

PROSPECTIVE SUR LA CONSOMMATION D'ENERGIE ET D'ELECTRICITE EN 2050 POUR DIVISER PAR 4 LES EMISSIONS DE CO2

SCENARIO NEGATEP DE SAUVONS LE CLIMAT

PROSPECTIVES SUR LA CONSOMMATION D'ÉLECTRICITÉ EN 2050

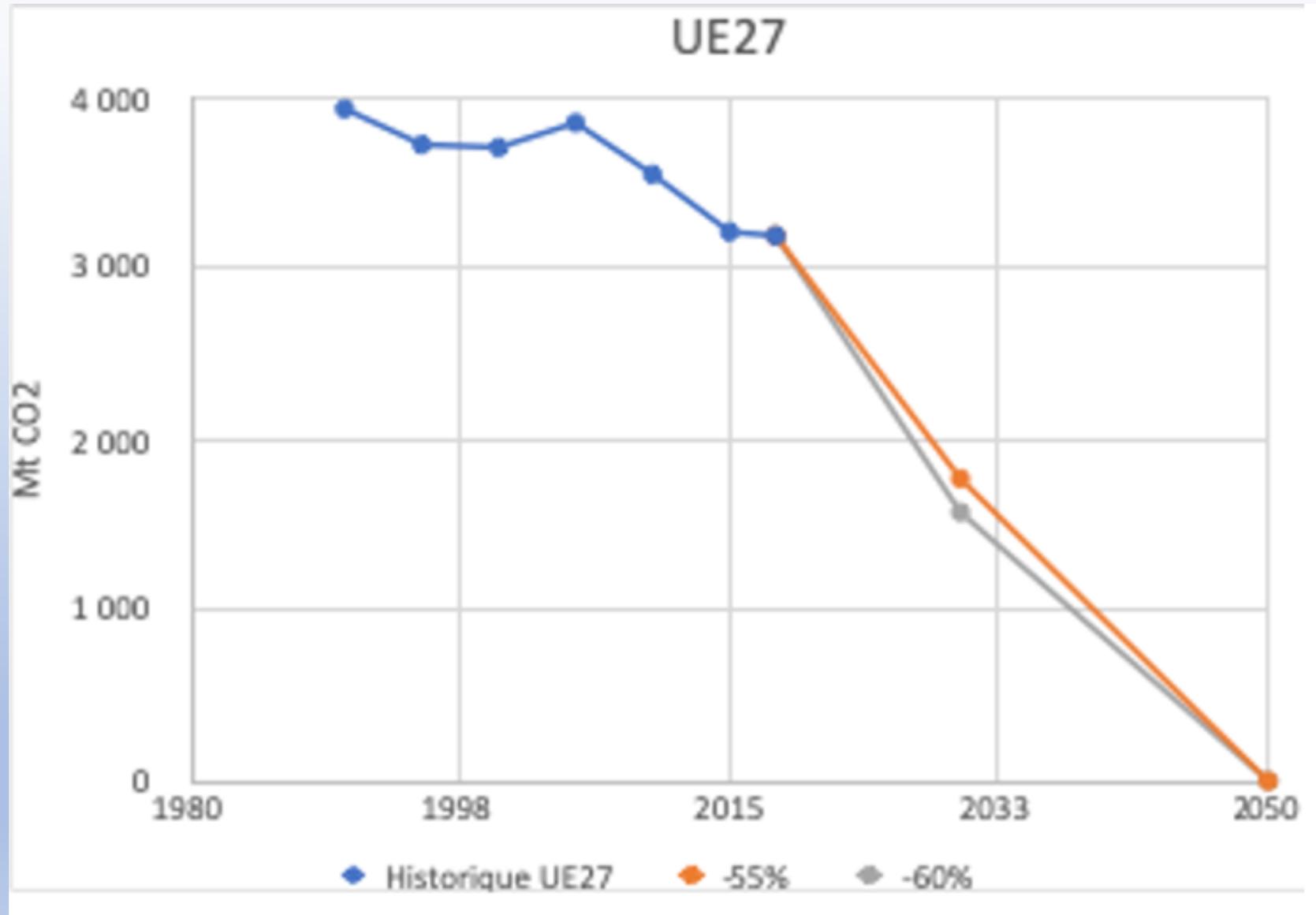
L'énergie est le « système sanguin d'une économie ». Un défaut d'approvisionnement = régression dramatique

- **1 - L'énergie représente le temps long et 30 ans constitue un laps de temps juste suffisant pour une prospective sérieuse.** Il faut 10 ans pour construire une centrale nucléaire et plus de 10 ans pour mettre en production un nouveau gisement de pétrole et de gaz.
- **2 - Les déterminants sont nombreux,** la démographie, la consommation par habitants, l'évolution du bâti, les modes de vie, les transports, l'évolution industrielle, la croissance du PIB, etc.
- **3 - La certitude que le vecteur électrique va représenter 80 % de notre consommation finale d'énergie en 2100 dans les pays de l'OCDE.**
- **4 - Une transition énergétique imposée pour obtenir une neutralité carbone en 2050.** Transfert des combustibles fossiles sur de l'électricité bas-carbone et des ENR thermiques. La neutralité carbone correspond en France à une division par 6 de nos émissions de CO₂/ 1990 (toutes choses égales par ailleurs).
- **5 - Des chiffres complètement dispersés sur la consommation d'électricité en 2050 : 630 TWh pour le Gouvernement et 840 TWh pour l'Académie des technologies. 210 TW d'écart !** Pour une consommation actuelle de 500 TWh.
- **6 - Le plus simple a déjà été fait.**

PRESENTATION DE NEGATEP MAI 2021.

- **Négatep** utilise le mot tonne équivalent pétrole **-énergie** et non de puissance- comme Négawatt !
- Nous pourrions l'appeler **NégaTWh** aujourd'hui.
- Il s'agit d'une **étude itérative** réalisée par **Sauvons le Climat** depuis 2006 qui a pour objectif de faire une prospective sur la **consommation énergétique 2050** en France **en divisant par 4 les émissions de carbone par rapport à 2015.**
- C'était l'objectif fixé en Europe avant que n'apparaisse **le concept de neutralité carbone qui est plus complexe mais qui globalement est une division par 6 en France.**
- L'atteinte du facteur 4 serait déjà une prouesse mais l'UE a toujours des ambitions qu'elle est largement incapable de tenir, **SLC est restée au facteur 4 dans sa nouvelle version de Négatep.**
- **Emissions de GES. 90 % des combustibles fossiles et 10 % agriculture hors carburants**

Pour donner une idée des élucubrations idéologiques qui règnent à Bruxelles



Restons au facteur 4 et ce sera déjà une prouesse !

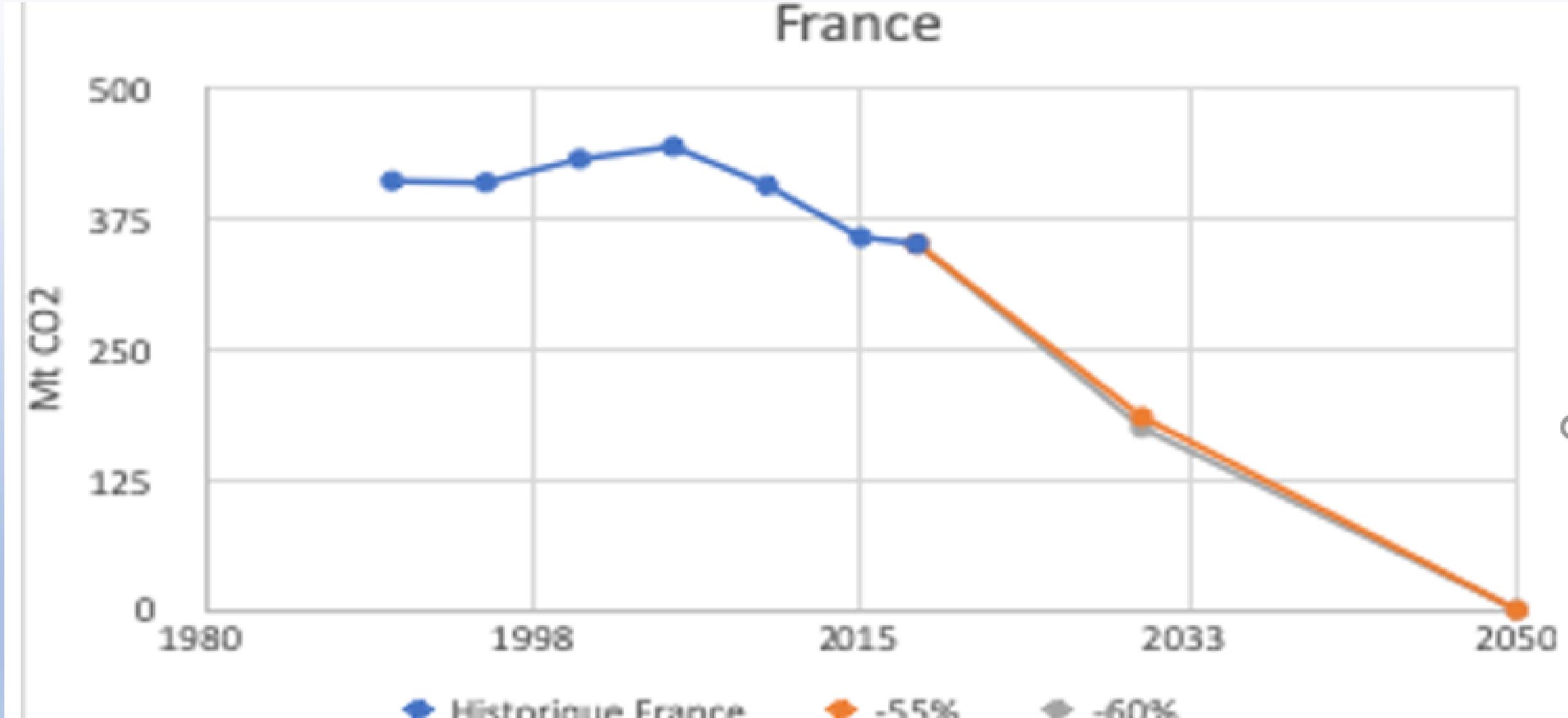
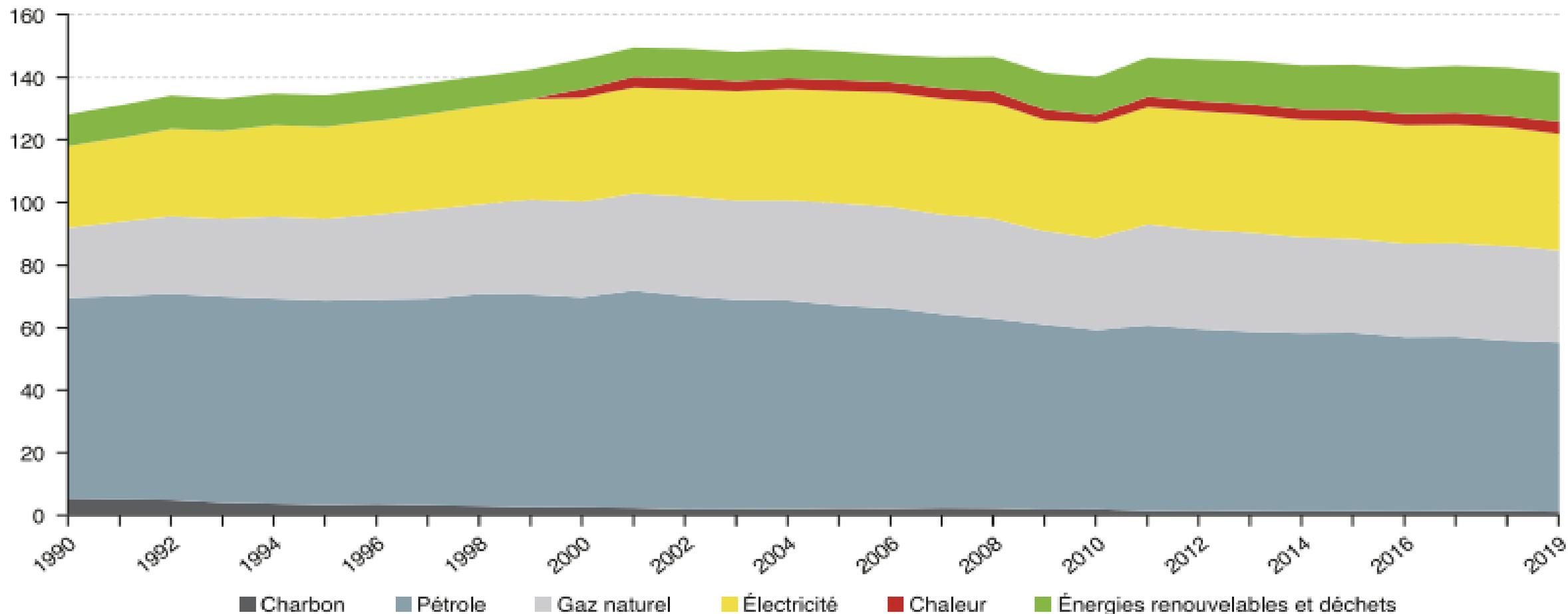


Figure 4.1.4 : consommation finale à usage énergétique par forme d'énergie

En Mtep (données corrigées des variations climatiques)



Note : la chaleur n'est isolée que depuis 2000.

Champ : jusqu'à l'année 2010 incluse, le périmètre géographique est la France métropolitaine. À partir de 2011, il inclut en outre les cinq DOM.

Source : calculs SDES

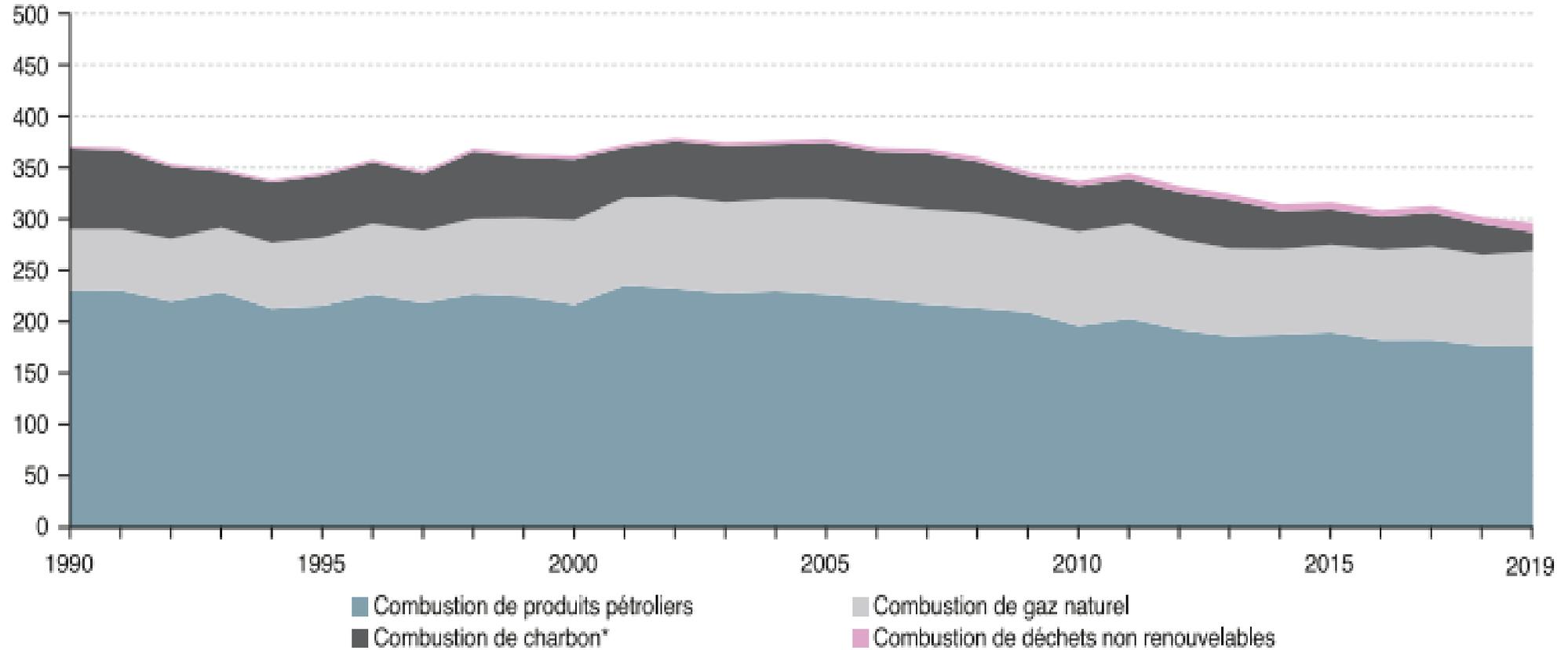
CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE EN 2019

Energie	Mtep	TWh
		Mtep = 11,63 TWh
Charbon	4,7 Mtep	54,66 TWh
Pétrole	65,9 Mtep	766,42 TWh
Gaz	29,5 Mtep	343,08 TWh
Total carbonés	100,1 Mtep	1164,16 TWh
Electricité	37,1 Mtep	431,47 TWh
EnR	15,3 Mtep	177,94 TWh
Chaleur	3,7 Mtep	43,03 TWh
Total décarbonés	56,1 Mtep	652,44 TWh
Total général	156,2 Mtep	1816,60 TWh

D'où proviennent les émissions de GES– 90 % des combustibles fossiles et 10 % agriculture – Cas des fuites de Gaz non comptabilisées

Figure 6.2 : émissions de CO₂ dues à la combustion d'énergie par source entre 1990 et 2019

En MtCO₂ (données corrigées des variations climatiques)

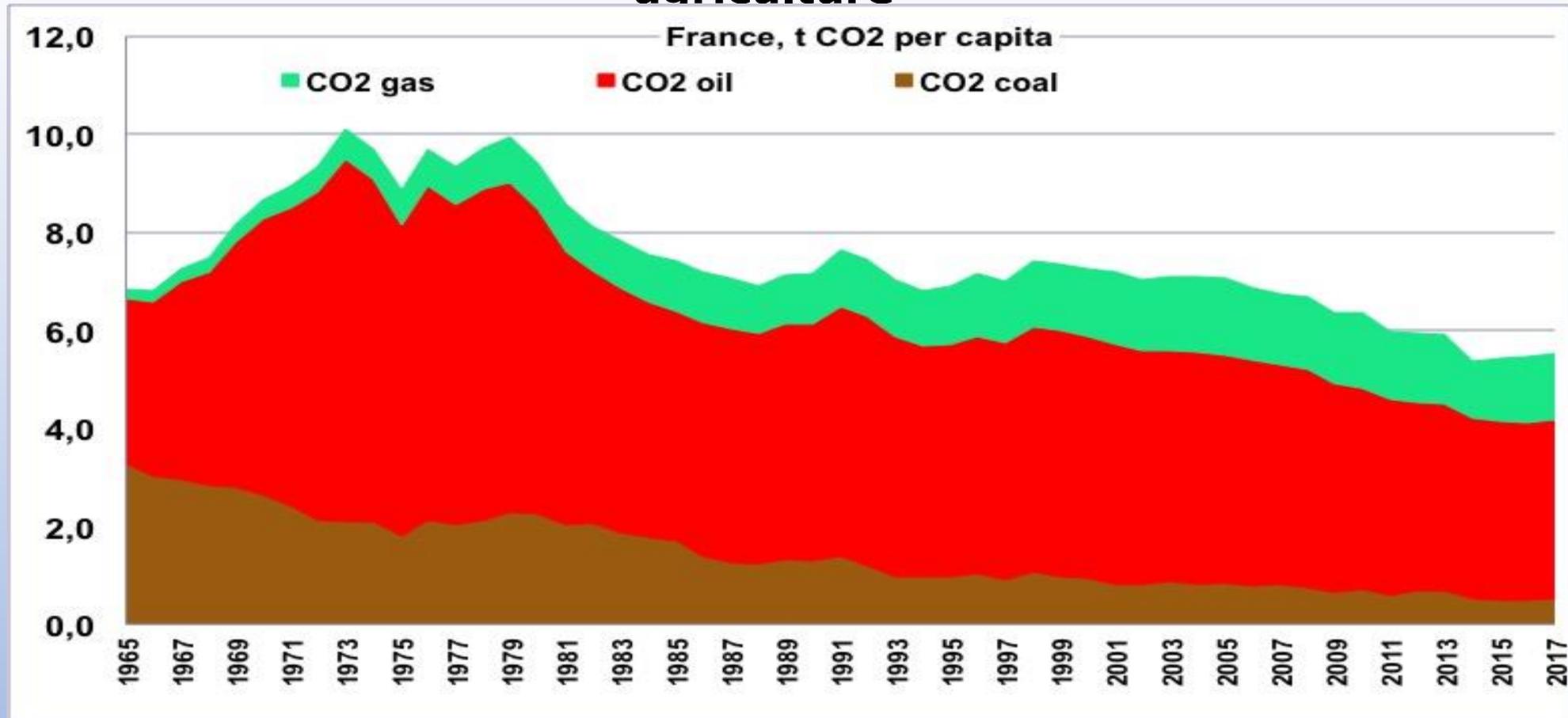


* Y compris gaz sidérurgiques.

Note : contrairement au reste du bilan, les émissions des DOM ne sont pas comptabilisées ici.

Source : calculs SDES

D'où proviennent les émissions de GES– 90 % des combustibles fossiles et 10 % agriculture



Evolution des émissions de CO2 d'origine fossile par personne en France depuis 1965, discriminée par énergie, en tonnes.

Maximum atteint au moment du second choc pétrolier - Aujourd'hui inférieures à 6 tonnes, soit 2 tonnes sous la moyenne européenne et 4 tonnes sous la moyenne allemande. Victoire ?

La Stratégie Nationale Bas carbone-SNBC

• C'est très simple:

1. **Décarboner complètement l'énergie utilisée à l'horizon 2050** (à l'exception du transport aérien), **(Il suffit donc de supprimer les 100 Mtep ou 1165 TWh de combustibles carbonés !)**
2. **Réduire de moitié les consommations d'énergie dans tous les secteurs d'activité**, en développant des équipements plus performants et en adoptant des modes de vie plus sobres et circulaires, **(Globalement passer de 1816 TWh à 908 TWh !)**
3. Réduire au maximum les émissions non énergétiques, issues très majoritairement du secteur agricole et des procédés industriels,
4. Augmenter et sécuriser les puits de carbone, c'est-à-dire les écosystèmes naturels et les procédés et les matériaux capables de capter une quantité significative de CO₂ : sols, forêts, produits issus de la bioéconomie (paille, bois pour la construction...), technologies de capture et stockage du carbone.

Et tout cela en 30 ans

L'idéologie a pris le pas sur la réalité ou « un conte pour les enfants sages. »

C'est à peu de choses près le scénario de décroissance de négawatt

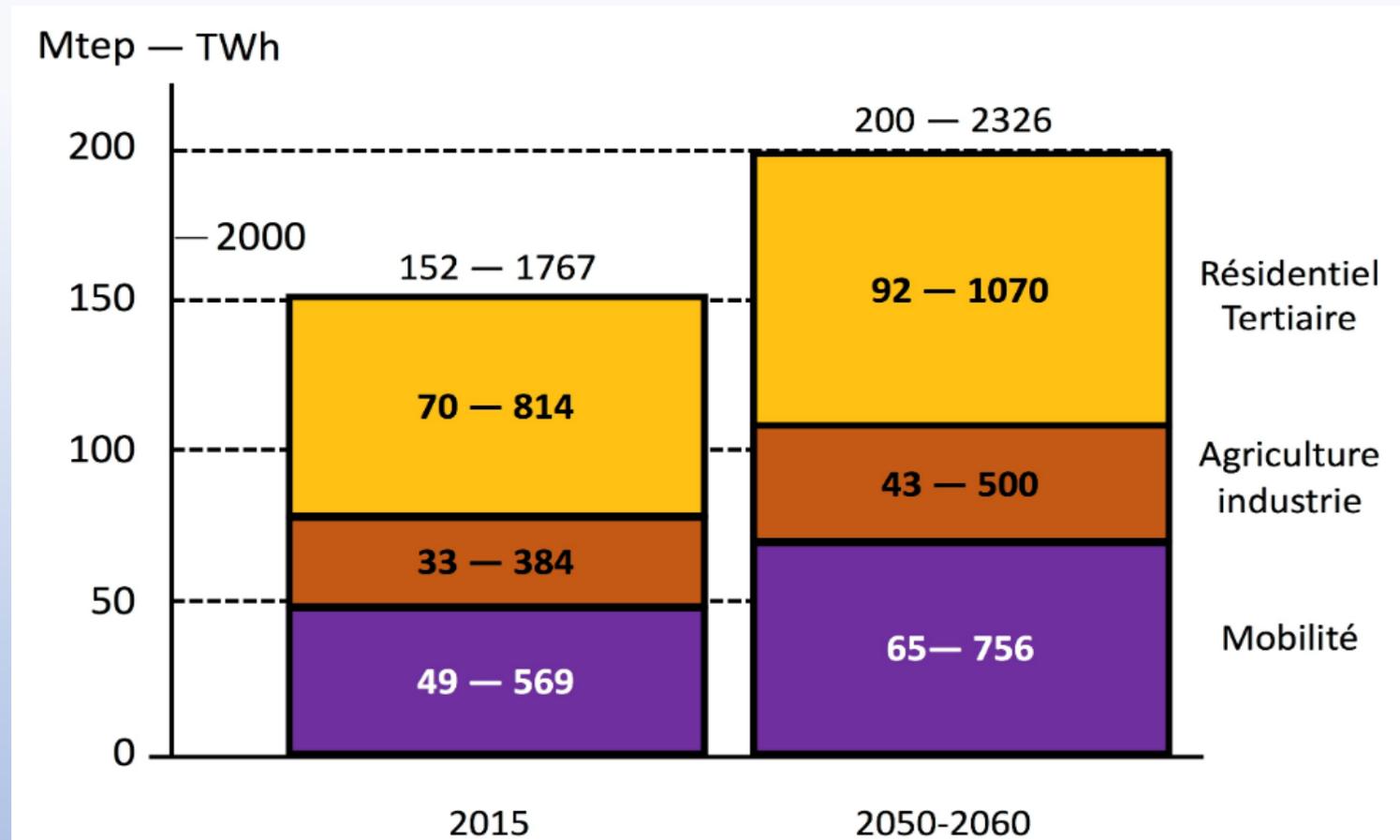


NEGATEP = AMBITION MAIS PRINCIPE DE PRUDENCE

LE SCENARIO NEGATEP

- **Ambitieux mais réaliste.**
- **Il part de l'évolution tendancielle (Business as Usual - BAU).**

Evolution de la demande d'énergie finale par grands postes de consommation
Situation 2015 +33 % soit +1%/an



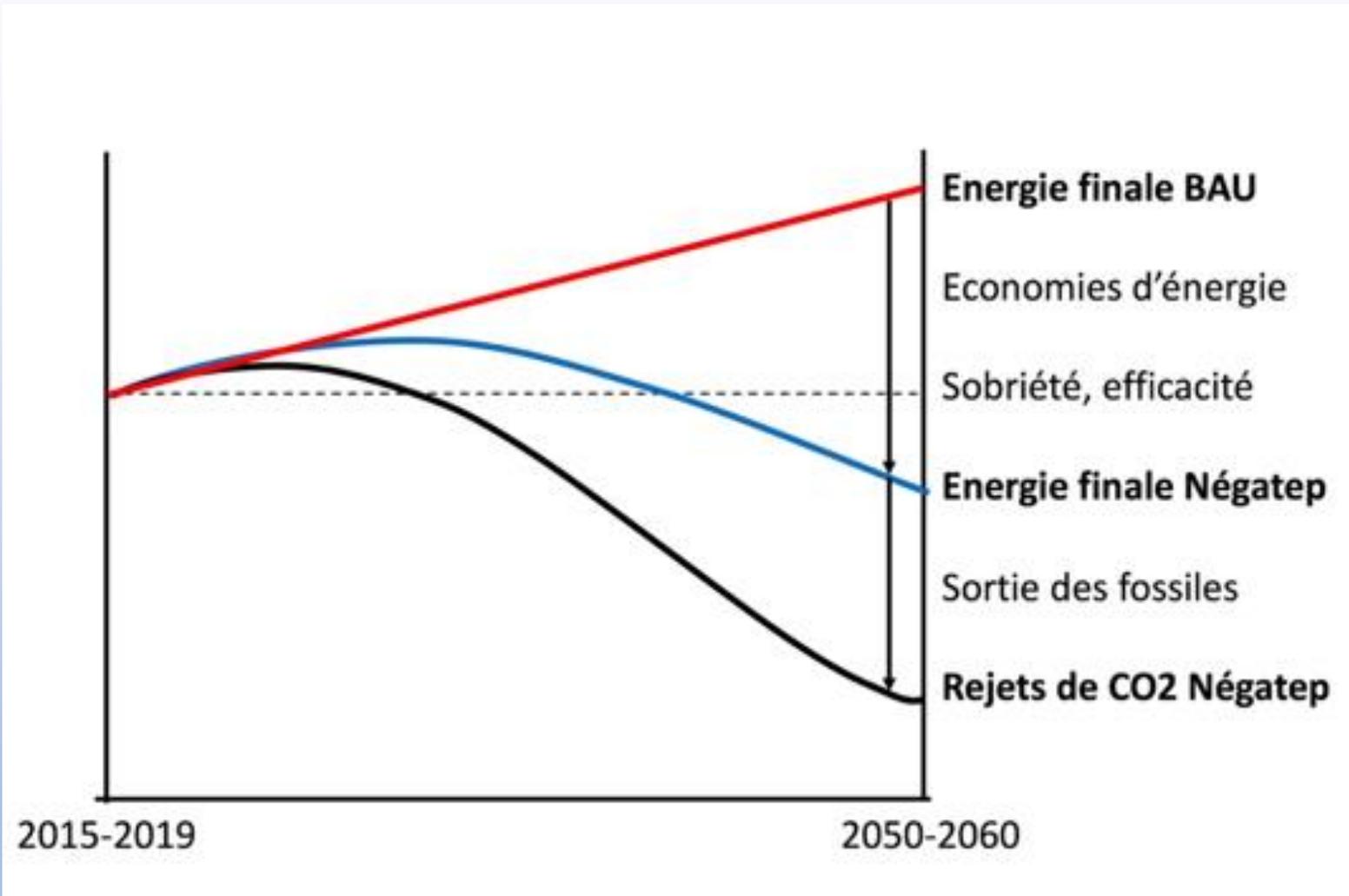
Négatep propose les possibilités de **réduire** la consommation (sobriété et efficacité), de **remplacer** la majeure partie de la consommation de **pétrole et de gaz** dans les **transports** et le **bâtiment**, par des ENR thermiques et de **l'électricité décarbonée**, produite de la façon **la moins onéreuse possible**, ni exclusion, ni favoritisme.

L'APPROCHE GLOBALE NÉGATEP

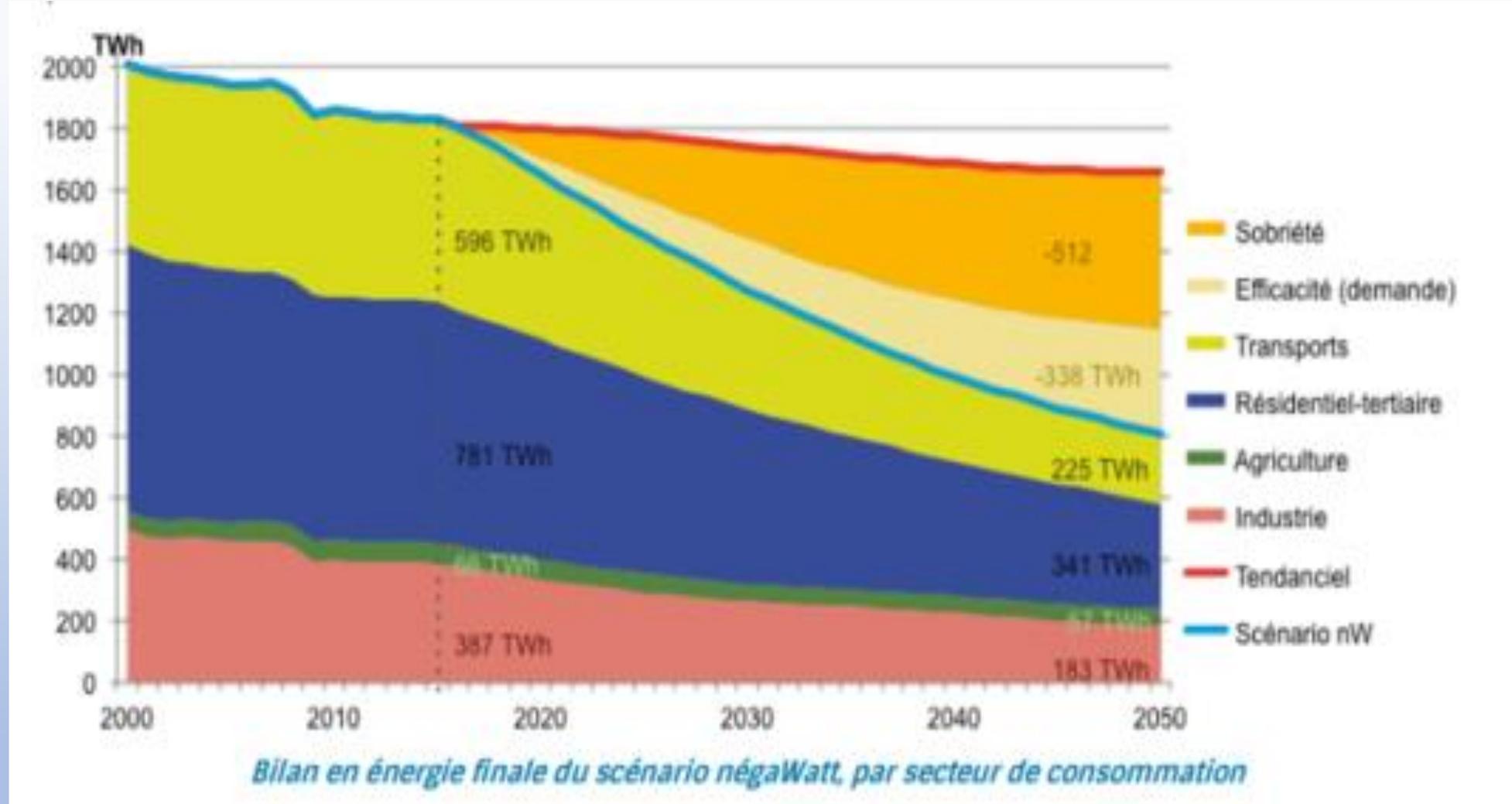
Négatep part du principe qu'il est possible d'obtenir une forte réduction des rejets de gaz carbonique sans restreindre de façon drastique la consommation d'énergie finale.

Négatep fait une approche sectorielle.

Négatep substitue des énergies carbonées par de l'électricité décarbonée et des ENR thermiques.



Approche Négawatt-Un scénario de décroissance



Une consommation divisée par deux en 2050, par la sobriété (60 % de la baisse) et l'efficacité (40 %) énergétiques. (Yaka-faucon)

L'évolution de la démographie

- En France métropolitaine, **les 64 millions d'habitants de 2015 deviendront 72 en 2050** (INED), **soit une augmentation de 13 %**. La substitution d'énergie fossile par des énergies décarbonées ne suffira pas pour diviser par quatre les émissions de CO₂. Donc sobriété et efficacité énergétique.
- **La sobriété** repose sur la **sagesse** de chacun qui se contente volontairement de moins.
- **L'efficacité** consiste à répondre mieux aux mêmes besoins par **l'amélioration des rendements des procédés**, et la **récupération des pertes**.... Elle passe notamment par la **rénovation énergétique des logements et du tertiaire**...
- Mais la recherche d'une plus **grande efficacité a un coût significatif** d'où la bonne gestion des capitaux disponibles. Le but est de **diminuer les émissions** de CO₂, on retiendra donc les actions en tenant compte de leur **coût par tonne de CO₂ évitée**.
- Exemple **faut-il persister à investir des sommes colossales** dans des **électricité intermittentes** (121 Mds d'€ fin 2017) qui n'ont **aucun effet** significatif sur les **rejets de gaz carbonique, plutôt que sur la rénovation énergétique du bâti chauffés au fioul et au gaz** et les convertir aux ENR thermiques et à l'électricité décarbonée si possible en mettant en œuvre des pompes à chaleur ?

Secteur résidentiel

Consommation totale : 45 Mtep (522 TWh), le secteur **résidentiel représente 30 %** de l'énergie finale consommée, en seconde position **juste après les transports (33 %)**. Mais, **avec 21 % des rejets de gaz carbonique**, il est loin derrière ces mêmes **transports (45 %** du total des rejets). C'est l'**effet de la part importante d'électricité décarbonée** dans les usages fixes de l'habitat (chauffage électrique) tandis que la mobilité dépend du pétrole.

Les **besoins de chauffage : 62 %** des besoins d'énergie, l'eau **chaude sanitaire 12.1 %**, la **cuisson :6.9 %**, et enfin les **utilisations spécifiques de l'électricité : 18.9 %**, ces dernières étant en forte progression.

- **Le bâtiment est le second émetteur de CO2.** Malgré le Grenelle de l'environnement, suivi par la LTECV, les progrès sur le secteur sont très décevants **après 12 ans d'efforts : les émissions de CO2 étaient encore en croissance de 2012 à 2017.**

CHAUFFAGE	27,9 Mtep
EAU CHAUDE SANITAIRE	5,445 Mtep
CUISSON	3,105Mtep
USAGES SPECIFIQUES	8,505 Mtep

Emissions de CO2 Mt	2014	2015	2016	2017
Résidentiel/tertiaire	66,7	69,9	70,8	70,9

Le nombre de **logements construits**, environ **300.000** en 2017 (53 % d'appartements et 47 % de maisons) est **relativement constant** . **Inférieur aux objectifs gouvernementaux de 500.000** par an. Le parc **tertiaire est de 970 millions de m2** et son taux de renouvellement a été de 0,87 % en 2017.

35 millions de logements en France. Il en faudrait **350 000 nouveaux/an** pour le renouvellement en 1 siècle + **150 000** pour les nouveaux besoins et **100 000** pour combler le retard ! Soit **600 000 /an.** (Emplois non délocalisables si formation des jeunes à ces métiers.)

Les logements construits avant **1975** (année de la **1^{er} RT**) consomment de **200 à 300 kW/m2-an.** De **1975 à 2012** les consommations ont été progressivement **réduites jusqu'à 50 kW/m2-an.**

Cette analyse fait clairement ressortir, à la fois les besoins :

- 1. En logements neufs chauffés à l'électricité, RE 2020 remplace la RT 2012,**
- 2. La priorité à donner à la rénovation énergétique (plutôt qu'aux électricités intermittentes).**

Surfaces millions de m ²	Avant 1975	De 1975 à 1998	Après 1999	Surface actuelle	Constructions en 2017	Taux croissance % en 2017
Maisons	825	534	392	1751	16,3	0,93
Appartements	427	195	136	758	11,3	1,49
TOTAL	1252	728	528	2508	27,6	1,10

Age de l'habitat et taux de renouvellement (CEREN 2017)

ETAT DU PARC DE LOGEMENTS

INSEE

Défauts de confort du parc de résidences principales

Ménages en situation de surpeuplement en %

	2006	2017		2006	2013
Sans confort sanitaire	1,9	1,1	Individuel	3,6	3
Sans chauffage central ou élec	6,4	4,4	Collectif	14,7	15,9
Fuites toitures, moisissures, humidité	11,7	10,5	Ensemble	8,4	8,4
Bruyant	20,2	16,8			
Difficiles ou coûteux à chauffer	27,9	20,8			

RESIDENTIEL CONSOMMATION 2015 = 523 TWh ou 45 Mtep

Les choix de **Négatep** en matière d'efficacité énergétique :

CHAUFFAGE ET CONDITIONNEMENT D'AIR

1. **50 kWh/m²-an d'énergie finale pour le logement neuf sans émissions de CO₂,**
2. **Environ 100 kWh/m² annuels pour l'habitat ancien après rénovation - Normes BBC inaccessibles.**

Les rénovations énergétiques sont coûteuses et ne se feront qu'avec des aides financières.

Négatep a choisi une **approche équilibrée entre efficacité énergétique, électricité décarbonée et ENR thermiques.**

La **demande annuelle en énergie du secteur résidentiel en 2050 est ainsi évaluée à 468 TWh (40,2 Mtep)** d'énergie finale. A **comparer**, aux **695 TWh (522 x 1,33)** selon le scénario **BAU** de référence.

**CONSOMMATION
TOTALE EN 2050**

CHAUFFAGE-CONDITIONNEMENT	23, 3 Mtep - 271 TWh
EAU CHAUDE SANITAIRE	5,67 Mtep - 66 TWh
CUISSON	3,27 Mtep - 38 TWh
USAGES SPECIFIQUES	8 Mtep - 93 TWh
TOTAL	40,2 Mtep ou 468 TWh

RESIDENTIEL

CHAUFFAGE ET CONDITIONNEMENT D'AIR

2015	325 TWh	
2050	271TWh	Malgré l'accroissement du nombre de logements

EAU CHAUDE SANITAIRE

2015	59 TWh (48 % gaz + fioul)	Tendance + 1 %/an et + 13 % population
2050	66 TWh (accumulation élec + Chauffe -eau solaire)	Prise en compte seulement des 13 % de population

ELECTRICITE SPECIFIQUE -Produits blancs + produits bruns

2015	93 TWh	Tendance + 150 % en 20 ans
2050	93 TWh	Les progrès en efficacité compenseront les + 13 % de population !

CUISSON

2015	34 TWh	15 TWh élec + 19 Gaz
2050	38 TWh	Essentiellement élec

Tertiaire – (Tout ce qui n'est pas résidentiel)

2015	254 TWh ou 22 Mtep	Plus de 50 % pour le chauffage et eau chaude sanitaire dont 46 % en gaz et fioul. Le reste besoins spécifique en électricité
2050 Business as usual	338 TWh (+33%)	
2050 Négatep	254 TWh	Les efforts ci-dessous

Pour le neuf, la norme est de 50 kWh/an-m². Pompes à chaleur réversibles pour la climatisation.

Rénovation énergétique de l'ancien avec un objectif de 100 kWh/an-m² Pompes à chaleur réversibles pour la climatisation.

Programmation fine du chauffage par gestion technique du bâtiment et réutilisation de la chaleur dégagée par les besoins spécifiques.

Utilisation des chauffe-eau solaires et/ou du PV.

Suppression quasi-totale du fioul et du gaz pour la réduction des émissions de CO₂

INDUSTRIE – AGRICULTURE

Industrie		Agriculture	
2015	330 TWh	2015	52 TWh
	?		Biodiesel
2050	330 TWh	2050	45 TWh

INDUSTRIE LA GRANDE INCONNUE.

Crise pétrolière de 1974 – Recherche d'efficacité énergétique -Gain de 25 % entre 1970 et 2000.

2009 - Crise qui a fait passer la part de l'industrie de **16,5 %/PIB à 12,3% PIB** et la tendance n'est toujours pas bonne. **En 1980, l'industrie représentait 20 % du PIB comme en Allemagne.**

Crise de 2020 ? Réindustrialisation absolument nécessaire par **relocalisation et innovation**. Seul moyen de **réduire le chômage de masse** et d'équilibrer la **balance des paiements**. Retrouver de la **souveraineté dans les secteurs essentiels**.

Comment ? L'électronucléaire avec de coûts relativement bas de l'électricité dans la durée peut aider mais ne sera pas le facteur déterminant. Il faut **espérer que les 330 TWh seront dépassés**.

SECTEUR DE LA MOBILITÉ

Les transports : **33 %** des demandes en énergie finale. **Responsables de 45 % des rejets de gaz carbonique.**

C'est le secteur où il faut faire le plus de réduction de gaz carbonique.

Le Véhicule Individuel Electrique :

Les avantages:

- Il fait faire un **gain de rendement d'un facteur 3** de la prise à la roue, donc économie d'énergie.
- Avec de l'électricité décarbonée, c'est le moyen le moins émetteur de GES.
- Les véhicules individuels ne font pas plus de 60 km par jour en moyenne, il est parfaitement adapté à la majorité des déplacements journaliers.
- Les batteries se rechargent lors des ralentissements ou passages en frein moteur.

Mais il a des inconvénients :

- Son temps de recharge (contrairement à son autonomie).
- Les batteries nécessitent des produits spéciaux pour le moment et les ressources posent problèmes.
- Le recyclage des batteries est loin d'être parfait actuellement.
- Il nécessite un réseau de bornes de recharge rapides (puissance installée !) sur route et autoroutes.
- Il nécessite un réseau de bornes de recharges lentes en ville.
- Il n'est pas adapté au transport lourd.

- **Véhicule hybride rechargeable.**
 - Bon compromis entre le VE et autonomie à la condition qu'il ne pèse pas 2t et plus !
 - Il fonctionne en électricité pour les trajets journaliers et en moteur thermique pour les trajets plus longs sitôt que les batteries sont épuisées.
 - Il en existe plusieurs modèles avec des fonctionnements différents.
- **Véhicule à hydrogène.**
 - **Ils ne sont pas retenus dans Négatep.**
 - En effet, il faut avoir de l'hydrogène bas carbone obtenu au mieux avec un rendement de 70 %.
 - Les piles à combustibles coûtent très cher et ont un rendement de 60 %.
 - Rendement de la chaîne hydrogène + PAC < 40 %.
 - Il faut une batterie tampon pour assurer les variations de puissances appelées.
 - La sécurité hydrogène est très pénalisante: pas de possibilité de stationner en parkings en sous-sol.
 - En revanche peut convenir au transport lourd (poids lourds et trains)
- **Solutions retenues par Négatep.**
- **Un mix de véhicules à moteur thermique alimentés en biocarburants, de véhicules électriques et hybrides.**

HYDRO-ÉLECTRICITÉ ET LES ELECTRICITES INTERMITTENTES –EOLIEN ET PHOTOVOLTAÏQUE

- **Les coûts de l'éolien terrestre sont élevés si l'on intègre le back-up.** L'éolien maritime est encore plus coûteux et restera toujours plus cher que l'éolien terrestre même avec un Fc plus élevé. **Quid du rejet sociétal ?**
- **Le solaire photovoltaïque** intégré au bâti reste **coûteux** et sa production a un **Fc de 11 %** - nécessité de back-up plus forte. **Grandes fermes au sol = rejet sociétal et artificialisation des sols? Contre-cyclé.**
- **Ces électricités intermittentes déstabilisent le fonctionnement du système électrique.** Elles n'apportent aucun **des services au système électrique, fréquence, tension et puissance de court-circuit.**
- **En France, elles ne décarbonent pas l'électricité.**
- Un **déploiement plus important** imposerait des **moyens de stockage de l'électricité y compris en inter-saisonnier.** **Aucune solution techniquement et financièrement supportable n'apparaît.**
- Les **prix garantis supérieurs à ceux du marché, pour le simple déversement d'une électricité non modulable et sans souplesse, devraient être remplacés par une astreinte de garantie de production (back up intégré), ou par une taxe destinée à l'hydraulique et au nucléaire (l'inverse de la CSPE actuelle).** **L'arrêt des aides devrait limiter l'avenir de ces sources en France métropolitaine.**
- **NEGATEP PRÉCONISE UN MORATOIRE –AFFECTATION DES DEPENSES A LA RENOVATION ENERGETIQUE**

Sources renouvelables : 1, biomasse, biogaz, déchets carbonés

Le **bois de feu**, les divers **déchets agricoles et ménagers**, et les **agro-carburants de première génération** représentent à ce jour environ **13,9 Mtep d'énergie primaire pour la chaleur et la mobilité.**

Elle pourrait atteindre de **15 à 17 Mtep**. Cet objectif doit être placé dans le cadre d'une exploitation qui développe aussi le bois d'œuvre (davantage de constructions en bois) et le bois d'industrie. Sans obstacle technique majeur, ce doit être faisable en **quelques dizaines d'années.**

Pour **l'agriculture**, Négatep n'envisage pas de modification dans la répartition des surfaces disponibles. Les **surfaces cultivées pour l'alimentation constantes** (l'absence de changement drastique des habitudes alimentaires), hormis une baisse modérée des régimes carnés mais à surface de prairies constantes, pour **l'augmentation de population (+ 13 %)**. **Pas de diminution de nos exportations.** Le **surplus commercial de 11 Md €/an**, essentiel pour la balance des paiements.

La **valorisation des déchets** produit actuellement moins **de 2 Mtep d'énergie primaire**. En 2050, elle pourrait fournir au **moins 5 Mtep, dont 4 en énergie finale soit 2 Mtep pour la chaleur et 2 Mtep sous forme de biogaz transports.**

2- biocarburants

Les **biocarburants de première génération**, ester-alcool et huile-diesel représentent 2,6 Mtep en 2015. Ce sont des biocarburants de première génération obtenus, dans le cadre de l'agriculture classique européenne, à partir de la betterave, du blé, du colza... Mais cette production nécessite un apport extérieur d'énergie. **Le chiffre réel net est de 1,3 Mtep.**

Seul un basculement vers la **2^{ème} génération** de biocarburants peut conduire à une avancée.

Pour **Négatep**, les 2,2 Mha produisant à ce jour des biocarburants de première génération seraient affectés à des **plantes adaptées comme par le miscanthus** on pourrait **obtenir environ 11 Mtep** au total en énergie primaire, soit une multiplication par un facteur un peu supérieur à 4 production brute.

Troisième génération avec microalgues avance de façon intéressante.

3 - Production hors biomasse

Le **solaire thermique** pourrait facilement fournir les trois quarts de l'eau chaude sanitaire dans une grande partie des logements individuels dans des sites privilégiés par l'ensoleillement. **Au total, il pourrait apporter une contribution de 4 Mtep.**

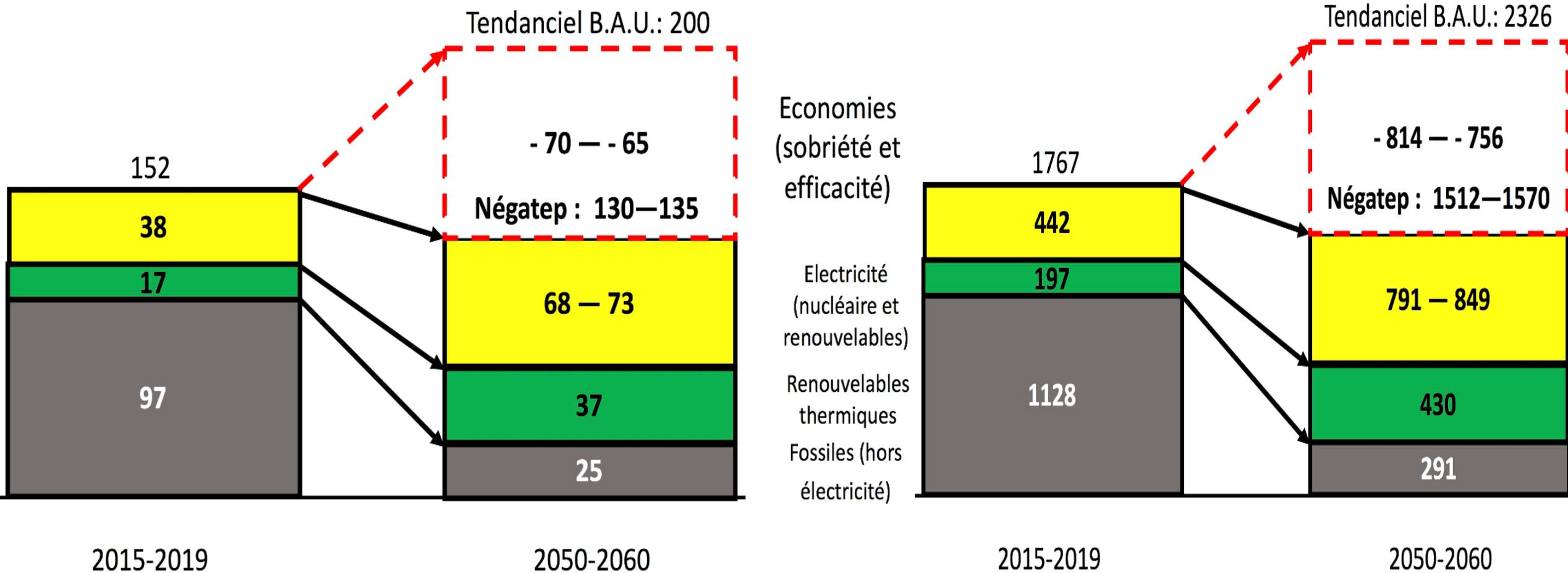
Une forte extension pour la **géothermie de surface et l'aérothermie**, basées sur l'utilisation de **pompes à chaleur alimentée en électricité décarbonée**. La chaleur de « géothermie de surface » provient soit de **la nappe phréatique**, soit du soleil qui chauffe le sol où sont enfouis des réseaux de récupération (**géosolaire**). Les systèmes puisant la **chaleur dans l'air (aérothermie)**, moins efficaces (baisse du COP avec basses températures de l'air et besoin de cycles de dégel) sont **plus faciles à installer surtout en rénovation. A généraliser dans le tertiaire et pour partie importante aux maisons individuelles. La contribution en énergie finale peut être estimée à 9,8 Mtep** : 7 tirés du sol ou de l'air et 2,8 apportés indirectement par les pompes à chaleur électriques (COP : 3,5). **La géothermie semi profonde ou profonde, peu développée (0,2 Mtep) devrait atteindre 1 Mtep.**

• NEGATEP PRÉCONISE UNE APPROCHE PROGRESSIVE

- Usages fixes, les constantes de temps sont importantes, pour l'habitat et les habitudes de vie. Adopter un tempo de rénovation qui dépendra du prix moyen de l'énergie, des aides publiques et de la **mobilisation des professions concernées**. Les incitations devraient favoriser en premier les **investissements les plus efficaces en coût de la t carbone évitée** afin d'obtenir une progressivité supportable économiquement et socialement.
- **Sur 30 ans, construire annuellement 500 000 logements neufs, et en rénover 400 000 dans l'ancien**, constitue un programme accessible financièrement.
- **Dans le cas des usages mobiles**, Négatep retient là aussi un démarrage progressif. Le développement des transports en commun électriques et les progrès technico-économiques pour une moindre consommation des véhicules thermiques, les biocarburants et les batteries prennent du temps. Mais bon démarrage pour les hybrides rechargeables et électriques.
- **Pour la production d'électricité, la faisabilité technique du développement du nucléaire existe. La programmation doit prendre en compte la prolongation de la durée d'exploitation des centrales existantes.**

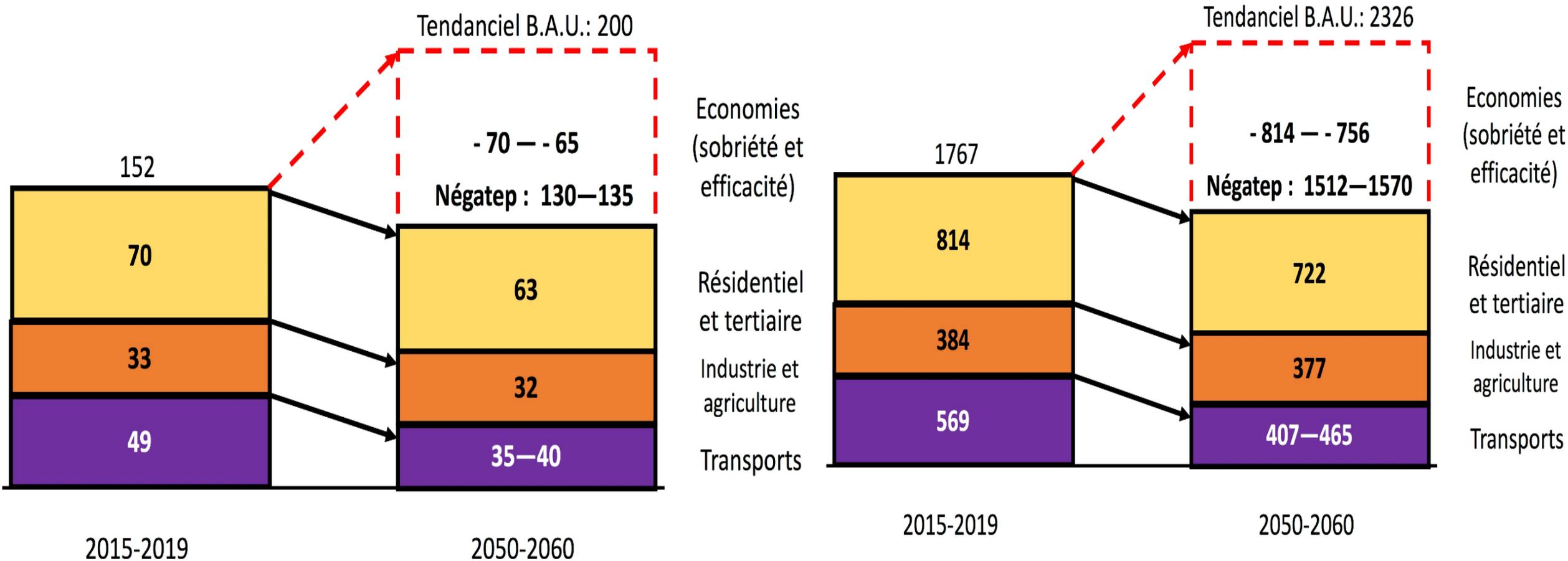
LE REMONTAGE DE NEGATEP

Energies finales (en Mtep et TWH) réparties par modes de production



LE REMONTAGE DE NEGATEP

Energies finales (en Mtep et TWh) selon les catégories de consommateurs

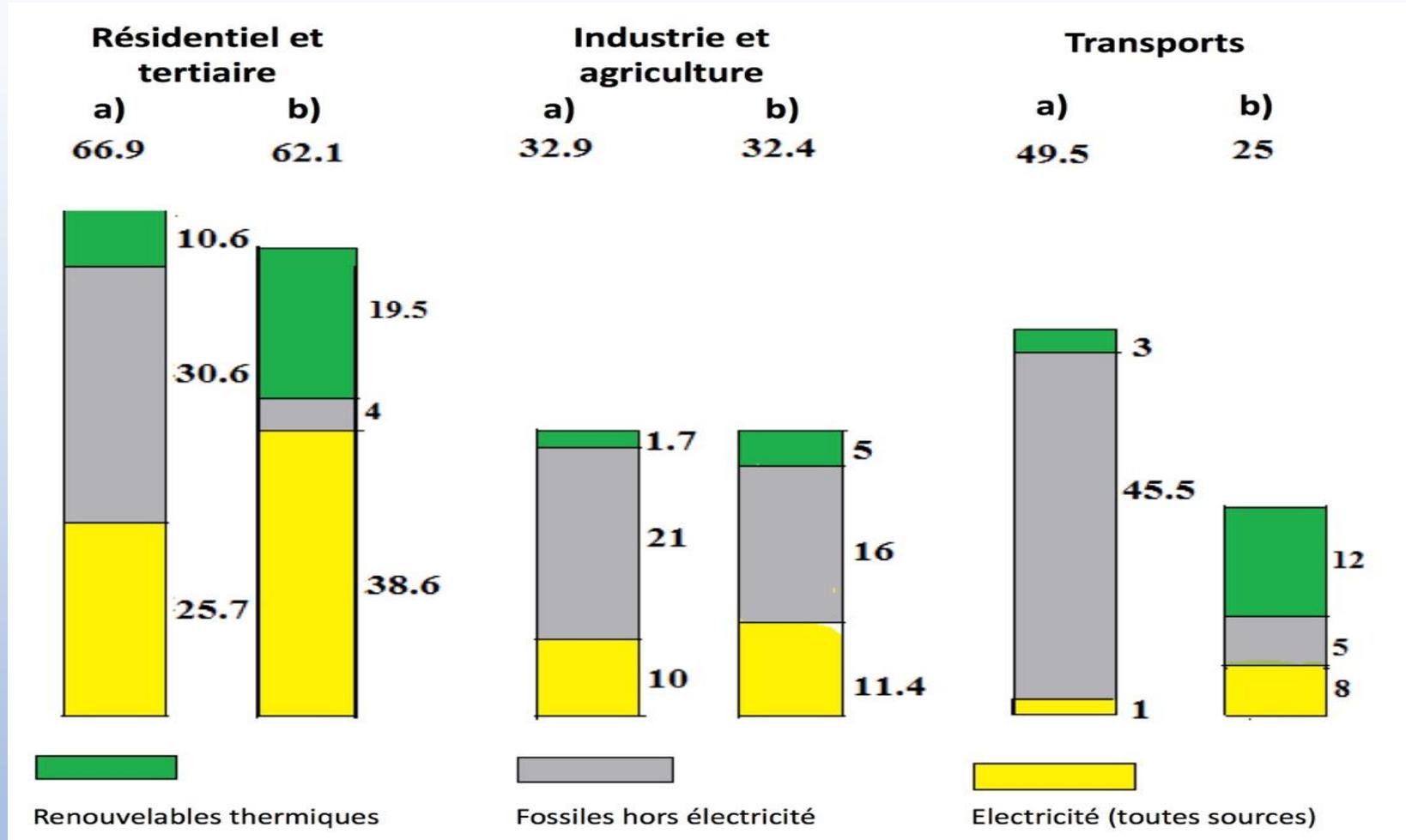


LE REMONTAGE DE NEGATEP

Consommations d'énergie finale en 2050-2060 en Mtep

<i>Source finale</i>	<i>Secteur</i>			
	<i>Résidentiel tertiaire</i>	<i>Industrie agriculture</i>	<i>Mobilité</i>	<i>Total</i>
<i>Electricité</i>	38,6	11,4	8	58
<i>Biomasse chauffage</i>	8,5	2		10,5
<i>Biocarburants</i>			10	10
<i>Solaire, géothermie</i>	10	2		12
<i>Déchets</i>	1	1	2	4
<i>Gaz</i>	4	10		14
<i>Pétrole</i>		1	5	6
<i>Charbon</i>		5		5
<i>Total</i>	62,1	32,4	25	119,5

LE REMONTAGE DE NEGATEP



Répartition de l'énergie finale (en Mtep) par source ou vecteur dans chaque famille de consommation : a) en 2015-2019 ; b) en 2050-2060.

TABLEAU GÉNÉRAL DE LA DEMANDE D'ÉNERGIE FINALE EN Mtep ET TWh

<i>Secteur</i>	<i>2015</i> Mtep – TWh	<i>2050-2060</i>	
		<i>Tendance BAU</i> Mtep – TWh	<i>Négatep</i> Mtep – TWh
<i>Résidentiel et tertiaire</i>	70 – 814	92 – 1070	63 – 733
<i>Industrie et Agriculture.</i>	33 – 384	43 – 500	32 – 372
<i>Transports</i>	49 – 569	65 – 756	35-40 – 407-465 ¹
<i>Total</i>	152 – 1767	220 – 2326	130 -135 – 1512-1570

Le nucléaire producteur d'électricité bas-carbone

En 2015, l'électronucléaire a fourni 437 TWh en production nette (soit 77 % du total de l'énergie électrique produite en France) à partir des **63 GW de puissance installée**. La production est actuellement réduite en raison de l'arrêt « électoral » des 2 tranches de Fessenheim du grand carénage des tranches (niveau de sûreté de la 3ème génération) et de **l'éviction par l'éolien et le PV prioritaires sur le réseau.**

Le grand carénage a permis à l'ASN de donner une autorisation générique pour prolonger l'exploitation de 40 à 50 ans et probablement 60 ans. Heureusement car la PPE a prévu l'arrêt de 12 tranches supplémentaires d'ici 2035 dont 4 d'ici 2030. Impossible tant l'UE perd de la puissance électrique pilotable dans les 5 ans à venir.

Aux US, prolongation 80 ans et étude pour 100 ans

Fermer des centrales, considérées comme sûres par l'ASN, est une gabegie socioéconomique et conduit à un accroissement des rejets de gaz carbonique en contradiction avec l'objectif de protection du climat.

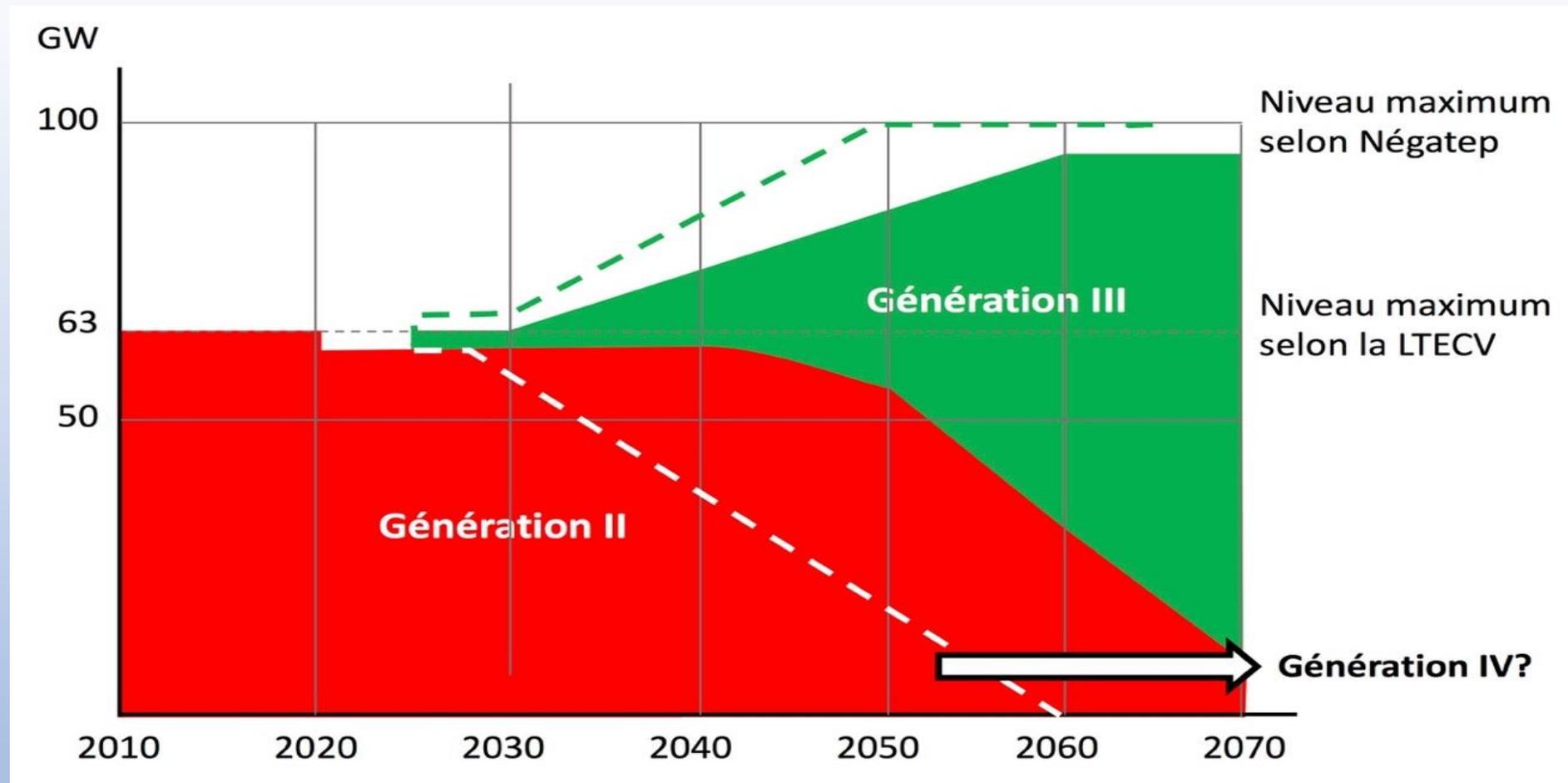
Productions électriques annuelles en 2050-2060 et puissances installées par origine avec solde des échanges = 0

	2015 (TWh)	2050-2060 Négatep		
		Electricité (TWh)	Energie primaire (Mtep)	Puissance installée (GW)
<i>Nucléaire</i>	437	660-688	172-179	95-100
<i>Hydraulique</i>	60,9	70	6	22
<i>Thermique fossiles</i>	41,3	20	4,4	20
<i>Déchets</i>	5	11	1	3
<i>Eolien</i>	21,3	45	3,9	18
<i>Photovoltaïque</i>	7,3	11	0,9	10
<i>Total</i>	573	817-845	188-195	168-173

A noter que la LTECV limite la puissance nucléaire à 63 GW. Il faudra donc amender cette valeur. **100 GW d'électronucléaire correspond à 60 EPR 2.**

Négatep retrouve la production d'électricité donnée par l'Académie des technologies pour la neutralité carbone.

EVOLUTION DU NUCLEAIRE SELON NEGATEP



Transition de la deuxième à la troisième génération de réacteurs nucléaires. Il faut lancer 2 EPR tous les 2 ans et prolonger la durée d'exploitation du parc actuel

ELECTRICITE -Ressources primaires 2015/2050-2060 par source

	<i>Emploi direct Mtep</i>		<i>Electricité TWh</i>	
	<i>2015</i>	<i>2050-2060</i>	<i>2015</i>	<i>2050-2060</i>
<i>Charbon</i>	6	5	8.7	0
<i>Pétrole</i>	77.4	30.2	3.2	0
<i>Gaz</i>	6	14	22	20
<i>Nucléaire</i>			437	660-688
<i>Renouvelables</i>	7.4	131	97.4	137
<i>Total</i>	36.5	61.5	568	817-845

D'OU L'URGENCE A LANCER LES NOUVEAUX EPR



MACRON ET LES EPR NOUVEAU MODELE

Répartition en 2050 du reliquat de consommation de combustibles fossiles entre les différents secteurs et bilan CO2 associé

	<i>Charbon Mtep</i>	<i>Pétrole Mtep</i>	<i>Gaz Mtep</i>	<i>Total Mtep</i>
<i>Résidentiel et tertiaire</i>			4	4
<i>Industrie et agriculture</i>	5	1	10	16
<i>Transports</i>		5		5
<i>Production d'électricité</i>			4,4*	4,4
<i>Total</i>	5	6	18,4	29,4
<i>CO₂ émis (Mt)</i>	21,3	19,5	50	91

*pour 20 TWh

Division par 4,1 des rejets de CO2 par rapport à l'année 2015, soit 4,7 par rapport à 1990. Division par 4 des fossiles. Une multiplication par 2 des renouvelables thermiques. Multiplication par 1,55 de l'électricité décarbonée. Multiplication par 1,57 de l'électronucléaire serait multipliée Multiplication par 1,4 des renouvelables électriques.

DEUX GRANDES INCONNUES

1. **Industrie** ? La relocalisation sera-t-elle réussie et quid de la consommation?
2. **L'hydrogène bas carbone ?**

L'hydrogène carboné actuel produit par **vaporeformage du méthane** (10 tCO₂ par tH₂) est utilisé surtout pour désulfurer le pétrole et la production d'engrais.

Il coûte 1,5 €/t. L'hydrogène bas carbone produit par des électrolyseurs à haute température (rendement 70 %) alimentés à puissance constante coûte entre 7 et 10 €/t. 55 kWh sont nécessaires pour produire 1 kg d'H₂ gazeux à pression et température normales.

IL peut servir pour les transports lourds (trains, poids lourds...) qui recourent à des piles à combustibles moins coûteuses que pour les VL.

Est-il compétitif pour servir en **sidérurgie à remplacer le charbon** ?

Stocker l'énergie pour produire à nouveau de l'électricité via des PAC avec un rendement de la chaîne inférieur à 40 % est une gâterie.

Passer par la méthanation et un cycle combiné à gaz avec un rendement inférieur à 30 % est encore pire !

Si son utilisation devient importante, la production d'électricité à puissance constante sera encore plus élevée.

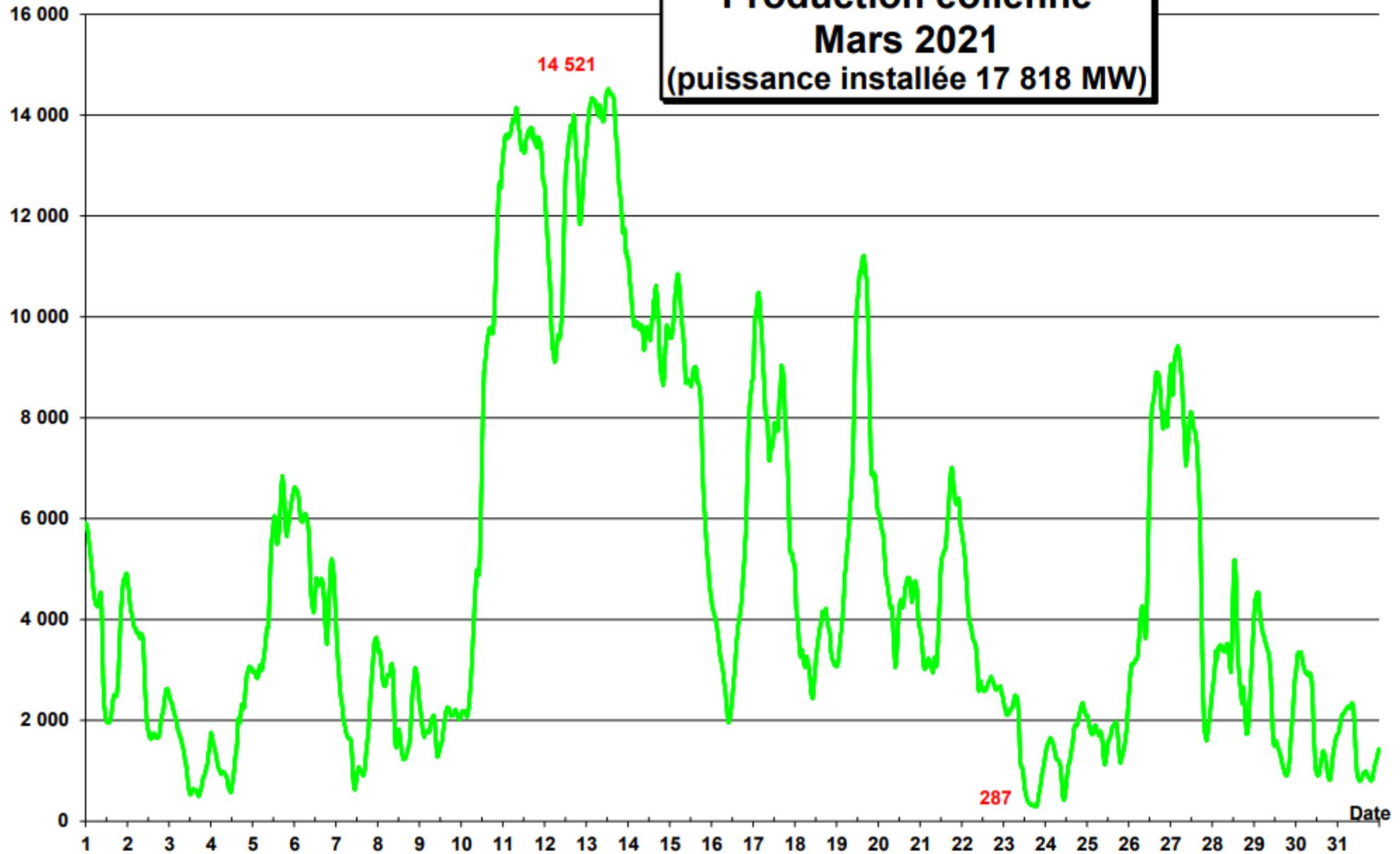


ISOLATION THERMIQUE A REVOIR !!!

MERCI POUR VOTRE ATTENTION

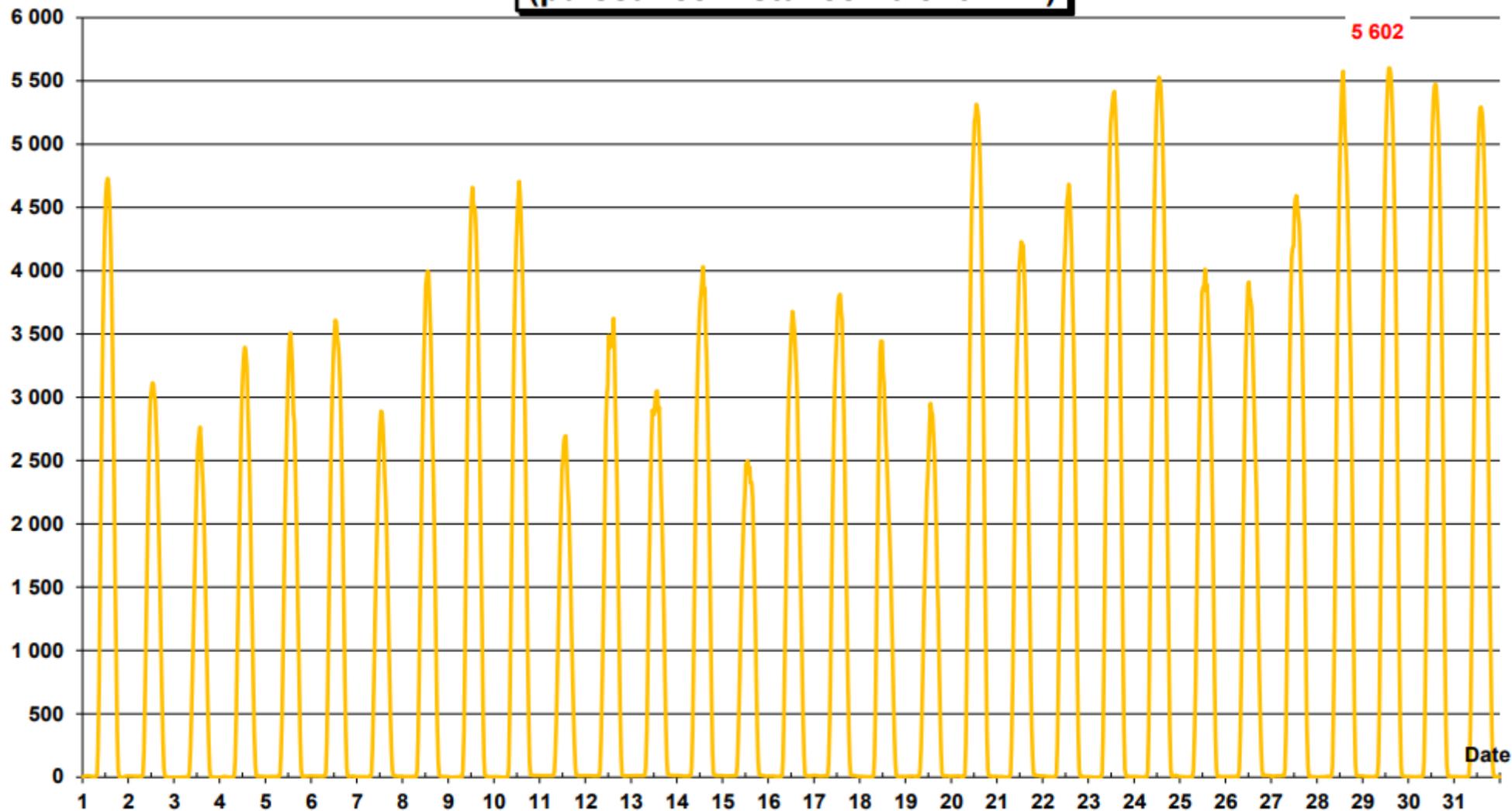
Puissance moyenne 30' (MW)

**Production éolienne
Mars 2021
(puissance installée 17 818 MW)**

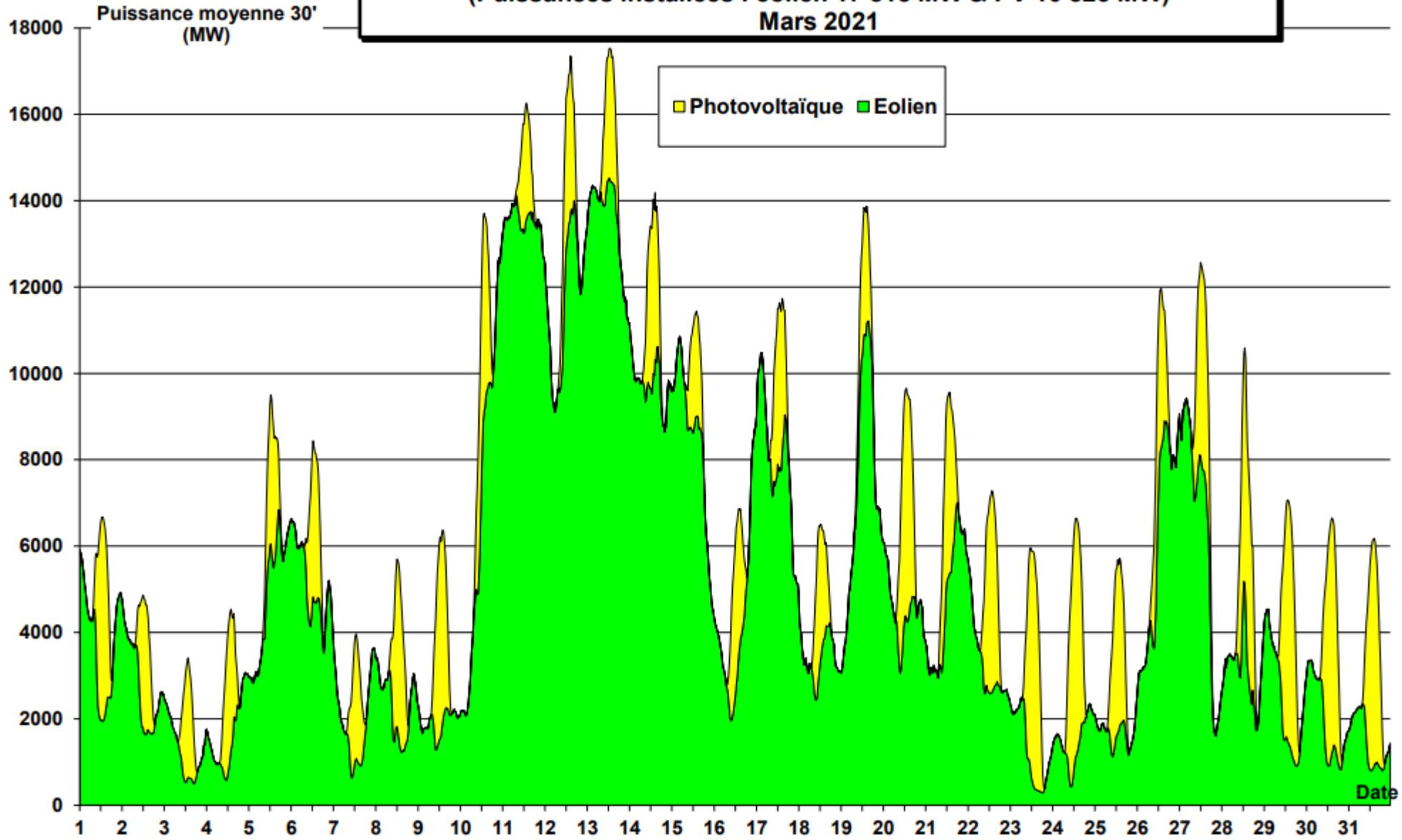


Production photovoltaïque Mars 2021 (puissance installée 10 823 MW)

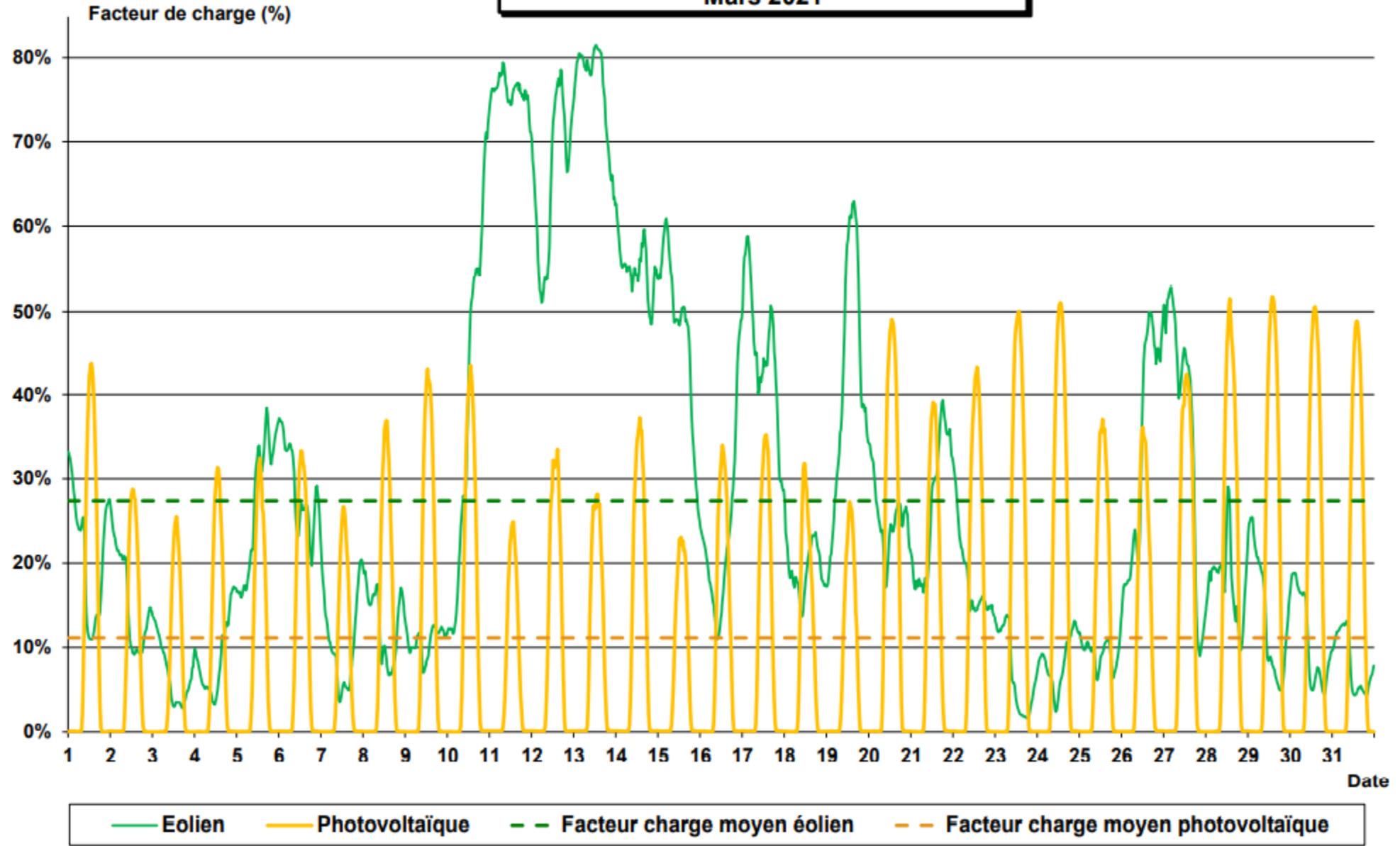
Puissance moyenne 30'
(MW)



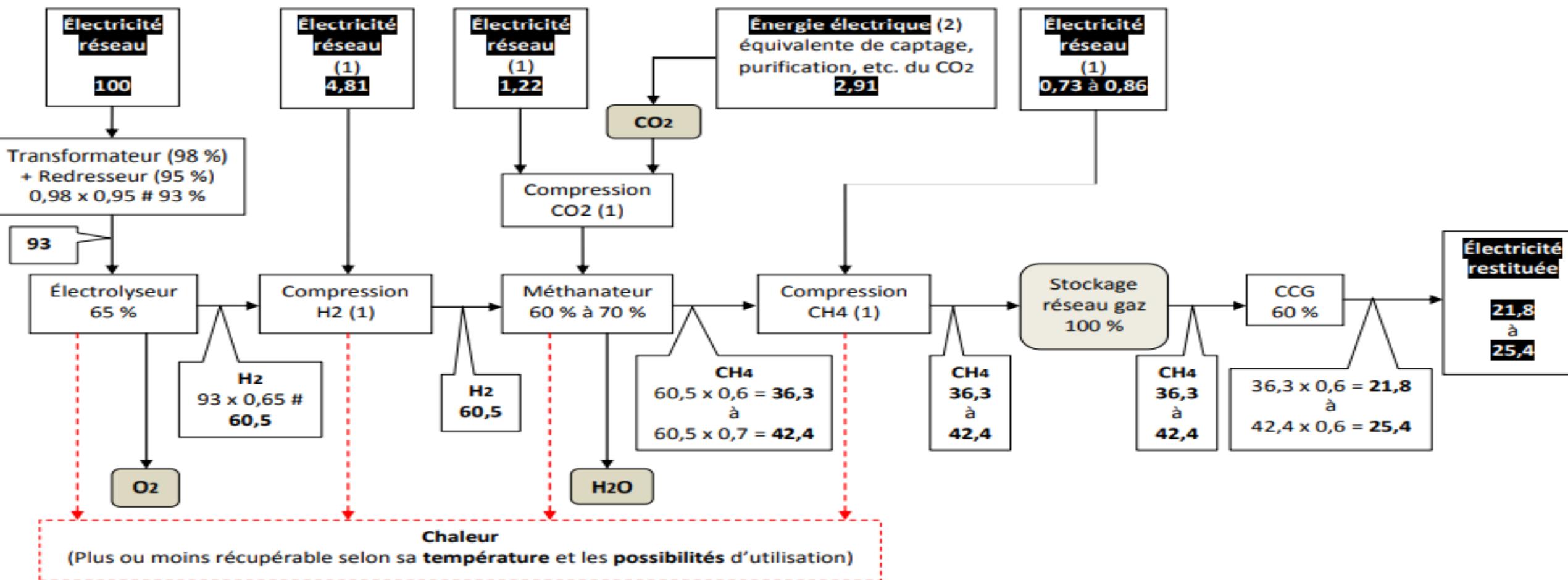
**Production cumulée électricité origine énergies renouvelables intermittentes
(Puissances installées : éolien 17 818 MW & PV 10 823 MW)
Mars 2021**



Facteurs de charge éolien et photovoltaïque Mars 2021



Annexe 1 - Schéma d'ensemble de la chaîne de transformations (avec rendements unitaires des technologies actuelles)



(1) : voir § I 3 ; (2) : voir § I 4

- * Électricité totale **consommée** : $100 + 4,81 + 1,22 + 0,73 \text{ à } 0,86 + 2,91 \# 109,7 \text{ à } 109,8$
- * Électricité **restituée** : 21,8 à 25,4
- * Rendement global **en électricité** : $21,8 / 109,7 \# 19,9 \%$ arrondis à 20 % à $25,4 / 109,8 \# 23,2 \%$ arrondis à 23 %