

Scénario négaWatt 2011

La production d'énergie

Biomasse
Renouvelables
Nucléaire
Fossiles
Réseaux

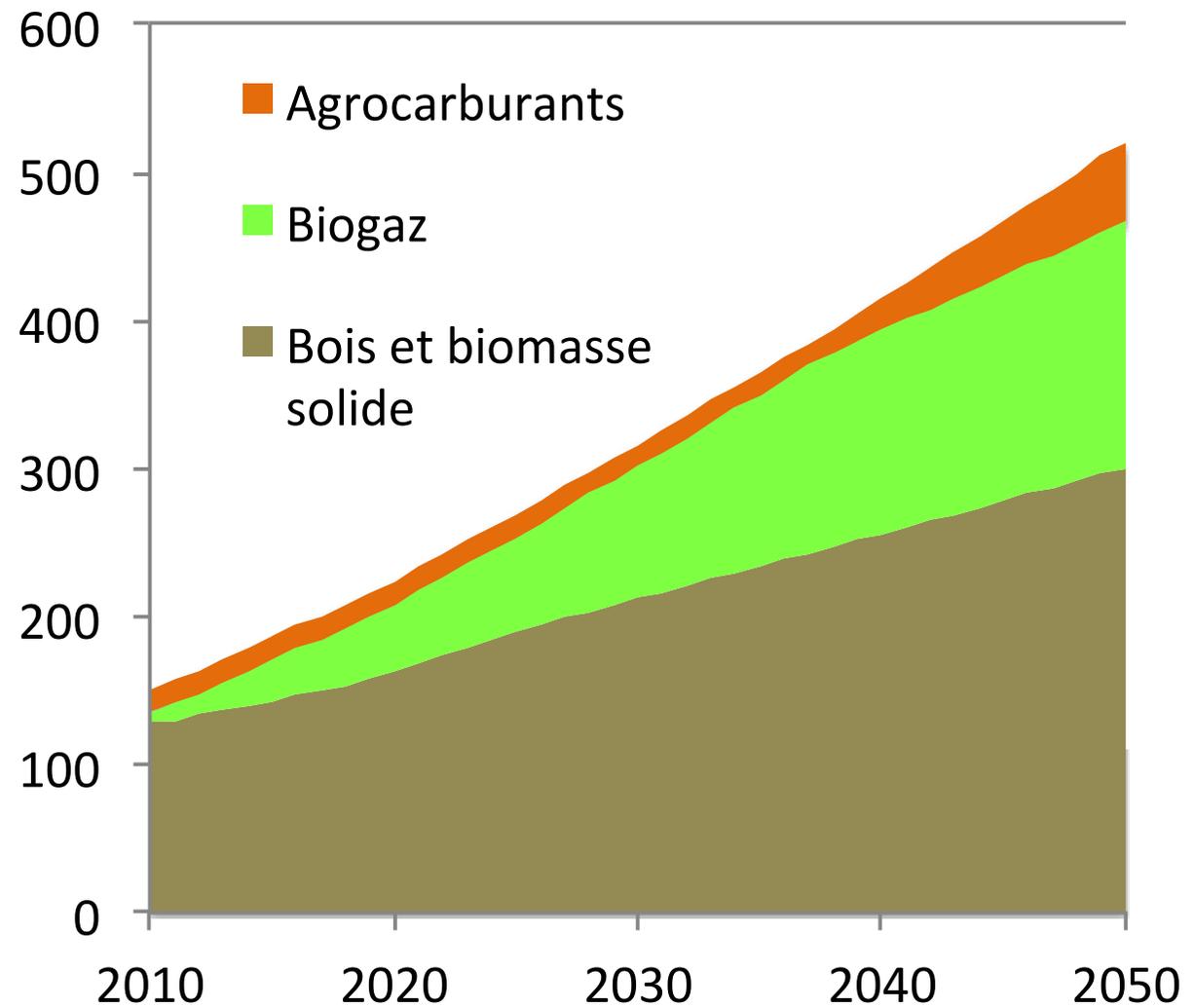


sobriété, efficacité, renouvelables

Biomasse

La biomasse dans le scénario négaWatt

*Biomasse
disponible,
TWh PCI*



■ Forêt

- Scénario « Développement durable », étude prospective 2050 du Conseil Général de l'Alimentation, l'Agriculture et l'Espace Rural (CGAAER) : prélèvements de 120 M m³ de bois d'œuvre, bois d'industrie et bois énergie
- Accroissement du stock de carbone en forêt
- Vigilance : gestion durable, biodiversité, pas d'intensification de l'exploitation forestière
- Production bois énergie : 71 TWh -> **154 TWh**



■ Produits dérivés du bois et bois hors forêt

- Bois d'œuvre -> connexes de scierie
- Bois de rebut, déchets de bois, déconstruction, liqueurs noires, boues papetières...
- Agroforesterie, vignes, vergers, arbres urbains...
- Production bois énergie : 56TWh -> **143 TWh**



Transformer la biomasse solide en méthane

	Biomasse	Gazéification	Méthanation	Epuration
CH4	(CH ₂ O) _n	9 %	36 %	96 %
CO		25 %	<<	<<
H2		36 %	2 %	<<
CO2		19 %	32 %	<<
Autres		<>	<>	<>

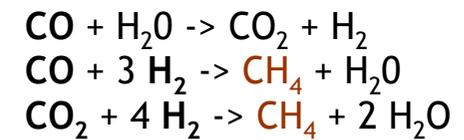


80%

85%

95%

Réaction du gaz à l'eau (shift reaction) :
 Méthanation :
 Réaction de Sabatier :



■ Potentiel

- La grande majorité des déjections d'élevage
- Un quart des résidus de culture (retour au sol du carbone stable)
- Cultures intermédiaires sur 2/3 des terres arables
- Récolte d'herbe sur 1/5 des prairies
- La grande majorité des biodéchets des ménages et des entreprises
- **TOTAL** **138 TWh**



Biocarburants : 1^{ère}, 2^{ème}, 3^{ème} ancienne génération



Vélobus & pédibus

Modèle 0,08 mule-vapeur , estomac 1,3 litres,
consommation 30 g de céréales bio par km



- Hiérarchie des usages : produire de l'énergie à partir des résidus
 - Recherche du meilleur compromis dans un contexte de compétition sur les usages :
alimentation > sol > matériau > énergie

- Cultures dédiées
 - Potentiel court terme limité : compétition avec l'alimentation jusqu'en 2035 pour les terres arables...
 - ... sauf pour cultures intermédiaires (biogaz)
 - Reconversion prairies à partir de 2025

- **Afterres 2050** : scénario sur l'Agriculture, la Forêt, et l'utilisation des terres
 - Projet de l'association SOLAGRO, avec le soutien de la Fondation Charles Léopold Mayer
 - Objectif : proposer un scénario pour concilier alimentation, production de matériaux et d'énergie, réduction des gaz à effet de serre en agriculture et stockage de carbone, réduction de l'empreinte écologique, système agro-sylvo-pastoral soutenable...
 - Inspiré de la démarche négaWatt : partir des besoins, pratiques et techniques connues, pas de rupture sociétale ni technologique
 - Travail collaboratif en cours, mise en débat des résultats
 - Version actuelle « compatible négaWatt 2011 »
 - Présentation du volet « énergie »

Afterres2050

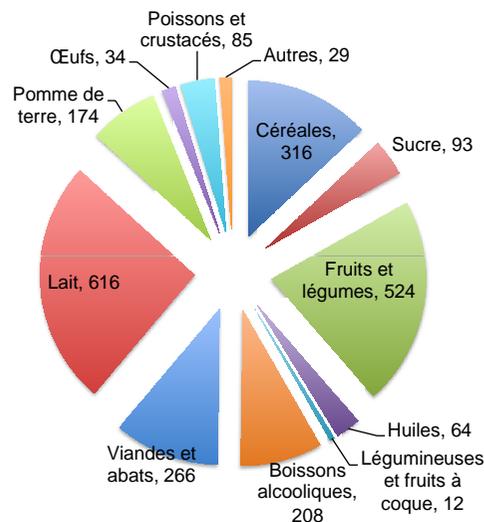


Solagro



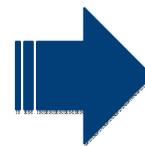
Fondation Charles Léopold Mayer
pour le Progrès de l'Homme

- Réduire les surconsommations et pertes alimentaires
 - Réduction des surconsommations (actuellement de 30% en calories et 80% en protéines) et des pertes
- Changer la proportion entre protéines animales et protéines végétales
 - Notre régime alimentaire carné n'est pas généralisable car il nécessite d'importantes surfaces agricoles, directement ou indirectement, donc il n'est pas « durable »
 - Inverser le rapport actuel de 2 pour 1 au profit des protéines végétales

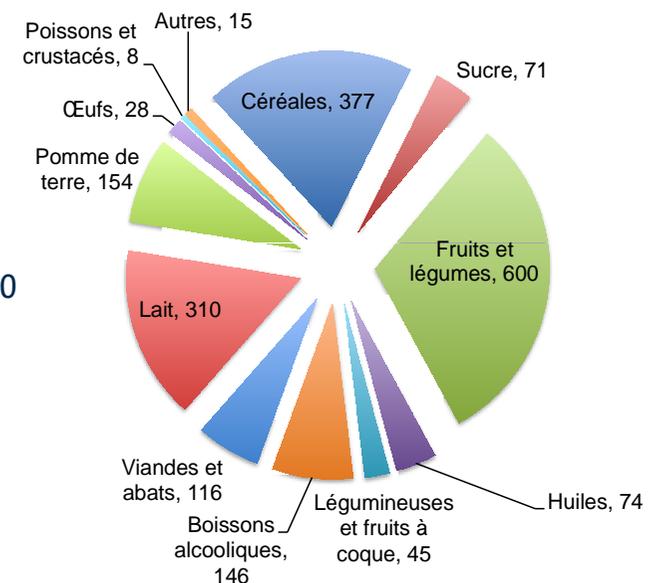


Grammes
par jour

2010



2050

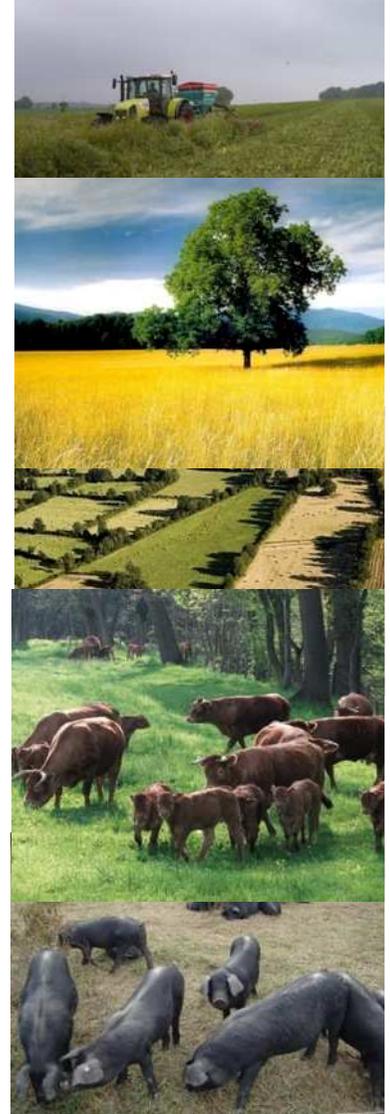


■ Cultures

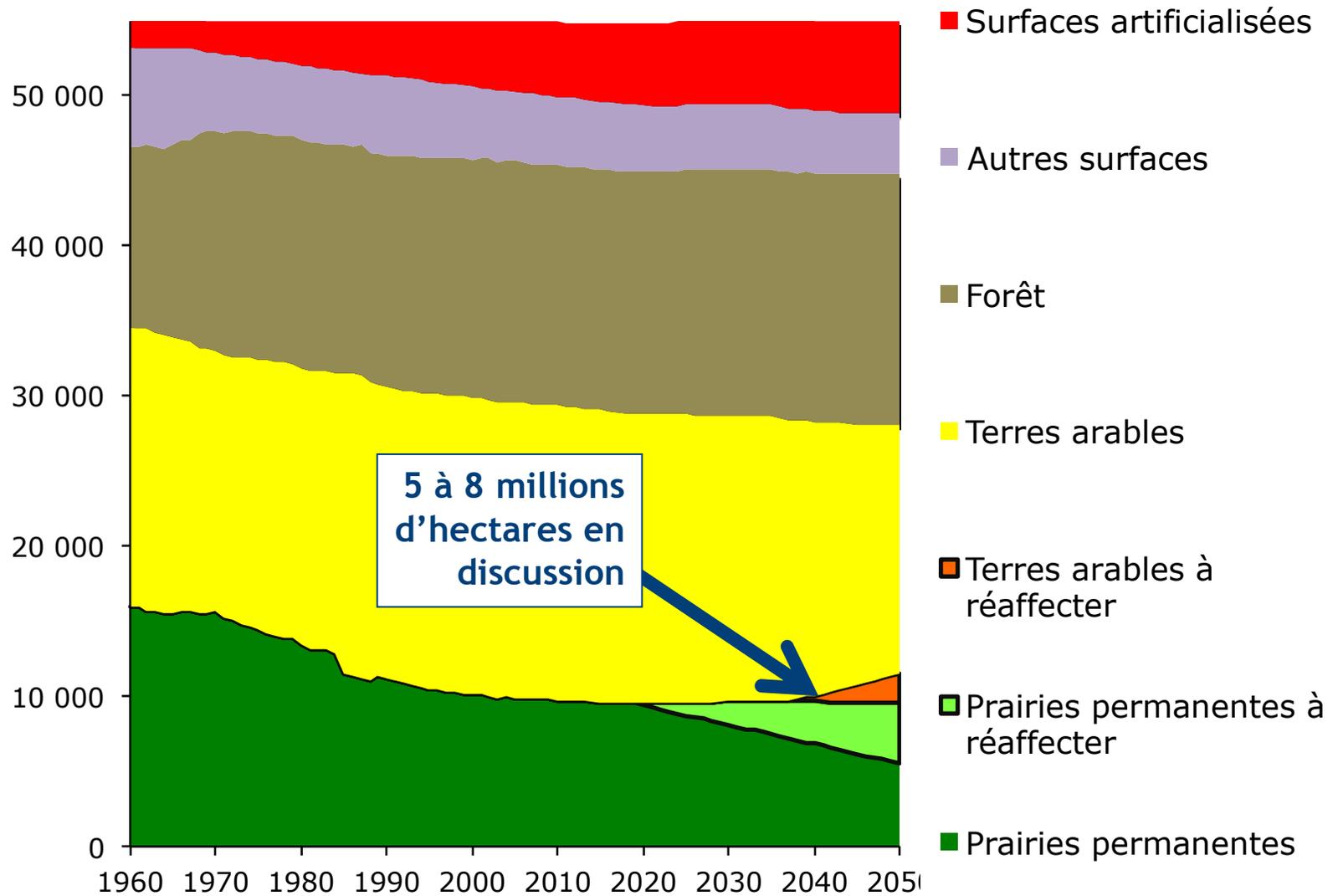
- Concilier haut niveau de production, faibles impacts environnementaux, stockage de carbone dans les sols
 - Travail simplifié du sol, rotation des cultures, légumineuses (fixation symbiotique de l'azote), cultures intermédiaires, agroforesterie, infrastructure agro-écologiques...

■ Elevages

- Production de qualité (sous label), bien être animal, extensification, prairies
- Réduction de l'ensemble des cheptels (sauf ovins)



Approche globale de l'utilisation des terres



- Emissions de gaz effet de serre de l'agriculture
 - Poste « alimentation » = 30 % des émissions nationales (« de la fourche à la fourchette »)
 - Emissions biologiques diffuses : N_2O et CH_4

- Pour l'agriculture, difficile de dépasser le « facteur 2 »
 - « Emissions incompressibles »
 - N_2O : cycle de l'azote & niveau de production de protéines
 - CH_4 : Maintien pour moitié des bovins (lait, viande, prairies naturelles, biodiversité, terroirs et paysages...)

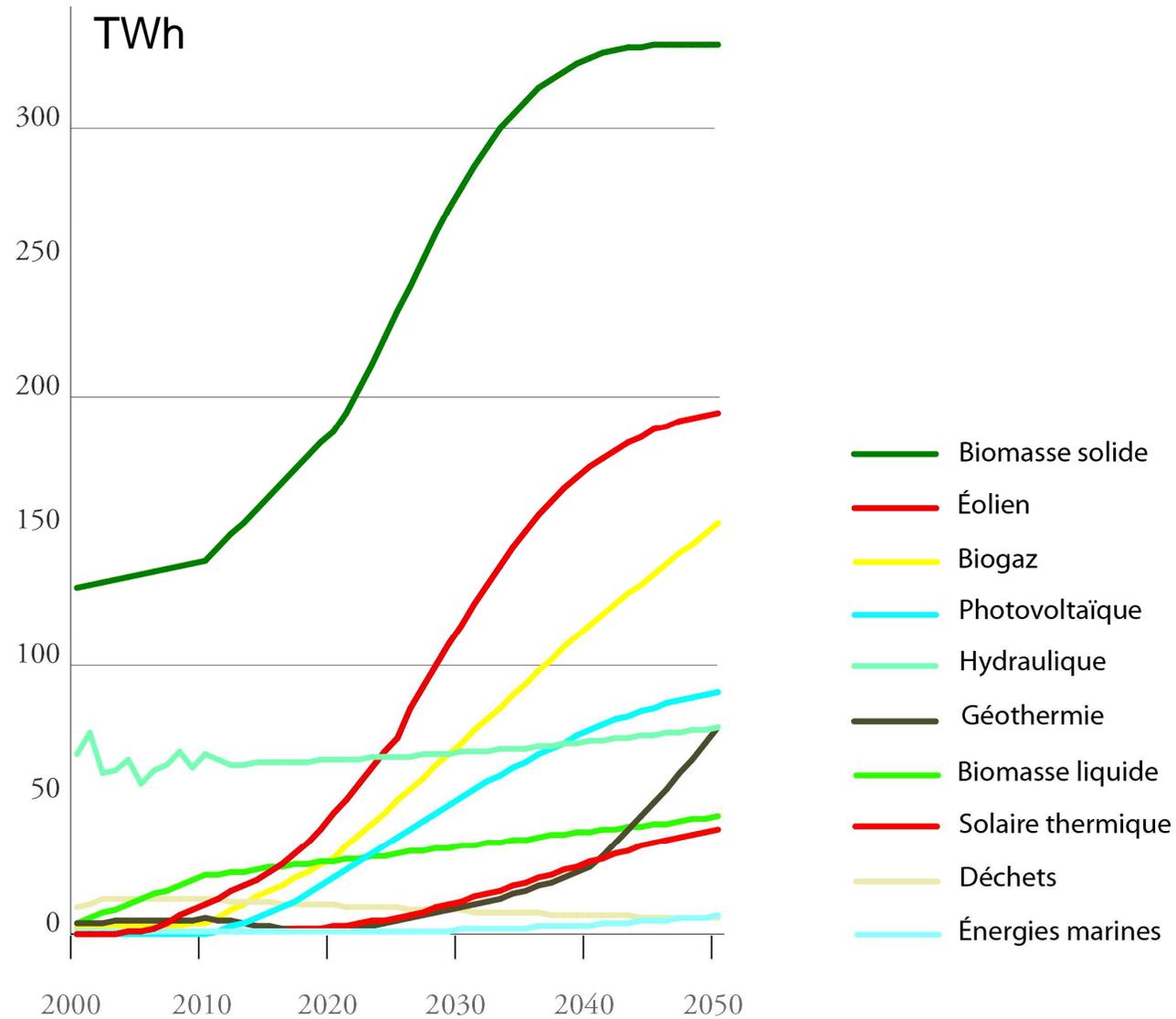
- ... mais l'agriculture et la forêt produisent et stockent du carbone renouvelable



sobriété, efficacité, renouvelables

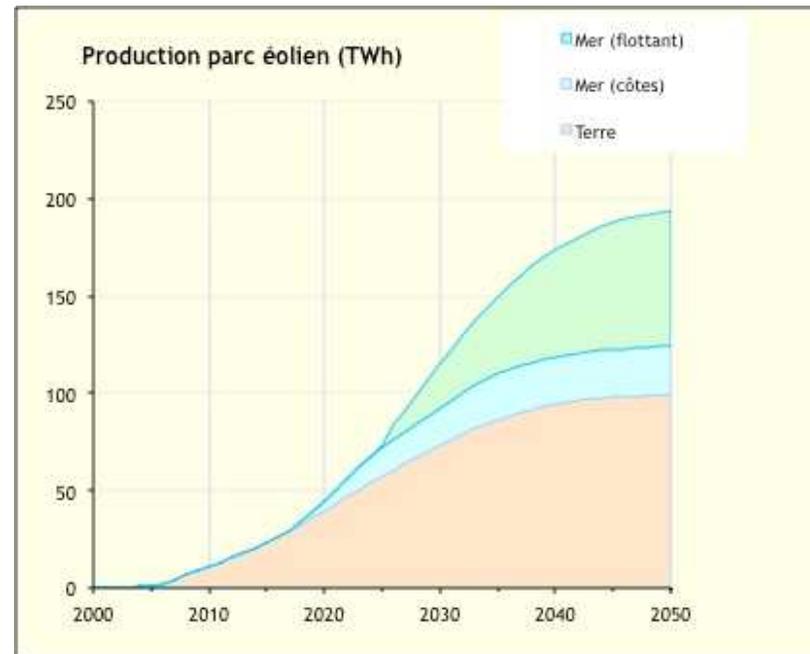
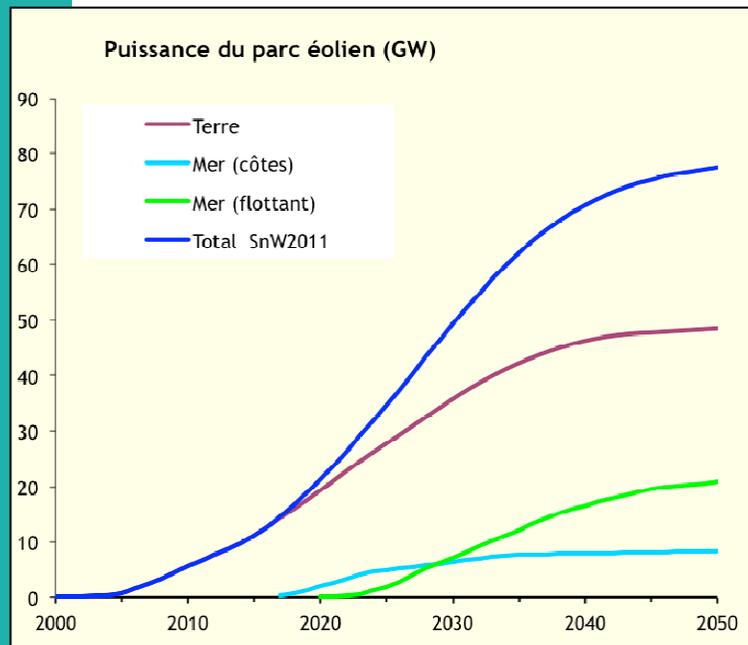
Renouvelables électriques

Les renouvelables dans le scénario 2011



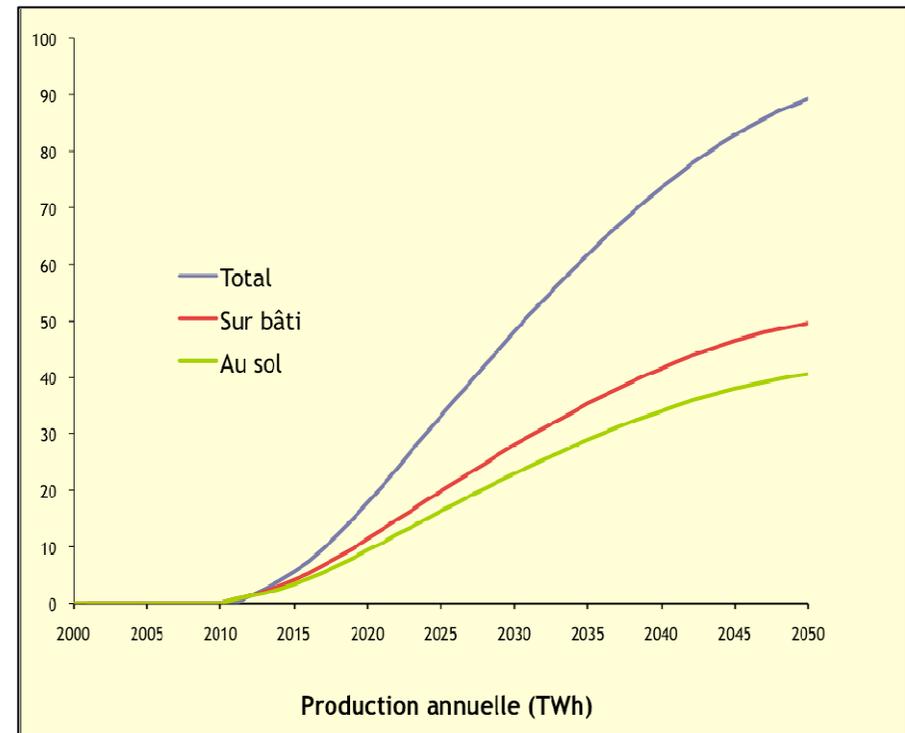
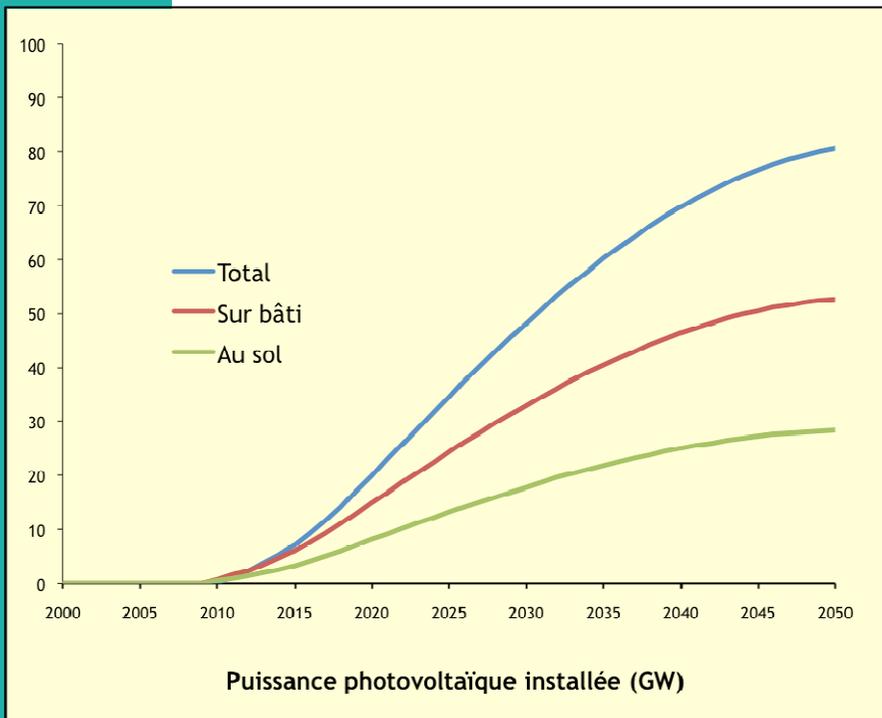
■ Trois catégories

- Terrestre : montée en puissance rapide à terme 17 500 machines, 62% de la puissance, 50% de la production
- Off-shore « planté » : décollage avant 2020, plafond vers 2035, à terme 1 500 machines, 11% de la puissance, 13% de la production
- Off-shore « ancré » : démarrage tardif (>2025), à terme 3 000, 27% de la puissance, 36 % de la production



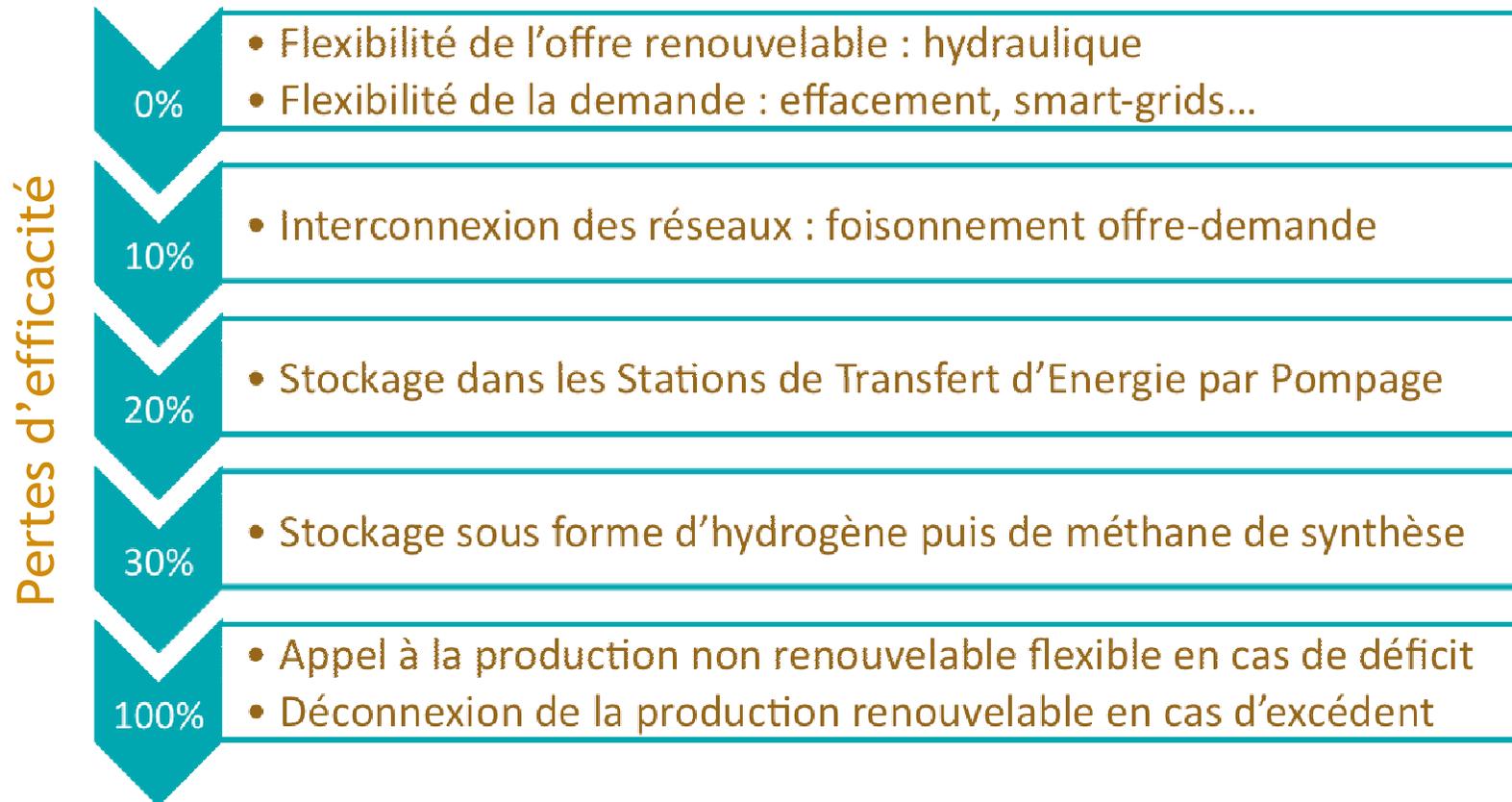
- Deux types d'application

- Sur bâti, intégré ou « surimposé » : démarrage rapide à terme 65% de la puissance installée, 55% de la production
- Parcs au sol sur terrains sans enjeux agricoles ni environnementaux à terme 35% de la puissance, 45% de la production

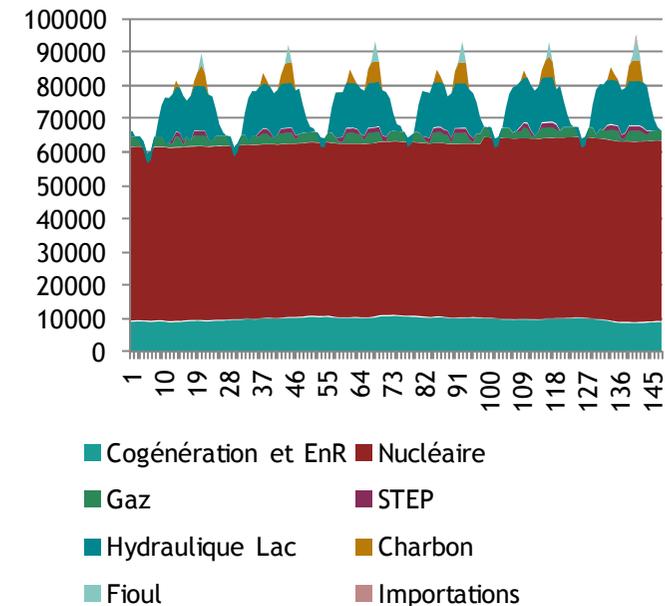
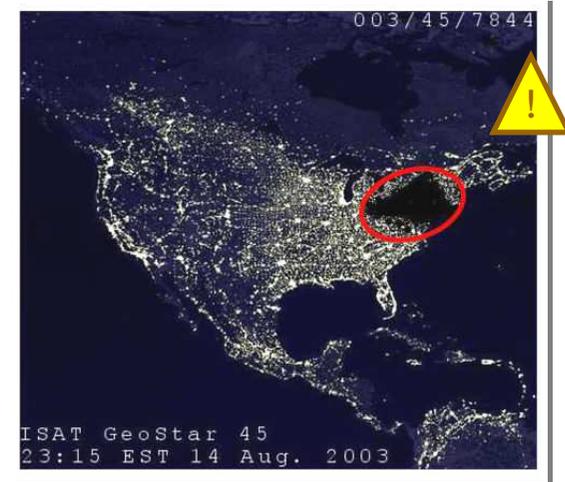


Assurer l'équilibre électrique

- 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

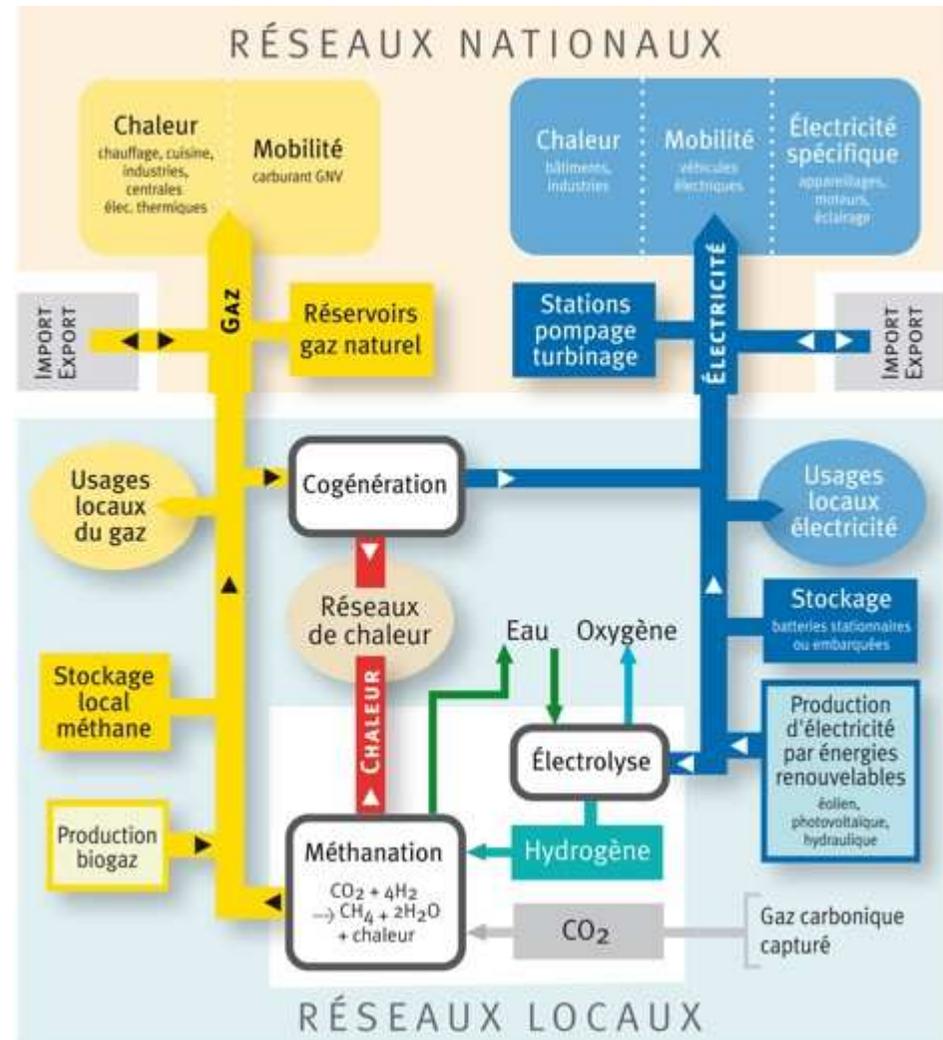


- L'électricité se stocke difficilement. Sur le réseau électrique, l'équilibre exact entre consommation et production doit être assuré à tout instant entre :
 - Les variations de consommation - pointe du soir, pointe d'hiver...
 - Les variations de production - aléa de production, production variable...
- Modélisation horaire sur les 8760 heures de chacune des 41 années en tenant compte :
 - De la variabilité consommation / production pour des aléas représentatifs
 - De l'ordre de mérite des productions flexibles : biomasse, gaz, fioul, hydraulique...
 - Des possibilités de flexibilité : effacement de consommation, stockage hydraulique, conversion en hydrogène puis méthane...
- Résultat : un scénario qui assure jusqu'en 2050 et à chaque heure l'équilibre et donc la sécurité du système électrique



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) qui seront optimisées dans les 5 à 10 prochaines années
 - 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



Pertes 20-40%



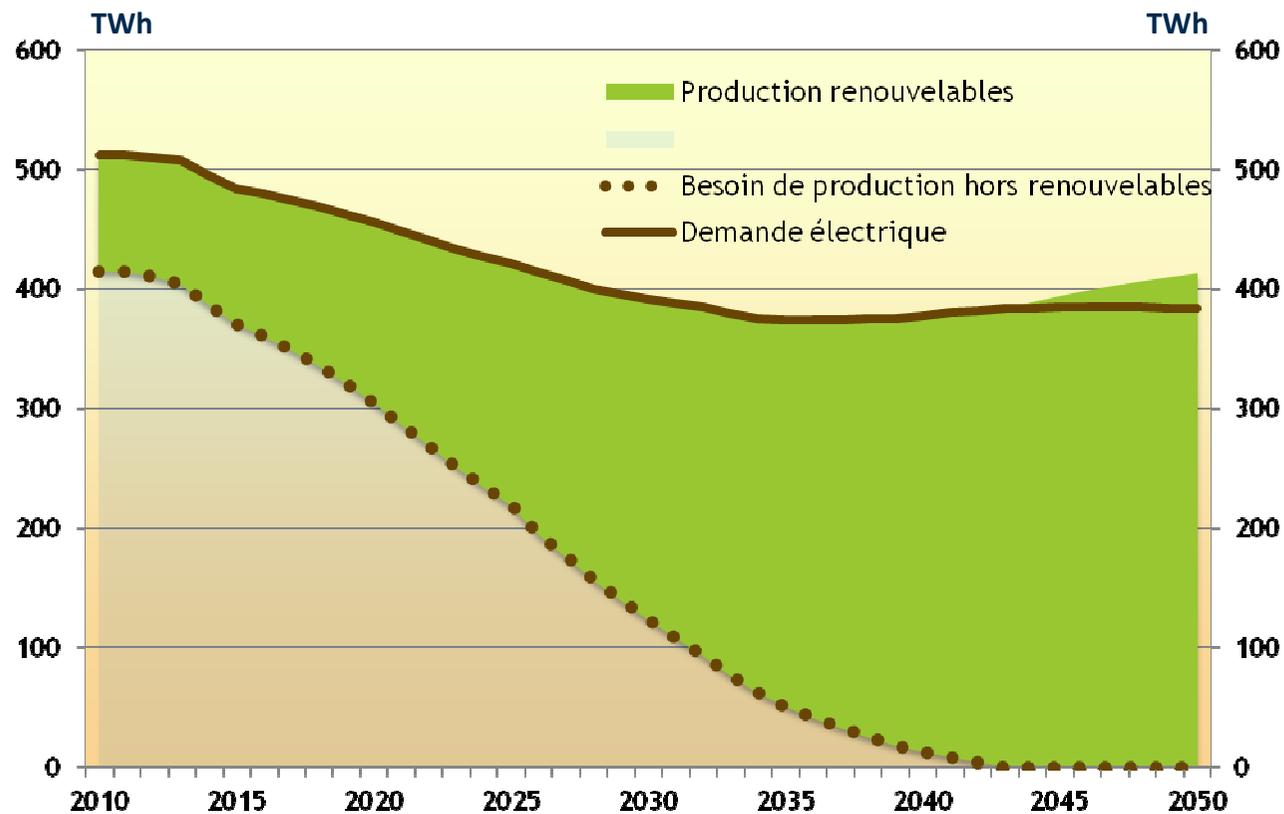
sobriété, efficacité, renouvelables

Un arrêt raisonné du nucléaire

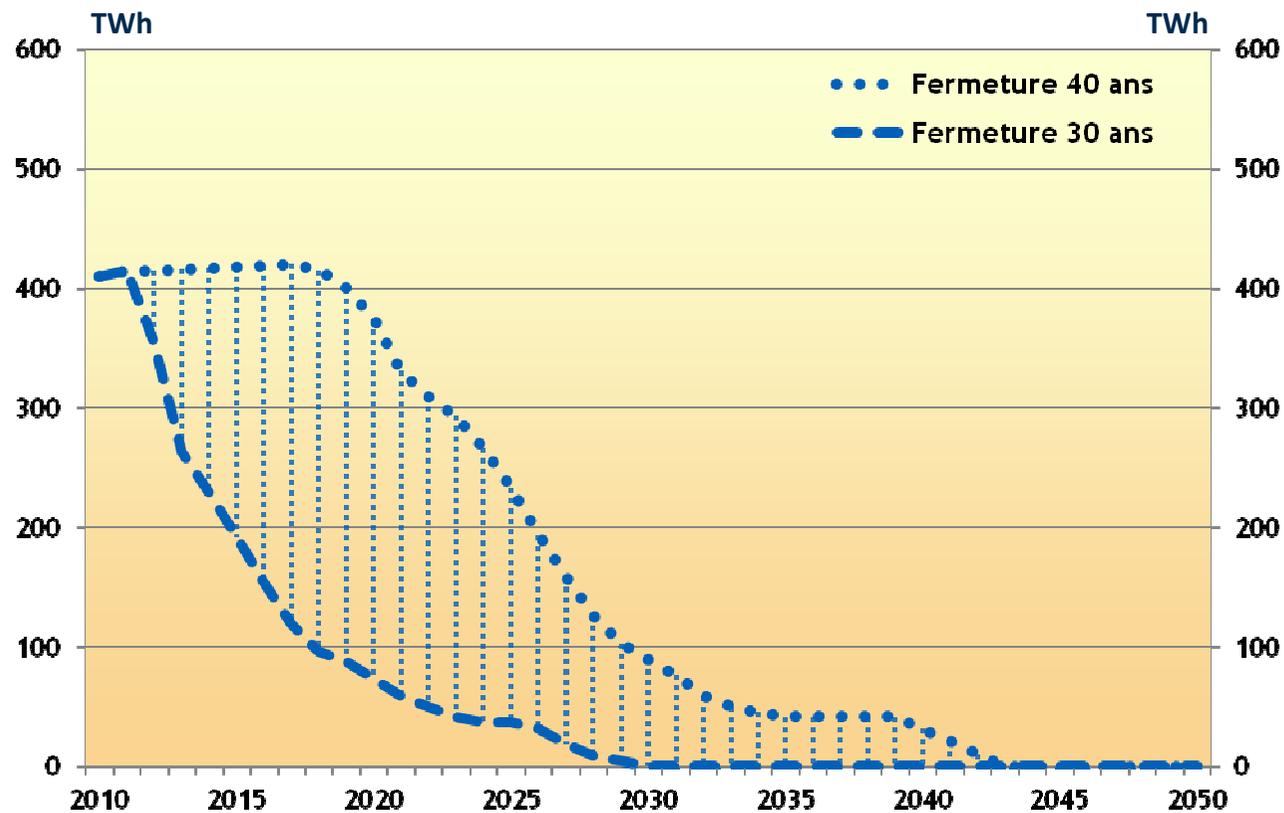
Contraintes multiples

- 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 } **Contrainte énergétique**
- Une énergie aux risques spécifiques
 - accident majeur
 - accumulation de déchets à long terme
 - prolifération et sécurité+ un problème qui se pose avec le vieillissement } **Contrainte sur la sûreté**
- 58 réacteurs et un complexe industriel
 - usines amont et aval du combustible
 - support en R&D publique
 - cadre d'évaluation et de contrôle} **Contrainte industrielle**

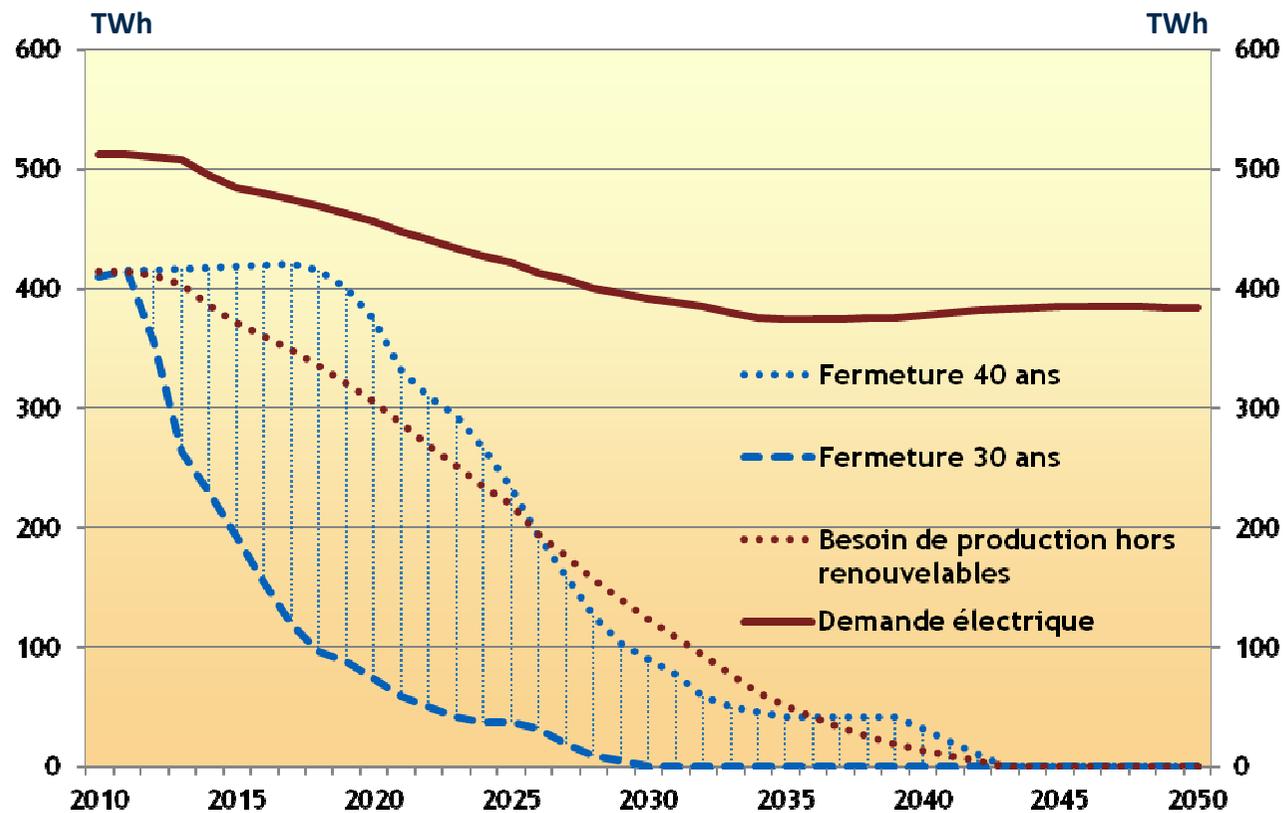
- Sobriété et efficacité sur la demande d'électricité
- Développement de la production d'électricité d'origine renouvelable
- Complément nucléaire, ajustement par le gaz



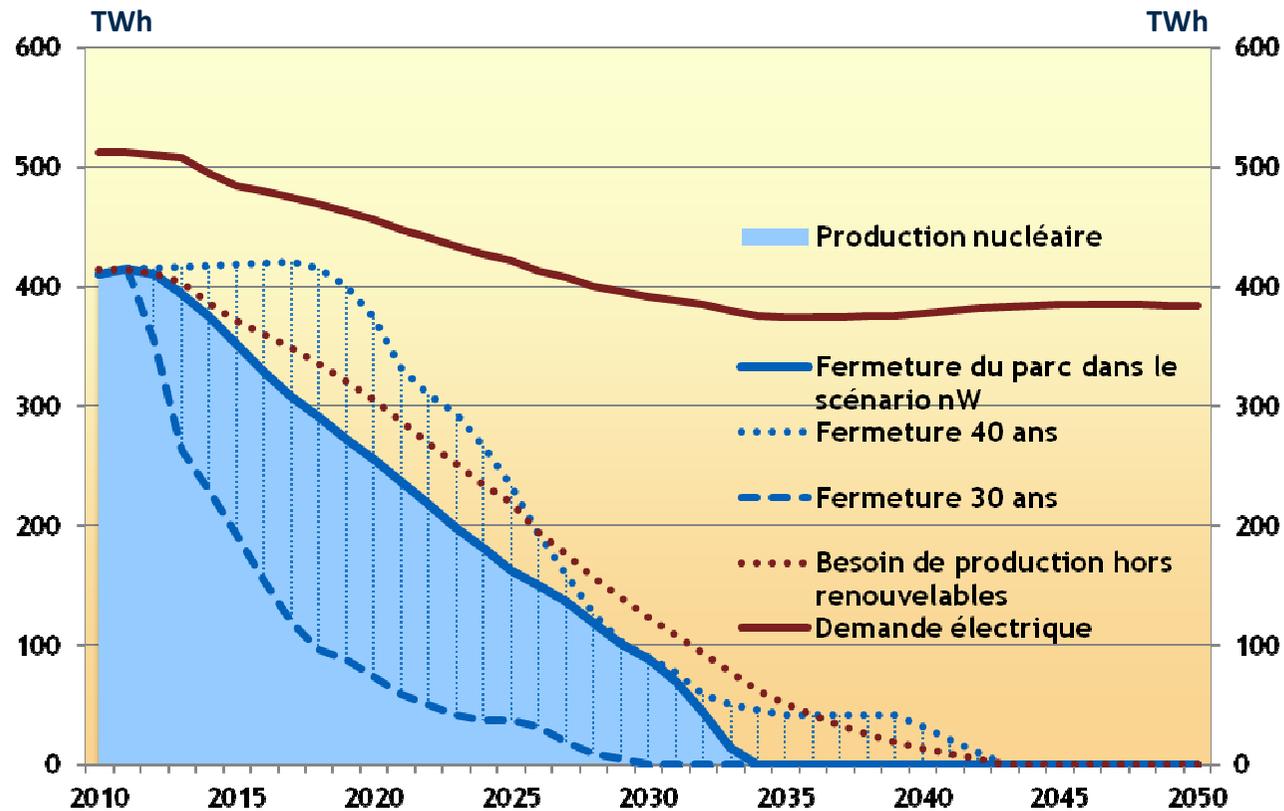
- Flexibilité sur la durée de vie réacteur par réacteur
- Pas de dépassement de 40 ans de durée de vie industrielle



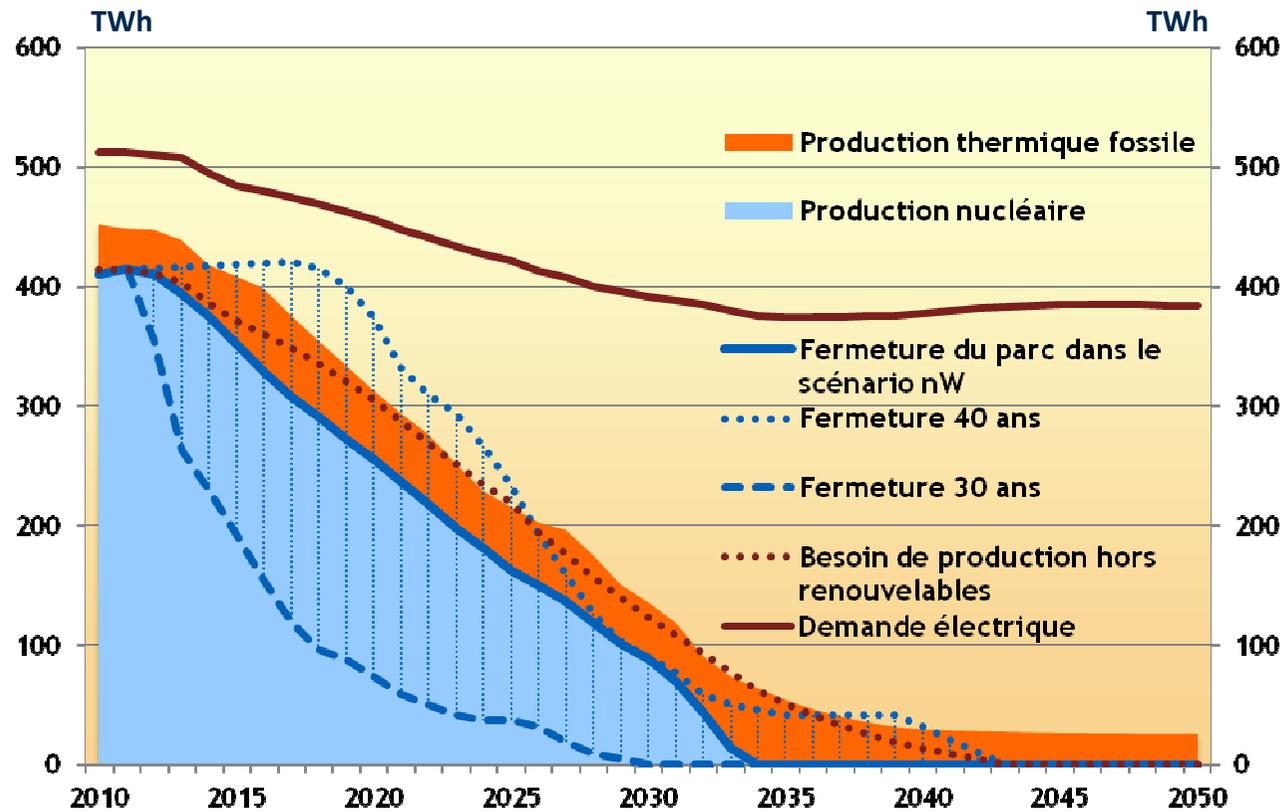
- Priorité à la contrainte énergie puis > 2025 à la contraire sûreté



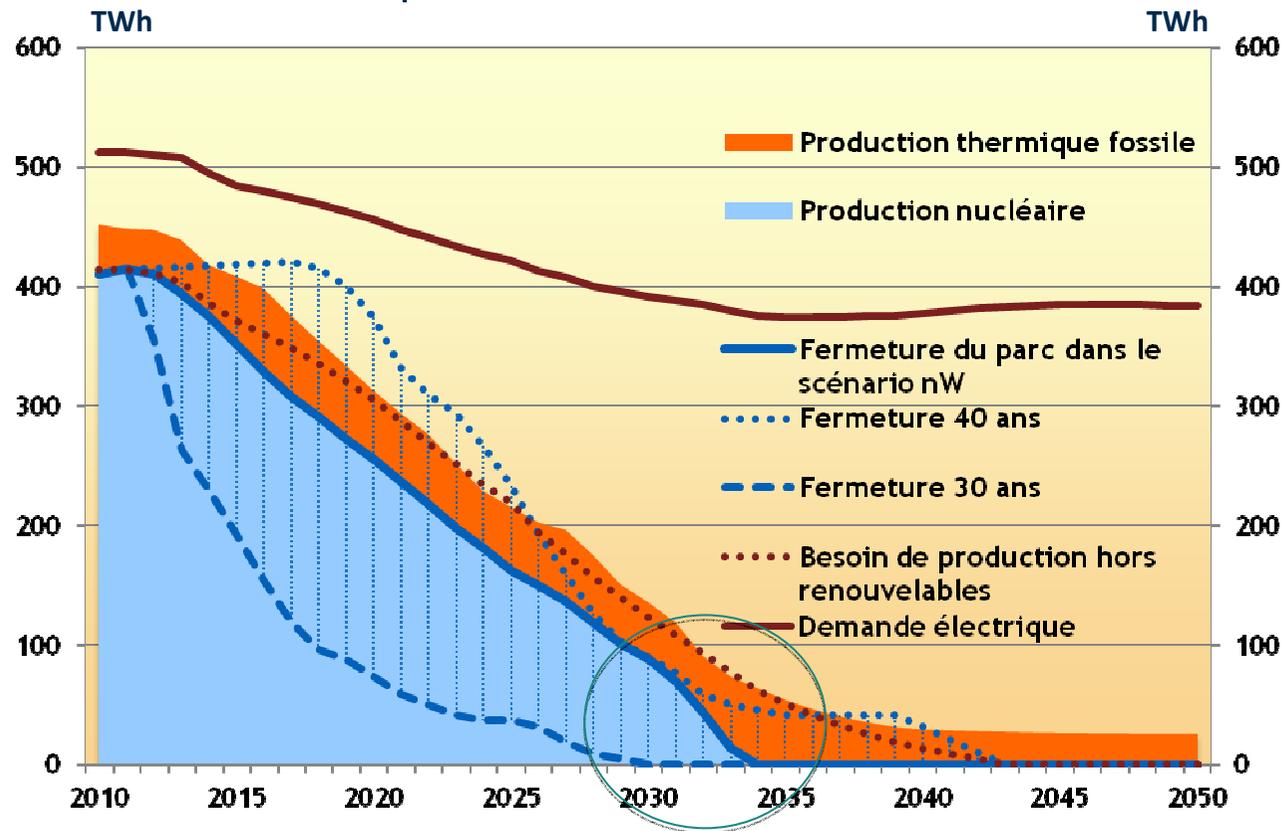
- Priorité à la contrainte énergie puis > 2025 à la contraire sûreté



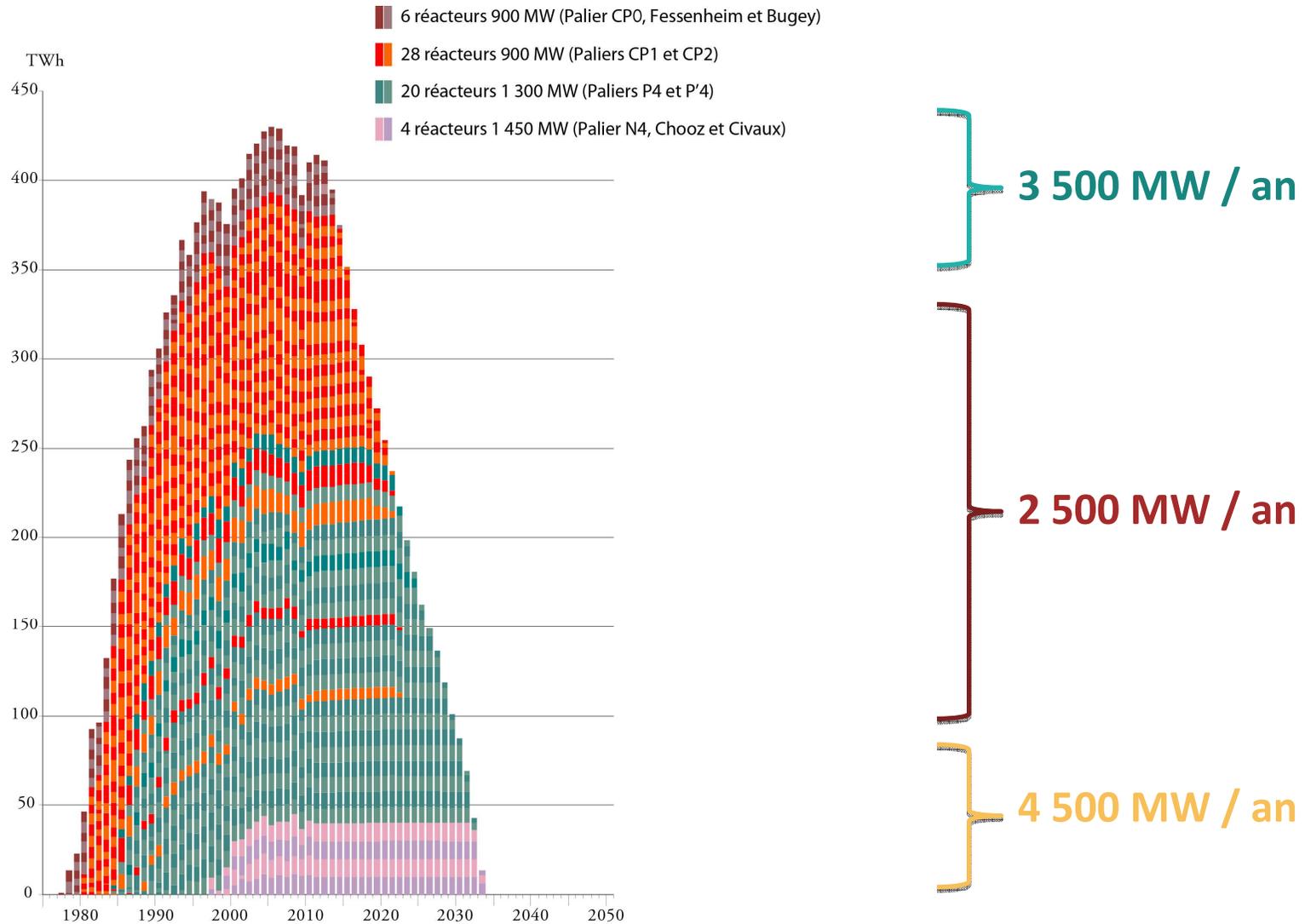
- Priorité à la contrainte énergie puis > 2025 à la contraire sûreté
- « Transition gaz » régulière et contenue



- 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



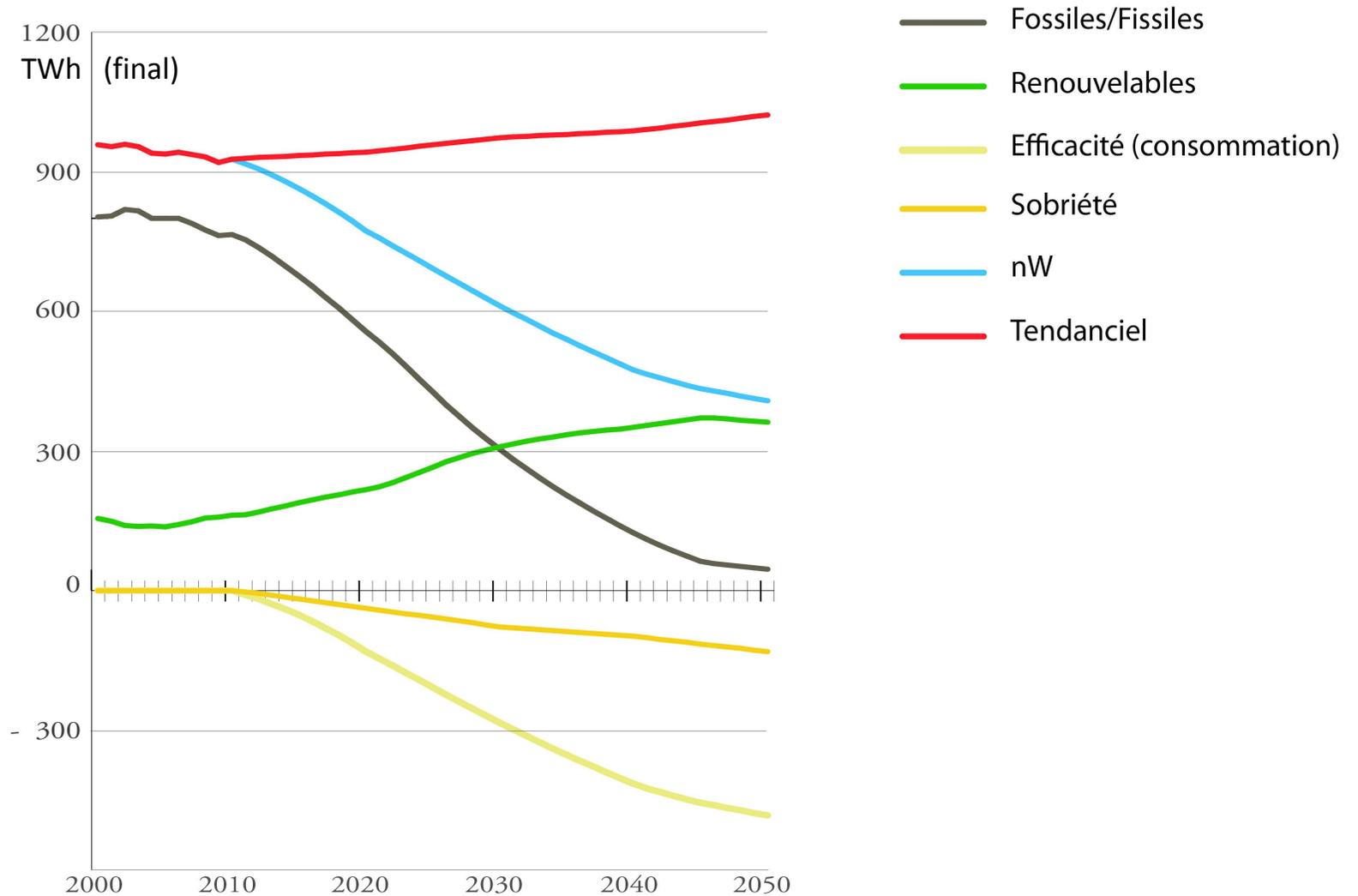
Fermeture du parc en 22 ans

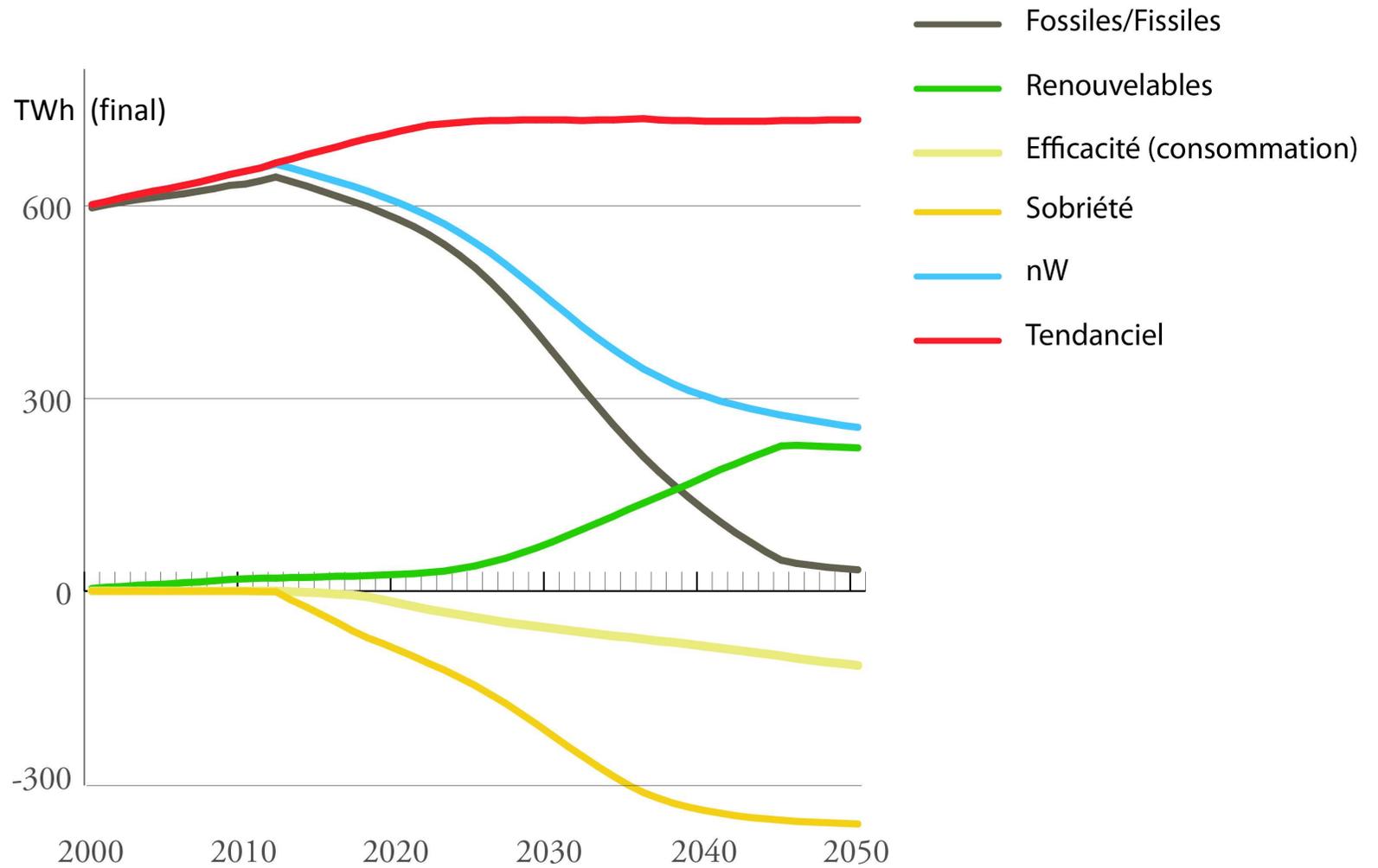




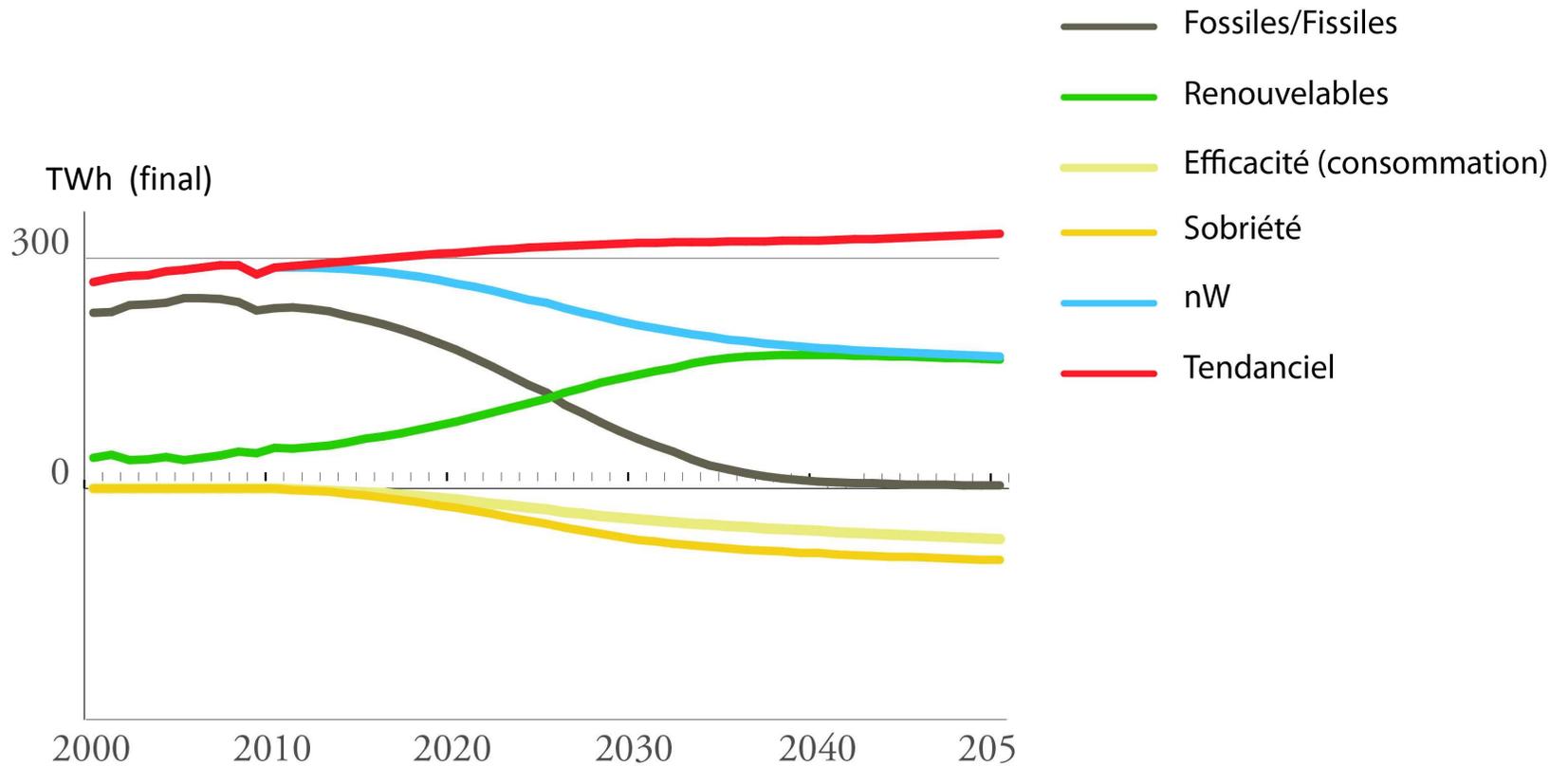
sobriété, efficacité, renouvelables

Quel bilan au terme du chemin ?

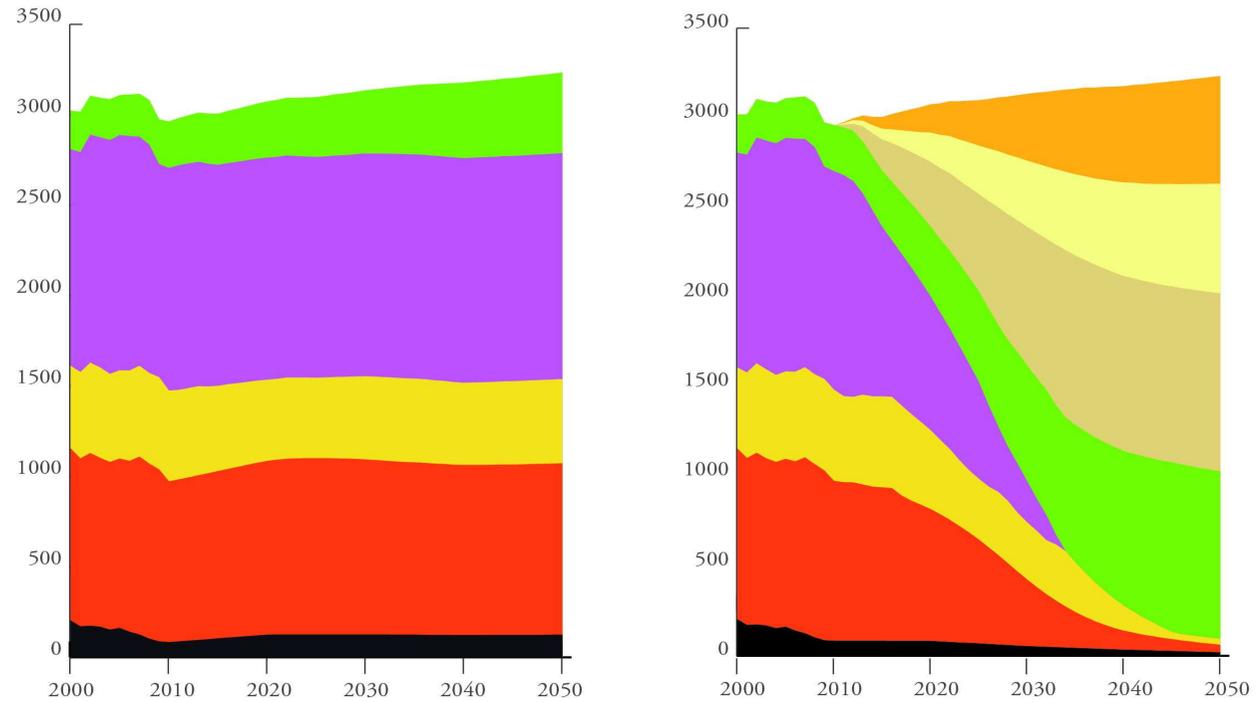




Bilan Electricité spécifique

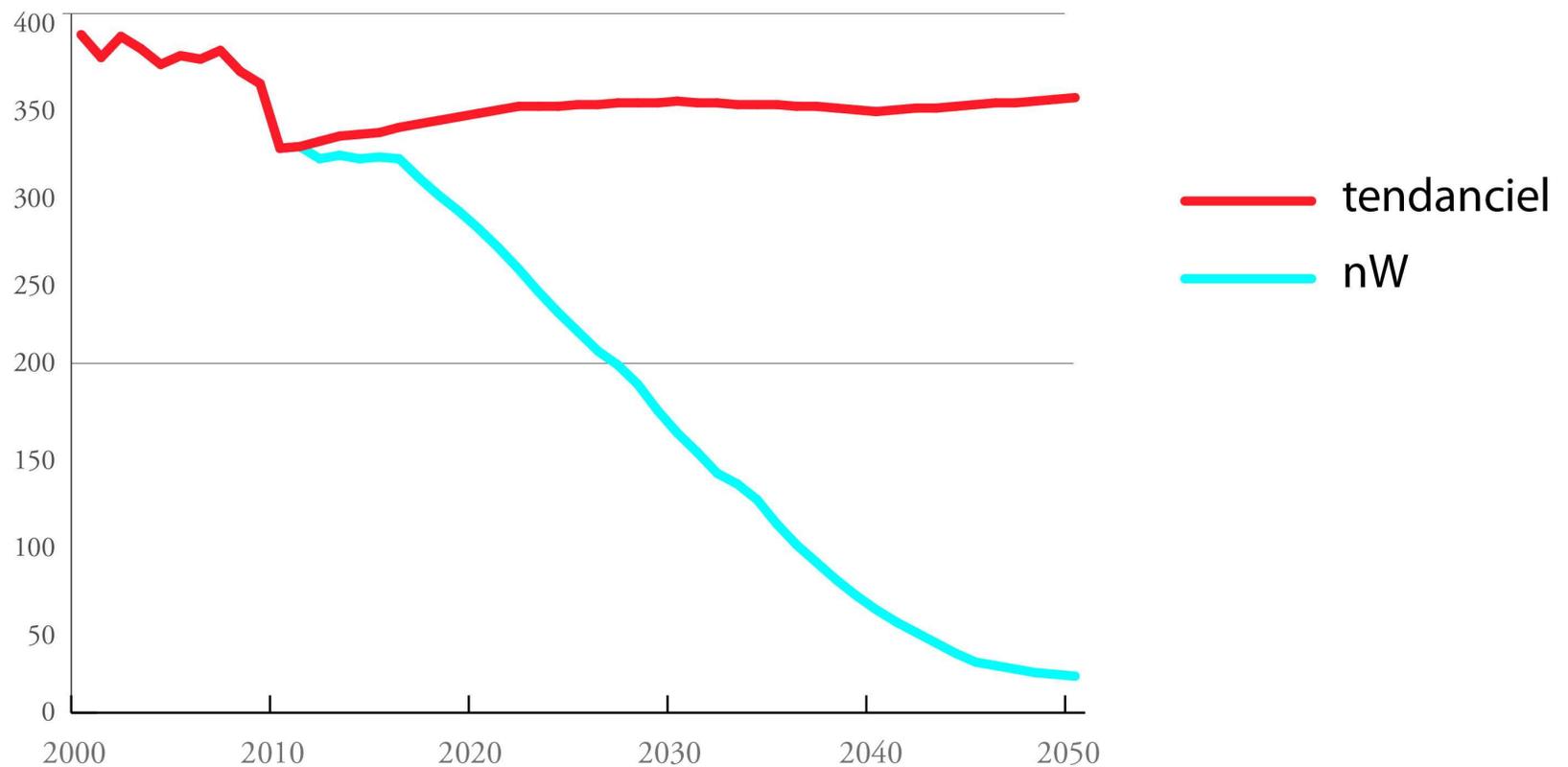


Bilan énergie primaire

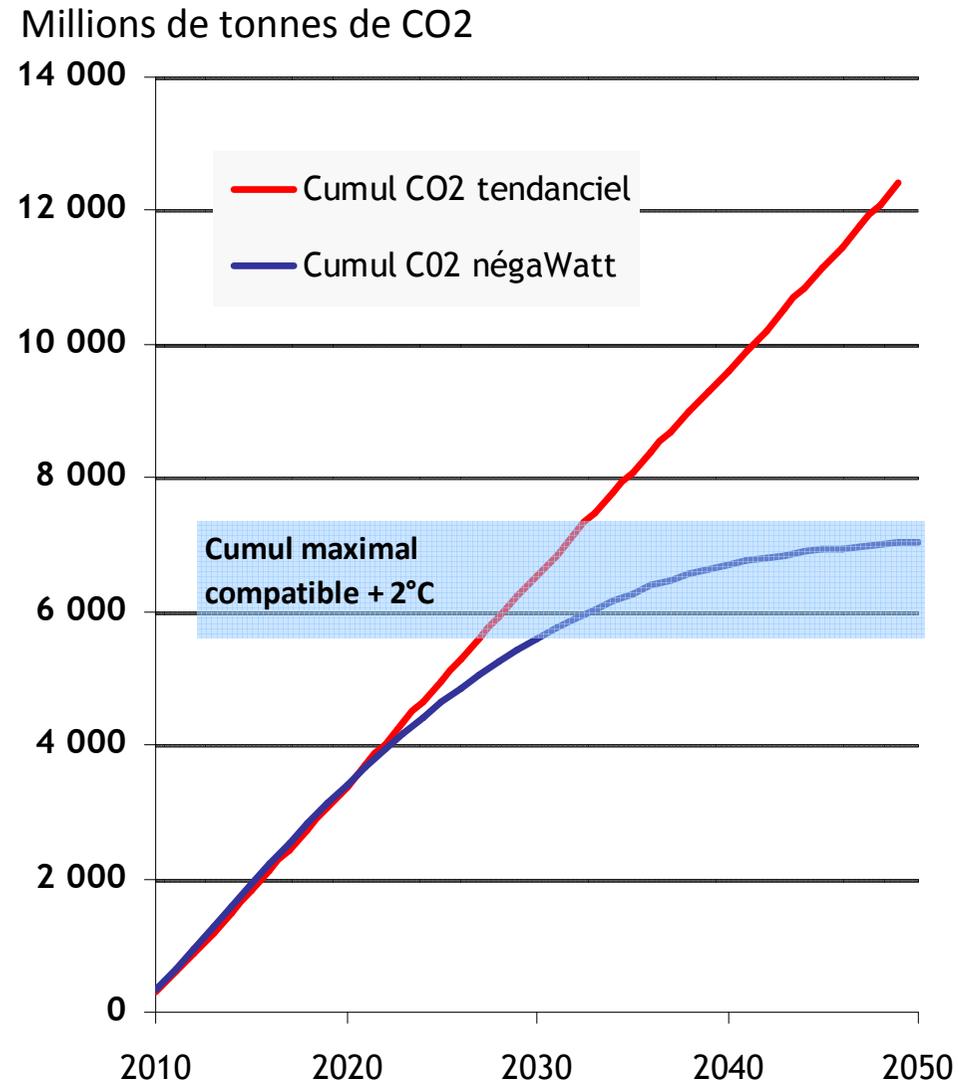


- Par rapport en 2010, des émissions de CO2 réduites d'un facteur 2 en 2030 et d'un **facteur 16 en 2050**.

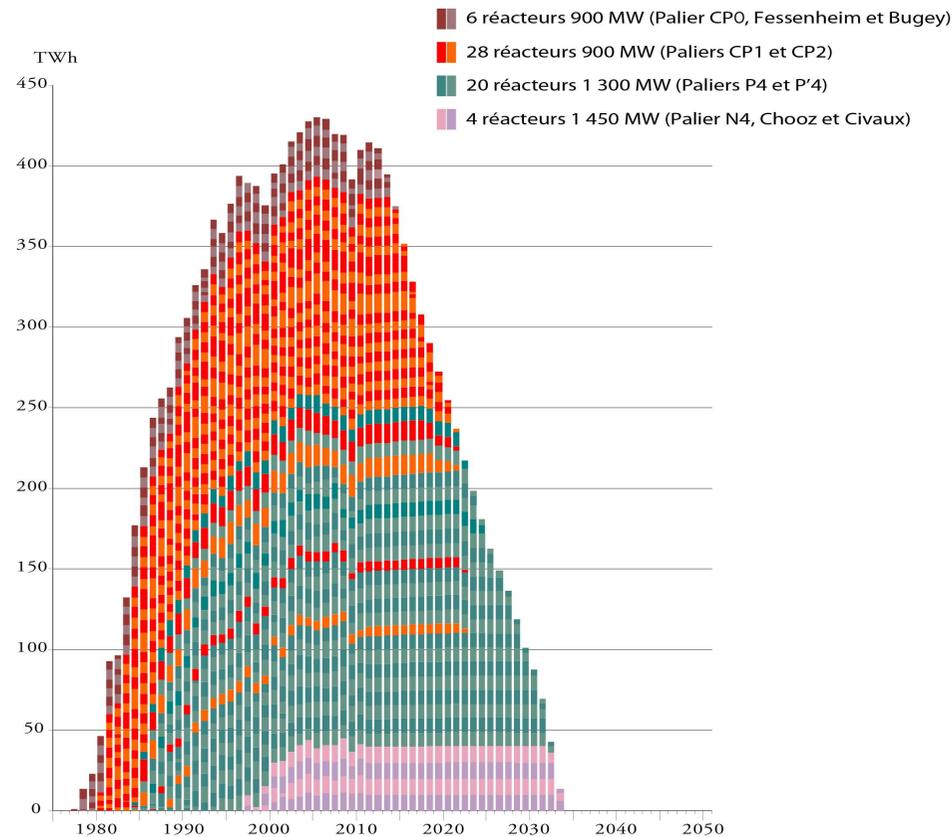
Millions de tonnes de CO2



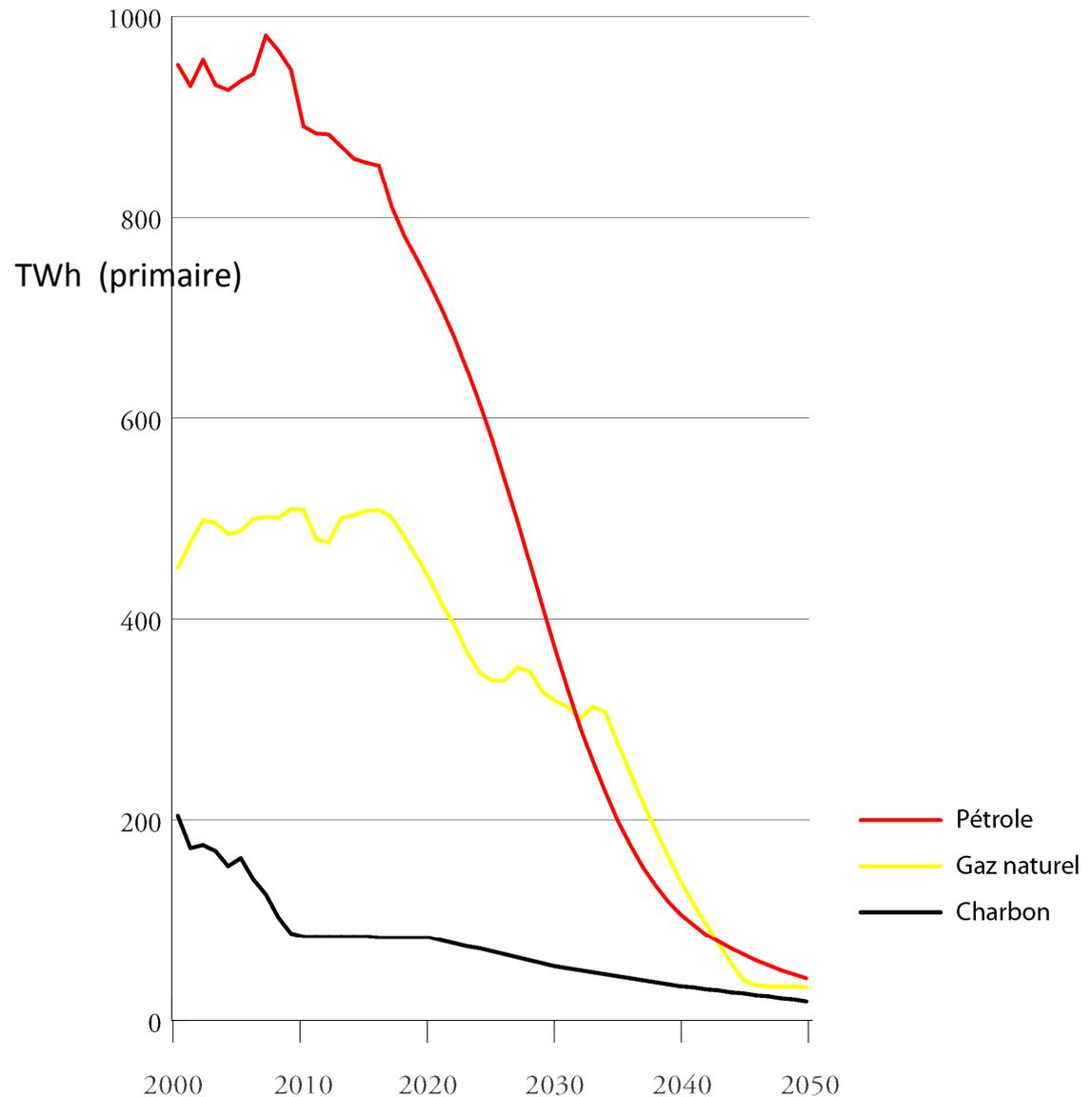
- Des émissions de CO2 cumulées sur 2011- 2050 en phase avec la part que la France doit équitablement prendre, selon son poids démographique, pour espérer limiter la hausse moyenne de la température sur Terre de 2°C en 2100

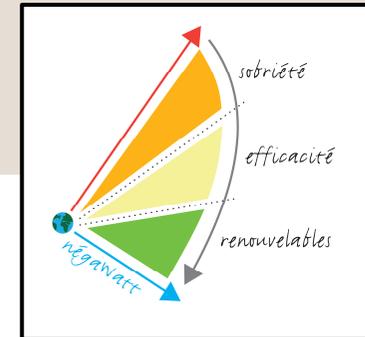


- Un système énergétique français presque totalement sans émission de CO₂ malgré un arrêt maîtrisé et cohérent de toute production d'électricité nucléaire en 2033 (donc en 22 ans).



- 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).





Scénario négaWatt 2011-2050

Rendre possible ce qui est souhaitable ...