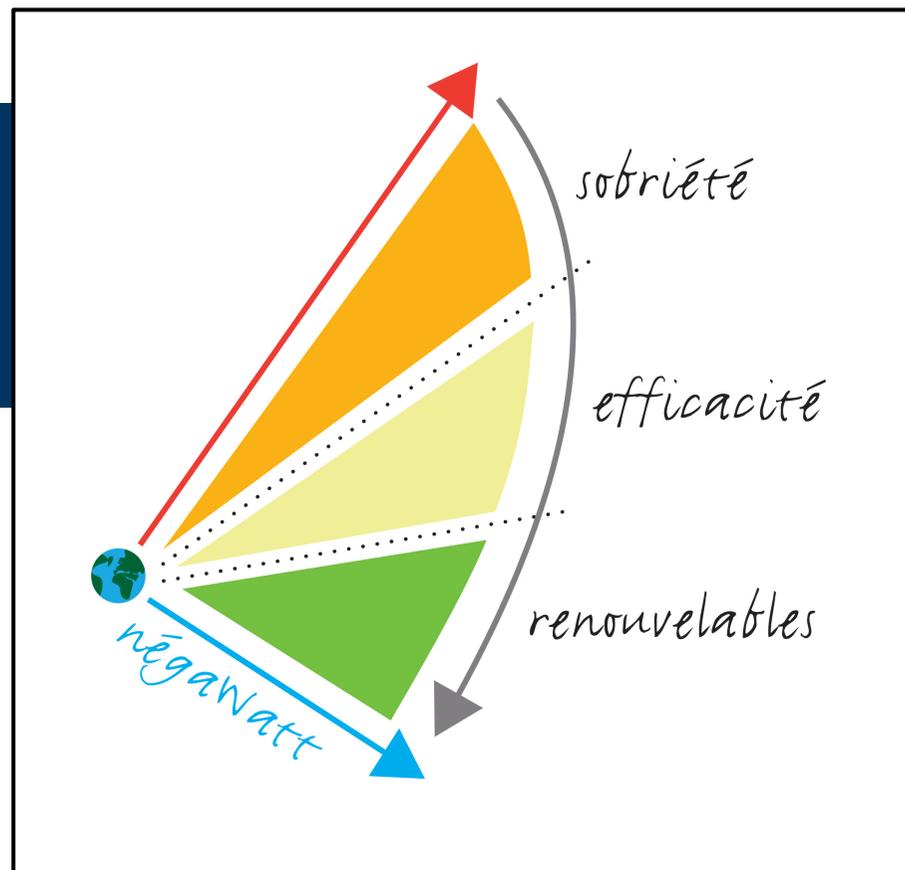


Scénario négaWatt 2011

Formation & Citoyenneté

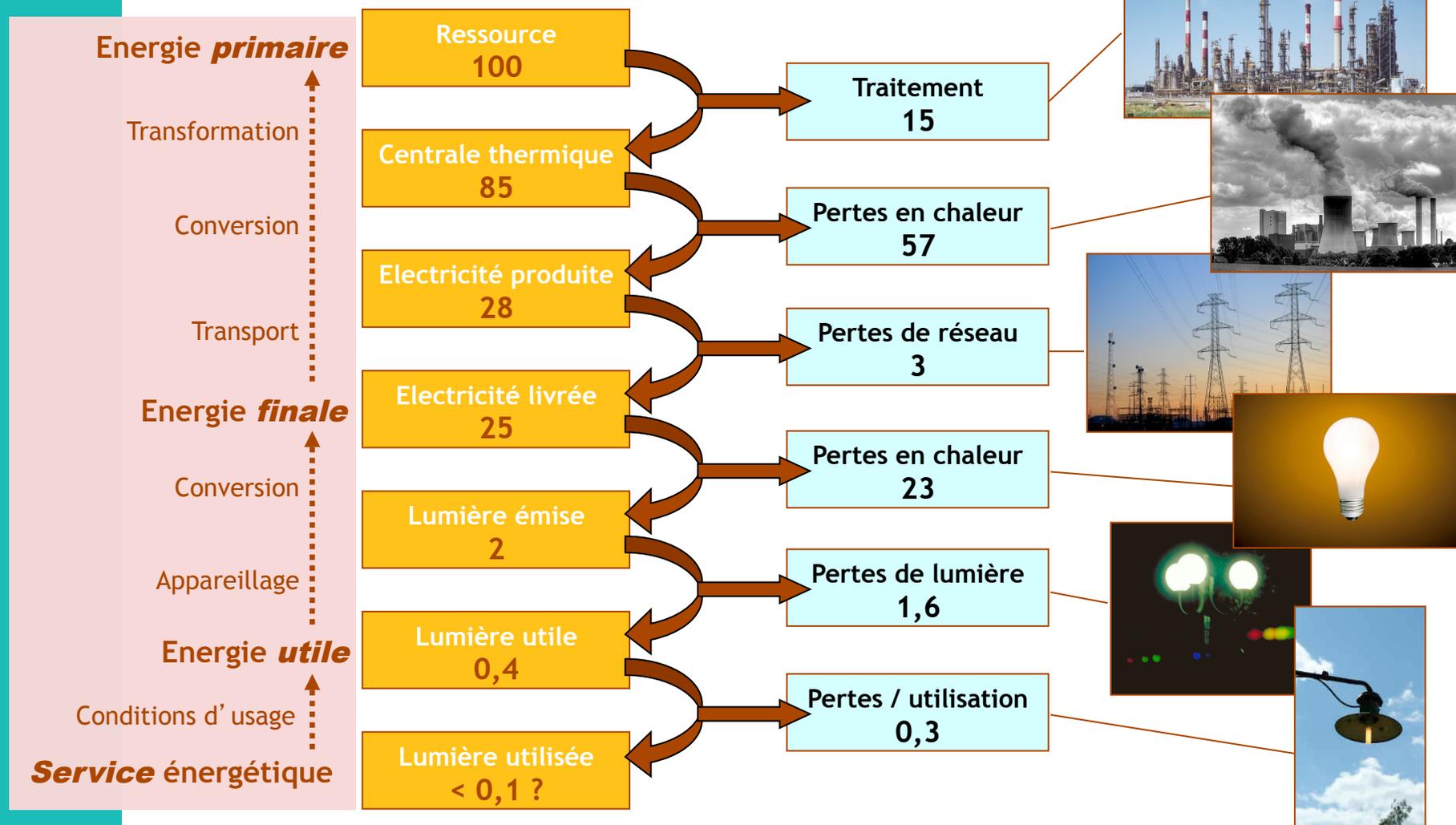
Paris, 26 novembre 2011

251111b

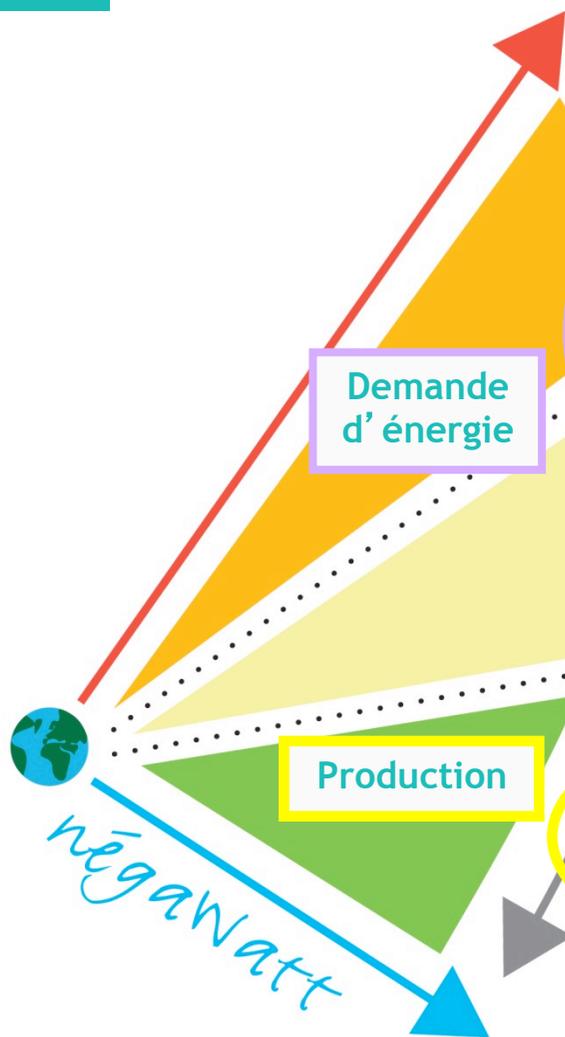


Du service énergétique à la ressource

Exemple de chaîne énergétique : l'éclairage



La démarche négaWatt



sobriété

efficacité

renouvelables

D'abord, prioriser les besoins et les services énergétiques essentiels

Privilégier les chaînes énergétiques efficaces de la ressource à l'usage

Produire et substituer par des énergies de flux et non de stocks



sobriété, efficacité, renouvelables

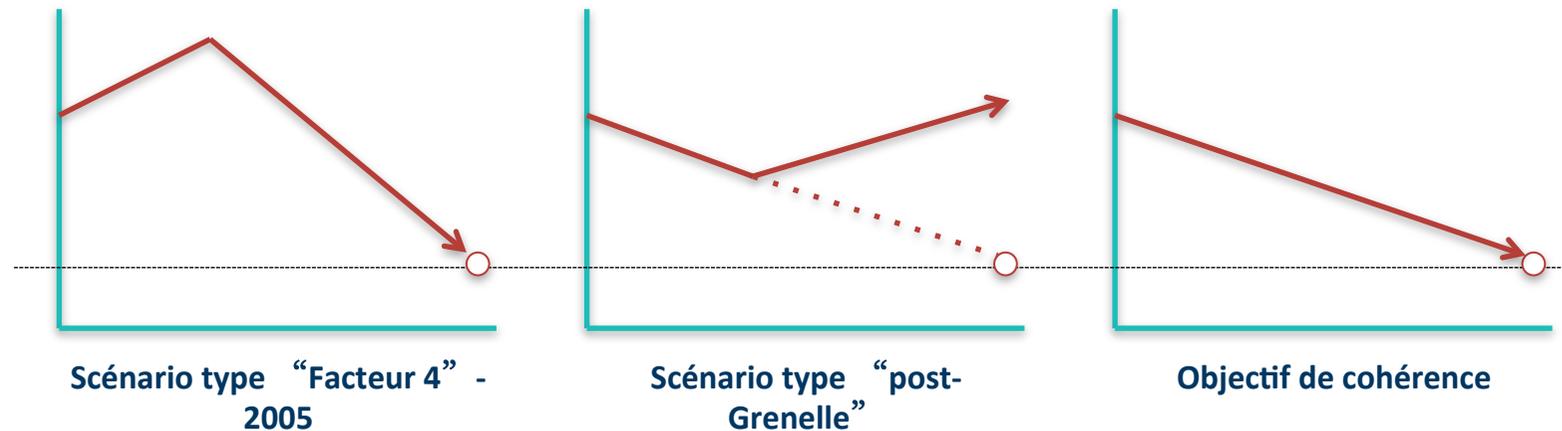
Scénario négaWatt 2011

Méthodologie du scénario

- Un scénario de **transition énergétique** réaliste et soutenable
- **1. Hiérarchie des solutions**
 - Action sur la demande par la sobriété et l'efficacité
 - Priorité aux énergies de flux sur les énergies de stock
pas de nouveau nucléaire ni de capture-séquestration du carbone (CSC)
- **2. Réalisme technologique**
 - Des solutions « matures » industriellement
 - Une trajectoire ouverte aux ruptures mais robuste sans elles
- **3. Développement soutenable**
 - Réduire l'ensemble des impacts et des risques liés aux énergies
analyse multicritères et pas « carbocentrée »
 - « *Léguer des rentes et des bienfaits aux générations futures
plutôt que des dettes et des fardeaux* »

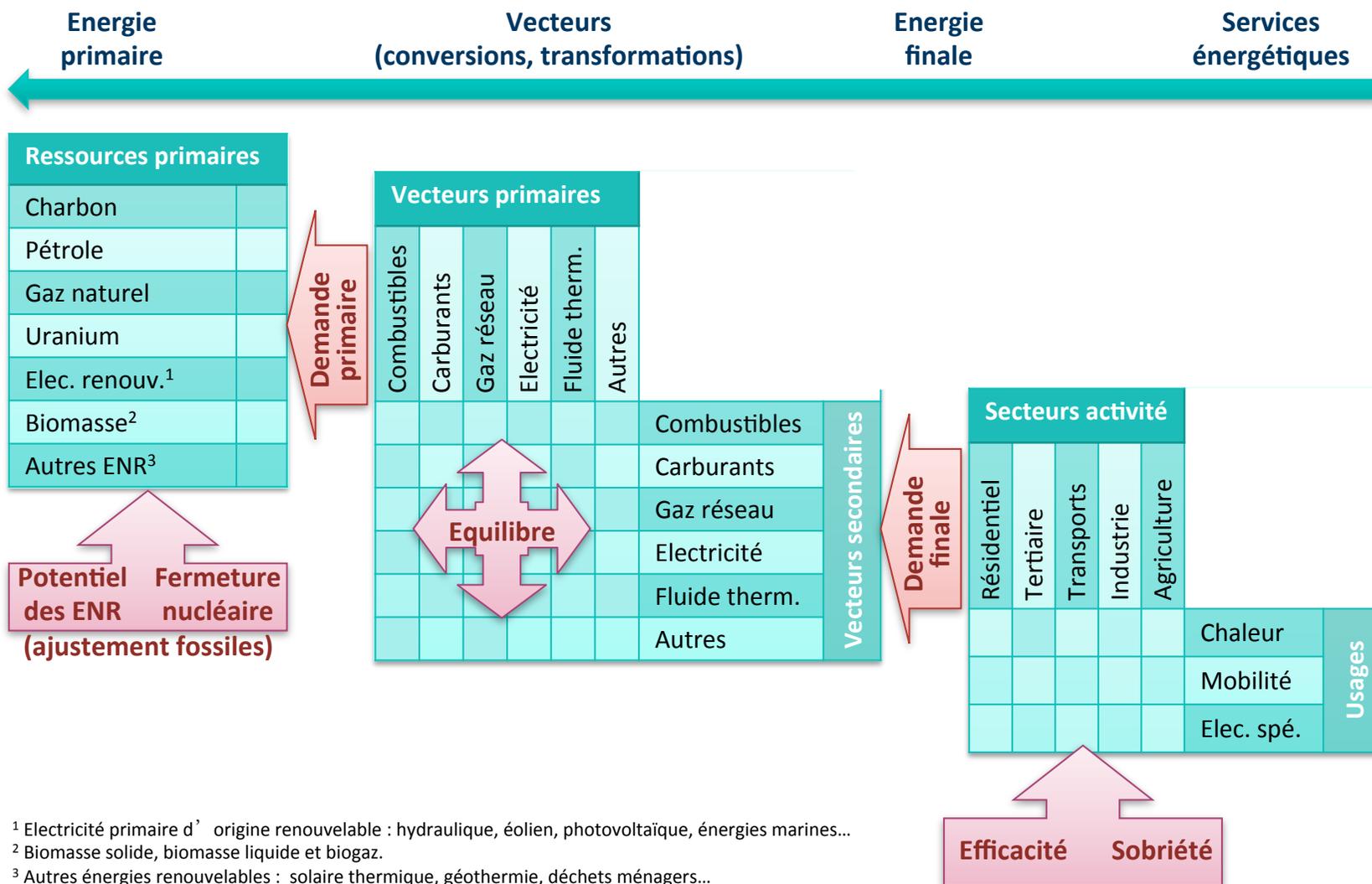
Une recherche de trajectoire cohérente

- Traduire les contraintes du long terme dans les décisions de court terme
- Une vision directrice *et* une trajectoire cohérente pour l'atteindre



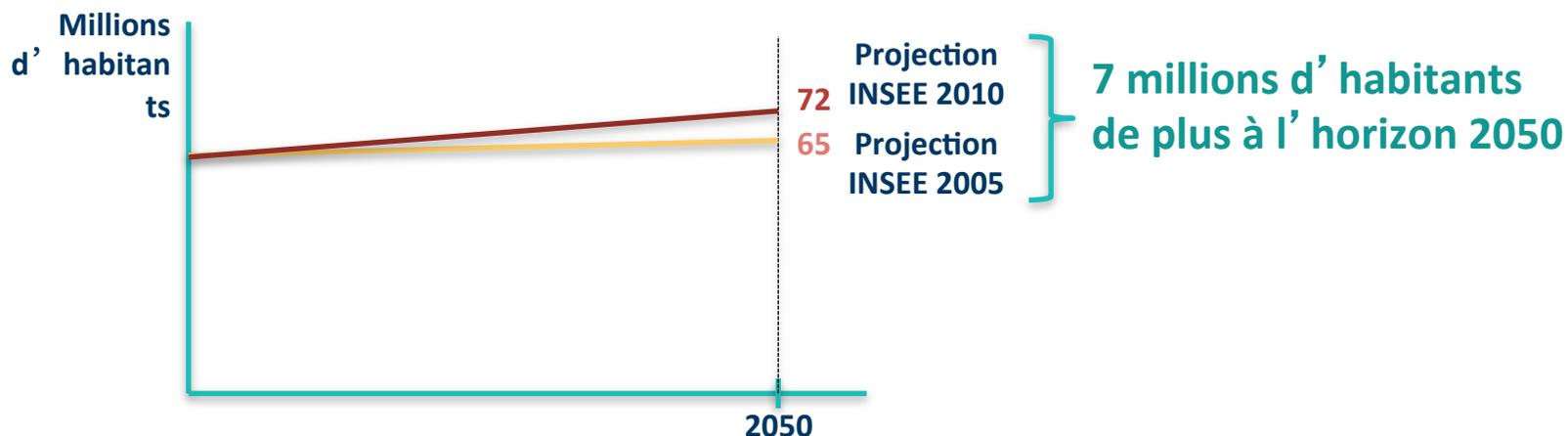
- Un outil pour se projeter et quantifier :
priorités, niveau d'ambition, rythme des politiques et mesures
- Une cohérence vis-à-vis des contraintes et réalités physiques :
un modèle en énergie pour interroger l'économie... et non l'inverse !

Démarche de modélisation



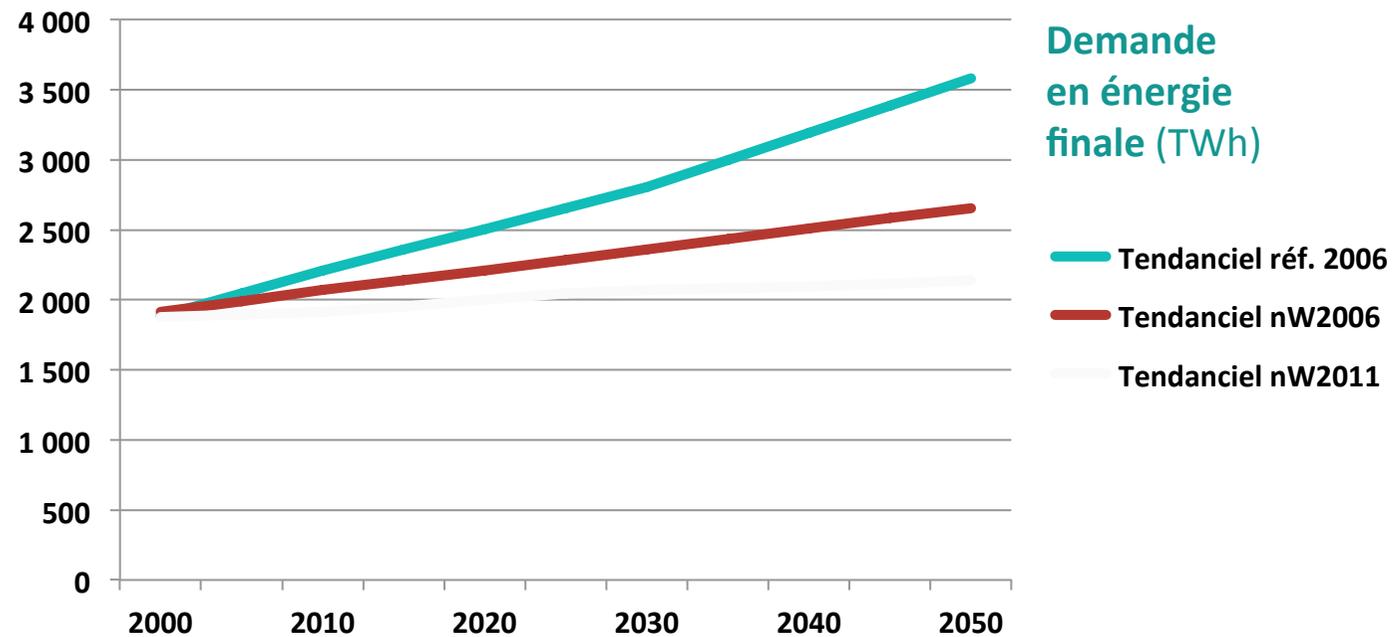
Éléments de cadrage

- Année de base (stats) : 2010
Horizon du scénario : 2050 } **5 années de moins pour agir
alors que l'urgence croît**
- Priorités aux contraintes physiques, et non économiques
- Hypothèses démographiques :



- Périmètre géographique :
 - France métropolitaine (Corse incluse, hors DOM-TOM)
 - Recherche d'autosuffisance / équilibre ou solde positif des échanges

- Le scénario négaWatt ou... quoi ?
Nécessité de comparer le scénario à une autre trajectoire
- Révision du scénario « tendanciel » :
 - demande : quasi-stabilisation post crise économique et post Grenelle
 - production : stabilité nucléaire, développement lent renouvelables



Scénario négaWatt 2011

Prospective sur la consommation

Bâtiments / chaleur

Bâtiments / électricité spécifique

Transports / mobilité des personnes

Transports / marchandises

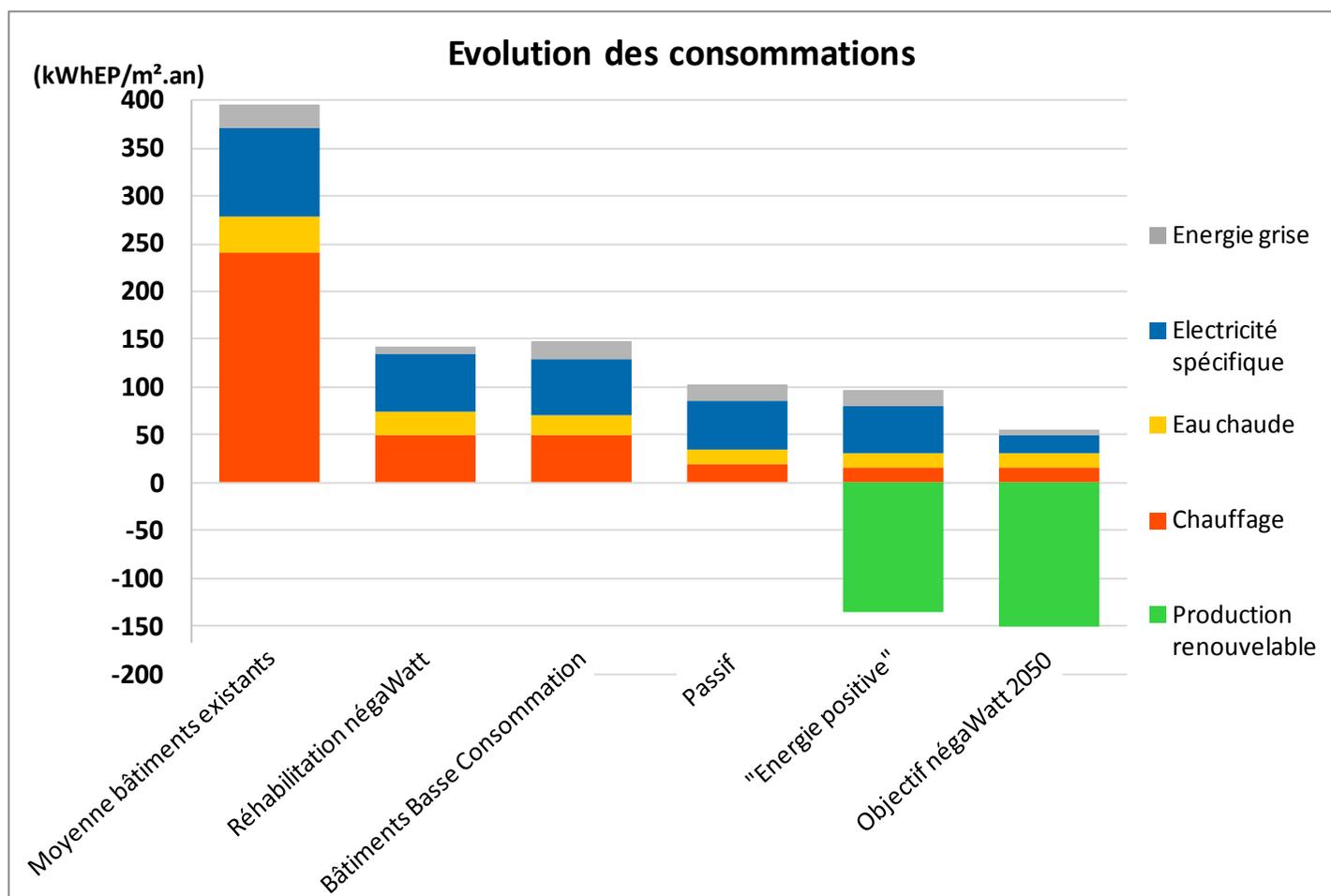
Industrie

Agriculture

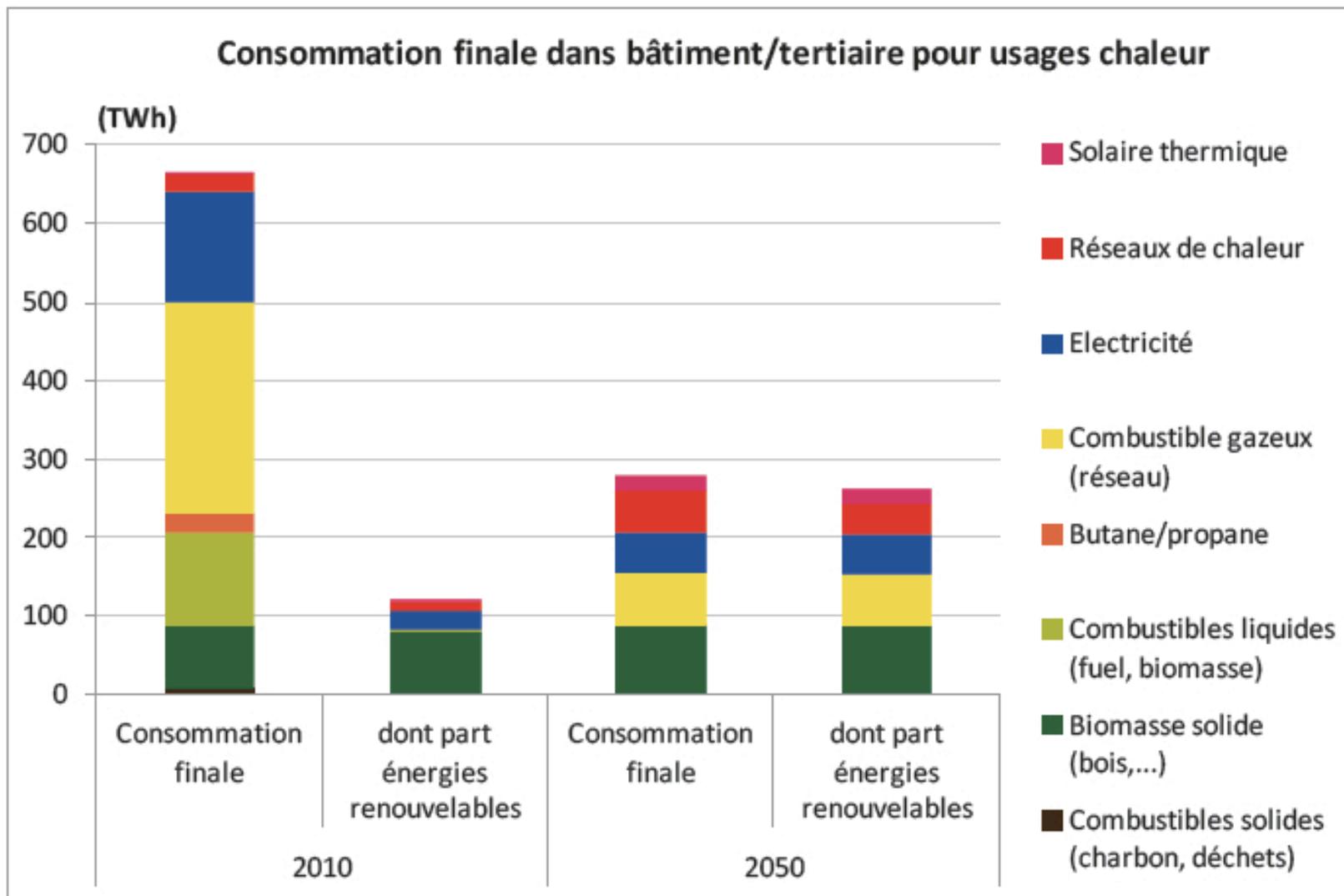
- Un poste prioritaire :
résidentiel + tertiaire > 40 % énergie consommée (chaleur et électricité)
- **Sobriété :**
Stabilisation des surfaces par personne dans le logement
Frein au développement des surfaces tertiaires
- **Efficacité :**
Application des meilleures conceptions et technologies dans le neuf
Programme progressif mais majeur de rénovation thermique
soit 1 million d'équivalent logements atteint en « croisière » vers 2025
- **Substitution par les renouvelables :**
Changement des systèmes de chauffage et d'eau chaude chaque fois que possible
Les renouvelables atteignent 94 % des besoins en 2050 contre 16 % en 2010

Résidentiel et tertiaire : enjeux et objectifs

- Consommations-types pour une maison individuelle, en kWh d'énergie primaire par m² de surface habitable

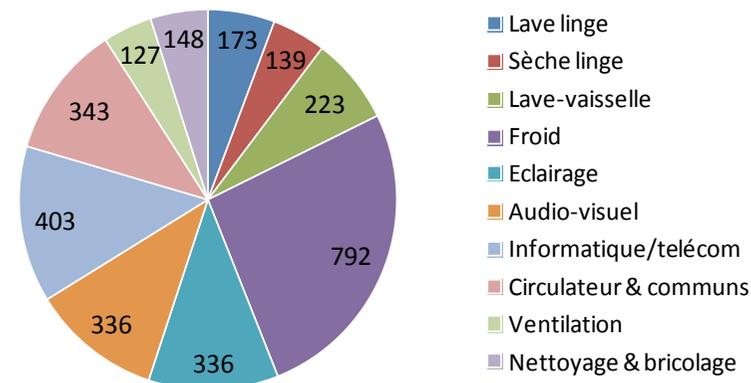


Développement des renouvelables (chaleur)

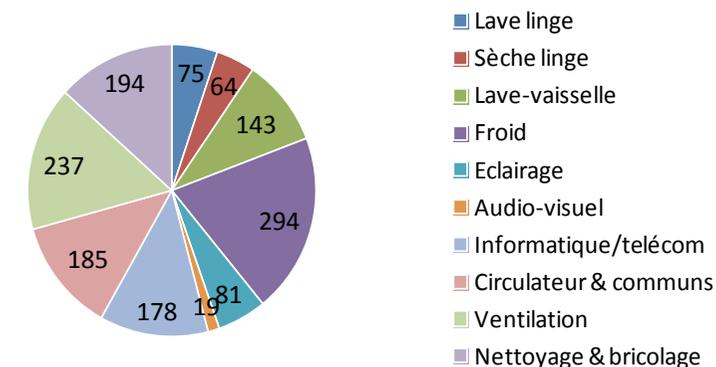


- 8 % de l'énergie finale mais base du confort moderne
- 20 usages résidentiels (réfrigérateurs, éclairage, TV...)
10 usages tertiaires (éclairage public, ordinateurs...)
- **Sobriété et efficacité :**
- Pour chaque usage, généralisation de la combinaison
 - des bonnes pratiques
 - des meilleures technologies aujourd'hui observées
- Evolution technologique « forfait » + 15 % de nouveaux usages
- → division par plus de 2 par ménage

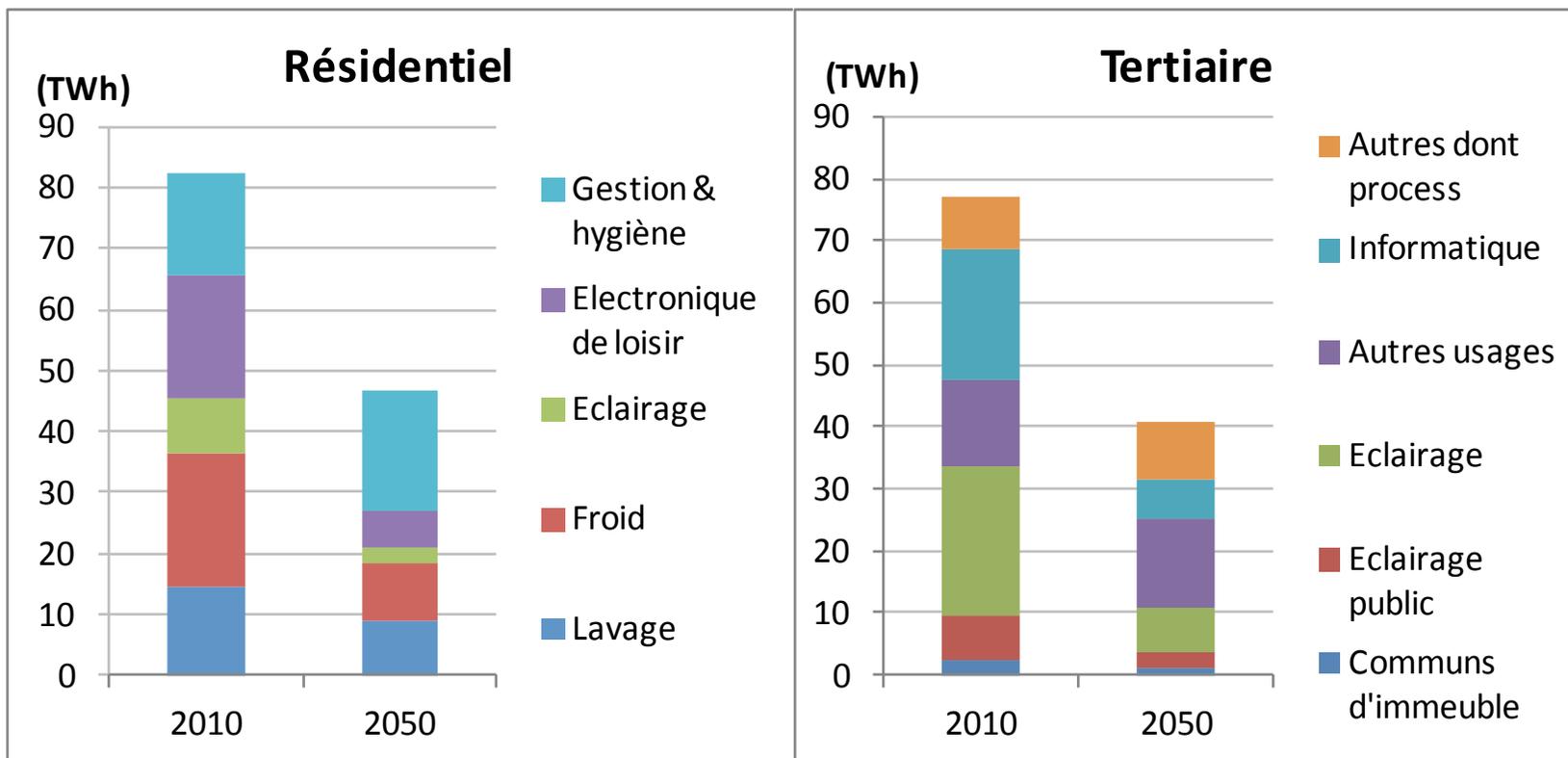
Consommation moyenne d'un ménage en 2010
3021 kWh



Consommation moyenne d'un ménage en 2050
1470 kWh



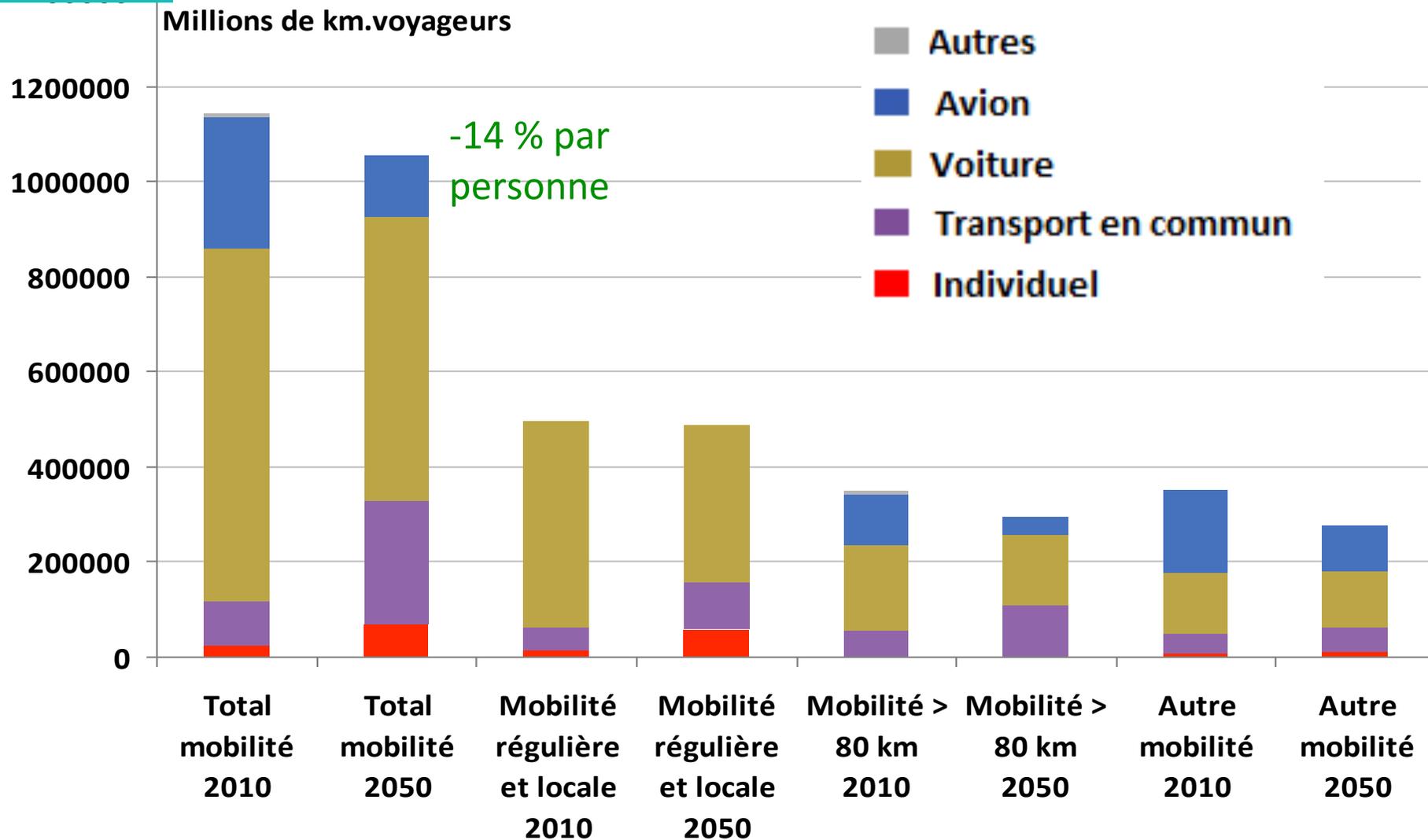
- Consommation finale d'électricité



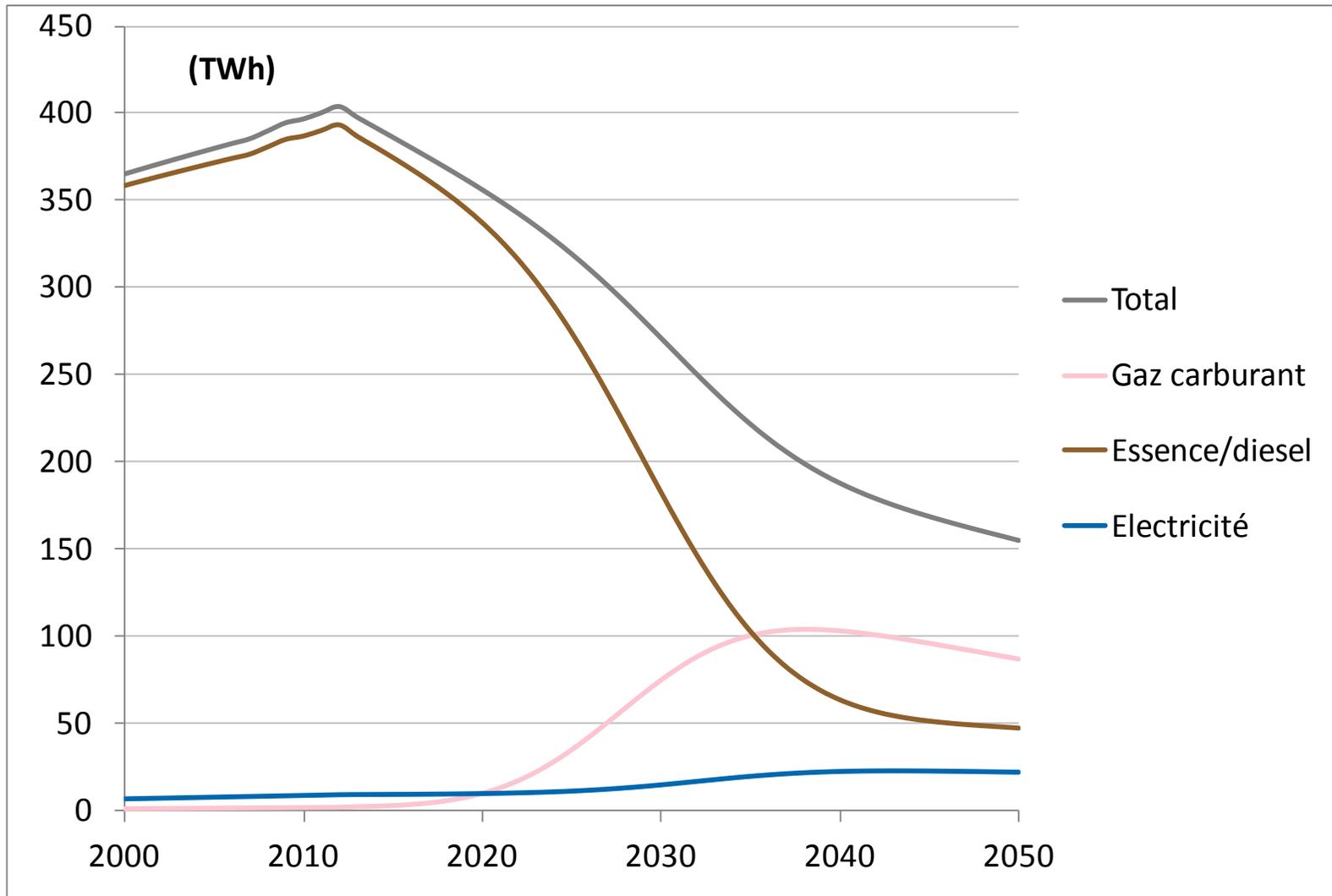
Electricité spécifique (i.e. hors chauffage) :
 Un **facteur 2** sur les consommations totales
 dans le résidentiel comme dans le tertiaire

- 30 % de la consommation d'énergie, dépendance totale au pétrole (90 %)
Analyse à différencier selon les motifs de déplacement et les zones
- **Sobriété :**
Personnes : réduction des distances parcourues, pas des services utiles
Réduction du nombre de véhicules (co-voiturage, auto-partage...)
Marchandises : maîtrise des tonnes.km (évolution de la consommation)
- **Efficacité :**
Transfert modal : la voiture passe de 63 % à 42 % des passager.km,
la part du transport routier recule de 38 % pour les marchandises
Efficacité accrue des véhicules (taille et motorisation plus adaptée)
- **Substitution par les renouvelables :**
Pour l'automobile, trois types de véhicules :
 - urbain : tout électrique (plus de moteur thermique en ville)
 - interurbain : priorité au véhicule hybride à carburant gaz (GNV -> GRV)
 - rural ou résiduel : véhicule carburant liquide (pétrole puis biocarburant)

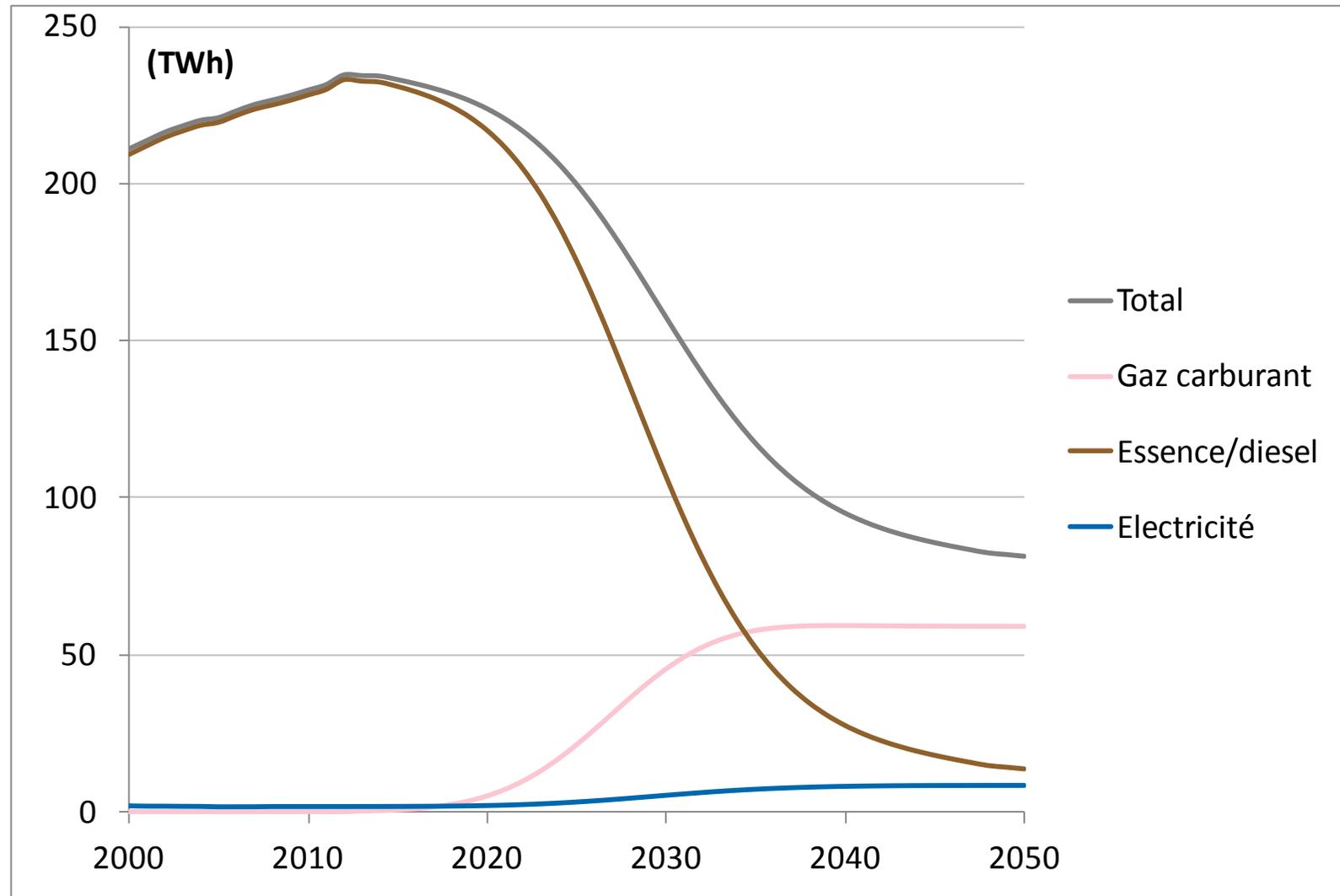
Les déplacements des personnes en France



Évolution des consommations d'énergie



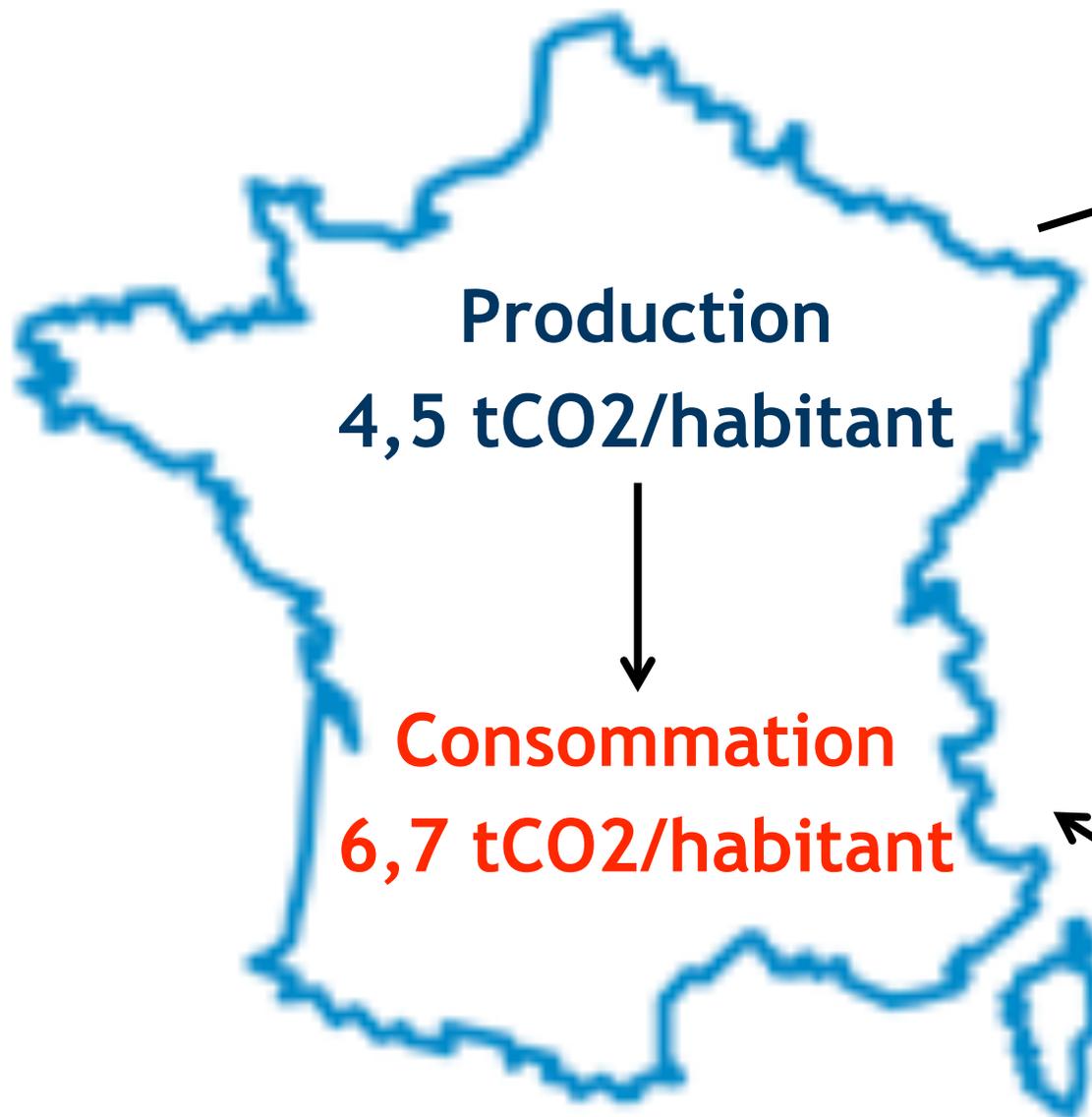
- Évolution des consommations d'énergie



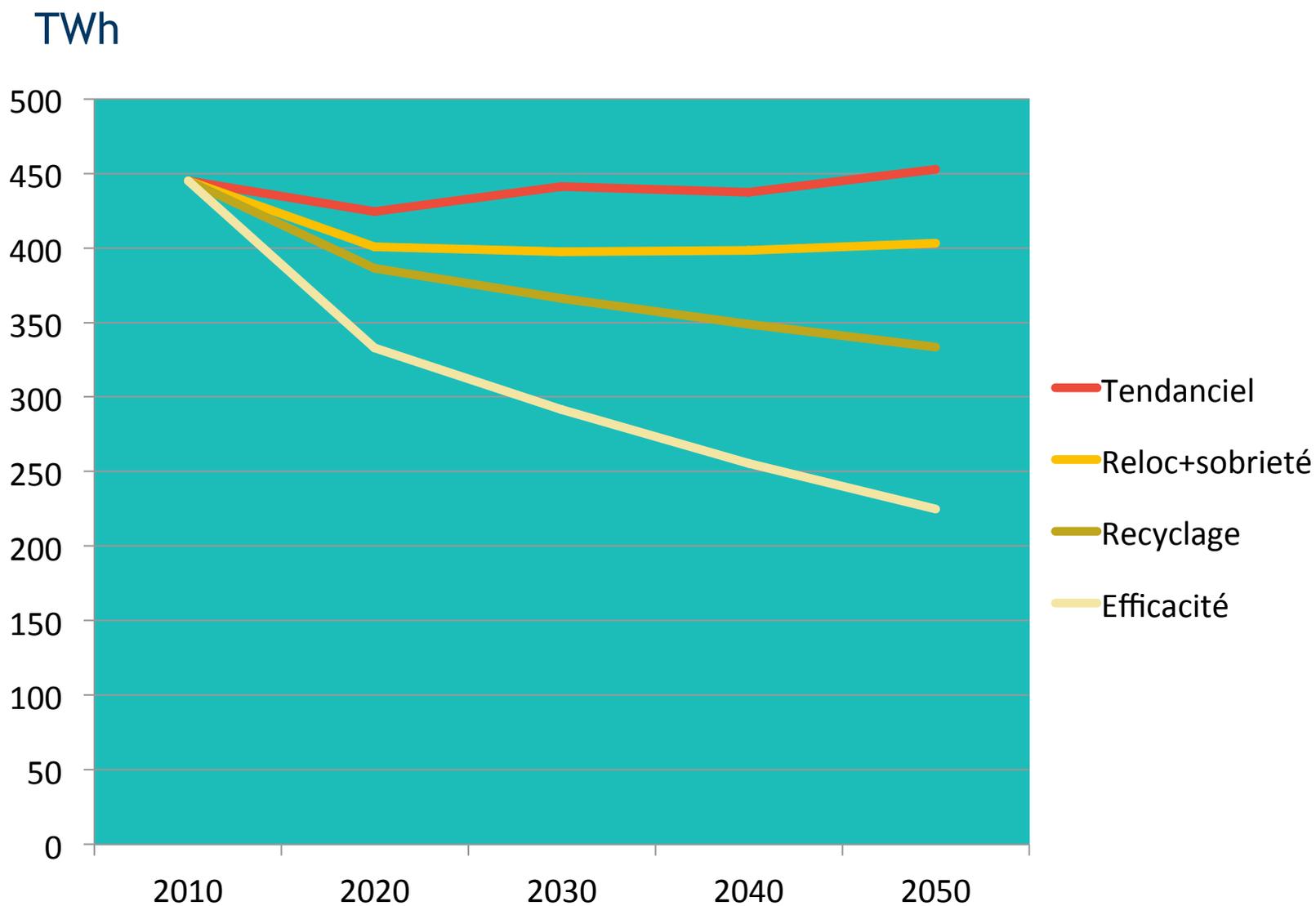
Une mutation de l'industrie

- Analyse sur les besoins d'équipements (donc de matières) par secteur
- Adaptation de la production aux besoins et relocalisation
- **Sobriété** : niveau d'équipement, amélioration de l'usage, réparabilité...
- **Efficacité** : amélioration des rendements des moteurs, des process, développement de la cogénération
- **Substitution par les renouvelables** chaque fois que possible
- Développement volontariste d'une économie du recyclage

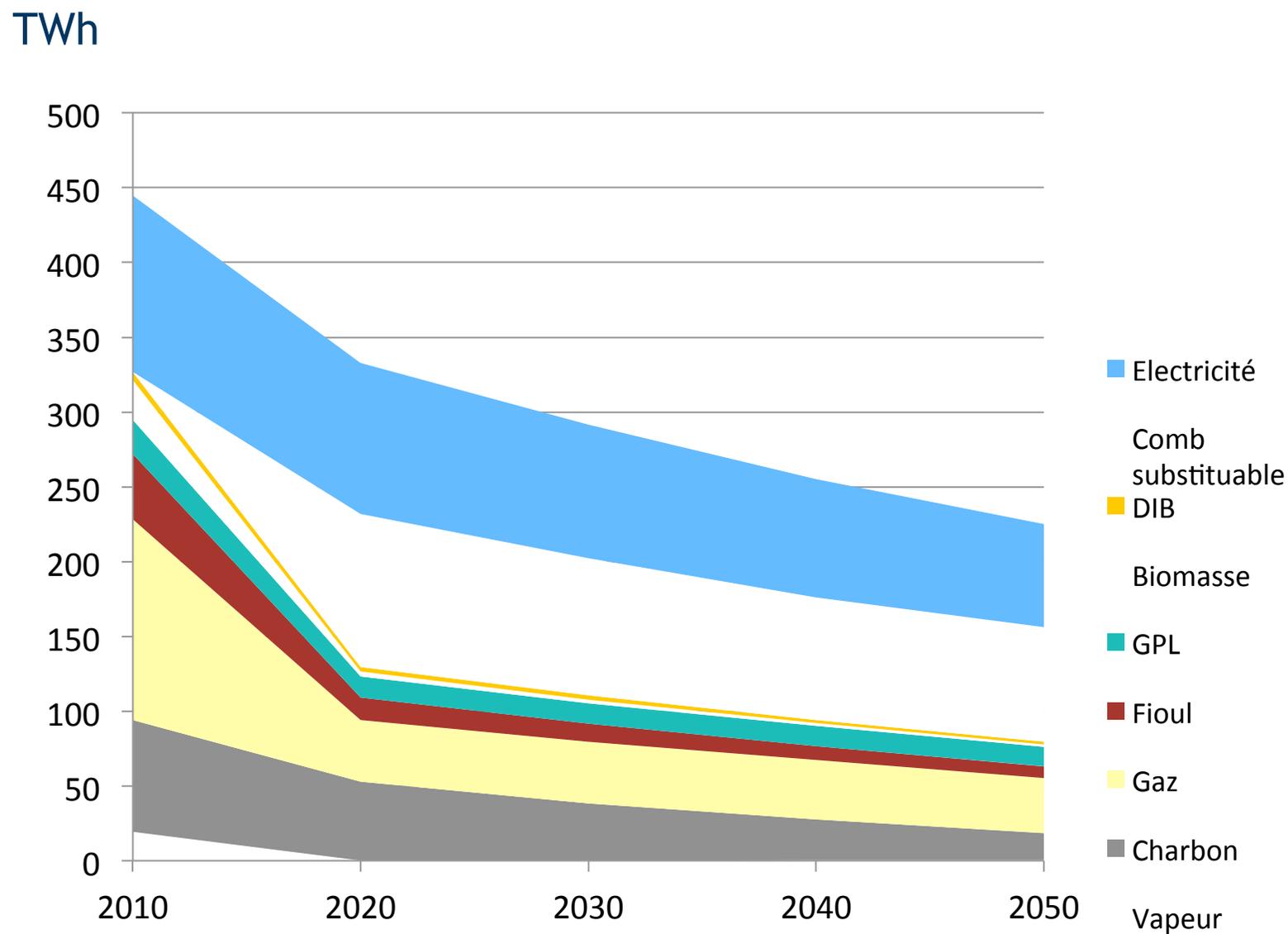
| | Taux de collecte 2010 | Taux de recyclage 2010 | Taux de recyclage prévu en 2050 |
|---------------|--------------------------|---------------------------|------------------------------------|
| Acier | 74% | 52% | 90% |
| Aluminium | 44% | 37% | 86% |
| Verre | 35% | 35% | 90% |
| Plastiques | 15% | 4,5% | 30% |
| Papier carton | 70% | 60% | 80% |



Consommation d'énergie dans l'industrie

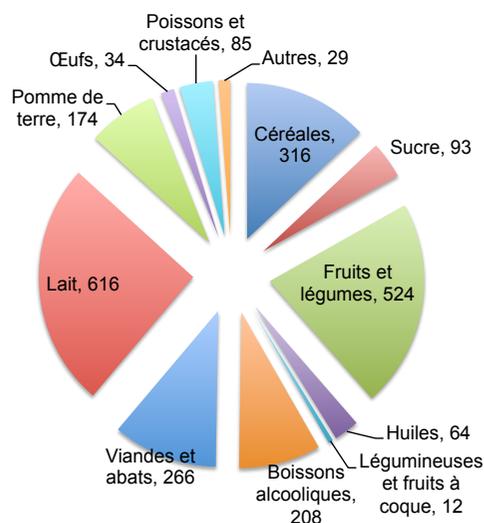


Substitution d'énergie dans l'industrie



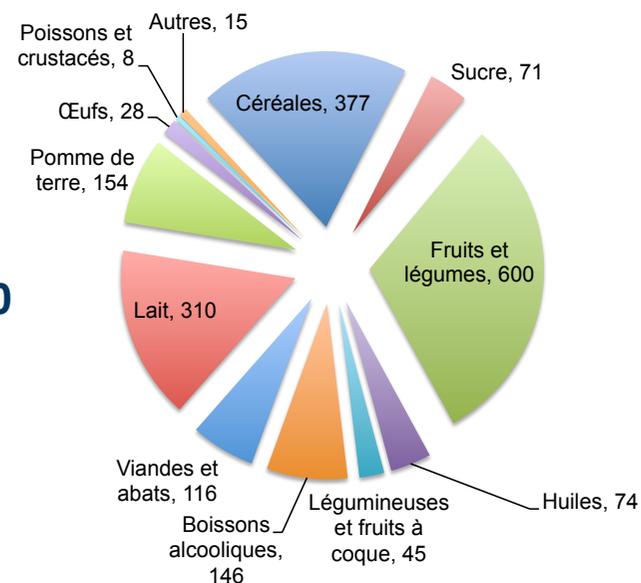
Un scénario soutenable pour l'agriculture

- Peu d'enjeu en consommation directe (2 %) mais :
 - un enjeu climatique (méthane et N₂O)
 - un enjeu sur la disponibilité de biomasse pour l'énergie
- Un couplage avec le scénario **Afterres 2050** sur l'agriculture (Solagro)
- Une approche soutenable des usages de la biomasse (sobriété, efficacité)
- Une agriculture soutenable (50 % intégrée, 50 % biologique en 2050)
- Un changement de l'assiette alimentaire conforme à l'équilibre sanitaire

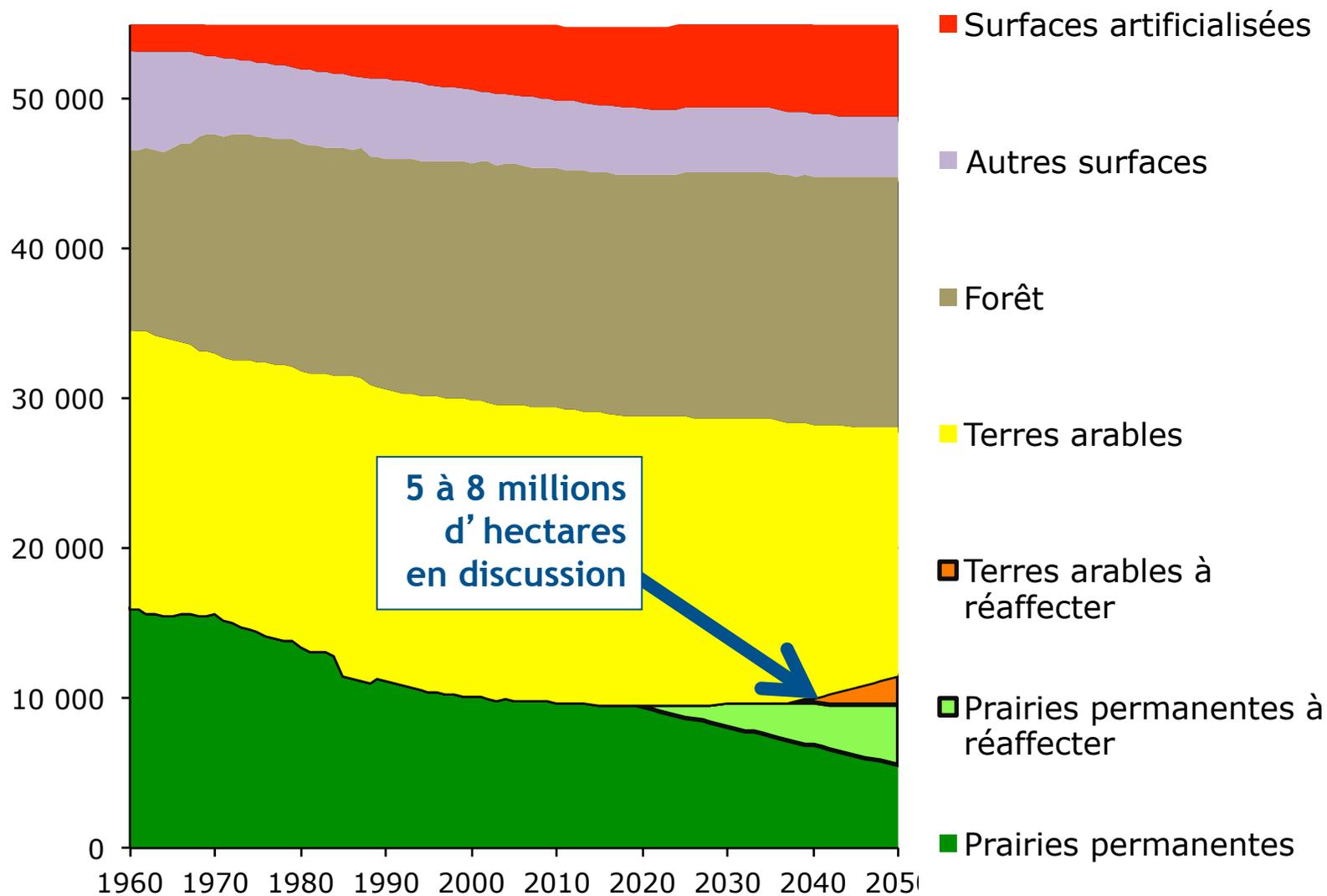


2010 → 2050

En grammes par jour



Approche globale sur l'usage des sols



Scénario négaWatt 2011

Prospective sur la production

Renouvelables / biomasse

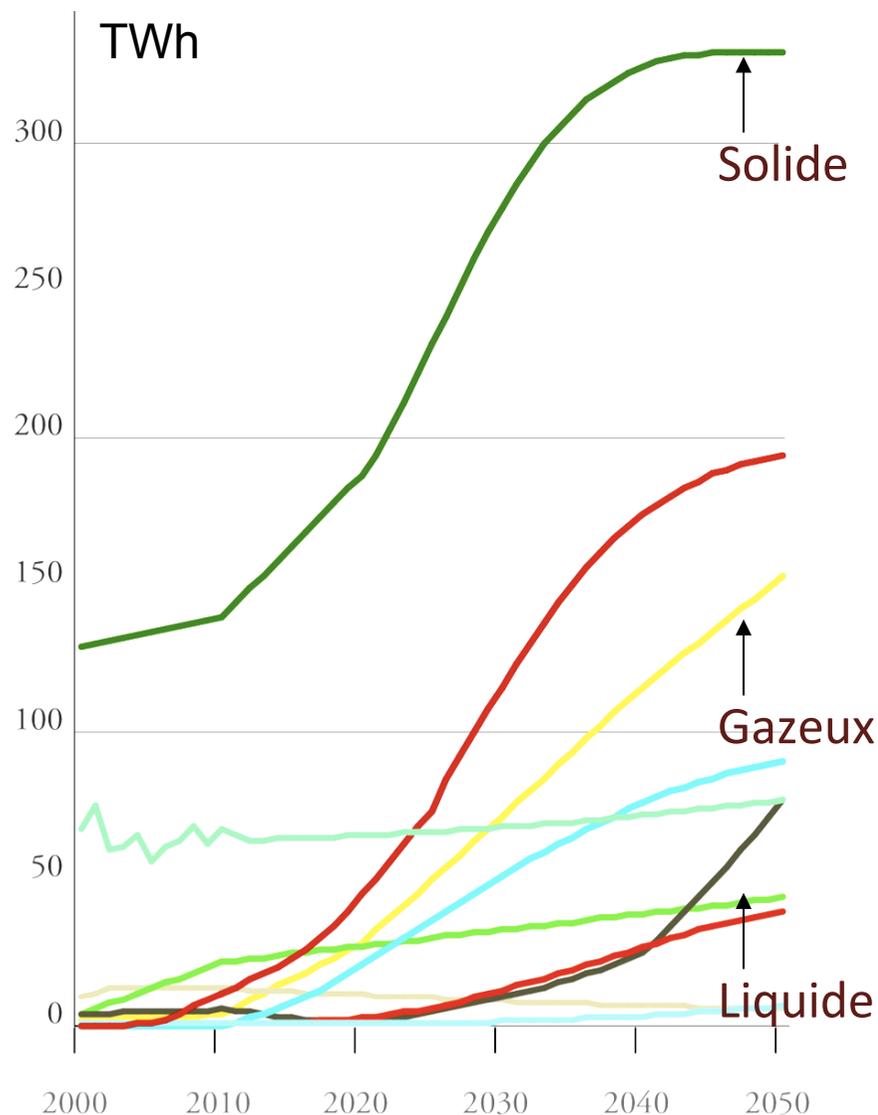
Renouvelables / production électrique

Renouvelables / autres

Nucléaire

Energies fossiles

Energie de la biomasse



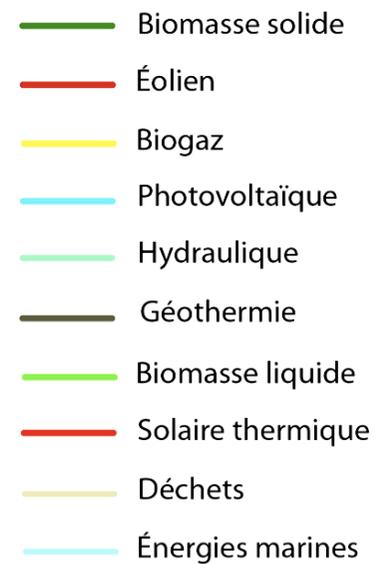
Total en 2050 : 519 TWh

dont :

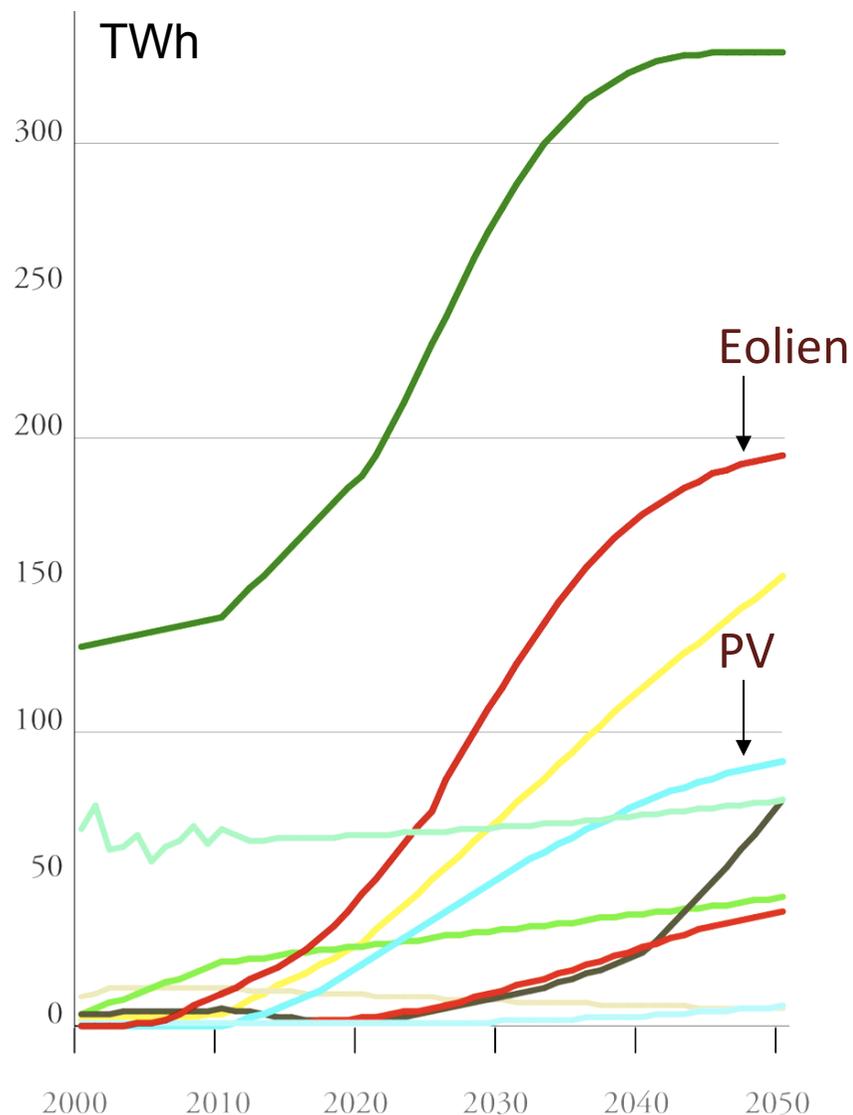
- 296 TWh bois énergie

- 153 TWh biogaz

- 44 TWh biocarburants



Renouvelables électriques



Total en 2050 : 347 TWh

dont :

- 194 TWh éolien

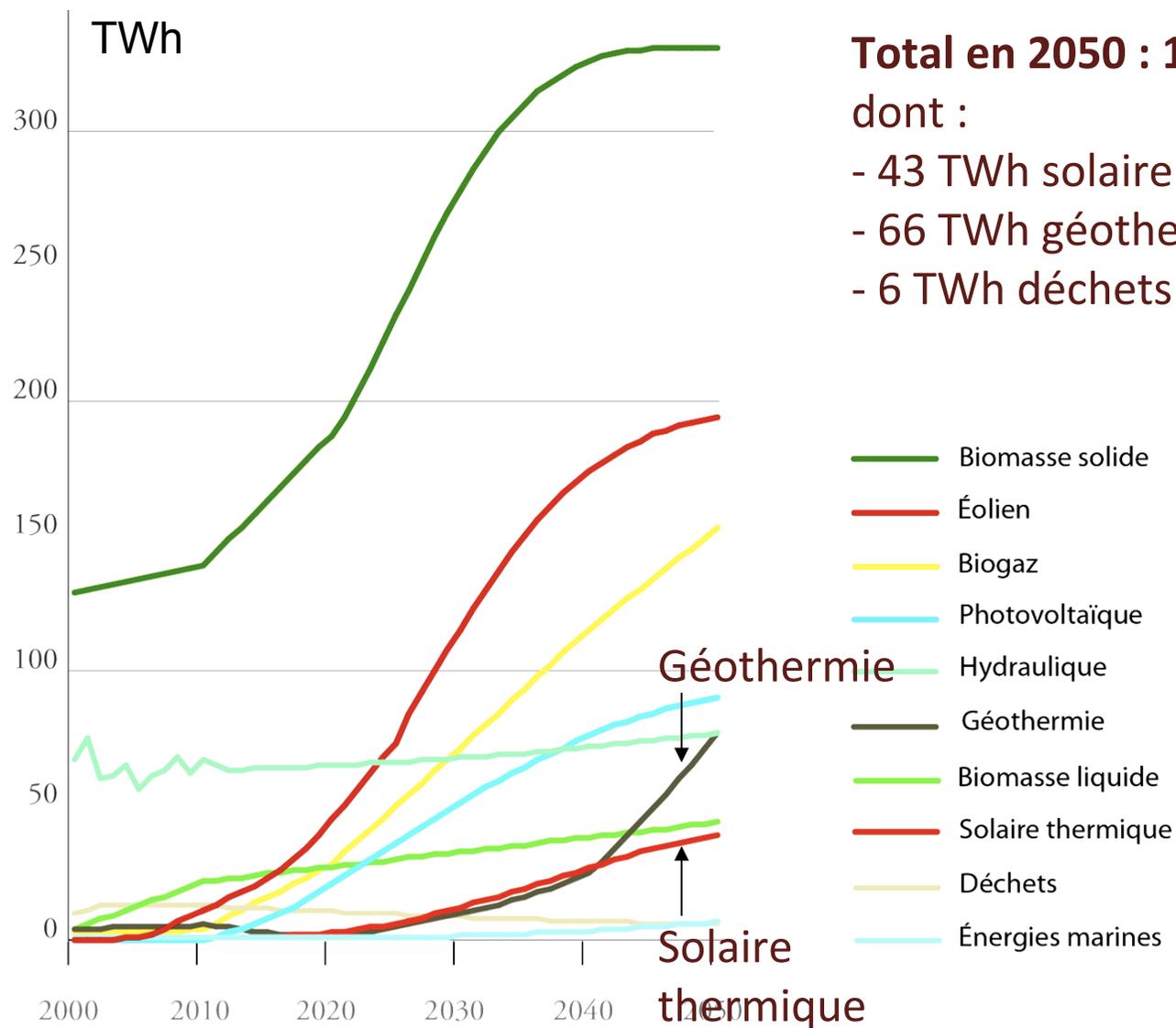
($\frac{1}{2}$ terre, $\frac{1}{2}$ offshore)

- 90 TWh photovoltaïque

- 70 TWh hydraulique

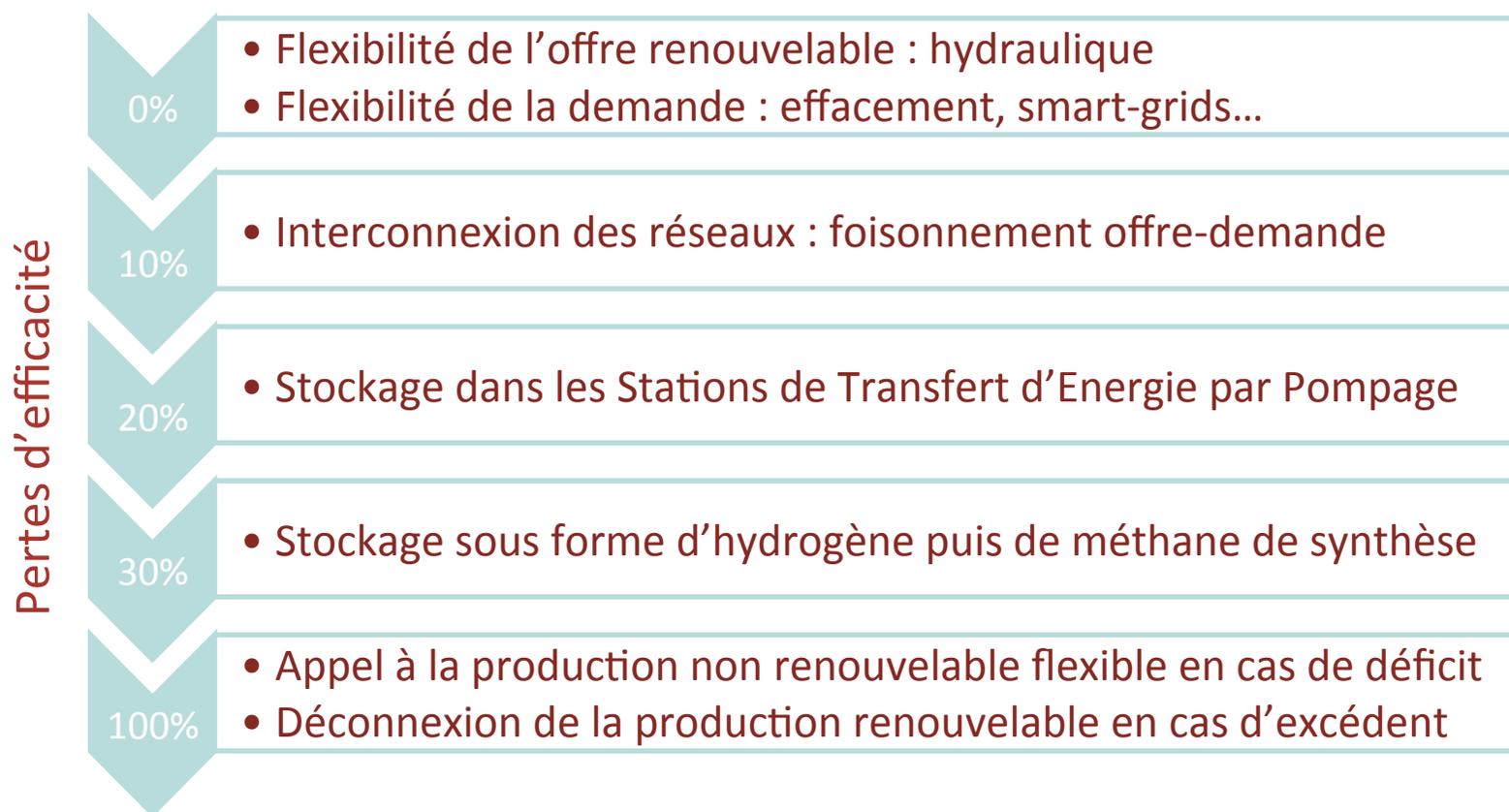
- Biomasse solide
- Éolien
- Biogaz
- Photovoltaïque
- Hydraulique
- Géothermie
- Biomasse liquide
- Solaire thermique
- Déchets
- Énergies marines

Autres renouvelables



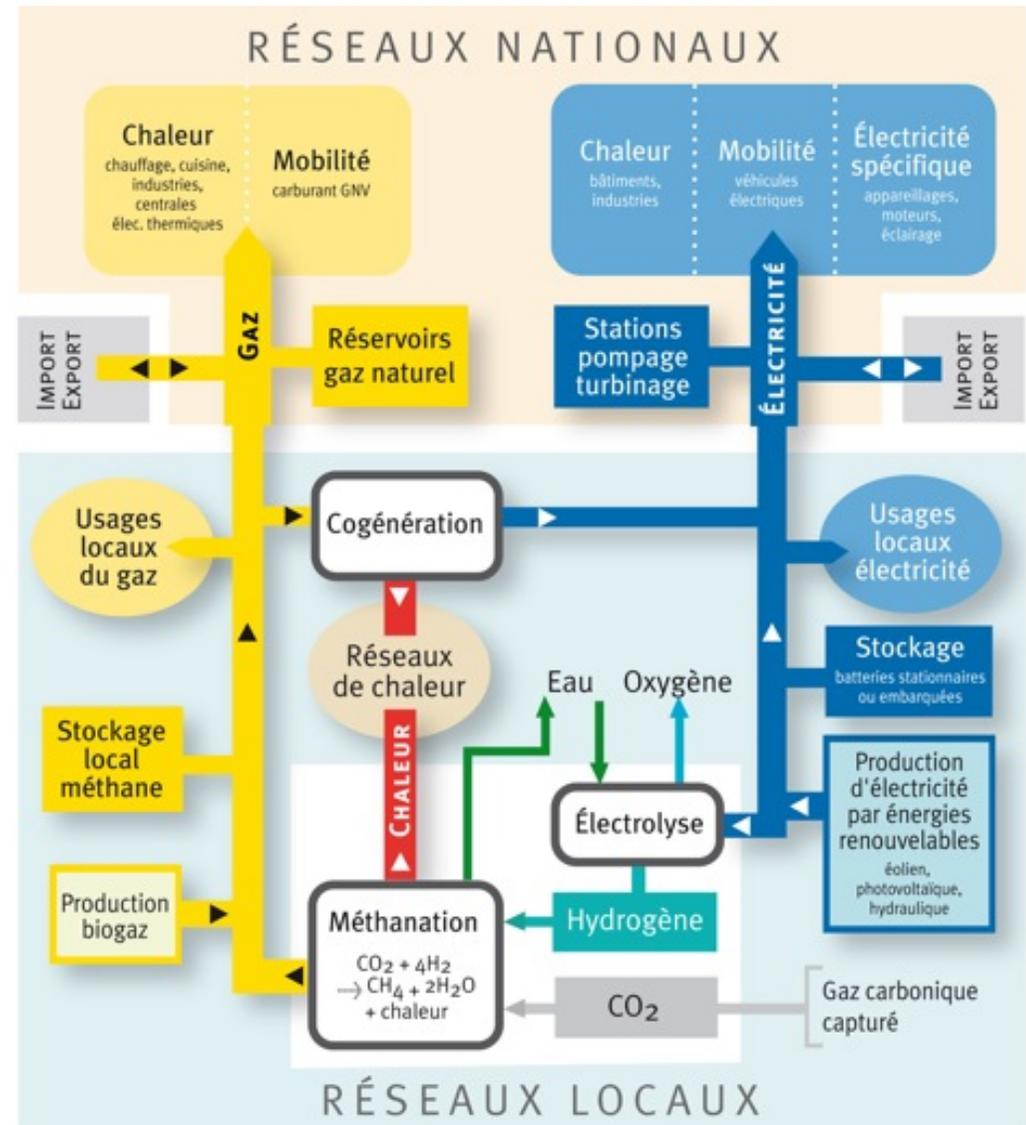
Assurer l'équilibre électrique

- Le modèle assure heure par heure, année par année, l'équilibre production-consommation d'électricité en faisant appel à de la flexibilité par ordre de mérite négaWatt



Stockage sous forme de méthane

- Stocker l'électricité sous forme de méthane de synthèse par électrolyse puis méthanation et injection dans le réseau de gaz pour profiter de ses capacités de stockage
 - 100 TWh en de stockage souterrain de gaz en France / 20% de la consommation annuelle 2010
 - Des technologies matures (électrolyse, méthanation) en cours d'optimisation
 - Des installations de quelques kW à plusieurs dizaines de MW
- L'interconnexion des réseaux électricité et gaz permet de gérer plus efficacement les énergies renouvelables qui s'y raccordent



Contraintes multiples sur le nucléaire

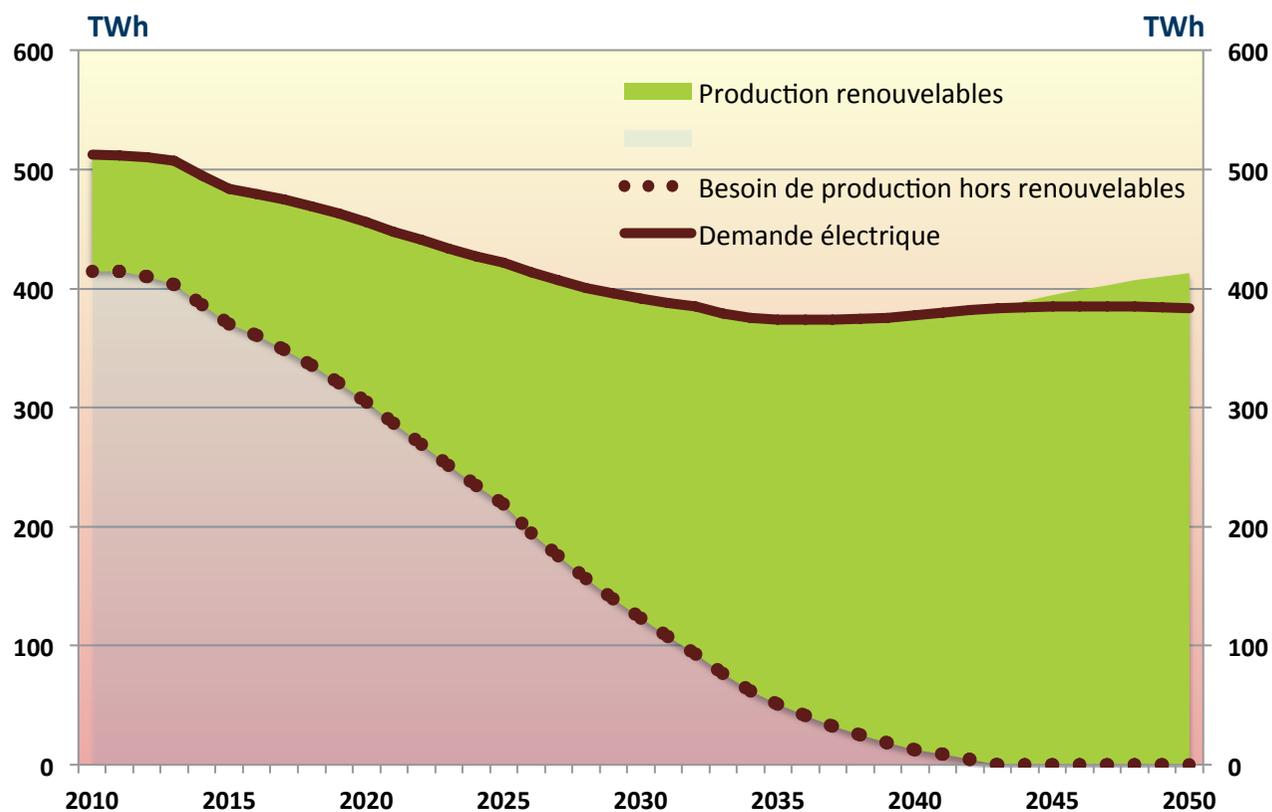
- Le nucléaire dans le bilan énergétique français
 - < 16 % de la consommation finale d' énergie
 - > 75 % de la production d' électricité+ un risque de substitution par du carbone
- Une énergie aux risques spécifiques
 - accident majeur
 - accumulation de déchets à long terme
 - prolifération et sécurité+ un problème qui se pose avec le vieillissement
- 58 réacteurs et un complexe industriel
 - usines amont et aval du combustible
 - support en R&D publique
 - cadre d' évaluation et de contrôle

Contrainte
énergétique

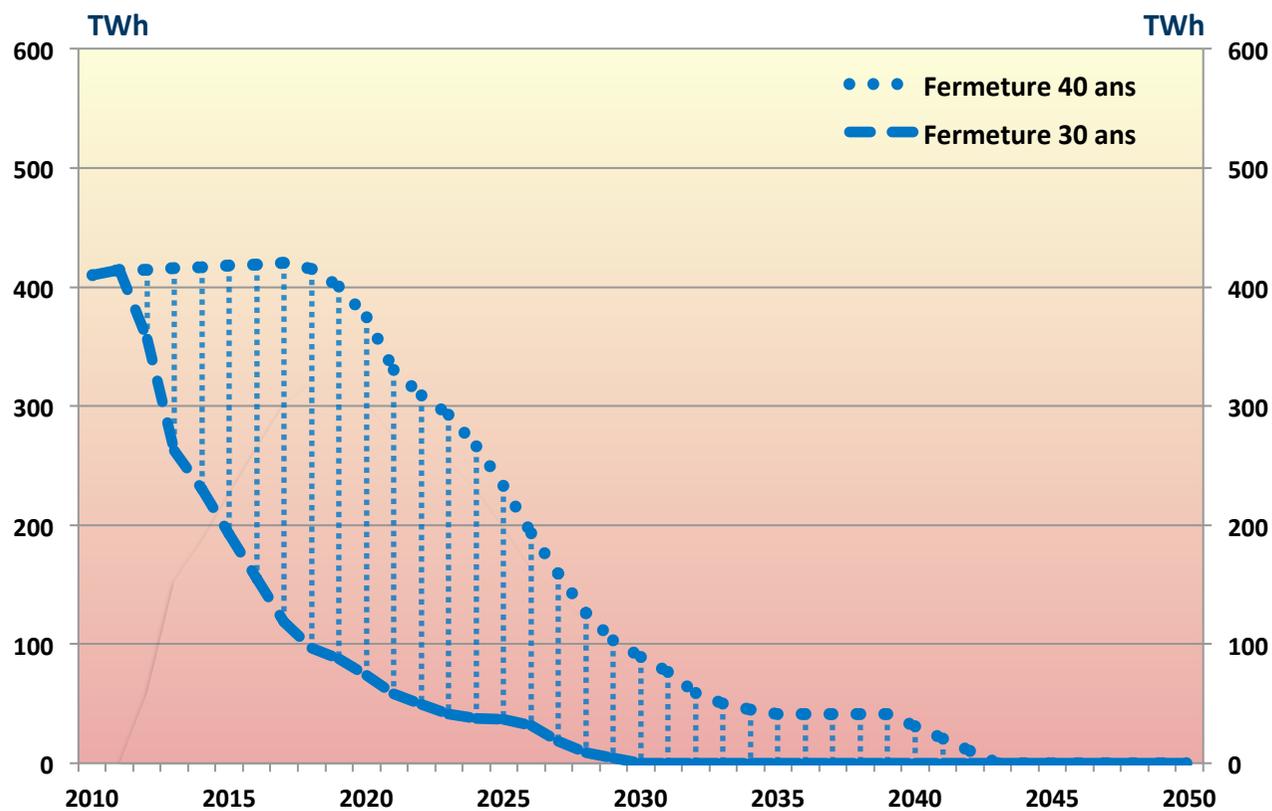
Contrainte
sur la sûreté

Contrainte
industrielle

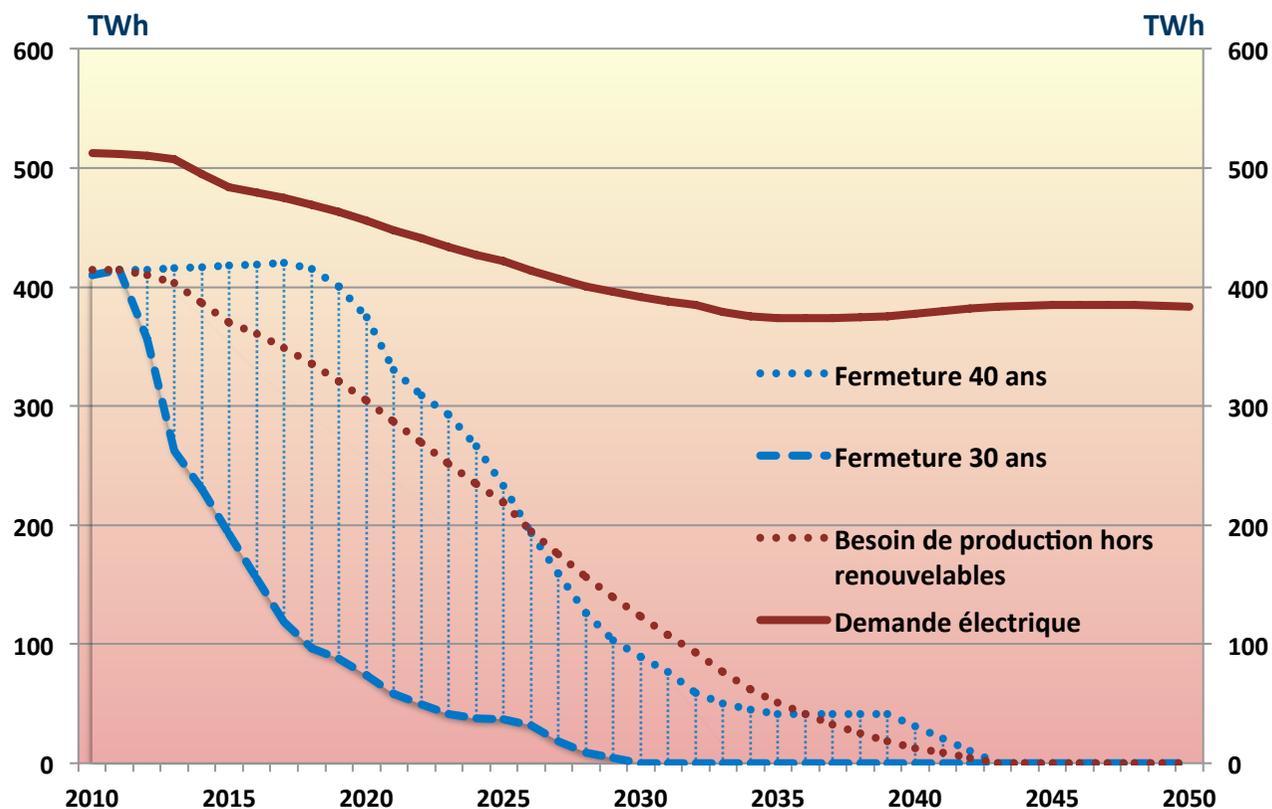
- Sobriété et efficacité sur la demande d'électricité
- Développement de la production d'électricité d'origine renouvelable
- Complément nucléaire, ajustement par le gaz



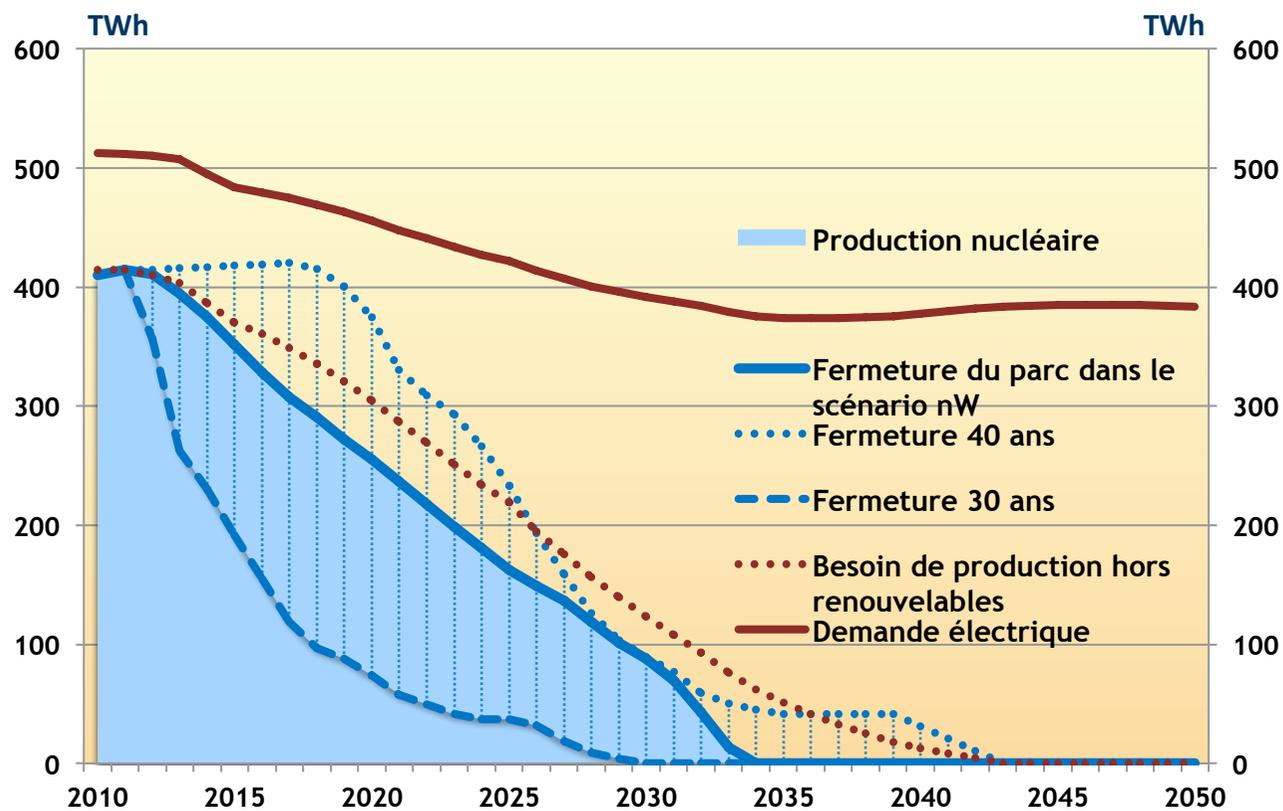
- Flexibilité sur la durée de vie réacteur par réacteur
- Pas de dépassement de 40 ans de durée de vie industrielle



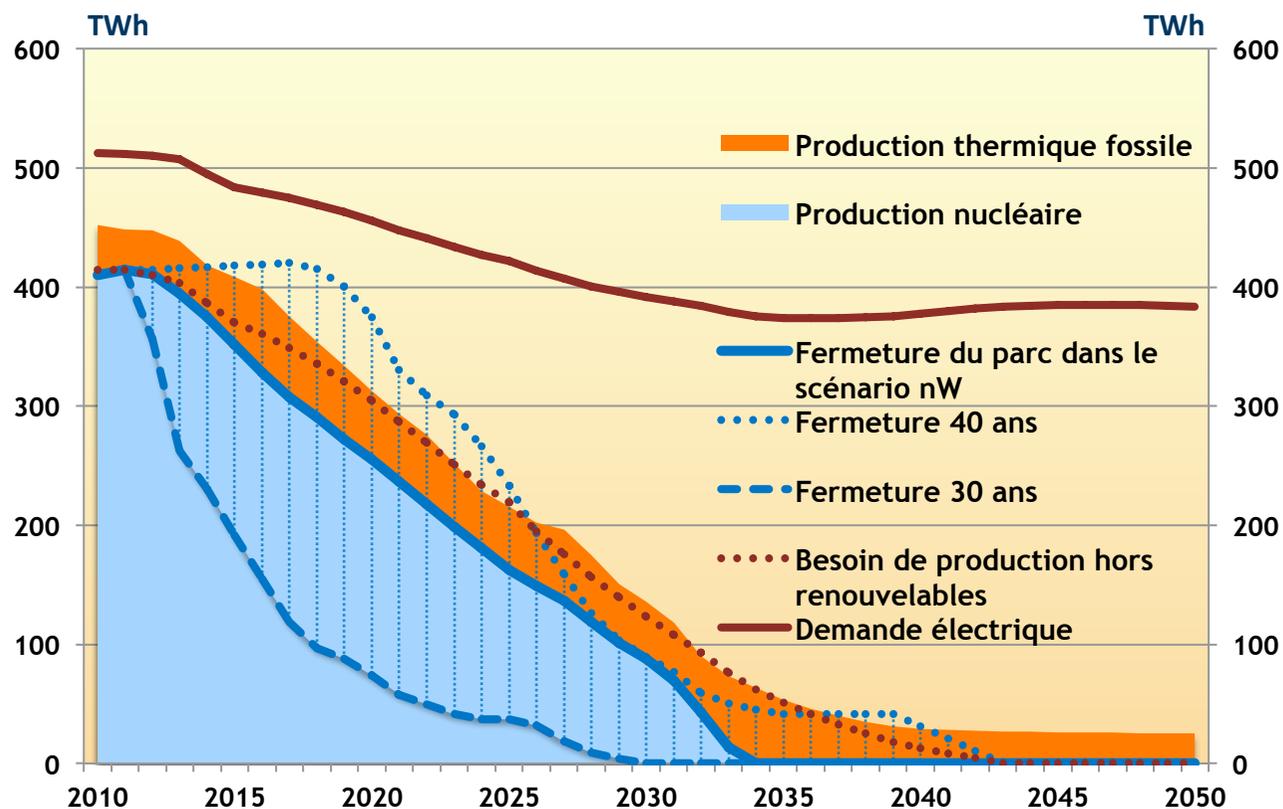
- Priorité à la contrainte énergie puis > 2025 à la contraire sûreté



- Priorité à la contrainte énergie puis > 2025 à la contraire sûreté

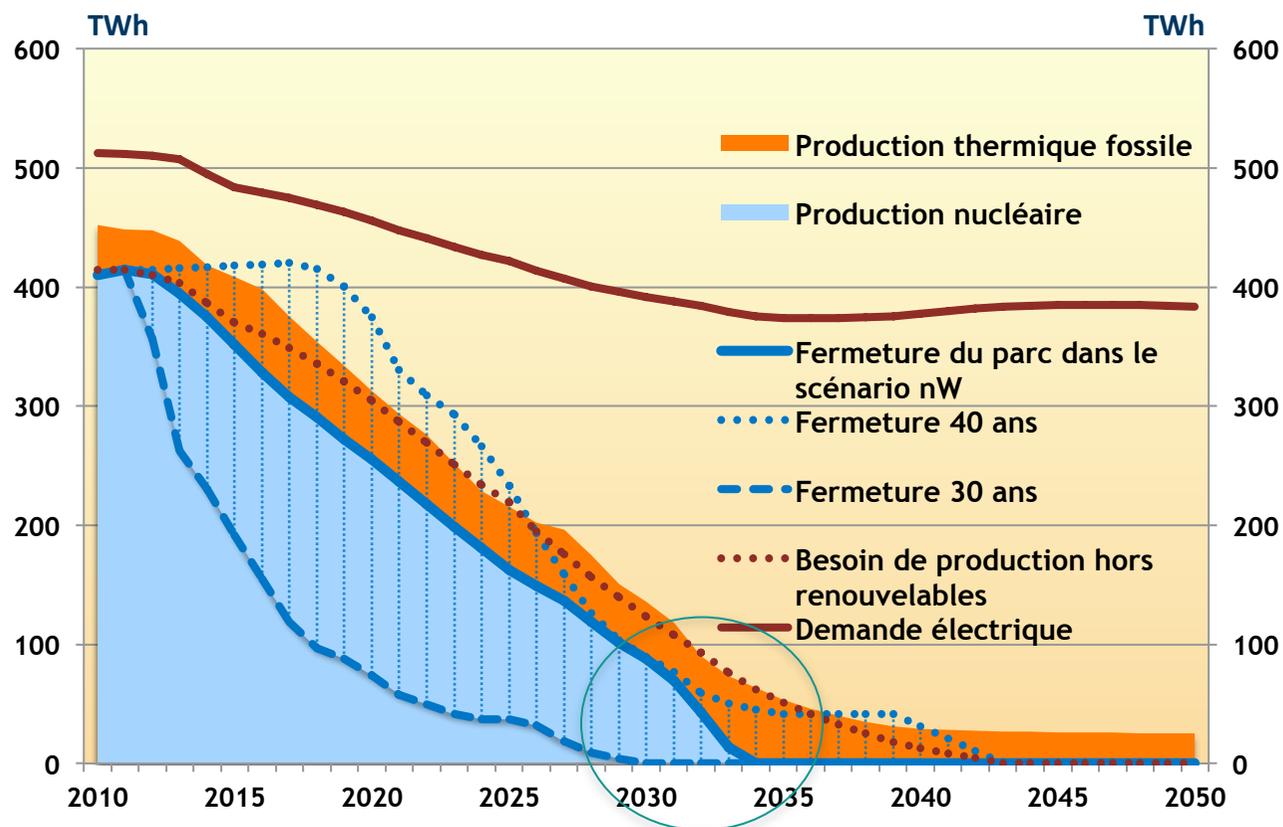


- Priorité à la contrainte énergie puis > 2025 à la contraire sûreté
- « Transition gaz » régulière et contenue

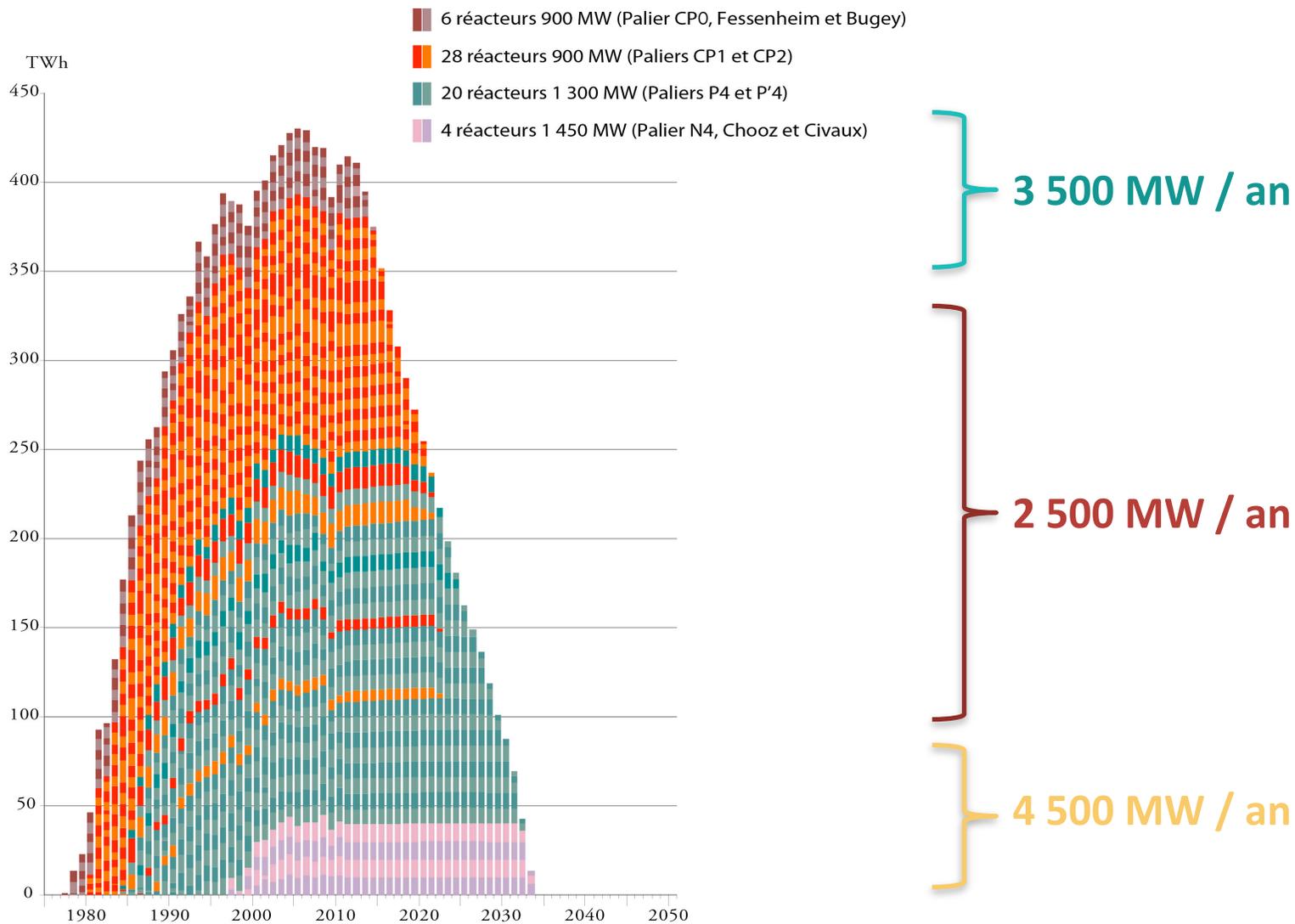


Croisement des contraintes

- Priorité à la contrainte énergie puis > 2025 à la contraire sûreté
- « Transition gaz » régulière et contenue
- Gestion de la fin du parc sous la contrainte industrielle



Fermeture du parc en 22 ans





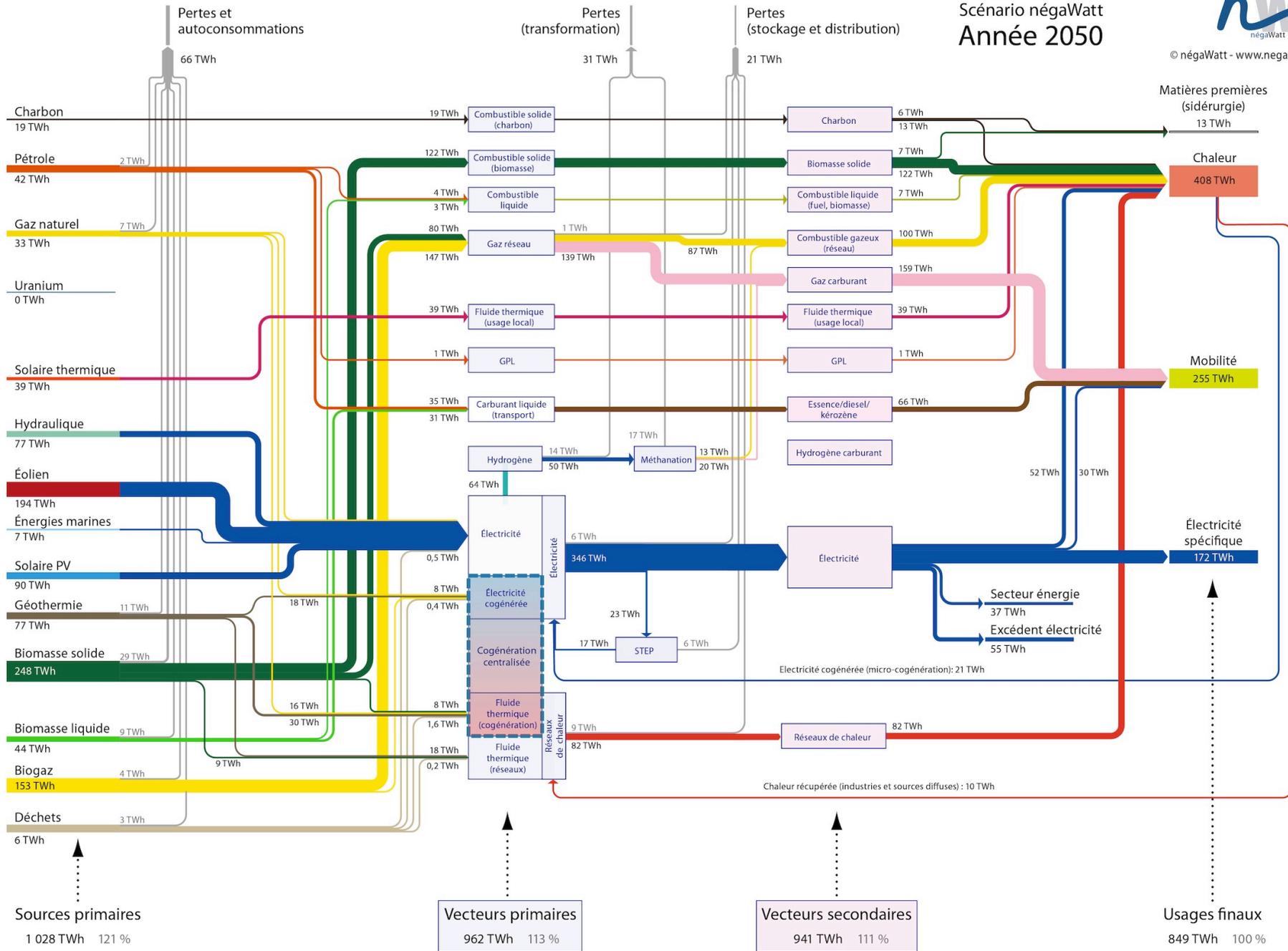
sobriété, efficacité, renouvelables

Quels bilans au terme du scénario ?

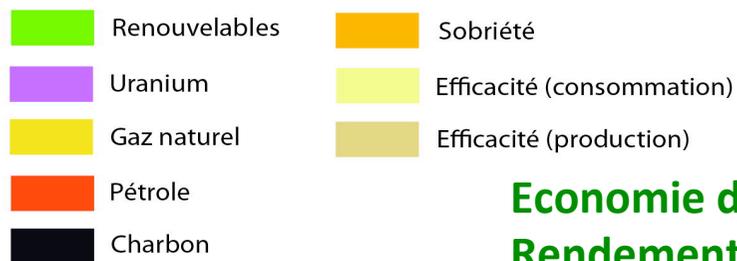
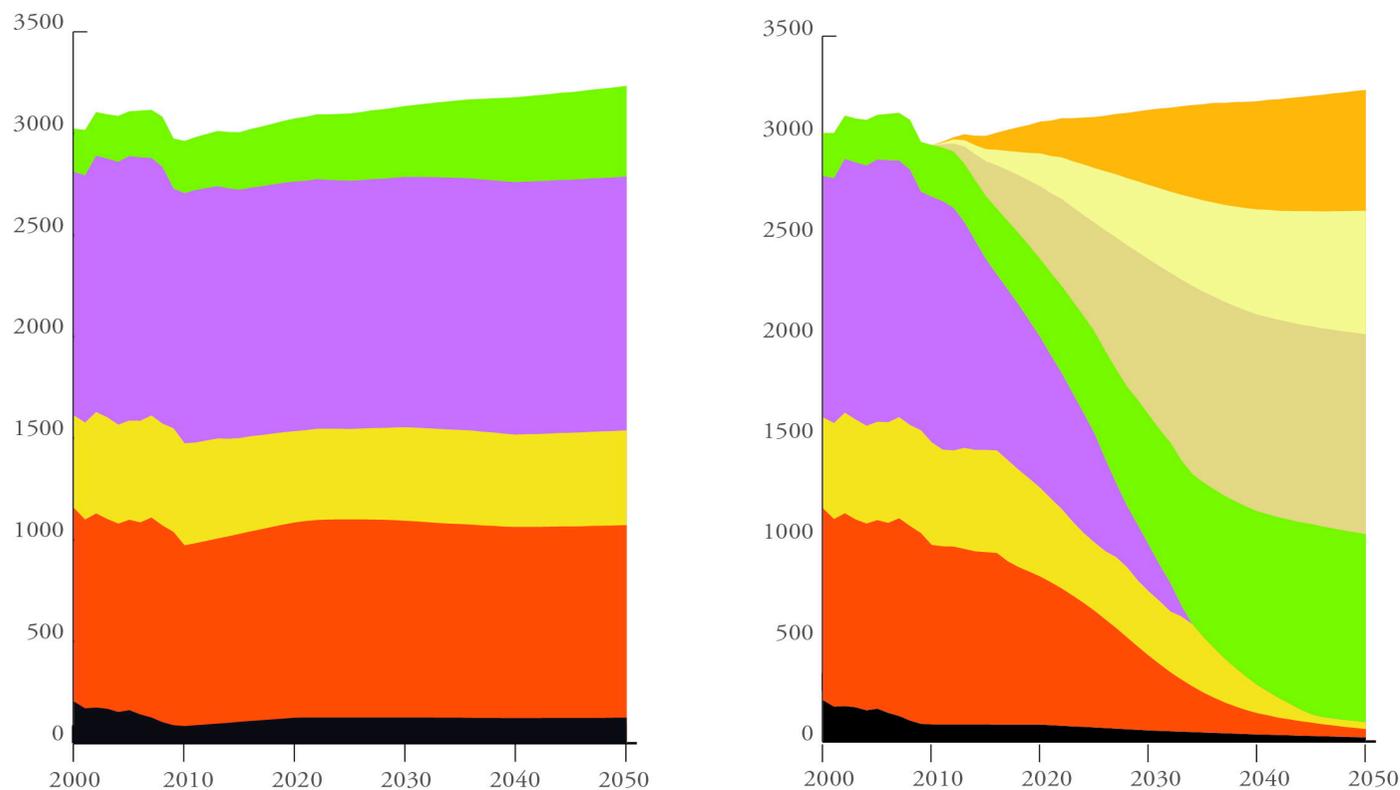
Scénario négaWatt Année 2050



© négaWatt - www.negawatt.org



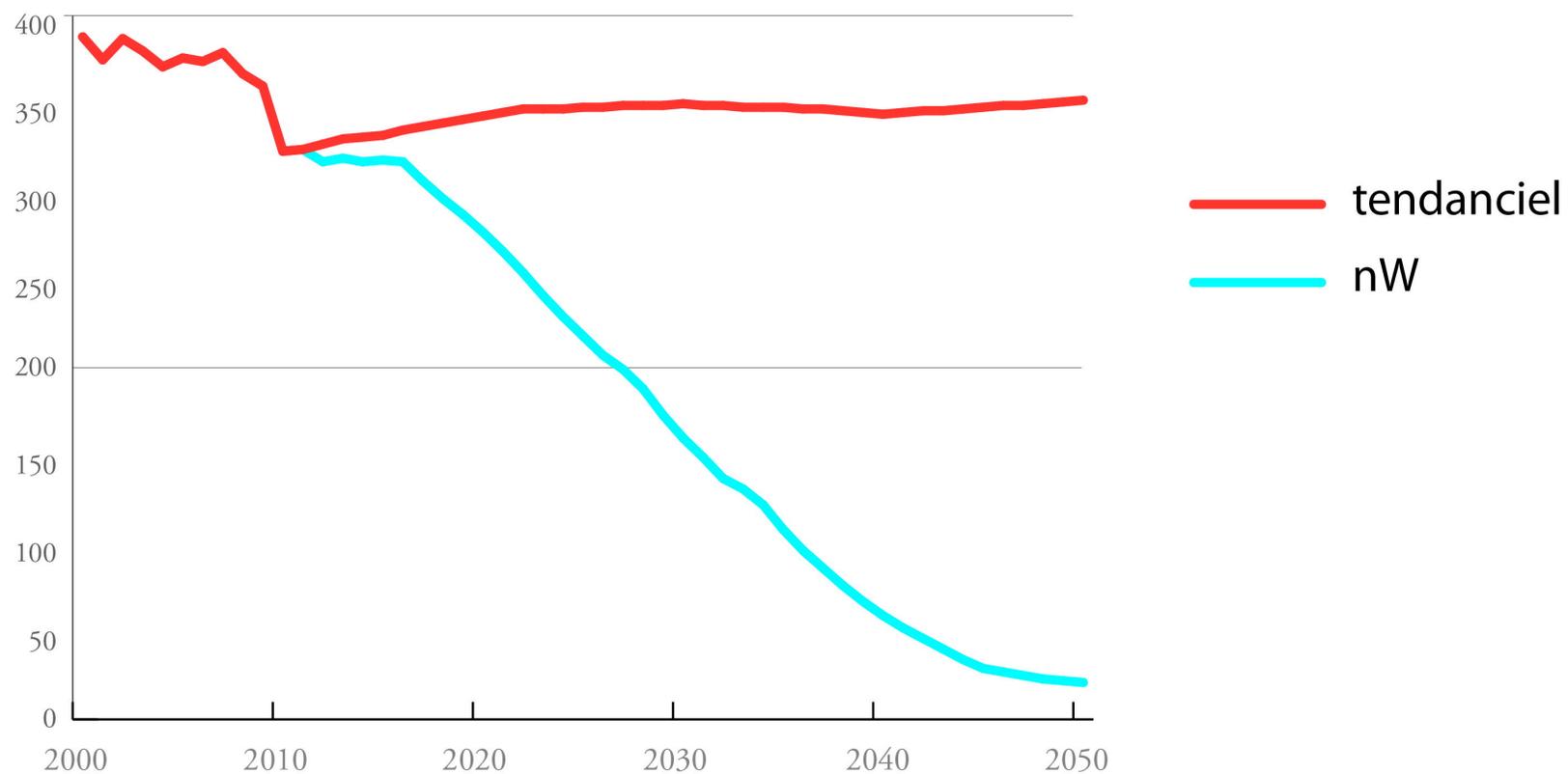
Bilan en énergie primaire



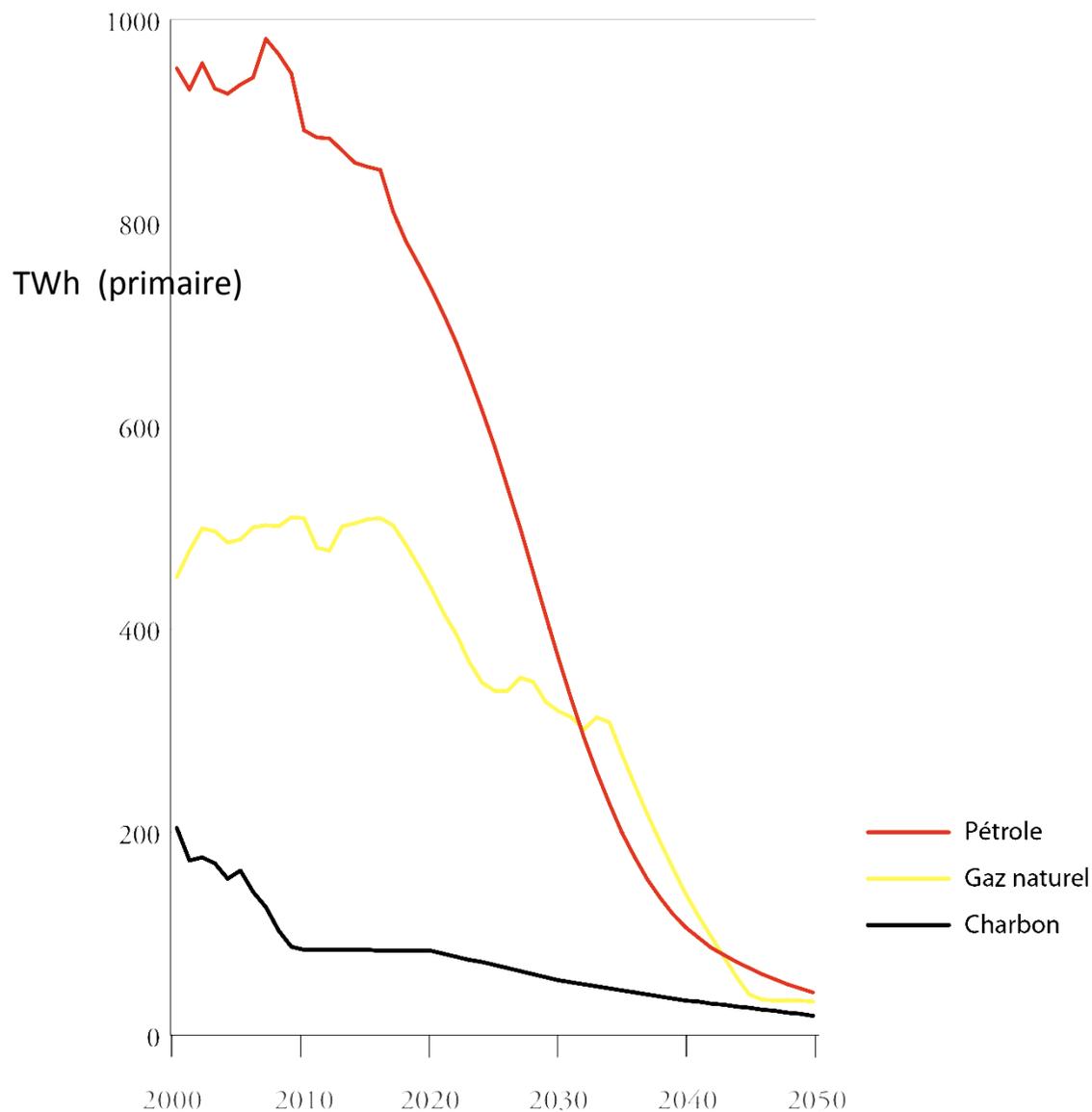
Economie des deux tiers / tendanciel
Rendement primaire / final : de 65 % à 87 %
Approvisionnement renouvelables : 93 % en 2050

- Par rapport en 2010, des émissions de CO2 réduites d'un facteur 2 en 2030 et d'un **facteur 16 en 2050**.

Millions de tonnes de CO2



- Une anticipation de la fin des « fossiles faciles » par limitation de leur utilisation à la pétrochimie et aux matières premières industrielles, ainsi qu' à quelques usages très spécifiques (industrie, aviation).

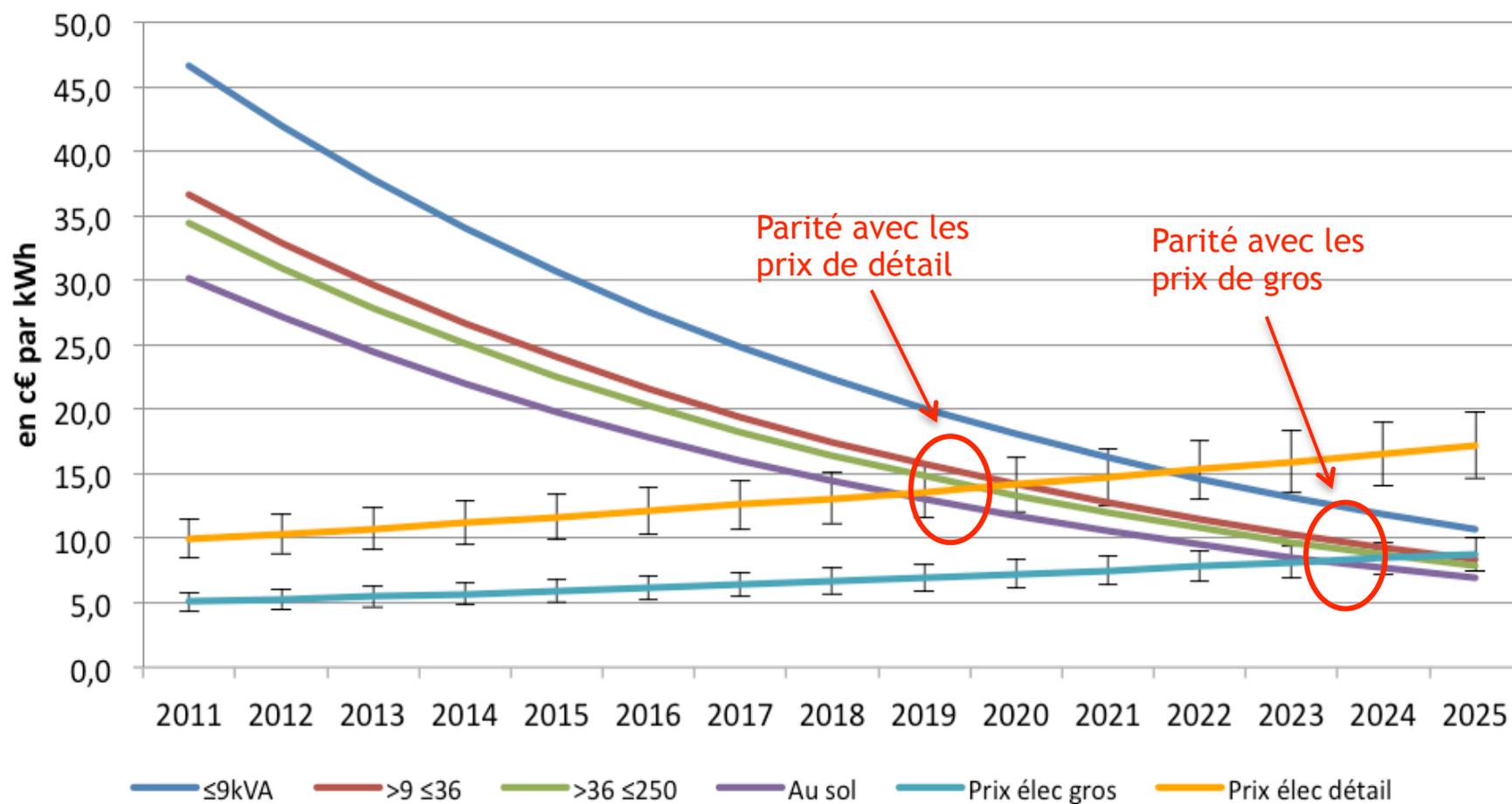


Le coût de la transition énergétique

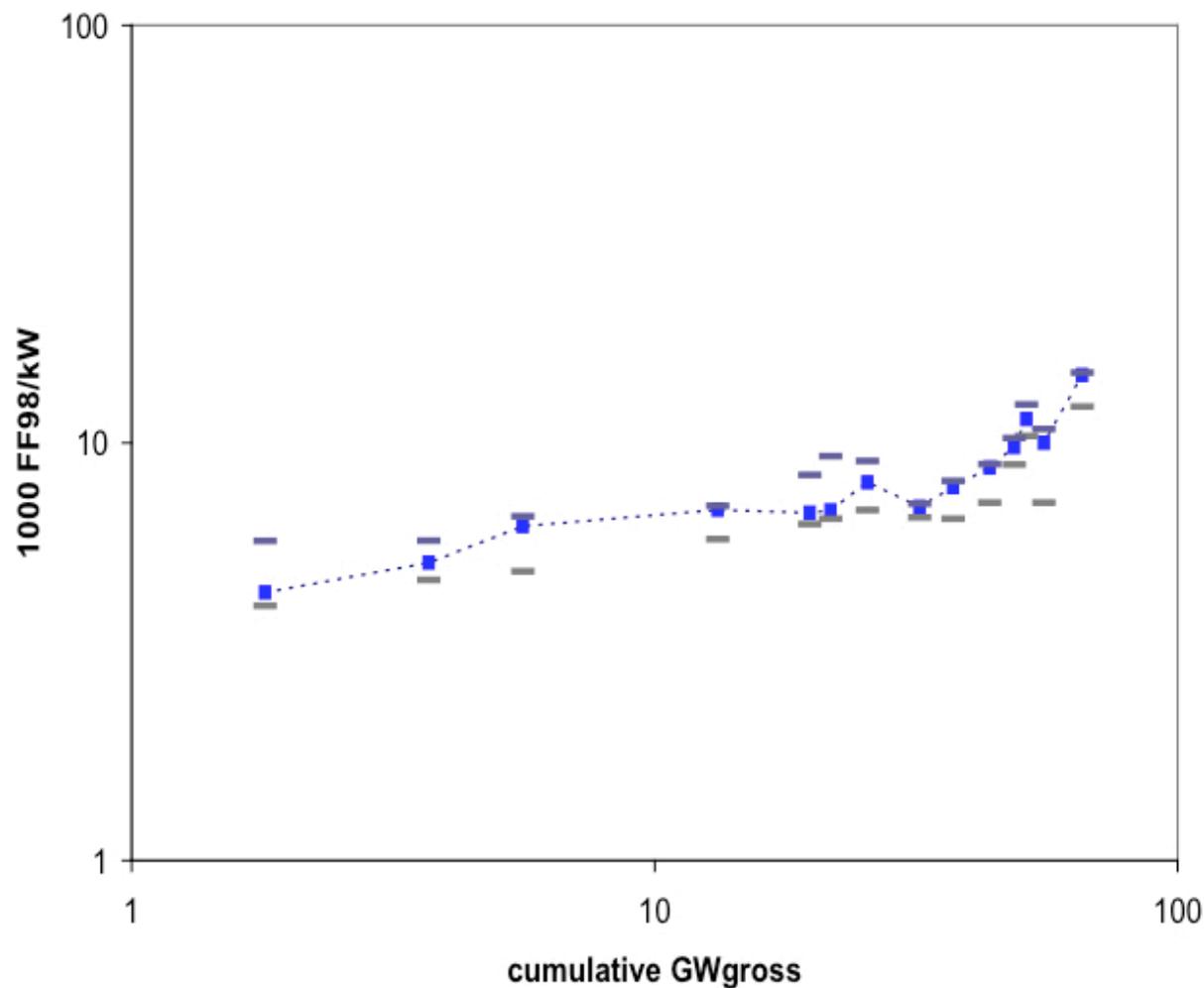
Quelques éléments de réflexions ...

Photovoltaïque : bientôt compétitif !

Évolution comparée tarifs d'achat / prix électricité



Nucléaire : courbe d'apprentissage négative



En France,
chaque nouveau kW
nucléaire installé
a coûté en moyenne
plus cher que le
précédent :

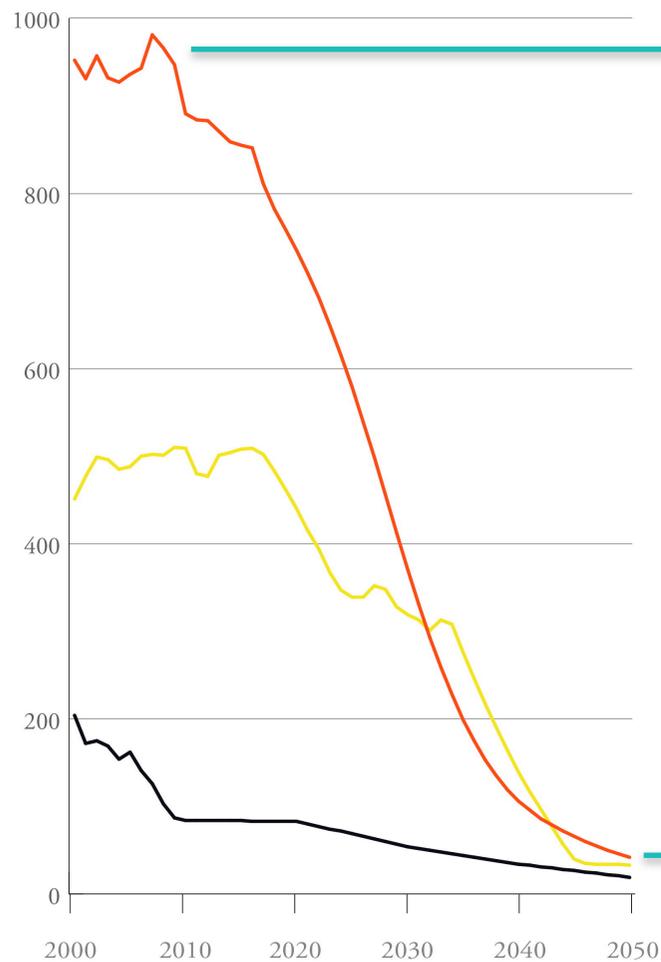
x 2,6 de 1977 à 1998

L'EPR poursuit
la tendance :

x 1,7 de N4 à EPR

(en FF 1998)

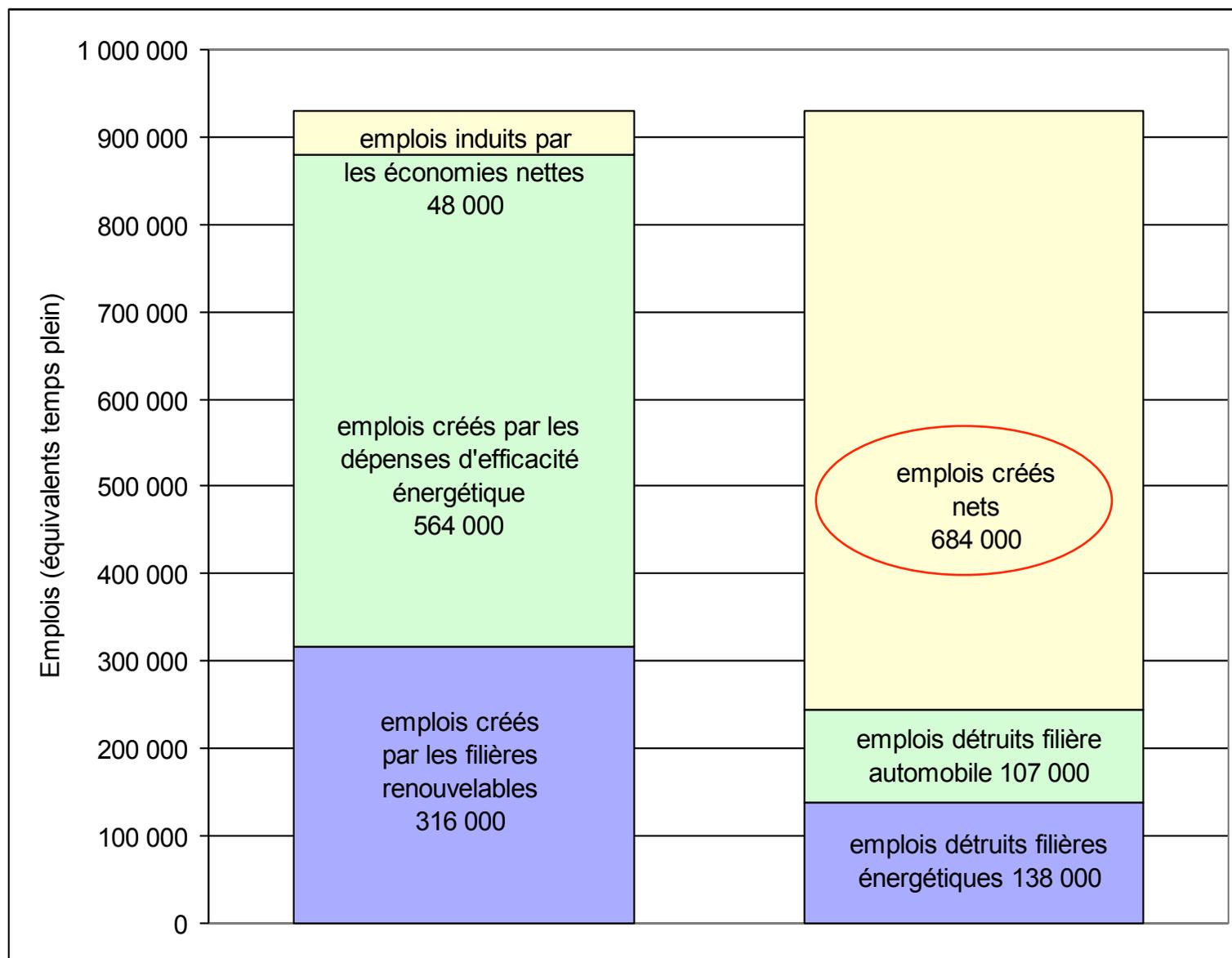
Facture énergétique (fossiles importés)



2010 / 2011
60 milliards €
par an

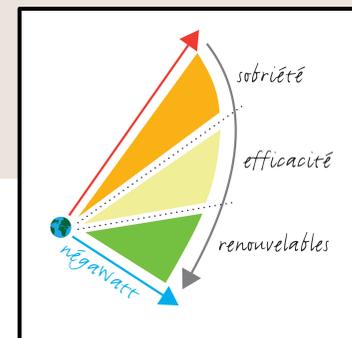
2040 / 2050
tend vers zéro

Evaluation emplois sur 15 ans (CIRED)



Éléments d'une comparaison économique

- Le « coût » de la sortie (ou de la transition énergétique) est une question sans réponse : c'est la comparaison avec la poursuite de la stratégie actuelle (ou autre) qui fait sens (et celle-ci exige aussi des investissements lourds)
- Les coûts de production des renouvelables sont en baisse, ... et l'incertitude porte sur une baisse supplémentaire
Les coûts du nucléaire et des fossiles sont en hausse, ... et l'incertitude porte sur une hausse supplémentaire
- Il ne faut pas parler de coût mais aussi de bénéfice (et les comparer aussi)
- Il faut regarder la chronologie des investissements et des retours sur investissements (et qui paie et qui tire les bénéfices)
- Le coût du kWh ne veut rien dire s'il n'est pas croisé avec la quantité de kWh consommés
- La transition énergétique, au-delà du coût/bénéfice brut, entraîne des effets économiques positifs : emplois nombreux non délocalisables, lutte contre la précarité énergétique...



Scénario négaWatt 2011-2050

Rendre possible ce qui est souhaitable ...