



SEURECO
ΕΡΑΣΜΕ



Avec la collaboration de l'ADEME et de
l'IFPEN

ADENE



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



Scénarios prospectifs Energie – Climat – Air pour la France à l'horizon 2035

Rapport final - Synthèse des résultats

septembre 2015

Ce rapport fournit une synthèse des résultats de l’exercice de modélisation pour la construction des scénarios prospectifs Energie – Climat – Air à l’horizon 2035. Il comprend une présentation des scénarios, de la transcription des politiques et mesures ainsi qu’une description des principaux résultats de l’étude concernant l’évolution de la consommation d’énergie et une description détaillée des émissions de gaz à effet de serre. Il contient également une évaluation des impacts macro-économiques.

Contacts MEDDE DGEC : Antonin Vergez (antonin.vergez@developpement-durable.gouv.fr) et Gilles Croquette (gilles.croquette@developpement-durable.gouv.fr).

Table des matières

Table des matières	4
I Introduction	7
1.1. Contexte et objectifs de l’étude	7
1.2. Mise en œuvre de l’étude et approche méthodologique	9
1.3. Présentation des scénarios	11
1.4. Le scénario AME	12
1.5. Le scénario AMS2	12
II Demande finale d’énergie en France	13
Evolution sur 2010-2035	13
Ecart du scénario AMS2 au scénario AME	15
Part des renouvelables dans la consommation finale brute d’énergie	18
Part des renouvelables dans la consommation finale de chaleur	18
Consommation primaire d’énergie fossile	19
III Présentation des résultats sur les émissions de gaz à effet de serre .20	
3.1 Préambule	20
3.2 Emissions totales de GES au périmètre Kyoto	21
3.3 Part des différents sous-secteurs dans les émissions nationales	22
3.4 Détails des émissions par sous-secteur	24
3.4.1 CRF 1A1 et 1B – Production d’énergie et émissions fugitives	24
3.4.2 CRF 1A2 – Combustion dans l’industrie	26
3.4.3 CRF 1A3 – Transports	27
3.4.4 CRF 1A4 – Combustion dans le résidentiel, le tertiaire et l’agriculture/sylviculture/pêche	28
3.4.5 CRF 2 – Emissions dues aux procédés industriels et à l’utilisation de produits	29
3.4.6 CRF 3 – Emissions de l’agriculture (hors combustion)	30
3.4.7 CRF 4 – Emissions de l’utilisation des terres, changement d’affectation des terres et la forêt (UTCATF)	31
3.4.8 CRF 5 – Traitement des déchets	32
IV Présentation des résultats macro-économiques	34
4.1 Les principaux résultats du modèle NEMESIS	36
4.2 Les principaux résultats du modèle ThreeME	44

Annexes	51
Annexe I- Modèles de projection	51
Le modèle Med-Pro.....	51
Le modèle POLES.....	53
Le modèle NEMESIS	54
Le modèle ThreeME.....	55
Les modèles développés par Energies Demain.....	61
Le modèle du CITEPA.....	62
Le modèle d’ARMINES – Logiciel RIEP	63
Articulation des différents modèles dans le cadre de l’exercice de modélisation	64
Annexe II- Cadrage de l’exercice, hypothèses principales et mesures prises en compte	66
Cadrage macro-économique	66
Evolution du PIB.....	66
Hypothèses démographiques	67
Taux de change	67
Prix internationaux des énergies	68
Prix carbone ETS et hors ETS	69
Valeurs ajoutées sectorielles en France.....	69
Quotas alloués gratuitement dans les secteurs ETS.....	70
Hypothèses principales et mesures politiques prises en compte dans les différents scénarios ...	71
Hypothèses principales et mesures prises en compte dans le résidentiel	71
Les nombres de rénovations de différente profondeur qui résultent de ces mesures dans le parc résidentiel sont les suivants dans AME et AMS2 :	74
Hypothèses principales et mesures prises en compte dans le tertiaire.....	75
Hypothèses principales et mesures prises en compte dans les transports.....	76
Hypothèses principales et mesures prises en compte dans l’industrie	79
Hypothèses principales et mesures prises en compte dans le secteur de l’agriculture.....	81
Annexe III- Passage du format Med-Pro au format SOeS.....	82
Annexe IV- Décomposition détaillée de la demande d’énergie par secteur	83
Décomposition de la demande d’énergie finale du résidentiel par usage	83
Décomposition de la demande d’énergie finale du tertiaire par usage.....	84

Décomposition de la demande d’énergie finale des transports par infrastructure et focus sur les trafics (incluant l’aérien domestique et transit)	84
Annexe VI- index des sigles et acronymes	87

I Introduction

1.1. Contexte et objectifs de l’étude

Au sein du Ministère de [l’écologie, du développement durable et de l’énergie](#) (MEDDE), la Direction Générale de l’Energie et du Climat (DGEC) a pour mission d’élaborer et de mettre en œuvre la politique relative à l’énergie, aux matières premières énergétiques, ainsi qu’à la lutte contre le changement climatique et la pollution atmosphérique. Elle prépare les éléments de définition de la stratégie française en matière de développement du mix énergétique français et de maîtrise des émissions de gaz à effet de serre (GES) et des émissions de polluants atmosphériques.

La DGEC doit faire face à plusieurs engagements, et ce au niveau national, communautaire, et international, qui requièrent de sa part une actualisation des travaux de prospective « énergie – climat » menés régulièrement depuis plusieurs années.

Dans le cadre des exercices nationaux et plus particulièrement du projet de loi relatif à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV), on note entre autres l’exigence de développer :

- Une stratégie nationale bas carbone et des budgets carbone (SNBC) (article 48 de la LTECV) offrant une visibilité sur 3 fois 5 ans. Le scénario AMS2 sert de scénario de référence pour la SNBC ;
- La Programmation Pluriannuelle de l’Energie (PPE) (article 49 de la LTECV), proposant une visibilité sur 2 fois 5 ans. La PPE aura à construire ses propres scénarios énergétiques pour le court terme, mais le présent exercice lui fournit un éclairage sur le long terme ;
- Un Programme de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques (PREPA) (article 17 de la LTECV) qui doit être pris en compte dans les schémas régionaux du climat, de l’air et de l’énergie (SRCAE) et les plans de protection de l’atmosphère (PPA).

La France, dans le cadre de ses engagements communautaires, doit également fournir une ou des projections à 2035 de ses émissions de GES, dans le cadre du Rapport sur les mécanismes de surveillance (exigence communautaire du règlement n° 525/2013 dit règlement « MMR »), et ce le 15 mars tous les deux

ans (le denier dû en 2015). Ce Règlement contient également l'obligation de se doter d'une stratégie de développement à faible intensité carbone à horizon 2050.

Au niveau international, la France s'est engagée à fournir un rapport bisannuel sur ses émissions de GES et une Communication nationale tous les 4 ans pour remplir les exigences de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC). La prochaine échéance pour le rapport bisannuel est fin 2015, et janvier 2018 pour la prochaine Communication nationale. Concernant la demande d'énergie, le pays est soumis à une obligation de communication d'un scénario de référence « à caractère tendanciel » à l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) à l'occasion des revues en profondeur de la politique énergétique française tous les 4 ans ainsi qu'à un rapportage annuel auprès de l'AIE.

Par ailleurs, la France doit communiquer un état des lieux de ses émissions de polluants atmosphériques dans le cadre du Protocole international de Göteborg et de la directive européenne sur les plafonds d'émissions nationaux (2001/81/CE).

La précédente étude de la DGEC, qui a été réalisée en 2012-2013¹, avait consisté en l'élaboration de scénarios prospectifs énergétiques, climatiques, et de qualité de l'air à horizon 2030. Le *reporting*, alors obligatoire jusqu'en 2020, est depuis passé, dans le cadre du Règlement MMR de mai 2013, à un horizon de projection 2035.

De plus, le contexte législatif a évolué depuis la fin de l'étude précédente :

- Publication par la Commission européenne (22/01/14) du livre blanc sur le cadre énergie – climat 2020-2030 ;
- Proposition d'un objectif de réduction des émissions de gaz à effet de serre de 40% au niveau européen à échéance 2030 ;
- En France, la Loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) prévoit les objectifs suivants :

« 1° De réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40% entre 1990 et 2030 et de diviser par quatre les émissions de gaz à effet de serre entre 1990 et 2050. La trajectoire est précisée dans les budgets carbone mentionnés à l'article L. 222-1 A du code de l'environnement ;

¹ « Scénarios prospectifs Énergie - Climat - Air de référence à l'horizon 2030 »

« 2° De réduire la consommation énergétique finale de 50% en 2050 par rapport à la référence 2012, en visant un objectif intermédiaire de 20% en 2030. Cette dynamique soutient le développement d’une économie efficace en énergie, notamment dans les secteurs du bâtiment, des transports et de l’économie circulaire, et préserve la compétitivité et le développement du secteur industriel ;

« 3° De réduire la consommation énergétique primaire des énergies fossiles de 30% en 2030 par rapport à la référence 2012, en modulant cet objectif par énergie fossile en fonction du facteur d’émissions de gaz à effet de serre de chacune ;

« 4° De porter la part des énergies renouvelables à 23% de la consommation finale brute d’énergie en 2020 et à 32% de cette consommation en 2030 ; à cette date, pour parvenir à cet objectif, les énergies renouvelables doivent représenter 40% de la production d’électricité, 38% de la consommation finale de chaleur, 15% de la consommation finale de carburant et 10% de la consommation de gaz ;

« 5° De réduire la part du nucléaire dans la production d’électricité à 50% à l’horizon 2025 ; ... »

Outre l’enjeu de *reporting* auprès de l’Union européenne, de l’ONU et de l’AIE, cet exercice prospectif vise non seulement à intégrer au mieux les trois problématiques Énergie – Climat – Air, mais également à fournir une étude bâtie de manière transparente, basée sur la consultation des parties prenantes au sein du CIO (Comité d’Information et d’Orientation, dont la composition est inspirée de celle du Comité National de la Transition Ecologique (CNTE)), qui permette un suivi sur la durée afin d’évaluer les impacts des mesures de la transition énergétique.

Enfin, cette étude intègre également une évaluation macroéconomique des scénarios construits afin d’analyser l’impact des politiques environnementales et énergétiques mises en place, ou qui pourraient l’être, sur l’emploi et la croissance (PIB, balance commerciale, inflation, etc.).

1.2. Mise en œuvre de l’étude et approche méthodologique

Le pilotage de l’étude est réalisé par la DGEC, en collaboration avec le Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) et l’Agence De l’Environnement et de la Maîtrise de l’Energie (ADEME). La coordination technique

est assurée par la DGEC, le Service climat et efficacité énergétique (SCEE), Département de lutte contre l'effet de serre (DLCES).

Les projections et les travaux de modélisation ainsi que l'évaluation macro-économique sont produits par un groupement de prestataires comprenant:

- **Enerdata** : modélisation, projection de la demande d'énergie finale avec les modèles Med-Pro et POLES, chiffrage des coûts des mesures destiné à l'évaluation macro-économique menée par Seureco,
- **Énergies Demain** : expertise et modélisation du secteur des bâtiments, support et appui notamment pour la mise en cohérence des résultats avec les données de parcs d'équipements issus du modèle SceGES utilisé par la DGEC dans le cadre de ses exercices d'évaluation de politiques climatiques,
- **CITEPA** : expertise et modélisation des émissions de GES, des polluants atmosphériques et des émissions non énergétiques (agriculture, déchets et UTCATF),
- **ARMINES** : expertise et modélisation des émissions de gaz fluorés,
- **SEURECO/ERASME** : soutien au cadrage macro-économique et évaluation des impacts macro-économiques des scénarios.

L'Institut Français du Pétrole Energies Nouvelles (IFPEN) est également associé à l'exercice : il réalise la modélisation du secteur du raffinage. L'**ADEME** a également été associée pour la modélisation macro-économique.

Les projections de demande d'énergie réalisées dans le cadre de cette étude s'appuient pour l'essentiel sur un travail de modélisation réalisé avec deux modèles utilisés conjointement :

- **Le modèle Med-Pro** est un modèle techno-économique de type « bottom-up » de la demande d'énergie. Il permet une investigation fine de la demande d'énergie finale par secteur, usage et forme d'énergie tout en prenant explicitement en compte les politiques et mesures d'efficacité énergétique et de soutien à l'utilisation directe des énergies renouvelables (ENR), de type normatif et réglementaire ;
- **Le modèle POLES** permet de construire des bilans énergétiques complets, cohérents avec le contexte européen et mondial et prend explicitement en compte les instruments économiques des politiques publiques ainsi que les comportements des acteurs de l'offre d'énergie.

La modélisation macro-économique a quant à elle été réalisée avec l’aide du modèle **NEMESIS** de SEURECO/ERASME (ce modèle a notamment été utilisé dans le cadre de la réalisation du rapport sur « Les secteurs de la nouvelle croissance » pour le Centre d’Analyse Stratégique (CAS)) et du modèle **ThreeME** de l’ADEME.

Les travaux de projections énergétiques, d’émissions de GES et de polluants atmosphériques sont menés conjointement, de manière intégrée, afin d’assurer le plus possible une cohérence méthodologique. Les projections proposées s’échelonnent de 2015 à 2035 par « pas de temps » de 5 ans et concernent la Métropole, les DROM et les COM. Les projections pour les territoires d’Outre-Mer sont néanmoins réalisées distinctement et de manière moins détaillée que les projections pour la métropole.

L’ensemble des modèles utilisés ainsi que leur articulation pour la réalisation des scénarios de cette étude est décrit de manière détaillée dans l’annexe I de ce rapport.

1.3. Présentation des scénarios

L’exercice de scénarisation est encadré par des règles communautaires définies dans le règlement n° 525/2013 du 21 mai 2013 et actes associés qui distingue les deux types de projections suivants :

- Une projection avec mesures existantes (AME) : « prise en compte des effets en termes de réductions des émissions de GES des politiques et mesures qui ont été adoptées et mises en œuvre » au 1^{er} janvier 2014 ;
- Une projection avec mesures supplémentaires (AMS) : « prise en compte des effets en termes de réductions des émissions de GES des politiques et mesures qui ont été adoptées et mises en œuvre afin d’atténuer le changement climatique, ainsi que des politiques et mesures planifiées à cette fin ».

Le règlement MMR impose de réaliser un scénario AME et prévoit la possibilité de transmettre un scénario de type AMS.

Dans le cadre de l’exercice 2014-2015 de prospective Energie – Climat – Air à l’horizon 2035, deux scénarios principaux ont été construits et analysés : un scénario « AME » et un scénario « avec mesures existantes » appelé « AMS2 ».

Seules les projections d’émissions de gaz à effet de serre relatives au scénario AME ont été transmises à la Commission européenne pour l’échéance de mars

2015. Le scénario AMS2 est un scénario à vocation uniquement nationale, il n’a pas été transmis à la Commission européenne.

Chacun des scénarios réalisé dans le cadre de cet exercice est fondé sur le **même cadrage macro-économique** (croissance du PIB, croissance démographie, évolutions des prix des énergies, évolution des taux de change €/€...). La **différence** entre scénarios porte uniquement sur les **politiques et mesures prises en compte, qui sont présentées dans l’annexe II de ce document.**

1.4. Le scénario AME

Le scénario **AME** indique la trajectoire de la demande d’énergie, de l’offre énergétique, des émissions de GES et de polluants atmosphériques que devraient induire toutes les **mesures** ayant des impacts sur la demande et l’offre d’énergie ainsi que sur les émissions de GES, **effectivement adoptées et mises en œuvre avant le 1er janvier 2014.**

1.5. Le scénario AMS2

Le scénario **AMS2** (« avec mesures supplémentaires » 2) prend en compte la mise en œuvre effective de toutes les mesures prévues dans l’AME ainsi que celles adoptées ou annoncées après le 1^{er} janvier 2014, dont en particulier les mesures et objectifs prévus par la LTECV. Le scénario AMS2 intègre par exemple l’atteinte de l’objectif de réduction de 40% des émissions de GES en 2030 par rapport à 1990, illustre une façon de porter à 32% la part des énergies renouvelables en 2030 (sans préjuger des choix qui seront faits par la PPE), etc.

II Demande finale d'énergie en France

Les projections réalisées à partir des scénarios décrits ci-dessus n'ont pas pour objet de prédire ce que sera la réalité énergétique d'ici 2035. Elles ont pour objectif premier d'indiquer où conduiraient les différentes mesures prises en compte dans chacun des scénarios si elles étaient mises en œuvre et ce, dans un contexte macro-économique (prix internationaux des énergies, taux de croissance du PIB et de la valeur ajoutée industrielle, prix de la tonne de CO₂ émise sous ETS, etc.) et démographique donné et cadré par les recommandations de la Commission européenne.

Dans tous les graphiques et tableaux qui suivent, les années observées et réelles sont 2000 et 2010, la première année de projection est 2015.

Les abréviations et acronymes utilisés dans ce document sont définis dans **l'annexe VI** de ce rapport.

Evolution sur 2010-2035

En **2000, 2010 et 2012**, les niveaux de **consommation d'énergie finale** sont respectivement de **157,3 Mtep, 154,9 Mtep et 155,1 Mtep²**. Dans le scénario AME, la prise en compte des mesures existantes au 1er janvier 2014 permet de **stabiliser le niveau de la demande finale d'énergie à son niveau de 2010** sur toute la période d'analyse : le taux de croissance annuel moyen entre 2010 et 2030 est de -0,03%, et il atteint **-0,01% entre 2010 et 2035**. En **2030**, la demande finale dans le scénario AME atteint **154,1 Mtep, puis 154,7 Mtep en 2035**.

Dans le scénario **AMS2**, la **baisse de la demande finale** atteint **1,2% par an** entre 2010 et 2030 et **1,1% par an** entre 2010 et 2035. En **2030**, la demande

² Les données présentées dans cette partie correspondent au périmètre des bilans énergétiques officiels établis par le SOeS (« format SOeS »). Elles incluent la consommation d'énergie du secteur de l'aviation internationale. Dans tous les scénarios, la consommation d'énergie finale de ce secteur a été cadrée comme suit : 5,9 Mtep en 2015, puis une hausse continue afin d'atteindre 8,5 Mtep en 2030 et 9,6 Mtep en 2035.

finale est de 121,4 Mtep (soit **-21,7%** par rapport à 2010) et de **117,9 Mtep** en 2035 (**-23,9%** par rapport à 2010).

En 2030, la demande finale du scénario AMS2 se situe **21,9% en dessous du niveau de 2012 (155,1 Mtep)**. Le scénario AMS2 **dépasse donc un peu l'objectif LTECV**, qui fixe une cible de **-20%** de la demande finale par rapport au niveau de 2012. A titre de comparaison, la demande d'énergie finale du scénario AME est inférieure de 0,8 % au niveau de 2012.

Les résultats de l'évolution de la demande finale d'énergie en France à l'horizon 2035 dans les scénarios AME et AMS2 sont synthétisés dans le graphique suivant :

Figure 1 : Projections de la demande d'énergie finale par scénario (format SOeS)



Source : Enerdata

La **stabilité globale de la demande d'énergie dans le scénario AME** résulte en réalité d'évolutions contrastées entre secteurs. La consommation d'énergie est principalement tirée par :

- une demande croissante du secteur des **transports** : **+3,2 Mtep (+6,5%) entre 2010 et 2030** et **+5,1 Mtep (+10,4%) entre 2010 et 2035** ;
- dans une moindre mesure par une demande grandissante de l'industrie : **pratiquement +1,8 Mtep (+5,5%) entre 2010 et 2030**, et **+1,9 Mtep (+5,8%) entre 2010 et 2035** ;

- Cet effet est contrebalancé par la forte diminution de la demande finale du **résidentiel**, qui est inférieure aux niveaux de 2010 d’environ **6,2 Mtep** (-13,6%) en 2030 et **7,8 Mtep** en 2035 (-17,1%).

Dans le scénario **AMS2**, on observe une **réduction globale de la demande d’énergie finale** de **33,5 Mtep** à l’horizon 2030 (-21,7%) et de **37 Mtep** à l’horizon 2035 (-23,9%) par rapport à 2010. Tous les secteurs contribuent à cette baisse :

- Le secteur du **bâtiment** (résidentiel et tertiaire) contribue à hauteur de 58% et de **60%** à cette diminution de la demande en 2030 et en 2035 (-19,5 Mtep soit -28,8% en 2030 et -22,2 Mtep en 2035 soit -32,8%) ;
- les **transports** contribuent à hauteur de 26,2% et de **25,8%** en 2030 et en 2035 à cette baisse (-8,8 Mtep soit -17,8% en 2030, -9,5 Mtep en 2035 soit -19,3%) ;
- l’**industrie** contribue à cette baisse à hauteur de **11,6%** en 2030 (-3,9 Mtep soit -11,7%) et de **9,8% en 2035** (-3,6 Mtep, soit -10,9%) ;
- et l’agriculture contribue à cette baisse à hauteur de **3,9% et de 4,4%** aux horizons 2030 et 2035 (respectivement -1,3 Mtep et -1,6 Mtep, soit -30,1% et -36,9%).

Ecarts du scénario AMS2 au scénario AME

Par rapport au scénario AME, la demande finale d’énergie dans le scénario AMS2 est réduite de **21,2 % à horizon 2030 et de 23,8% à horizon 2035**. L’écart de 32,7 Mtep entre les consommations finales des scénarios AME et AMS2 à horizon 2030 provient à **65% du secteur des transports et du secteur résidentiel** :

- les **transports** contribuent à hauteur de 36,7% à cet écart à horizon 2030 et à hauteur de **40,0%** à cet écart à horizon 2035, avec un écart de -12 Mtep en 2030 entre AMS2 et AME et de -15 Mtep en 2035. Cette diminution dans AMS2 par rapport à AME est liée à l’amélioration de la performance des véhicules, à la baisse des trafics en véhicules.km et l’augmentation des taux de chargement et d’occupation, ainsi qu’aux reports modaux.
- Le secteur **résidentiel** contribue à hauteur de **28,0%** en 2030 et **26,2%** en 2035 à l’écart entre AMS2 et AME, avec un écart de -9,2 Mtep en 2030

entre AMS2 et AME et de -9,6 Mtep en 2035. Dans le scénario AMS2, le **plus grand nombre de logements neufs répondant à des normes thermiques plus strictes (RT2020)**, les **rénovations plus poussées** en nombre et en intensité ainsi que la plus forte pénétration de systèmes de chauffage innovants permettent également de diminuer la consommation énergétique du secteur.

- Le secteur **industriel** contribue à hauteur de **17,4%** (-5,7Mtep) en 2030 et 15,2% (-5,6 Mtep) en 2035 à l’écart entre AMS2 et AME. Dans le scénario AMS2, les consommations unitaires plus faibles liées à des taux de recyclage plus importants, l’essor plus marqué des CEE, le tiers financement permettent des gains énergétiques plus importants.
- L’**agriculture** contribue à hauteur de **4,8%** (-1,6Mtep) en 2030 et 5,2% en 2035 (-1,9Mtep) à l’écart entre AMS2 et AME.

Le tableau ci-dessous montre qu’en 2030, dans le scénario AMS2, les efforts additionnels d’économies d’énergie par rapport au scénario AME sont plus élevés dans les transports que dans les bâtiments :

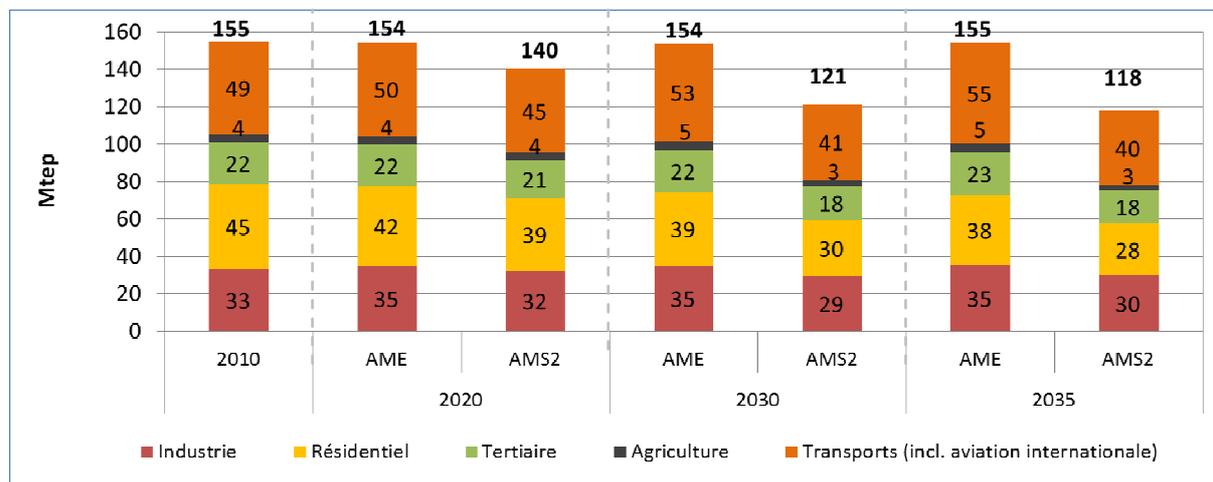
Tableau 1 : Economies d’énergie dans les secteurs des transports et du bâtiment à horizon 2030 et par scénario

			Transports	Résidentiel	Tertiaire	Résidentiel + tertiaire	Total
Hist.	consommation d’énergie finale en 2010		49.4	45.4	22.4	67.8	154.9
AME	consommation d’énergie finale en 2030		52.6	39.2	22.5	61.7	154.1
	variation 2030/2010	(a)	7%	-14%	0%	-9%	-1%
AMS2	consommation d’énergie finale en 2030		40.6	30.1	18.2	48.3	121.4
	variation 2030/2010	(b)	-18%	-34%	-19%	-29%	-22%
Effort additionnel en 2030 dans l’AMS2 par rapport au tendanciel AME		(b)-(a)	25 points	20 points	19 points	20 points	21 points

Source : Enerdata

Les résultats de l’évolution (2020, 2030, 2035) de la demande finale d’énergie par secteur et par scénario sont synthétisés dans le graphique suivant :

Figure 2 : Projections de la demande finale d’énergie par secteur et par scénario (format SOeS)



Source : Enerdata

Part des renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie

Afin d'analyser l'évolution de la part des renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie, on définit un indicateur basé sur la définition proposée par la Directive 2009/28/EC³. Celui-ci est calculé à partir de la consommation d'énergie finale d'origine renouvelable hors branche énergie, à laquelle on ajoute également la production électrique d'origine renouvelable (hors pompage et ajustée de l'autoconsommation, incluant les pertes réseaux) ainsi que la production de chaleur d'origine renouvelable.

En 2030, la part de renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie ainsi définie atteint **20,7% dans le scénario AME**, en dessous du seuil de **32,0%** annoncé par la LTECV. Cet objectif est atteint dans le scénario AMS2, avec une part des renouvelables de **33,7% en 2030**.

Tableau 2 : Part des renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie par scénario

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
AME	12.6%	15.9%	18.1%	19.7%	20.7%	21.3%
AMS2	12.6%	16.5%	21.9%	27.9%	33.7%	36.7%
Objectif LTECV			23.0%		32.0%	

Source : Enerdata

Part des renouvelables dans la consommation finale de chaleur

La consommation finale de chaleur est de 11,3 Mtep en 2010. Elle atteint 17,2 Mtep en 2030 et 2035 dans le scénario AME et 22,5 Mtep en 2030 et 23,9 Mtep en 2035 dans le scénario AMS2. La consommation finale de chaleur est donc doublée par rapport à 2010 dans le scénario AMS2.

La part de la consommation de chaleur d'origine renouvelable s'élève quant à elle à **28,1% dans le scénario AME et à 45,6% dans le scénario AMS2** à horizon **2030**, comparé à **l'objectif de la LTECV fixé à 38,0%** de chaleur d'origine renouvelable dans la consommation finale de chaleur.

³ La Directive 2009/28/EC définit la consommation finale brute d'énergie comme « les produits énergétiques fournis à des fins énergétiques à l'industrie, aux transports, aux ménages, aux services, y compris aux services publics, à l'agriculture, à la sylviculture et à la pêche, y compris l'électricité et la chaleur consommées par la branche énergie pour la production d'électricité et de chaleur et les pertes sur les réseaux pour la production et le transport d'électricité et de chaleur »

Tableau 3 : Part des renouvelables dans la consommation finale de chaleur par scénario

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
AME	16.7%	22.1%	25.5%	26.7%	28.1%	29.0%
AMS2	16.7%	23.5%	30.3%	37.2%	45.6%	51.9%
Objectif LTECV					38.0%	

Source : Enerdata

Consommation primaire d'énergie fossile

La LTECV fixe un objectif d'une diminution de **30%** de la consommation primaire d'énergie fossile en 2030 par rapport à 2012. Sur la base du Bilan Energie du Service de l'observation et des statistiques (SOeS) et des projections au périmètre SOeS en 2030, on atteint une variation de **-1,6% dans AME et -39.3% dans AMS2.**

Tableau 4 : Consommation primaire d'énergie fossile par scénario (format SOeS)

Mtep	2012	2030	
	hist.	AME	AMS2
Pétrole	69.3	59.2	40.0
Gaz	37.0	46.6	24.2
Charbon	11.0	9.6	7.8
Total	117.3	115.4	71.9
Variation 2030/2012		-1.6%	-39.3%

Source : SOeS, Enerdata

III Présentation des résultats sur les émissions de gaz à effet de serre

3.1 Préambule

Les résultats ci-après présentent les émissions de gaz à effet de serre (GES) selon le périmètre géographique dit « **Kyoto** ». Ces résultats concernent la Métropole ainsi que les DOM (aussi appelés territoires d’Outre-Mer hors PTOM⁴) à savoir Guadeloupe et les îles de Saint-Martin, Martinique, La Réunion, Guyane et Mayotte.

Les émissions de GES considérées concernent chacun des **6 GES couverts par le Protocole de Kyoto : CO₂, CH₄, N₂O, PFC, HFC, SF₆ ainsi que le NF₃**. La période couverte par les estimations est 2015 à 2035 par pas de 5 ans. L’année historique 2010 est aussi présentée à titre de comparaison permettant ainsi de constater les évolutions. Les résultats sont présentés au **format CRF** (*Common Reporting Format*) défini par la CCNUCC⁵ :

- CRF 1 - Energie : toutes activités utilisant de l’énergie (combustion en installations fixes et mobiles) et émissions fugitives liées à ces combustibles comme l’industrie, les transports (routier, fer, *etc.*), le Résidentiel/tertiaire, la production d’énergie (électricité, raffinage de pétrole, *etc.*), *etc.*
- CRF 2 – Procédés et utilisation d’autres produits : Procédés industriels (chimie, sidérurgie, décarbonatation, *etc.*), utilisation de GES (gaz fluorés en réfrigération, mousses, *etc.*) et utilisation non énergétique (lubrifiants, paraffines, solvants).
- CRF 3 – Agriculture : Elevage (fermentation entérique et gestion des déjections), cultures (fertilisation), écobuage.
- CRF 4 – UTCATF (Utilisation des Terres, Changement d’Affectation des Terres et Foresterie) : puits et sources d’émissions de la récolte et l’accroissement forestier, la conversion des forêts (défrichage) et des prairies

⁴ Pays et Territoires d’Outre-Mer

⁵ Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique

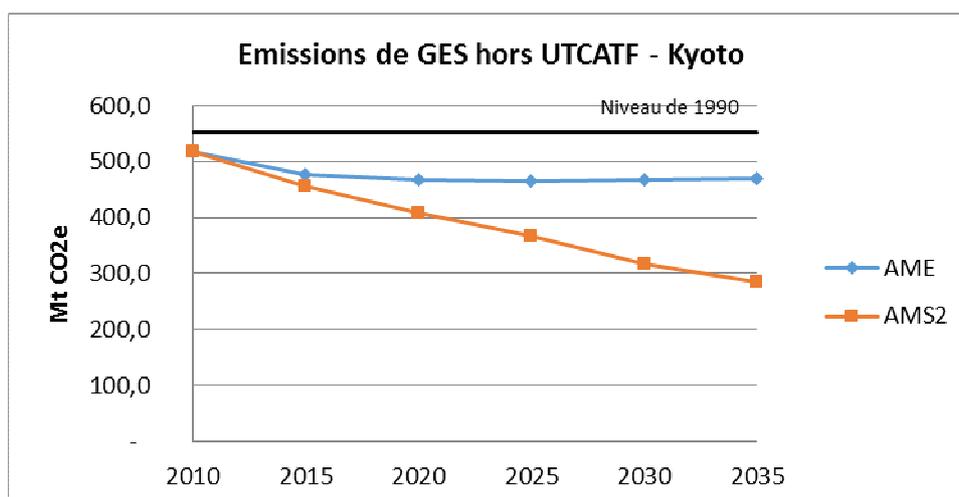
- CRF 5 – Déchets : Stockage, incinération, compost, traitement des eaux, etc.

3.2 Emissions totales de GES au périmètre Kyoto

Les émissions de GES totales pour le périmètre Kyoto (hors UTCATF⁶) sont en baisse de 15,4% en 2030 par rapport à 1990 pour le scénario AME. Pour le scénario **AMS2, cette diminution est estimée à -42,6%**.

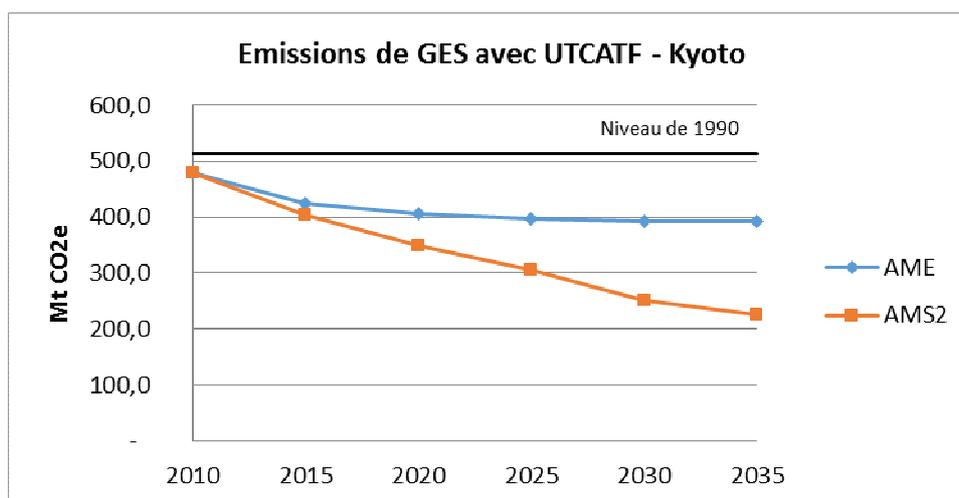
Pour le secteur de la production de l’énergie, les émissions présentées ci-dessous ont été obtenues en moyennant les résultats issus de la modélisation sur la période 2015-2028 de la même façon que ce qui a été fait pour la SNBC.

Tableau 12 : Emissions de GES hors UTCATF et avec UTCATF au périmètre Kyoto par scénario



	Emissions de GES hors UTCATF - Kyoto (Mt CO2e)							2030 / 1990 (%)
	1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	
AME	551,6	518,3	477,6	467,5	465,1	466,8	470,3	-15,4%
AMS2	551,6	518,3	457,0	407,3	366,2	316,7	285,7	-42,6%

⁶ UTCATF : secteur de l'utilisation des terres, du changement d'affectation des terres et de la foresterie.



	Emissions de GES avec UTCATF - Kyoto (Mt CO2e)							2030 / 1990 (%)
	1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	
AME	514,1	478,9	423,8	405,9	397,1	392,3	391,5	-23,7%
AMS2	514,1	478,9	403,2	347,9	305,0	250,4	225,8	-51,3%

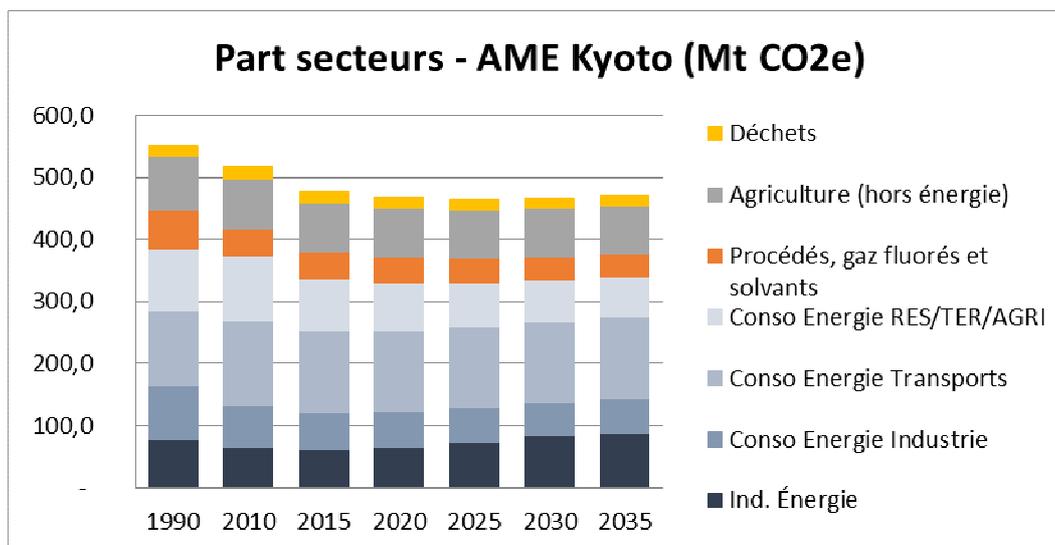
Source : CITEPA

En prenant en compte le puits net de carbone de l'UTCATF, les émissions de GES totales pour le périmètre Kyoto sont en baisse de **23,7% en 2030 par rapport à 1990 pour le scénario AME**. Pour le scénario AMS2, cette diminution est estimée à -51,3%.

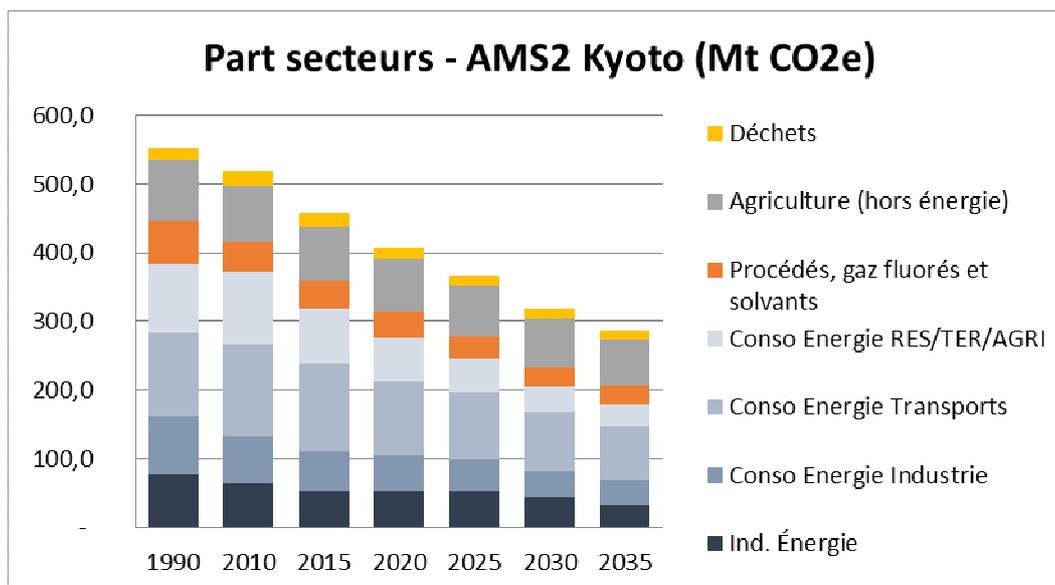
3.3 Part des différents sous-secteurs dans les émissions nationales

Les graphiques suivants montrent pour chaque scénario la contribution des différents sous-secteurs dans les émissions de GES :

Tableau 13 : Emissions de GES hors UTCATF au périmètre Kyoto par secteur et par scénario



AME		Part des secteurs d'activités dans le total GES hors UTCATF - Kyoto (Mt CO2e)							
		1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2030 / 1990 (%)
	Ind. Énergie	77,2	65,6	61,7	65,9	73,6	82,9	88,4	7%
CRF 1	Conso Energie Industrie	86,3	68,3	58,7	57,4	56,1	54,9	54,9	-36%
	Conso Energie Transports	121,0	133,9	132,2	129,7	129,5	129,3	131,3	7%
	Conso Energie RES/TER/AGRI	100,4	105,3	85,1	76,9	72,3	67,8	64,1	-32%
CRF 2	Procédés, gaz fluorés et solvants	63,0	43,1	41,6	41,1	38,3	37,2	37,6	-41%
CRF 3	Agriculture (hors énergie)	86,4	80,8	78,8	78,4	78,6	78,5	78,2	-9%
CRF 5	Déchets	17,3	21,3	19,5	18,1	16,8	16,2	15,6	-6%



AMS2	Part des secteurs d'activités dans le total GES hors UTCATF - Kyoto (Mt CO2e)								
	1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2030 / 1990 (%)	
Ind. Énergie	77,2	65,6	54,4	54,4	54,4	44,0	33,0	-43%	
Conso Energie Industrie	86,3	68,3	56,5	51,2	45,6	39,4	36,8	-54%	
CRF 1 Conso Energie Transports	121,0	133,9	129,0	108,5	96,7	84,9	79,1	-30%	
Conso Energie RES/TER/AGRI	100,4	105,3	80,2	62,3	50,3	37,6	30,9	-63%	
CRF 2 Procédés, gaz fluorés et solvants	63,0	43,1	41,2	39,6	32,4	28,5	27,3	-55%	
CRF 3 Agriculture (hors énergie)	86,4	80,8	77,4	75,3	73,4	70,8	68,4	-18%	
CRF 5 Déchets	17,3	21,3	18,4	15,9	13,5	11,6	10,1	-33%	

Source : CITEPA

Ces graphiques permettent de constater la part prépondérante de la combustion (Production d’énergie, Industrie, Transports, Résidentiel/Tertiaire) dans les émissions totales de GES. Pour le scénario AME, cette part varie de 67,8 % (en 1990) à 71,3% (en 2035). Pour le scénario AMS2, cette **part varie de 62,2 % (en 2035) à 70,9% (en 2010)**.

3.4 Détails des émissions par sous-secteur

3.4.1 CRF 1A1 et 1B – Production d’énergie et émissions fugitives

Lors de l’élaboration du scénario AMS2, le mix de production électrique n’a pas été décrit de façon détaillée. La représentation retenue est que les émissions sont stables sur la période 2015-2028. La PPE précisera la chronique temporelle associée à ce budget carbone.

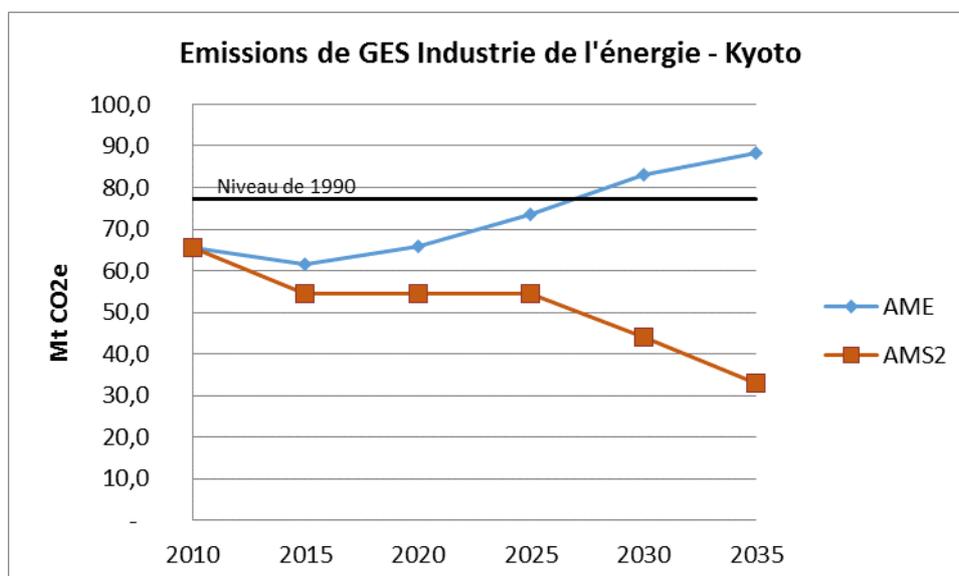
La catégorie CRF 1A1 correspond aux émissions de la combustion de la production d’énergie : production d’électricité centralisée, chauffage urbain, production

d'énergie à partir des usines d'incinération de déchets, raffinage du pétrole, transformation des combustibles solides (fabrication de coke).

La catégorie CRF 1B regroupe les émissions fugitives (c'est-à-dire hors combustion) de l'exploitation minière (1B1), de l'extraction des produits pétroliers et des procédés dans les raffineries de pétrole (1B2a), de l'extraction, la production et la distribution de gaz naturel (1B2b), ainsi que le torchage en raffineries (1B2c).

En 2010, les émissions étaient respectivement de 60,2 MtCO₂e pour la production d'énergie (CRF1A1) et de 5,4 MtCO₂e pour les émissions fugitives (CRF1B).

Tableau 14 : Emissions de GES au périmètre Kyoto des CRF 1A1 et CRF1B



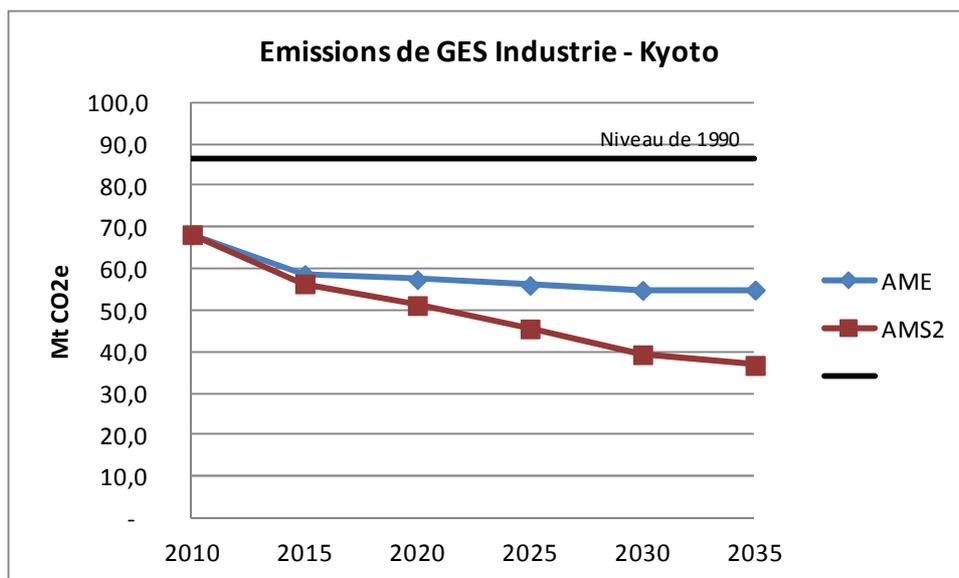
Emissions de GES de l'industrie de l'énergie (production d'énergie et émissions fugitives) - Kyoto (Mt CO ₂ e)								
	1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2030 / 1990 (%)
AME	77,2	65,6	61,7	65,9	73,6	82,9	88,4	7%
AMS2	77,2	65,6	54,4	54,4	54,4	44,0	33,0	-43%

Source : CITEPA

3.4.2 CRF 1A2 – Combustion dans l'industrie

La catégorie CRF 1A2 regroupe les émissions de la combustion dans les installations fixes (chaudières, turbines, fours) et mobiles (engins mobiles non routier) de l'industrie, ainsi que les émissions de la production d'électricité décentralisée.

Tableau 15 : Emissions de GES au périmètre Kyoto du CRF 1A2



MtCO2e		Emissions de GES de l'industrie - Kyoto							
MtCO2	1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2030/1990 (%)	
AME	86.3	68.3	58.7	57.4	56.1	54.9	54.9	-36%	
AMS2	86.3	68.3	56.5	51.2	45.6	39.4	36.8	-54%	

Source : CITEPA

L'évolution des émissions est directement liée à l'évolution des consommations des différents combustibles en Métropole et dans les DOM.

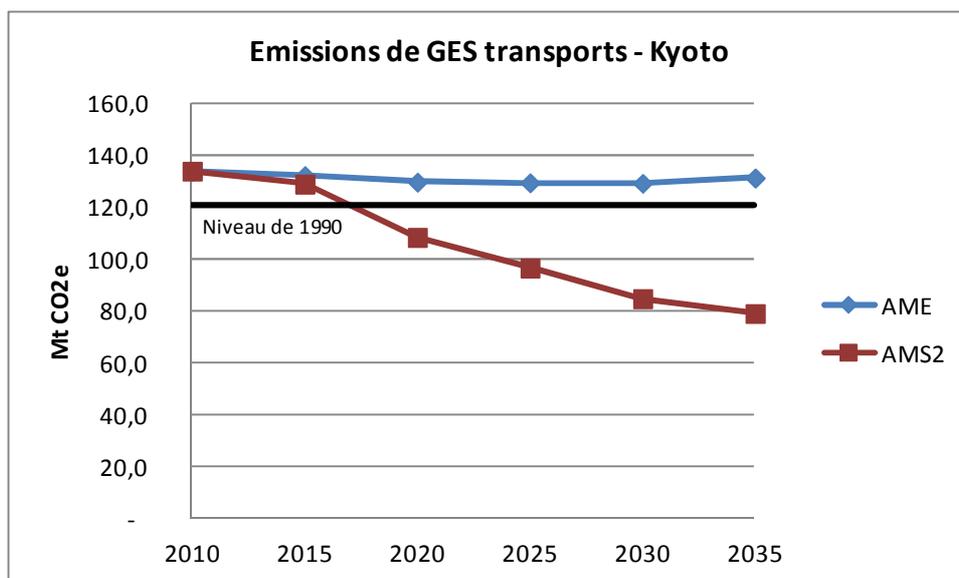
La baisse des émissions de GES s'explique par la **baisse globale des consommations totales dans l'industrie** (notamment les combustibles minéraux solides (CMS) et les produits pétroliers (PP) pour AME, CMS, PP et gaz naturel pour AMS2) selon les différents scénarios mais aussi par une **évolution du mix énergétique** et notamment la part plus importante des combustibles renouvelables dans le scénario AMS2. Pour rappel, le CO₂ des combustibles renouvelables (non fossiles) n'est pas comptabilisé dans le total national.

3.4.3 CRF 1A3 – Transports

La catégorie CRF 1A3 regroupe les émissions de la combustion dans les différents modes de transport : routier, aviation, fluvial / plaisance, maritime, ferroviaire.

A noter que pour l'aviation et le maritime, seules les émissions dues au trafic domestique (ou national) sont considérées dans le total national, c'est-à-dire les émissions ayant lieu entre deux points du territoire considéré (ici le périmètre Kyoto).

Tableau 16 : Emissions de GES au périmètre Kyoto du CRF 1A3



Emissions de GES des transports - Kyoto								
MtCO2	1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2030/1990 (%)
AME	121.0	133.9	132.2	129.7	129.5	129.3	131.3	7%
AMS2	121.0	133.9	129.0	108.5	96.7	84.9	79.1	-30%

Source : CITEPA

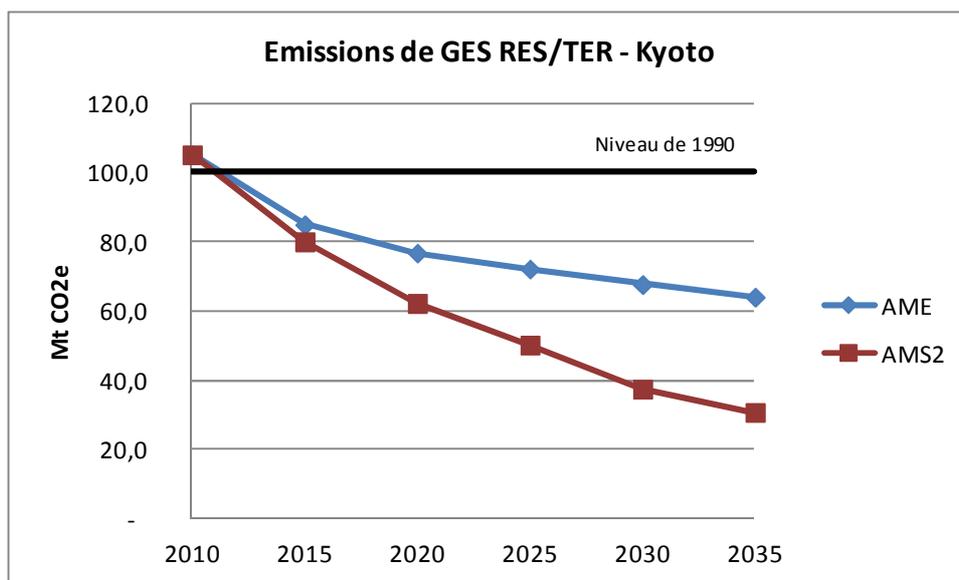
L'évolution des émissions est directement liée à l'évolution des consommations des différents combustibles en Métropole et dans les DOM.

Le transport routier représentant la majorité des consommations et des émissions (>93%), ce sont les mesures prises dans ce secteur qui ont le plus d'impacts (cf. section 1.6 – Demande finale du secteur des transports).

3.4.4 CRF 1A4 – Combustion dans le résidentiel, le tertiaire et l'agriculture/sylviculture/pêche

La catégorie CRF 1A4 regroupe les émissions de la combustion dans le résidentiel, le tertiaire (commercial, institutionnel) et dans les installations fixes et mobiles de l'agriculture / sylviculture / pêche (tracteurs, bateaux, etc.).

Tableau 17 : Emissions de GES au périmètre Kyoto du CRF 1A4



MtCO2e	Emissions de GES du résidentiel/tertiaire - Kyoto							
MtCO2	1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2030/1990 (%)
AME	100.4	105.3	85.1	76.9	72.3	67.8	64.1	-32%
AMS2	100.4	105.3	85.1	62.3	50.3	37.6	30.9	-63%

Source : CITEPA

L'évolution des émissions est directement liée à l'évolution des consommations des différents combustibles en Métropole et dans les DOM.

Dans les résultats présentés, il est à noter que le résidentiel représente de 60 à 70% des consommations mais seulement 45 à 60% des émissions grâce à la consommation de bois pour lequel les émissions de CO₂ ne sont pas comptabilisées dans le total national.

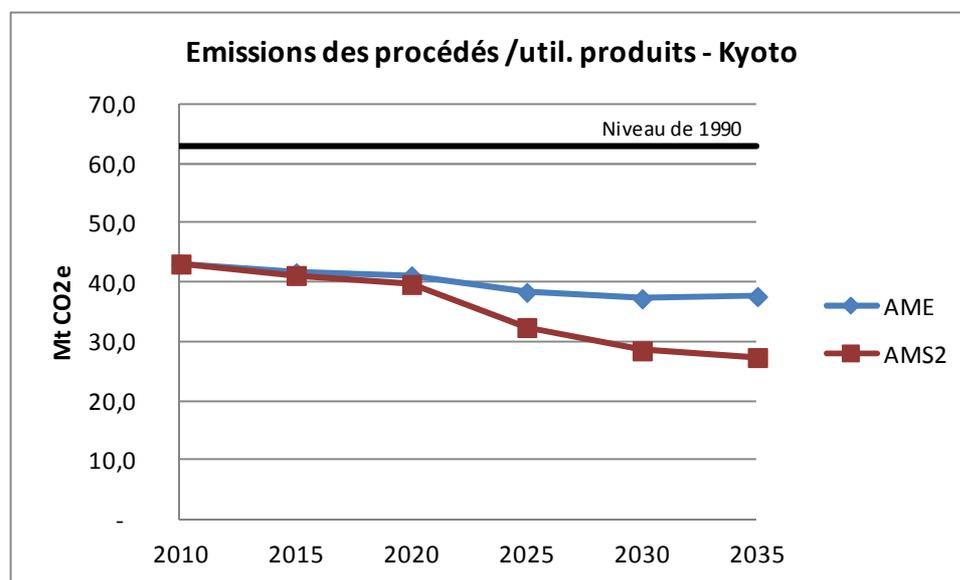
3.4.5 CRF 2 – Emissions dues aux procédés industriels et à l'utilisation de produits

Cette catégorie regroupe les émissions de procédés (c'est-à-dire hors combustion) ainsi que les émissions de GES dues à l'utilisation de certains produits.

Les principales activités émettrices sont les suivantes :

- décarbonatation dans la production de produits minéraux (ciment, verre, chaux, etc.),
- procédés de la chimie (productions acide nitrique, urée, noir de carbone, hydrogène, etc.),
- procédés de la métallurgie (émissions fugitives de la sidérurgie et de l'industrie des métaux non-ferreux),
- utilisation de substituts des Substances Appauvrissant la couche d'Ozone (SAO) (réfrigération, climatisation, mousses, aérosols, etc.) c'est-à-dire l'utilisation de gaz fluorés.

Tableau 19 : Emissions de GES au périmètre Kyoto du CRF 2



Emissions de GES des procédés et de l'utilisation de certains produits - Kyoto								
MtCO2e	1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2030/1990 (%)
AME	63.0	43.1	41.6	41.1	38.3	37.2	37.6	-41%
AMS2	63.0	43.1	41.2	39.6	32.4	28.5	27.3	-55%

Source : CITEPA

La baisse des émissions entre AME et AMS2 est principalement due à la mise en place du règlement F-Gas n°517/2014 (objectif de réduction des gaz fluorés).

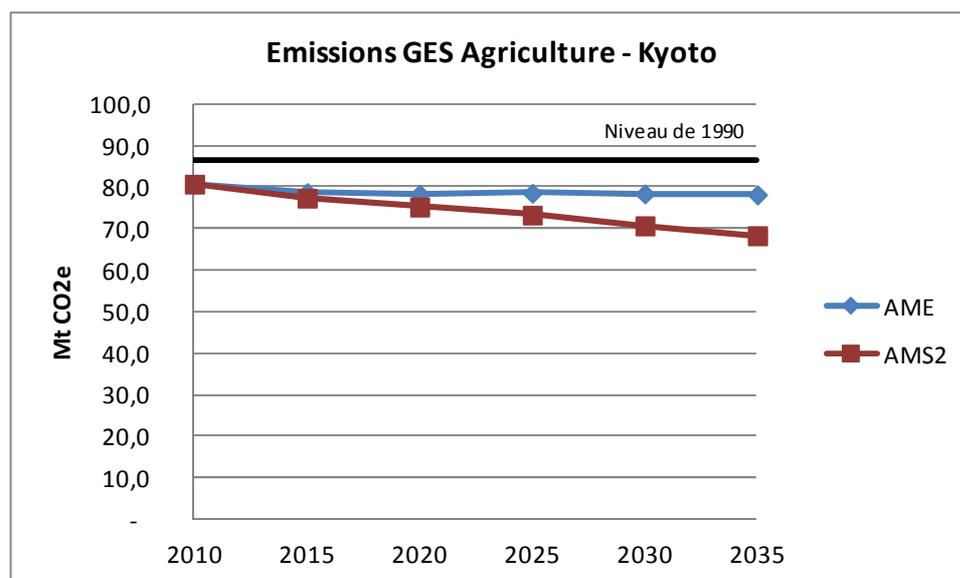
3.4.6 CRF 3 – Emissions de l’agriculture (hors combustion)

Cette catégorie regroupe les émissions liées à l’agriculture (hors combustion déjà prises en compte dans le CRF 1A4).

Les principales activités émettrices sont les suivantes :

- Fermentation entérique (Emissions de CH₄ liées à la fermentation dans l’appareil digestif des animaux),
- Gestion des déjections (Emissions de CH₄ et N₂O liées à la gestion des déjections des animaux),
- Sols / cultures (Emissions de N₂O liées à l’épandage de fertilisants de synthèse et des déjections animales sur les sols cultivés).

Tableau 20 : Emissions de GES au périmètre Kyoto du CRF 3



	Emissions de GES de l'agriculture - Kyoto (Mt CO2e)							2030 / 1990 (%)
	1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	
AME	86,4	80,8	78,8	78,4	78,6	78,5	78,2	-9%
AMS2	86,4	80,8	77,4	75,3	73,4	70,8	68,4	-18%

Source : CITEPA

3.4.7 CRF 4 – Emissions de l'utilisation des terres, changement d'affectation des terres et la forêt (UTCATF)

Cette catégorie regroupe les émissions liées à l'utilisation des terres, le changement des terres et la forêt.

Les différentes sous-catégories considérées peuvent être des puits de carbone ou des sources d'émissions.

Les principales sources émettrices sont les suivantes :

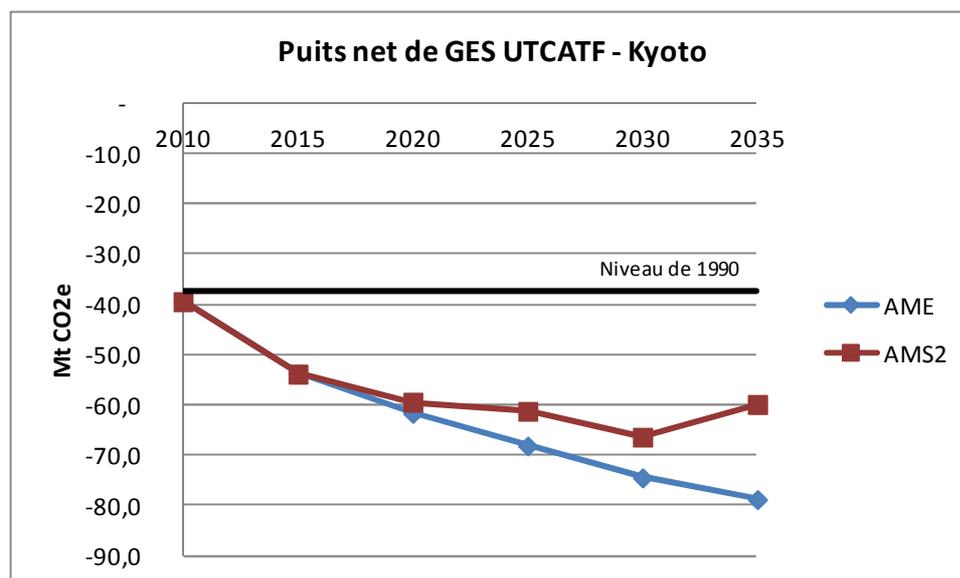
- CRF 4B : Terres cultivées
- CRF 4E : terres artificialisées

Ces catégories sont sources d'émissions à cause des défrichements et de l'artificialisation qui provoquent l'émission de carbone.

Les principaux puits de carbone sont les suivants :

- CRF 4A : Forêts
- CRF 4C : Prairies
- CRF 4D : zones humides
- CRF 4G : produits bois

Les prairies et forêt sont des puits de carbone à cause de la croissance forestière et du passage de culture vers prairie qui s'accompagne d'un stockage de carbone.

Tableau 21 : Puits net de GES UTCATF au périmètre Kyoto

MtCO2e	Emissions de GES de l'agriculture- Kyoto							
MtCO2	1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2030/1990 (%)
AME	-37.7	-39.4	-53.8	-61.6	-68.1	-74.4	-78.7	98%
AMS2	-37.7	-39.4	-53.8	-59.4	-61.2	-66.3	-59.8	77%

Source : CITEPA

La tendance observée pour le secteur UTCATF est essentiellement dictée par la dynamique forestière (puits du CRF 4A) qui devrait continuer sa hausse selon les projections actuelles. La différence observée entre les deux scénarios sur le graphique est essentiellement due à des quantités de récoltes de bois qui est plus ou moins importante selon les scénarios (quantité AME < quantité AMS2 donc puits AME > puits AMS2).

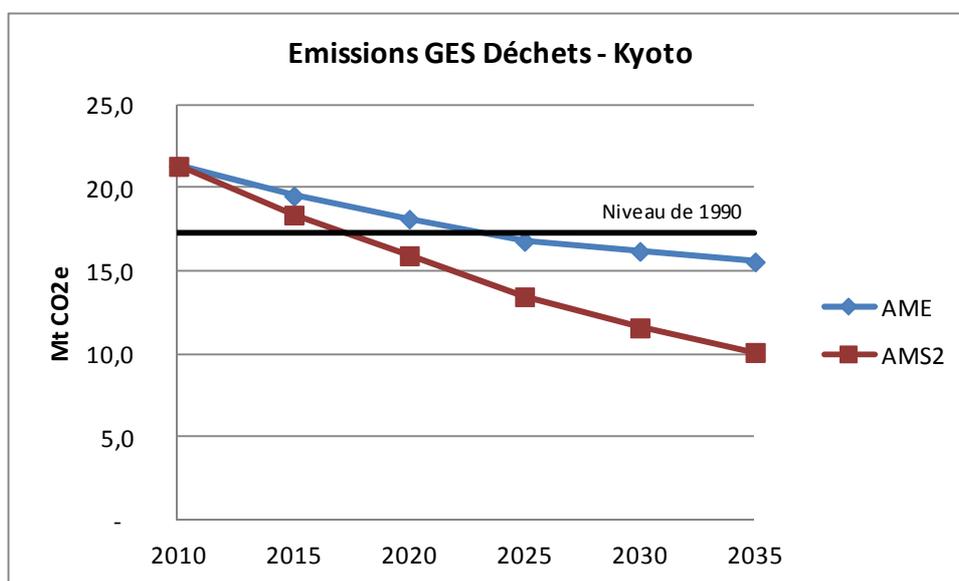
3.4.8 CRF 5 – Traitement des déchets

La catégorie CRF 5 regroupe l'ensemble des activités de gestion et de traitement des déchets solides et liquides à savoir :

- stockage des déchets solides (émissions de CH₄ en décharges),
- traitement biologique des déchets solides (production de compost et de biogaz),
- incinération sans valorisation énergétique⁷ et feux ouverts,

⁷ Les émissions de l'incinération avec valorisation énergétique sont prises en compte dans le CRF 1A1 (valorisation en électricité ou en chaleur).

- traitement de l'eau (résidentielle et industrielle).

Tableau 22 : Emissions de GES au périmètre Kyoto pour le CRF 5

Emissions de GES des déchets- Kyoto								
MtCO2e	1990	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2030/1990 (%)
AME	17.3	21.3	19.5	18.1	16.8	16.2	15.6	-6%
AMS2	17.3	21.3	18.4	15.9	13.5	11.6	10.1	-33%

Source : CITEPA

Les différences d'émissions entre le scénario AME et le scénario AMS2 proviennent principalement de la différence sur les quantités de déchets à traiter. Dans le scénario AME, cette quantité reste stable de 2015 à 2035 alors que dans le scénario AMS2, cette quantité diminue (-6,5% environ entre 2010 et 2030).

Cependant, indépendamment des quantités de déchets à traiter, une baisse des émissions est observée pour tous les scénarios du fait notamment de l'amélioration de certains paramètres comme le taux de captage et la part de la valorisation du biogaz dans le stockage des déchets solides.

IV Présentation des résultats macro-économiques

Deux évaluations des impacts macro-économiques du scénario AMS2, en écart à l’AME, ont été réalisées : l’une par SEURECO ERASME à l’aide du modèle NEMESIS, et l’autre par l’ADEME à l’aide du modèle ThreeME.

Tout d’abord, notons que l’exercice de scénarisation et celui qui a suivi, de modélisation des impacts macro-économiques a commencé avant la fin des débats parlementaires sur la loi n° 2015-992 du 17 août 2015 relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Or, c’est à la toute fin des débats parlementaires qu’a été introduite une trajectoire de composante carbone intégrée aux tarifs des taxes intérieures sur la consommation des produits énergétiques (atteignant 56 € constants / tCO₂ en 2020 et de 100 € constants / tCO₂ en 2030). Les scénarios AME et AMS2 avaient déjà été construits : ils n’intègrent donc pas cette trajectoire (la composante carbone de la taxe intérieure sur la consommation des produits énergétiques est constante à 22 € constants / tCO₂ de 2016 à 2035). Pour l’évaluation macro-économique des impacts d’AMS2 en écart à AME, le modèle NEMESIS n’a pas tenu compte de cette trajectoire. Pour ThreeME cependant, il a été possible de réaliser deux modélisations, « sans » et « avec » cette trajectoire de la composante carbone de la TICPE dans le cadre d’un travail complémentaire.

Ensuite, les approches méthodologiques suivies dans chaque modèle ont été différentes.

Les investissements et les réductions de consommation d’énergie sont exogènes pour NEMESIS, tandis que les investissements (sauf ceux liés aux constructions neuves et véhicules neufs) sont endogènes dans ThreeME. NEMESIS a été davantage contraint dans cet exercice que ThreeME qui a fonctionné de manière plus libre.

En effet, les quantifications macro-sectorielles réalisées avec le modèle NEMESIS utilisent les études détaillées sur les coûts réalisées en amont par les autres membres du consortium, spécialistes des différents domaines dans lesquels sont réalisés les investissements économiseurs d’énergie (Energies Demain et ENERDATA).

En revanche, ThreeME a visé des cibles de consommation énergétique finale (issues de la scénarisation amont réalisée par la DGEC avec le groupement de prestataires) aux différents horizons et a laissé les équations de comportement

des différents acteurs déterminer le montant des investissements qui seraient nécessaires à leur atteinte.

Concernant les principaux effets macro-économiques trouvés par les deux modèles, l'évaluation du scénario AMS2 en écart à AME aboutit à un résultat globalement positif tant sur la croissance du PIB que sur l'emploi.

Une manière d'apprécier ce résultat d'ensemble, au-delà des fluctuations liées aux vagues d'investissements, est de calculer le supplément de PIB annuel moyen sur la période et le nombre moyen d'emplois supplémentaires par an sur l'ensemble de la période (il s'agit de la moyenne des emplois supplémentaires constatés en écart au scénario AME, sur la période de modélisation, et non des emplois supplémentaires créés chaque année). Il apparaît que le scénario AMS2 amène, sur les 22 années (2014-2035), un supplément annuel moyen de PIB d'environ 25 milliards d'euros pour NEMESIS et de +30 à +35 milliards d'euros pour ThreeME.

Les résultats en termes d'emplois sont également positifs dans les deux modélisations mais ils sont plus contrastés. En moyenne sur l'ensemble de la période 2014-2035, le nombre d'emplois supplémentaires dans le scénario AMS2 par rapport au scénario AME est de +108 000 emplois pour NEMESIS et de +300000 à +350 000 emplois pour ThreeME.

Après discussion sur ces différences avec les experts, on peut considérer que ces estimations constituent des bornes vraisemblables de l'effet attendu sur l'emploi, avec un minimum estimé par le modèle NEMESIS et un maximum estimé par ThreeME.

Pour expliquer ces écarts entre les deux estimations de l'impact moyen sur l'emploi, trois pistes ont été identifiées : 1/ la représentation du secteur des transports dans NEMESIS est très synthétique et sous-estime vraisemblablement le nombre d'emplois créés suite aux investissements dans ce secteur ; 2/ dans l'industrie, la contrainte extérieure, c'est-à-dire la concurrence qu'exercent les industriels des pays tiers sur les industriels français, a été représentée comme plus forte dans NEMESIS que dans ThreeME, ce qui a conduit ThreeME à trouver plus de créations d'emplois dans l'industrie et 3/ on constate des évolutions contrastées de la productivité du travail dans les deux modèles (elle augmente davantage dans NEMESIS ce qui conduit à créer moins d'emplois dans NEMESIS que dans ThreeME, pour un même volume de surcroît d'activité). Tous ces résultats obtenus sur la période qui s'étend jusqu'en 2035 seraient un peu modifiés sur un horizon plus lointain et les écarts sur l'emploi entre les deux modèles plus resserrés, en raison d'une évolution plus favorable, en fin de période, des gains structurels de compétitivité dans NEMESIS.

Enfin, on peut noter qu'un test de sensibilité, réalisé avec le modèle NEMESIS, a permis de montrer que sans l'effort supplémentaire de constructions neuves, le

PIB supplémentaire sur les 22 années est de 23 milliards d’euros (à comparer aux +25 milliards d’euros) et le supplément moyen d’emplois de 87 000 emplois (à comparer à 108 000).

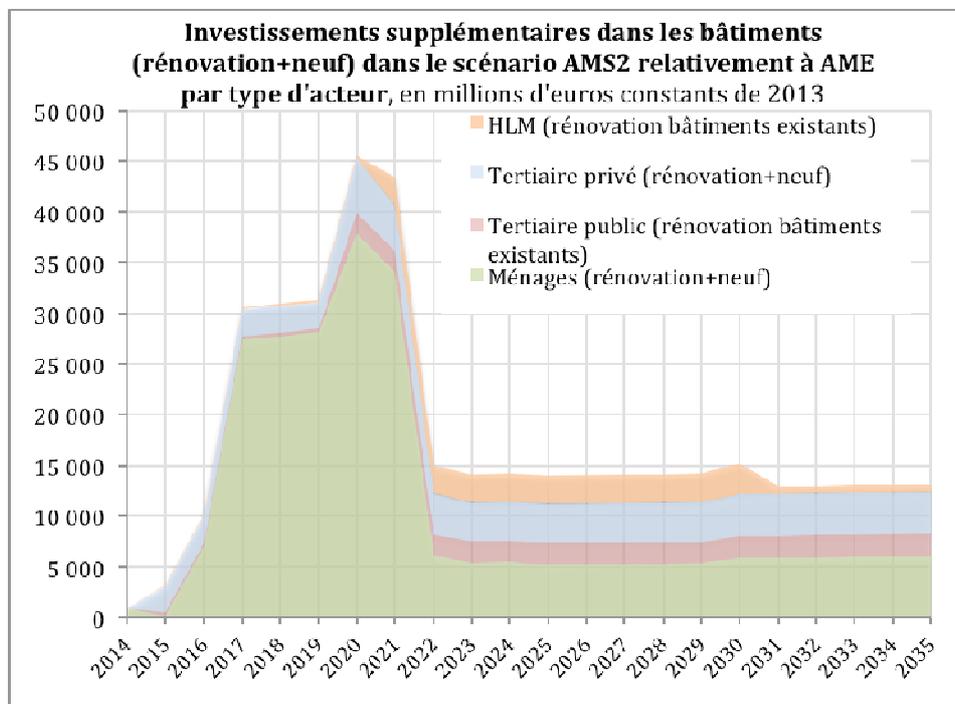
4.1 Les principaux résultats du modèle NEMESIS

Principaux déterminants du scénario AMS2 : les surcoûts d’investissement par rapport au scénario AME

En écart au compte central qu’est l’AME, les montants des investissements dans le domaine des bâtiments (investissement des ménages principalement mais également des entreprises du secteur tertiaire, des HLM et du tertiaire public) du scénario AMS2 sont très importants : **plus de 30 milliards d’euros par an entre 2017 et 2019, 40 à 45 milliards d’euros en 2020 et 2021, une quinzaine de milliards d’euros par an sur le restant de la période (2022-2035)**. L’écart d’investissements cumulés dans le domaine du bâtiment du scénario AMS2 par rapport à AME atteint 390 milliards d’euros sur la période 2014-2035.

Ces investissements supplémentaires dans le scénario AMS2 relativement au scénario AME sont réalisés à **62% par les ménages** (242 milliards d’euros sur l’ensemble de la période 2014-2035), 20% par les entreprises du secteur tertiaire (78 milliards d’euros), à 9,5% par le tertiaire public (37 milliards d’euros) et à 8,5% dans les HLM (33 milliards d’euros).

Figure 11 : Investissements supplémentaires dans les bâtiments (rénovation et neuf) dans AMS2 par rapport à AME



Source : SEURECO/ Erasme

L'ensemble des surcoûts et investissements dans le domaine des **transports** (les investissements pour le développement des bornes de recharge pour les véhicules électriques, les coûts des LGV et TCSP, les investissements des constructeurs automobiles et les surcoûts d'acquisition de véhicules électriques), fluctue autour de **3 milliards d'euros par an** pour le scénario AME (pour un total cumulé des surcoûts et investissements pour la période 2014-2035 de 63,9 milliards d'euros), **et entre 4 et 6 milliards d'euros pour le scénario AMS2** (total cumulé de 109,5 milliards d'euros). Les écarts annuels entre l'ensemble des surcoûts et investissements dans le domaine des transports dans le scénario AMS2 relativement au scénario AME sont relativement faibles en regard de ceux que nous avons relevés précédemment dans le domaine du bâtiment. Cet écart annuel atteint entre 2,2 et 2,5 milliards d'euros pour le scénario AMS2 entre 2020 et 2030. Sur l'ensemble de la période 2014-2035, la somme des écarts annuels de surcoûts et d'investissements dans le domaine des transports relativement à AME est de 46 milliards d'euros pour le scénario AMS2.

Les écarts annuels d'investissements dans les nouveaux moyens de production d'électricité entre les scénarios AMS2 et AME sont positifs jusqu'en 2026 (de l'ordre de 2 milliards d'euros en moyenne) puis s'inversent. On observe enfin un

regain d’investissement en toute fin de période (à partir de 2033). Finalement, sur l’ensemble de la période 2014-2035 la somme des écarts annuels d’investissements par rapport à AME est de 2,7 milliards d’euros pour le scénario AMS2.

En ce qui concerne les secteurs industriels⁸, dans le scénario AMS2, les investissements annuels pour améliorer l’efficacité énergétique atteignent 1,9 milliards d’euros (soit 39,6 milliards d’euros d’investissement cumulés sur l’ensemble de la période). Ces investissements sont réalisés principalement dans le secteur de la chimie (20%), de l’agro-alimentaire (23%) et les industries de biens d’équipement.

En résumé, les investissements dans les bâtiments (rénovations et construction neuves) sont ceux qui par leur montant vont avoir le plus d’importance et donc de résonance d’un point de vue macroéconomique. Ce sont les investissements structurants, ceux qui vont le plus influencer la dynamique économique d’ensemble du scénario AMS2 par rapport à AME.

Des mécanismes économiques en trois phases

L’accroissement important des investissements conduit à trois phases macroéconomiques. Puisque les investissements se poursuivent tout au long de la période 2014-2035, les trois phases se chevauchent :

1. Une phase d’accroissement de demande lorsque se déploient ces investissements, avec des bénéfices économiques immédiats (effet multiplicateur de l’investissement)
2. Une phase durant laquelle les coûts (efforts financiers) associés aux paiements et remboursements de ces investissements se manifestent, ce qui pèse sur la situation économique,
3. Une dernière phase enfin, à plus long terme, durant laquelle les bénéfices structurels de ces investissements sont à l’œuvre, et notamment les économies d’énergie.

Dans la première phase, les accroissements d’investissements augmentent la demande des secteurs fournisseurs de biens d’investissements. Ces derniers augmentent alors leur demande de facteurs de production (dont le travail) pour répondre à cet accroissement de demande et donc créent des emplois supplémentaires. Et ainsi, compte tenu des effets d’entraînement, un cercle vertueux se met en place, les effets multiplicateurs des investissements

⁸ Dans les services, les investissements économiseurs d’énergie sont le résultat des investissements dans les bâtiments tertiaires et non le résultat d’investissements directs comme dans l’industrie.

additionnels entraînent un surcroît d’activité supérieur au choc d’investissement initial.

Dans la seconde phase, le financement du choc exogène d’investissement (les efforts financiers des acteurs) a des conséquences négatives. Les entreprises, dont le taux de marge est supposé constant, reportent dans leurs prix les coûts associés à leurs investissements. Les ménages voient leur revenu réel disponible diminuer (car ne se manifestent pas immédiatement des économies d’énergie à la hauteur des efforts financiers associés à ces lourds investissements). Bien entendu, ces deux coûts pour le système économique sont en partie modulés par le recours à l’emprunt, qui permet que ces coûts et charges soient reportés et étalés dans le temps.

Dans le bâtiment, les investissements sont financés suivant ces hypothèses :

Tableau 23 : hypothèses de financement dans le bâtiment

Type d’opération	Acteur	Modalités des emprunts	Part empruntée
Rénovation du bâti et systèmes de chauffage	Ménages	Durée moyenne du prêt : 10 ans	33% par emprunt, le reste sur le revenu
		Taux d’intérêt réel 3%	
Rénovation du bâti et systèmes de chauffage	Tertiaire privé	Durée moyenne du prêt : 10 ans	67% par emprunt, le reste imputé
		Taux d’intérêt réel 3%	
Logements neufs	Ménages	Durée moyenne du prêt : 18 ans	85% par emprunt, le reste sur le revenu
		Taux d’intérêt réel 3%	
Bâtiments tertiaires neufs	Tertiaire privé	Durée moyenne du prêt : 18 ans	85% par emprunt, le reste imputé
		Taux d’intérêt réel 3%	
Rénovation du bâti et systèmes de chauffage	HLM	Durée moyenne du prêt : 10 ans	50% par emprunt
		Taux d’intérêt réel 1%	

Source : SEURECO/ Erasme

Les investissements dans les autres secteurs sont financés soit directement par les capacités de financement des acteurs soit en reportant dans les prix le coût induit par ces investissements.

Par ailleurs, les fortes créations d’emplois entraînent des tensions sur certaines catégories de qualifications, et la hausse des salaires qui s’ensuit vient renforcer les hausses de prix pour amoindrir la compétitivité des entreprises.

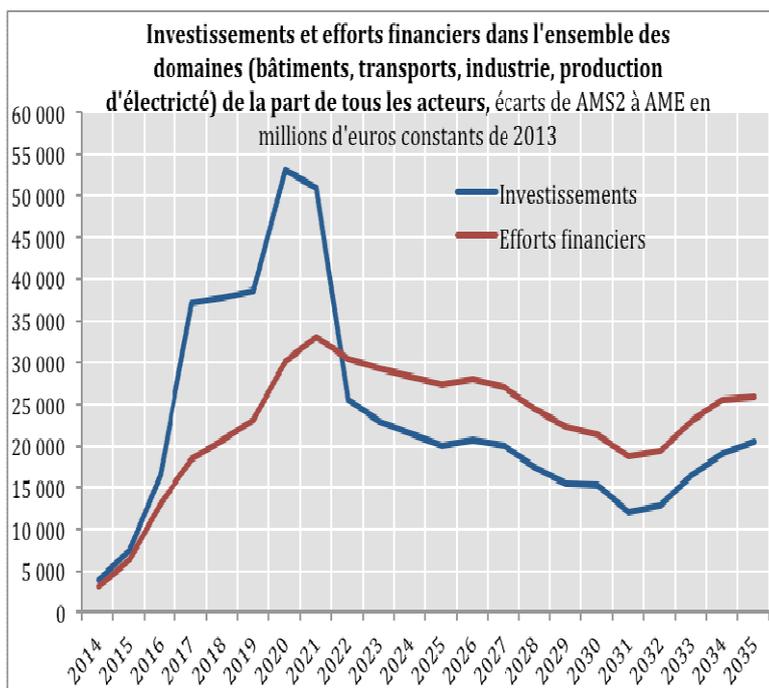
Les bénéfices structurels à plus long terme proviennent essentiellement des gains d’efficacité énergétique qui ont les conséquences suivantes pour l’économie : des gains de productivité et des baisses de coûts pour les entreprises, des gains de pouvoir d’achat pour les ménages et d’un point de vue macroéconomique un allègement de la facture énergétique.

Par conséquent, un des éléments essentiels qui permet de comprendre la dynamique macroéconomique du scénario AMS2 en écart au scénario AME est **l’écart entre les investissements réalisés et ce qu’ils coûtent aux acteurs qui les réalisent**. En effet le montant des investissements va déterminer l’effet de stimulation de l’économie, tandis que la chronique des coûts va déterminer la ponction sur le pouvoir d’achat des ménages ou le report dans les coûts de production pour les entreprises. En finançant une partie des investissements par l’emprunt, l’effet de relance positif des investissements et l’effet négatif du financement de ceux-ci sont partiellement désynchronisés.

À long terme, le diagnostic porté sur ces scénarios va donc être la résultante des coûts résiduels et des gains liés à l’efficacité et aux coûts énergétiques.

Evaluation des conséquences économiques du scénario AMS2

La partie la plus significative des investissements est constituée par les **investissements dans le domaine du bâtiment (rénovations et constructions neuves)**. Du fait de recours à l’emprunt des acteurs pour financer ces investissements, l’effort d’investissement est très supérieur aux efforts financiers jusqu’en 2022. L’effet multiplicateur de l’investissement va ainsi jouer pleinement dans cette première période pour ce qui concerne les investissements dans le domaine des bâtiments. A partir de 2023, les efforts financiers associés aux investissements dans le domaine du bâtiment dépassent les investissements d’environ 4 milliards d’euros. C’est une période durant laquelle la situation économique se dégrade légèrement (les investissements fléchissent suite à l’arrêt de l’effort supplémentaire dans le neuf, le pouvoir d’achat des ménages est amoindri par les remboursements, la compétitivité est dégradée du fait de la hausse des prix provoquée par la forte activité économique associée aux efforts d’investissements de la période 2017-2021).

Figure 12 : Investissements et efforts financiers dans tous les secteurs dans AMS2 par rapport à AME

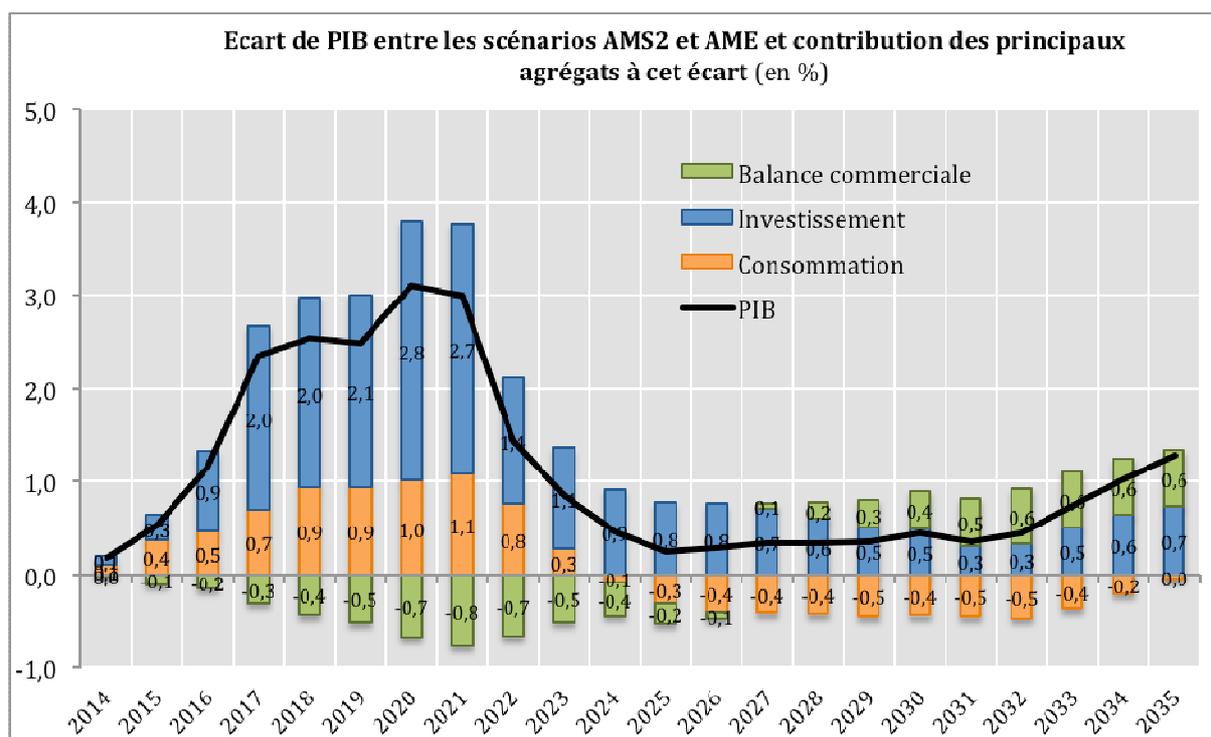
Source : SEURECO/ Erasme

Le profil du supplément de PIB est très lié au profil des investissements supplémentaires. Le supplément de PIB est maximal en 2020 (PIB de AMS2 supérieur de 3,1% à son niveau du scénario AME). Avec l'arrêt de l'effort dans la construction neuve (qui intervient entre 2017 et 2021), le supplément de PIB s'amenuise pour s'établir entre +0,3% et +0,5% entre 2024 et 2031. Les dernières années du scénario sont marquées par une nouvelle accélération du supplément de PIB (qui atteint +1,3% en 2035). Ceci est en partie imputable aux investissements dans les nouveaux moyens de production d'électricité qui provoquent un nouveau pic d'investissement.

Dans la première partie du scénario, **le supplément de PIB est important et les créations d'emplois nombreuses (413 000 emplois supplémentaires en 2021)** : les ménages voient leur situation sur le marché du travail s'améliorer et leurs revenus augmenter. Le supplément de création de richesse permet aux ménages d'accroître leur consommation, par rapport au scénario AME d'autant plus que le recours à l'emprunt désynchronise l'effort financier associé aux investissements. Dans un second temps (à partir de 2021), **les remboursements des emprunts deviennent importants et le reflux du supplément d'investissement (et donc de l'emploi associé) aboutissent à un fléchissement de la consommation**. Celle-ci contribue négativement à l'écart de PIB entre AMS2 et AME à partir de 2024. Cependant, à partir du milieu de la

décennie 2020, les cumuls d’économies d’énergie (provenant des investissements réalisés auparavant) permettent de libérer progressivement du pouvoir d’achat de sorte que la consommation recommence à légèrement augmenter (et la contribution de la consommation au supplément de PIB est de moins en moins négative).

La contribution du commerce extérieur à l’écart de PIB entre AMS2 et AME (d’abord négative jusqu’en 2026 puis de plus en plus positive par la suite) s’explique par deux phénomènes. D’une part par **l’évolution de la compétitivité**. Le supplément de progression de l’indice des prix du fait du supplément d’activité important et rapide entre 2015 et 2020 (l’indice des prix est supérieur de 4,2% à son niveau du compte central (AME) en 2022) aboutit à une dégradation de la compétitivité-prix. **Le niveau des exportations fléchit relativement à son niveau du scénario AME** (les exportations de AMS2 sont inférieures de 1,8% à leur niveau du scénario AME en 2022). Par la suite le **supplément d’indice des prix par rapport à AME diminue** car le supplément d’activité est moins important et parce que les économies d’énergies se manifestent. Ainsi, les exportations ne sont plus inférieures à leur niveau de AME que de 0,9% en 2035. Le supplément important de consommation en début de période provoque un supplément d’importations ce qui creuse le déficit extérieur. Dans la seconde période (à partir de 2022), le supplément de demande intérieure par rapport à AME fléchit (moins d’importations de biens et services en provenance de l’étranger) et les économies d’énergie débouchent sur de moindres importations de produits fossiles (pétrole notamment). Le niveau des importations diminuent et celles-ci sont inférieures de 2,6% à leur niveau du scénario AME en fin de période. L’orientation à la baisse du niveau des importations et le regain de compétitivité aboutissent à ce que la contribution du commerce extérieur soit un déterminant majeur de la dynamique macroéconomique de fin de période (contribution de 0,6 point pour un supplément de PIB de 1,3% en 2035).

Figure 13 : Ecart de PIB entre AMS2 et AME dans NEMESIS

Source : SEURECO/ Erasme

Principales conclusions

La stricte évaluation économique des scénarios aboutit à un **résultat à long terme positif tant sur la croissance que sur l'emploi**. Une manière d'apprécier ce résultat d'ensemble, au-delà des fluctuations liées aux vagues d'investissements est de calculer le supplément de PIB annuel moyen sur la période et le nombre moyen d'emplois supplémentaires par an sur l'ensemble de la période. Il apparaît que le scénario AMS2 amène un supplément moyen de PIB de 25 milliards d'euros sur les 22 années (2014-2035) et un supplément de 108000 emplois par an sur ces 22 années. Les mêmes calculs de PIB supplémentaire moyen et d'emplois supplémentaires moyens sur les 22 années sur un test de sensibilité sans l'effort supplémentaire de constructions neuves aboutissent à respectivement 23 milliards d'euros et 87 000 emplois (par an, en moyenne sur la période 2014-2035).

Un phénomène intéressant révélé par ces simulations est la **hausse de la productivité du travail** (de l'ordre de 0,5% par an) concomitante de la manifestation des économies d'énergie. Même si une partie de cette hausse de la productivité constatée provient d'un phénomène de cycle de productivité transitoire, il n'en demeure pas moins que cette hausse de la productivité est un phénomène peu mis en avant et rarement révélé par l'évaluation de scénarios de transition énergétique (auxquels on associe traditionnellement un phénomène d'enrichissement de la croissance en emplois car on considère que les emplois

associés à cette transition ont une productivité du travail inférieure à la moyenne de l'économie).

4.2 Les principaux résultats du modèle ThreeME

Le calibrage du modèle a été modifié de manière à respecter les hypothèses concernant l'évolution :

- de la croissance démographique
- des gains de productivité
- du prix des combustibles fossiles
- des immatriculations neuves et le taux de pénétration des véhicules électriques
- de la construction de logements neufs
- La part des différents modes de production énergétique dans chacun des vecteurs (carburants, électricité, chaleur et vapeur) est fixée de façon exogène pour respecter les hypothèses du scénario
- des mesures fiscales environnementales (CIDD et EcoPtz)
- du prix des quotas de CO2 sur le marché européen.

Pour modéliser les effets du scénario AMS2, les modifications suivantes ont été apportées au scénario AME :

- La part des différents modes de production énergétique dans chacun des vecteurs (carburants, électricité, chaleur et vapeur) est fixée de façon exogène pour respecter les hypothèses du scénario.
- Des mesures réglementaires et des investissements supplémentaires ont été introduits, selon différentes techniques de modélisation :
- Simulation de la mesure en tant que telle :
 - Augmentation du nombre de PTZ distribués ;
 - Evolution du taux du CITE ;
 - Investissements dans le ferroviaire et les transports collectifs ;
 - Hausse de la pénétration du nombre de véhicule électriques (VE) ;

- Amélioration des rendements des véhicules VP, VUL et PL ;
- Modification du taux d'occupation des véhicules ;
- Report modal des voyageurs entre la route et le rail ;
- Essor des mobilités douces ;
- Baisse des vitesses de circulation routière ;
- Augmentation du nombre de constructions neuves ;
- Amélioration des rendements énergétiques de la production d'eau chaude sanitaire et de la cuisson ;
- Augmentation « fictive » des prix de l'énergie dans les équations de comportement des acteurs économiques, permettant d'atteindre la cible de consommation souhaitée (voir précisions ci-dessous) :
 - Obligation de rénovation dans le tertiaire et renforcement des CEE ;
 - Amélioration des normes thermiques dans le bâtiment (logement et tertiaire);
 - Développement des transports collectifs;
 - Regain d'investissement d'efficacité énergétique dans l'industrie.

Du côté de la demande d'énergie, des signaux prix ont en effet été introduits pour inciter les acteurs à substituer du capital à l'énergie et ainsi atteindre les cibles de consommation finale des scénarios construits par la DGEC. Ils reflètent le coût implicite du renforcement des normes et de l'amélioration des rendements énergétiques. L'avantage de cette méthodologie est que les mécanismes d'investissement sont endogènes. Seuls les investissements relatifs aux constructions de logements neufs et aux immatriculations neuves de véhicules sont exogènes.

C'est la raison pour laquelle, le montant des investissements ne correspond pas exactement à ce qui a été estimé, toutes choses égales par ailleurs, pour l'évaluation macro-économique des scénarios réalisée par le consortium Seureco-Enerdata-Energies Demain- - CITEPA.

Comme indiqué au début de ce point 7, avec le modèle ThreeME, des évaluations ont été faites « sans », puis, « avec » la trajectoire de composante carbone atteignant des niveaux de 56 euros / tonne de CO2 en 2020 et 100 euros / tonne de CO2 en 2030.

Dans le cas des résultats « sans » la trajectoire de composante carbone, celle-ci est supposée égale à 22 euros / tCO2 à partir de 2016 et ce jusqu’en 2035.

Comme l’indique le graphique ci-dessous, la mise en œuvre d’AMS2 se traduit alors, par une hausse de 1,4 point de PIB en 2035 par rapport à son niveau dans AME.

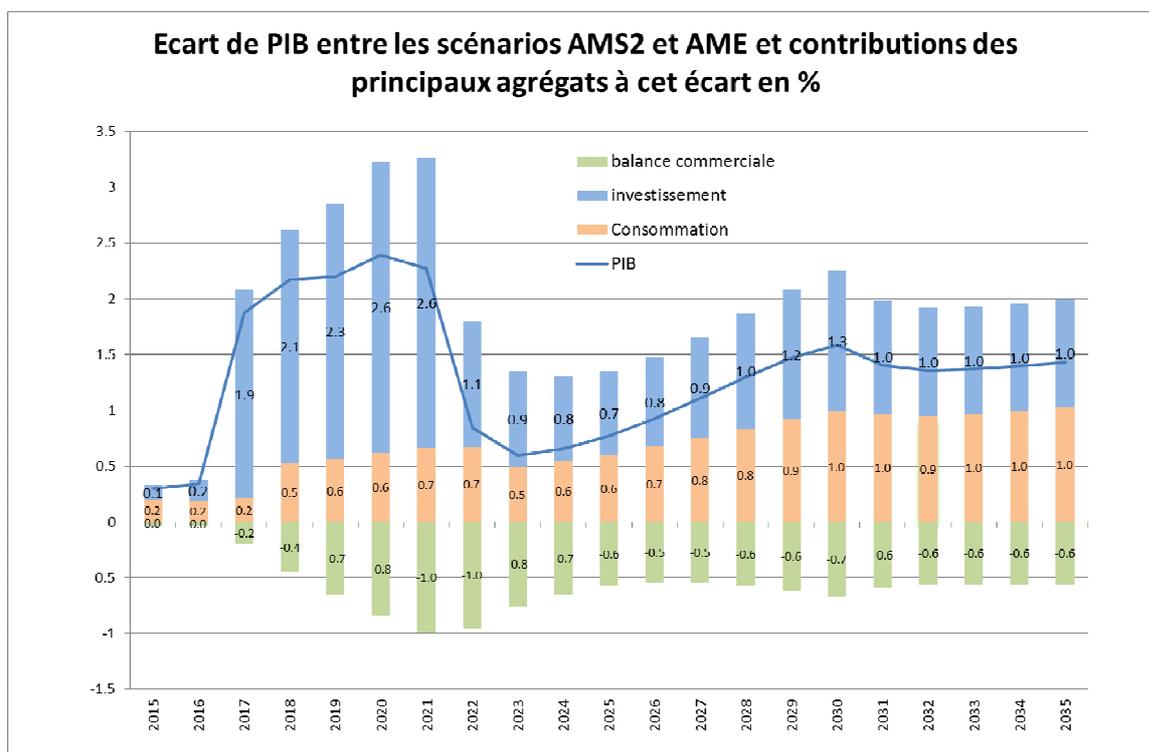


Figure 14 : Evolution de l’écart de PIB et contribution des agrégats du PIB (modèle THREEME) : « sans » la trajectoire de composante carbone (celle-ci est constante à 22 euros constants / tonne de CO2 de 2016 à 2035).

Le graphique ci-dessus se lit ainsi : en 2021, l’écart des PIB entre AMS2 et AME (courbe bleue) est de +2.3 points de PIB (d’AME). Dit autrement, le PIB d’AMS2 vaut 1,023 fois celui d’AME en 2021. Cela se lit sur l’axe des ordonnées. La contribution des investissements (en réalité, de l’écart d’investissements entre AMS2 et AME) à cet écart de PIB est de +2.6 points de PIB. La contribution de la consommation est de +0.7 point de PIB et la contribution de la balance commerciale est de -1 point de PIB. Au total, en faisant la somme de ces contributions (+2.6+0.7-1.0), on retrouve bien l’écart de PIB de +2.3 point de PIB.

L'essentiel de la croissance est tirée par les investissements en début de période, qui engendrent de nouvelles créations d'emplois et une hausse de la consommation, qui rétroagit positivement sur l'activité. La différence s'estompe ensuite progressivement à mesure que les agents remboursent leurs dettes, et sous l'effet d'une dégradation du déficit de la balance commerciale. La baisse de la facture énergétique est en effet compensée par la diminution des exportations, provoquée par le regain des pressions inflationnistes. Néanmoins, le ratio déficit commercial sur PIB diminue en fin de période (-0.9 point de PIB en 2035).

La consommation des ménages augmente progressivement sous l'effet des créations d'emplois et d'une baisse de la facture énergétique. Dans un premier temps, le regain de consommation est modéré, malgré les fortes créations d'emplois, car les investissements de rénovation énergétiques des bâtiments et les constructions neuves (500 000 / an entre 2017 et 2021 dans AMS2 contre 330 000 tous les ans dans AME) exercent un effet d'éviction partiel sur la dépense des ménages (ceux-ci autofinancent leurs investissements dans la rénovation à 65%, en revanche ils financent l'achat d'un logement neuf à 100% par emprunt). Dans un second temps, la consommation augmente de façon progressive mais constante sous l'effet des créations d'emplois.

Le déficit extérieur est positivement corrélé à la consommation. La balance commerciale contribue négativement à la croissance du PIB car l'excédent d'importation de biens de consommation compense la baisse de la facture énergétique. Les pressions inflationnistes induites par le regain de croissance affectent également la compétitivité des entreprises ce qui dégrade la balance commerciale.

Au global, dans cette simulation faite par l'ADEME avec le modèle ThreeME, il apparaît que le scénario AMS2 amène un supplément annuel moyen de PIB d'environ 30 milliards d'euros sur les 22 années (2014-2035) et que l'écart annuel moyen d'emplois sur les 22 années de 2014 à 2035 entre AMS2 et AME est d'environ +300 000 emplois pour ThreeME.

Les résultats « avec » la trajectoire de composante carbone atteignant des niveaux de 56 euros constants / tonne de CO₂ en 2020 et 100 euros constants / tonne de CO₂ en 2030 sont décrits ci-dessous.

Dans cette simulation « avec » taxe, les recettes de cette taxe sont supposées recyclées de la façon suivante : baisses de charges pesant sur le travail pour les entreprises et baisses d'impôts pour les ménages.

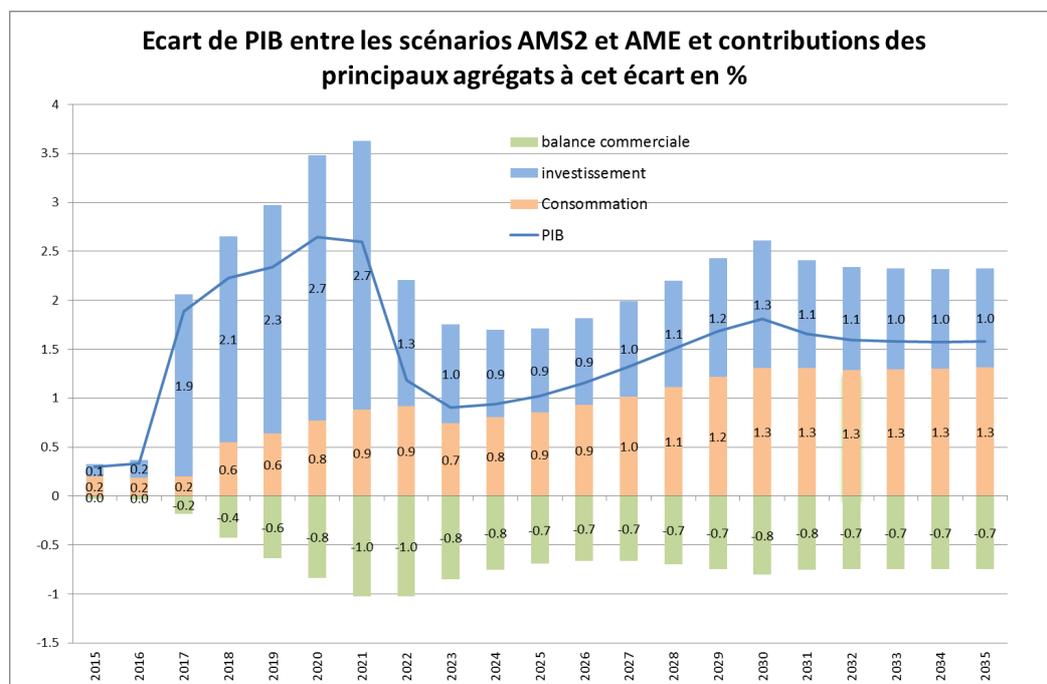


Figure 15 : Evolution de l'écart de PIB et contribution des agrégats du PIB (modèle THREEME) : « avec » la trajectoire de composante carbone atteignant des niveaux de 56 euros constants / tonne de CO₂ en 2020 et 100 euros constants / tonne de CO₂ en 2030.

Dans cette évaluation réalisée par l'ADEME avec le modèle THREEME, la mise en œuvre d'AMS2 se traduit par un écart d'investissement entre le scénario AMS2 et AME de +3,2 points de PIB en 2021 au moment maximum. Cet écart d'investissements entre AMS2 et AME est de +1,2 points de PIB en 2035.

Le gain de PIB en 2035 dans le scénario AMS2 « avec » taxe est de 1.6% par rapport à AME. Il n'était que de 1.4% dans le scénario « sans » taxe. De même, « avec » taxe, le supplément annuel moyen de PIB sur la période s'élève à près de 35 milliards d'euros constants. « Sans » taxe, il était de 30 milliards d'euros.

Les résultats de la simulation « avec » taxe carbone sont légèrement meilleurs que ceux de la simulation « sans » taxe en raison des effets positifs sur l'économie du recyclage des recettes de la taxe CO₂ en baisses de charges pesant sur le travail et en baisses d'impôts pour les ménages (« double dividende »).

Comme dans le scénario précédent, en début de période, l'essentiel de la croissance est tirée par les investissements, qui engendrent de nouvelles créations d'emplois et une hausse de la consommation, qui rétroagit positivement sur l'activité. Le regain de consommation est d'abord modéré car la hausse des mensualités induites par les constructions neuves et la rénovation énergétique des logements exerce un effet d'éviction sur la dépense des ménages. Dans un second temps, l'investissement ralenti mais la consommation continue à croître sous l'effet de l'essor de la masse salariale, ce qui contribue positivement et vigoureusement à la croissance.

La balance commerciale se dégrade davantage dans AMS2 que dans AME. La contribution du commerce extérieur à la croissance est donc négative. La diminution de la compétitivité des entreprises, liée à la hausse des prix de l'énergie, et le regain des importations de biens de consommation compensent en effet la réduction de la facture énergétique. Cependant, le ratio déficit extérieur sur PIB diminue de 0,8 point en 2035.

Au final, c'est la chronique des créations d'emplois qui détermine l'essentiel de la dynamique de la demande et donc du PIB.

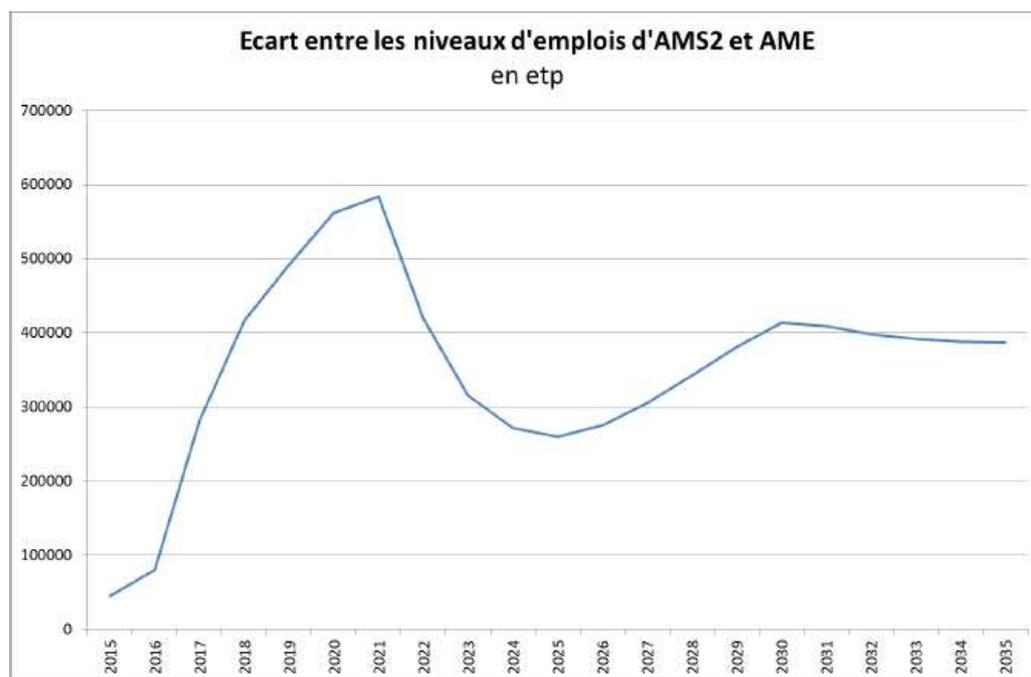


Figure 16 : supplément d'emploi issus de ThreeME « avec » la trajectoire de composante carbone atteignant des niveaux de 56 euros / tonne de CO₂ en 2020 et 100 euros / tonne de CO₂ en 2030.

Les créations d'emplois dans les filières vertes sont supérieures aux destructions de postes dans la branche des énergies fossiles et des filières énergivores. En 2035, près de 390 000 emplois supplémentaires sont créés dans AMS2 par rapport

à AME, et 350 000 en moyenne sur la période 2015-2035 (contre 300 000 emplois supplémentaires en moyenne, sur la période, dans AMS2 par rapport à AME, dans la simulation « sans » taxe.

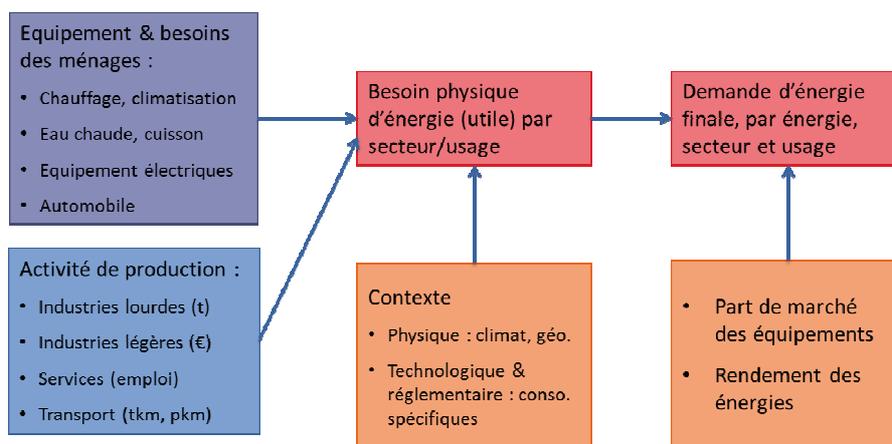
En résumé, les résultats « avec » la trajectoire de composante carbone sont meilleurs à la fin en termes de croissance et d’emplois grâce au recyclage des recettes de la taxe au profit des baisses de charge et d’impôts.

Annexes

Annexe I- Modèles de projection

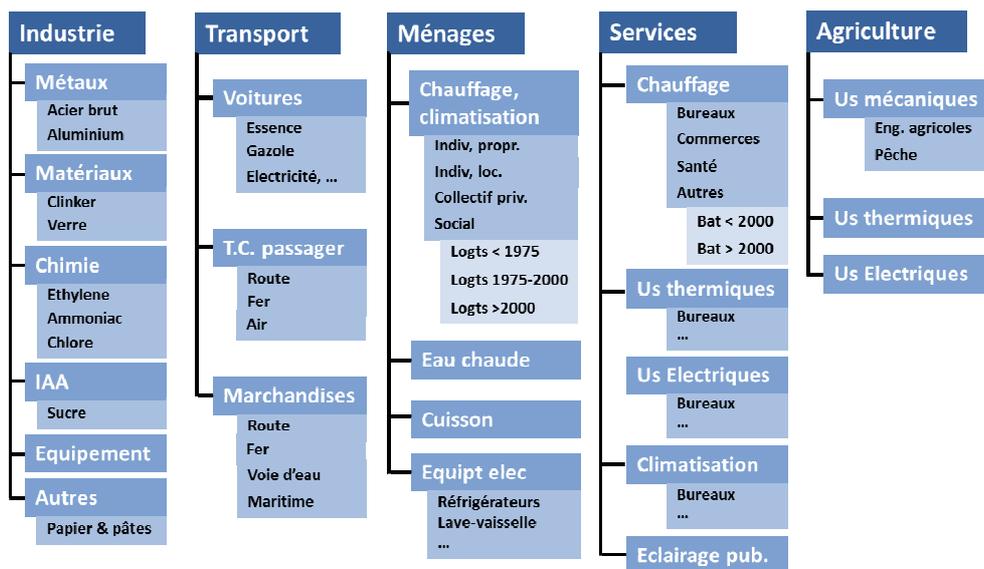
Le modèle Med-Pro

- Le modèle Med-Pro est un modèle techno-économique de type « bottom-up » de la demande d’énergie.
- Il se base sur la désagrégation des consommations d’énergie par secteur et usage dans les secteurs consommateurs, qui repose entre autres sur une explicitation des options technologiques et des parts de marchés des énergies, moyen par lequel sont prises en compte les politiques et mesures de caractère normatif. Les projections énergétiques de Med-Pro supposent un prolongement des comportements observés, tant pour ce qui est de l’expression des besoins que pour la sensibilité aux prix (extrapolation des tendances et des marges de fluctuation des coefficients budgétaires⁹).



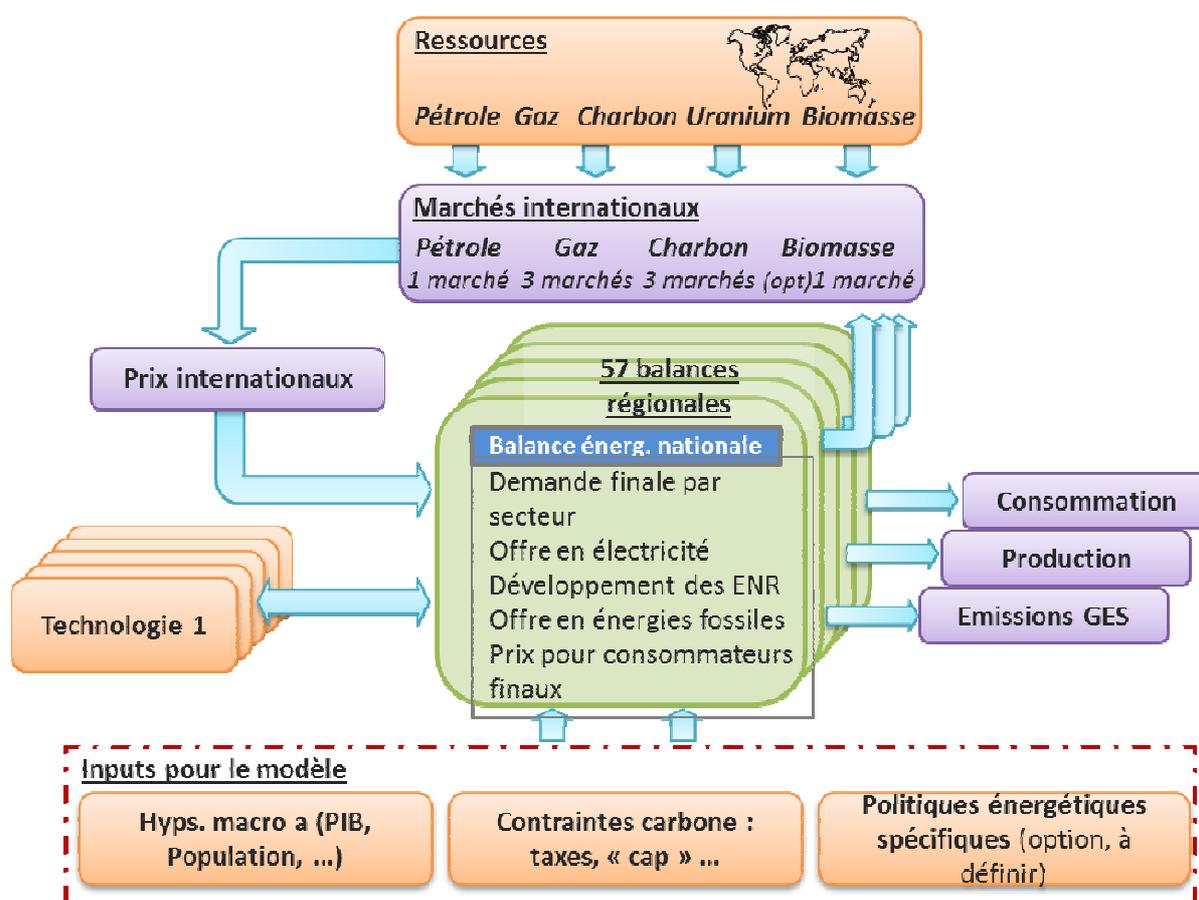
- Le modèle propose une désagrégation par secteur et filières :

⁹ Le coefficient budgétaire représente la part du budget allouée à la consommation énergétique



Le modèle POLES

- Le modèle POLES, qui permet de calculer des bilans énergétiques complets prospectifs, intègre une formalisation de la demande énergétique par secteur à la fois plus agrégée et de nature différente, dans laquelle les mécanismes d'élasticité-prix jouent un rôle central. Toutes les autres influences (hormis les effets d'activité et l'explicitation des technologies « très basse énergie » pour le bâtiment et les véhicules routiers) sont agrégées dans un « trend technologique ».



Le modèle NEMESIS

- Le modèle NEMESIS est un modèle macro-économétrique qui modélise les économies des 27 pays de l'UE individuellement.
- Il couvre trente secteurs de production ainsi que 27 postes de consommation
- Il dispose également d'un module énergie-environnement capable de quantifier les demandes d'énergies en unité physique ainsi que les émissions de CO2 issues de ces consommations.
- Dans le cadre de ce projet, une partie du modèle est exogénéisée pour prendre en compte les résultats des autres outils (POLES, Med-Pro et calculs Enerdata et Energies Demain)
- Principaux indicateurs : PIB et composantes (consommations finales, balance commerciale et formation brute de capital fixe) emploi, valeur ajoutée sectorielle, prix à la consommation, etc.

Le modèle ThreeME

Le modèle développé conjointement avec l’OFCE est un modèle néo-keynésien du type « Offre Globale - Demande globale » comparable aux modèles couramment utilisés par les instituts de prévision conjoncturelle, comme EMOD de l’OFCE ou MESANGE de l’INSEE, à cette différence près qu’il est multisectoriel.

Un modèle multisectoriel néokeynésien

Désagrégé en 24 secteurs de production et 17 sous-secteurs énergétiques, ThreeME permet de mettre en évidence les effets d’un transfert d’activité d’une branche à une autre :

- sur l’emploi, puisque les secteurs de production n’ont pas tous la même intensité en main d’œuvre ;
- sur la consommation énergétique, puisqu’ils n’ont pas tous la même intensité énergétique ;
- sur la balance commerciale, puisqu’ils n’ont pas tous la même propension à importer et à exporter.

Par exemple, une hausse des énergies renouvelables au détriment des centrales thermiques à flamme entraîne une augmentation de l’emploi -- les premières étant plus intensives en main d’œuvre que les secondes -- et une diminution des importations de combustibles fossiles.

Or la modification du contenu en emploi de l’économie exerce une influence directe sur la consommation et donc in fine sur le PIB, tout comme l’évolution du déficit extérieur, puisque cet agrégat est égal à la somme de la consommation C , de l’investissement I , des variations de stocks ΔS et du solde de la balance commerciale $(X-M)$.

$$\text{PIB} = C + I + \Delta S + (X - M)$$

Si l’on admet que la demande n’est pas sans influence sur la production, il est essentiel de modéliser finement l’influence des transferts sectoriels sur l’emploi et la balance commerciale, faute de quoi, le modélisateur s’expose à des biais de perspectives conséquents.

De possibles arbitrages énergétiques

Pour modéliser les choix énergétiques des agents, 17 sous-secteurs énergétiques ont été identifiés.

Les entreprises réalisent des arbitrages énergétiques :

- Elles substituent du capital à l'énergie lorsque son prix relatif augmente.
- Elles peuvent substituer les sources d'énergies les unes aux autres.

Les ménages font un choix entre investissements permettant ou non des économies d'énergie, en particulier entre 3 classes de logements et de véhicules.

- Les parts de marché de chaque classe varient en fonction de l'évolution des coûts d'usage (amortissement du prix d'achat, net des aides, et consommation d'énergie).
- Le taux de pénétration des véhicules électriques est supposé exogène.

Par ailleurs, ThreeME tient compte de l'effet de sobriété induit par la variation des prix : les ménages réduisent leurs dépenses de chauffage et de carburant lorsque les prix augmentent et inversement.

ThreeME a la particularité d'être un modèle hybride dans le sens où il combine la modélisation macroéconomique et la modélisation technique des consommations énergétiques : les investissements des agents (les flux) entraînent une modification des parcs de véhicules et immobiliers (les stocks) et c'est la structure de ces parcs qui détermine la consommation d'énergie. C'est une différence importante avec la plupart des modèles d'équilibre général où la consommation d'énergie dépend directement du revenu des ménages. Ces modèles ont alors tendance à générer un biais de prospective puisque la relation entre consommation énergétique et revenu n'est généralement pas linéaire.

Contrairement aux purs modèles d'offre (d'inspiration néoclassique) les modèles néokeynésiens comme ThreeME prennent en compte les effets rétroactifs de la variation de la demande (consommation, investissement et balance commerciale) sur l'offre (la somme des valeurs ajoutées) et vice versa. Un modèle multisectoriel néokeynésien peut donc faire apparaître, avec de moindres biais de prospective, l'influence de la transition énergétique sur la demande, et évaluer en retour son impact sur l'activité économique.

Un effet d'éviction limité grâce à la création monétaire

L'une des grandes différences entre les modèles Offre - Demande (néokeynésien, en équilibre dynamique) et les modèles d'Offre (walrassien, en équilibre statique) porte sur l'effet d'éviction entre investissements.

Dans ThreeME, les investissements ne sont pas seulement financés par l'épargne mais aussi grâce au crédit bancaire, qui est une forme de création monétaire. Le modèle présuppose donc un effet d'éviction entre investissements limité.

Ex : La hausse des investissements de rénovation énergétique des ménages ne débouche pas sur une baisse équivalente de leurs dépenses par ailleurs. Celles-ci diminuent d'un montant égal à la hausse des annuités de la dette induite par les travaux, moins la baisse des factures énergétiques obtenues.

Dans les modèles néokeynésiens comme ThreeME, la hausse de l'investissement peut contrebalancer la « perte sèche » induite par l'instauration d'une taxe. En effet, dans les modèles d'offre pur, la hausse de la fiscalité entraîne une augmentation mécanique du prix des produits ou des facteurs qui y sont assujettis. Elle incite les agents à réaliser des investissements qui se substituent à d'autres. Ils ne provoquent pas une augmentation globale de la demande, puisque l'effet d'éviction est total. Ces investissements sont moins rentables que ceux auxquels ils se substituent puisqu'une taxe est nécessaire pour les rendre profitables. La taxe réduit donc les profits et l'investissement, ce qui affecte négativement la demande et la croissance ; à moins que la taxe n'induisse une diminution des importations, soit parce qu'elle frappe essentiellement des produits importés, comme les combustibles fossiles par exemple, soit parce que le recyclage des recettes permet à l'Etat de réduire une taxe encore plus distorsive, comme les cotisations employeurs, par exemple. Mais dans ces cas, le coût de la taxe est en partie supporté par le reste du monde.

Dans le modèle ThreeME, les investissements d'efficacité énergétique, induits par la fiscalité environnementale des entreprises comme des ménages, sont essentiellement financés à crédit, ils ne se substituent pas intégralement aux autres. La substitution capital énergie débouche donc sur une augmentation globale des investissements en général puisque l'effet d'éviction est partiel. La demande croît et les débouchés des entreprises se développent : la demande influence l'offre.

Cela entraîne une hausse de la production (sous l'effet à la fois de l'augmentation du stock de capital productif et de l'augmentation des ventes des fournisseurs de biens d'équipement) et une diminution des importations d'énergie, qui génère une hausse de l'emploi et donc de la consommation : l'offre influence la demande.

Une spirale expansive s'enclenche à court terme. Toutefois, à long terme, le remboursement de la dette induite par le financement de l'investissement exerce un effet récessif sur l'économie (la masse monétaire se contracte).

Dans ce cadre théorique, à court terme, l'instauration d'une taxe énergétique est non seulement compensée par l'amélioration de la balance commerciale mais aussi par une hausse globale de l'investissement.

A long terme, si la somme des revenus directs générés par l'investissement et si les revenus indirects induits par l'effet multiplicateur sur l'emploi et l'évolution de la balance commerciale couvrent la charge de la dette, alors la hausse du PIB sera

durable. A l'inverse, si les investissements ne sont pas rentables (les VAN sont négatives) et si leurs pertes ne sont pas compensées par ailleurs par les effets d'entraînement positifs qu'ils ont exercés sur le reste de l'économie, alors la baisse du PIB sera durable.

Ex : L'instauration d'une taxe carbone incite les consommateurs à privilégier les modes de transports les moins carbonés : comme par exemple délaissé la route au bénéfice du rail. L'usage des automobiles diminue mais la consommation de transports collectifs augmente. Or le contenu en emploi des chemins de fer est supérieur à celui du trafic routier. Cela entraîne une contraction du chômage qui rétroagit aussi positivement sur la demande. Dans un modèle d'offre, cet effet aurait été au moins en partie compensé par une diminution tendancielle du taux de profit, qui aurait réduit le taux d'épargne et donc l'investissement, si bien que la demande serait restée stable. Dans le cas d'un modèle offre - demande, où l'épargne ne finance pas l'investissement, les créations d'emplois liées au transfert d'activité des secteurs énergivores vers les secteurs sobres exercent un effet multiplicateur positif sur l'économie au moins à court terme

En théorie, à l'équilibre de plein emploi, les modèles néo-keynésiens retrouvent des propriétés néoclassiques. Le sentier de croissance devient parfaitement stable. Le taux de croissance du PIB revient au niveau qui était le sien avant l'intervention de l'Etat. Mais le niveau du PIB peut durablement s'écarter du niveau qui aurait été le sien dans le scénario de référence.

Il est ainsi possible de montrer que l'instauration d'une politique de transition énergétique génère un double dividende écologique et économique.

Cas de la transition énergétique

La transition énergétique implique la réalisation d'investissement d'efficacité énergétique mais aussi une modification du mix énergétique.

Nous venons d'expliquer pourquoi, dans ThreeME, les investissements d'efficacité énergétique ne se substituent pas nécessairement aux investissements d'autres secteurs. Ce raisonnement ne vaut pas pour les investissements liés à la modification du mix. En effet, pour une demande donnée et un instant t , l'augmentation de la puissance installée d'énergie renouvelable sera au moins partiellement compensée par une diminution de la puissance installée des énergies non renouvelables. La hausse des investissements dans les filières vertes devrait donc s'accompagner d'une diminution des investissements dans d'autres secteurs, en l'occurrence les énergies carbonées (le raisonnement est aussi valable entre les divers modes de transport). Il existe donc un effet de substitution conséquent, indépendamment du mode de financement de ces équipements. Le regain d'investissement dans les énergies renouvelables ne devrait donc pas exercer un fort effet d'entraînement à court et moyen terme, sauf si la propension à importer

les biens d'équipements dans les secteurs de production d'énergie renouvelable est inférieure à la propension à importer des biens d'équipements dans les secteurs de production d'énergie non renouvelable. Ce qui n'est pas le cas aujourd'hui.

En revanche, la substitution des énergies renouvelables aux autres devrait augmenter le contenu en emploi de la branche et déboucher sur une baisse sensible de nos importations de combustibles fossiles. Cela devrait avoir un effet expansif.

Néanmoins, la hausse du prix de l'énergie qui pourrait en résulter, au moins à court et moyen terme, pourrait exercer un impact récessif sur l'activité, essentiellement via une baisse de la compétitivité externe et interne car les entreprises devraient répercuter cette hausse sur leur prix de vente. Cela pourrait donc contrebalancer au moins en partie l'effet expansif lié à la variation de l'emploi et des importations d'énergie fossiles.

Cela dit au niveau macroéconomique, les coûts des uns sont les gains des autres. Toutes les recettes liées à la production d'énergie renouvelable seront redistribuées aux agents (et en définitive aux ménages) via les dépenses du secteur (salaires, consommations intermédiaires, investissement, dividendes) sauf celles qui serviront à l'achat de biens importés et une partie de la charge de la dette (qui sert au refinancement des banques auprès de la Banque Centrale). L'augmentation de la production d'énergie renouvelable et du coût de l'énergie ne devrait donc pas affecter négativement le revenu disponible moyen des ménages net de leur facture énergétique, sauf si la propension à importer et le coût du capital des filières vertes sont supérieurs au secteur des énergies non renouvelables.

Si les effets expansifs l'emportent sur les effets récessifs et que la somme cumulée des gains de PIB couvre le remboursement des annuités de l'emprunt, alors le niveau du PIB restera durablement supérieur à ce qu'il aurait été en l'absence de transition. A l'inverse, si les effets récessifs l'emportent sur les effets expansifs, les entreprises devront augmenter leurs prix et l'Etat devra augmenter les taxes pour rembourser leurs dettes respectives, ce qui affectera négativement et durablement la demande.

En définitive, les effets macroéconomiques de la transition énergétique vont dépendre :

- de l'effet de la baisse de la demande d'énergie sur la balance commerciale
- de la réduction de production d'énergie ;
- de l'influence des prix de l'énergie sur les investissements d'efficacité énergétique et leur rentabilité.

- de la modification de la propension à importer/exporter des diverses filières ;
- des effets de la hausse du coût unitaire de production des entreprises sur les prix et la demande interne et externe ;
- des modalités de la redistribution des recettes fiscales environnementales ;
- de la variation de l'emploi.

Les modèles développés par Energies Demain

- Energies Demain propose une scénarisation des consommations énergétiques des **bâtiments** basée sur l’outil **SceGES** développé pour la DGEC.
- Le modèle utilisé décrit finement le parc de logements, sa structure en termes d’équipements et ses caractéristiques thermiques dans une logique « bottom-up » ; il se base sur une simplification des modèles ENERTER d’Energies Demain :
 - Analyse des logements par :
 - Région (22 régions administratives)
 - 5 périodes de construction
 - Type de logement (maison ou immeuble), Typologie d’occupation
 - Plus de 20 systèmes de chauffage
 - Description de 9 branches d’activités tertiaires :
 - Bureau, Administration, Sport Loisirs Culture
 - Enseignement, Santé, Transport
 - Café Hôtel Restaurant, Commerce, Habitat communautaire
 - Séparation par type d’occupants : public et privé
- Le modèle intègre une dynamique naturelle implémentée par défaut dans le scénario tendanciel : démographie, remplacement des systèmes de chauffage en fin de vie, évolution du parc... Il permet ainsi d’évaluer de manière « **technico-explicite** » les mesures envisagées : traduction en gestes opérationnels des mesures intégrées dans les scénarios
- Le modèle intègre les coûts des mesures en flux annuels et leur répartition par acteur

Le modèle du CITEPA

- Le modèle du CITEPA permet de fournir des projections des émissions de GES et de polluants atmosphériques

$$\text{Emissions} = \text{Activité} \times \text{Facteur d'émission}$$

GES

CO₂, CH₄, N₂O, HFC,
PFC, SF₆, NF₃

Polluants Atmosphériques

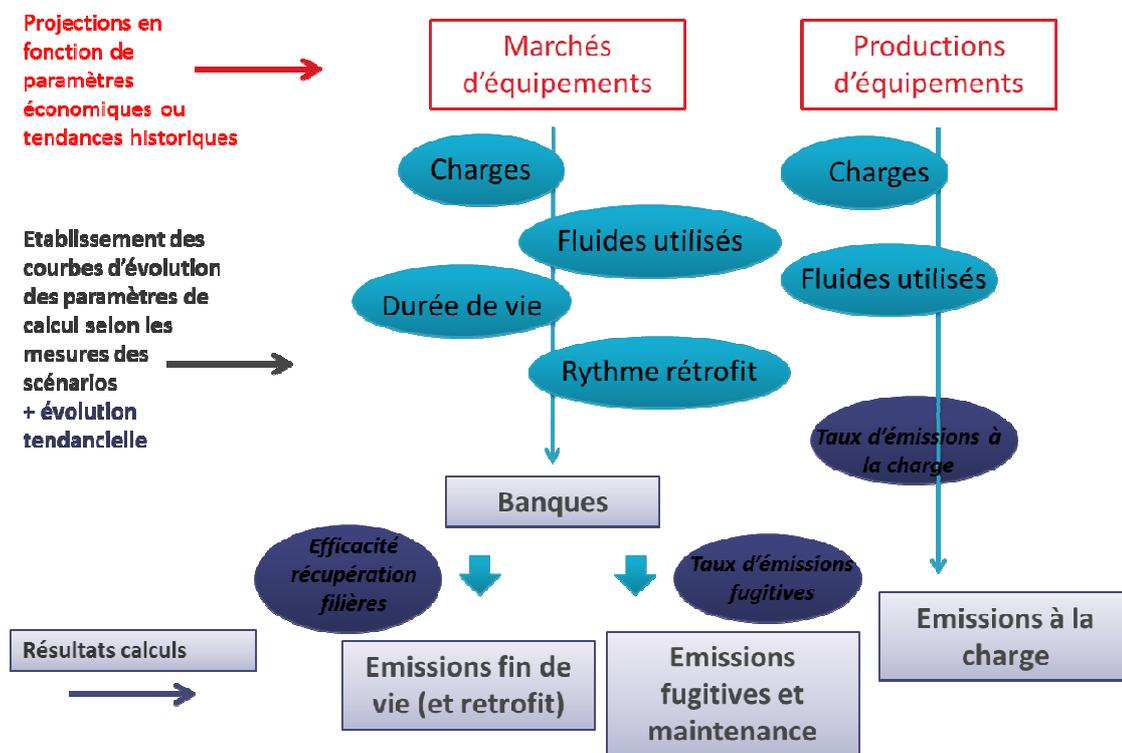
SO₂, NO_x, NH₃, COVNM,
PM_{2.5} et PM₁₀

- **Résultats issus du modèle ENERDATA** (en valeur absolue ou en évolution) : consommations de combustibles, productions industrielles, etc.
- **Etudes organismes français** : agriculture
- **Hypothèses CITEPA** en accord avec le MEDDE et en cohérence avec l’inventaire national

- **Réglementations existantes ou à venir** : IED, Combustion, etc.
- **Hypothèses MEDDE**
- **Inventaire France du CITEPA**

Le modèle d'ARMINES – Logiciel RIEP

- Le logiciel RIEP d'ARMINES permet de donner des projections des émissions des gaz fluorés

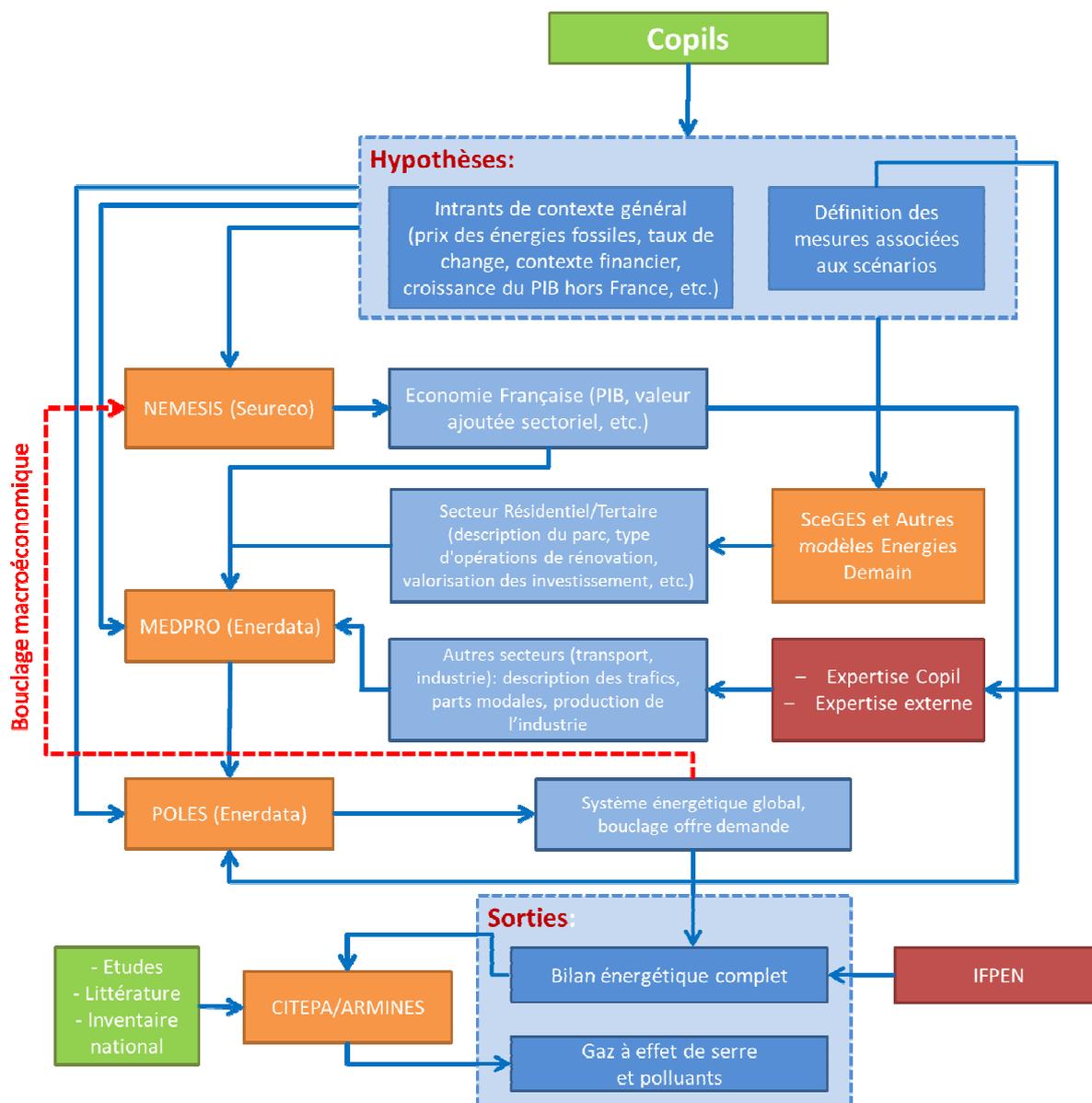


Articulation des différents modèles dans le cadre de l’exercice de modélisation

Pour garantir la robustesse des bilans énergétiques produits par POLES, une analyse de cohérence a été réalisée entre les projections détaillées de Med-Pro sur la demande finale (qui intègrent les politiques et mesures de type normatif) et les projections plus agrégées de demande finale de POLES. Ces dernières ne peuvent pas tenir compte explicitement de ces politiques et mesures mais en revanche, elles intègrent bien les mécanismes de prix et donc les politiques et mesures de type économique (fiscalité, marché de permis, certificats). En pratique, cette mise en cohérence entre Med-Pro et POLES consiste à calibrer les tendances technologiques des fonctions de demande de POLES de telle façon que, pour des prix de l’énergie constants en termes réels, les résultats des deux modèles par secteur et par énergie soient identiques. Notons enfin que seules les émissions directes sont prises en compte dans les bilans Med-Pro c'est-à-dire que les émissions du système électrique ne sont pas réallouées aux secteurs consommateurs.

Pour les secteurs du résidentiel et du tertiaire, le modèle Med-Pro est calibré de manière à refléter et d’agréger les sorties des modèles spécifiques d’Energies Demain qui propose un niveau de détails très fin concernant la représentation de ces deux secteurs.

Toutes les projections réalisées sont basées sur les hypothèses macro-économiques retenues suite aux COPILs et validées par Seureco/Erasmus. Lors de la production des bilans énergétiques finaux dans POLES, un bouclage est également réalisé pour s’assurer de la cohérence et de la prise en compte d’effets croisés entre les sorties énergétiques et les paramètres macro-économiques.



Annexe II- Cadrage de l'exercice, hypothèses principales et mesures prises en compte

Cadrage macro-économique

Evolution du PIB

L'évolution du taux de croissance annuel moyen (TCAM) du produit intérieur brut (PIB) des pays de l'Union européenne (excepté la France) est basée sur les recommandations de la Commission européenne :

Tableau annexe 1 : Prévisions de croissance du PIB dans les pays européens

	TCAM du PIB				
	2015-2020	2020-2025	2025-2030	2030-2035	2015-2035
Allemagne	0.9%	0.8%	0.6%	0.5%	0.7%
Autriche	1.6%	1.4%	1.3%	1.4%	1.4%
Belgique	1.4%	1.4%	1.6%	1.7%	1.5%
Bulgarie	2.0%	1.2%	1.4%	1.5%	1.5%
Chypre	1.6%	1.8%	2.2%	2.4%	2.0%
Croatie	2.1%	1.9%	1.7%	1.7%	1.9%
Danemark	1.4%	1.6%	1.5%	1.4%	1.5%
Espagne	1.9%	2.6%	2.6%	1.7%	2.2%
Estonie	2.3%	2.1%	2.3%	1.9%	2.2%
Finlande	1.4%	1.4%	1.4%	1.5%	1.4%
France	1.6%	1.9%	1.7%	1.6%	1.7%
Grèce	1.3%	1.2%	1.3%	1.3%	1.3%
Hongrie	1.0%	1.7%	1.9%	1.6%	1.6%
Irlande	2.3%	3.3%	3.1%	2.4%	2.8%
Italie	1.0%	1.5%	1.5%	1.3%	1.3%
Lettonie	2.3%	2.3%	2.3%	1.6%	2.1%
Lithuanie	1.6%	1.7%	1.9%	1.6%	1.7%
Luxembourg	2.0%	1.9%	1.8%	1.8%	1.9%
Malte	1.6%	1.9%	1.9%	1.8%	1.8%
Pays-Bas	1.6%	1.1%	1.1%	1.1%	1.2%
Pologne	2.6%	1.9%	1.6%	1.5%	1.9%
Portugal	1.2%	1.8%	2.0%	1.7%	1.7%
République Tchèque	2.2%	1.7%	1.8%	1.6%	1.8%
Roumanie	2.1%	1.3%	1.3%	1.3%	1.5%
Royaume-Uni	2.0%	2.0%	1.9%	1.9%	2.0%
Slovaquie	2.4%	2.6%	2.1%	1.4%	2.1%
Slovénie	1.8%	1.6%	1.6%	1.3%	1.6%
Suède	1.7%	1.8%	1.8%	1.8%	1.8%

Source : Commission européenne

Pour la France, la DGEC a retenu les chroniques de TCAM du PIB suivantes, qui sont proches de celles de la recommandation de la Commission européenne (EU

Reference scenario 2013) citées ci-dessus, qui indiquent un TCAM moyen de 1,7% sur 2015-2035:

Tableau annexe 2 : Prévisions de croissance du PIB en France

	2010-2015	2015-2020	2020-2025	2025-2030	2030-2035
TCAM du PIB	0.7%	1.6%	1.9%	1.7%	1.5%

Source : Commission européenne, DGEC, Seureco/Erasmus

Hypothèses démographiques

Pour cet exercice, la dernière mise à jour des scénarios INSEE a été retenue ; pour les DROM et COM, les données proviennent également de l'INSEE (projections datant de 2010, données historiques actualisées en 2014) :

Tableau annexe 3 : Projections de l'évolution de la population en France

Milliers	2010	2015	2020	2025	2030	2035
France Métropolitaine	62 881	64 514	65 962	67 285	68 532	69 705
Réunion	821	860	905	945	983	1 016
Martinique	394	388	394	399	402	403
Guadeloupe	403	407	409	410	410	408
Guyane	229	267	313	364	419	478
Nouvelle Calédonie	249	265	287	310	334	359
Mayotte	203	233	275	324	382	451
Autres COM	292	310	346	386	430	480
Total France	65 472	67 244	68 891	70 423	71 892	73300

Source : INSEE, Projections de population à l'horizon 2060, Insee Première N° 1320 - octobre 2010

Taux de change

L'exercice de projection se base sur les recommandations de la Commission européenne pour les projections de l'exercice 2014-2015, soit un taux de **1,3 \$/€** maintenu constant sur toute la période de modélisation 2015-2035.

L'appréciation de la monnaie chinoise est fixée à **20%** à l'horizon 2030 (soit 6,5 CNY/€ à partir de 2030) et on considère un taux de change fixe entre pays de la zone euro et hors zone euro.

Prix internationaux des énergies

Les prix internationaux d'import des énergies en Europe utilisés suivent la recommandation de la Commission européenne pour l'exercice de scénarisation 2014-2015 ; ils sont donc similaires à ce qui a été utilisé dans la publication « Impact Assessment » de la Commission de janvier 2014. Ces prix sont basés sur les projections PROMETHEUS et des hypothèses communes au WEO 2012 (publication de l'Agence Internationale de l'Energie). Les prix internationaux des énergies (hors Europe) sont basés sur les prévisions du scénario « New Policy » du WEO de l'Agence Internationale de l'Energie.

La modélisation des prix au consommateur final considère que le taux de taxation (hors taxe carbone et taxe spécifique pour modéliser par exemple les CEE) reste constant sur la projection. La variation du prix au consommateur final suit les variations du prix d'import.

Tableau annexe 4 : Prévisions de l'évolution des prix internationaux de l'énergie en Union européenne

		Prix d'import, UE					
		2010	2015	2020	2025	2030	2035
Pétrole (Brent)	€2010/bep constant*	60.0	77.0	88.5	89.2	93.1	95.9
Charbon (CIF ARA 6000)	€2010/bep constant*	16.0	15.0	(19.0-)22.6	(19.7-)23.7	(20.0-)24.0	(20.4-)25.5
Pétrole (Brent)	€2010/GJ constant*	9.3	11.9	13.7	13.8	14.4	14.8
Charbon (CIF ARA 6000)	€2010/GJ constant*	2.5	2.3	(2.9-)3.5	(3.0-)3.7	(3.1-)3.7	(3.2-)3.9
Gas (PCI, CIF moyen import UE)	€2010/bep*	37.9	50.0	61.5	58.9	64.5	65.7
Gas (PCI, CIF moyen import UE)	€2010/GJ*	5.9	7.7	9.5	9.1	10.0	10.2

Source : Commission européenne

Tableau annexe 5 : Prévisions de l'évolution des prix internationaux de l'énergie hors Union européenne

		Prix d'import, \$2011					
		2011	2015	2020	2025	2030	2035
Gaz naturel Etats-Unis	mBtu	4.0	5.0	5.0	6.0	7.0	8.0
Gaz naturel Japon	mBtu	15.0	15.0	14.0	15.0	15.0	15.0
Imports OCDE charbon vapeur	tonne	123.0	109.0	112.0	113.0	114.0	115.0

Source : Agence Internationale de l'Energie, WEO 2012 « New Policy Scenario »

Prix carbone ETS et hors ETS

Pour les prix carbone des secteurs ETS, on adopte la chronique de prix du « scénario référence » que la Commission européenne a utilisé dans l'étude d'impact du cadre énergie climat 2030 de janvier 2014 :

Tableau annexe 6 : Prévisions de l'évolution des prix carbone secteurs ETS dans l'Union européenne

		2015	2020	2025	2030	2035
Prix carbone ETS	€2010/tCO2 constant	7	10	14	35	57

Source : Commission européenne

Dans chacun des scénarios, on se base pour les secteurs non ETS sur la fiscalité carbone introduite au 1er janvier 2014, avec des taux 2014, 2015 et 2016 correspondant au cadre défini dans la loi de finances 2014. Au-delà de 2016, le taux est maintenu constant :

Tableau annexe 7a : Prévisions de l'évolution des prix carbone secteurs non-ETS dans l'Union européenne

		2015	2020	2025	2030	2035
Prix carbone hors ETS	€2010/tCO2 constant	14.5	22	22	22	22

Source : DGEC

Après la réalisation des scénarios, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte a introduit le principe d'une augmentation de la composante carbone de la TICPE avec comme objectif une valeur de 56 € par tonne de CO₂ en 2020 et de 100 € par tonne de CO₂ en 2030 (article 1^{er} de la loi).

Tableau annexe 7b : Valeur de la tonne de CO₂ - Objectif inscrit à l'article 1^{er} de la loi relative à la transition énergétique

		2015	2020	2025	2030	2035
Prix carbone hors ETS	€2015/tCO2 constant	14,5	56	-	100	-

Ces valeurs ont été utilisées en fin d'exercice dans le cadre d'une variante du scénario AMS2 pour évaluer l'impact macro-économique de l'augmentation de la composante carbone (voir chapitre 4).

Valeurs ajoutées sectorielles en France

Les projections sectorielles des TCAM de la valeur ajoutée pour l'industrie diffuse proviennent du modèle NEMESIS de Seureco/Erasmus, qui est paramétré pour

suivre les trajectoires de valeurs ajoutées agrégées recommandées par la Commission européenne.

Tableau annexe 8 : Prévisions de l'évolution du TCAM des valeurs ajoutées sectorielles agrégées en France

TCAM valeurs ajoutées	2010-2015	2015-2020	2025-2020	2030-2025	2035-2030	2015-2035
Agriculture	0.7%	1.2%	1.4%	1.1%	0.9%	1.1%
Métaux primaires	1.5%	2.2%	2.6%	1.9%	1.6%	2.0%
Chimie	1.8%	2.1%	2.3%	1.8%	1.6%	1.9%
Minéraux non-métalliques	1.1%	2.6%	2.9%	2.4%	2.1%	2.2%
IAA	0.4%	1.2%	1.4%	1.0%	0.8%	1.0%
Equipement	1.7%	2.3%	2.7%	2.1%	1.9%	2.1%
Autres Industries	0.7%	1.4%	1.6%	1.2%	1.0%	1.2%
Energie	-0.1%	1.5%	0.6%	0.4%	0.1%	0.5%
Mines	0.0%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%
Construction	0.2%	2.5%	2.8%	2.4%	2.1%	2.0%
Bureaux	0.5%	1.5%	1.9%	1.6%	1.5%	1.4%
Commerces	0.1%	1.3%	1.7%	1.4%	1.3%	1.2%
Santé	1.5%	1.4%	1.5%	1.5%	1.5%	1.5%
Autres services	1.2%	1.7%	1.9%	1.8%	1.7%	1.7%

Source : Commission Européenne, Seureco/Erasmus

Quotas alloués gratuitement dans les secteurs ETS

En ce qui concerne l'évolution de la part des quotas alloués gratuitement dans les secteurs ETS, la DGEC fait les hypothèses suivantes, qui s'appliquent à chacun des scénarios :

- Pour la période 2021-2035, prolongation de la pente de réduction du plafond de l'ETS défini pour la période 2013-2020
- Parmi les secteurs recevant gratuitement des quotas, on distingue deux types, à savoir ceux sur la liste des secteurs exposés et les autres secteurs :
 - Prolongation de la liste actuelle des secteurs exposés à un risque significatif de fuites carbone après 2020 jusqu'en 2035
 - Extinction des quotas alloués gratuitement aux autres secteurs en 2027.
 - Facteur de correction trans-sectoriel (pour les secteurs exposés et les autres) calculé sur la base d'une prolongation du ratio définissant la part maximale de quotas alloués gratuitement sur 2013-2020 (article 10bis, paragraphe 5 de la Directive 2003/87/CE, soit environ 50%).

Hypothèses principales et mesures politiques prises en compte dans les différents scénarios

Hypothèses principales et mesures prises en compte dans le résidentiel

Dans le scénario AME, on fait l'hypothèse que le parc français de résidences principales correspond aux projections du nombre de ménages (INSEE/CGDD), tandis que dans AMS2, le parc augmente de manière plus importante en considérant que l'objectif de 500 000 constructions neuves de la période 2017-2021 permet de loger des ménages initialement sans logement. L'évolution du parc résidentiel est donnée dans le tableau suivant :

Tableau annexe 9 : Prévisions de l'évolution du nombre de résidences principales en France

Millions résidences principales, AME	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Existant (avant 2010)	27,2	26,7	26,2	25,7	25,3	24,8
Neuf RT 2005	0,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Neuf RT 2012	0,0	0,7	2,3	3,9	5,5	7,1
Neuf RT 2020	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Parc total (ménages)	27,2	28,4	29,6	30,7	31,9	33,0
Millions résidences principales, AMS2	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Existant (avant 2010)	27,2	26,7	25,8	25,2	24,9	24,4
Neuf RT 2005	0,0	1,1	1,2	1,2	1,2	1,2
Neuf RT 2012	0,0	0,7	2,9	2,9	2,9	2,9
Neuf RT 2020	0,0	0,0	0,0	1,8	3,2	4,8
Parc total (ménages)	27,2	28,4	29,8	31,0	32,2	33,3

Source : *Energies Demain d'après CGDD/DGEC et projections INSEE*

Dans le secteur du résidentiel et pour les besoins de la modélisation, on décompose le parc en logements neufs, soumis à des réglementations thermiques plus ou moins exigeantes (cf. Tableau 11 : Mesures prises en compte dans le secteur résidentiel par scénario), et en logements existants, qui pourront faire l'objet de gestes de rénovation plus ou moins poussés (bouquet modéré, intermédiaire ou fort). Dans le cas de rénovations, la logique générale de prise en compte des mesures est la suivante :

- Les différentes mesures sont d'abord traduites en termes de nombres de gestes annuels de rénovations par niveau de performance thermique atteint (modéré, intermédiaire, fort)

- Le nombre de gestes évalué est ensuite corrigé si une partie des gestes est déjà pris en compte avec une autre mesure évaluée, afin d'éviter les doubles comptes.
- Enfin, un éventuel effet d'aubaine est appliqué pour certaines mesures incitatives, telles le CITE (CIDD)+Eco-PTZ.

Les rénovations « types » utilisées dans la modélisation sont les suivantes :

Tableau annexe 10 : Rénovations types et gains unitaires par type de logement

Geste de rénovation	Gestes types « références »		Gains unitaires					
			Maison individuelle < 1975	Maison individuelle > 1975	Logements coll. < 1975	Logements coll. > 1975	HLM < 1975	HLM > 1975
Modéré	Fenêtres	Double vitrage 4/16 (argon)/4 peu émissif - Menuiserie PVC - Uw=1,4	9%	11%	14%	15%	13%	16%
Intermédiaire	Fenêtres	Double vitrage 4/16 (argon)/4 peu émissif - Menuiserie PVC - Uw=1,4	39%	36%	43%	33%	40%	33%
	Murs	ITI - 15 cm - R = 4,7						
Fort	Fenêtres	Double vitrage 4/16 (argon)/4 peu émissif - Menuiserie PVC - Uw=1,4	74%	63%	71%	43%	71%	42%
	Murs	ITE - 20 cm - R = 5,5						
	Toit	Isolation combles aménagés - 20 cm - R = 6						
	Ventilation	Ventilation mécanique hygro B						

Source : *Energies Demain*

Les mesures politiques prises en compte dans les deux scénarios AME et AMS2 pour le secteur du résidentiel sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau annexe 11 : Mesures prises en compte dans le secteur résidentiel par scénario

	Mesures et objectifs	Effets pris en compte dans les scénarios, résidentiel	
		AME	AMS2
Bâtiments neufs	RT2012 (BBC)	Jusqu'en 2035 : - à 100% à partir du 01/01/2013 pour les logements individuels - Consommations réglementaires conventionnelles - avec une modulation sur la consommation moyenne jusqu'au 01/01/2018 pour les logements collectifs	Idem AME jusqu'en 2020
	RT2020 (BEPOS)	non	à 100 % sur la période 2021-2035
	Constructions neuves	Scénario tendanciel : constructions comprises entre 350 000 et 317 000 constructions neuves par an jusqu'en 2030. 51% de Maisons individuelles et 49% de logements collectifs	500 000 constructions neuves/an entre 2017 et 2021, et augmentation de la part de logements collectifs (intervention des pouvoirs publics pour lutter contre l'étalement urbain, construction de logements sociaux)
Parc existant	Aides financière à la rénovation, parc privé CIDD, CITE, Eco-PLS	CIDD + ECO-PTZ jusqu'en 2015 aux conditions 2013 puis fin des dispositifs	Projections PLF 2015 : augmentation du budget des aides en 2015 et 2016 (CITE) pour les gestes menés en 2014 et 2015. Continuation des aides CIDD+ECO-PTZ aux conditions 2013 jusqu'en 2035.
	LTECV article 5 (obligation de rénovations thermiques lors de travaux importants)	Non	Rénovations supplémentaires de 2015 à 2035
	Réhabilitation parc social : ECO-PLS	Poursuite du rythme actuel jusqu'en 2020, rien au-delà	Nouvelles mesures telles que l'octroi d'un prêt bonifié pour les travaux de désamiantage ont été mises en œuvre pour favoriser l'atteinte de des objectifs. Poursuite du rythme actuel au-delà jusqu'en 2035. Dynamique de rénovations plus poussée, avec davantage de logements sociaux dans des états "modéré", "intermédiaire", "performant"
	Aides aux ménages sous plafond ANAH, Habiter mieux, chèque énergie	Poursuite de rénovations provoquées par les aides ANAH jusqu'à fin 2015	Continuation des rénovations provoquées par un dispositif de type ANAH jusqu'en 2035
	LTECV articles 6 et 8 (mise en place du tiers financeur)	Non	Impact sur logements collectifs soumis à obligation de travaux lors de ravalements de façades et toitures
	Dispositifs d'accompagnement des ménages pour les travaux de rénovation énergétique PREH et CEE	Amélioration qualitative des travaux aidés (jusqu'en 2016)	idem AME + LTECV article 5 quinquies (plateformes territoriales - renforcement mesures du PREH) + renforcement CEE 3 ^{ème} période prolongé jusqu'en 2035 : amélioration de la performance de 20% des travaux diffus et aidés jusqu'en 2035. Le parc résidentiel est davantage rénové, avec un renforcement du rôle des plateformes territoriales, points info énergie, passeports, fonds de garantie et TEPOS qui permettent un parcours intelligent de la rénovation, limitant le nombre de passages de rénovations successives sur un même logement (réduction des coûts)
	Fonds chaleur	Continuation du fonds chaleur jusqu'en 2020 : pénétration du bois énergie dans les logements collectifs et le chauffage urbain	Doublement du fonds chaleur à 2016 et continuation jusqu'en 2035 : pénétration supplémentaire du bois énergie dans les logements collectifs et le chauffage urbain.

Source : DGEC

Les nombres de rénovations de différente profondeur qui résultent de ces mesures dans le parc résidentiel sont les suivants dans AME et AMS2 :

AME

	0_+	0_++	0_+++	+_++	+_+++	++_+++	TOTAL
2010	1062000	427000	75000	0	0	0	1566010
2011	1187000	413000	73000	0	0	0	1675011
2012	1122000	391000	69000	0	0	0	1584012
2013	1122000	395000	70000	0	0	0	1589013
2014	1122000	409000	74000	0	0	0	1607014
2015	1122000	411000	74000	0	0	0	1609015
2016	1002000	329000	39000	0	0	0	1372016
2017	1002000	329000	39000	0	0	0	1372017
2018	1002000	329000	39000	0	0	0	1372018
2019	1002000	329000	39000	0	0	0	1372019
2020	1002000	329000	39000	0	0	0	1372020
2021	1002000	329000	39000	0	0	0	1372021
2022	1002000	329000	39000	0	0	0	1372022
2023	1002000	329000	39000	0	0	0	1372023
2024	1002000	329000	39000	0	0	0	1372024
2025	0	0	0	1354000	39000	0	1395025
2026	0	0	0	1354000	39000	0	1395026
2027	0	0	0	1354000	39000	0	1395027
2028	0	0	0	1354000	39000	0	1395028
2029	0	0	0	1354000	39000	0	1395029
2030	0	0	0	1354000	39000	0	1395030
2031	0	0	0	1354000	39000	0	1395031
2032	0	0	0	1354000	39000	0	1395032
2033	0	0	0	1354000	39000	0	1395033
2034	0	0	0	1354000	39000	0	1395034
2035	0	0	0	0	0	895000	897035

Nomenclature code travaux :

Modéré : 0_+ ; Intermédiaire : 0_++ ; Performant : 0_+++ ; Modéré vers intermédiaire : +_++ ; modéré vers performant : +_+++ ; Intermédiaire vers performant : ++_+++

AMS2

	0_+	0_++	0_+++	+_++	+_+++	++_+++	TOTAL
2010	1 062 000	427 000	75 000	0	0	0	1 566 010
2011	1 187 000	413 000	73 000	0	0	0	1 675 011
2012	1 122 000	391 000	69 000	0	0	0	1 584 012
2013	1 122 000	395 000	70 000	0	0	0	1 589 013
2014	1 160 000	406 000	71 000	0	0	0	1 639 014
2015	1 092 000	460 000	86 000	0	0	0	1 640 015
2016	731 000	762 000	312 000	0	0	0	1 807 016
2017	693 000	789 000	325 000	0	0	0	1 809 017
2018	654 000	817 000	338 000	0	0	0	1 811 018
2019	616 000	844 000	350 000	0	0	0	1 812 019
2020	577 000	869 000	365 000	0	0	0	1 813 020
2021	577 000	867 000	367 000	0	0	0	1 813 021
2022	0	0	0	1 333 000	370 000	0	1 705 022
2023	0	0	0	1 328 000	372 000	0	1 702 023
2024	0	0	0	1 322 000	374 000	0	1 698 024
2025	0	0	0	1 317 000	376 000	0	1 695 025
2026	0	0	0	1 312 000	378 000	0	1 692 026
2027	0	0	0	1 307 000	380 000	0	1 689 027
2028	0	0	0	0	0	1 365 000	1 367 028
2029	0	0	0	0	0	1 365 000	1 367 029
2030	0	0	0	0	0	1 365 000	1 367 030
2031	0	0	0	0	0	1 365 000	1 367 031
2032	0	0	0	0	0	1 365 000	1 367 032
2033	0	0	0	0	0	1 365 000	1 367 033
2034	0	0	0	0	0	1 365 000	1 367 034
2035	0	0	0	0	0	1 365 000	1 367 035

Nomenclature code travaux :

Modéré : 0_+ ; Intermédiaire : 0_++ ; Performant : 0_+++ ; Modéré vers intermédiaire : +_++ ; modéré vers performant : +_+++ ; Intermédiaire vers performant : ++_+++

Hypothèses principales et mesures prises en compte dans le tertiaire

Dans le scénario AME comme dans le scénario AMS2, on fait l'hypothèse que le parc français tertiaire est semblable. Le tableau ci-dessous illustre les évolutions du parc tertiaire :

Tableau annexe 12 : Prévisions de l'évolution du parc tertiaire en France (millions de m²)

	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Parc < 2010	922	924	906	898	890	882
Parc > 2010	0	35	89	142	194	248
Total	922	959	996	1040	1085	1130

Source : Enerdata

Dans le secteur du tertiaire et pour les besoins de la modélisation, on décompose le parc en bâtiments neufs, soumis à des réglementations thermiques plus ou moins exigeantes (cf. Tableau 13 : Mesures prises en compte dans le secteur tertiaire par scénario), et en bâtiments existants, qui pourront faire l’objet d’une réhabilitation (rénovations diffuses, projet de décret grenelle 2 d’obligation de rénovation du parc tertiaire...). Les mesures politiques prises en compte dans les deux scénarios AME et AMS2 pour le secteur du tertiaire sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau annexe 13 : Mesures prises en compte dans le secteur tertiaire par scénario

	Mesures et objectifs	Effets quantifiés pris en compte dans les scénarios, tertiaire	
		AME	AMS2
Bâtiments neufs	RT2012 (BBC)	Application de 2012 à 2035	Idem AME jusqu'en 2020
	RT2020 (BEPOS)	Non	LTECV-4) Les nouvelles constructions publiques (bâtiments de l’Etat <u>et des collectivités</u>) seront exemplaires au plan énergétique et environnemental à chaque fois que possible BEPOS: 10% des surfaces neuves BEPOS en 2015-2020
Bâtiments existants	Aides à la rénovation	CEE première et seconde période intégrés aux rénovations diffuses	CEE première et seconde période intégrés aux rénovations diffuses et renforcement CEE 3ème période. Passage à 333 TWhcumac
	Directive européenne « Patrimoine de l’Etat : efficacité énergétique »	Non	Rénovation du parc de l’Etat. Traduction dans le modèle par un rythme de 3% par an.
	Projet de décret Grenelle 2 d’obligation de rénovation du parc tertiaire	Non	Renforcement du décret d’obligation de rénovation.
	Levier comportemental et d’usage, audit énergétiques		Hypothèse DGEC : 50% des bâtiments tertiaires sont touchés en 2030 par ce levier comportemental et d’usage permettant 10% de gains de consommations sur le chauffage et la climatisation. Baisse des consommations unitaires d’électricité spécifiques de 15% à 2030.
	Fonds chaleur : pénétration du bois énergie dans les logements collectifs et du chauffage urbain	Continuation du fonds chaleur jusqu'en 2020 ; Pénétration du bois énergie collectif tertiaire et chauffage urbain	Doublement du fonds chaleur à 2016 et continuation jusqu’en 2035. Pénétration supplémentaire du bois énergie collectif tertiaire et chauffage urbain

Source : DGEC

Hypothèses principales et mesures prises en compte dans les transports

La représentation du secteur des transports dans les exercices de prospective s’appuie en premier lieu sur une distinction entre le **transport de passagers et le transport de marchandises**, puis en second lieu sur une décomposition par **mode** (routier, ferroviaire, fluvial, maritime et aérien). Le parc de véhicules total est la somme du parc de véhicules particuliers (incluant les petits véhicules

utilitaires de moins de 1 tonne de charge utile, dits « VUL »), de camions, autobus/cars et de deux-roues motorisés.

L’évolution de la composition du parc de véhicules particuliers (VP) repose d’une part sur les hypothèses du Comité des Constructeurs Français d’Automobiles (CCFA) relatives aux immatriculations. Ces hypothèses supposent notamment un rééquilibrage des ventes entre les véhicules essence et les véhicules diesel ; et d’autre part sur les hypothèses du CGDD relatives à la pénétration des véhicules électriques (VE) et hybrides rechargeables (VHR) dans le parc à l’horizon 2030. Pour le scénario AMS2, la DGEC fait l’hypothèse que le parc de VE et VHR sera accru, et atteint 4,4 millions de véhicules. Par ailleurs, le scénario AMS2 prévoit le déploiement des véhicules au gaz, lié aux hypothèses de la DGEC, qui s’appuient sur le scénario de GRTgaz intitulé « uniquement un réseau de stations privées ».

L’évolution du parc des véhicules particuliers est décrite dans le tableau ci-dessous :

Tableau annexe 14 : Evolution du parc des VP et petits VUL par énergie et par scénario

millions, AME	Parc VP et petits VUL					
	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Essence	13.4	13.5	14.5	15.3	16.0	16.2
Diesel	22.6	23.0	21.7	21.1	20.4	20.2
GPL	0.05	0.06	0.08	0.09	0.1	0.1
GNV	0	0	0	0	0	0
Electrique	0	0.2	0.6	0.9	1.2	1.3
Hybride rechargeable	0	0.1	0.6	1.1	1.5	2.0
Total	36.0	36.9	37.5	38.4	39.3	39.8
millions, AMS2	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Essence	13.4	13.5	14.1	14.4	14.6	14.2
Diesel	22.6	23.0	21.6	20.7	19.9	19.5
GPL	0.05	0.06	0.08	0.09	0.1	0.1
GNV	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3
Electrique	0.0	0.2	0.8	1.3	1.9	2.2
Hybride rechargeable	0.0	0.2	0.9	1.7	2.5	3.5
Total	36.0	36.9	37.5	38.4	39.3	39.8

Source : CGDD, Enerdata

Les mesures politiques prises en compte dans les deux scénarios AME et AMS2 pour le secteur des transports sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau annexe 15 : Mesures prises en compte dans le secteur des transports par scénario

	Effets quantifiés pris en compte dans les scénarios, transports	
	AME	AMS2
Performances des véhicules	> Véhicules particuliers neufs : Règlement n° 443/2009 et sa révision (règlement n° 333/2014) : objectif de 95 gCO2/km en 2021. Pas d'évolution ensuite.	En 2030, la moyenne de consommation des véhicules neufs est de 2 litres / 100 km (c'est-à-dire les véhicules émettent env. 50 gCO2 / km).
	Bonus-malus : structure constante du barème avec application des bonus et malus 2014 sur la période 2015-2035	
	Véhicules utilitaires légers neufs : Règlement n° 510/2011 : objectif de 175 gCO2/km en 2017 et 147 gCO2/km en 2020	
Mix énergétique	Directive ENR : atteinte de 9% d'ENR en 2030 dans les transports (même chose dans filières essence et gazole)	LTECV, art. 1, alinéa 27 : 15% des carburants d'origine renouvelable en 2030. Parc de véhicules particuliers : +20% de VE et VHR dans AMS2 par rapport à AMS1 en 2030. L'essor de l'autopartage (AutoLib') contribue à cette évolution Déploiement des véhicules au gaz Transport maritime : électrification à quai des navires généralisée en 2030
Traffics et parts modales	Développement des Lignes ferroviaires à Grande Vitesse (LGV) et des transports collectifs en site propres (TCSP) : Transports publics urbains construits entre 2015 et 2030 : métro : 16 km, tram : 380 km, bus à haut niveau de service (BHNS) : 620 km	Renforcement des transports publics urbains en province : Construction entre 2015 et 2030 : métro : 30 km, tram : 670 km, bus à haut niveau de service (BHNS) : 1100 km
		Prise en compte du projet du Grand Paris
		Développement du télétravail
		Libéralisation du secteur des autocars
		Prêts à 2% de la Caisse des Dépôts pour les transports propres
		Augmentation du taux d'occupation des VP sous l'effet de l'essor du covoiturage, du télétravail et des plans de déplacements d'entreprises (généralisés pour les entreprises de plus de 1000 salariés).
		Développement des modes doux (plan vélo, plan mobilité active, indemnité kilométrique)
		Réduction de la vitesse maximale sur autoroute et route nationale
		Eco-conduite
		Augmentation du fret ferroviaire et fluvial pour le fret marchandise
Augmentation du taux de remplissage des PL pour le fret sur route en lien avec l'obligation « chargeurs » pour la grande distribution		

Source : DGEC

Hypothèses principales et mesures prises en compte dans l'industrie

Dans le secteur de l'industrie et pour les besoins de la modélisation, on distingue les industries dites « grosses consommatrices d'énergie » (filières de l'acier, de la production d'aluminium, du chlore, de l'éthylène, de l'ammoniac, du clinker, du papier, du sucre et du verre) et les autres industries, dites « diffuses ».

Les hypothèses d'activité de l'industrie diffuse sont communes aux scénarios et se basent sur le TCAM défini par Seureco/Erasmus (cf. paragraphe 1.4.6. Valeurs ajoutées sectorielles en France) :

Tableau 16 : Evolution de la valeur ajoutée de l'industrie diffuse par branche et par scénario

Million € constants 2005, AME et AMS2	2010	2015	2020	2025	2030	2035	TCAM 2010-2035
Métaux primaires	27215	29253	32618	37007	40688	44099	1.9%
Chimie	35005	38364	42514	47682	52130	56459	1.9%
Minéraux non-métalliques	8155	8605	9775	11283	12710	14115	2.2%
Industries agro-alimentaires	29446	30047	31889	34249	36047	37563	1.0%
Equipements	62216	67613	75792	86500	96013	105413	2.1%
Autres (textile, etc.)	35567	36819	39500	42865	45608	48002	1.2%

Source : Seureco/Erasmus

Les hypothèses relatives aux productions physiques des IGCE ont été discutées lors du Comité de Pilotage Industrie et validées par les industriels. Ces valeurs sont identiques pour les deux scénarios AME et AMS2, sauf pour le clinker dont la production évolue dans le scénario AMS2. Pour ce scénario, la DGEC fait l'hypothèse que la construction de 170 000 logements supplémentaires par an sur une durée de 5 ans représente un besoin supplémentaire de clinker de 2 550 000 t environ (avec une base d'une consommation supplémentaire de 15 t environ par logement).

Ces valeurs sont synthétisées dans le tableau ci-dessous :

Tableau annexe 17 : Evolution des productions physiques des IGCE par branche et par scénario

Mt, AME et AMS2	2010	2015	2020	2025	2030	2035	TCAM 2010-2035
Acier	15.4	18.2	21.0	21.0	21.0	21.0	1.2%
dont procédé électrique	5.6	6.8	8.0	8.0	8.0	8.0	1.4%
Aluminium	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8%
Ethylène	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	0.0%
Chlore	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	-0.4%
Ammoniac	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0%
Clinker, AME	14.9	15.3	15.7	16.2	16.6	17.0	0.5%
Clinker, AMS2	14.9	15.3	18.3	16.2	16.6	17.0	0.5%
Verre	4.6	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	0.3%
Papier	8.8	9.4	9.9	10.5	11.0	11.5	1.1%
Sucre	3.9	5.0	5.5	5.5	5.5	5.5	1.4%

Source : Données industrielles, Enerdata

Les mesures politiques prises en compte dans les deux scénarios AME et AMS2 pour le secteur de l'industrie sont synthétisées dans le tableau suivant :

Tableau annexe 18 : Mesures prises en compte dans le secteur de l'industrie par scénario

	Effets quantifiés pris en compte dans les scénarios, industrie	
	AME	AMS2
Fiscalité	ETS (hyp. : les données de tonnage et de consommations d'énergie futures communiquées par les industriels intègrent des anticipations de prix CO2 tel que défini dans le cadrage)	ETS (hyp. : les données de tonnage et de consommations d'énergie futures communiquées par les industriels intègrent des anticipations de prix CO2 tel que défini dans le cadrage)
Efficacité énergétique	CEE : 3 ^{ème} période (01/01/15 au 31/12/17) avec un objectif d'économies de 233 TWh cumac/an (doublement par rapport à la 2 ^{ème} période)	Gains d'efficacité énergétique tels que proposés par l'ADEME dans ses Visions 2030-2050 grâce aux mesures suivantes : - audits énergétiques obligatoires pour les grandes entreprises. - CEE : 3 ^{ème} période prolongée jusqu'en 2035 avec un objectif d'économies de 233 TWh cumac/an entre 01/01/15 et 31/12/17 et de 333 TWh cumac/an du 01/01/18 à 2035 - Mesures de type tiers financement qui permettraient de prendre en compte des investissements à TRI plus long - Valorisation de la chaleur fatale des industries
Mix énergétique	Fonds Chaleur prolongé au rythme actuel jusqu'en 2020	Augmentation des taux de recyclage Doublement accéléré du Fonds Chaleur (doublement atteint en 2016) et prolongation jusqu'en 2035

Source : Données industrielles, Enerdata

Hypothèses principales et mesures prises en compte dans le secteur de l’agriculture

Le tableau suivant récapitule les politiques publiques retenues au titre des scénarios AME et AMS2 pour le secteur agricole :

Tableau annexe 19 : Mesures prises en compte dans l’agriculture par scénario

Mesures prises en compte dans les scénarios, agriculture	
AME	AMS2
<p>Programmation PAC 2007-2013, dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Plan de Performance Energétique des Exploitations Agricoles - Indemnités Compensatoires des Handicaps Naturels (ICHN) - Mesures Agro Environnementales (MAE) 	<p>Réforme PAC 2014-2020, dont :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Verdissement (Surfaces d’Intérêt Ecologique (SIE), diversité assolement, PP) 2) Soutien renforcé à l’élevage : <ul style="list-style-type: none"> - Convergence Droits de Paiement de Base, - Maintien aides couplées élevage (Prime au Maintien du Troupeau de Vaches Allaitantes) - Plan pour la Compétitivité et l’Adaptation des Exploitations Agricoles - Indemnités Compensatoires des Handicaps Naturels - Mesures Agro Environnementales et Climatiques 3) Aide couplée aux protéagineux 4) Fin des quotas laitiers
<ul style="list-style-type: none"> - Plan Ecophyto - Plan de Performance Energétique + tarifs d’achat biogaz - Plan bio 	<p>Projet agro-écologique et notamment :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Plan Ecophyto rénové et renforcé 2) Plan Energie Méthanisation Autonomie Azote 3) Plan ambition bio 4) Plan protéine végétale
Réglementation des Installations Classées pour la Protection de l’Environnement (ICPE)	Directive IED et transposition nationale ICPE
Réglementation nitrates - 4 ^e programme d’action	Réglementation nitrates - 5 ^e programme d’action : Renforcement de la maîtrise de la fertilisation (bilan azoté)
	Loi d’Avenir pour l’Agriculture, l’Alimentation et la Forêt (LAAF), loi pour l’Accès au Logement et l’Urbanisme Rénové (ALUR)

Source : DGEC

Annexe III- Passage du format Med-Pro au format SOeS

Afin de permettre une transposition des résultats au format Med-Pro en des données au format SOeS, on utilise la « matrice de passage » ci-dessous, dont les valeurs sont basées sur les écarts constatés entre les données historiques de 2010 calculée selon les deux formats. Les écarts constatés au niveau sectoriel sont ensuite appliqués de manière systématique sur l'ensemble des résultats aux différents horizons de projection.

Variables d'ajustement pour passer du format Med-Pro au format SOeS	Charbon		Pétrole		Gaz		Electricité		ENRt et déchets	Total
	Houille, lignite	Coke, agglomérés	Brut	Raffiné	Naturel	Industriels	Production brute	Consommation		
Consommation finale énergétique (corrigée du climat)	-0.22			1.09	-0.61			1.13	1.60	2.58
Industrie	0.00			-0.02	-0.71			0.02	-0.01	-0.71
Résidentiel	-0.13			-0.17	1.31			0.94	1.63	3.58
Tertiaire	-0.09			0.79	-1.22			0.16	0.06	-0.30
Agriculture				0.00	0.00			0.00	-0.08	-0.07
Transports				0.48	0.01			0.00	0.00	0.49
Consommation finale non énergétique				-0.01						-0.01

Annexe IV- Décomposition détaillée de la demande d'énergie par secteur

On trouvera ci-dessous, en complément de l'analyse sectorielle par énergie et par scénario présentée dans la partie 3 de ce rapport, une décomposition détaillée pour chacun des secteurs précédemment analysés.

Décomposition de la demande d'énergie finale du résidentiel par usage

Tableaux annexe 22 : Demande finale du résidentiel par usage et par scénario, Mtep (format Med-Pro)

AME	Chauffage	Eau chaude	Cuisson	Eclairage	Elec specif.	Climatisation	Total
2000	31.1	4.2	2.4	1.0	3.9	0.0	42.5
2010	28.4	4.3	2.5	0.8	5.6	0.0	41.6
2015	26.7	4.4	2.6	0.8	5.7	0.0	40.2
2020	24.8	4.5	2.7	0.8	5.8	0.0	38.6
2025	23.2	4.6	2.7	0.7	5.7	0.0	37.0
2030	21.5	4.7	2.8	0.7	5.6	0.0	35.3
2035	20.0	4.9	2.8	0.7	5.4	0.0	33.7

AMS2	Chauffage	Eau chaude	Cuisson	Eclairage	Elec specif.	Climatisation	Total
2000	31.1	4.2	2.4	1.0	3.9	0.0	42.5
2010	28.4	4.3	2.5	0.8	5.6	0.0	41.6
2015	25.7	4.2	2.6	0.8	5.7	0.0	38.9
2020	21.5	4.1	2.7	0.8	5.8	0.0	34.8
2025	17.8	3.9	2.7	0.6	5.5	0.0	30.5
2030	14.2	3.6	2.8	0.4	5.1	0.0	26.1
2035	11.9	3.6	2.8	0.3	5.5	0.0	24.1

Source : *Energies Demain, Enerdata*

Décomposition de la demande d'énergie finale du tertiaire par usage

Tableaux annexe 23 : Demande finale du tertiaire par usage et par scénario, Mtep (format Med-Pro)

AME	Chauffage	Autres usages thermiques	Climatisation	Elec spécifique	Total
2000	9.7	3.9	0.8	6.2	20.6
2010	9.3	4.2	1.3	7.8	22.6
2015	8.9	4.3	1.4	8.0	22.5
2020	8.5	4.4	1.5	8.3	22.6
2025	8.1	4.5	1.5	8.5	22.6
2030	7.8	4.5	1.6	8.8	22.7
2035	7.4	4.6	1.6	9.1	22.7

AMS2	Chauffage	Autres usages	Climatisation	Elec spécifique	Total
2000	9.7	3.9	0.8	6.2	20.6
2010	9.3	4.2	1.3	7.8	22.6
2015	8.9	4.3	1.4	7.4	22.0
2020	8.1	4.1	1.4	7.3	20.9
2025	6.7	4.0	1.4	7.4	19.6
2030	5.3	4.0	1.4	7.5	18.3
2035	4.5	4.0	1.5	7.7	17.7

Source : *Energies Demain, Enerdata*

Décomposition de la demande d'énergie finale des transports par infrastructure et focus sur les trafics (incluant l'aérien domestique et transit)

Tableaux annexe 24 : Trafic incluant transit et aérien domestique (format Med-Pro)

AME	2000	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Route							
Voiture , VUL, Gvkm	426.2	495.6	506.6	515.1	527.5	539.8	546.9
Camions, Gtkm	237.5	257.6	264.1	290.2	323.7	357.2	386.6
Bus-taxis, Gpkm	42.1	50.0	53.9	58.1	62.8	67.5	72.8
Fer							
Passagers, Gpkm	80.9	100.3	106.5	113.1	120.4	127.6	135.5
Marchandises, Gtkm	57.7	30.0	36.8	45.1	56.5	67.9	83.4
Voies d'eau, Gtkm	7.3	8.1	9.2	10.5	12.0	13.6	15.5
Air, Mpas	30.7	25.2	30.8	36.4	42.0	47.6	53.2

AMS2	2000	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Route							
Voiture , VUL, Gvkm	426.2	495.6	486.4	466.2	451.3	436.5	435.1
Camions, Gtkm	237.5	257.6	264.1	285.9	318.5	351.0	386.6
Bus-taxis, Gpkm	42.1	50.0	67.0	84.0	101.0	118.0	135.0
Fer							
Passagers, Gpkm	80.9	100.3	109.1	117.8	126.6	135.4	145.2
Marchandises, Gtkm	57.7	30.0	36.8	48.9	61.0	73.1	83.4
Voies d'eau, Gtkm	7.3	8.1	9.2	11.0	12.8	14.6	15.5
Air, Mpas	30.7	25.2	30.8	36.4	42.0	47.6	53.2

Source : CGDD, Enerdata

Tableaux annexe 25 : Demande finale d'énergie des transports par infrastructure et par scénario (format Med-Pro)

AME, Mtep	2000	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Route	41.1	40.9	40.0	39.5	39.5	39.5	39.9
Fer	1.2	1.2	1.3	1.5	1.7	1.9	2.2
Voies d'eau, divers	0.3	0.3	0.4	0.4	0.5	0.6	0.7
Air	1.8	1.4	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7
Total	44.4	43.9	43.1	42.9	43.2	43.6	44.4
AMS2, Mtep	2000	2010	2015	2020	2025	2030	2035
Route	41.1	40.9	38.9	33.9	30.5	27.2	25.0
Fer	1.2	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2
Voies d'eau, divers	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.7
Air	1.8	1.4	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8
Total	44.4	43.9	42.1	37.4	34.5	31.6	29.7

Source : Enerdata

Annexe VI- index des sigles et acronymes

AIE	Agence Internationale de l'Énergie
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques
CEE	Certificat d'économie d'énergie
CIO	Comité d'Information et d'Orientation
CNTE	Comité National de la Transition Ecologique
DGEC	Direction Générale de l'Énergie et du Climat
EnR	Energies renouvelables
IGCE	Industries grandes consommatrices d'énergie
LTECV	Loi sur la transition énergétique pour la croissance verte
MEDEE	Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie
PPE	Programmation Pluriannuelle de l'Énergie
PREPA	Programme de Réduction des Emissions de Polluants Atmosphériques
SCEE	Service efficacité et climat énergétique
SRCAE	Schémas régionaux du climat, de l'air et de l'énergie
TCSP	Transports en commun en site propre