

Scénario négaWatt 2017-2050

Un scénario de transition
énergétique pour la France

Jeremy Celsan, Laure Charpentier,
Stéphane Chatelin

Association négaWatt

le 13/06/2017 à Alixan



Soutenu par la Fondation
Charles Léopold Mayer pour le
progrès de l'Homme

↳ Qui sommes-nous ?



- Créée en 2001 par des experts et praticiens de l'énergie
- Missions :
 - Prospective énergétique : le scénario négaWatt
 - Réflexion stratégique et politique
 - Plaidoyer, lobbying à l'échelle nationale
 - Mesures et propositions
- Regroupe une vingtaine de membres actifs + 25 ambassadeurs
- Plus de 1000 membres nous soutiennent



- Créé en 2009
- Filiale et outil opérationnel de l'association



1.1

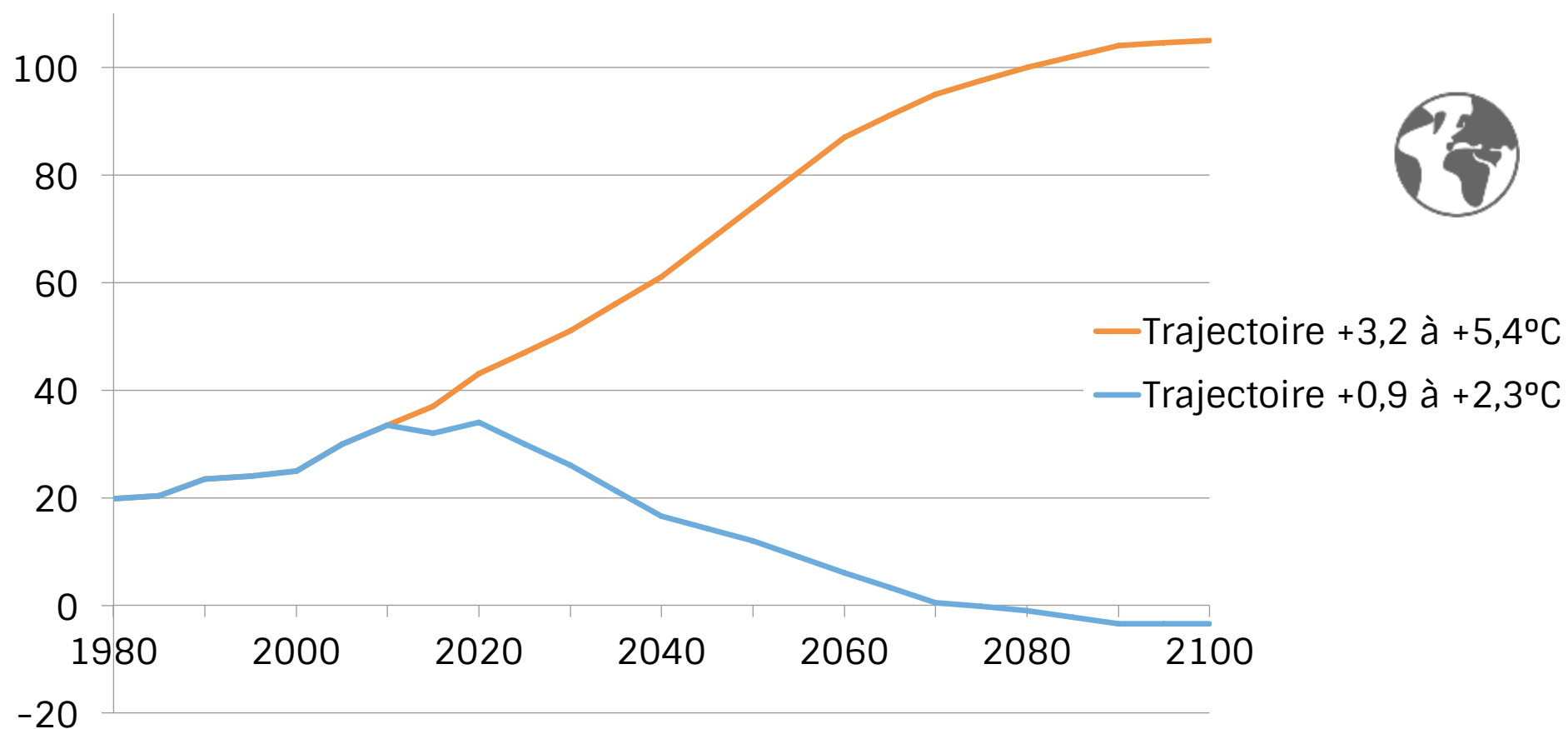
Contexte

- L'urgence de l'action
- La transition énergétique a démarré

Urgence climatique mondiale

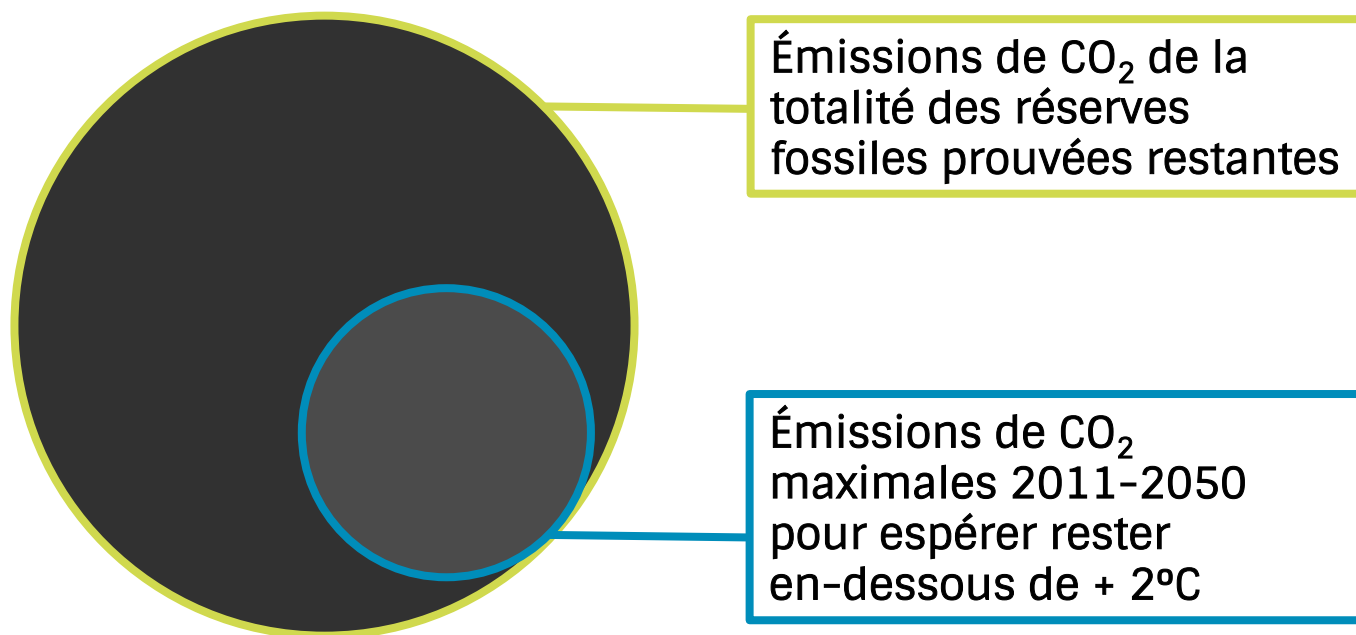


Mds t CO₂ / an



Scénarios du GIEC

↳ Laisser 80 % des ressources fossiles dans le sol



Source : CarbonTracker, 2011

➤ Risques technologiques



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



Tchernobyl, 1986



Fukushima, 2011

↳ Les raisons d'agir sont multiples



- Changement climatique
- Épuisement des ressources
- Risque nucléaire
- Crises géopolitiques
- Déficit de la balance commerciale
- Pollution de l'air
- Précarité énergétique

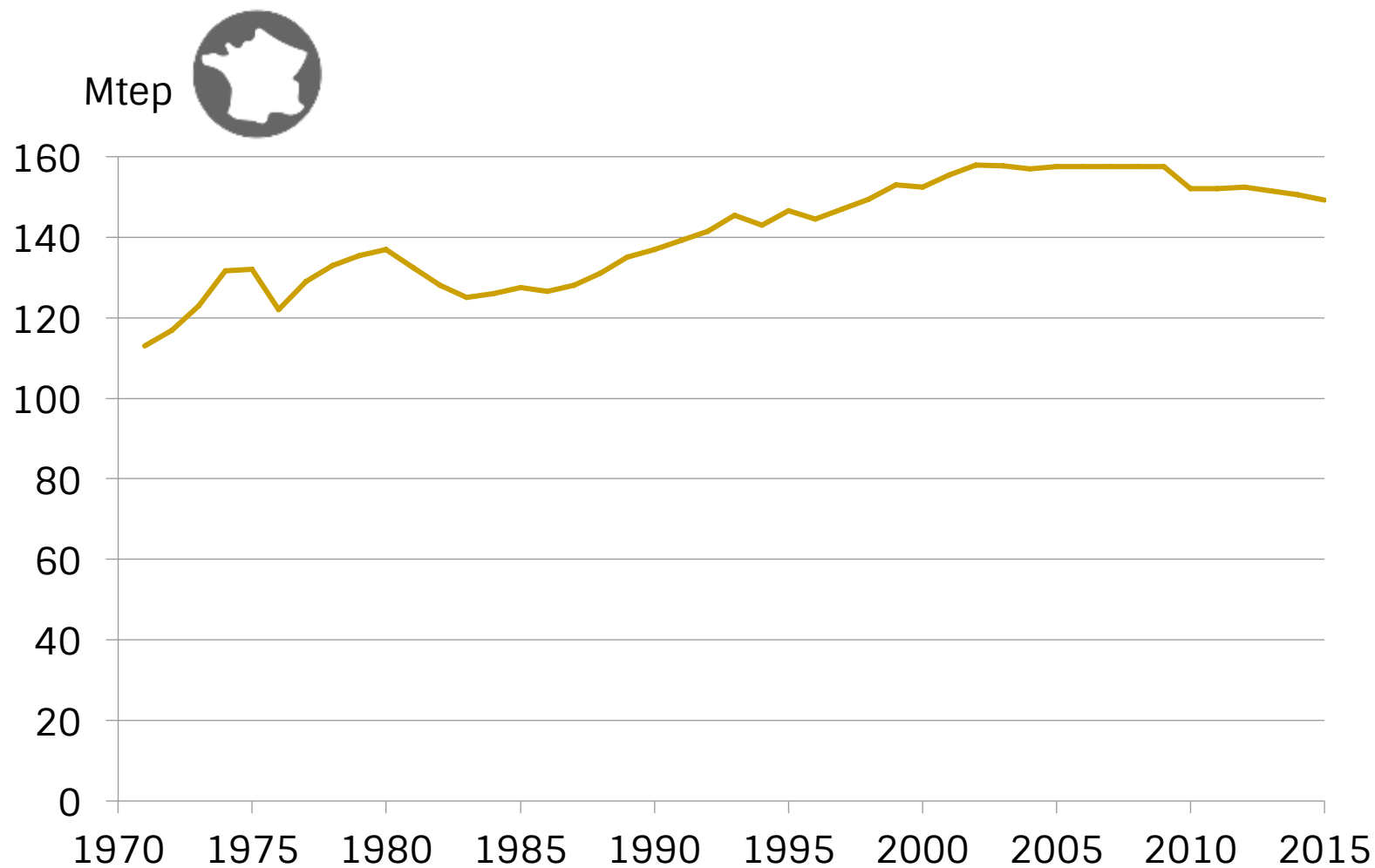


1.2

Contexte

- L'urgence de l'action
- La transition énergétique a démarré

↘ Stabilisation de la consommation d'énergie finale

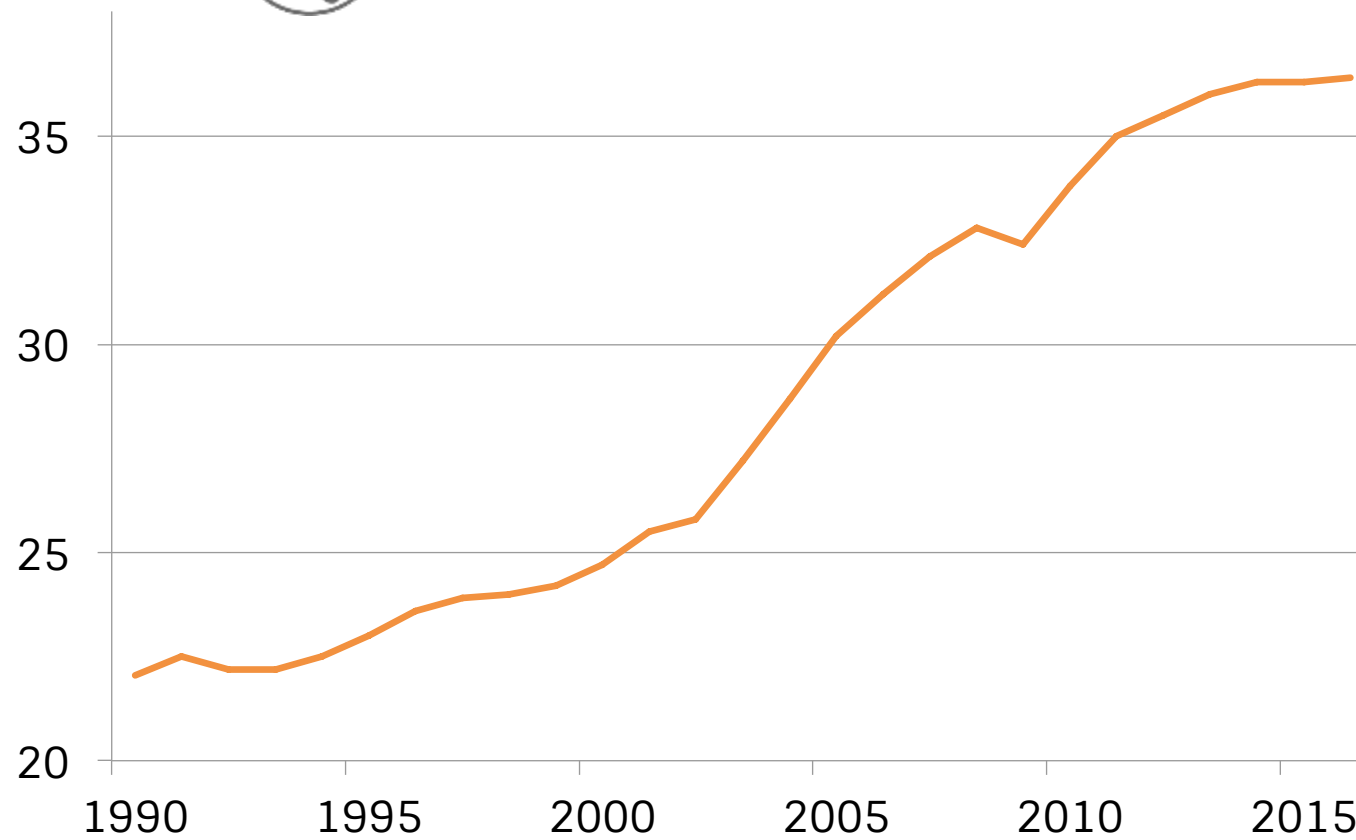


Consommation française d'énergie finale (corrigée du climat)

↘ Inflexion des émissions mondiales de CO₂



Mds t CO₂ / an



↘ La transition énergétique est engagée



- Stabilisation des consommations d'énergie et des émissions de CO₂
- Des scénarios 100 % renouvelables qui émergent à travers le monde



NREL (USA)

Energy [R]evolution (international)

100% renewable electricity
A roadmap to 2050 for Europe and North Africa

Reinventing Fire (USA)

ZERO CARBON BRITAIN
Rethinking the Future

Zero Carbon Britain (UK)

Das Regenerative Kombikraftwerk
Zu jeder Zeit und bei jedem Wetter eine verlässliche Stromversorgung allein mit Erneuerbaren Energien.

Kombikraftwerk (Allemagne)

↘ La transition énergétique est engagée



- Stabilisation des consommations d'énergie et des émissions de CO₂
- Des scénarios 100 % renouvelables qui émergent à travers le monde
- Des acteurs de tous types qui s'engagent...
- Des énergies renouvelables majoritaires dans les nouveaux moyens de production installés

La transition énergétique est engagée.

Il faut désormais passer rapidement à la vitesse supérieure.



2. Énergie : quelques notions

↳ L'énergie dans tous ses états



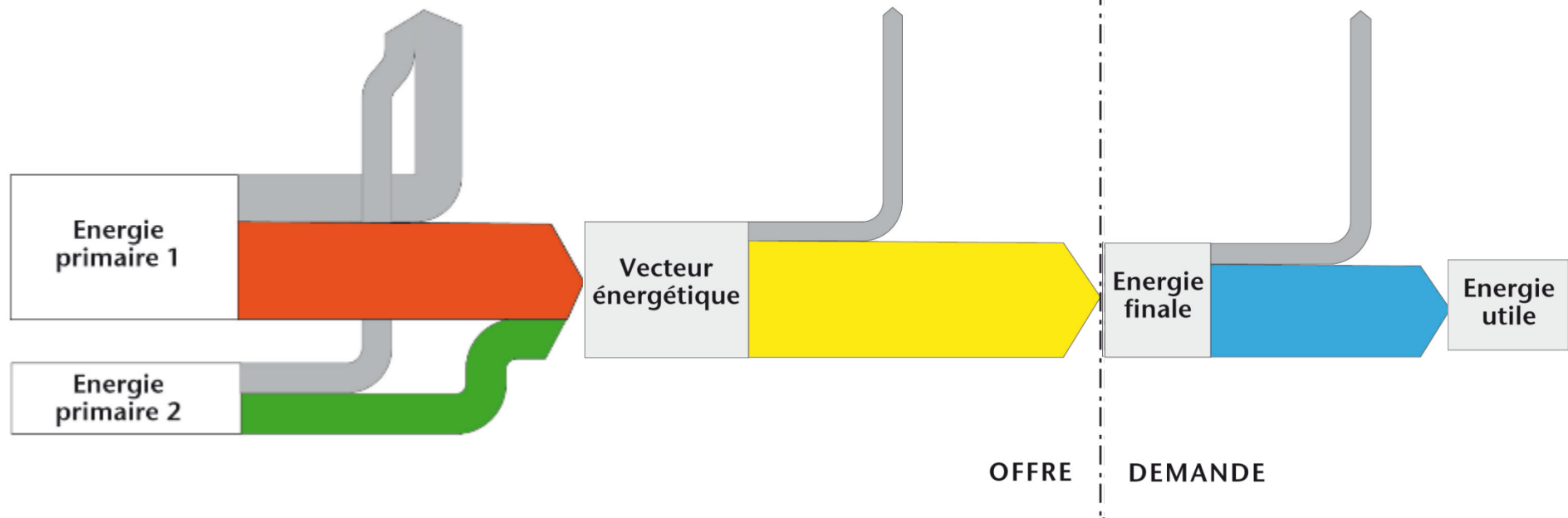
Pertes à la production



Pertes au transport et à la distribution



Pertes à la consommation



Représentation/décomposition d'une chaîne énergétique

Des usages aux ressources primaires - 2015



Sources primaires

Fossiles



48 %

Nucléaire



42 %

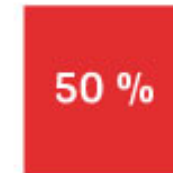
Renouvelables



10 %

Usages finaux

Chaleur



Mobilité



Electricité spécifique



Des usages aux ressources primaires - 2015



Sources primaires

Vecteurs finaux

Usages finaux

Fossiles



48 %

Nucléaire



42 %

Renouvelables



10 %

Carburants et combustibles liquides : 41 %

Gaz : 23 %

Electricité : 23 %

Combustibles solides : 10 %

Réseaux de chaleur, solaire thermique, chaleur environnement : 3 %

Chaleur

50 %



Mobilité

35 %



Electricité spécifique

15 %



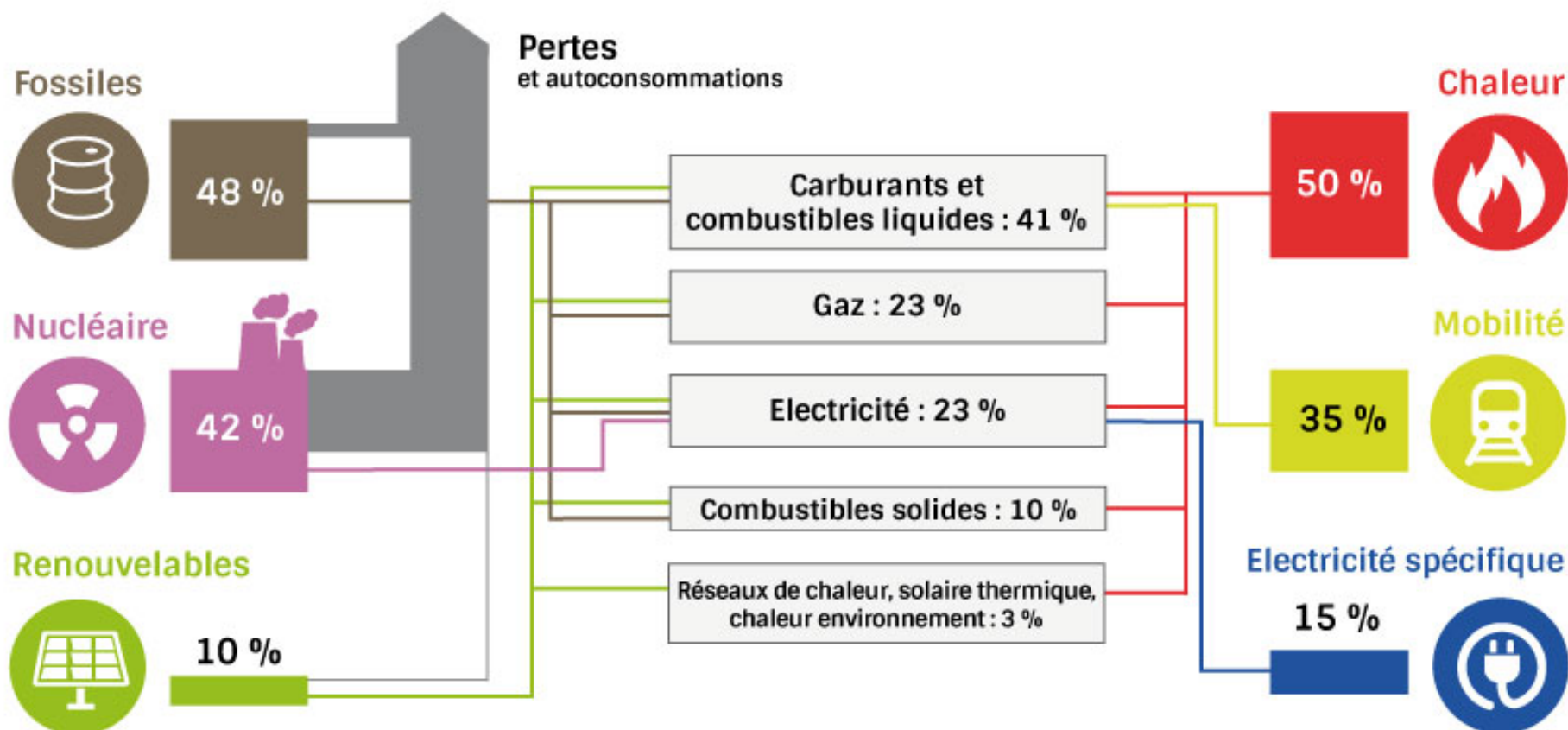
Des usages aux ressources primaires - 2015



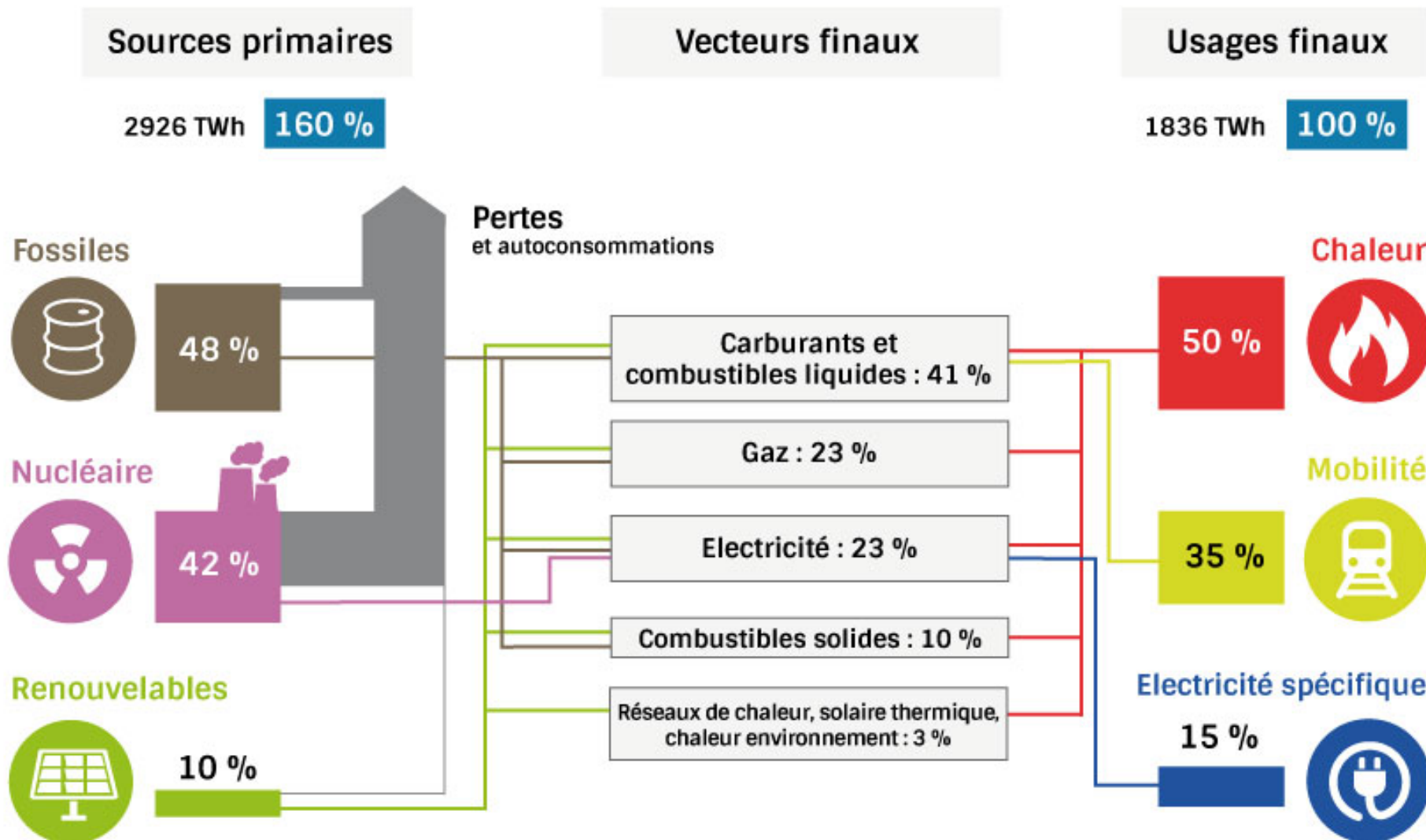
Sources primaires

Vecteurs finaux

Usages finaux



Des usages aux ressources primaires - 2015

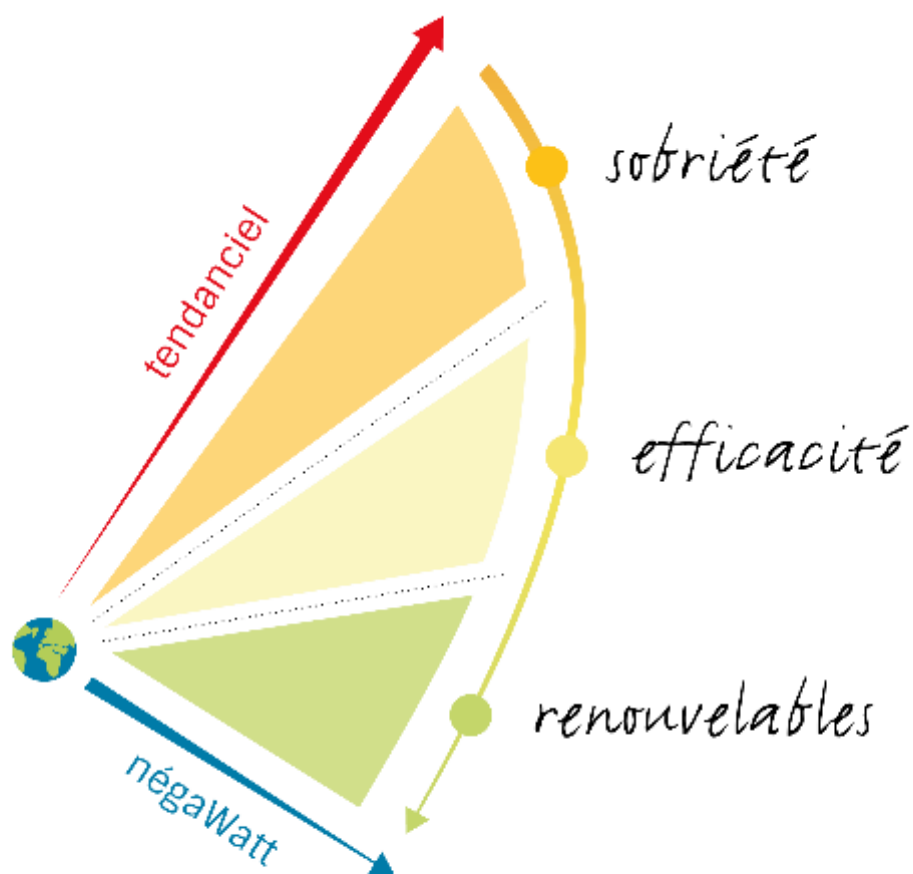




3.

La démarche négaWatt

↘ La démarche négaWatt



Prioriser les besoins énergétiques essentiels

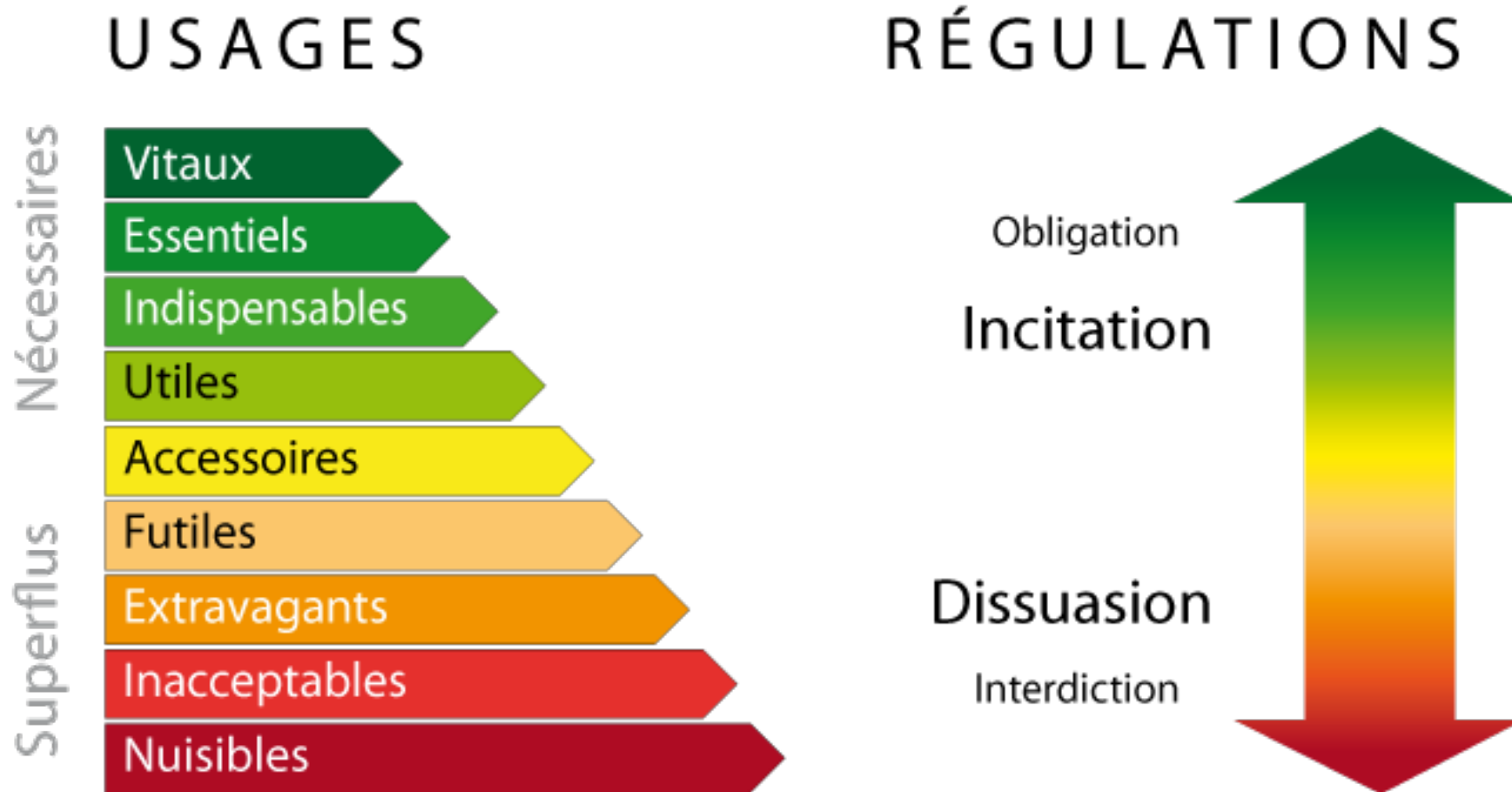
Réduire la quantité d'énergie nécessaire à la satisfaction d'un même besoin

Privilégier les énergies renouvelables

Demande d'énergie

Production

Un nouveau regard sur nos besoins



↘ Sobriété ou ébriété énergétique ?



Crédit photo : wfeiden

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

↘ Les quatre efficacités



1

**Efficacité à la construction/
fabrication**

Énergie grise

Optimisation énergétique en
amont et en aval de l'utilisation

- Exemple : construction en bois



Crédit photo : Menuiserie Bishop (26)

↘ 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



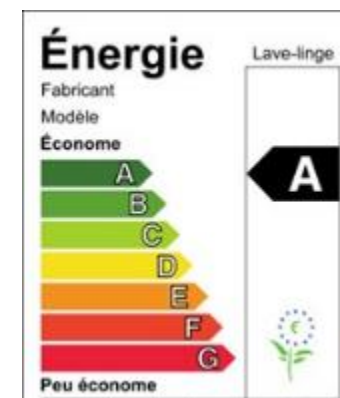
Crédit photo : Enertech

↘ Les quatre efficacités



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
3	Efficacité d'appareillage	Énergie finale	Rendement des appareillages et des équipements, limitation des pertes

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



↘ Les quatre efficacités



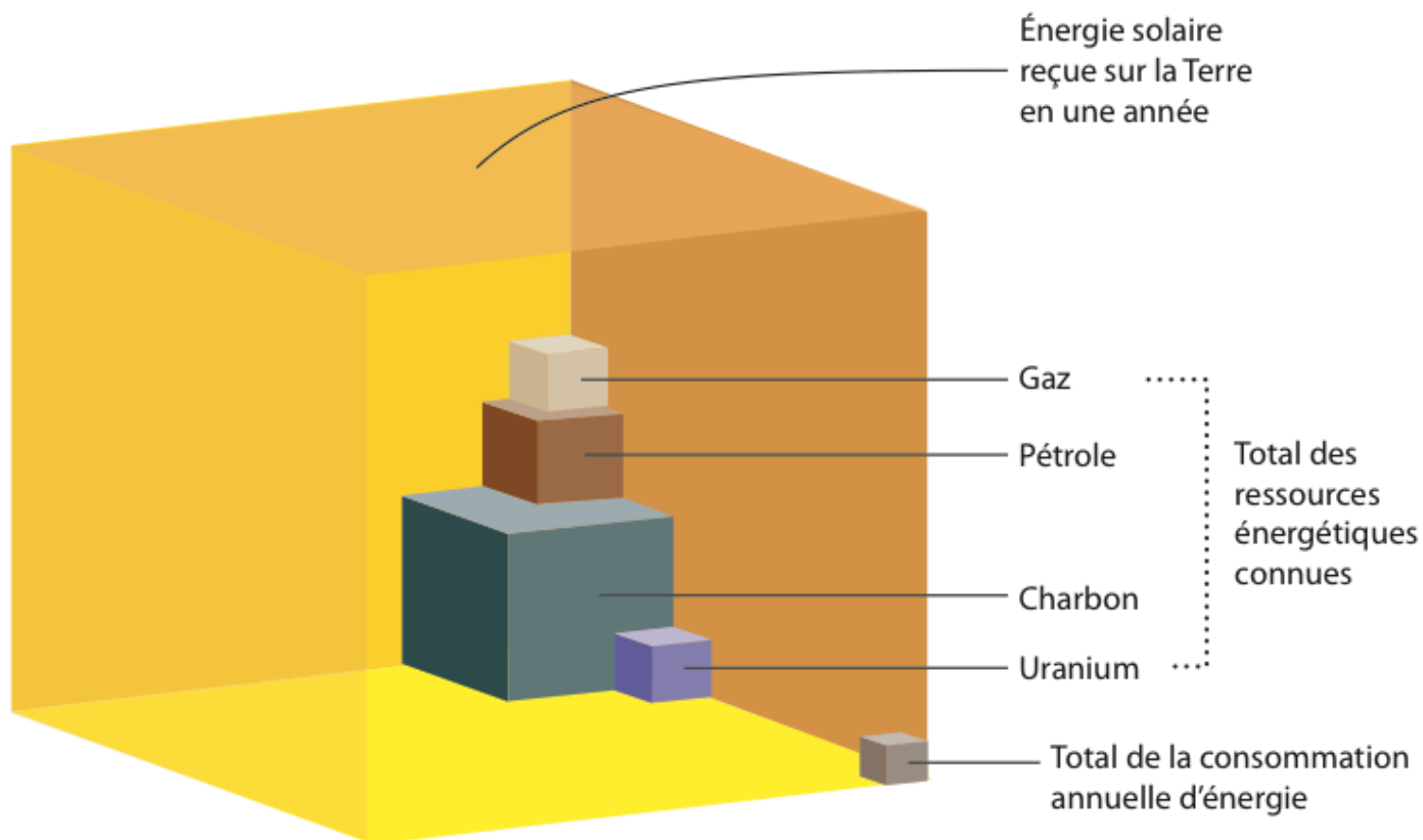
1	Efficacité à la construction/fabrication	Énergie grise	Optimisation énergétique en amont et en aval de l'utilisation
2	Efficacité à l'utilisation	Énergie utile	Isolation, apports passifs, échanges avec l'environnement
3	Efficacité d'appareillage	Énergie finale	Rendement des appareillages et des équipements, limitation des pertes
4	Efficacité du système productif	Énergie primaire	Conversion d'énergie, récupération d'énergie

- Exemple : développement de la cogénération (utilisation combinée de l'électricité et de la chaleur)


↳ 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



Scénario négaWatt 2017-2050



↳ Un scénario, pourquoi faire ?



- Un scénario n'est pas une boule de cristal.
- Il décrit une vision à long terme, une trajectoire, un chemin des possibles.



- C'est avant tout un outil d'aide à la décision, pour intégrer dans les décisions de court terme les impératifs du long terme.
- Le scénario négaWatt est réalisé par plusieurs experts de l'association. C'est un travail collectif, enrichi par l'expérience de terrain des scénaristes.

- 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*



4.1

La demande d'énergie

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

- 43 % de la consommation totale d'énergie finale, dont :



Chaleur : 80 %



Électricité spécifique : 20 %

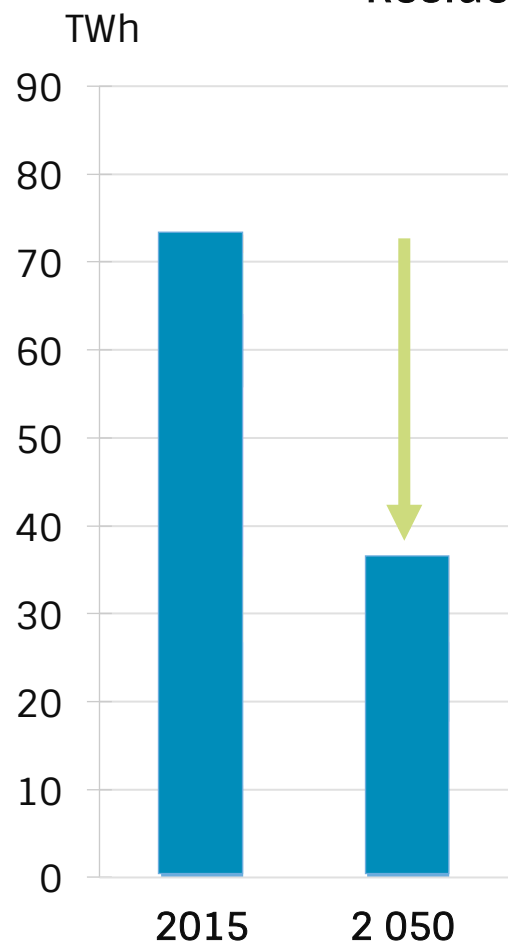
- Chauffage des maisons individuelles d'avant 1975
= 31 % des consommations d'énergie finale du résidentiel
- L'essentiel du parc immobilier de 2050 est déjà construit
- Objectif : rénover un parc
 - de 30 millions de logements et de 900 millions de m² de surfaces tertiaires
 - de façon performante (division par 4 des consommations de chauffage)
 - › Objectif = 50 kWh_{EF} / m² / an (chauffage uniquement)
 - › Ne pas tuer le gisement

- **Rendre progressivement obligatoire la rénovation du parc existant**
- Renforcer la **formation à la rénovation complète et performante**, pour l'ensemble des acteurs du bâtiment
- Mettre en place des **dispositifs simplifiés de financement** permettant à chaque ménage de pouvoir financer les travaux
- Pour les bâtiments neufs, favoriser par le biais de politiques locales la **construction sur des espaces déjà artificialisés**, et privilégier le **petit collectif** à la maison individuelle

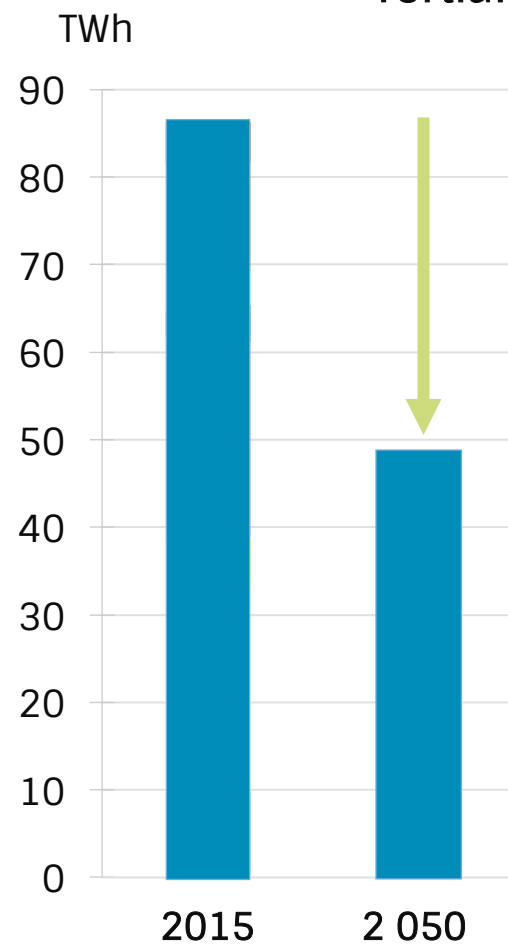
↘ Une division par 2 des consommations d'électricité



Résidentiel



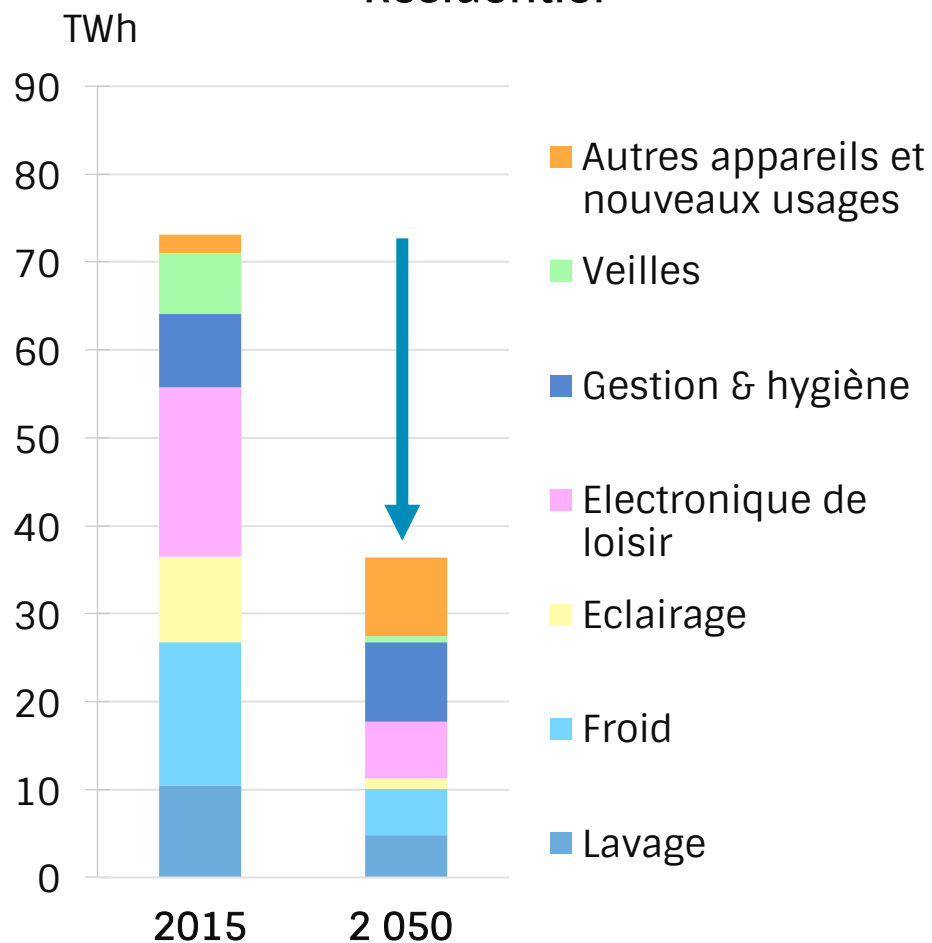
Tertiaire



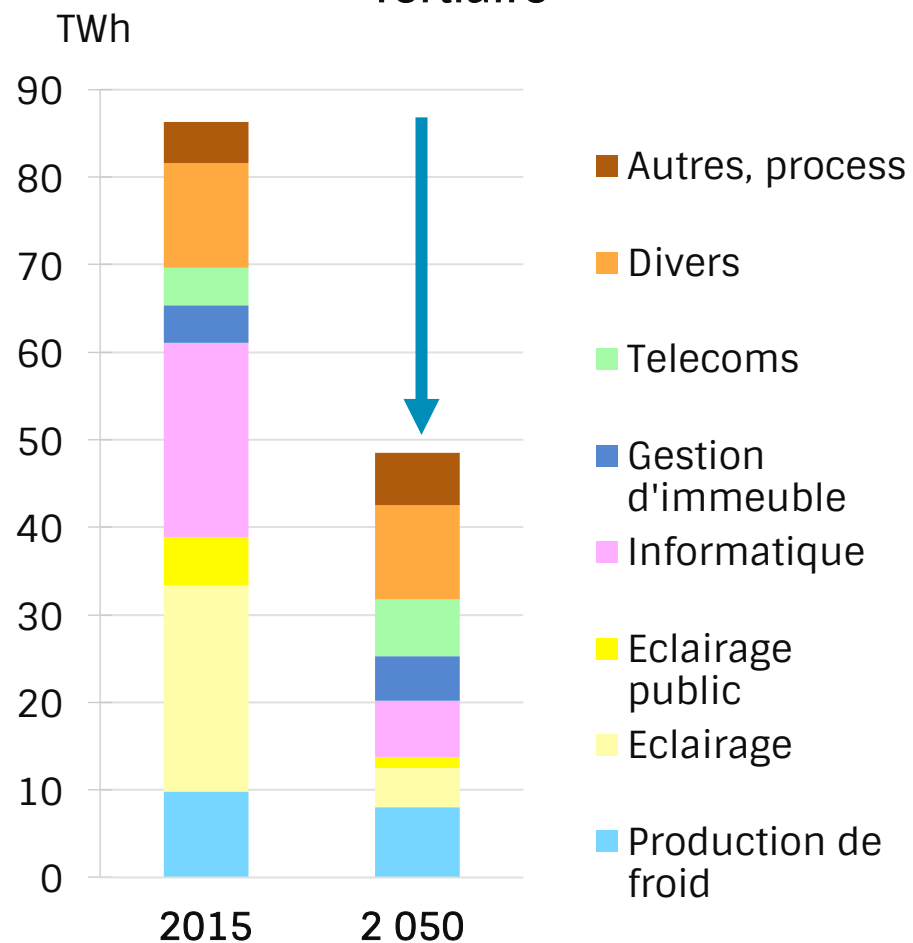
Une division par 2 des consommations d'électricité



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 %

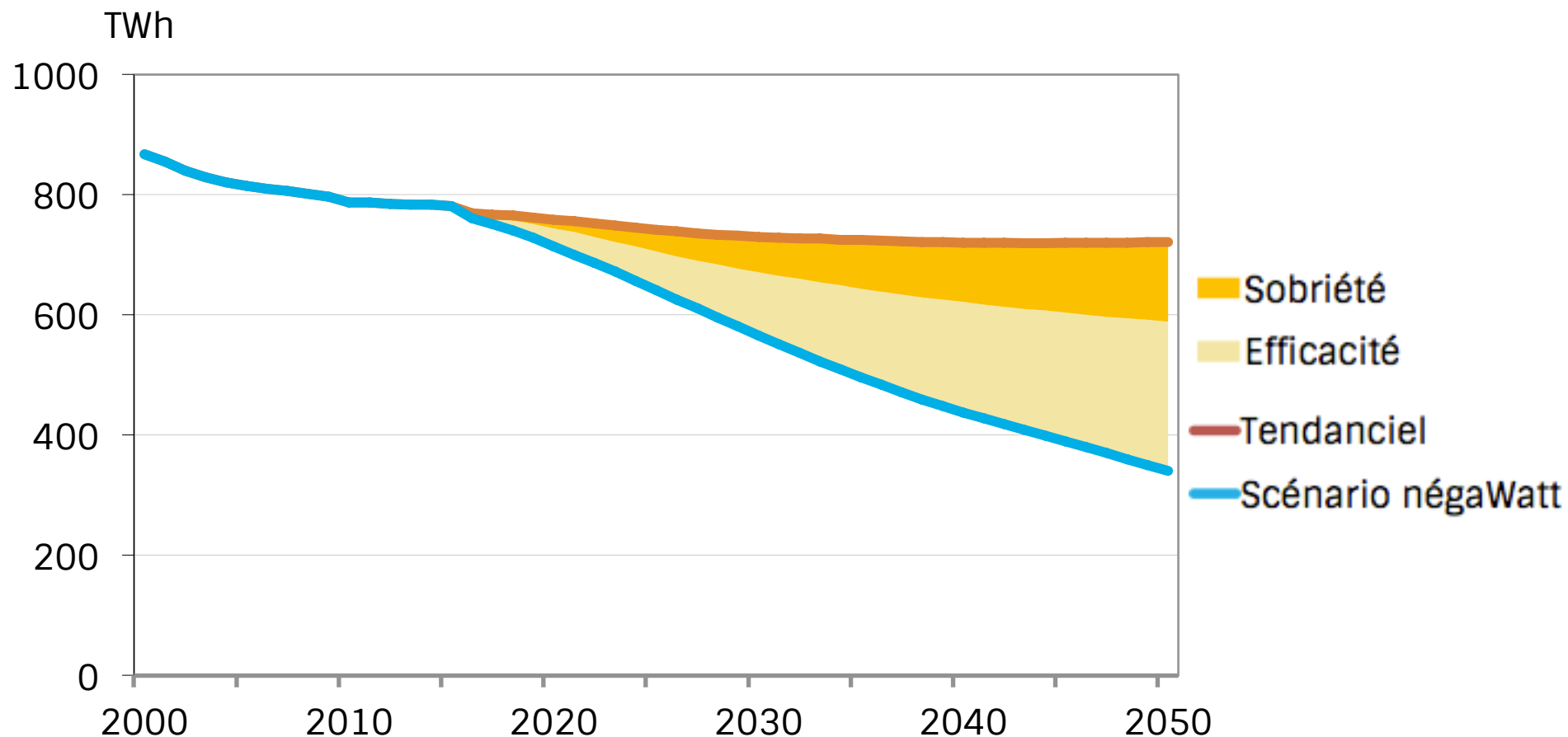
○ Informatique :

- 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**

↘ - 56 % d'énergie finale dans le bâtiment



Evolution de la consommation d'énergie finale dans le secteur du bâtiment



4.2

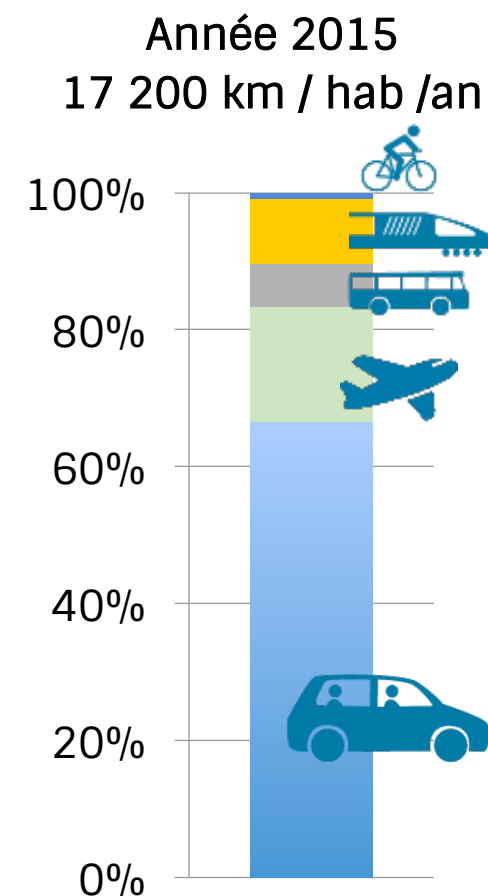
La demande d'énergie

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

↳ Transports : 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 : +50 % en 15 ans
→ Le mode de transport le plus polluant
- Un effondrement du fret ferroviaire
divisé par deux entre 2000 et 2010



↳ Mobilité des personnes : principales hypothèses



○ 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 : légère diminution des distances parcourues
 - Télétravail, réaménagement de l'espace
- Augmentation du taux moyen de remplissage des voitures : 1,6 à 2,2



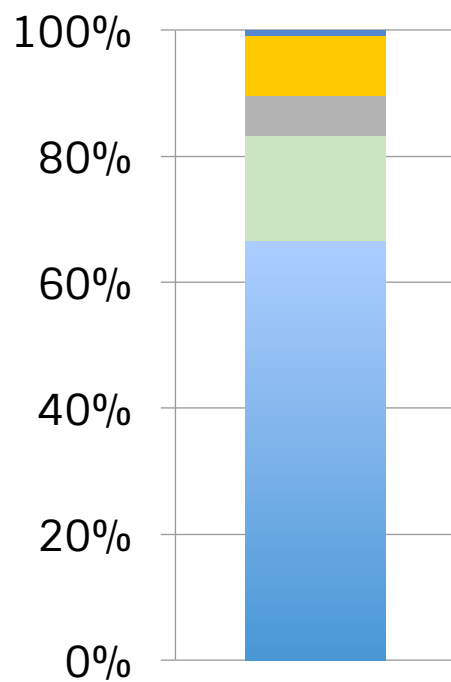
- Baisse de la vitesse sur route et autoroute
- Report modal vers transports en commun, vélo et marche à pied



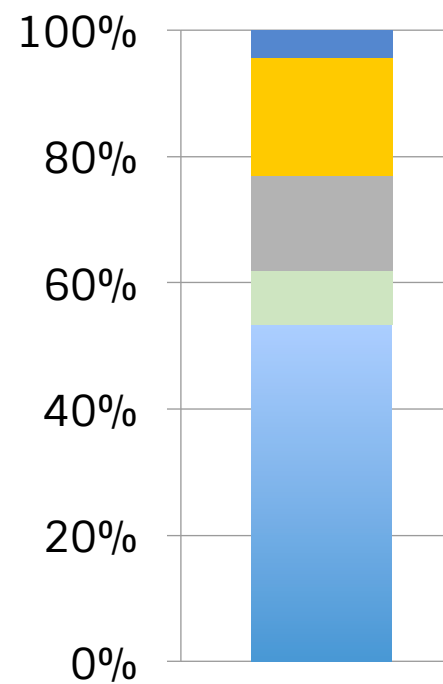
↘ Mobilité des personnes : principales hypothèses



2015 - 17 200 km / hab / an



2050 - 14 600 km / hab / an



■ Voiture ■ Avion ■ TC - route ■ TC - fer ■ Vélo + marche

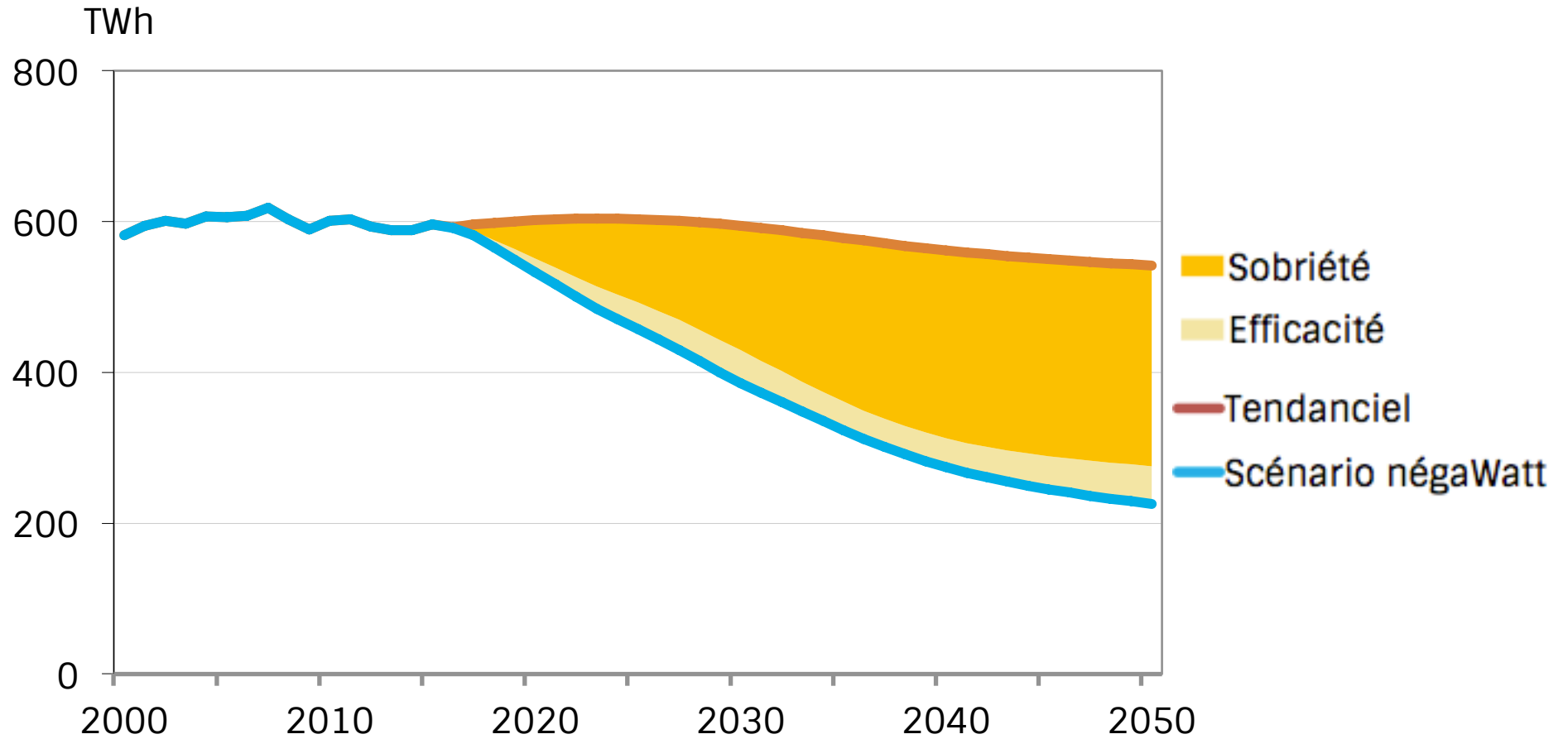
↳ Mobilité des personnes : principales hypothèses



- Efficacité énergétique
 - Consommation moyenne 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

- Réduction de la vitesse maximale autorisée
- Abandon de tout nouveau projet routier ou aéroportuaire, couplé à un plan massif d'investissements dans les transports en commun urbains et dans le ferroviaire
- Instauration d'une redevance kilométrique sur le fret routier
- Développement de la filière véhicules gaz
- Favoriser par le biais de politiques locales le développement des modes alternatifs à la voiture individuelle et la mixité d'usage au sein des quartiers

↘ - 60 % d'énergie finale dans les transports



Evolution de la consommation d'énergie finale dans le secteur des transports



4.3

La demande d'énergie

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

○ Partir des **besoins de consommation** (produits finis) :

- Alimentation
- Bâtiment
- Ouvrages d'art et industriels
- Voirie
- Engrais, insecticides
- Parachimie, détergents, solvants
- Construction mécanique
- Appareillages électriques
- Transports terrestres
- Bateau et Avion
- Papiers graphique et sanitaire
- Divers, produits en bois
- Emballages



○ En déduire les **quantités de matériaux** nécessaires :

- Biomasse, bois,
- Acier, métaux non ferreux,
- Ciment, terre, pierre et sable, verre
- Plastiques, chimie minérale et organique
- Papiers et cartons
- Silicium

○ Sobriété

- Réduction de la consommation
- Objets durables, réparables et recyclables
- Augmentation du recyclage



› Réduction de la production industrielle

› Réduction de la quantité de matériaux utilisés (- 50 %)

○ Efficacité

- Amélioration des process industriels



↳ Réduction des matériaux : le cas du bâtiment



- Diminution des surfaces neuves construites
- Hausse de la rénovation
- Substitution :
 - béton armé → ossature bois
 - PVC → bois
 - isolants chimiques et minéraux → ouate de cellulose, laine de bois
- Bilan : comparatif 2050/2015
 - Métaux : - 61 %
 - Béton : - 71 %
 - Plastiques : - 77 %
 - Matériaux biosourcés : -2 %



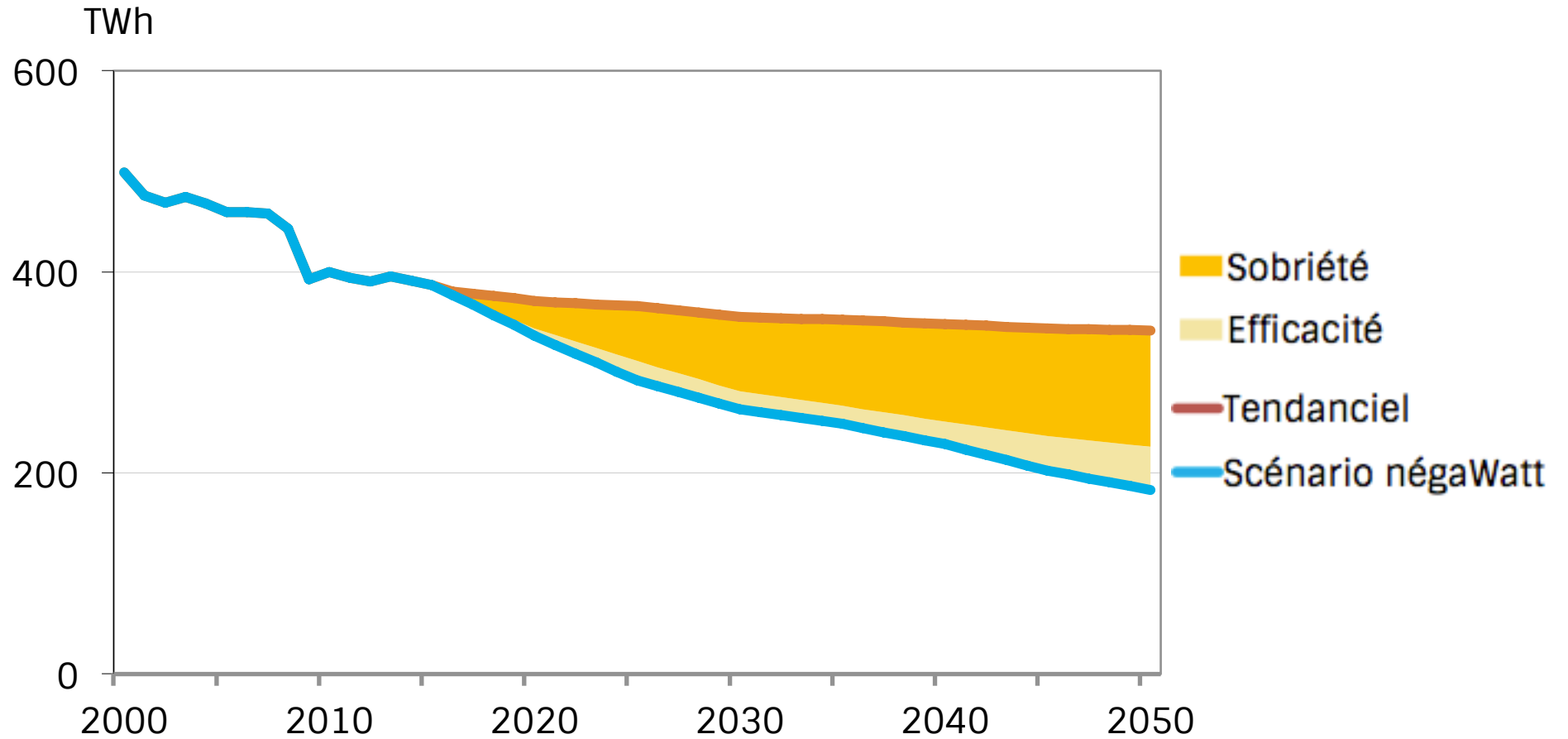
Crédit photo : Enertech

↘ Industrie : mesures sectorielles prioritaires



- Augmenter la **durée de vie des produits**, notamment par une augmentation de la durée légale de garantie
- Favoriser la **consigne du verre** et de certains plastiques
- **Tracer la provenance** des matériaux et des produits finis en améliorant leur étiquetage
- Intégrer **l'énergie grise** comme indicateur dans les appels d'offre publics et dans les réglementations

↘ - 46 % d'énergie finale dans l'industrie



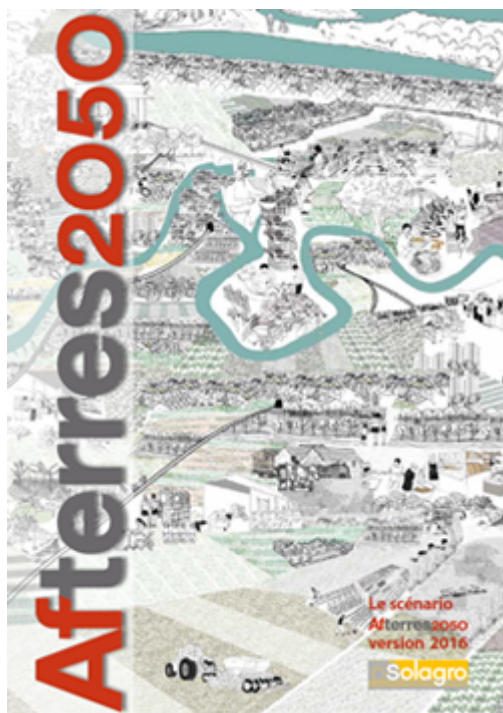
Evolution de la consommation d'énergie finale dans le secteur industriel



4.4

La demande d'énergie

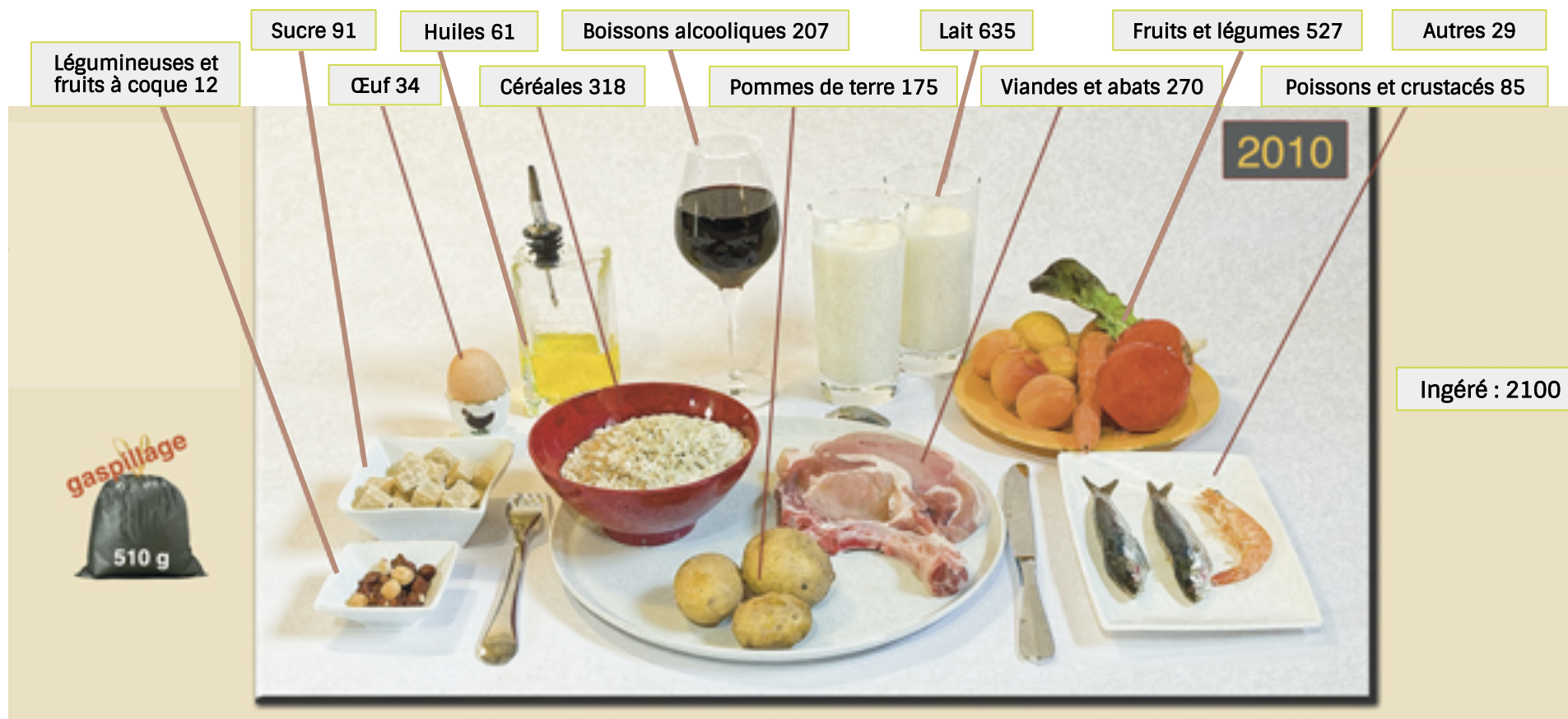
- Bâtiment : résidentiel et tertiaire
- Transports
- Industrie et matériaux
- Agriculture et alimentation



Rapport complet disponible
en ligne sur
<http://afterres2050.solagro.org>

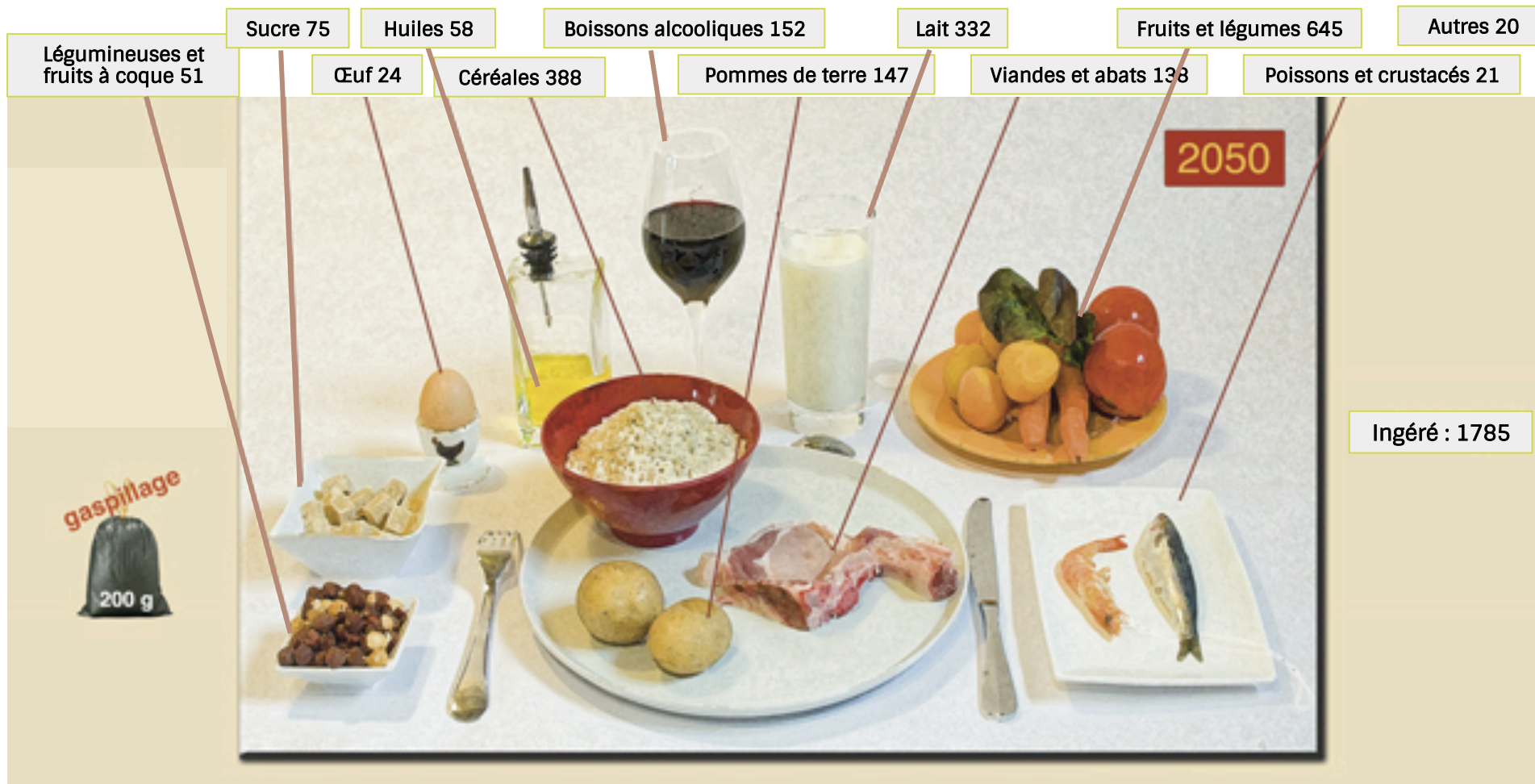
- Scénario de transition agricole et alimentaire couplé avec le scénario négaWatt
- Il vise un nouvel équilibre entre :
 - Alimentation humaine
 - Alimentation animale
 - Production de matériaux
 - Production d'énergie
 - Préservation des écosystèmes, de la biodiversité et des sols

Évolution de l'assiette alimentaire



Assiette 2010 – grammes par jour et par adulte (équivalent primaire)

Évolution de l'assiette alimentaire



Assiette 2050 – grammes par jour et par adulte (équivalent primaire)

↳ Évolution des pratiques agricoles



CULTURES ASSOCIÉES

LUTTE BIOLOGIQUE

AGRO FORESTERIE

AUTONOMIE PROTÉIQUE

PÂTURAGE TOURNANT

ROTAION INTÉGRANT DES LÉGUMINEUSES

COUVERTS VÉGÉTAUX

TECHNIQUES CULTURALES SIMPLIFIÉES

SEMIS DIRECT SOUS COUVERTURE VÉGÉTALE

PRÉS-VERGER

SEMENCE PAYSANNE

➤ Agriculture : mesures sectorielles prioritaires



- Instaurer des politiques nutritionnelles et alimentaires
- Accompagner la mutation des systèmes agricoles
- Construire des politiques internationales de régulation
- Soutenir le stockage de carbone dans les sols agricoles
- Renforcer la lutte contre l'artificialisation des terres



5.1

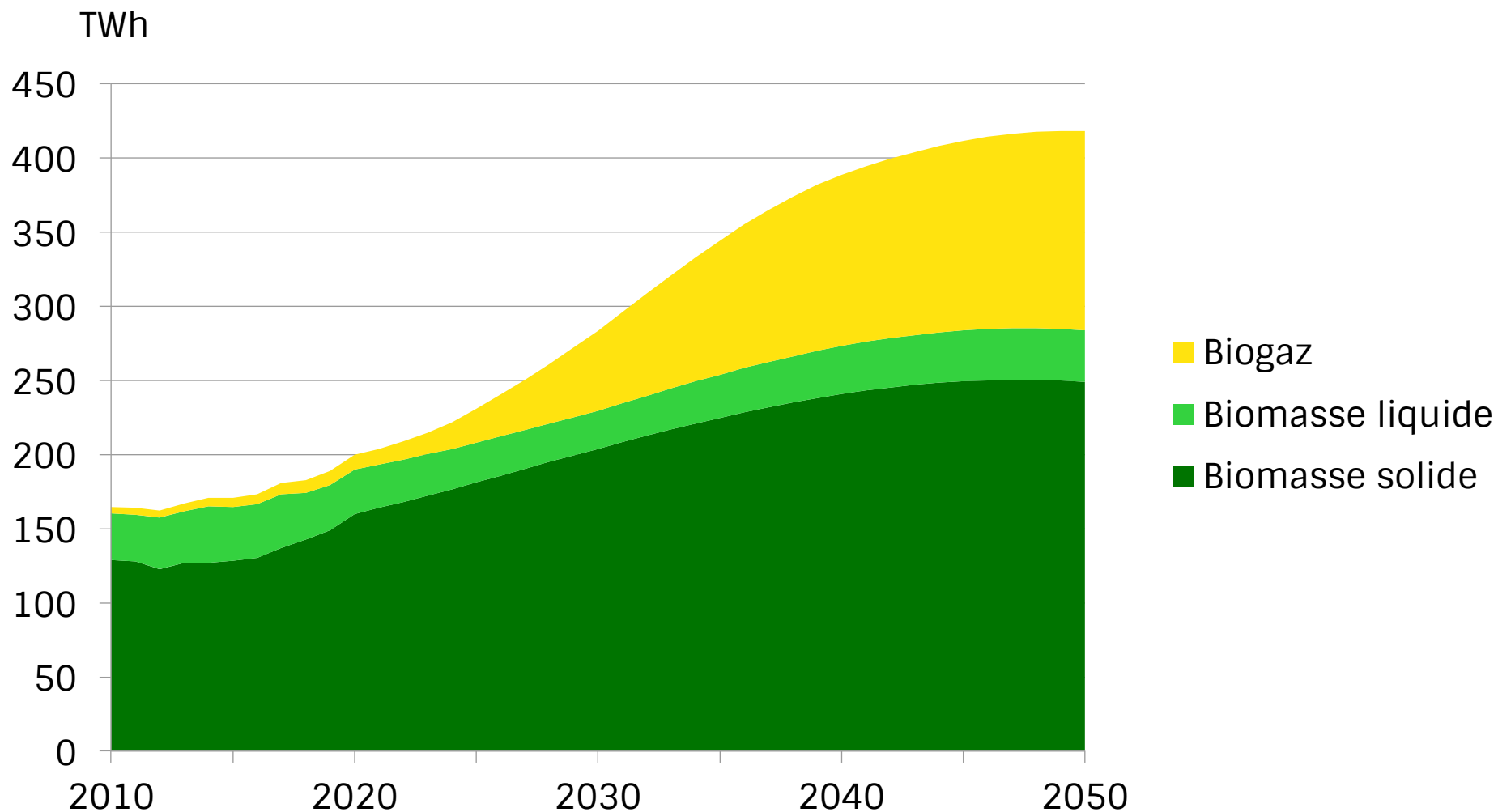
La production d'énergie

- Énergies renouvelables
- Nucléaire
- Vecteurs et équilibre des réseaux

↘ 420 TWh de Bioénergies



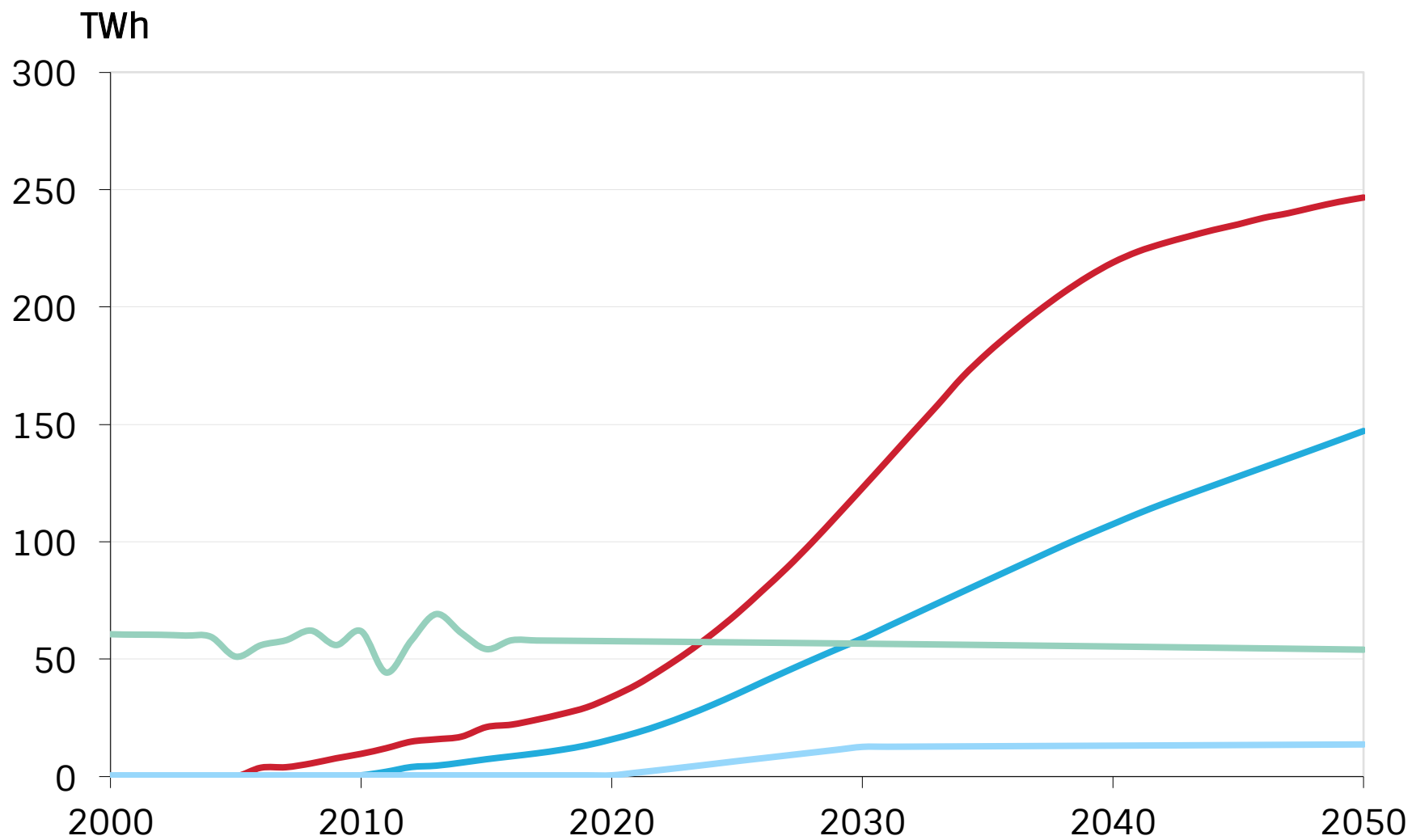
Pas de cultures dédiées - Pas de concurrence avec d'autres usages



↳ Ensemble des renouvelables électriques



— Eolien — Photovoltaïque — Hydraulique — Energies marines

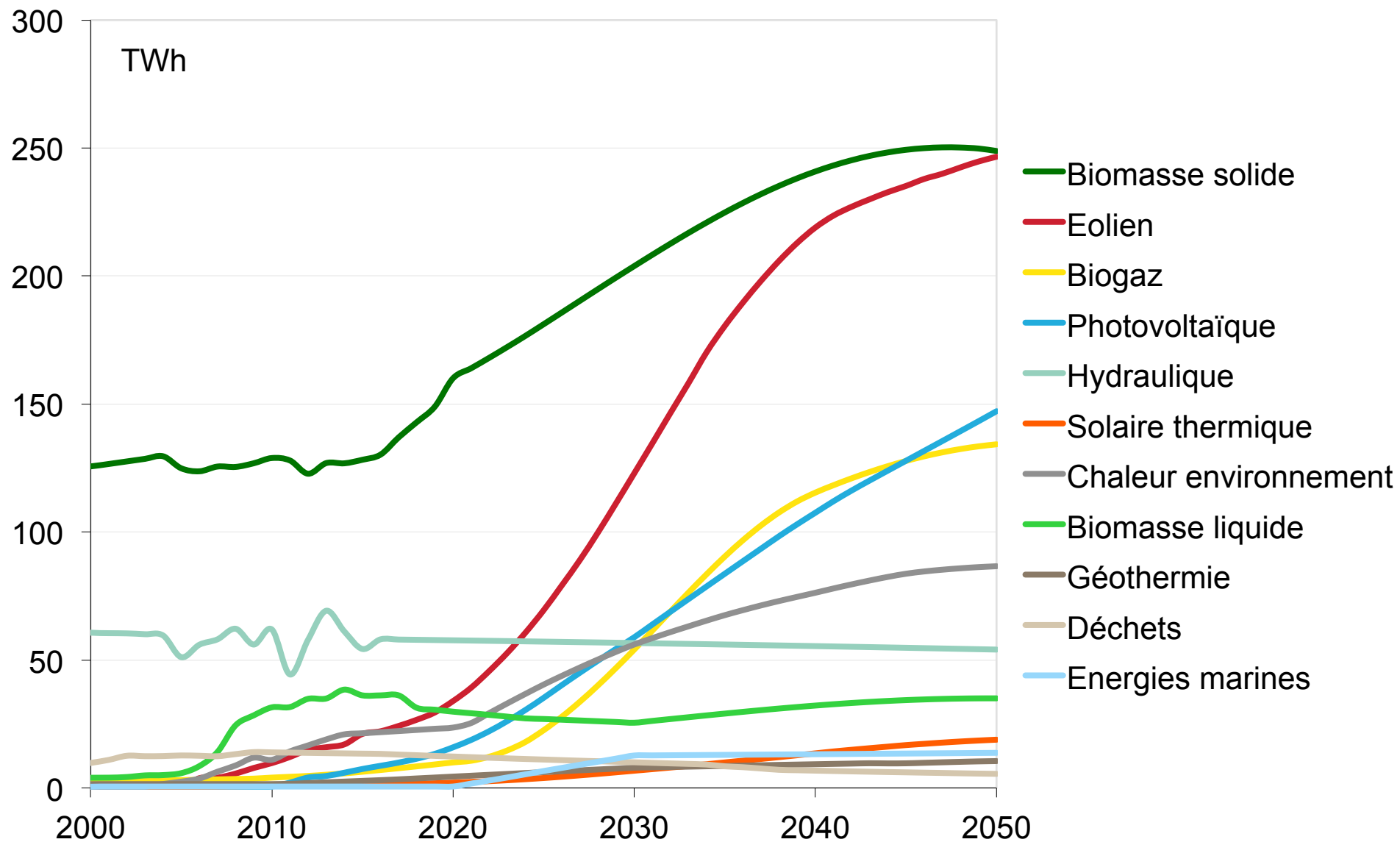


Développement de la production d'électricité renouvelable



	2015 (64,5 M habitants)	2050 (72,3 M d'habitants)
Eolien terrestre	5 400 éoliennes 1 pour 12 000 hab	18 000 éoliennes 1 pour 4 000 habitants
Eolien en mer		3 200 éoliennes
Photovoltaïque	6,2 GWc 1 m ² par habitant	136 GWc 19 m ² par habitant
Autre - Electricité		Hydraulique en légère diminution, énergies marines

↘ Ensemble des renouvelables





5.2

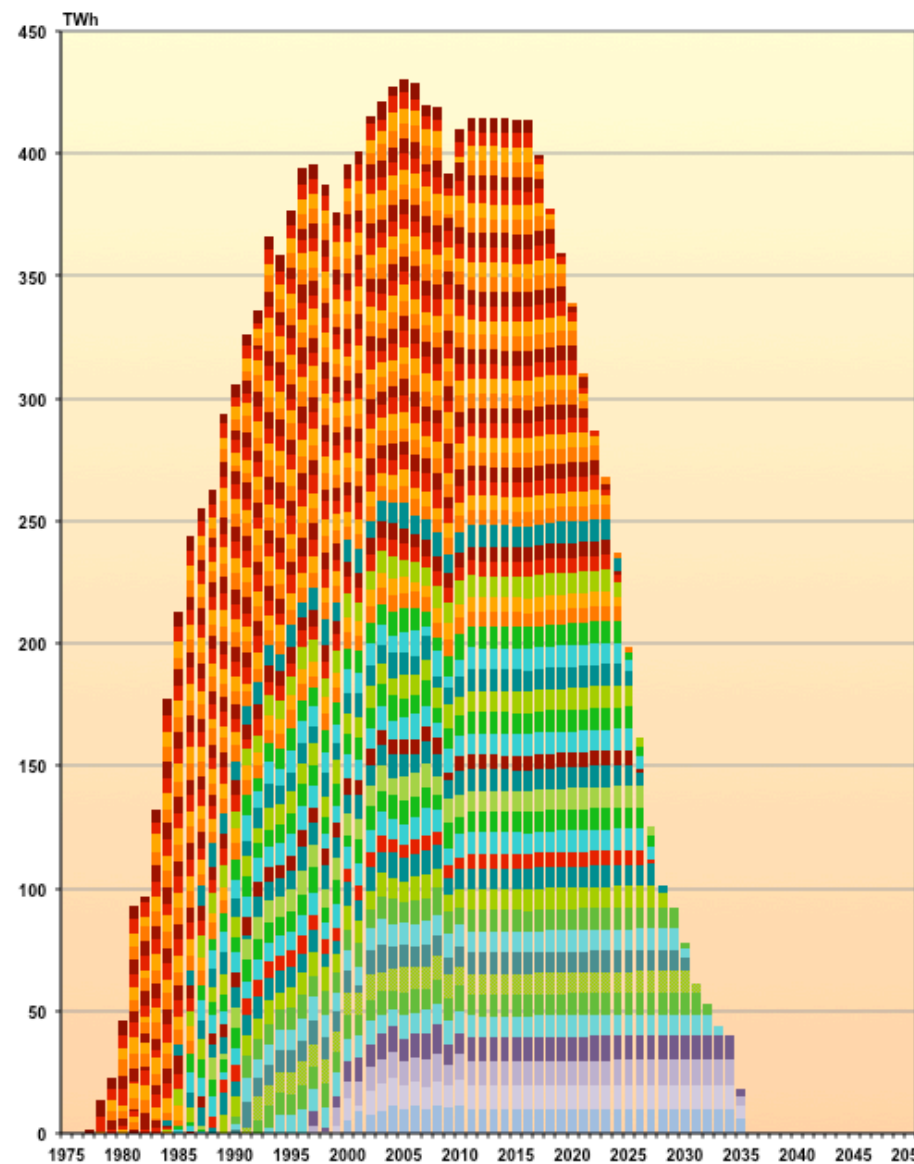
La production d'énergie

- Énergies renouvelables
- Nucléaire
- Vecteurs et équilibre des réseaux

➤ Situation du parc nucléaire



- Un parc construit en peu de temps (80 % en 10 ans)
 - effet falaise sur l'échéance des 40 ans de durée de vie
- Un besoin de planifier, un arbitrage à anticiper :
 - arrêt au plus tard au bout de 40 ans
 - ou investissement dans la prolongation de fonctionnement pour 10 ou 20 ans



↳ Situation du parc nucléaire



- La prolongation de fonctionnement :
 - un enjeu inédit et une faisabilité incertaine sur les exigences de sûreté
 - un chantier industriel qui dépasse les capacités actuelles de la filière
 - un investissement massif qui dépasse la capacité de financement de l'opérateur
 - un risque important sur la compétitivité des réacteurs
 - toute prolongation retarde la mise en œuvre de la transition
- Dans le scénario négaWatt, l'arrêt avant 40 ans est la règle
 - Fermeture du dernier réacteur en 2035

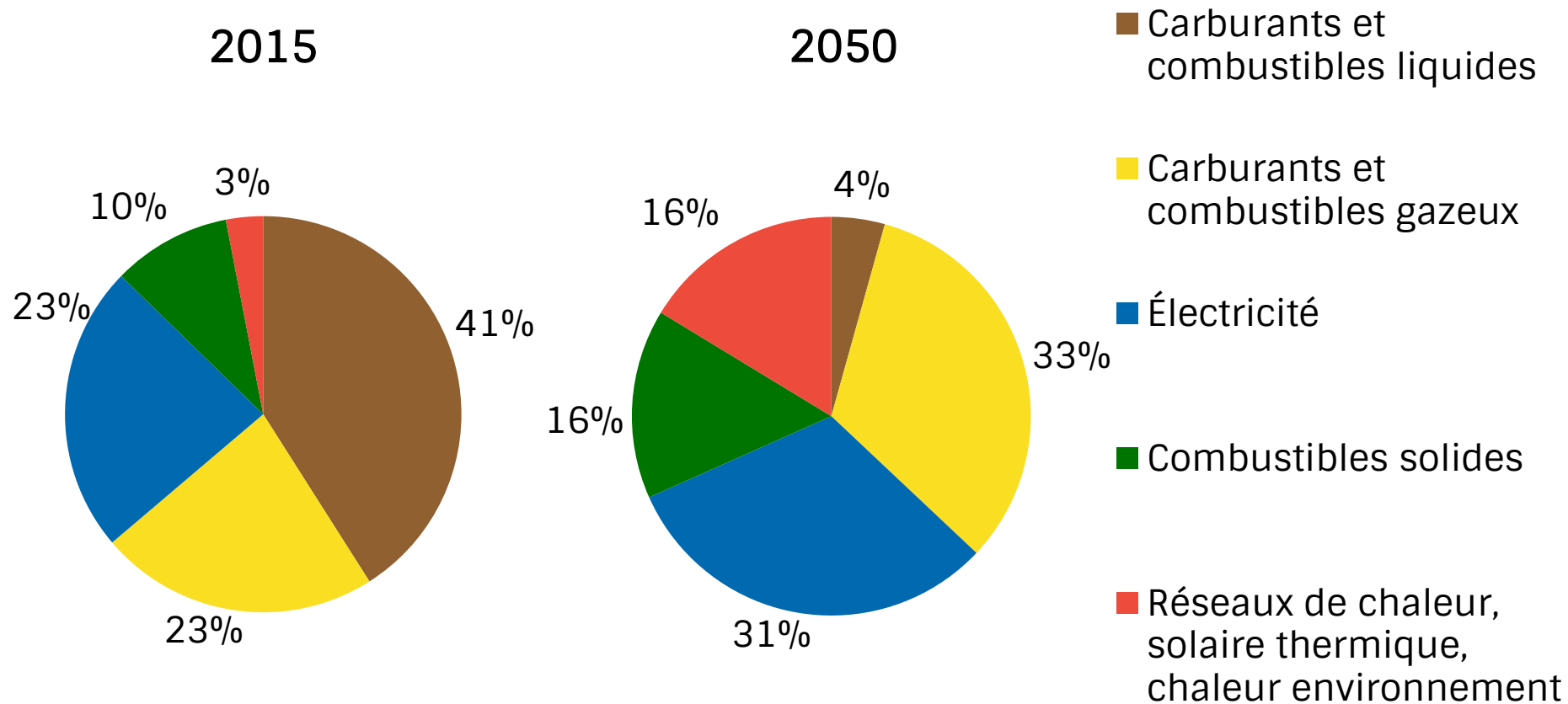


5.3

La production d'énergie

- Énergies renouvelables
- Nucléaire
- Vecteurs et équilibre des réseaux

Un équilibre entre gaz et électricité

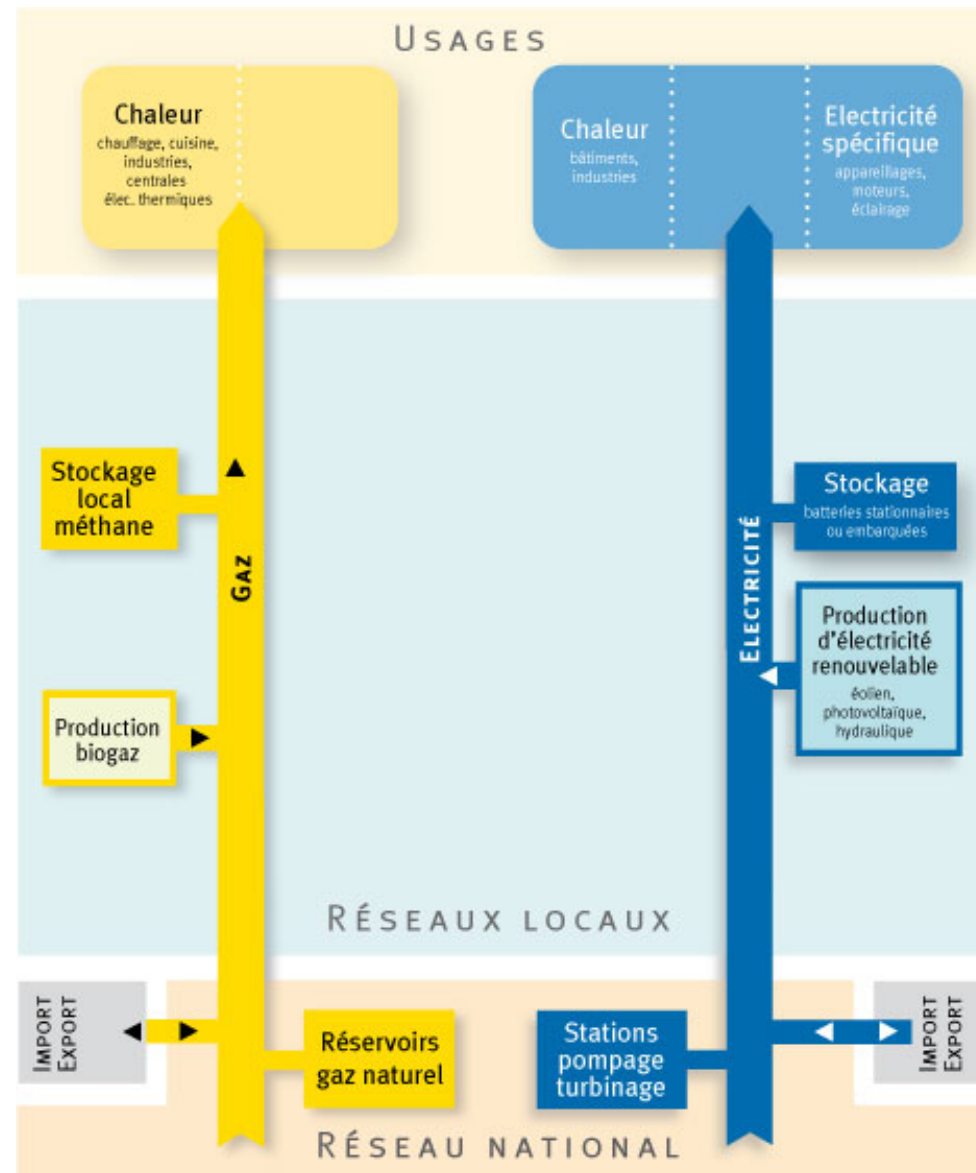


Répartition des vecteurs finaux

Des réseaux interconnectés



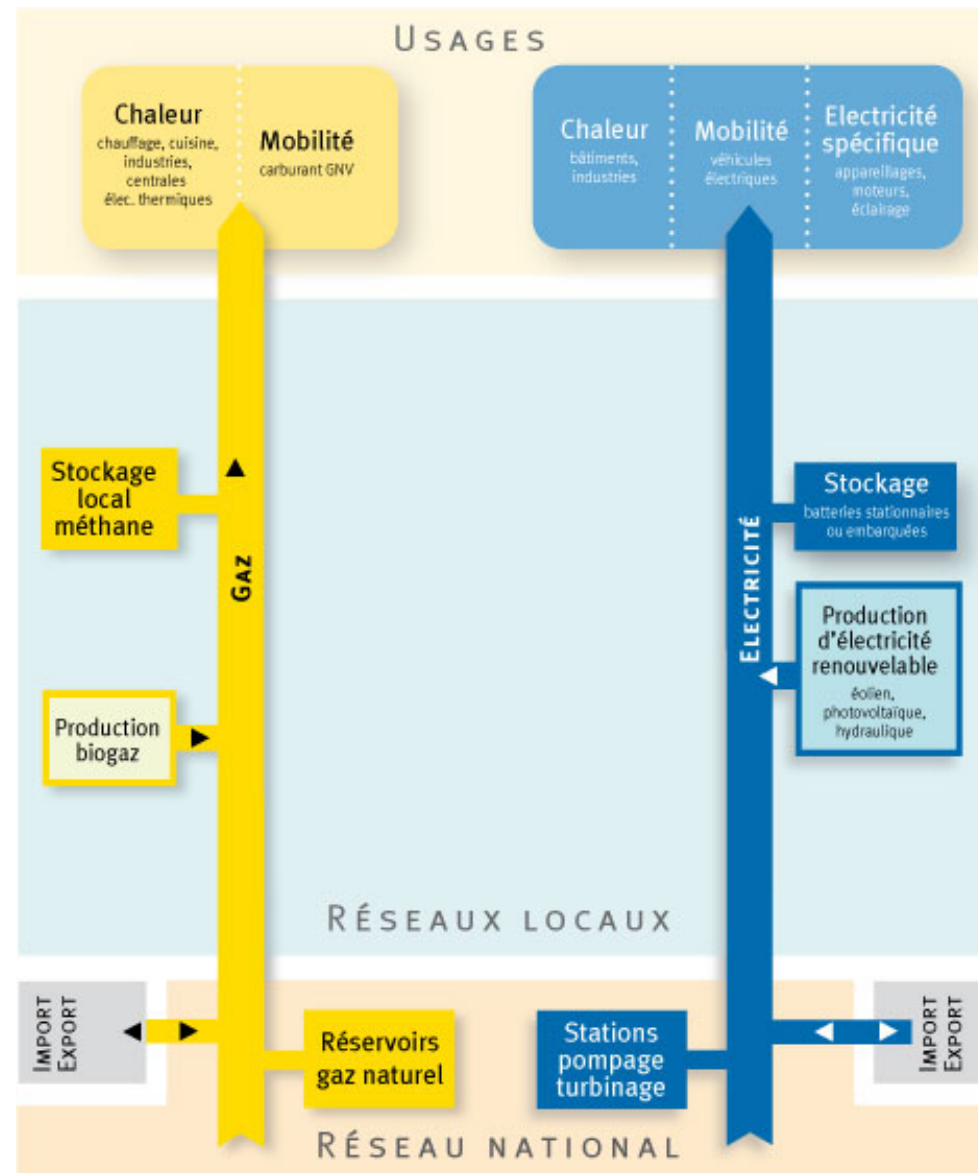
- Aujourd'hui



➤ Des réseaux interconnectés



- Demain
 - Des usages diversifiés



➤ Des réseaux interconnectés

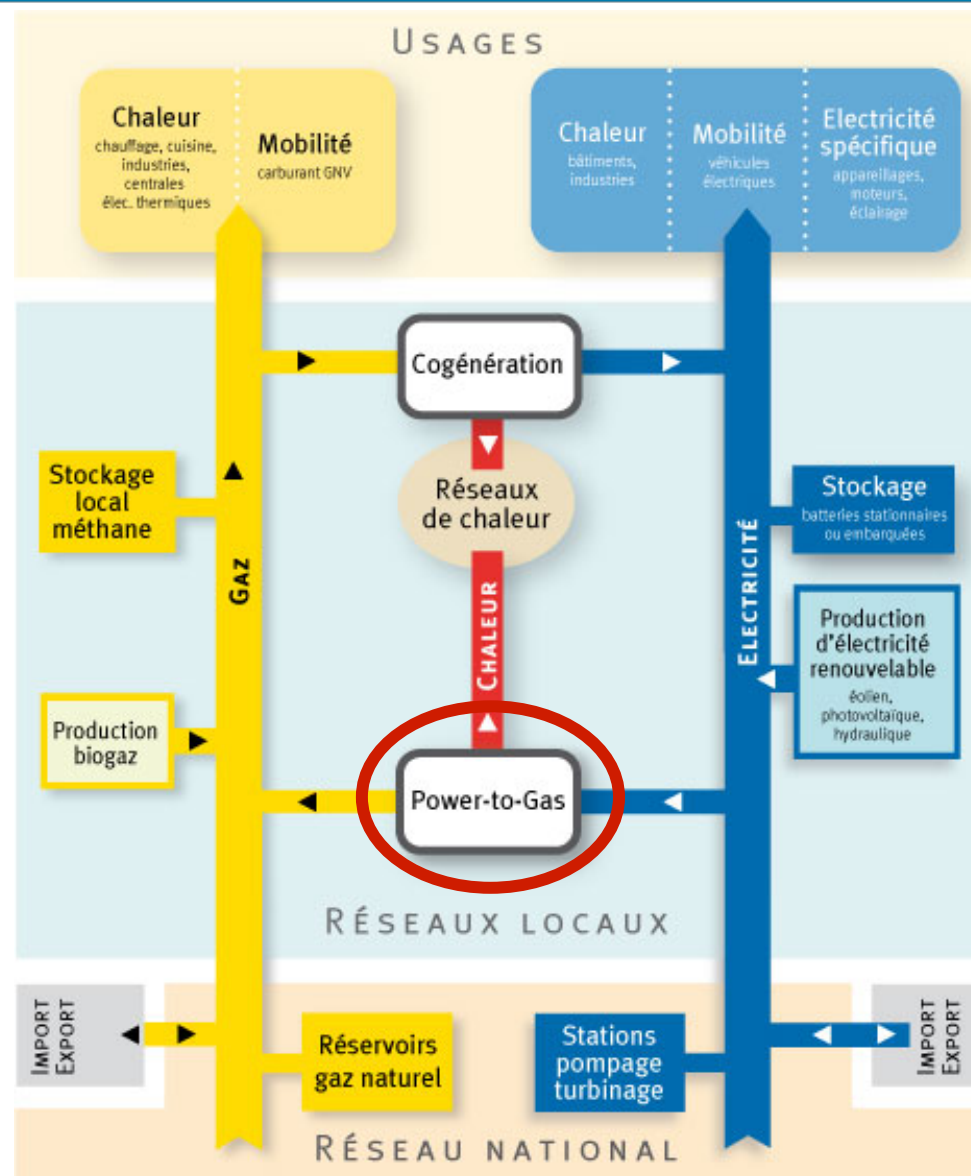


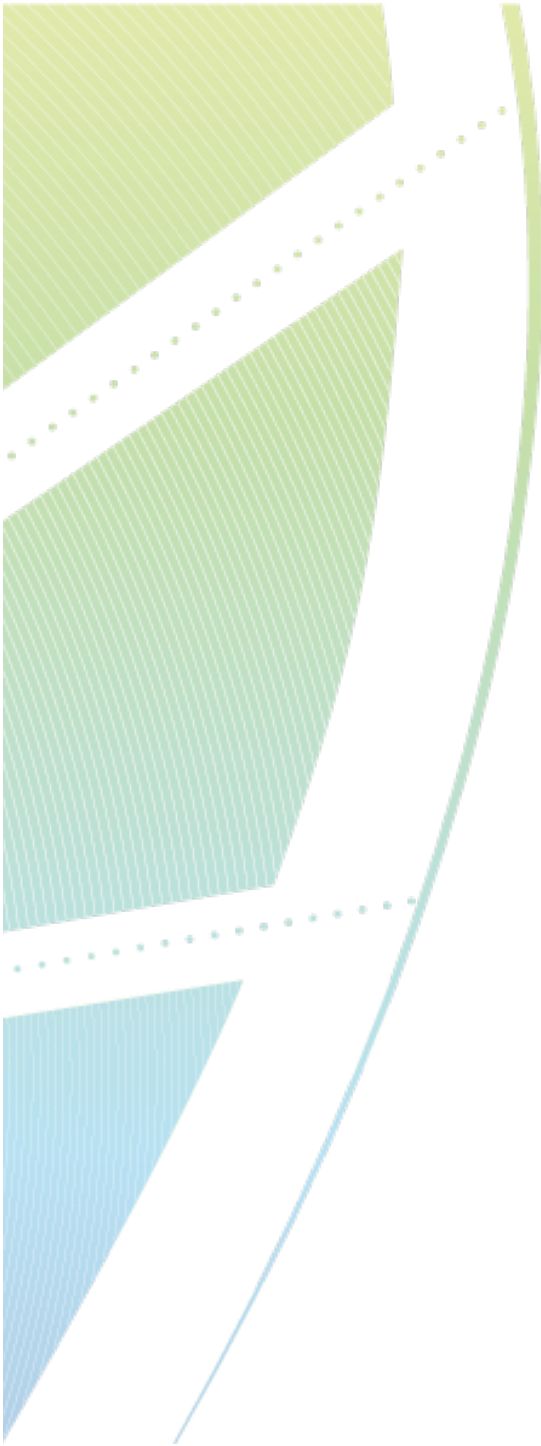
○ Demain

- Des usages diversifiés
- Des réseaux connectés

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

○ Rôle primordial des collectivités et des territoires



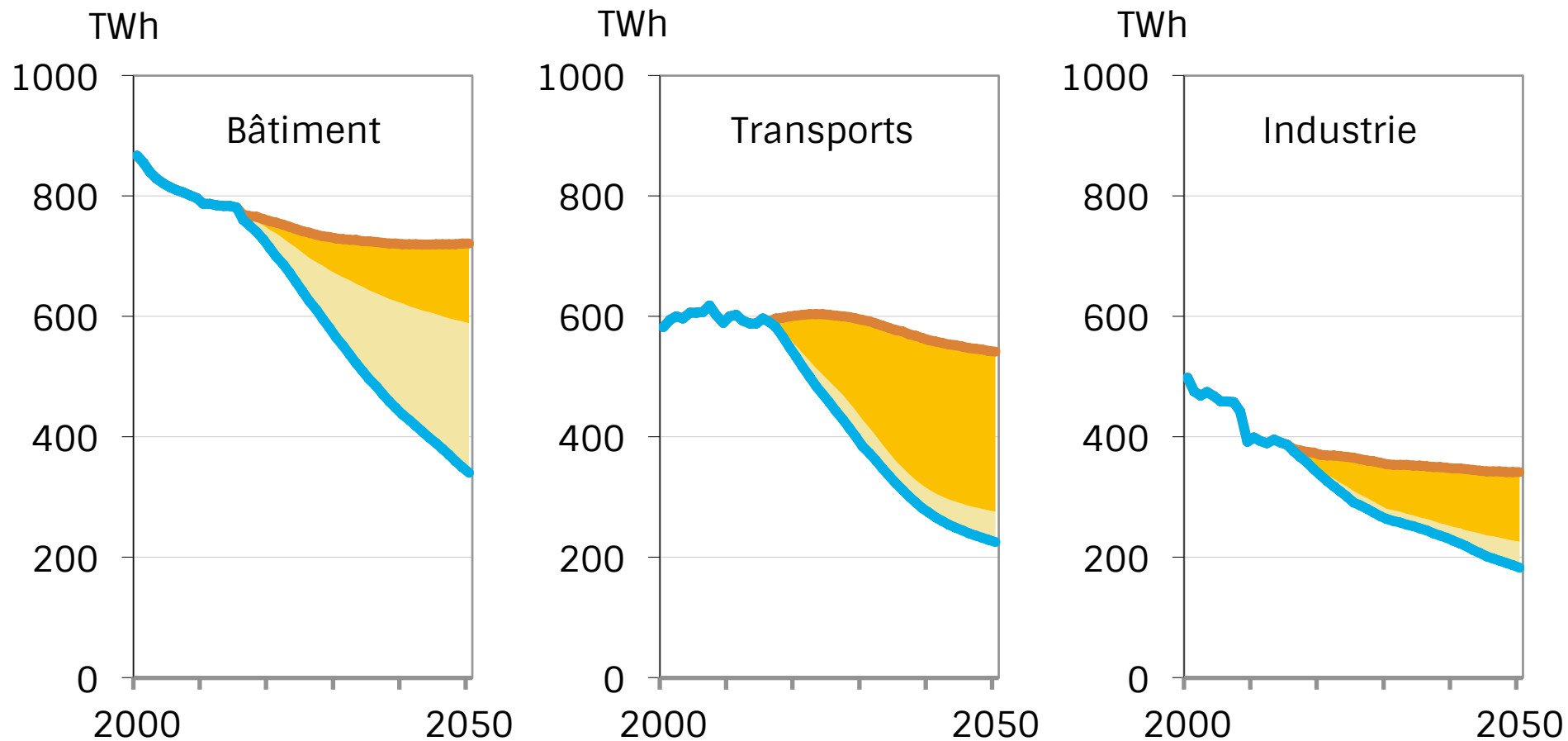


6

Bilan énergétique



↘ Bilan - Energie finale

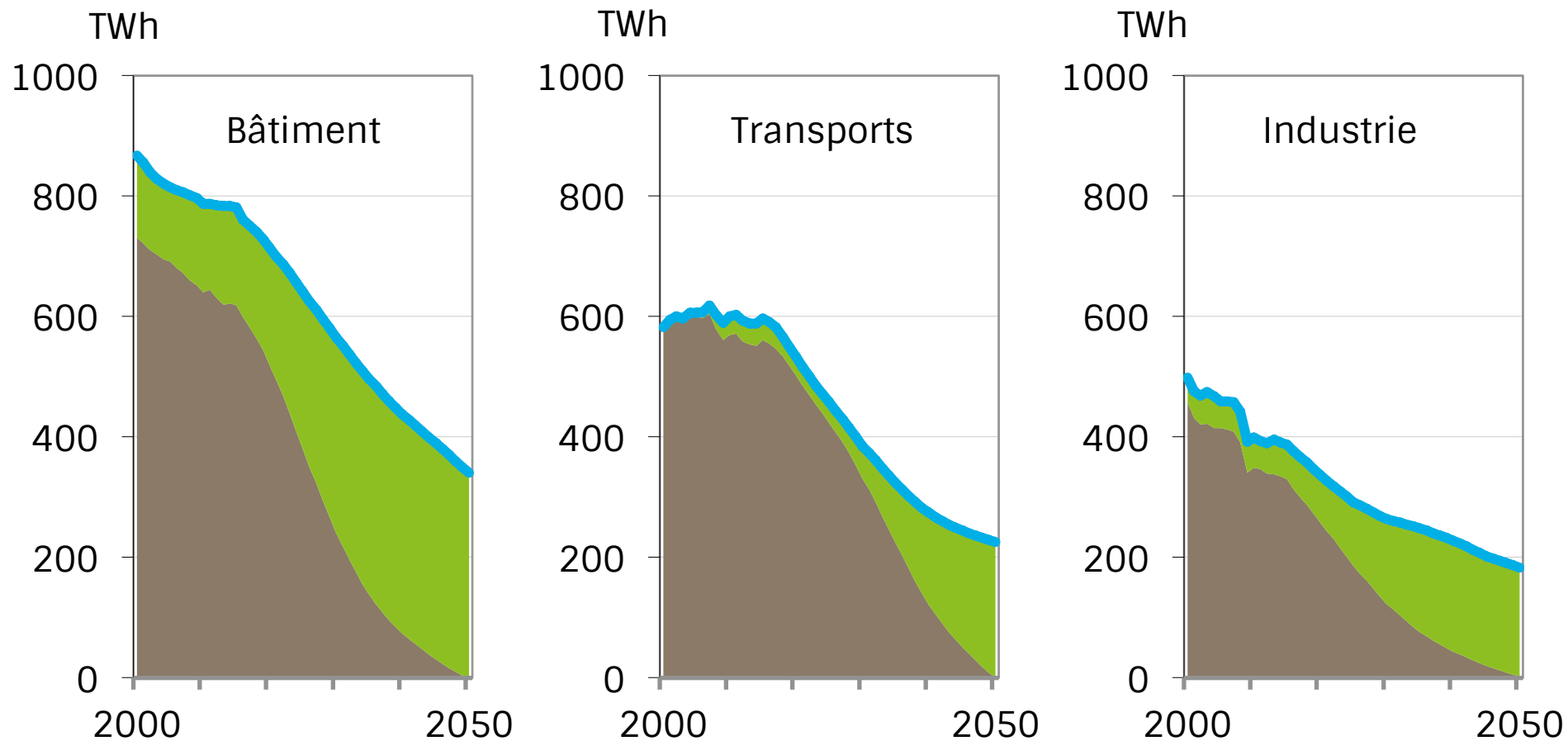


Evolution de la consommation d'énergie finale dans le scénario négaWatt

↘ Bilan - Energie finale

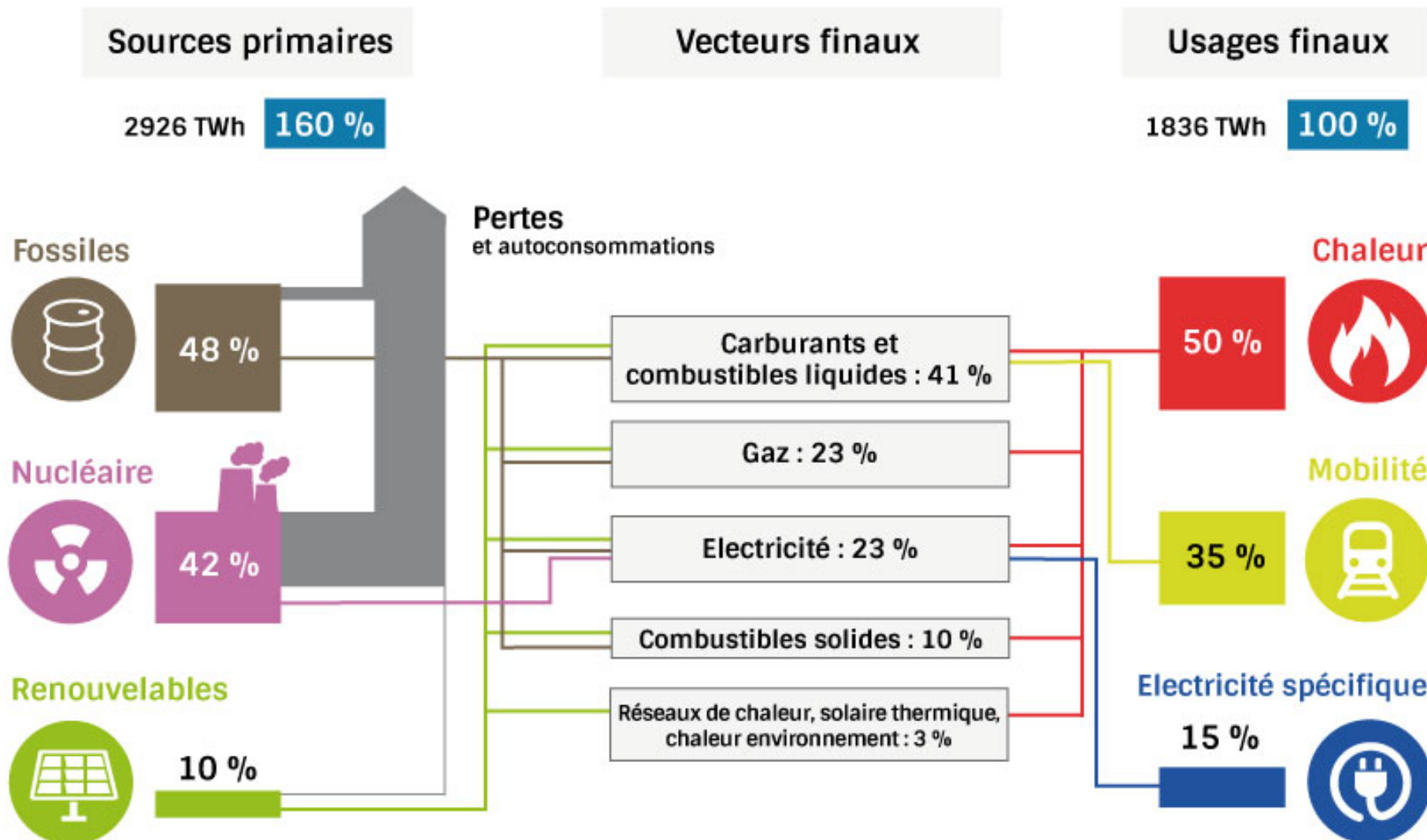


Renouvelables Fossiles + Fissile Scénario négaWatt

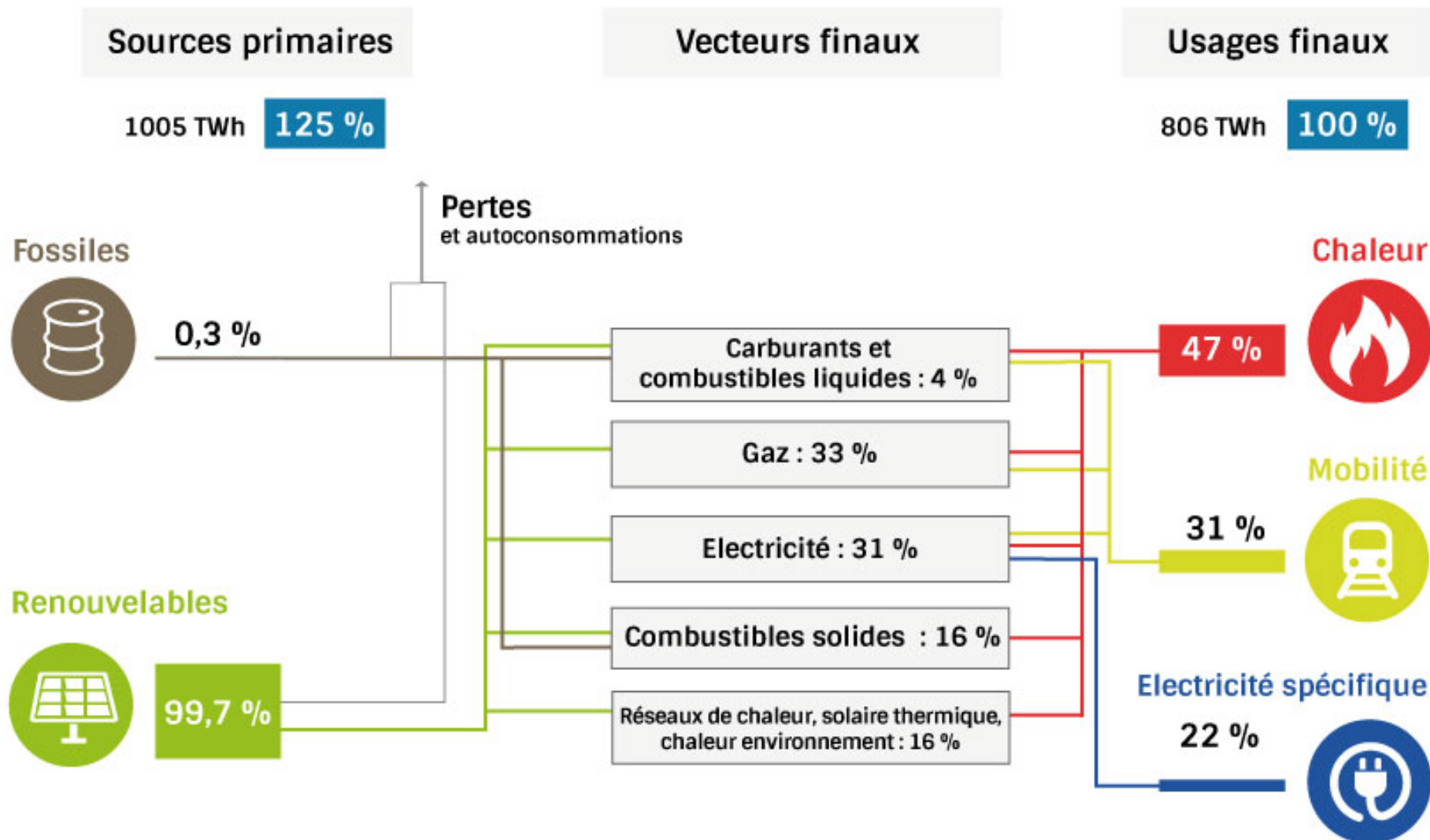


Evolution de la consommation d'énergie finale dans le scénario négaWatt

↘ Bilan énergétique : année de référence 2015



➤ Bilan énergétique : scénario négaWatt, année 2050

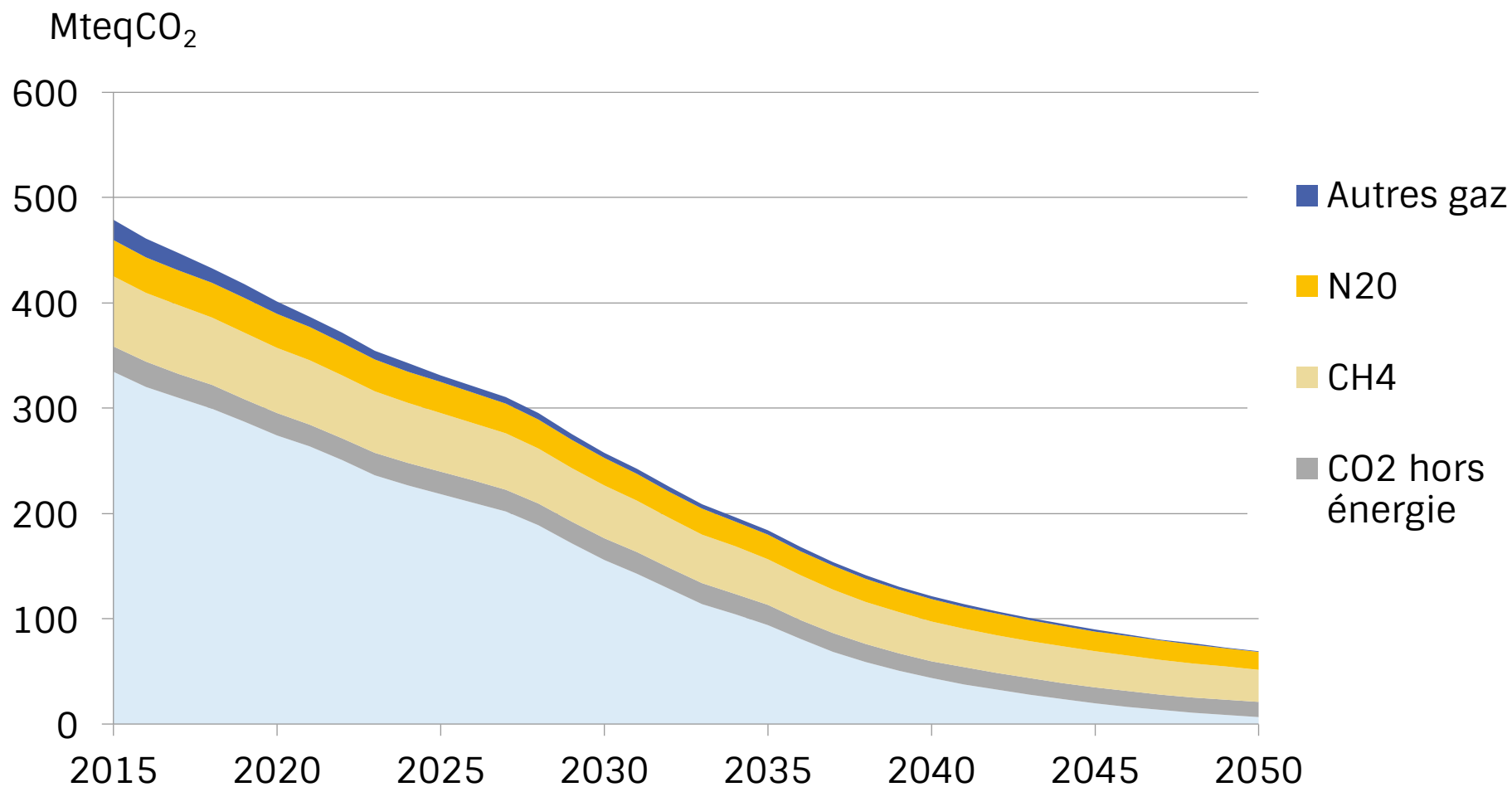




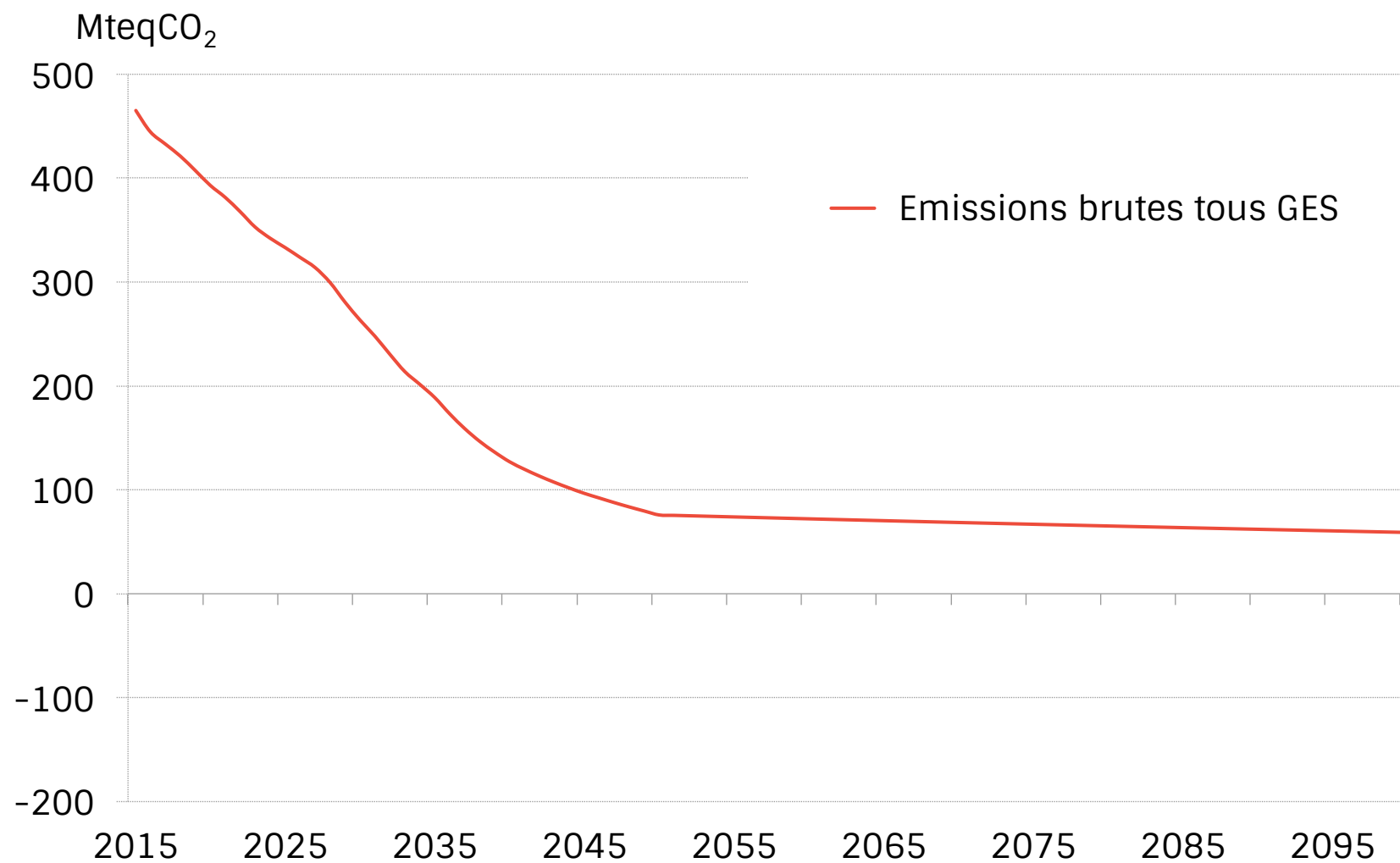
7

Bilan Gaz à effet de serre

↘ Scénario négaWatt : décroissance des émissions de gaz à effet de serre jusqu'à 2050

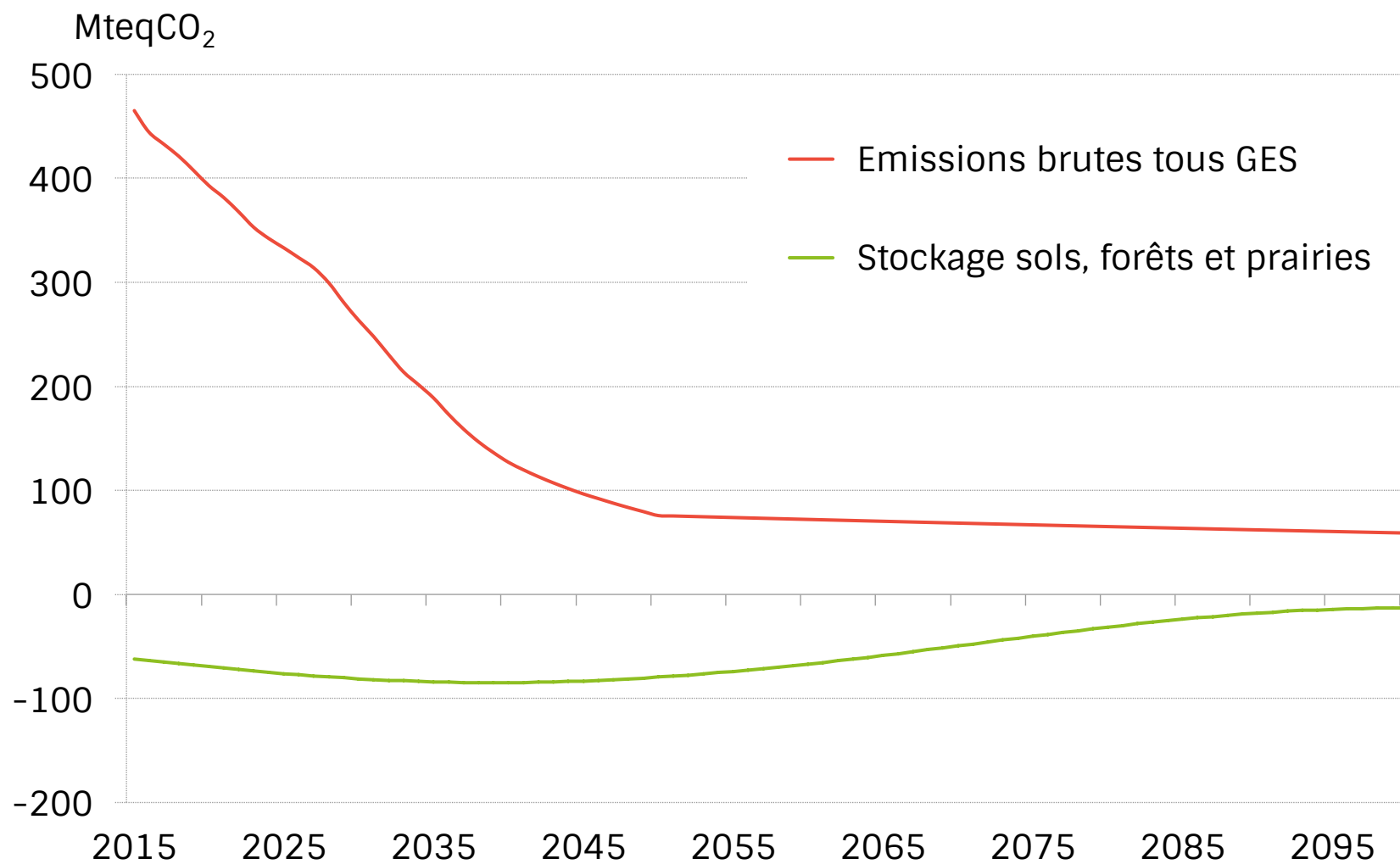


↘ La neutralité carbone en 2050



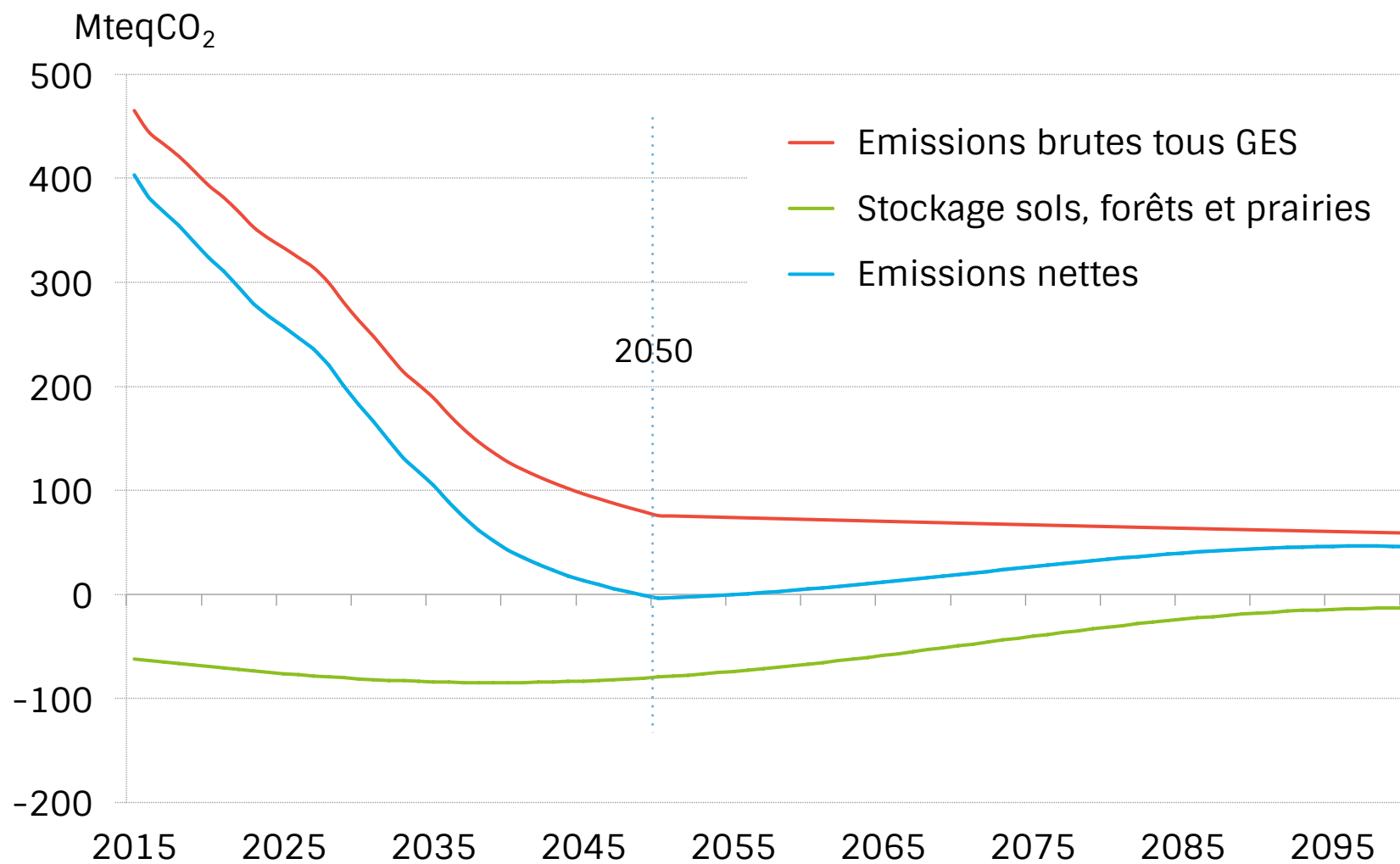
Evolution des émissions brutes et nettes de GES jusqu'à 2100

↘ La neutralité carbone en 2050



Evolution des émissions brutes et nettes de GES jusqu'à 2100

↘ La neutralité carbone en 2050



Evolution des émissions brutes et nettes de GES jusqu'à 2100



8.1

Impacts de la transition énergétique

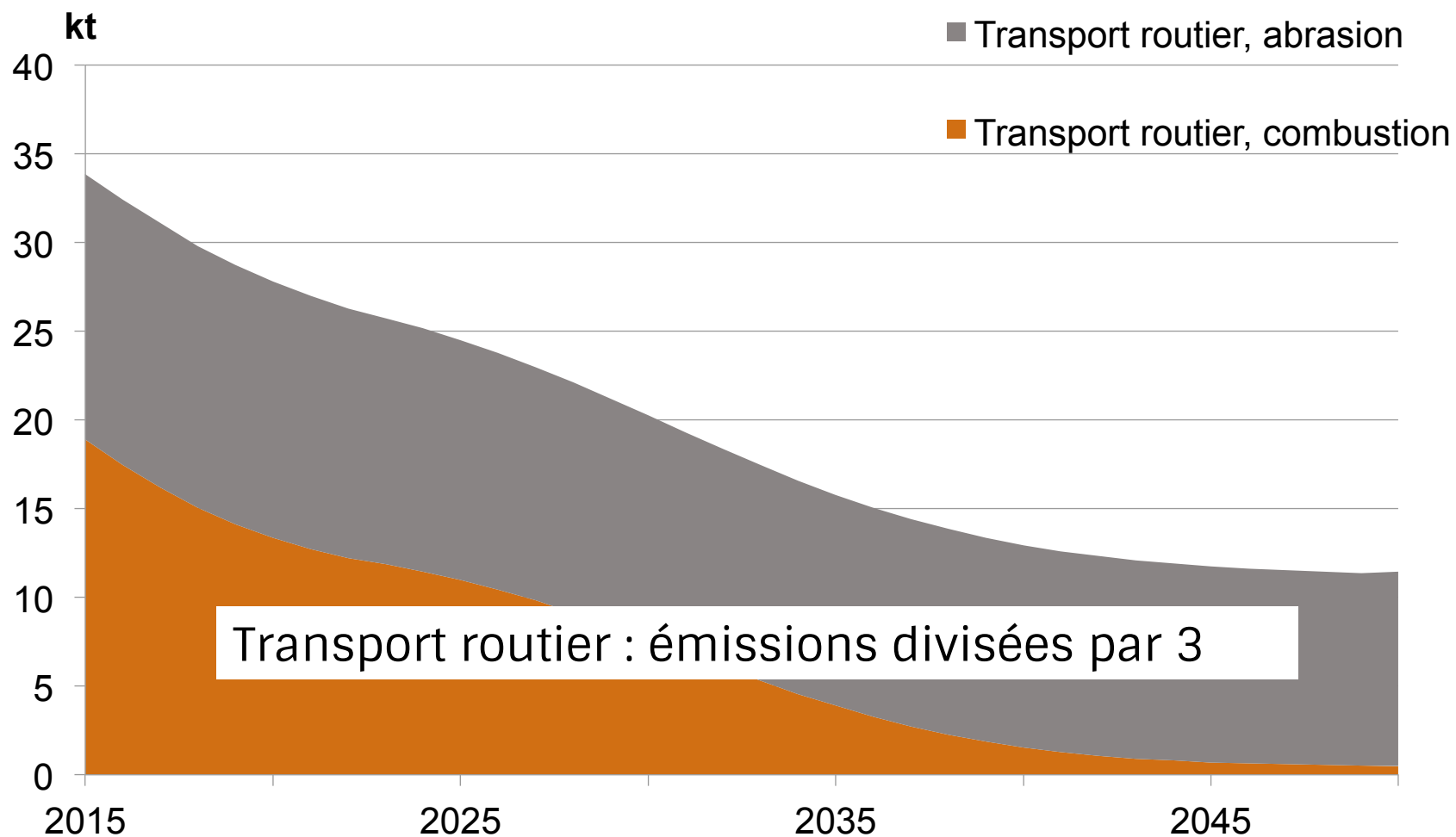
- Qualité de l'air
- Précarité énergétique
- Impacts économiques

↳ Émissions de particules fines : contexte et enjeux



- Un véritable problème de santé publique
 - Plus de 40 000 décès prématurés par an
 - Des maladies chroniques respiratoires
- En ville, là où les concentrations en particules fines sont les plus élevées, le secteur routier représente la première source d'émissions.

Émissions de PM10 du secteur des transports





8.2

Impacts de la transition énergétique

- Qualité de l'air
- Précarité énergétique
- Impacts économiques

↳ La précarité énergétique



○ Un enjeu social majeur

- En 2016, 10 % des ménages concernés, habitant des logements anciens et mal isolés
- Augmentation du prix de l'énergie = hausse du nombre de précaires énergétiques



↳ La précarité énergétique



- Des remèdes connus
 - Le chèque énergie = une solution à court terme
 - À long terme, nécessité de rénover le parc de logements anciens
- La transition énergétique au service de la lutte contre la précarité énergétique
 - 90 % des ménages concernés peuvent sortir de la précarité grâce à la rénovation de l'ensemble du parc
 - Des politiques publiques peuvent être mises en place pour cibler en priorité la rénovation des logements habités par les précaires



8.3

Impacts de la transition énergétique

- Qualité de l'air
- Précarité énergétique
- Impacts économiques

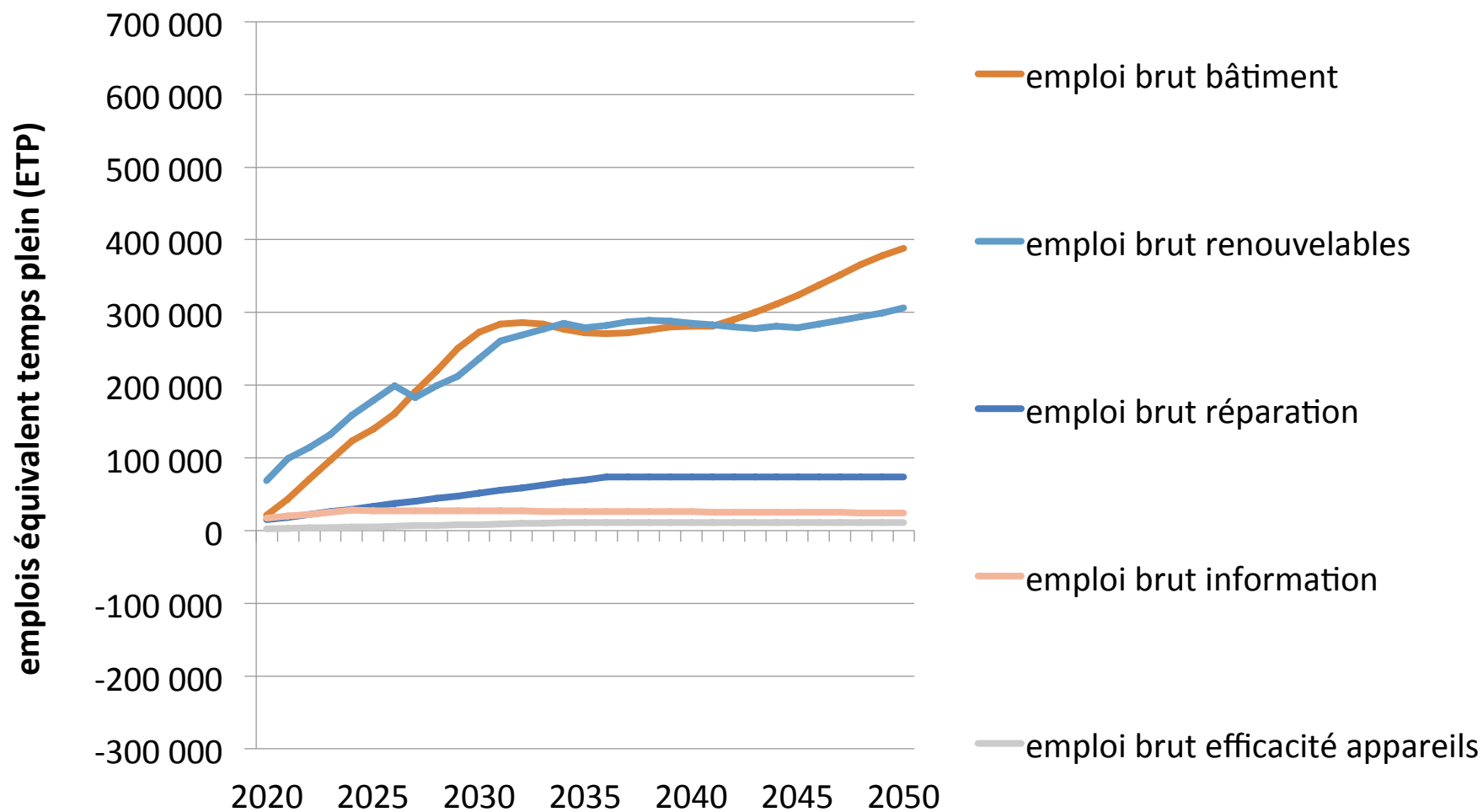
➤ Etude « contenu en emploi » – CNRS-CIRED



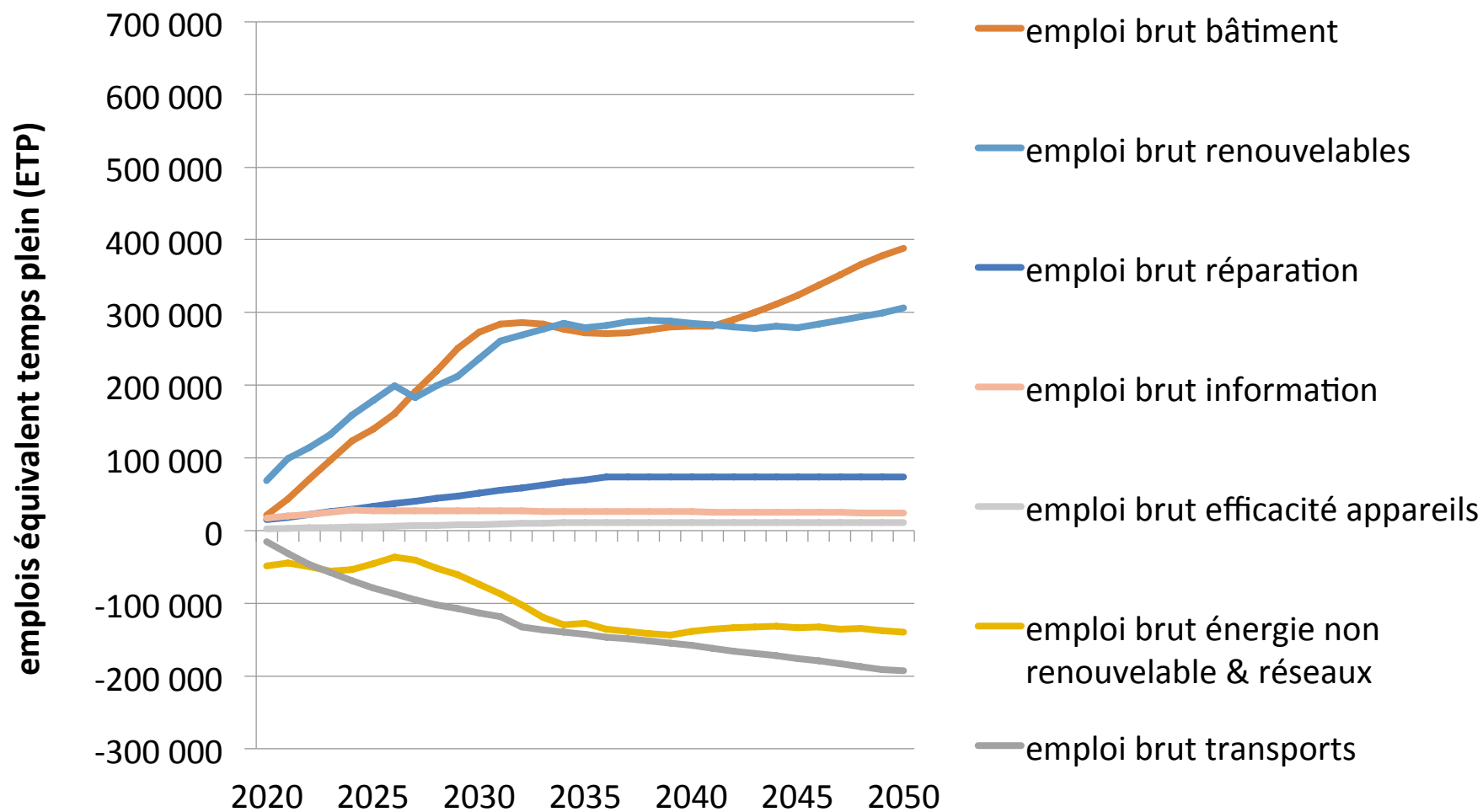
- Comparaison entre scénario négaWatt et scénario tendanciel
- Dans chaque branche d'activité étudiée, évaluation des dépenses (investissement + fonctionnement)
- Calcul des emplois détruits et des emplois créés
- Calcul de l'effet induit sur l'emploi



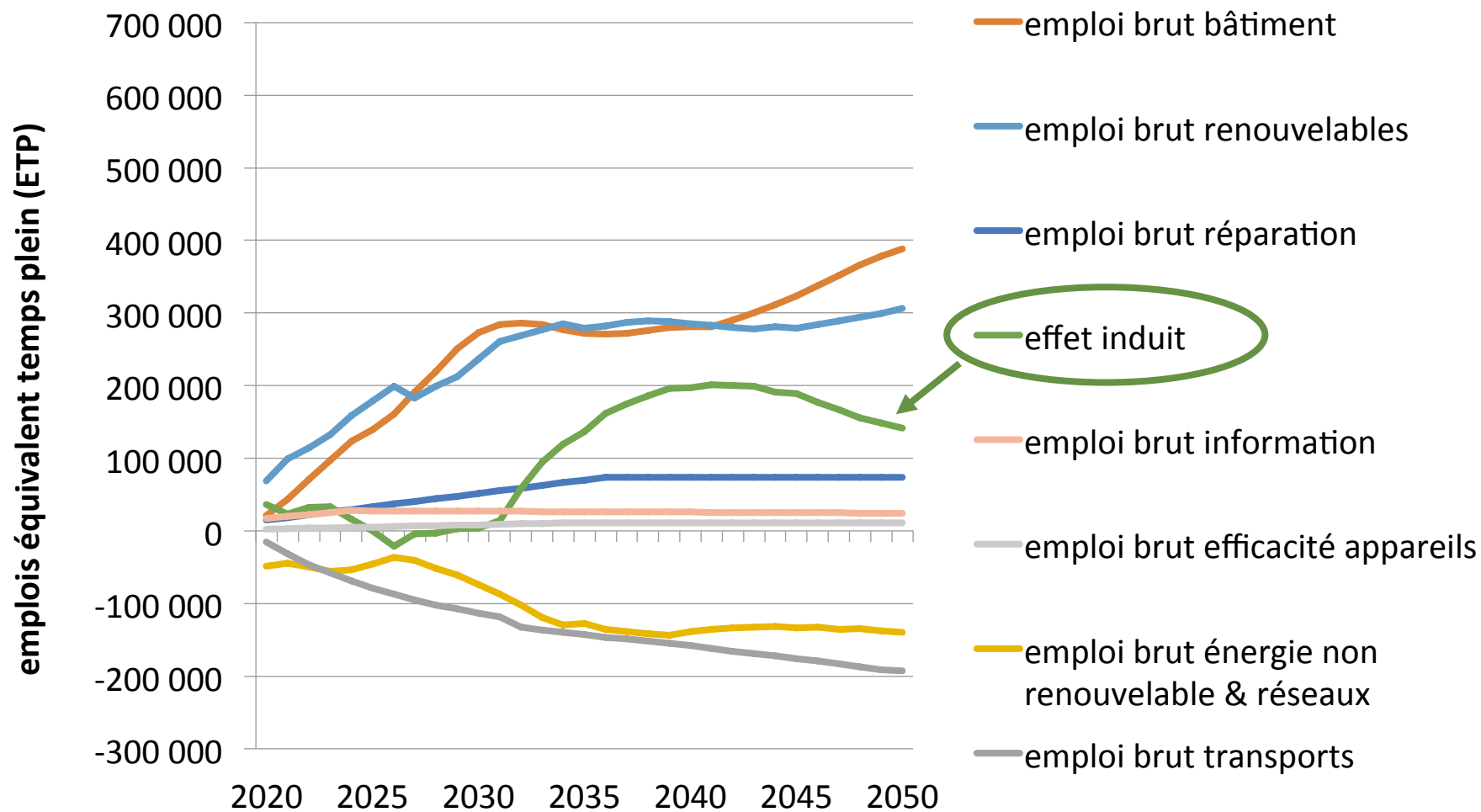
↘ Un effet très positif sur l'emploi



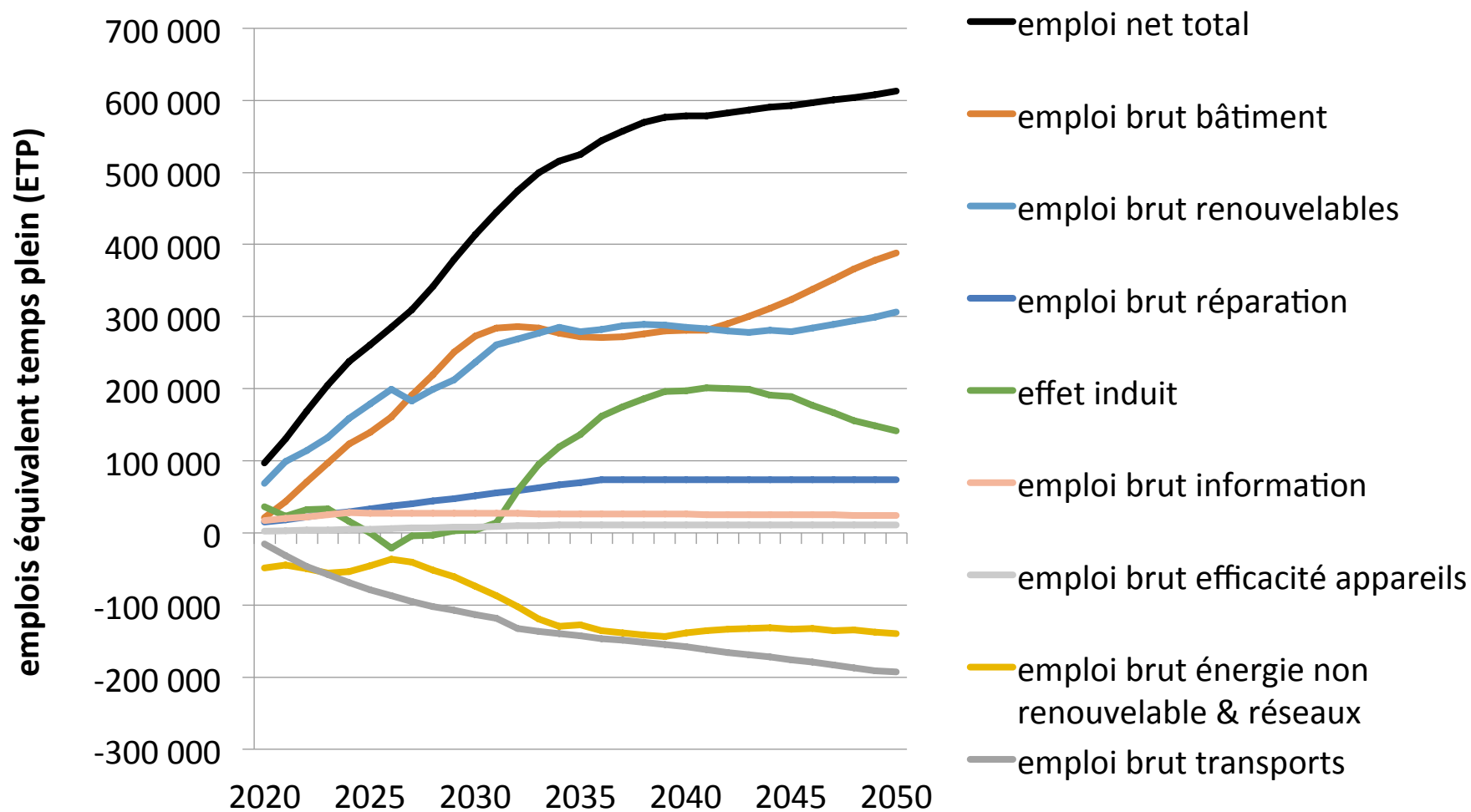
↘ Un effet très positif sur l'emploi



Un effet très positif sur l'emploi



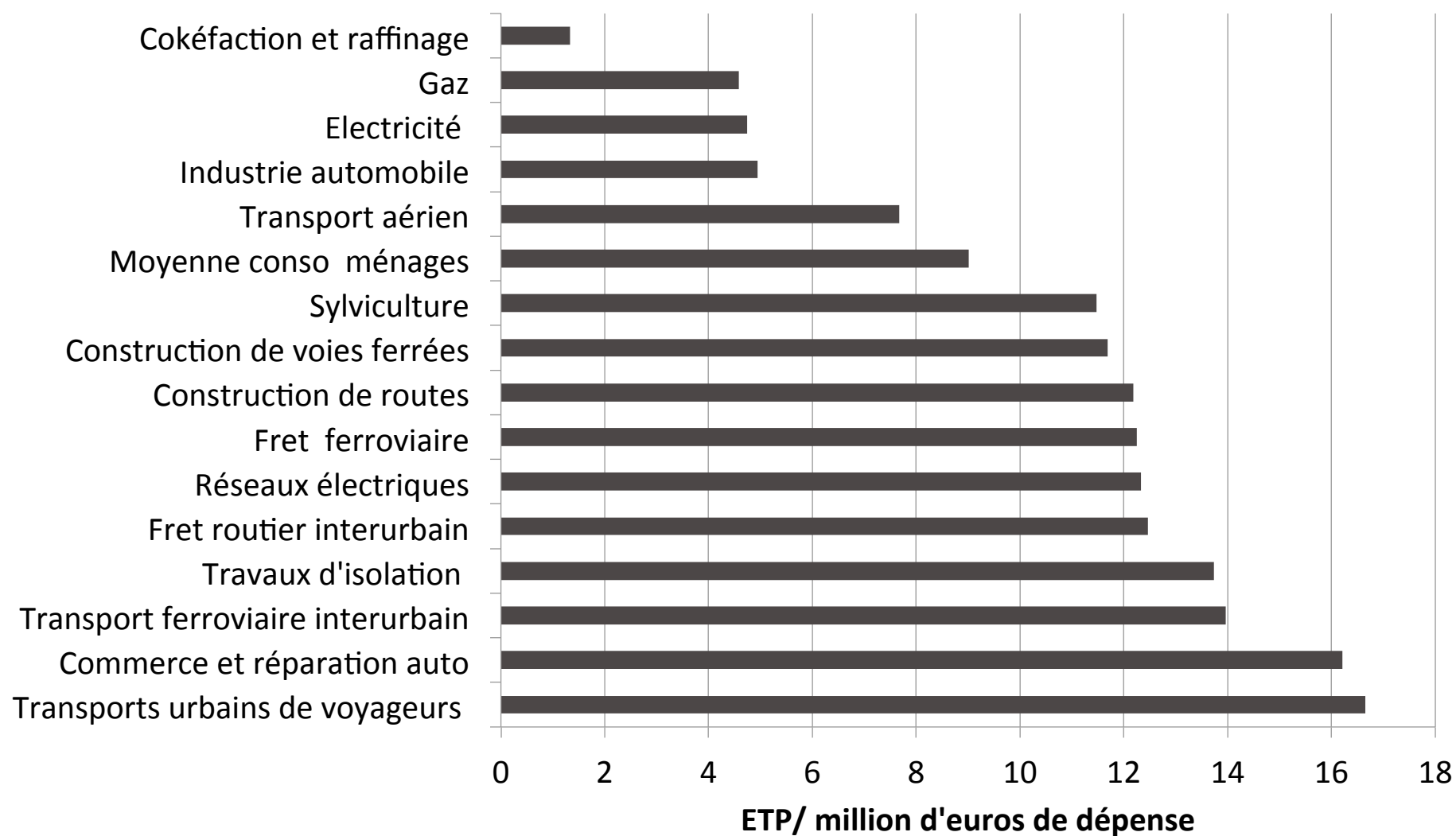
Un effet très positif sur l'emploi



+ 100 000 ETP en 2020, 400 000 en 2030, 600 000 en 2050

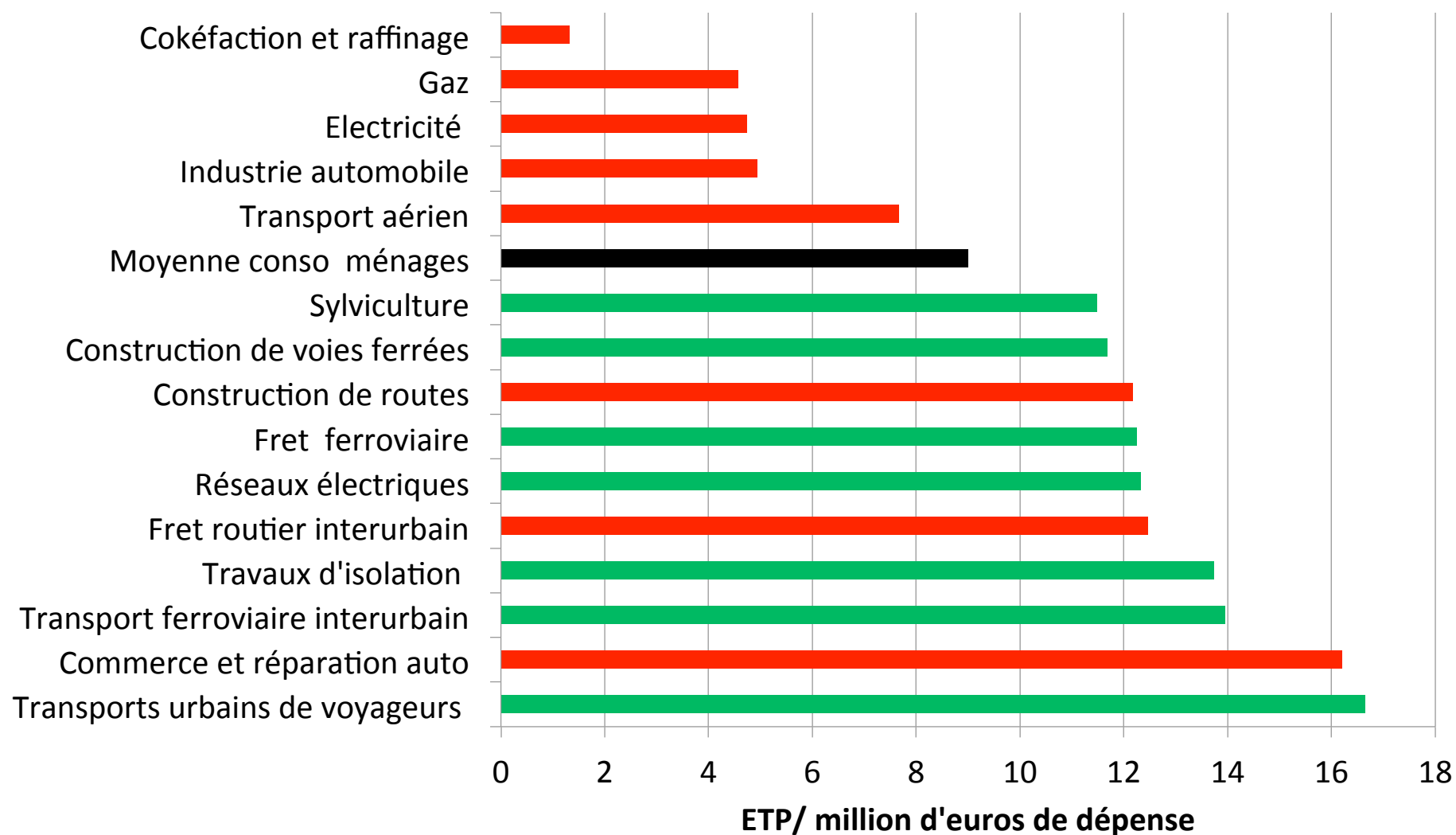


Contenu en emploi d'une sélection de branches, France, 2010





Contenu en emploi d'une sélection de branches, France, 2010



↘ Une nécessaire synergie entre tous les acteurs



Citoyens

- Logement : sobriété, efficacité, renouvelables (Espaces Info-Énergie)
- Achats, déplacements : consommation responsable

Collectivités

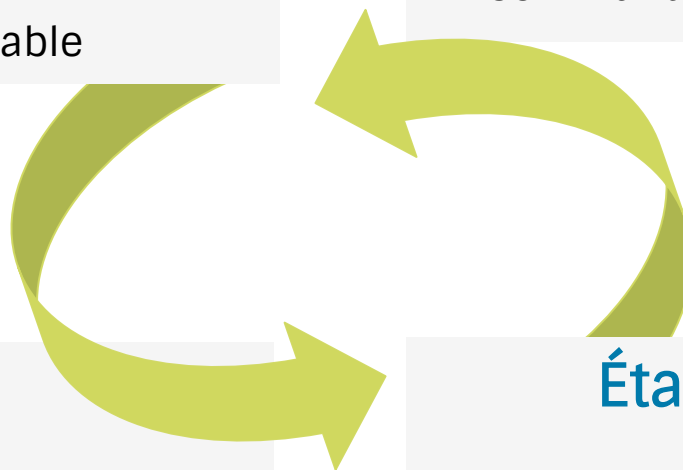
- Politiques locales
- Information/sensibilisation
- Commande publique

Entreprises

- Conception durable des produits
- Économie circulaire
- Innovation, recherche

État / Europe

- Réglementations FR et UE
- Fiscalité incitative
- Soutien à la R&D



➤ 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

↳ Soutenir l'Association négaWatt



Pour une véritable transition énergétique,
l'Association négaWatt a besoin de vous !

- Comment nous soutenir ?
 - Devenez acteur de la transition énergétique : adoptez et relayez la démarche négaWatt dans votre entourage
 - Découvrez et diffusez les publications de l'association
 - Adhérez, faites un don ou... les deux !

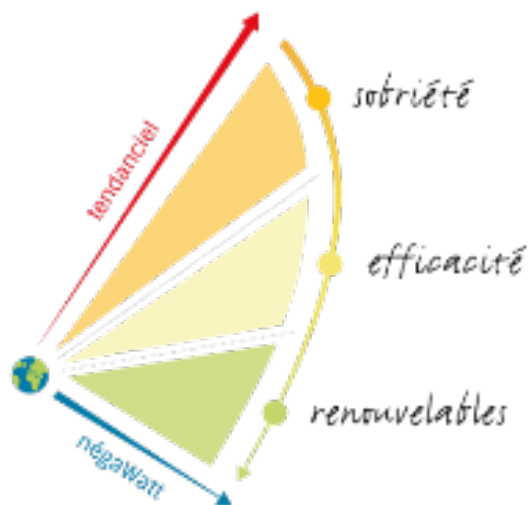
→ Adhésion et don sur negawatt.org

- Le soutien des personnes morales (mécénat) est aussi possible : nous contacter.

↘ Merci de votre attention !



Rendre possible ce qui est souhaitable ...



Décrypter
l'énergie

www.negawatt.org

www.decrypterlenergie.org