

AVEC
ÉVALUATION
MACRO-
ÉCONOMIQUE

CONTRIBUTION DE
L'ADEME À L'ÉLABORATION
DE VISIONS ÉNERGÉTIQUES

2030
2050

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

SYNTHÈSE

Préambule

L'ADEME, Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, est une agence publique placée sous la tutelle du Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. Durant l'année 2012, l'Agence a mobilisé ses services sur l'exercice de prospective énergétique « Visions 2030-2050 », dont la partie technique vous est présentée dans ce document de synthèse.

Ce travail permet à l'Agence de porter auprès de l'ensemble des parties prenantes (experts, grand public, décideurs...) une vision énergétique volontariste, axée sur ses deux champs de compétences : la maîtrise de la consommation énergétique et le développement de l'offre d'énergies renouvelables à partir de technologies éprouvées ou en phase de démonstration.

Cet exercice de prospective identifie ainsi une voie possible pour la transition énergétique en France. Il est basé sur deux horizons temporels et deux méthodologies distinctes : une vision qui, à partir d'aujourd'hui, cherche à tirer, de manière ambitieuse mais réaliste, le potentiel maximum des économies d'énergie et des énergies renouvelables jusqu'en 2030 ; et une vision normative qui vise l'atteinte du facteur 4 en 2050, c'est à dire la division par 4 des émissions de gaz à effet de serre générées sur le territoire national par rapport à 1990.

L'analyse présentée dans le document ci-joint repose essentiellement sur une exploration de différents scénarios permettant d'atteindre des objectifs énergétiques et environnementaux ambitieux, dans des conditions de faisabilité technique, économique et sociale. Cette analyse sera complétée par une analyse macro-économique.

La vision prospective proposée, en particulier pour 2030, ne repose pas sur un changement radical de mode de vie, une baisse du confort ou sur le pari de ruptures technologiques fortes. Elle démontre que, dès maintenant, avec les technologies et les évolutions organisationnelles qui sont à notre portée, la voie pour atteindre les objectifs de long terme est ouverte. Le scénario s'appuie également sur des hypothèses de croissance forte aux plans économique (1,8% par an) et démographique (69 millions d'habitants en 2030 et 74 millions en 2050). Le scénario 2050, pour sa part, montre que l'atteinte du facteur 4 est possible avec une croissance soutenue.

C'est par le soutien à l'économie verte, ouverte sur des secteurs d'activités d'avenir tels que l'efficacité énergétique, la production d'énergie renouvelable, la valorisation énergétique des déchets, le recyclage et l'éco-conception, autant de « ressources » dont la France dispose sur son territoire, que pourra être trouvé le chemin d'une croissance robuste et durable.

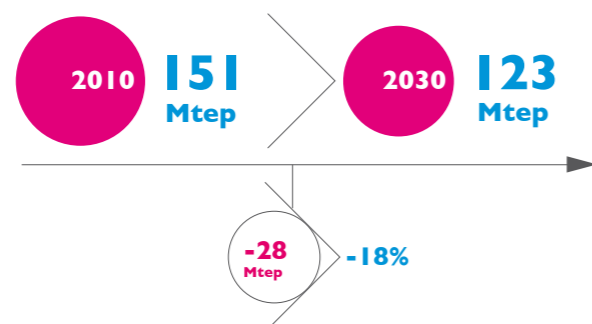
La crise économique ne doit pas arrêter nos efforts. Développer l'efficacité énergétique, c'est développer l'emploi. Nous affranchir de notre dépendance aux énergies fossiles, c'est anticiper la hausse inévitable de leur prix au cours des prochaines décennies, réduire notre vulnérabilité face à des importations devenues un fardeau considérable (69 milliards d'euros en 2012) et respecter nos engagements internationaux quant à la réduction de nos émissions de gaz à effet de serre. Agir maintenant a certes un coût, notamment sur les premières années, mais l'évaluation macroéconomique de l'exercice de prospective Visions 2030-2050 montre, qu'au-delà de l'intérêt environnemental, la transition énergétique aurait également un effet bénéfique pour l'économie française.

Visions énergétiques 2030 en un coup d'œil

Utiliser au maximum les potentiels nationaux d'économies d'énergie et de développement des énergies renouvelables.

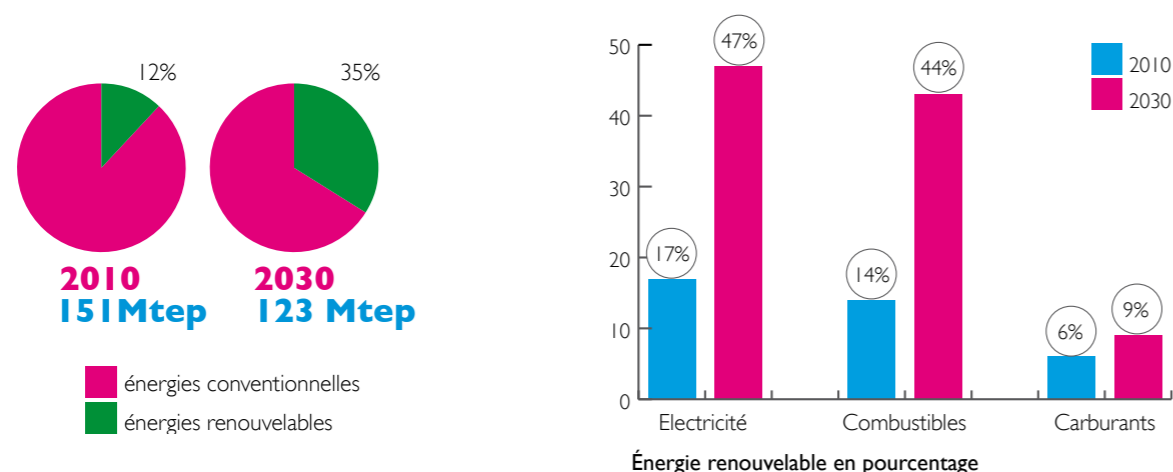
I. Demande d'énergie : commencer à réduire la consommation

A l'horizon 2030, c'est le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire) qui contribue majoritairement à cette baisse de la consommation pour plus de 50 % (15 Mtep), grâce à la rénovation de 500 000 logements par an en moyenne. Les transports y contribuent à hauteur de 30 % (8 Mtep), les évolutions plus profondes qui sont nécessaires dans ce secteur étant plus longues à installer.



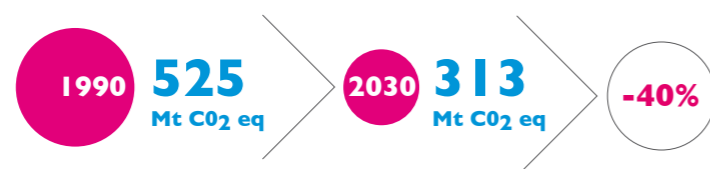
2. Vers une offre énergétique diversifiée et durable

En partant de la situation actuelle où la production énergétique est assurée à près de 90% par des énergies non renouvelables, les investissements dans les énergies renouvelables permettent d'arriver à une situation plus équilibrée où elles contribuent à hauteur de 35% dans le mix énergétique.



3. Des émissions de gaz à effet de serre réduites de 40%

Le scénario retenu permet d'atteindre un taux de réduction de 40 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) entre 1990 et 2030. La décarbonisation des énergies intervient notamment dans les secteurs résidentiel et tertiaire mais aussi dans l'industrie et dans la production d'électricité et de chaleur.

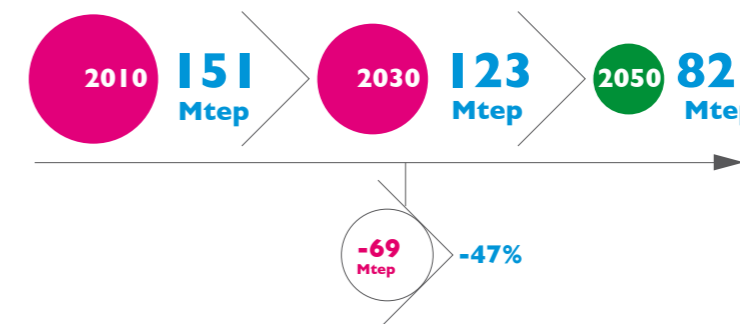


Visions énergétiques 2050 en un coup d'œil

Une vision de la société française qui, grâce à la sobriété et à l'efficacité énergétiques, a réussi à atteindre le Facteur 4, c'est à dire à diviser par quatre ses émissions de gaz à effet de serre par rapport à 1990.

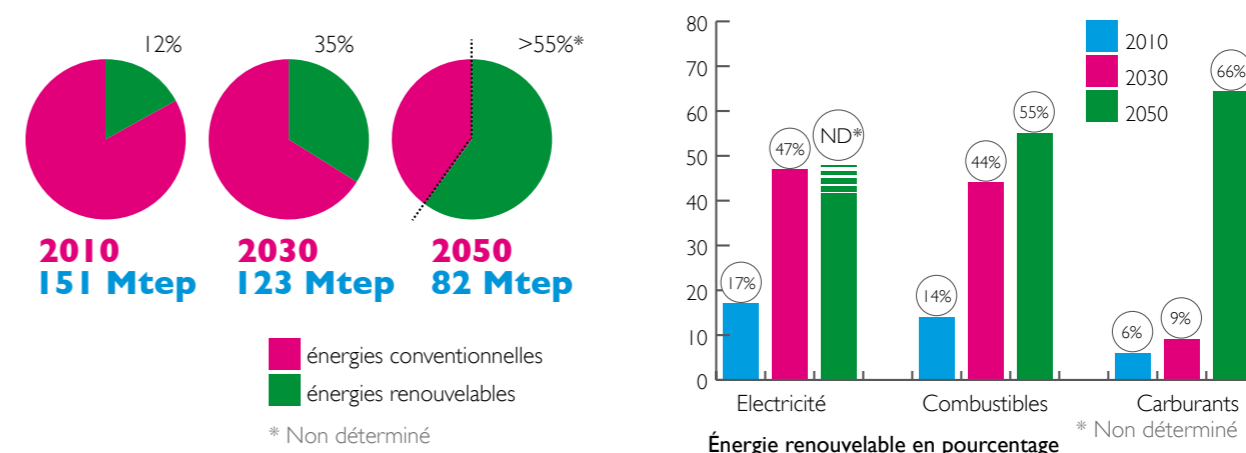
I. Une consommation énergétique totale presque divisée par deux par rapport à 2010

Entre 2010 et 2050, le secteur des transports ainsi que le secteur du bâtiment participent chacun à hauteur de 40% à la baisse de la consommation énergétique. En 2050, les services de mobilité représentent 30 % des flux de voyageurs urbains : la voiture n'est plus seulement un bien acheté par le particulier, mais aussi un mode de transport intégré dans une offre élargie et diversifiée.



2. Des ressources énergétiques durables

Avec plus de 55% d'énergies renouvelables dans le mix énergétique, la progression des énergies renouvelables électriques (éolien et photovoltaïque), ainsi que du biogaz (pour les transports et dans le réseau) permet de réduire le contenu en carbone de l'énergie produite et consommée. Les quantités de biogaz disponibles et le développement du véhicule électrique permettent d'envisager l'indépendance énergétique vis-à-vis du pétrole pour les transports.



3. Des émissions de gaz à effet de serre divisées par 4

L'évolution des modes de transport vers une mobilité qui ne dépend plus de ressources carbonées, les efforts de rénovation et de construction pour un habitat moins énergivore, couplés à l'investissement dans les énergies renouvelables sont les principaux leviers qui permettent d'atteindre le facteur 4. Mais, ils sont aussi accompagnés par des modifications dans l'alimentation (réduction des surconsommations en glucides et protéines et rééquilibrage entre protéines animales et protéines végétales) et des systèmes de production agricoles évoluant vers des pratiques plus durables.





Sommaire

VISION 2030

page 09

Bâtiment et organisation urbaine

page 10

Transport et mobilité

page 12

Alimentation, agriculture et utilisation des sols

page 15

Industrie et procédés industriels

page 16

Bilan total de la consommation énergétique

page 18

Production d'énergie renouvelable

page 19

Consommation finale d'énergie par source

page 21

Éléments environnementaux

page 22

VISION 2050

page 25

Bâtiment et organisation urbaine

page 27

Transport et mobilité

page 28

Alimentation, agriculture et utilisation des sols

page 30

Industrie et procédés industriels

page 33

Bilan total de la consommation énergétique

page 34

Production d'énergie renouvelable

page 35

Consommation finale d'énergie par source

page 37

Éléments environnementaux

page 38

ÉVALUATION MACRO-ÉCONOMIQUE

page 39

ANNEXES

page 44



VISION
2030

Bâtiment et Organisation Urbaine

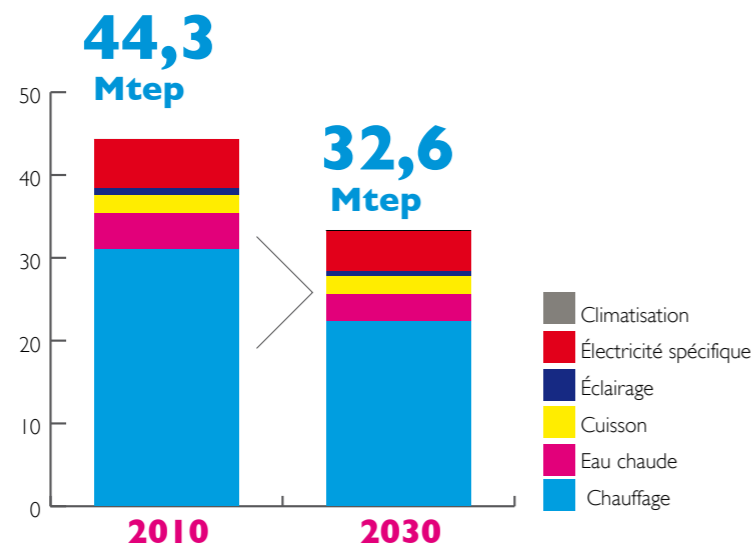
Le secteur du bâtiment (qui regroupe le résidentiel et le tertiaire) représente plus de 40 % de l'énergie finale consommée en France aujourd'hui.

Un plan ambitieux de construction et de rénovations thermiques

Pour réduire les consommations dans ce secteur-clé, l'hypothèse d'un plan ambitieux de construction neuve et de rénovations thermiques des bâtiments résidentiels et tertiaires est retenue pour 2030.

Le nombre de logements neufs construits chaque année s'élève par hypothèse à 350 000. Il semble possible d'atteindre l'équilibre dans la construction neuve de logements collectifs et de maisons individuelles en 2030 (contre 58% de maisons individuelles et 42% de logements collectifs dans la construction neuve aujourd'hui). Ces nouvelles constructions ont vocation à s'inscrire dans une organisation urbaine nécessitant moins de transports et limitant l'artificialisation des sols, toutefois l'organisation urbaine à l'horizon 2030 est déjà largement fixée par le parc actuel. En moyenne, 500 000 logements feraient l'objet de rénovations thermiques par an.

D'ici 2030, tout le parc de logement social construit avant 2005 serait ainsi rénové ainsi que 5 millions de maisons individuelles (pour plus de la moitié, construites avant 1975), soit plus de 70 % des maisons individuelles.



CONSUMMATION ENERGETIQUE DANS LE BATIMENT RESIDENTIEL EN 2010 ET 2030, PAR USAGE

Des équipements plus performants pour un niveau de confort au moins équivalent

Concernant les deux principaux postes de consommation des bâtiments résidentiels, le niveau de confort est considéré inchangé (température dans les bâtiments, quantités d'eau chaude sanitaire consommées). Les besoins diminuent globalement grâce aux travaux d'isolation et sont satisfaits par des technologies bien plus efficaces énergétiquement que les appareils actuels.

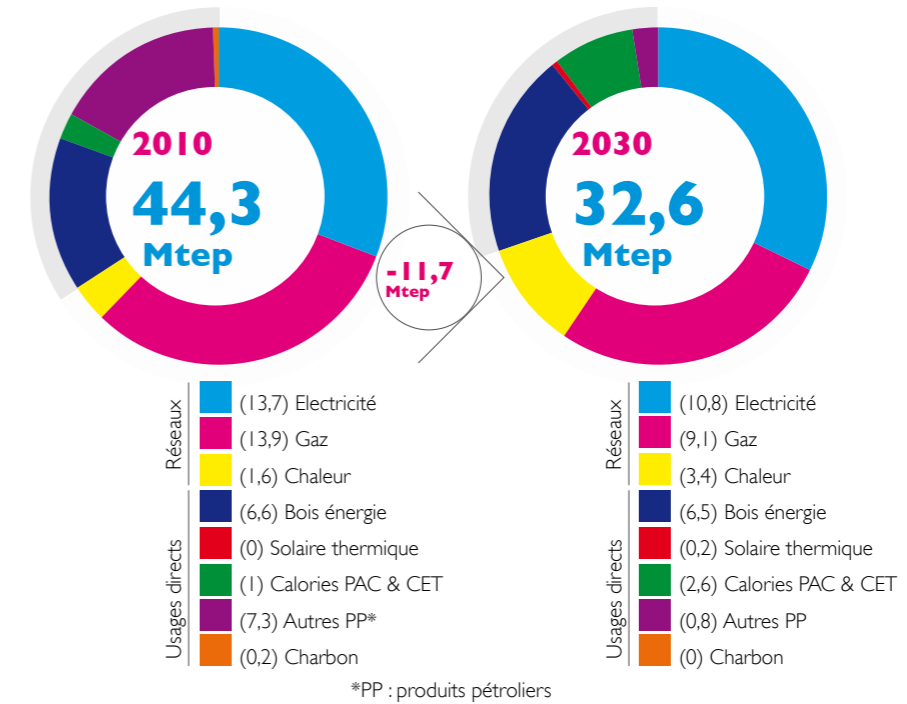
- Pour le chauffage, les pompes à chaleur (PAC) notamment aérothermiques réversibles, équipent 20 % du parc total de logements, notamment ceux chauffés à l'électricité, avec un coefficient de performance de 4 en 2030 contre 3 en moyenne aujourd'hui. Le fort taux de pénétration de cet équipement est également lié à la poursuite de la consommation tendancielle en climatisation dans certaines régions. Les logements chauffés au gaz s'équipent progressivement en chaudières à condensation. Sur la fin de la période, les systèmes hybrides et de microcogénération commencent également à pénétrer le parc.

- Pour l'eau chaude sanitaire, les cumulus (chauffe-eau à effet joule) sont progressivement remplacés par des chauffe-eau thermodynamiques (CET) qui permettent de réduire de moitié la consommation des ménages et, dans une moindre mesure, par des chauffe-eau solaires individuels (CESI).

Toutefois, sauf évolution majeure de la filière (coûts, performances) en France, aujourd'hui non prévisible, les CESI se diffusent lentement dans le parc, leur taux de pénétration étant évalué à 10 % des logements en 2030.

La consommation moyenne au mètre carré des logements baisse ainsi de près d'un tiers entre 2010 et 2030, passant de 190 kWh/m²/an à 130 kWh/m²/an en énergie finale(*) et pour l'ensemble des usages.

(*) En raison de l'évolution des mix électriques et de chauffage, la référence à la consommation d'énergie primaire peut prêter à confusion. C'est la raison pour laquelle les évolutions sont données en énergie finale.



CONSUMMATION ENERGETIQUE DANS LE RESIDENTIEL EN 2010 ET 2030, PAR VECTEUR

Des objectifs ambitieux pour réduire les consommations d'énergie :
350 000 nouveaux logements par an et 500 000 logements anciens rénovés chaque année

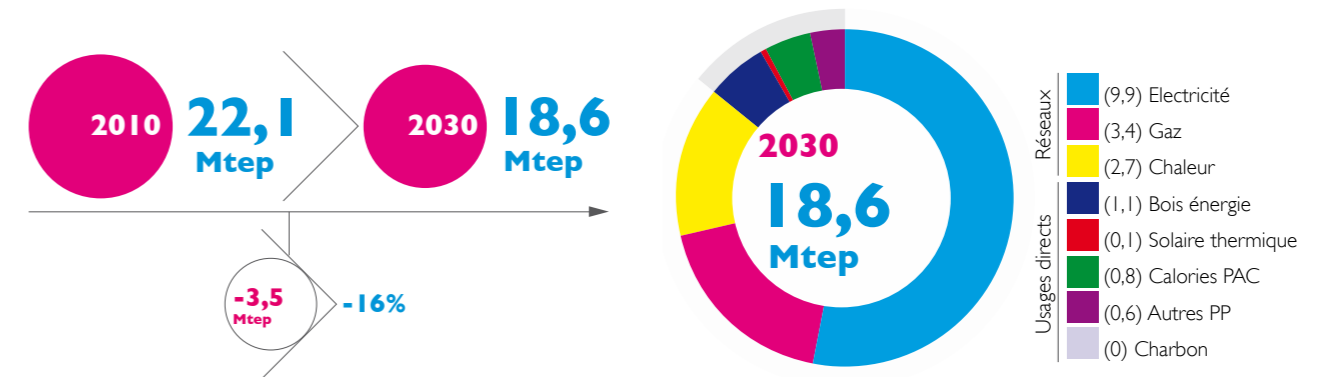
Des usages spécifiques au mieux stabilisés

Concernant les usages spécifiques de l'électricité, l'hypothèse est faite que la moyenne du parc en 2030 dispose des meilleures technologies disponibles aujourd'hui. Le taux d'équipement par ménage pour chaque produit blanc (électroménager) ou gris (télévision, etc.) est augmenté. L'émergence de consommations correspondant à de nouveaux usages est également intégrée et constitue le poste de plus forte croissance pour les usages spécifiques. Au total, le progrès technique combiné à la multiplication des usages permet au mieux de tabler sur une stabilité de ce poste de consommation.

Les bâtiments tertiaires

Les hypothèses prises sur la croissance structurelle du PIB tirent l'activité et donc les consommations énergétiques dans le tertiaire. La croissance des surfaces est considérée comme liée à la croissance du nombre d'employés : la surface par employé est supposée constante d'ici 2030. Les surfaces climatisées progressent tandis que les besoins en chauffage diminuent par la rénovation des bâtiments.

Par ailleurs, les rendements des équipements s'améliorent de la même façon que dans le scénario résidentiel.



CONSUMMATION ENERGETIQUE DANS LE TERTIAIRE EN 2010 ET 2030 EN MTEP FINALES

CONSUMMATION ENERGETIQUE DES BATIMENTS TERTIAIRES EN MTEP EN 2030, PAR VECTEUR

Transport et mobilité

Se déplacer autant, mais se déplacer différemment

Aujourd'hui, la voiture individuelle est la règle que ce soit pour les déplacements urbains, périurbains ou de longue distance. Or, même si chaque véhicule parcourt 13 000 km par an, il est inexploité 95 % du temps et souvent occupé par une seule personne.

En 2030, on considère que chaque personne parcourt autant de kilomètres qu'aujourd'hui, mais différemment. Des services de mobilité - véhicules, propriétés de professionnels, notamment électriques, mis à la disposition des usagers par exemple en libre-service - se développent largement à partir de 2020 pour représenter 10 % des flux urbains et périurbains en 2030. Le co-voiturage continue à se développer. Une part importante du report modal se fait également sur les transports en commun et les modes doux.

2010 2030

Flux de voyageurs	Urbain	Périurbain	Longue distance
Véhicules individuels	75% 54%	84% 61%	68% 55%
Covoiturage, autopartage	0% 10%	0% 10%	0% 5%
Transports collectifs (bus, car)	6% 10%	7% 10%	8% 10%
Transports collectifs (fer)	8% 10%	7% 10%	25% 30%
Vélo	4% 10%	1% 6%	0% 0%
Deux-roues motorisés (service)	0% 2%	0% 1%	0% 0,1%
Deux roues motorisés	6% 4%	1% 2%	0% 0,1%

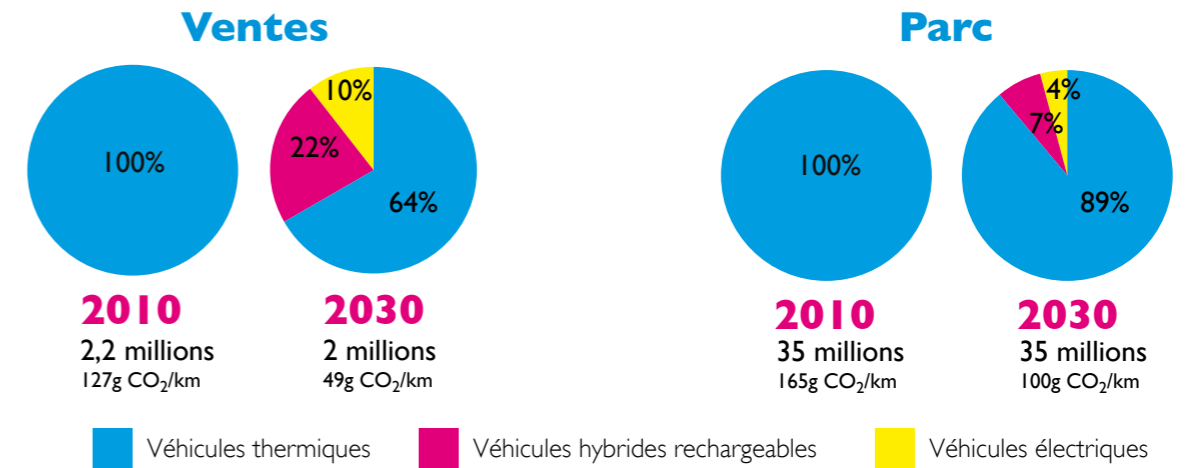
Mobilité et trafics	2010	2030
Trafics (milliards de véhicules*km)	450	450
Mobilité globale (milliards de voyages*km)	711	790

FLUX ET TRAFICS EN 2010 ET 2030

Des véhicules mieux adaptés

Du point de vue technologique, les motorisations thermiques continuent de s'améliorer et le parc intègre de plus en plus de véhicules hybrides non rechargeables. De nouvelles motorisations apparaissent sur le marché: principalement des véhicules hybrides rechargeables plug-in (à double motorisation et qui se rechargent sur le secteur), ainsi que des véhicules électriques surtout achetés par les professionnels et déployés par les services de mobilité. Les émissions moyennes du parc automobile passent ainsi de 167 g CO₂/km aujourd'hui à 100 g CO₂/km en 2030. Alors que les véhicules neufs émettaient, en 2010, 127 g CO₂/km en moyenne, la moyenne pondérée des véhicules neufs de 2030 émettra 49 g CO₂/km (les véhicules électriques n'émettent pas de CO₂ à l'usage, les VHR émettent environ 30 g CO₂/km, et les véhicules thermiques entre 50 et 100 g CO₂/km). Les surfaces de terres cultivées pour les biocarburants n'augmentent pas tandis que la part des biocarburants de 2ème génération progresse aux dépens de ceux de 1ère génération (0,9 Mtep de biocarburants 2ème génération sur 3 Mtep de biocarburants en 2030).

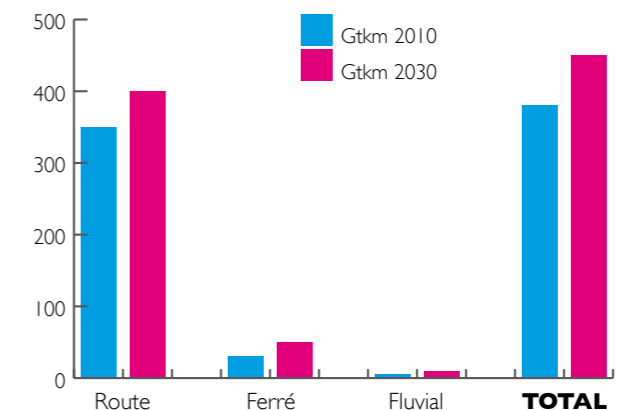
Des véhicules mieux adaptés : de 127 g CO₂/km d'émissions, en moyenne, pour les véhicules neufs aujourd'hui, à 49 g CO₂/km en 2030



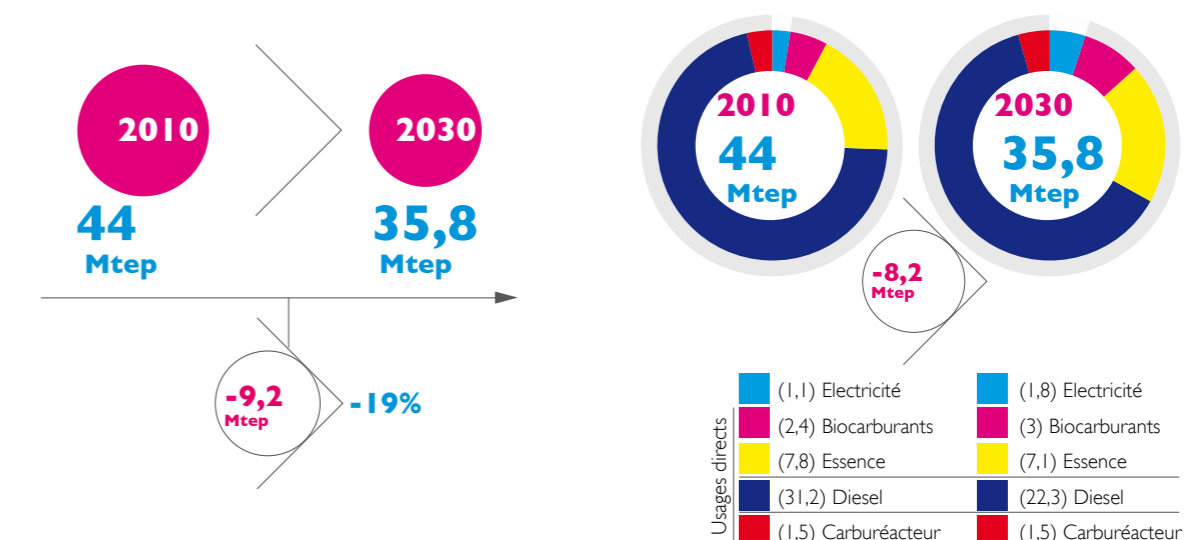
VENTES ET PARCS DE VEHICULES

Le transport de marchandises encore fortement marqué par la route

L'évolution du transport de marchandises est très impactée par la croissance du PIB. On fait l'hypothèse d'une décorrélation par rapport au PIB (passage de 2,1%/an à 0,8%/an sur la route) ainsi que des reports modaux significatifs vers le fer (qui retrouve son niveau de 1990) et le fluvial. Toutefois, le transport routier progresse et les besoins en transport de marchandises (en tonnes-kilomètre) continuent de croître jusqu'en 2030.

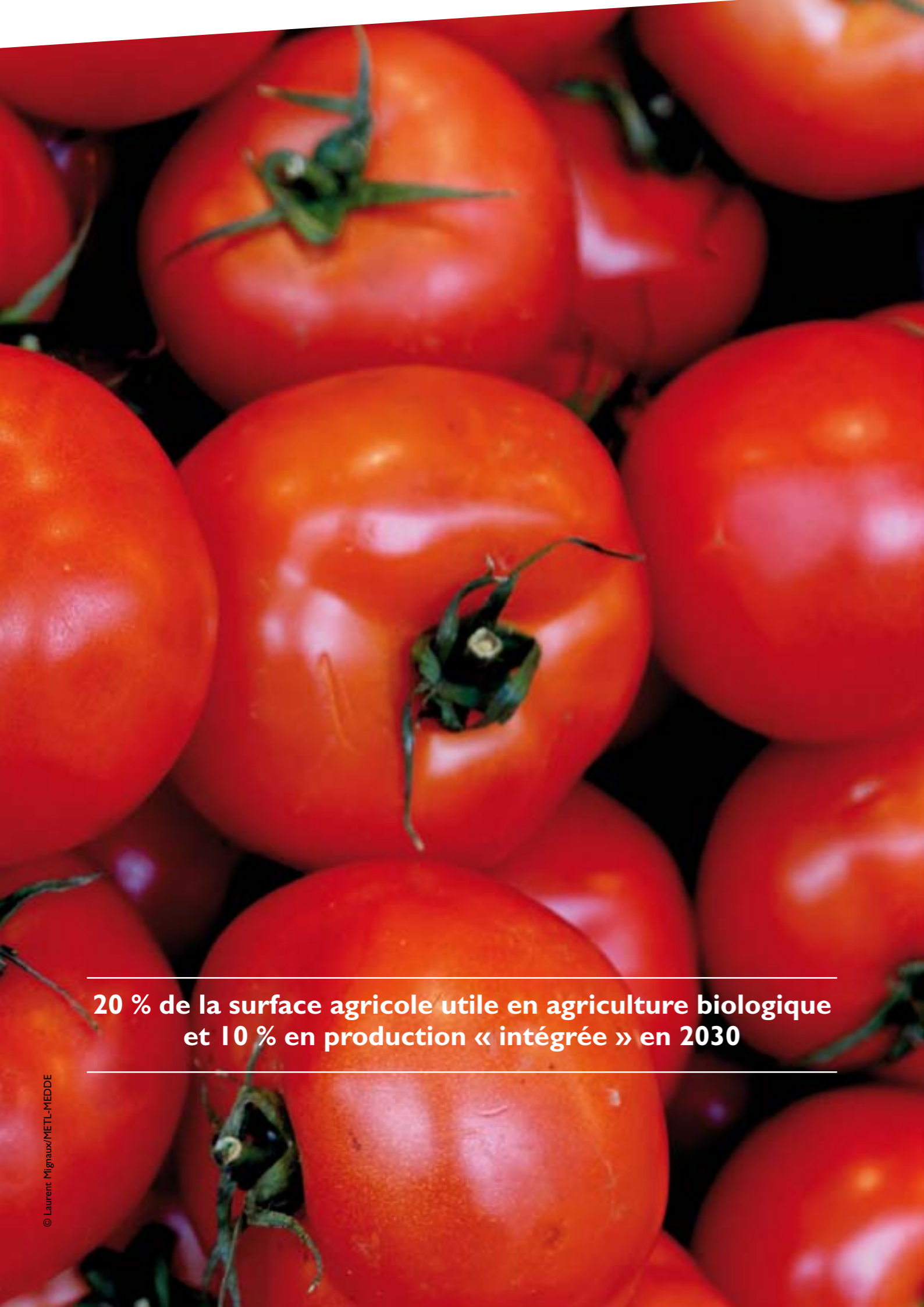


TRANSPORT DE MARCHANDISE EN GTKM EN 2030, PAR MODE



CONSOMMATION ENERGETIQUE DANS LES TRANSPORTS EN 2010-2030 EN MTEP FINALES

BILAN D'ENERGIE POUR LE SECTEUR DES TRANSPORTS ET DE LA MOBILITE (HORS AERIEN INTERNATIONAL) EN 2030, PAR VECTEUR



**20 % de la surface agricole utile en agriculture biologique
et 10 % en production « intégrée » en 2030**

Alimentation, agriculture et utilisation des sols

Bien que peu consommateur d'énergie (moins de 3 % de l'énergie finale), le secteur agricole est fortement émetteur de gaz à effet de serre (près de 18% des émissions nationales), émissions liées principalement aux pratiques agricoles et à la taille des cheptels.

Assiette alimentaire

Le scénario 2030 ne suppose pas de changement important du régime alimentaire des Français. Une politique ambitieuse permet par contre de diviser par deux les pertes alimentaires évitables, conformément aux objectifs européens. Les imports et exports de produits agricoles et denrées alimentaires ont été considérés comme stables en volume. Les tendances actuelles de baisse de consommations de viande sont prolongées.

Pratiques et productions agricoles

Les pratiques agricoles évoluent progressivement avec le développement sur 10 % de la surface agricole utile (SAU) d'une production « intégrée » limitant l'usage des intrants, valorisant mieux les apports organiques, recourant à la simplification du travail du sol lorsque cela est possible et intégrant plus de rotations de cultures. L'objectif du Grenelle de 20 % de la SAU en agriculture biologique est atteint.

Les principales autres évolutions portent sur :

- une diminution de la consommation énergétique des bâtiments et des engins d'environ 30 % ;
- une réduction de la consommation des engrais azotés de synthèse d'environ 20 % ;
- une amélioration de l'autonomie protéique pour l'alimentation animale (baisse des imports de tourteaux de soja) liée à la réintroduction de cultures dédiées.

Les évolutions indiquées précédemment sur les pertes et la surconsommation génèrent une baisse de 11% des impacts liés au cheptel.

La consommation énergétique du secteur agricole (tracteurs, serres, bâtiments agricoles) passe au total de 4 Mtep en 2010 à 3 Mtep en 2030.

Occupation des sols

Très peu de terres sont libérées. L'afforestation (boisement d'une surface longtemps dépourvue d'arbre) se poursuit avec une légère augmentation de 0,2 Mha en forêt entre 2010 et 2030.

Le rythme actuel d'artificialisation des sols (62 000 ha/an) est divisé par deux en 2030.

Industrie et procédés industriels

Après avoir fortement augmenté, la consommation d'énergie de l'industrie s'est stabilisée au milieu des années 2000. Elle a chuté en 2009 et 2010 du fait de la conjoncture économique. Le scénario fait l'hypothèse d'une croissance de l'activité industrielle, à un rythme du même ordre que la croissance du PIB. Pour établir le scénario 2030, l'industrie a été décomposée en sous-secteurs (sidérurgie, métaux primaires, chimie, minéraux, industrie agro-alimentaire, équipements, etc.) pour lesquels ont été évalués des potentiels d'augmentation du recyclage (qui atteint 60% à 100% selon les sous-secteurs) et d'efficacité énergétique de 19,6% en moyenne.

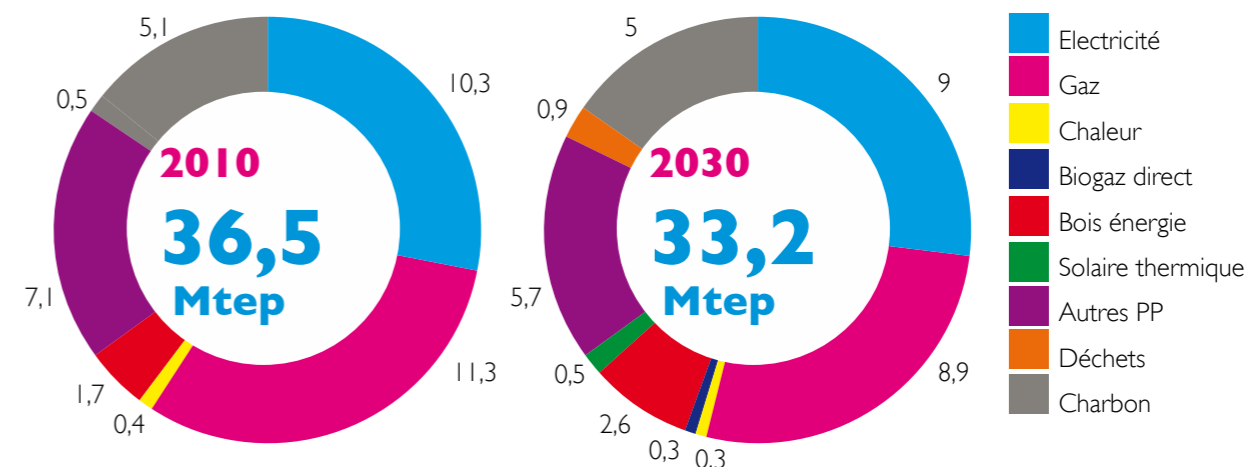
Taux de réincorporation	2010	2030	Commentaire
Aluminium	78,3%	90,0%	Limitation des exportations
Zinc	44,5%	60,0%	
Acier, dont filière oxygène	114 kg/tonne de fonte	~150 kg/tonne de fonte	Seuil maximum : 160 kg/tonne de fonte
Acier, dont filière électrique	100%	100%	Uniquement constituée de ferraille
Verre creux	63,1%	70%	Limitation par le taux de collecte

TAUX DE REINCORPORATION ET RECYCLAGE

Les gains possibles d'efficacité énergétique dans chacun de ces sous-secteurs ont été déclinés selon qu'ils sont dus à des technologies éprouvées (disponibles aujourd'hui et dont le temps de retour sur investissement est connu), des technologies innovantes ou des mesures organisationnelles. Les coproduits de l'industrie (chaleur fatale, valorisation énergétique des déchets, etc.) sont chiffrés dans la partie offre énergétique.

Industrie	Gains	Répartition par type de gains (non sommables)
Sidérurgie	-7,5 %	<ul style="list-style-type: none"> ● 0,7 % ● 3,2 % ● 3,7 %
Métaux primaires	-12,7 %	<ul style="list-style-type: none"> ● 1,8 % ● 0 % ● 11,5 %
Chimie	-18,0 %	<ul style="list-style-type: none"> ● 2,6 % ● 6,5 % ● 11,2 %
Minéraux non métalliques	-14,3 %	<ul style="list-style-type: none"> ● 2,9 % ● 3,0 % ● 10 %
Industrie agro-alimentaire	-29,4 %	<ul style="list-style-type: none"> ● 5,5 % ● 5,8 % ● 20,8 %
Equipement	-27,7 %	<ul style="list-style-type: none"> ● 6,9 % ● 4,0 % ● 20,1 %
Autres	-25,2 %	<ul style="list-style-type: none"> ● 4,5 % ● 5,5 % ● 17,3 %
Total	-19,6 %	Gain par unité produite

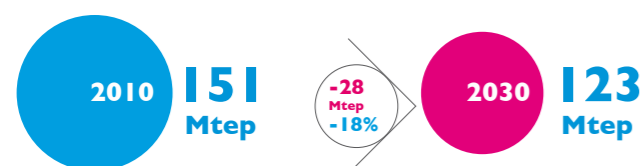
GAINS D'EFFICACITE ENERGETIQUE PAR SECTEUR



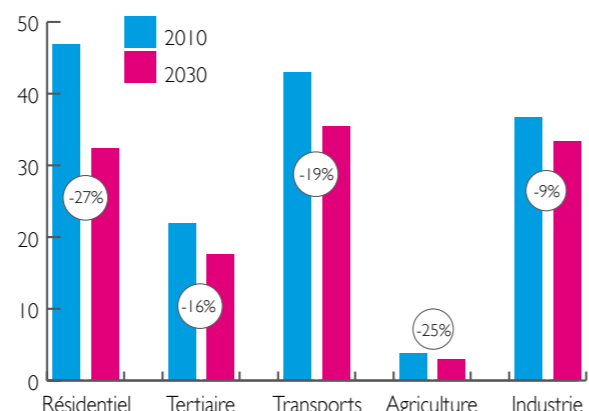
* La consommation de coke est comptabilisée dans le charbon



Bilan total de la consommation énergétique

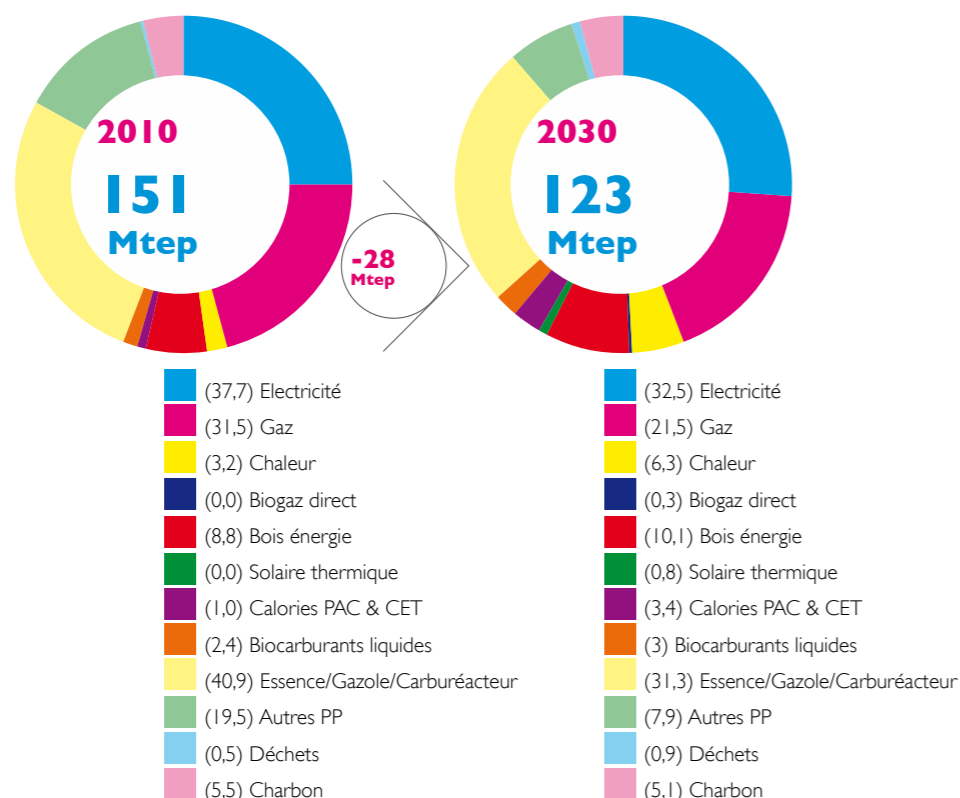


BILAN DE LA CONSOMMATION ÉNERGETIQUE EN 2010 ET 2030, EN MTEP FINALES



BILAN DE LA CONSOMMATION ÉNERGETIQUE 2010-2030 PAR SECTEUR

La baisse totale de consommation d'énergie finale en 2030 par rapport à 2010 est donc de 28 Mtep, soit près de 18 %. Le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire) contribue à cette baisse pour 54 % (15,2 Mtep) et le secteur des transports à hauteur de 30 % (8,2 Mtep).



BILAN DE LA CONSOMMATION ÉNERGETIQUE PAR VECTEUR, EN MTEP FINALES

Production d'énergie renouvelable

L'analyse de gisements a été effectuée pour chacune des énergies renouvelables séparément. Les gisements indiqués sont donc des potentiels mobilisables à des conditions technico-économiques données. La diversification du mix énergétique ou encore l'existence de contraintes locales expliquent la mobilisation partielle de certains gisements dans le scénario.

1. Biomasse

L'hypothèse est faite d'un plan de mobilisation ambitieux de la ressource forestière permettant de passer d'un taux de prélèvement sur l'accroissement naturel de la forêt de 48 % aujourd'hui à un taux de 75 % en 2030.

Combustibles solides biosourcés	2010	2030
Forestière		
Accroissement naturel (dont menu bois)	115 Mm ³ /an	122 Mm ³ /an
Taux de prélèvement forêt	48 %	75 %
Total prélèvement en Mm ³	55	92
- dont bois-œuvre (Mm ³)	22	30
- dont bois-industrie (Mm ³)	12	12
- dont bois énergie et souches (Mm ³)	21 (soit 4,7 Mtep)	50 (soit 11,3 Mtep)
Autre biomasse		
Déchets bois (Mtep)	1,2	3,4
Résidus agricoles, haies, agroforesterie, arbres en milieu urbain (Mtep)	0	3,3
TOTAL combustibles solides biosourcés (Mtep)	5,9	18

COMBUSTIBLES SOLIDES BIOSOURCÉS

Parmi les hypothèses qui sous-tendent ces résultats figure celle d'une utilisation plus forte des ressources forestières en bois d'œuvre dans le bâtiment (construction et rénovation), et d'une mobilisation des ressources hors forêt. **Le gisement total accessible pour la biomasse combustion à l'horizon 2030 est ainsi porté à 18 Mtep.**

Concernant la biomasse pour méthanisation, celle-ci constitue un gisement important encore largement inexploité. En faisant l'hypothèse d'installation de 600 méthaniseurs par an (soit presque deux fois moins qu'en Allemagne), **le gisement accessible est de 6 Mtep primaires en 2030**, avec environ 50 % pour usage final dans le réseau de gaz, 30 % pour la cogénération et 20 % pour usage direct de chaleur.

2. Eolien

Le gisement mobilisable pour l'éolien terrestre à l'horizon 2030 est de 34 GW (le même niveau qu'en Allemagne aujourd'hui et un rythme d'installation d'1,5 GW par an). En mer, le gisement mobilisable est de 12 GW en 2030.

3. Photovoltaïque (PV)

Le gisement mobilisable pour le PV est de 33 GW en 2030, soit un rythme d'installation moyen de 1,55 GW par an. Les centrales au sol sont uniquement exploitées sur des lieux sans conflit d'usage.

4. Hydroélectricité

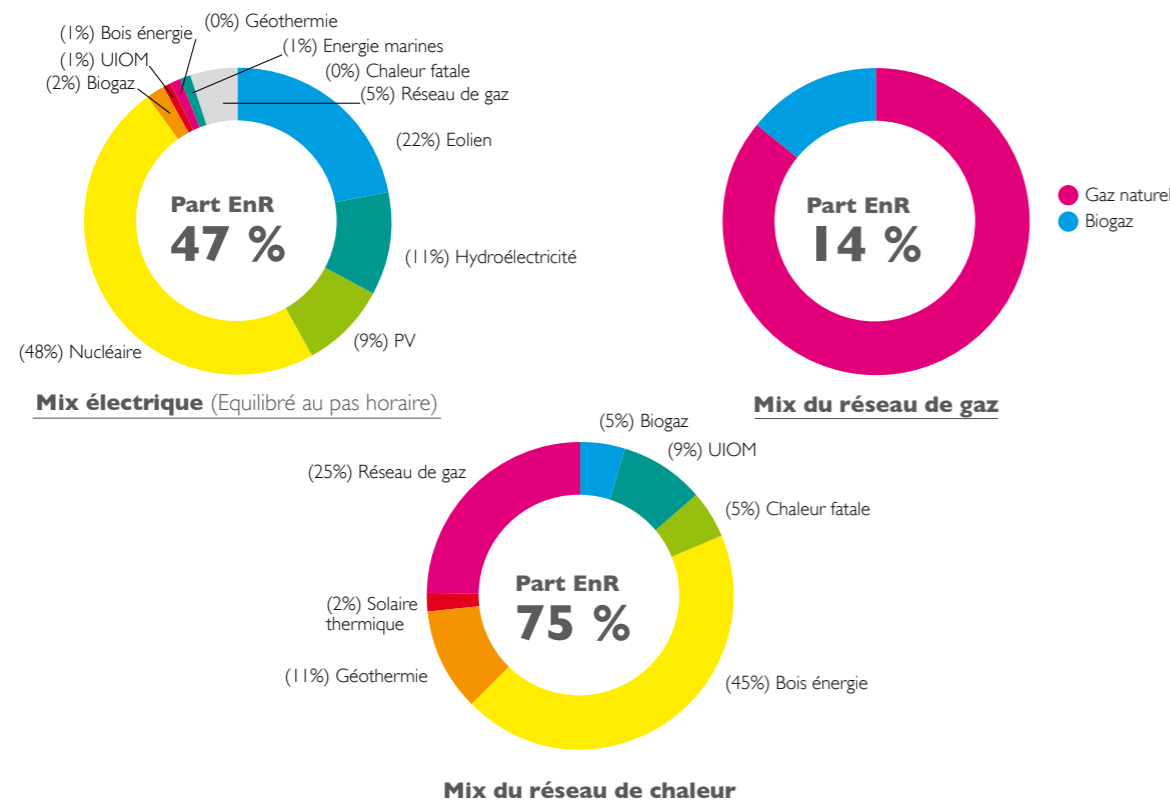
Le potentiel de croissance de l'hydroélectricité est aujourd'hui relativement limité. A 2030, le potentiel de stockage d'énergie électrique par STEP (Stations de Transfert d'Énergie par pompage) passerait de 5,5 GW à 7 GW.

Consommation finale d'énergie par source

Sources	Mtep		
Réseau électrique	Eolien	7,2	32,5
	Hydroélectricité	3,4	
	PV	2,9	
	Nucléaire	15,6	
	Méthanisation	0,6	
	UIOM	0,3	
	Bois énergie	0,3	
	Géothermie	0,1	
	Energies marines	0,4	
	Chaleur fatale	0,1	
	Réseau de gaz	1,7	
Réseau de gaz	Méthanisation	3,0	21,5
	BtG	0,0	
	Hydrogène	0,0	
	Gaz naturel	18,5	
Réseau de chaleur	Méthanisation	0,3	6,3
	UIOM	0,5	
	Chaleur fatale	0,3	
	Bois énergie	2,8	
	Géothermie	0,7	
	Solaire thermique	0,1	
	Réseau de gaz	1,6	
Usage direct	Méthanisation	0,3	
	Bois énergie	10,1	
	Solaire thermique	0,8	
	Calories PAC & CET	3,4	
	Biocarburants liquides	3,0	
	Essence/Gazole/Carburacteur	31,3	
	Autres PP	7,9	
	Déchets	0,9	
	Charbon	5,1	

	Vecteurs	2030
Energie renouvelable (EnR)	Combustibles solides biosourcés	16
	Eolien	8,6
	Biogaz	5,8
	Géothermie	3,5
	Hydroélectricité	4,1
	PV	3,4
	Matière biocarburants hors bois	7,9
	Calories air	1,8
	Solaire thermique	1,0
	Déchets	1,4
	Energie marines	0,4
Total EnR		54
Non renouvelable	Nucléaire	56,1
	Gaz naturel	23,7
	Pétrole	42,2
	Charbon	5,1
	Déchets	1,4
Total général		182

SOURCES ÉNERGÉTIQUES PRIMAIRES 2030, EN MTEP



PART DES ENR SUR CHAQUE RÉSEAU EN 2030

Éléments environnementaux

Le scénario décrit dans les pages précédentes permet de réduire de 40% les émissions de gaz à effet de serre françaises en 2030. Une grande vigilance a par ailleurs été apportée à ne pas induire d'émissions supplémentaires dans les autres pays.

Bilan des émissions de gaz à effet de serre

	1990				2030			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total GES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total GES
Industrie								
Combustion	79,9			79,9	49,8			49,8
Process	25,2		23,6	48,8	21,2		2,6	23,8
Résidentiel principal								
Combustion	67,2			67,2	20,8			20,8
Autres		4,3	0,9	5,2		5,5	1,0	6,5
Tertiaire								
Combustion	28,7			28,7	9,0			9,0
Autres				0,0				0,0
Transports								
Combustion	113,3			113,3	96,8			96,8
Autres				0,0			1,0	1,0
Agriculture								
Combustion	8,7			8,7	5,5			5,5
Autres		51,6	36,6	88,2		33,8	30,3	64,1
Production d'énergie	62,1	6,8		68,8	19,4	0,1181	0,5254	20,0
Déchets	1,7	11,3	1,4	14,4	1,4	12,5	1,2	15,2
Solvants	1,8			1,8	1,0			1,0
Total	388,7	73,9	62,6	525	225,0	51,9	36,7	313 (-40%)

ÉVOLUTION DES GAZ À EFFET DE SERRE (GES) 1990-2030

Qualité de l'air

L'évaluation de l'impact du scénario sur les émissions atmosphériques (polluants, précurseurs de polluants et plusieurs GES) et sur la qualité de l'air en zone fortement urbanisée a été effectuée avec la participation du CEREAA (Centre d'Enseignement et de Recherche en Environnement Atmosphérique), du LISA (Laboratoire Inter-universitaire des Systèmes Atmosphériques) et du CITEPA (Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique).

Sur la base de l'évolution des facteurs d'émission de polluants (masse de polluants et de précurseurs émis par km parcouru ou kg de biomasse brûlée) et en tenant compte des meilleures possibilités techniques connues à ce jour, les projections d'émissions d'oxyde d'azote (NO_x), de PM_{2,5}, de SO₂, et de composés organiques volatils non méthaniques, indiquent une baisse systématique et significative des émissions des polluants à l'horizon 2030 dans le cadre du scénario énergétique de l'ADEME. La vigilance portera principalement sur les émissions de NO_x dans le secteur du chauffage urbain qui devra s'accompagner de la mise en œuvre des solutions adaptées.

Polluants	Emissions en 2010 (t)	Emissions en 2030 (t)	Evolution des émissions (%)	Evolution des émissions par secteurs (%)	
NO _x	779 393	263 987	-66%	Chauffage urbain - Résidentiel - Tertiaire	-29%
				Agriculture	-97%
				Production d'électricité - Raffineries - Industries	-47%
				Trafic routier (+ abrasions) et EMNR	-82%
PM _{2,5}	144 655	50 248	-65%	Chauffage urbain - Résidentiel - Tertiaire	-64%
				Agriculture	-98%
				Production d'électricité - Raffineries - Industries	-43%
				Trafic routier (+ abrasions) et EMNR	-76%
SO ₂	255 252	73 681	-71%	Chauffage urbain - Résidentiel - Tertiaire	-74%
				Agriculture	-75%
				Production d'électricité - Raffineries - Industries	-67%
				Trafic routier (+ abrasions) et EMNR	-99%
COVNM	282 347	90 334	-68%	Chauffage urbain - Résidentiel - Tertiaire	-68%
				Agriculture	-98%
				Production d'électricité - Raffineries - Industries	-17%
				Trafic routier (+ abrasions) et EMNR	-78%

EMISSIONS DE POLLUANTS

Sur le volet de la qualité de l'air, des tests de sensibilité à 2030 montrent que la diminution des émissions de polluants par les transports routiers a un effet positif. Cet effet positif n'est toutefois pas proportionnel à la baisse des émissions, compte-tenu des relations non-linéaires entre les émissions de polluants et de précurseurs d'une part, et la qualité de l'air d'autre part. Des travaux complémentaires sont nécessaires pour évaluer l'impact sur la qualité de l'air des projections d'émissions pour l'ensemble des secteurs énergétiques et hors énergétiques. Enfin, étant donné les changements climatiques en œuvre, ces analyses seront étendues à l'ozone, polluant formé sous l'action du rayonnement solaire.



VISION 2050

Bâtiment et Organisation Urbaine

Les spécificités d'une approche normative

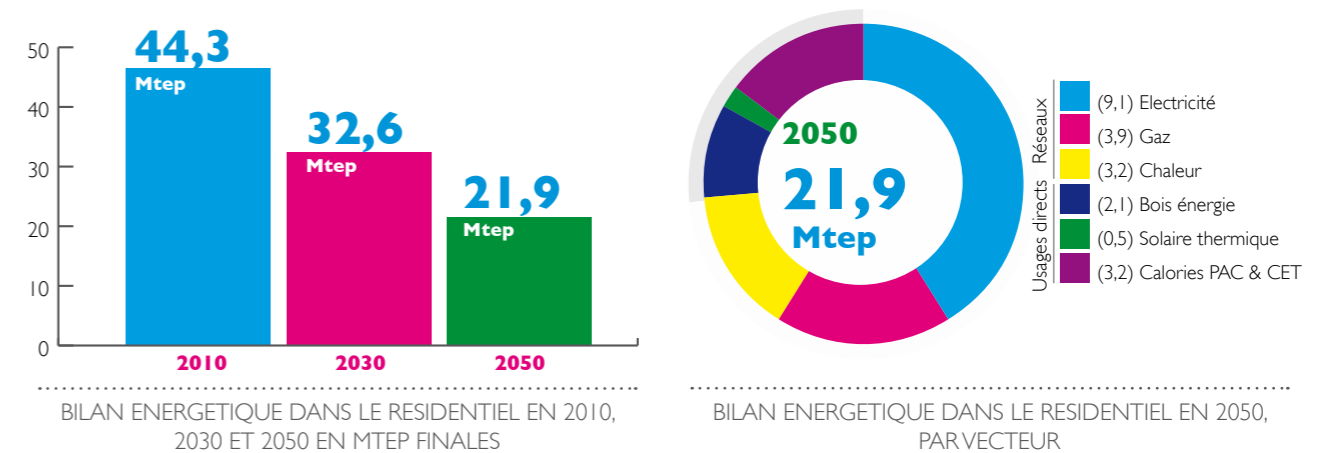
Pour 2050, le parc de logements est composé de deux grands types de bâtiment : un parc de bâtiments neufs, de niveau BBC / BEPOS, et un parc de bâtiments rénovés. La consommation du parc de 36 000 000 de logements se répartit alors selon ces deux grandes catégories :

- le parc « ancien rénové » de 27 000 000 de logements construits avant 2020.
- le parc « neuf » de 9 000 000 de logements.

La consommation moyenne au mètre carré des logements baisse ainsi de plus de 60% entre 2010 et 2050, passant de 191 kWh/m²/an à 75 kWh/m²/an en énergie finale et pour l'ensemble des usages.

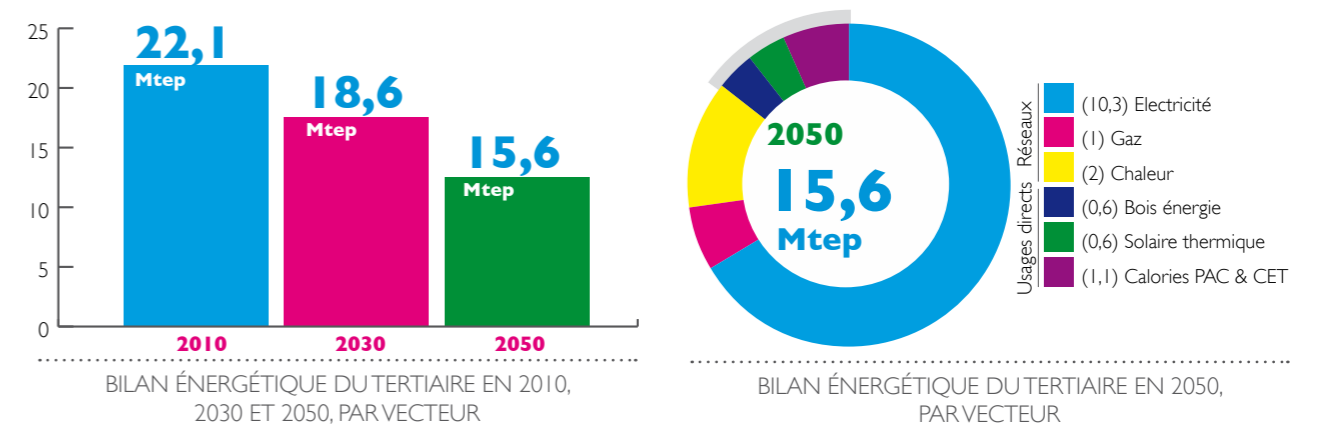
La consommation moyenne liée au chauffage et à l'eau chaude sanitaire diminue fortement grâce aux rénovations thermiques et à la pénétration importante de PAC (50 % du parc), CESI (20 % du parc) et CET, les usages spécifiques de l'électricité sont globalement contenus, par contre les consommations de climatisation s'accroissent fortement, ce qui constitue une prise en compte indirecte de l'impact du changement climatique.

Le bâtiment résidentiel, un secteur aux gisements largement accessibles



Le bâtiment tertiaire et l'évolution des types d'emploi

L'hypothèse prise pour 2050 est celle d'une diminution de 20 % des surfaces par employé. En effet, le développement du service à la personne (notamment lié au vieillissement de la population) et une part plus importante de télétravail (notamment lié à la numérisation des échanges), ainsi que la rationalisation de l'usage du foncier (liée à notre hypothèse sur l'artificialisation des sols) conduisent à une surface tertiaire par personne plus faible qu'actuellement.



Une organisation urbaine plus fonctionnelle

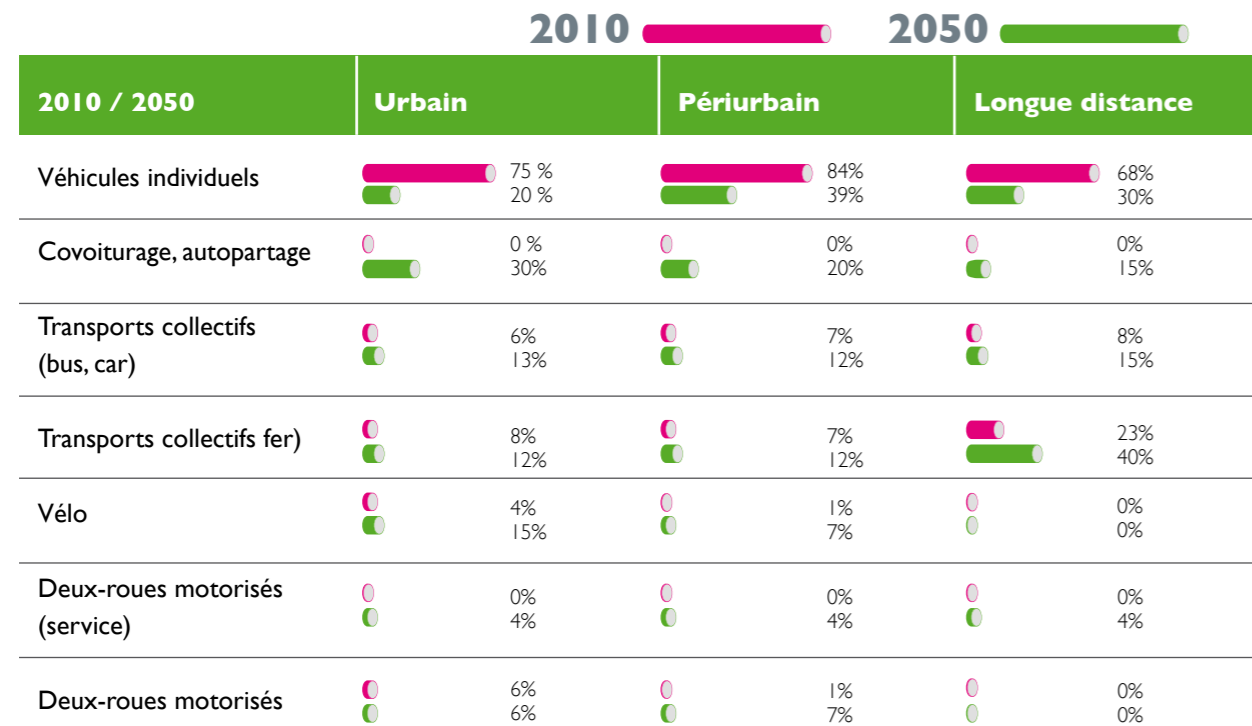
La population active travaille plus régulièrement dans les bâtiments résidentiels (ce qui, d'un point de vue « bâtiment », n'est qu'un transfert de consommation énergétique ; l'impact sur les transports est quant à lui significatif) ou dans des télécentres à proximité de leurs lieux de vie. Le déphasage entre les cycles de consommation énergétique des bâtiments résidentiels et tertiaires permet d'imaginer la constitution d'îlots à énergie positive (physiques ou virtuels par smartgrids), limitant les appels sur le réseau électrique national (impact non pris en compte dans le dimensionnement du réseau électrique).

Transport et mobilité

En 2050, on suppose que la mobilité par personne décroît de 20 % notamment en raison de la part accrue de télétravail, du vieillissement important de la population, ainsi que grâce à une meilleure organisation urbaine.

Une mobilité plus fluide et plus efficace

En 2050, les services de mobilité représentent 30 % des flux de voyageurs en zone urbaine ; le flux de voyageurs en transports collectifs est doublé par rapport à aujourd'hui, les transports en deux roues motorisés et vélo sont multipliés par quatre.



FLUX DE VOYAGEURS EN 2050

Un parc largement modifié pour une indépendance pétrolière en 2050

En 2050, pour répondre à cette mobilité, le parc serait moins important qu'aujourd'hui avec 22 millions de véhicules contre 35. Cette hypothèse ambitieuse suppose que la voiture n'est plus majoritairement un bien acheté par le particulier, mais aussi un mode de transport intégré dans un offre bien plus large : les véhicules sont mutualisés, servent plusieurs fois dans une même journée et transportent plus de voyageurs. Ils sont aussi mieux adaptés à chaque type de trajet avec des différenciations plus fortes entre véhicules urbains et véhicules longue distance, et sont ainsi plus efficaces énergétiquement. Le parc comporterait alors 1/3 de véhicules « thermiques », 1/3 de véhicules hybrides rechargeables et 1/3 de véhicules électriques.

Véhicules (dont VP-VUL)	Ventes 2050	Parc 2050
Véhicules thermiques	34%	34%
Véhicules hybrides rechargeables	38%	38%
Véhicules électriques	28 %	28%
Total	1,2 millions	22 millions

VENTES ET PARC DE VEHICULES EN 2050

Sur ces 22 millions de véhicules, 12 millions seraient possédés, 5 millions seraient en autopartage, et 5 millions seraient des véhicules utilitaires légers.

Il est apparu au cours de nos travaux que la réduction importante des besoins en chaleur dans le secteur du bâtiment permettrait de libérer un potentiel d'ENR pouvant être affecté au secteur des transports par le biais du réseau de gaz. Ainsi, les véhicules thermiques passeraient progressivement du pétrole au gaz, dont une part importante est renouvelable. Couplé au développement de la 2ème voire 3ème génération de biocarburants, la France pourrait alors être indépendante de la ressource pétrolière à l'horizon 2050. Cette évolution du carburant utilisé n'est toutefois pas structurante pour la réalisation du Facteur 4, les changements structurels étant liés au report modal vers l'autopartage, le transport collectif et les modes doux ainsi que la pénétration des véhicules électriques et hybrides rechargeables. Si le vecteur utilisé restait issu des produits pétroliers, les émissions moyennes du parc seraient de 49 g CO₂/km en 2050.

En 2050, les services de mobilité représentent 30 % des flux de voyageurs dans l'urbain

Une approche systémique du transport de marchandises

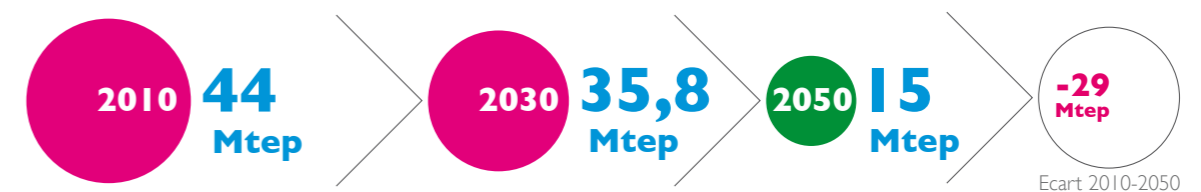
Dans le scénario normatif 2050, une rupture est projetée avec un retour du trafic de marchandises en tonnes-kilomètres au niveau de 2010. Cette rupture est possible sous condition de mise en œuvre d'une politique systémique alliant des efforts importants sur la logistique, sur les emballages et sur l'adéquation entre lieux de production et lieux de consommation. La part modale du transport ferré et du transport par voie fluviale et maritime augmente sensiblement. Les poids lourds restent en dehors des villes et déposent leurs marchandises dans des centres logistiques qui les acheminent ensuite dans les centres urbains par des véhicules plus légers.

Mode de transport	Trafic marchandise 2010, en Gtkm	Trafic marchandise 2050, en Gtkm
Routier	340	262
Ferroviaire	34	100
Fluvial et maritime intérieur	8	20
Total	382	382

* La Gtkm est l'unité de mesure usuelle du transport de marchandises. Elle équivaut à 1 milliard de tonnes de marchandises transportées sur 1 km.

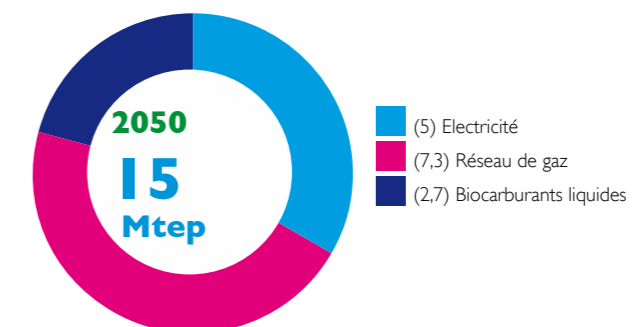
TRANSPORT DE MARCHANDISES PAR MODE EN 2050, EN GTKM

Bilan énergétique du secteur des transports



BILAN DU SECTEUR DES TRANSPORTS EN 2010, 2030 ET 2050 EN MTEP FINALES

Si nous faisons l'hypothèse que les véhicules thermiques roulent au gaz, le mix énergétique du secteur des transports est le suivant :



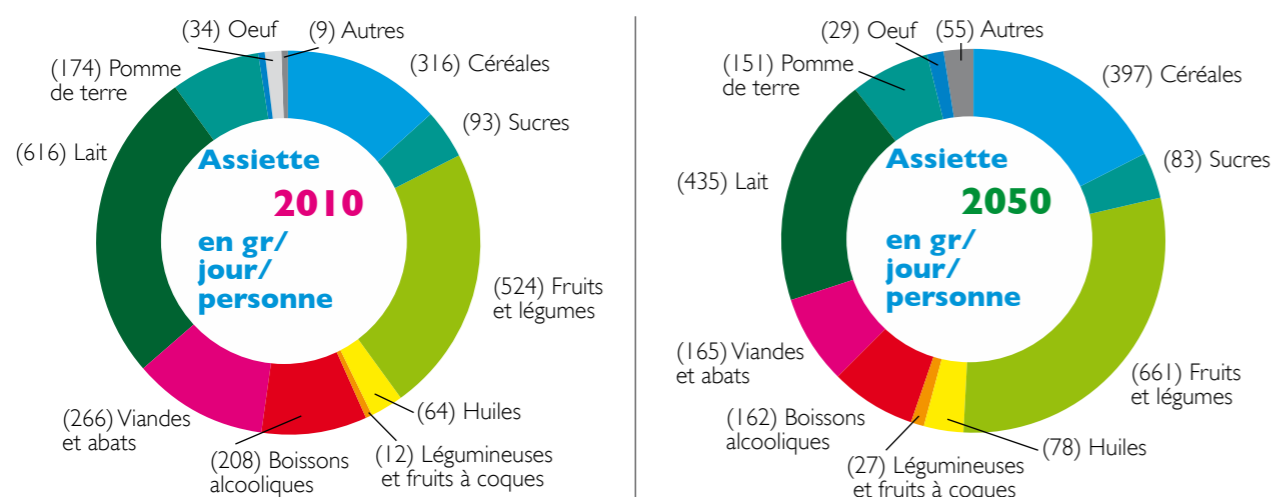
BILAN DU SECTEUR DES TRANSPORTS EN 2050, PAR VECTEUR

Alimentation, agriculture et utilisation des sols

Le scénario fait l'hypothèse d'un maintien du solde de 2010 en énergie, entre les exportations et importations. Pour aller plus loin, l'analyse de la place de la production française dans le paysage agricole européen et mondial nécessite des travaux complémentaires.

Consommation alimentaire

Pour 2050, l'évolution du régime alimentaire vise un rapprochement des préconisations de la FAO (Food and Agriculture Organization) sans toutefois les atteindre. Le scénario suppose notamment une réduction des surconsommations en glucides simples et protéines et un rééquilibrage entre protéines animales et protéines végétales. La réduction des pertes évitables atteint un plafond (-60%). Le potentiel nourricier de la ferme France est amélioré en raison de la baisse de la consommation énergétique et protéique individuelle. Une baisse de la consommation de laitages de 25%, compensée par des apports calciques diversifiés, a également été retenue.



	2010	2050
Protéines totales	113 g/jour/hab (dont 40 végétales)	86 g/jour/hab (dont 43 végétales)
Énergie	3324 kcal/pers/jour	3270 kcal/pers/jour
Potentiel nourricier (en nombre de personnes nourries)	140 millions énergie / 95 millions protéines / 60 millions prot animales	136 millions énergie / 113 millions protéines / 79 millions prot animales

ASSIETTE ALIMENTAIRE EN 2010 ET 2050

Pratiques et productions agricoles

Les systèmes de production agricoles évoluent vers des pratiques plus durables, tout en restant dans une logique de maintien d'un fort niveau de productivité. La production dite « intégrée » représente 60 % de la surface agricole utile, l'agriculture biologique 30 % et l'agriculture conventionnelle 10 %.

Les principaux déterminants du scénario portent sur :

- une réduction significative de la consommation d'engrais minéraux azotés (-37 %) par raisonnement des pratiques, allongement des rotations et développement des surfaces de légumineuses ;
- une simplification du travail du sol (gains de carburant, préservation de la qualité des sols...) ;
- une nette réduction des consommations d'énergie pour le chauffage des bâtiments et des serres ;
- une orientation des élevages bovins vers des systèmes herbagers favorisant le maintien des prairies permanentes et le stockage de carbone ;
- un objectif d'autonomie protéique de 75 % pour l'alimentation animale ;
- une augmentation massive de la méthanisation (50 % des déjections méthanisées) ;
- un développement des cultures associées (gain en biodiversité, réduction des intrants...) ;
- la systématisation des cultures intermédiaires pour préserver la qualité des sols ;
- un développement important des surfaces de haies (+ 1,7 Mha par rapport à 2010) et de l'agroforesterie.

Les modèles agricoles proposés sont caractérisés par une plus forte diversité, une valorisation plus importante des ressources naturelles, et la recherche de l'équilibre écosystémique.

Le scénario 2050 tient compte des effets des changements climatiques (les hypothèses sont issues du projet CLIMATOR de l'INRA), et conclut à des besoins croissants en irrigation (+30 % pour atteindre un volume d'eau annuel de 4 milliards de m³), toutefois limités par rapport au scénario tendanciel.

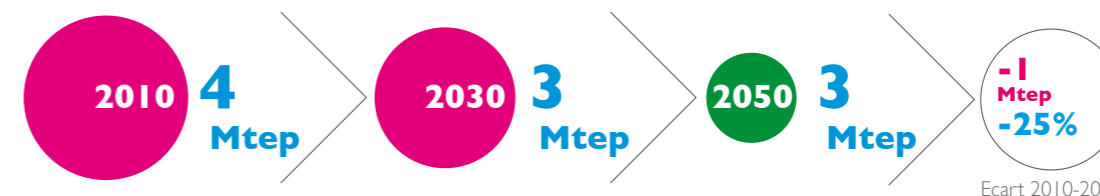
Les cheptels pour la production de viandes blanches se maintiennent d'ici 2050. La baisse tendancielle de consommation de viande de bovins constatée ces trois dernières décennies est prolongée. Les productions de céréales, fruits et légumes augmentent.

Les émissions de GES du secteur agricole sont divisées par 2 entre 2010 et 2050, tandis que la consommation énergétique passe de 4 Mtep à 3 Mtep

Occupation des sols

Le rythme croissant d'artificialisation des sols est supposé diminuer sous l'influence des politiques publiques dès 2015, pour atteindre un niveau d'artificialisation net nul à partir de 2030. L'afforestation se poursuit.

La consommation énergétique du secteur agricole passe de 4 Mtep en 2010 à 3 Mtep en 2050, soit une diminution de 33%.



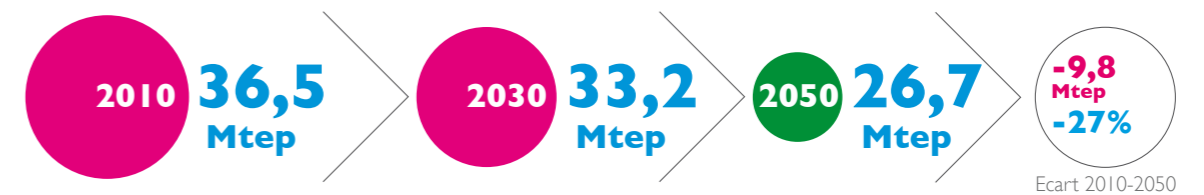
Ecart 2010-2050

BILAN DU SECTEUR DE L'AGRICULTURE EN 2010, 2030 ET 2050, EN MTEP FINALES

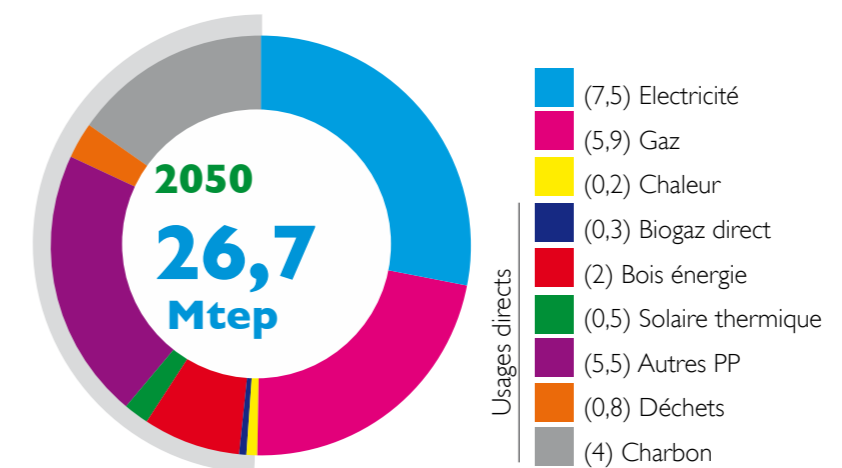


Industrie et procédés industriels

Pour 2050, l'approche retenue a été de poursuivre les évolutions de structure prises à 2030 et de reprendre les mêmes gains d'efficacité entre 2030 et 2050 qu'entre 2010 et 2030. Ceci permet une réduction de plus d'un quart de la consommation d'énergie malgré une croissance de l'activité (maintien de sa part dans le PIB et stabilisation des productions physiques au niveau de ceux atteints dans le scénario 2030). Il s'agit d'une première approche qui devra être complétée par des travaux ultérieurs.

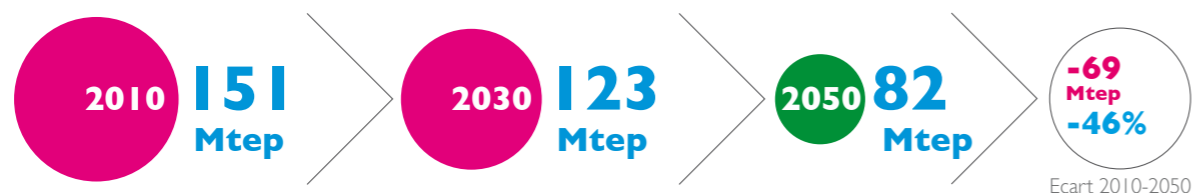


BILAN DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DE L'INDUSTRIE EN 2010, 2030 ET 2050 EN MTEP FINALES.



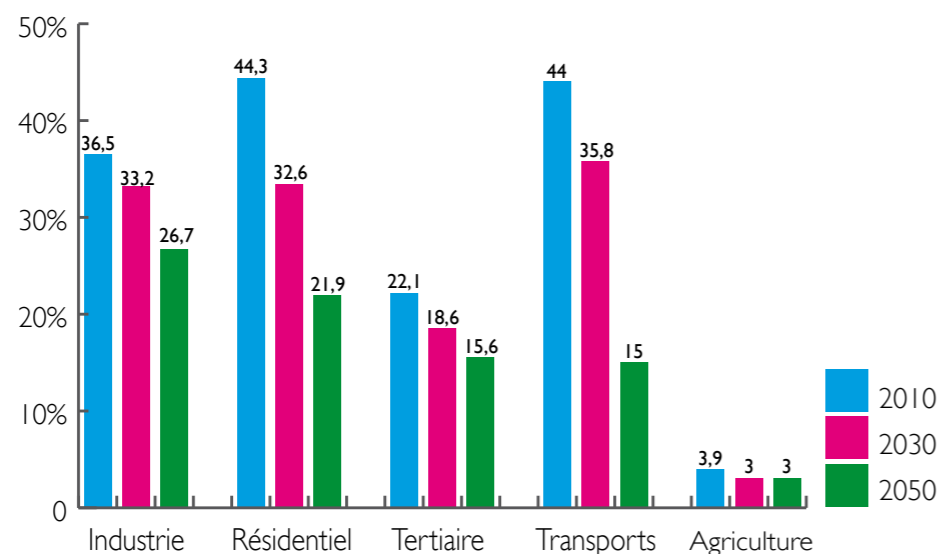
BILAN DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE DE L'INDUSTRIE EN 2050, PAR VECTEUR

Bilan total de la consommation énergétique



BILAN ENERGETIQUE EN 2050 EN MTEP FINALES

Pour arriver au facteur 4, notre scénario repose sur une diminution de près de 50 % de la consommation énergétique française entre 2010 et 2050. Cette baisse de la consommation se fera essentiellement grâce au secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire) et au secteur des transports. Le secteur de l'agriculture et de la forêt joue un rôle clé dans le scénario, par son impact sur l'évolution des émissions de gaz à effet de serre et sa contribution déterminante à la production d'énergie renouvelable (EnR).



BILAN DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE EN 2050, PAR SECTEUR

Production d'énergie renouvelable

Trois scénarios de mix électrique ont été élaborés en EF (énergie finale). Le scénario dit « Haut », maintient la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50% en 2050, comme en 2030. Le scénario « Médian » poursuit la baisse de la part de l'énergie nucléaire dans la production d'électricité à 25% en 2050. Le scénario « Bas » porte la part du nucléaire dans la production d'électricité à 18% en 2050, ce qui correspond à une exploitation maximale des potentiels EnR. Les fourchettes présentées dans le tableau ci-dessous correspondent aux chiffres des scénarios « Haut » et « Bas ».

1. Biomasse

Avec une hypothèse de maintien du taux de prélèvement sur l'accroissement naturel de 75%, le gisement total accessible pour la biomasse combustion à l'horizon 2050 est de **21 Mtep**.

Concernant la méthanisation, le gisement accessible peut être porté, en cohérence avec le scénario agricole, à 9 Mtep en 2050 en énergie primaire.

2. Eolien

Le potentiel mobilisable pour l'éolien terrestre est de **40 GW** en 2050. En mer, le potentiel mobilisable est de **30 GW**.

3. Photovoltaïque (PV)

Le potentiel mobilisable pour le photovoltaïque est porté à **65 GW** en 2050.

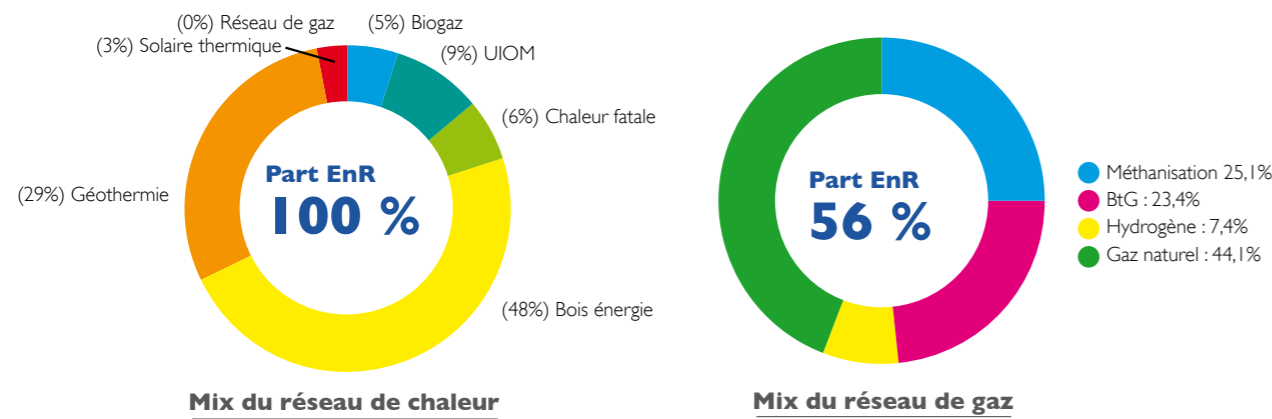
4. Hydroélectricité

A l'horizon 2050, une STEP marine pourrait être construite.

	Vecteurs	2050
EnR	Combustibles solides biosourcés	17,1
	Eolien	9,1 - 13,9
	Biogaz	8,8
	Géothermie	5,1 - 6
	Hydroélectricité	4,3 - 5,8
	PV	3,6 - 6
	Matière hors bois pour biocarburants	5,6
	Calories air	2,4
	Solaire thermique	1,8
	Déchets	1,3
Energie marines	0,5 - 3,9	
Non renouvelable	Nucléaire	21,6 - 57,6
	Gaz naturel	11,9
	Pétrole	5,9
	Charbon	4,0
	Déchets	1,4
Total général		117 - 140

SOURCES ÉNERGÉTIQUES PRIMAIRES 2050, EN MTEP

Consommation finale d'énergie par source



PART DES ENR SUR CHAQUE RÉSEAU EN 2050

Sources		Mtep	
Réseau électrique	Eolien	7,3 - 11,1	32,8
	Hydroélectricité	3,5 - 4,7	
	PV	2,9 - 4,9	
	Nucléaire	5,9 - 15,7	
	Méthanisation	0,6	
	UIOM	0,3	
	Bois énergie	0,3	
	Géothermie	0,1 - 0,2	
	Energies marines	0,4 - 3,1	
	Chaleur fatale	0,1	
	Réseau de gaz	1,7	
	<hr/>		
Réseau de gaz	Méthanisation	5,6	19,3
	BtG	2,6	
	Hydrogène	1,2	
	Gaz naturel	9,9	
<hr/>			
Réseau de chaleur	Méthanisation	0,3	5,4
	UIOM	0,5	
	Chaleur fatale	0,3	
	Bois énergie	2,6	
	Géothermie	1,6	
	Solaire thermique	0,1	
	Réseau de gaz	0,0	
<hr/>			
Usage direct	Méthanisation	0,3	
	Bois énergie	4,7	
	Solaire thermique	1,6	
	Calories PAC & CET	4,3	
	Biocarburants liquides	3	
	Essence/Diesel/Carburacteur	0	
	Autres PP	5,5	
	Déchets	0,8	
	Charbon	4,0	



Éléments environnementaux

Le scénario 2050 permet d'atteindre le facteur 4 (division par 4 des émissions de gaz à effet de serre). Il semble même possible d'aller plus loin puisque les technologies de rupture, tout comme des technologies actuellement développées (capture, stockage et valorisation du CO₂, ...) n'ont pas été prises en compte. Le stockage de carbone par les sols, non comptabilisé dans les données officielles, est positif dans le scénario de l'ADEME (contrairement à un scénario tendanciel).

	1990				2050			
	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total GES	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	Total GES
Industrie								
Combustion	79,9			79,9	35,5			35,5
Process	25,2		23,6	48,8	17,1		1,8	18,8
Résidentiel principal								
Combustion	67,2			67,2	4,8			4,8
Autres		4,3	0,9	5,2		0,1	0,0	0,1
Tertiaire								
Combustion	28,7			28,7	1,3			1,3
Autres				0,0				0,0
Transports								
Combustion	113,3			113,3	8,5			8,5
Autres				0,0			0,0	0,0
Agriculture								
Combustion	8,7			8,7	3,9			3,9
Autres		51,6	36,6	88,2		22,0	24,9	46,9
Production d'énergie	62,1	6,8		68,8	3,1	0,0		3,1
Déchets	1,7	11,3	1,4	14,4	0,7	6,3	0,6	7,6
Solvants	1,8			1,8	10,5			0,5
Total	388,7	73,9	62,6	525	75,4	28,4	27,3	131 (-75%)

ÉVOLUTION DES GAZ À EFFET DE SERRE (GES) 1990-2050

ÉVALUATION
MACRO-ÉCONOMIQUE
2030
2050

L'exploration des gisements de sobriété, des potentiels techniques d'efficacité énergétique et de développement des énergies renouvelables a été complétée par une évaluation macro-économique des scénarios permettant la mobilisation de ces potentiels et gisements : quel impact sur le produit intérieur brut (PIB), l'emploi, la balance commerciale ? Ces propositions techniques pour atteindre le facteur 4 en 2050 sont-elles économiquement viables et représentent-elles une opportunité de croissance ?

Evolution des indicateurs macro-économiques selon les scénarios

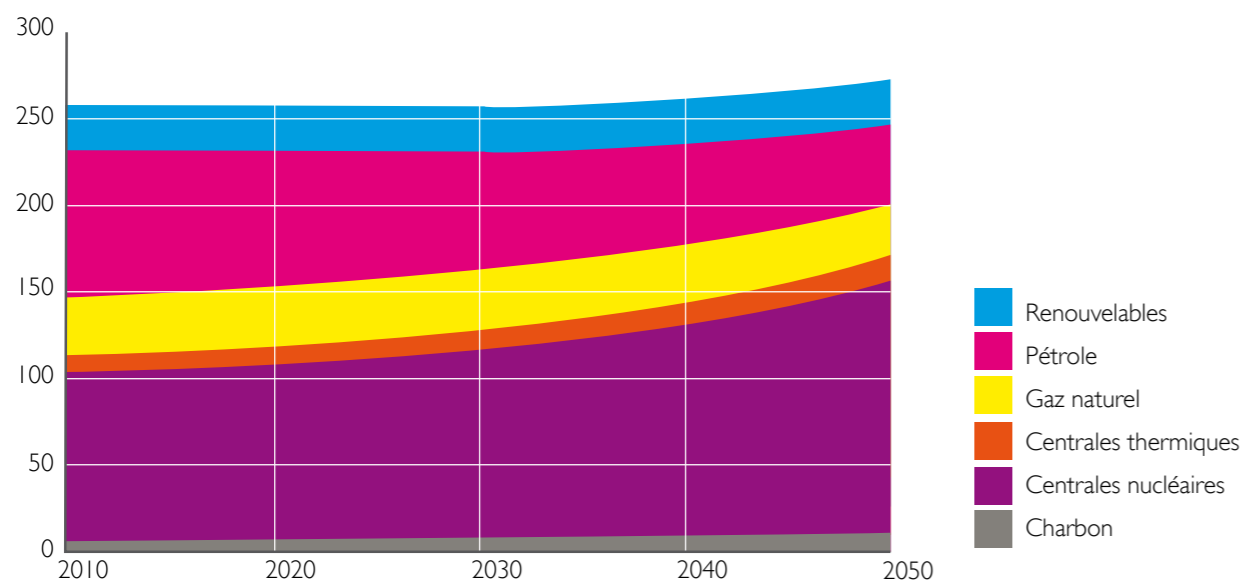
Afin de procéder à cette évaluation, l'ADEME a utilisé un « Modèle Macroéconomique Multisectoriel d'Evaluation des politiques Energétiques et Environnementales » (ThreeME), qu'elle a conjointement développée depuis 2008 avec l'OFCE (Observatoire Française de la Conjoncture Economique), centre de recherche en économie de Sciences Po. ThreeME est un modèle de prévision économique qui permet d'apprécier l'effet des mesures de politiques publiques sur la production des entreprises, l'emploi et la répercussion sur la consommation, la balance commerciale, les comptes publics et par conséquent sur le revenu national (PIB).

L'évaluation macro-économique réalisée à l'aide du modèle ThreeME permet de déterminer les gains ou les pertes générées par la mise en œuvre des visions 2030-2050, par rapport à un scénario de référence tendanciel. L'évolution du prix des énergies pour les différents agents économiques et la part relative de la facture énergétique dans leurs dépenses peuvent également être simulés. Les résultats dépendent à la fois des principes de modélisation retenus (qui sont ici comparables à d'autres modèles de prévision macroéconomiques de l'INSEE), du calibrage de l'année de base et de certaines hypothèses.

Un scénario tendanciel, 3 visions énergétiques alternatives

Dans le scénario tendanciel utilisé comme référence, les parts des différentes énergies restent stables dans le mix énergétique, les instruments actuels de lutte contre le changement climatique ne sont pas modifiés, le taux de croissance de l'économie est de 1,8%, les prix des énergies fossiles évoluent selon les prévisions de l'AIE (Agence Internationale de l'énergie). La consommation finale d'énergie s'élève à 170MtepEf en 2010, à 156 MtepEf en 2030 et à 138MtepEf en 2050.

SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE

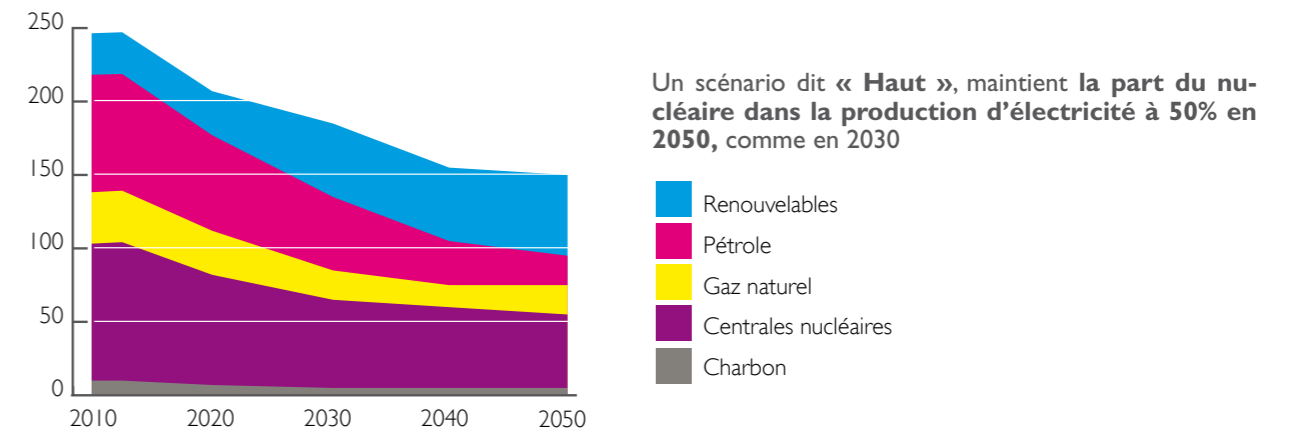


Scénarios des visions :

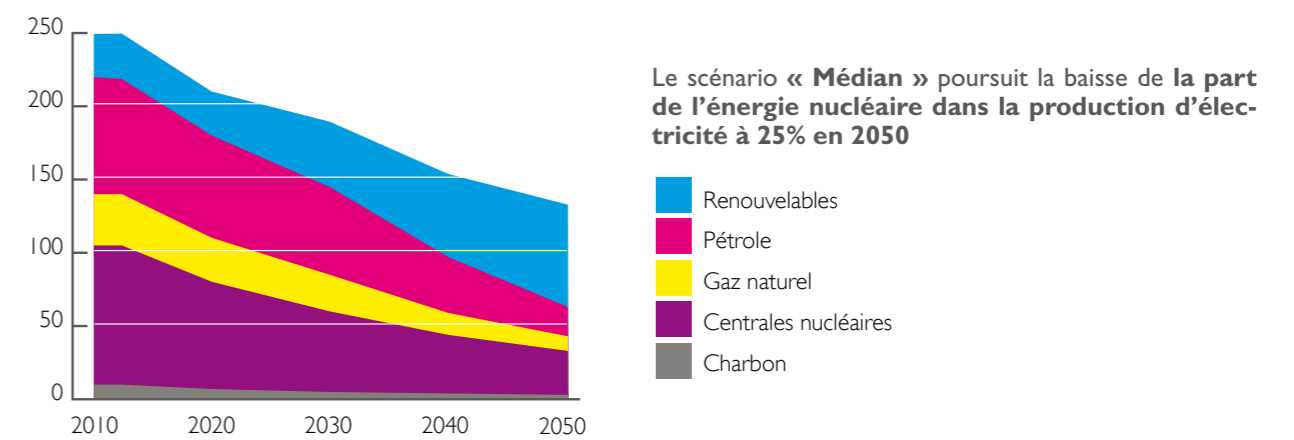
À l'horizon 2030, les grandes caractéristiques du scénario de l'ADEME sont les suivantes : une consommation finale d'énergie réduite de près de 30Mtep à 123 Mtep Ef, 35% d'énergies renouvelables dans le mix énergétique, 50% de nucléaire dans la production d'électricité. À l'horizon 2050, la consommation finale d'énergie atteint 82Mtep Ef.

Trois scénarios de mix électrique sont proposés

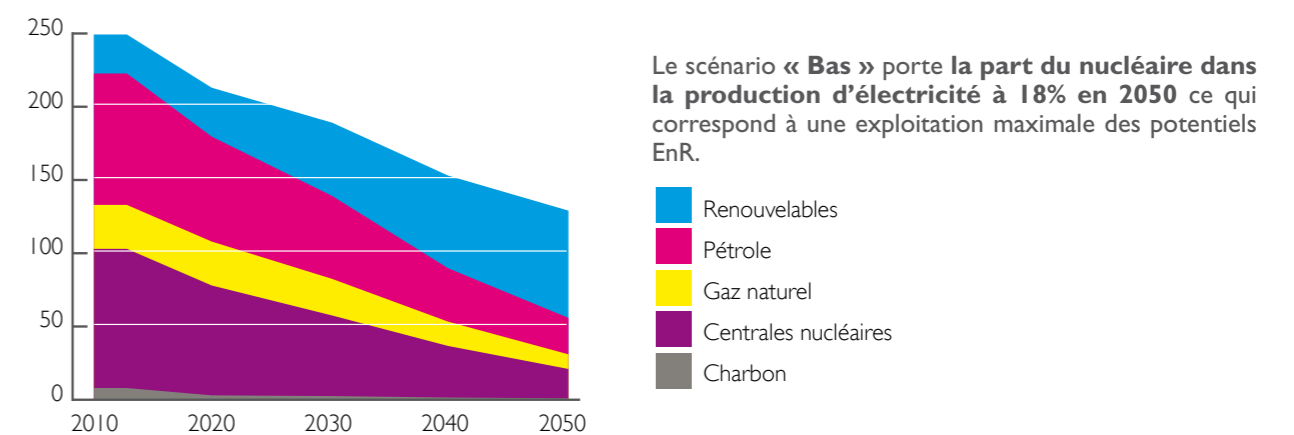
SCÉNARIO ADEME HAUT



SCÉNARIO ADEME MÉDIAN



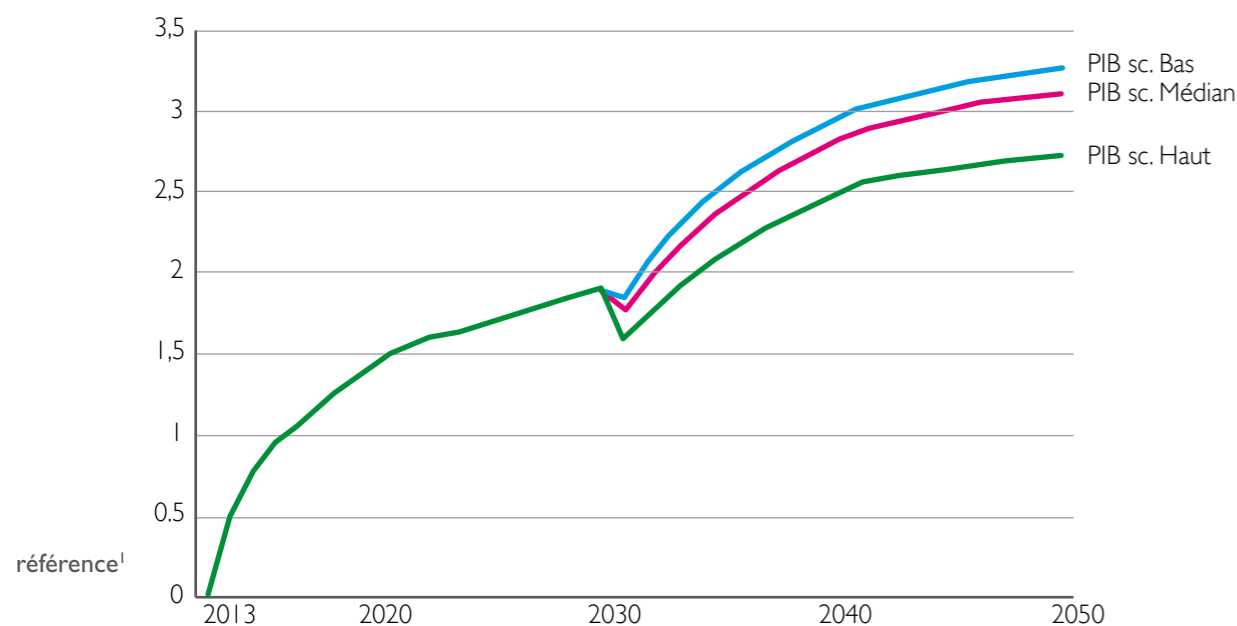
SCÉNARIO ADEME BAS



Une amélioration des indicateurs macro-économiques sur le long terme

L'évaluation a porté sur les indicateurs macro-économiques conventionnels, comme le PIB, qui ne comptabilisent que les transactions financières effectivement réalisées. Les pertes ou les gains de bien-être, associés à la modification des comportements (baisse de la mobilité individuelle, autres modes de consommations énergétiques, etc.) ou à la modification des tendances climatiques et environnementales, ne sont pas évalués faute d'un consensus sur leurs définitions et outils pour les mesurer.

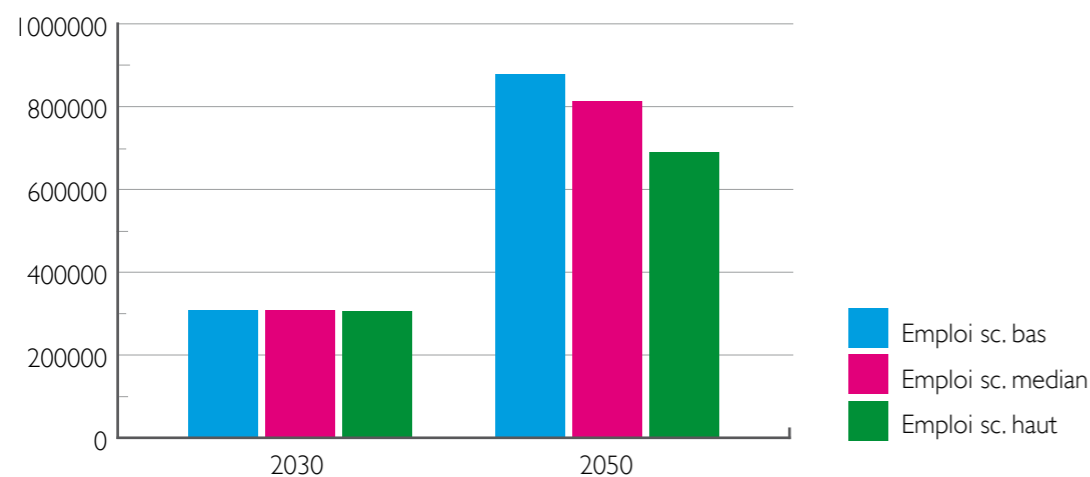
PIB EN VOLUME



ÉCART AU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE EN POINTS D'INDICE - SOURCE THREEME 2013

En 2030, la mise en oeuvre de la vision de l'ADEME entraîne une hausse 1.9 point d'indice de PIB par rapport au scénario de référence¹. En 2050, elle entraîne une augmentation de 3.3 points d'indice de PIB dans le scénario Bas, 3.1 points d'indice de PIB dans le scénario Médian et 2.7 points d'indice de PIB dans le scénario Haut. Autrement dit, la transition énergétique pourrait générer un gain équivalent à presque deux années de croissance supplémentaires sur la période 2013-2050. Ce résultat est essentiellement imputable à l'amélioration de l'emploi et à la diminution du déficit de la balance commerciale.

CRÉATIONS D'EMPLOIS



ÉCART AU SCÉNARIO DE RÉFÉRENCE EN POINTS D'INDICE - SOURCE THREEME 2013

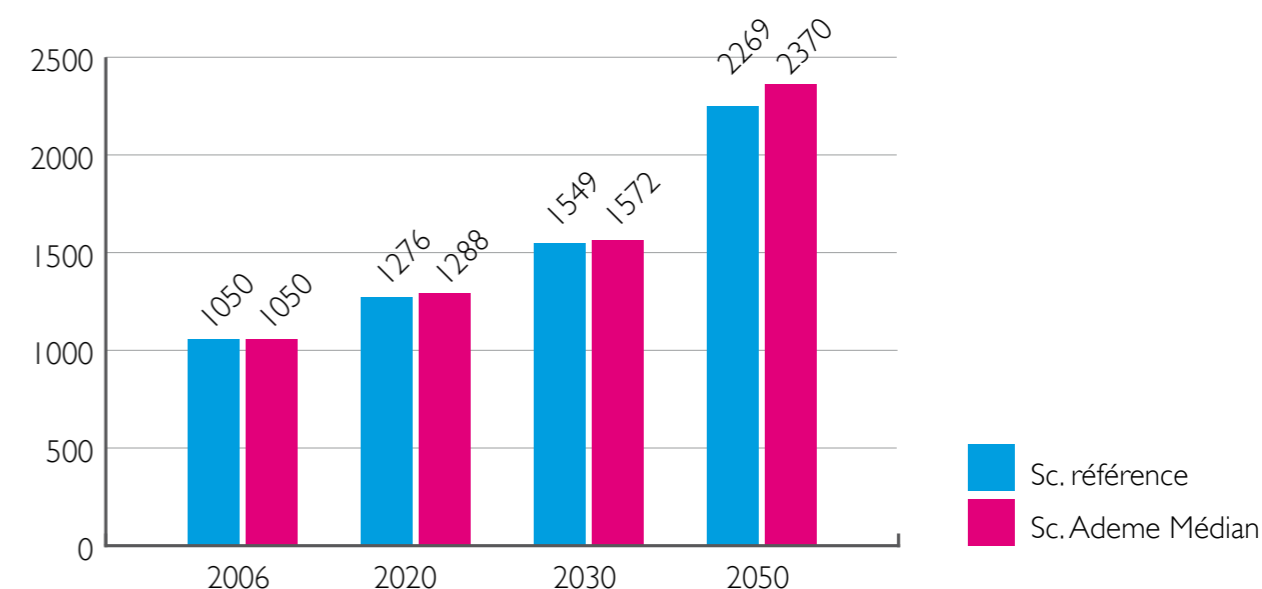
(1) Pour un indice 100 de PIB du scénario de référence, l'indice est porté à 101.8 dans la vision ADEME en 2030

En 2030, les créations d'emplois augmentent de 329 000 postes par rapport au scénario de référence. En 2050, ce sont 825 000 postes qui sont créés dans le scénario Médian (les créations de postes sont respectivement de + 874 000 emplois dans le scénario Bas et de + 691 000 emplois dans le scénario Haut). Dans le scénario Médian, le taux de chômage en pourcentage de la population active diminue de 1.5 point par rapport au scénario de référence en 2050.

A court terme, le déficit de la balance commerciale s'élève de 0.4 % de PIB par rapport au scénario de référence, sous l'effet d'une hausse des importations des biens d'équipements, liée au développement des filières de production d'énergie renouvelable, et d'une légère diminution de nos exportations, consécutive à la hausse du prix de l'énergie. Au-delà de 2020, le déficit de la balance commerciale décroît progressivement à mesure que la facture énergétique diminue et décline par rapport au scénario de référence respectivement de 1% de PIB dans le scénario Bas, 1.1% de PIB dans le scénario Médian et 1.2% de PIB dans le scénario Haut en 2050.

Entre 2014 et 2030, la facture énergétique des ménages augmente sous l'effet d'une hausse des prix et d'une augmentation des taxes. Puis elle diminue, malgré la hausse continue des prix de l'énergie, sous l'effet d'une baisse de la consommation énergétique.

La transition énergétique induit une augmentation du pouvoir d'achat des ménages avec un revenu disponible brut - hors facture énergétique et déduction faite de l'augmentation de la charge de leurs dettes imputables aux investissements d'efficacité énergétique réalisés (dans le logement et l'automobile) - qui s'accroît de plus de 100 milliards en 2050 par rapport au scénario de référence. Ceci résulte des créations d'emplois et de la baisse de leur facture énergétique à moyen terme.



REVENU DISPONIBLE BRUT DES MÉNAGES
HORS ÉNERGIE ET CHARGE DE LA DETTE EN MILLIARDS D'EUROS CONSTANT

Cette évaluation macroéconomique de l'exercice de prospective Visions 2030-2050 à l'aide du modèle ThreeMe souligne que les effets récessifs des politiques publiques de transition énergétique, tels que la baisse d'activité liée à la baisse de production d'énergie, la hausse du coût de production de l'électricité, l'augmentation de la fiscalité environnementale, sont compensés par les effets expansionnistes tels que la hausse de l'emploi liée à l'essor de nouvelles activités (rénovation thermique des bâtiments par exemple), la baisse de la facture énergétique à moyen terme (qui permet d'augmenter la consommation sur d'autres secteurs), la redistribution des recettes de la fiscalité environnementale aux ménages (sous forme de baisse d'impôt sur le revenu) et aux entreprises (via une baisse des charges), ainsi qu'à l'amélioration à moyen terme de la balance commerciale (baisse des importations notamment d'énergies fossiles). Au-delà de l'intérêt environnemental, la transition énergétique serait donc bénéfique pour l'économie française.

ANNEXES

Deux horizons temporels et deux méthodologies distinctes

Durant l'année 2012, l'Agence a mobilisé ses services techniques et économiques sur l'exercice de prospective énergétique « Vision 2030-2050 » qui est synthétisé dans ce document. Ce travail, réalisé en interne, permet à l'Agence de proposer des scénarios énergétiques et climatiques volontaristes axés sur la maîtrise de la consommation énergétique et le développement de l'offre d'énergies renouvelables. Cet exercice de prospective identifie ainsi une voie possible pour la transition énergétique en France, répondant aux enjeux environnementaux et identifiant les adaptations nécessaires de l'outil de production d'énergie français et les filières de croissance verte.

	Vision ADEME 2030	Vision ADEME 2050
Méthodologie	Exploratoire	Normative
Objectif	Tendanciel volontariste	Facteur 4 : division par quatre des émissions de GES
Secteurs considérés	Tous les secteurs de consommation d'énergie, hors production d'énergie	
Indicateurs principaux	Energie, GES (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O), émissions de polluants, qualité de l'air	
Indicateurs économiques	PIB, emploi, investissements, balance commerciale, facture énergétique	Investissements, balance commerciale, facture énergétique
Prise en compte des conséquences du changement climatique	Non	Oui pour bâtiments et agriculture, (scénario A1B du rapport du GIEC)
Résultats		
Energie primaire (% 2010)	182 Mtep (-30 %)	ND
Energie finale (% 2010)	123 Mtep (-18 %)	82 Mtep (-46 %)
GES (% 1990)	313 Mt CO ₂ eq (-40 %)	131 Mt CO ₂ eq (-75 %)

VISION 2030

Cadrage macroéconomique et démographique

Pour les deux scénarios, l'évolution démographique retenue est issue du scénario « fécondité haute » de l'INSEE à savoir 68 531 000 habitants en 2030 contre 62 881 000 aujourd'hui. L'hypothèse de décroissance du nombre de personnes par ménage de l'INSEE est également retenue (2,17 personnes par ménage en 2030 contre 2,31 aujourd'hui). Les paramètres macroéconomiques sont ceux de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) pour les prix du pétrole, du gaz et du charbon en 2030, et ceux du Conseil d'analyse stratégique (CAS) pour la croissance du PIB, à savoir 1,8 % par an en moyenne sur la période.

Paramètres	Valeur 2010	Valeur 2030	Unité	Source
Pétrole	78,1	134,5	\$ ₂₀₁₀ /baril	AIE WEO 2011
Gaz	7,5	13	\$ ₂₀₁₀ /Mtu	AIE WEO 2011
Charbon	99,2	115,9	\$ ₂₀₁₀ /tonne	AIE WEO 2011
Croissance structurelle du PIB	1,8 % / an sur la période			CAS

VISION 2050

Cadrage macroéconomique et démographique

Pour l'horizon 2050, les tendances prises pour le scénario 2030 ont été prolongées. L'évolution démographique retenue est à nouveau issue du scénario « fécondité haute » de l'INSEE, à savoir 74 130 000 habitants en 2050 contre 62 881 000 aujourd'hui. L'hypothèse de décroissance du nombre de personnes par ménage de l'INSEE est également retenue (2,05 personnes par ménage en 2050 contre 2,31 aujourd'hui). Un vieillissement important de la population est pris en compte. La pyramide des âges se déforme fortement avec 9 millions de personnes supplémentaires de plus de 65 ans qui représenteront ainsi un quart de la population française.

Paramètres	Valeur 2010	Valeur 2050	Unité	Source
Pétrole	78,1	231	\$ ₂₀₁₀ /baril	Prolongation tendance AIE WEO 2011
Gaz	7,5	22	\$ ₂₀₁₀ /Mtu	Prolongation tendance AIE WEO 2011
Charbon	99,2	128	\$ ₂₀₁₀ /tonne	Prolongation tendance AIE WEO 2011
Croissance structurelle du PIB	1,8% /an sur la période			Prolongation tendance CAS

Liste Abréviations et Acronymes

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

AIE : Agence Internationale de l'Energie

BtG : Biomass to Gas

CAS : Centre d'Analyse Stratégique

CESI : chauffe-eau solaire individuel

CET : chauffe-eau thermodynamique

GES : gaz à effet de serre

INRA : Institut National de la Recherche Agronomique

kWh : kilowattheure

Mtep : 1 million de tep

PAC : pompe à chaleur

PIB : Produit Intérieur Brut

PP : produits pétroliers

PV : Photovoltaïque

Tep : tonne équivalent pétrole

UIOM : Usine d'Incinération d'Ordures Ménagères

Unités, définitions et facteurs de conversion

tep : quantité d'énergie contenue dans 1 tonne de pétrole

Conversions énergétiques usuelles

	1 t Fioul	1 t Essence	1 t Bois	1 MWh	1 MBTU Gaz	1 t charbon (houille)
En tonne équivalent pétrole	0,95	1,05	0,22	11,63	36,7	0,62

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie et du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche. www.ademe.fr

