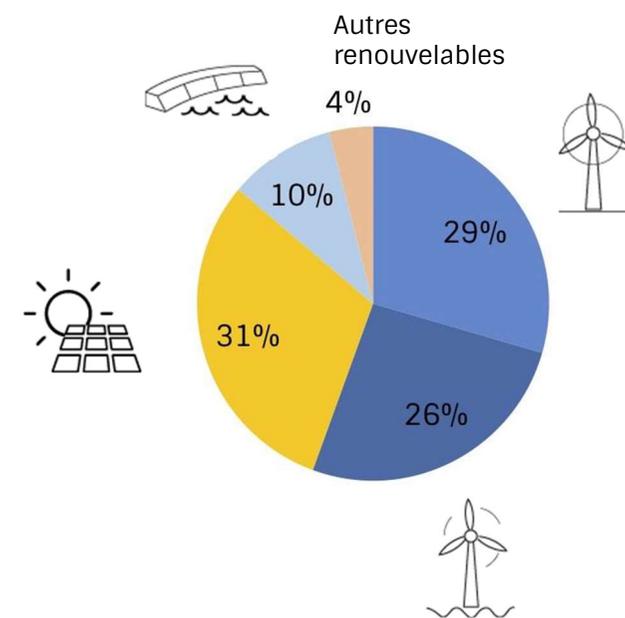
↘ La transition vers le 100 % renouvelable



↘ Mix énergétique et mix électrique en 2050



Mix énergétique 2050 - 1060 TWh



Mix électrique 2050 - 550 TWh

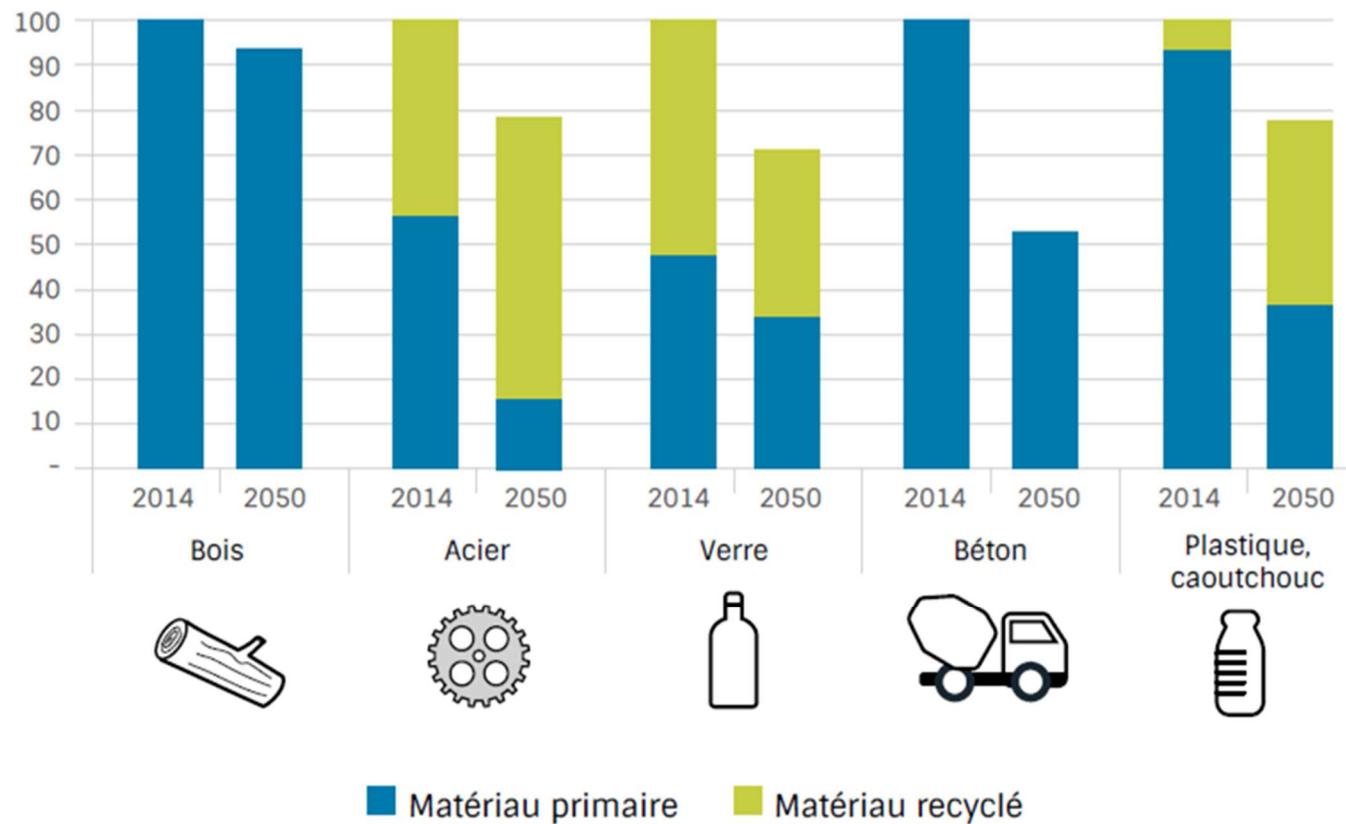


2. Bilan matières

↘ Une consommation de matériaux en baisse



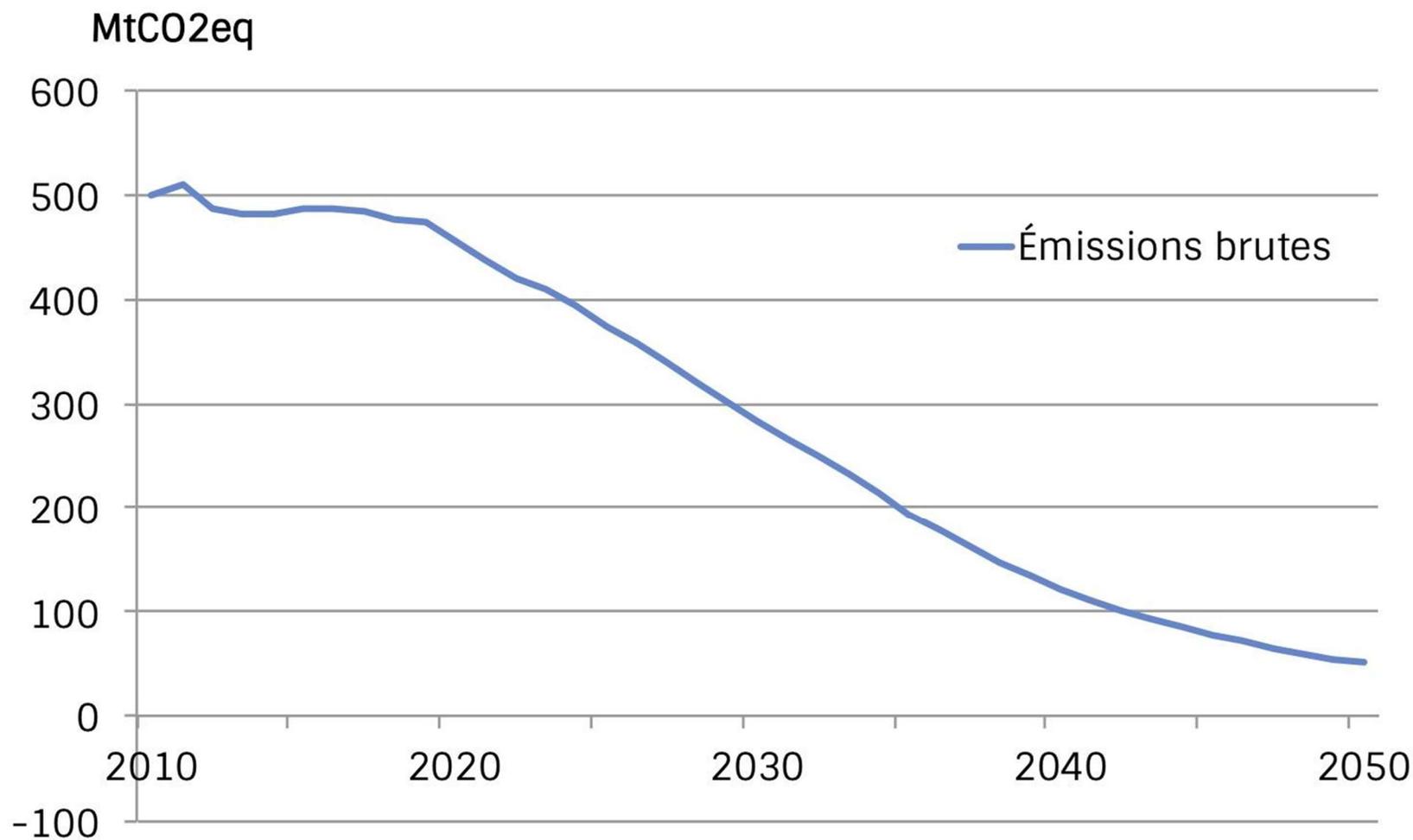
Evolution de la consommation de matériaux primaires et recyclés





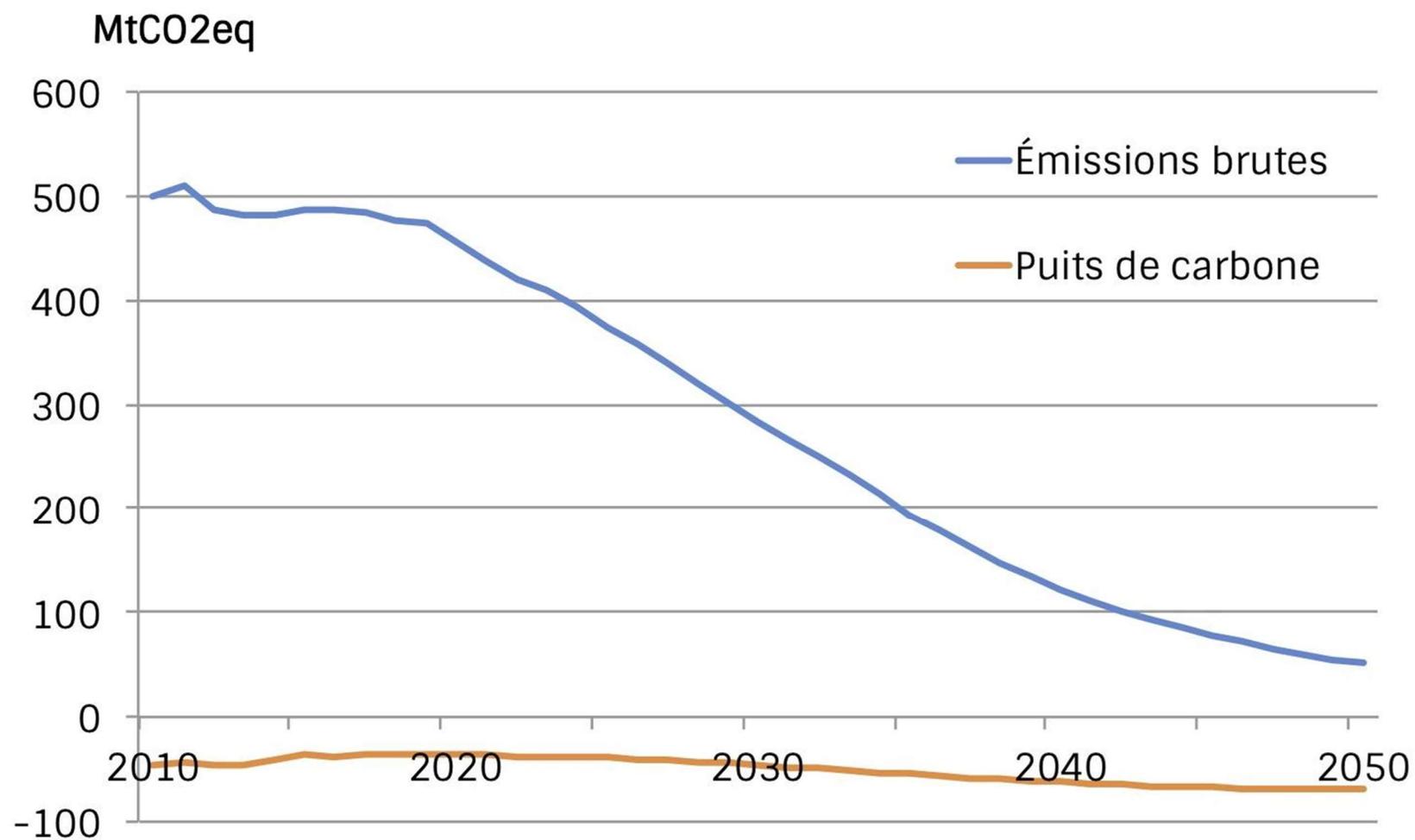
3. Bilan gaz à effet de serre

↘ Une forte décarbonation permet la neutralité carbone

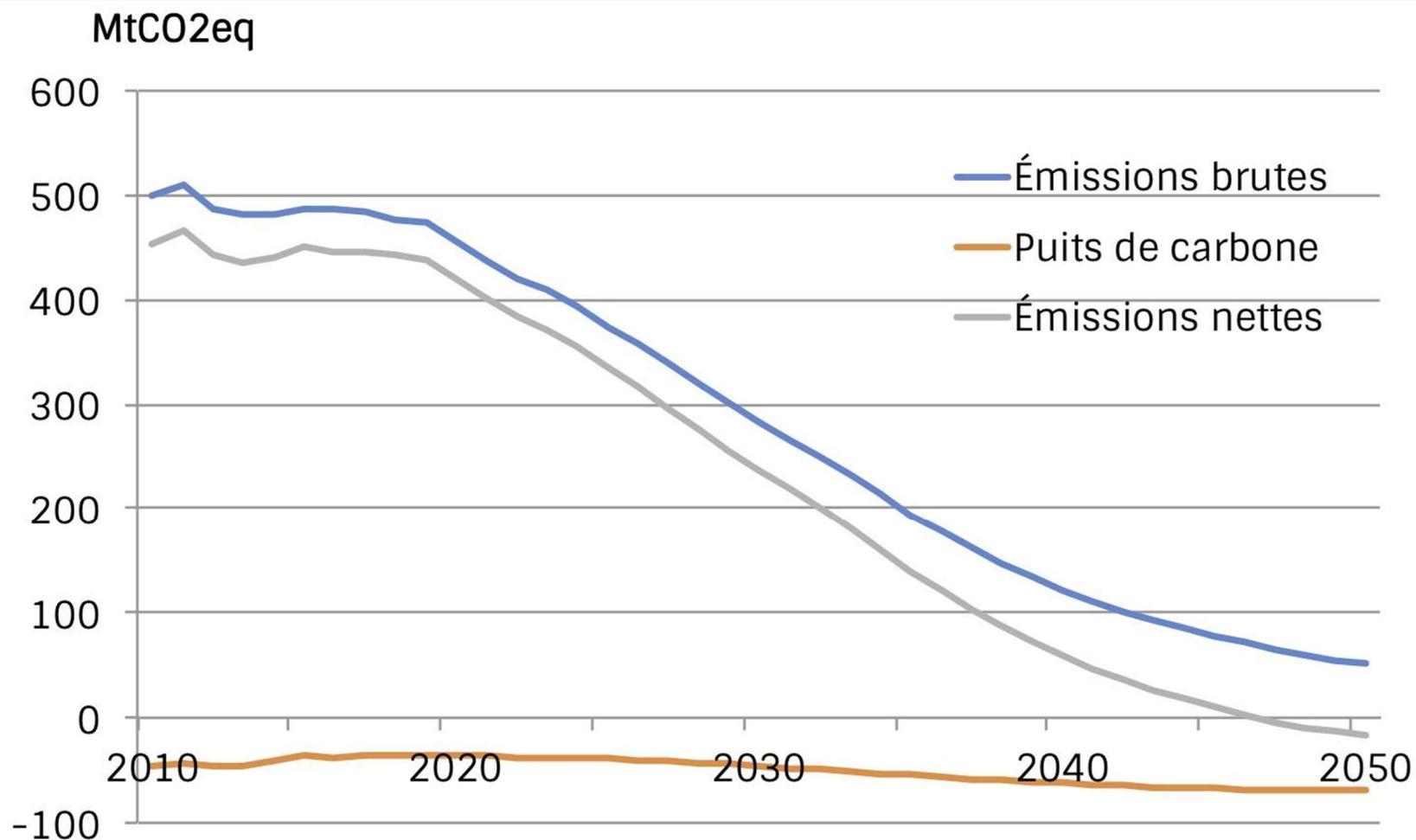


Des émissions territoriales de GES divisées par 9 entre 2019 et 2050

↘ Une forte décarbonation permet la neutralité carbone



↘ Une forte décarbonation permet la neutralité carbone



La neutralité
carbone atteinte
en 2047

↳ Ce qu'il faut retenir



- **La neutralité carbone est atteinte en 2047** pour les émissions territoriales (+ sources internationales)
→ les puits absorbent davantage que ce qui est émis.
- Si le monde suit une trajectoire similaire au scénario négaWatt, **l'absorption des puits est égale à l'empreinte carbone en 2050.**
- Le **cumul des émissions** en empreinte est **compatible avec le scénario RCP 1.9 du GIEC qui permet de limiter l'élévation de température à 1,5 °C.**



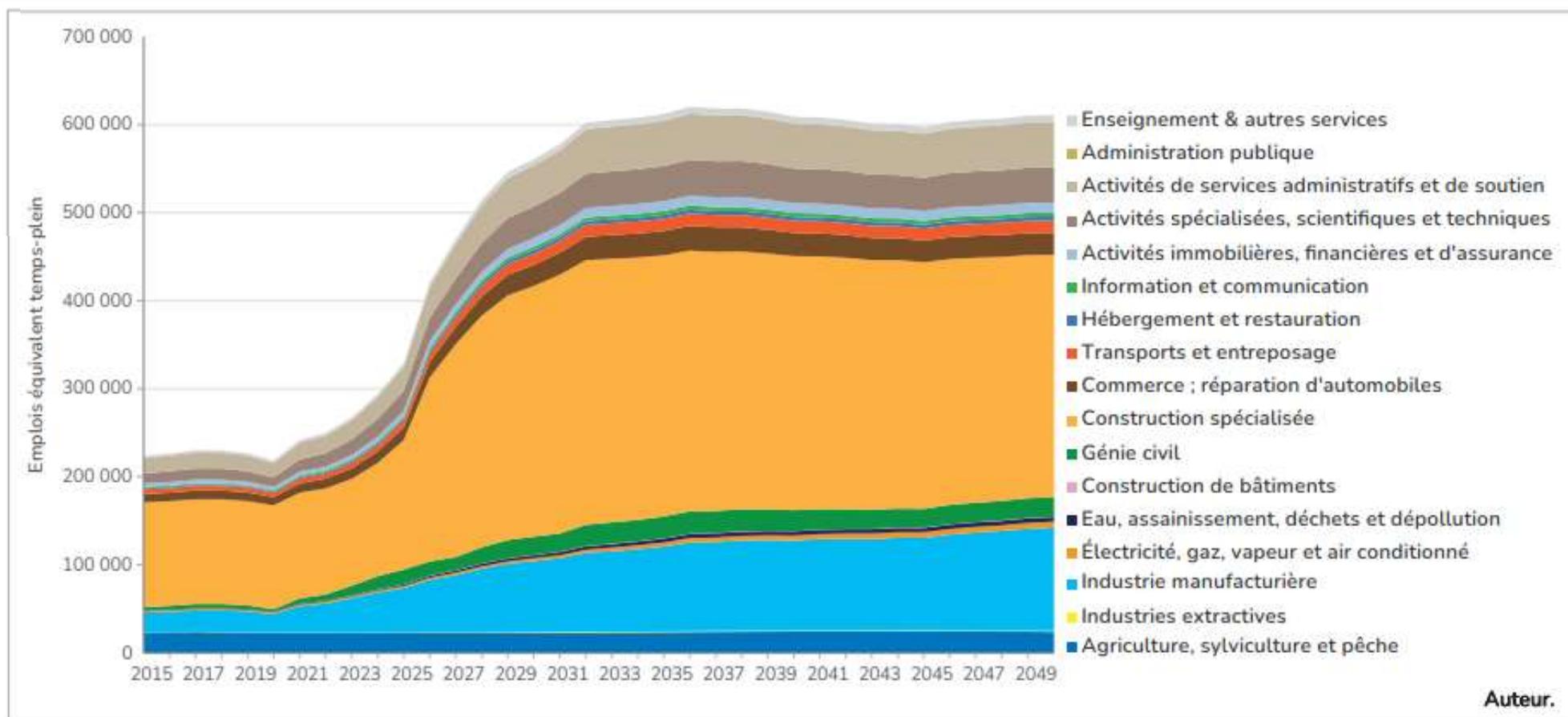
4. Impacts socio- économiques & santé

↘ Un mode de développement plus désirable



- ↘ **Emploi** : un effet globalement (très) positif
Création de plus de 500 000 emplois qualifiés dans des secteurs clés
 - **rénovation des bâtiments**
 - **énergies renouvelables**Et des créations attendues dans d'autres secteurs
 - **transports en commun**
 - **réparation, recyclage, accompagnement à la sobriété, etc.**
- ↘ Des relocalisations industrielles et de nouvelles filières d'avenir
- ↘ Des pratiques de coopération et de gouvernance fondées sur un meilleur partage des ressources, de l'échelle locale à l'échelle internationale

➤ Réflexion sur l'emploi



Source : étude de Philippe QUIRION du CIRED :
<https://www.ofce.sciences-po.fr/pdf/revue/01-1760FCE.pdf>

Création de **400 000 emplois**

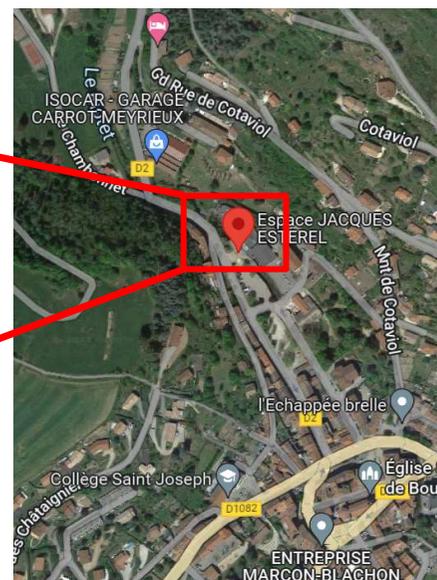
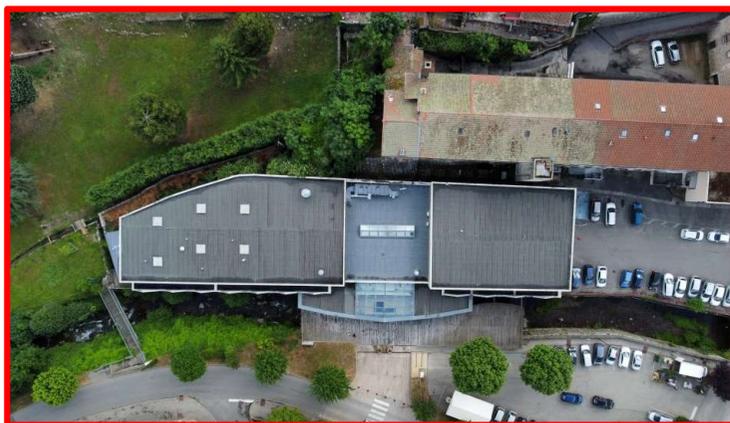
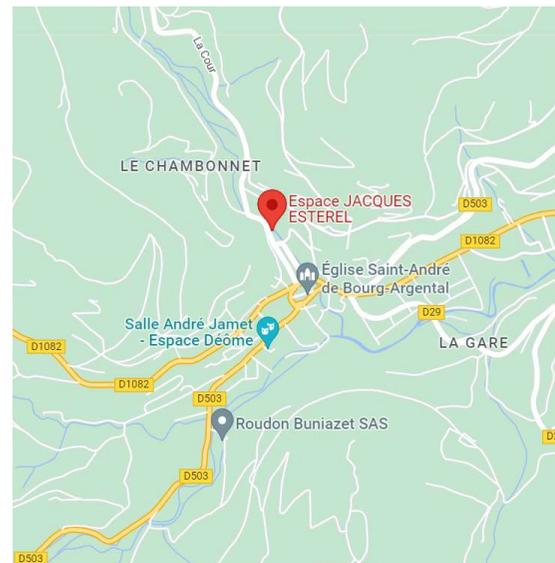
Exemple du Centre Culturel de Bourg Argental

Commune : 42 220 Bourg-Argental

Adresse : Pl. Alfred Guyotat

Coordonnées : 45.29, 4.56

Altitude : 548 m



DESCRIPTION DU SITE

Vues en drone du site



Toiture à très faible
pente < 5° hormis
verrière actuelle

 Toiture **privilégiée** pour l'implantation
de panneaux photovoltaïques
(hors compatibilité étanchéité+isolant)

 Toiture **privilégiée** pour l'implantation :
après rénovation bac acier

 Toiture **déconseillée** :
ombrage, encombrement



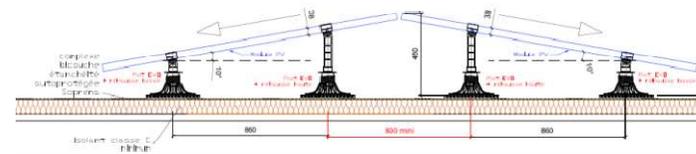
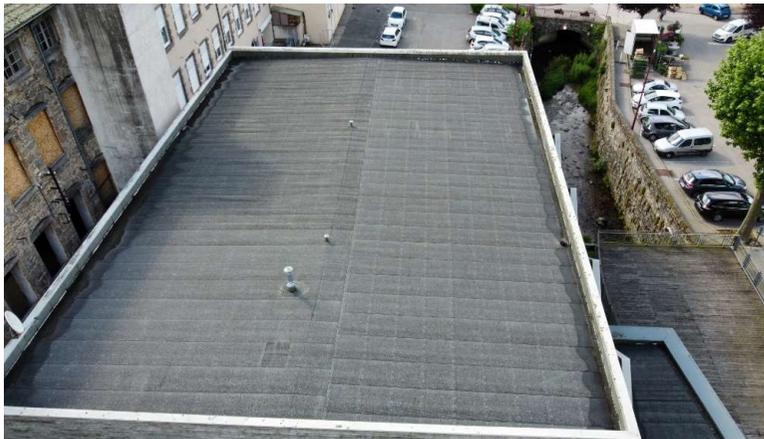
TOITURE

Pose sur toiture plane : étanchéité+isolant a priori non compatibles



→ Système thermocollé sur étanchéité

Solution SOPRASOLAR ou équivalent

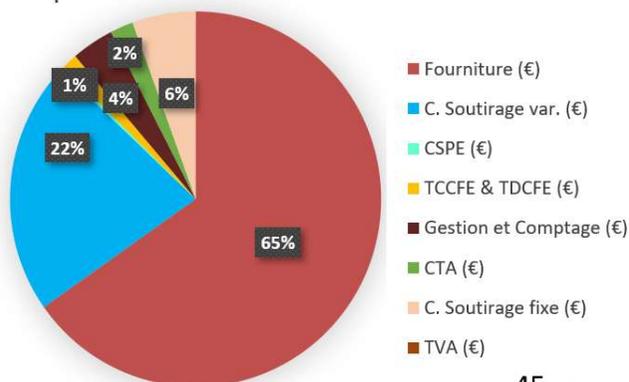


Dômes orientés EST/OUEST

Nécessité de rénovation des toitures pour rendre compatible le PV..

CONSOMMATION ELECTRIQUE

Répartition des coûts d'électricité du réseau



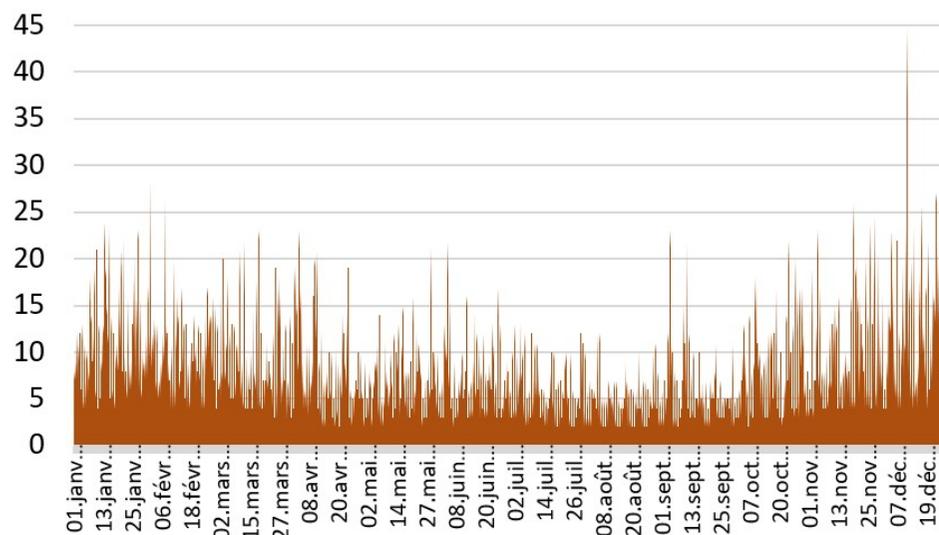
Fourniture : 65 % de la facture

Consommation relativement stable
mais avec un talon bas : 5 kW

Consommation totale annuelle
cumulée : 70,3 MWh

→ Schéma
d'autoconsommation
adapté avec un
dimensionnement
permettant un tarif de
revente de surplus
intéressant

→ Point de vigilance :
Puissance souscrite actuelle de 54 kVA
(si production PV supérieure à 66 kVA,
échange nécessaire avec ENEDIS)



CALEPINAGE DE L'INSTALLATION

Calepinage : 108 kWc

Informations système

Puissance panneau : 400 Wc

Nombre de panneaux : 270

Dimensions panneau : 1,754 x 1,096 (m²)

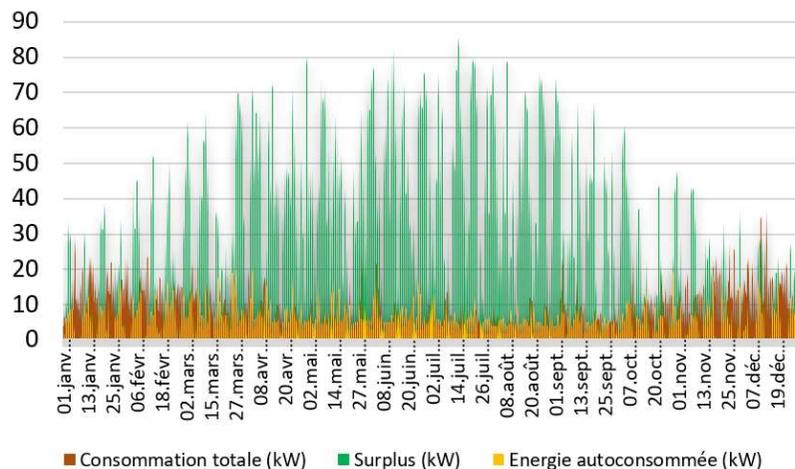
Puissance installée : 108 kWc



Installation > 100 kWc : tarif de revente du surplus à 11,07 c€/kWh au lieu de 6 c€/kWh pour les installations < 100 kWc

BILAN ENERGETIQUE

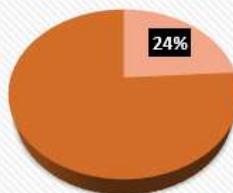
Scénario : 108 kWc



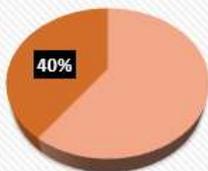
Bilan énergétique

Nombre de panneaux : 270
 Puissance installée : 108 kWc
 Productible : 1 113 kWh/kWc.an
 Consommation : 70 MWh
 Production : 120 MWh
 Energie autoconsommée : 28 MWh

Taux d'autoconsommation



Taux d'autoproduction

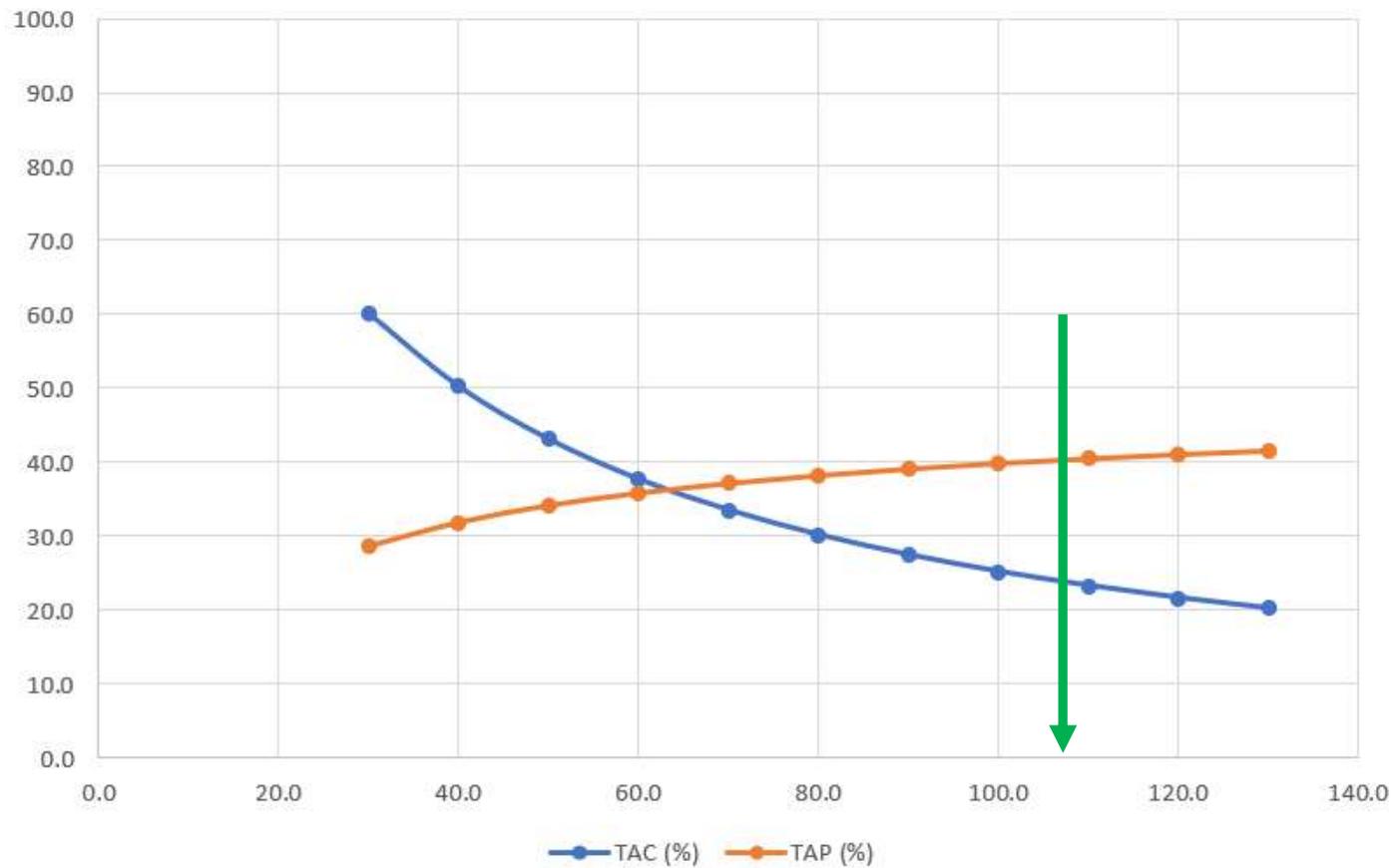


BILAN ENERGETIQUE

Etude de sensibilité :

Taux autoconsommation (TAC) et taux d'autoproduction (TAP)

TAC et TAP (%) fonction de la puissance crête (kWc)



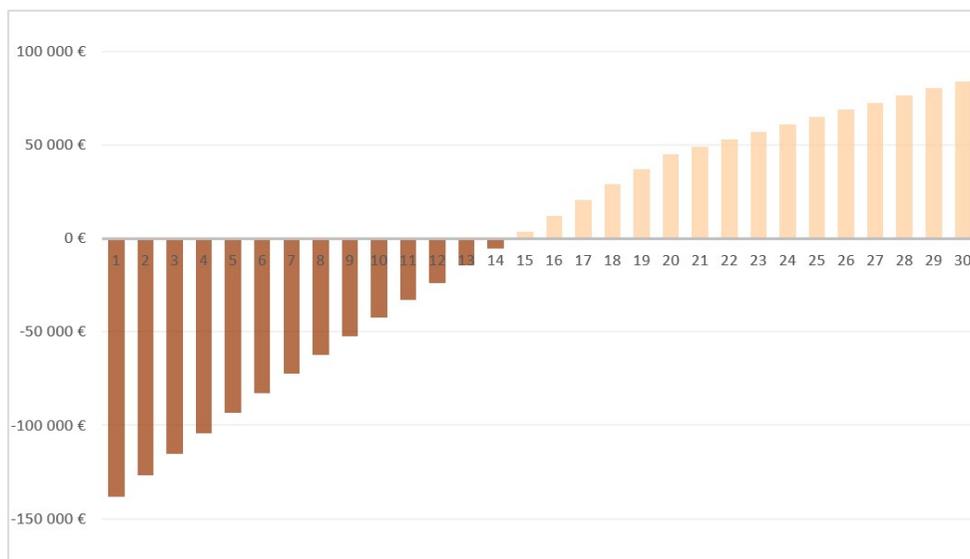
ESTIMATION INVESTISSEMENT

108 kWc

CAPEX	€
Fourniture et pose modules photovoltaïques	52 920
Onduleurs	14 283
Préparation Chantier + Couverture	5 500
Système d'intégration	22 000
Câblage en toiture jusqu'au coffret DC	4 800
Coffret AC + TDGS	3 300
Bureau de contrôle + Ingénierie + Etude structure	10 000
Divers (signalisation, télé-suivi, AU, documentations DOE, contrat maintenance, extension garantie onduleur, remise état site)	9 600
Fourniture et pose Bac acier sur verrière	0
Tranchées	
Câblage AC jusqu'au point de livraison	1 050
Armoires électriques	1 500
TVA	24 991
Investissement total (€ TTC)	149 944
Investissement net de subvention (€ TTC)	149 944
Prix au Wc (€ TTC/Wc)	1,39

OPEX	€ TTC/an
Taxe IFR	0
Maintenance et entretien	1 404
Assurances RC	540
Charges d'exploitation totales (€ TTC/an)	1 944

BILAN ÉCONOMIQUE



RESULTATS SUR L'INVESTISSEMENT

Taux d'actualisation	2,5 % / an
CA actualisé sur 30 ans	304 194 €
Résultat avant impôt sur 30 ans	185 419 €
TRB (Temps de Retour Brut)	12,7 ans
TRI (Taux de Rentabilité Interne)	6,64%
VAN (Valeur Actuelle Nette)	84 047 €
TRA (Temps de Retour Actualisé)	15,6 ans
TEC (Tx d'enrichissement du capital)	0,56

↘ Conclusion



Ce qu'on peut retenir de ce scénario :

- Un chemin possible vers une société plus respectueuse de la planète, des ressources et de l'humain.
- Ce chemin implique une transition sociétale forte, mais une transition possible et progressive.

Les conséquences du dérèglement climatique sont déjà visibles, nous ne pouvons plus attendre...

→ Il nous faut agir vite pour limiter ces effets et préserver l'ensemble de la population, de manière socialement juste.



↘ Pour aller plus loin



→ De nombreuses ressources disponibles sur :

www.negawatt.org

Synthèse du scénario

Rapport complet

Graphiques dynamiques

Replay de la présentation complète

Soutenez négaWatt

**Adhérez ou faites
un don sur
www.negawatt.org**

→ Des réponses aux idées reçues sur la transition énergétique sur :



www.decrypterlenergie.org