



**Bureau
fédéral du Plan**
Analyses et prévisions économiques

**Federaal
Planbureau**
Economische analyses
en vooruitzichten

Avenue des Arts, 47-49
B-1000 Bruxelles

Kunstlaan, 47-49
B-1000 Brussel

Tel.: (02)507.73.11
Fax: (02)507.73.73
E-mail: contact@plan.be
URL: <http://www.plan.be>

Het klimaatbeleid na 2012:

Analyse van scenario's voor
emissiereductie tegen 2020 en 2050

La politique climatique post-2012:

analyse de scénarios de réductions
d'émissions aux horizons 2020 et 2050

Juli - Juillet 2006

.be

Studie in opdracht van de federale Minister van Leefmilieu

Dit rapport werd opgemaakt door:

Danielle Devogelaer & Dominique Gusbin (Inleiding en PRIMES)

Delphine Bassilière, Francis Bossier, Ingrid Bracke, Florence Thiery & Windy Vandevyvere (HERMES, NEMESIS)

Alain Henry & Nadine Gouzée (Backcasting)



Table des matières

Résumé	15
A. Introduction	15
B. Scénarios de réduction des émissions de ges à l'horizon 2020	16
1. Impacts sur le système énergétique belge	16
2. Impacts sur l'économie belge	18
C. Scénarios de réduction des émissions de ges à l'horizon 2050	19
Samenvatting	21
A. Inleiding	21
B. Scenario's ter vermindering van de BKG-emissies tegen 2020	22
1. Impact op het Belgisch energiesysteem	22
2. De impact op de Belgische economie	24
C. Scenario's ter vermindering van de BKG-emissies tegen 2050	25
I Inleiding	27
A. Ervaring van het FPB	29
B. Approche retenue	29
C. Structuur van het rapport	31
II Analyse van emissiereductiescenario's met als horizon 2020	33
A. Evaluatie van de impact op het nationale energetische systeem en de emissies met PRIMES	33
1. Inleiding	33
2. Referentiescenario	34
a. Hypothesen en beleidskader	34
b. Resultaten	46

3.	Sensitiviteitsanalyses	57
a.	Prijsvarianten	57
b.	Variant rond een lagere economische groei	65
c.	Analyse rond het aantal graaddagen	68
d.	Besluit	68
4.	Post-2012-scenario's	69
a.	Contexte et approche	70
b.	Description détaillée de la méthodologie	71
c.	Sélection des scénarios post-2012	75
d.	Analyse de l'impact des scénarios post-2012	78
e.	Description des mesures additionnelles	87
f.	Analyse de l'impact des mesures additionnelles	92
g.	Conclusions	101
5.	Lijst van referenties	103
B.	Evaluation des impacts économiques avec HERMES	106
1.	Introduction	106
2.	Middellange termijn economische vooruitzichten voor België met hermes (periode 2005-2020)	108
a.	Hypothesen omtrent de internationale omgeving	109
b.	Macro-economische evoluties	110
3.	Impacts économiques des scénarios énergétiques post-2012	116
a.	Deux scénarios de réduction des émissions de GES	116
b.	Modifications du contexte énergétique	117
c.	Modification du contexte international	120
d.	Deux modes de recyclage	121
4.	Principaux résultats	124
a.	Scénarios avec objectif européen "-15%" (EU _{pk15})	125
b.	Scénarios avec objectif européen "-30%" (scénario EU _{pk30})	128
5.	Conclusions	132
6.	Lijst van referenties	133
III	Analyse de scénarios de réduction des émissions à l'horizon 2050	135
A.	Méthodologie et objectifs	136
1.	Présentation du backcasting	136
2.	Objectifs de réductions des émissions de GES en 2050	137
a.	Un réchauffement global limité à 2°C au dessus des températures préindustrielles	138
b.	L'objectif de 2°C traduit en terme de concentrations de GES dans l'atmosphère	138
c.	L'objectif de 2°C traduit en terme de réduction d'émissions mondiales de GES	140
d.	L'objectif de 2°C traduit en terme de réduction d'émissions de GES pour les pays industrialisés et l'Europe	140
e.	L'objectif de réduction d'émissions de GES en 2050 pour la Belgique	142

3. Objectifs de développement durable en 2050 et backcasting	143
a. Les objectifs de développement durable à très long terme	143
b. Le backcasting dans un contexte de développement durable	145
c. La transition en faveur d'un développement durable	147
B. Modèle comptable pour l'évaluation des émissions de GES	149
1. Présentation du modèle comptable	149
2. Spécification du modèle comptable par secteur	152
a. Résidentiel et services	153
b. Transport terrestre	156
c. Transport maritime et aérien	159
d. Industrie	161
e. Production d'électricité	164
f. Raffineries et cokeries	167
g. Agriculture	167
h. Autres secteurs	168
C. Scénarios prospectifs pour 2050	169
1. Description des scénarios	169
2. Scénario de réduction des émissions "-50%"	170
a. Description détaillée du scénario "-50%"	170
b. Emissions en 2050 selon le scénario "-50%"	176
3. Scénario de réduction des émissions "-60%"	178
a. Description détaillée du scénario "-60%"	178
b. Emissions en 2050 selon le scénario "-60%"	185
4. Scénario de réduction des émissions "-80%"	187
a. Description détaillée du scénario "-80%"	187
b. Emissions en 2050 selon le scénario "-80%"	192
5. Conclusions	194
a. Changements de technologies, de modes de consommation et de modes de production	195
b. Synthèse de chacun des scénarios envisagés	197
c. Intégration des connaissances et des politiques	199
D. Bibliographie	200

IV	Bijlagen	205
	Bijlage 1.	
	Internationale prijsvooruitzichten voor brandstoffen gebruikt in de scenario's voor de studie Post Kyoto: een verduidelijking	205
	Bijlage 2.	
	Algemene beschrijving van het PRIMES-model	208
	Bijlage 3.	
	Gedetailleerde resultaten van het referentiescenario	210
	Bijlage 4.	
	Definitie van de gebruikte indicatoren	214
	Bijlage 5.	
	Effort relatif de réductions des émissions de GES dans les Etats membres de l'UE à l'horizon 2020	215
	Bijlage 6.	
	Gedetailleerde resultaten van de varianten en de post-2012-scenario's met PRIMES	217
	1. Hogere-olie-hogere-gasprijsvariant	217
	2. Hogere-olie-medium-gasprijsvariant	219
	3. Variant rond lagere economische groei	220
	4. Post-2012 scenario's	222
	5. Vergelijking van Post-2012 scenario's	227
	Bijlage 7.	
	Présentation sommaire des modèles HERMES et NEMESIS	232
	1. Algemene omschrijving van het model HERMES	232
	2. Présentation du modèle NEMESIS : New Econometric Model for Environmental and Sustainable development and Implementation Strategies	235
	Bijlage 8:	
	Résultats détaillés des scénarios post-2012 avec HERMES	237
	1. Scénario avec objectif "-15%" (Eupk15) et recyclage en baisse de cotisations sociales patronales	237
	2. Scénario avec objectif "-15%" (Eupk15) et recyclage en baisse de cotisations sociales patronales et personnelles	240
	3. Scénario avec objectif "-30%" (Eupk30) et recyclage en baisse de cotisations sociales patronales	243
	4. Scénario avec objectif "-30%" (Eupk30) et recyclage en baisse de cotisations sociales patronales et personnelles	246



Liste des tableaux

TABEL 1. -	Vergelijking van lange-termijnolieprijsvooruitzichten volgens verschillende instellingen (\$2000/boe)	35
TABEL 2. -	Evolutie van de biomassaprijs in de baseline (index 2000=100)	37
TABEL 3. -	Macro-economische assumpties voor België, 2000-2020	39
TABEL 4. -	Vergelijking jaarlijkse bbp-groeivoet België, EU15 en EU25 (%)	40
TABEL 5. -	Vooruitzichten voor de transportactiviteit in België, 2000-2020	40
TABEAU 6. -	Hypothèses d'évolution des GES autres que le CO ₂ énergétique dans le scénario de référence (Mt CO ₂ eq.)	43
TABEAU 7. -	Projections des GES autres que le CO ₂ énergétique selon la 4ème Communication nationale (Mt CO ₂ eq.)	44
TABEL 8. -	Primaire energievraag en gerelateerde indicatoren in het referentiescenario	48
TABEL 9. -	Evolutie van de finale energievraag in het referentiescenario (per sector)	49
TABEL 10. -	Evolutie van de finale energievraag in het referentiescenario (per brandstof)	50
TABEL 11. -	Evolutie van de energie-intensiteit van de industrie in het referentiescenario (toe/MEuro'00)	50
TABEL 12. -	Evolutie van de energie-intensiteit van de tertiaire sector in het referentiescenario (toe/MEuro'00)	51
TABEL 13. -	Indicatoren voor de productie van elektriciteit in het referentiescenario	54
TABEAU 14. -	Projection de référence pour l'ensemble des gaz à effet de serre (Mt CO ₂ eq.)	56
TABEL 15. -	Voornaamste macro-economische resultaten van de "lagere groei"-variant (gemiddelde jaarlijkse groeivoeten, tenzij anders vermeld)	65
TABEAU 16. -	Emissions de GES en Belgique dans le scénario Eupk15 en 2020: variations par rapport à l'année de base et par rapport au scénario de référence (%)	75
TABEAU 17. -	Effort relatif de réduction des émissions (par rapport à l'année de base) dans les Etats membres, scénario pk15*	76
TABEAU 18. -	Emissions de GES en Belgique dans le scénario Eupk30 en 2020: variations par rapport à l'année de base et par rapport au scénario de référence (%)	77
TABEAU 19. -	Effort relatif de réduction des émissions (par rapport à l'année de base) dans les Etats membres, scénario Eupk30	77
TABEAU 20. -	Impact sur les coûts dans les scénarios Eupk15 et Eupk30, année 2020, différence par rapport au scénario de référence (%)	85
TABEAU 21. -	Evolution de la capacité éolienne off-shore dans les scénarios post 2012 avec mesures additionnelles (en MW)	89
TABEAU 22. -	Activité du transport dans les scénarios Eupk15am et Eupk30am, différence par rapport au scénario de référence (%)	91
TABEAU 23. -	Impact sur les coûts dans les scénarios Eupk15am et Eupk30am, année 2020, différence par rapport au scénario de référence (%)	99
TABEL 24. -	Voornaamste hypothesen inzake internationale omgeving (gemiddelde jaarlijkse groeivoeten, tenzij anders vermeld)	110

TABEL 25. -	Bijdragen aan de economische groei (periodegemiddelden)	111
TABEL 26. -	Voornaamste macro-economische resultaten van de basissimulatie (gemiddelde jaarlijkse groeivoeten, tenzij anders vermeld)	113
TABLEAU 27. -	Accroissements des prix de l'énergie: évaluations en 2010, 2015 et 2020 (en % par rapport à la base)	118
TABLEAU 28. -	Recettes supplémentaires en taxes énergétiques (milliards d'euros)	119
TABLEAU 29. -	Structure sectorielle retenue pour l'étude	120
TABLEAU 30. -	Baisse des marches potentiels à l'exportation de la Belgique (différences en % par rapport à la simulation de base)	121
TABLEAU 31. -	Augmentation des prix des importations et des exportations des partenaires commerciaux européens de la Belgique (différences en % par rapport à la simulation de base)	121
TABLEAU 32. -	Synthèse des deux modes de recyclage (différences par rapport à la simulation de base)	122
TABLEAU 33. -	Réduction de cotisations sociales patronales par branche d'activité selon le premier mode de recyclage (en millions d'euros)	123
TABLEAU 34. -	Réduction de cotisations sociales patronales par branche d'activité selon le deuxième mode de recyclage (en millions d'euros)	124
TABLEAU 35. -	Synthèse des résultats du scénario Eupk15: Indicateurs macroéconomiques de base (différences en % par rapport à la simulation de base)	127
TABEL 36. -	Synthese van de resultaten van het scenario Eupk15: Overheidsfinanciën (verschillen in miljoenen euro tov de basissimulatie)	128
TABLEAU 37. -	Synthèse des résultats du scénario Eupk30: Indicateurs macroéconomiques de base (différences en % par rapport à la simulation de base)	131
TABEL 38. -	Synthese van de resultaten van het scenario Eupk30: Overheidsfinanciën (verschillen in miljoenen euro tov de basissimulatie)	132
TABLEAU 39. -	Probabilité de dépasser l'objectif de 2°C de réchauffement à l'équilibre	139
TABEL 40. -	Différences significatives entre la politique en cours et la politique de transition	148
TABLEAU 41. -	Emissions de GES en Belgique (kt CO ₂ éq.)	150
TABLEAU 42. -	Emissions de GES liées à la demande de chaleur dans les secteurs résidentiel et services, kt CO ₂ éq.	153
TABLEAU 43. -	Trois exemples d'isolation pour une maison quatre façades	154
TABLEAU 44. -	Le secteur transport en Belgique en 2003: émissions, activité et parts modales	157
TABLEAU 45. -	Emissions de CO ₂ dans le transport routier en 2003	158
TABLEAU 46. -	Trafic international maritime et aérien: émissions et activité	159
TABLEAU 47. -	Consommation d'énergie et émissions de GES (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O) dans l'industrie, y compris les procédés industriels (Mt CO ₂ éq.)	161
TABLEAU 48. -	Gains potentiels en efficacité énergétique dans l'industrie pour les pays développés	162
TABLEAU 49. -	Emissions de GES en 2004 pour la production d'électricité en Belgique (kt CO ₂ éq.)	164
TABLEAU 50. -	Rendement des centrales électriques en 2050	166
TABLEAU 51. -	Réduction de 50% en 2050 - consommation et production d'électricité (TWh)	175
TABLEAU 52. -	Réduction de 50% en 2050 - résumé des résultats (Mt CO ₂ éq.)	177
TABLEAU 53. -	Réduction de 50% en 2050 - détail des émissions (kt CO ₂ éq.)	178
TABLEAU 54. -	Réduction de 60% en 2050 - consommation et production d'électricité (TWh)	184
TABLEAU 55. -	Réduction de 60% en 2050 - résumé des résultats (Mt CO ₂ éq.)	186

TABLEAU 56. - Réduction de 60% en 2050 - détail des émissions (kt CO ₂ éq.)	186
TABLEAU 57. - Réduction de 80% en 2050 - consommation et production d'électricité (TWh)	191
TABLEAU 58. - Réduction de 80% en 2050 - résumé des résultats (Mt CO ₂ éq.)	193
TABLEAU 59. - Réduction de 80% en 2050 - détail des émissions (kt CO ₂ éq.)	194
TABLEAU 60. - Synthèse des potentiels de réductions d'émission en Belgique	196
TABEL 61. - Lijst van gebruikte indicatoren en hun definitie in de analyse van de PRIMES-resultaten	214
TABLEAU 62. - Réductions des émissions de GES en 2020 dans le scénario pk15 (%)	215
TABLEAU 63. - Réductions des émissions de GES en 2020 dans le scénario pk30 (%)	216
TABEL 64. - Algemene kenmerken van het HERMES-model	233
TABEL 65. - Opsplitsingen in HERMES	234
TABEL 66. - Caractéristiques et subdivisions de NEMESIS	236
TABLEAU 67. - Principaux résultats macroéconomiques (différences en % par rapport à la simulation de base)	237
TABLEAU 68. - Principaux résultats sectoriels (différences en % par rapport à la simulation de base)	238
TABLEAU 69. - Compte de l'ensemble des administrations publiques (différences en millions d'euros par rapport à la simulation de base)	239
TABLEAU 70. - Principaux résultats macroéconomiques (différences en % par rapport à la simulation de base)	240
TABLEAU 71. - Principaux résultats sectoriels (différences en % par rapport à la simulation de base)	241
TABLEAU 72. - Compte de l'ensemble des administrations publiques (différences en millions d'euros par rapport à la simulation de base)	242
TABLEAU 73. - Principaux résultats macroéconomiques (différences en % par rapport à la simulation de base)	243
TABLEAU 74. - Principaux résultats sectoriels (différences en % par rapport à la simulation de base)	244
TABLEAU 75. - Compte de l'ensemble des administrations publiques (différences en millions d'euros par rapport à la simulation de base)	245
TABLEAU 76. - Principaux résultats macroéconomiques (différences en % par rapport à la simulation de base)	246
TABLEAU 77. - Principaux résultats sectoriels (différences en % par rapport à la simulation de base)	247
TABLEAU 78. - Compte de l'ensemble des administrations publiques (différences en millions d'euros par rapport à la simulation de base)	248



Liste des graphiques

FIGUUR 1.-	Brent olieprijsen in US dollars en euro per vat	35
FIGUUR 2.-	Vergelijking internationale energieprijzen: referentiescenario en PP95, 1990-2030 (2005 \$/boe)	37
FIGUUR 3.-	Historische evolutie en het aantal graaddagen (aantal graaddagen per jaar)	41
FIGUUR 4.-	Sectorale evolutie van de finale energievraag, referentiescenario (ktoe)	49
FIGUUR 5.-	Aandeel van verschillende brandstoffen in de elektriciteitsproductie in het referentiescenario (%)	52
FIGUUR 6.-	Elektriciteitsproductie per energievorm, referentiescenario (GWh)	53
FIGUUR 7.-	Elektriciteitsproductie op basis van hernieuwbare energiebronnen, referentiescenario (GWh)	53
FIGUUR 8.-	Evolutie van de energiegerelateerde CO ₂ -emissies ten opzichte van 1990 in het referentiescenario (Mt CO ₂)	55
FIGUUR 9.-	Sectorale evolutie van energiegerelateerde CO ₂ -emissies, referentiescenario (Mt CO ₂)	56
FIGUUR 10.-	Internationale energieprijzen: referentiescenario en prijsvarianten, 2005-2030 (\$05 per boe)	58
FIGUUR 11.-	Aantal primaire-energiegerelateerde indicatoren voor de hohg-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)	59
FIGUUR 12.-	Aantal primaire-energiegerelateerde indicatoren voor de homg-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)	60
FIGUUR 13.-	Indicatoren van de finale vraag naar energie voor de hohg-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)	62
FIGUUR 14.-	Indicatoren van de finale vraag naar energie voor de homg-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)	62
FIGUUR 15.-	Aantal elektriciteitsproductiegerelateerde indicatoren voor de hohg-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)	63
FIGUUR 16.-	Aantal elektriciteitsproductiegerelateerde indicatoren voor de homg-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)	64
FIGUUR 17.-	Aantal primaire-energiegerelateerde indicatoren voor de "lagere groei"-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)	66
FIGUUR 18.-	Aantal elektriciteitsproductiegerelateerde indicatoren voor de "lagere groei"-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)	67
FIGUUR 19.-	Evolutie van de energetische CO ₂ -emissies: referentiescenario en varianten (in Mt)	69
GRAPHIQUE 20.-	Progressivité des CV dans les scénarios post-2012 (en €/t CO ₂ eq.)	72
GRAPHIQUE 21.-	Courbe de coût marginal d'abattement de l'ensemble de GES pour l'UE (ordonnée: CV pour l'année 2030 en €/t de CO ₂ eq.)	73
GRAPHIQUE 22.-	Courbe de coût marginal d'abattement de l'ensemble des GES pour la Belgique (ordonnée: CV pour l'année 2030 en €/t de CO ₂ eq.)	73
GRAPHIQUE 23.-	Courbes de coût marginal d'abattement pour l'UE en 2020, par type de GES (ordonnée: % de réduction par rapport à l'année de base, abscisse: CV pour l'année 2030 en €/t de CO ₂ eq.)	74

GRAPHIQUE 24.-	Courbe de coût marginal d'abattement pour la Belgique en 2020, par type de GES (ordonnée: % de réduction par rapport à l'année de base, abscisse: cv pour l'année 2030 en €/t de CO ₂ eq.)	74
GRAPHIQUE 25.-	Indicateurs relatifs à la demande d'énergie primaire dans les scénarios Eupk15 et Eupk30, année 2020, différence par rapport au scénario de référence (%)	79
GRAPHIQUE 26.-	Evolution sectorielle des émissions de CO ₂ énergétique dans les scénarios Eupk15 et Eupk30 (Mt)	80
GRAPHIQUE 27.-	Indicateurs relatifs à la production d'électricité dans les scénarios Eupk15 et Eupk30, année 2020, différence par rapport au scénario de référence (%)	81
GRAPHIQUE 28.-	Production d'électricité par forme d'énergie dans les scénarios Eupk15 et Eupk30 (GWh)	82
GRAPHIQUE 28.-	Production d'électricité à partir des renouvelables dans les scénarios Eupk15 et Eupk30 (GWh)	83
GRAPHIQUE 30.-	Evolution sectorielle de la demande finale d'énergie dans les scénarios Eupk15 et Eupk30 (ktep)	84
GRAPHIQUE 31.-	Indicateurs relatifs à la demande d'énergie primaire dans les scénarios Eupk15am et Eupk30am, année 2020, différence par rapport au scénario de référence (%)	94
GRAPHIQUE 32.-	Evolution sectorielle des émissions de CO ₂ énergétique dans les scénarios Eupk15am et Eupk30am (Mt)	94
GRAPHIQUE 33.-	Indicateurs relatifs à la production d'électricité dans les scénarios Eupk15am et Eupk30am, année 2020, différence par rapport au scénario de référence (%)	96
GRAPHIQUE 34.-	Production d'électricité par forme d'énergie dans les scénarios Eupk15am et Eupk30am (GWh)	96
GRAPHIQUE 35.-	Production d'électricité à partir des renouvelables dans les scénarios Eupk15am et Eupk30am (GWh)	97
GRAPHIQUE 36.-	Evolution sectorielle de la demande finale d'énergie dans les scénarios Eupk15am et Eupk30am (ktep)	98
GRAPHIQUE 37.-	Evolution des émissions de CO ₂ énergétique: scénarios de référence et post-2012 (Mt)	101
FIGUUR 38.-	Reëel en potentieel bbp (in groeipercentages), met de afgeleide outputgap	111
GRAPHIQUE 39.-	Illustration de l'approche backcasting dans un contexte de développement durable	146
GRAPHIQUE 40.-	Evolution des coûts énergétiques dans les différents secteurs, scénario de référence (2000 = 100)	213



Liste des encadrés

Box 1:	
Logica achter de prijsvarianten	58
Encadré 2:	
Éléments clés de la méthodologie	70
Encadré 3:	
Traduction des valeurs du carbone en termes de prix internationaux des énergies fossiles	78
Encadré 4:	
Impact de la capture et du stockage du CO ₂ sur les résultats du scénario Eupk30	86
Encadré 5:	
Isolation des bâtiments	154
Encadré 6:	
L'hydrogène comme vecteur d'énergie	160
Encadré 7:	
Capture et stockage de CO ₂	165
Encadré 8:	
Potentiel de ressources de biomasse en Belgique	166



Résumé

A. Introduction

Cette étude fait suite à la demande du ministre fédéral de l'Environnement, M. Tobback. En août 2005, il a demandé au Bureau fédéral du Plan d'élaborer et d'analyser des scénarios de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) en Belgique aux horizons 2020 et 2050 dans le cadre de la politique climatique post-2012. Les réductions d'émission de GES doivent être compatibles avec les trajectoires de réductions proposées par l'Union européenne dans le cadre de la mise en œuvre de la Convention cadre sur les changements climatiques des Nations unies. Il s'agit de réductions de l'ordre de 15 à 30% d'ici 2020 et de l'ordre de 60 à 80% d'ici 2050, par rapport à 1990 pour l'ensemble des pays développés.

Rappelons que l'objectif ultime de cette convention cadre est *"de stabiliser [...] les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique."* C'est pour atteindre cet objectif ultime de stabilisation des concentrations de GES que le Protocole de Kyoto, issu de cette Convention, a fixé au niveau mondial des objectifs contraignants de réduction d'émission de ces gaz dans les pays développés. Et c'est aussi pour atteindre l'objectif ultime qu'un cadre mondial doit être élaboré pour permettre de réaliser des réductions d'émission de GES à long terme plus ambitieuses. Les négociations portant sur de futurs engagements pour l'après 2012 ont débuté en 2005. La présente étude s'inscrit dans la préparation de la Belgique à ces négociations auxquelles elle participe dans le cadre de la politique climatique de l'Union européenne.

L'élaboration et l'analyse de scénarios de réduction des émissions de GES pour l'après 2012 ont été réalisées de manière différente selon l'horizon de temps : 2020, d'une part, et 2050, d'autre part. La différence réside tant dans l'approche méthodologique que dans la nature des impacts analysés.

Pour l'horizon 2020, quatre scénarios de réductions des émissions de GES ont été élaborés et évalués par rapport à un scénario de référence. Deux scénarios correspondent à des réductions de 15% et 30% entre 1990 et 2020, pour les émissions de GES de l'Union européenne. Deux autres scénarios étudient les effets, pour la Belgique, de mesures additionnelles portant sur le soutien à l'énergie éolienne, l'intégrité thermique des bâtiments et le transport. L'évaluation en termes d'impacts sur le système énergétique belge des quatre scénarios a été réalisée avec le modèle PRIMES. L'analyse des principaux effets sur l'économie belge a quant à elle été étudiée avec le modèle HERMES du Bureau fédéral du Plan.

Pour l'horizon 2050, trois niveaux de réduction des émissions de GES sont étudiés comme objectifs de l'approche backcasting et placés volontairement dans une évolution de développement durable entre 1990 et 2050: -50%, -60% et -80%. Cette première étude prospective à un horizon aussi lointain a été réalisée dans les délais impartis au prix d'une méthodologie simplifiée qui devra être affinée dans

des exercices ultérieurs. Elle s'appuie sur un modèle comptable qui explore des équilibres physiques envisageables pour les différents secteurs émetteurs, sans traiter de l'équilibre général en 2050 sur le plan financier (prix et coûts énergétiques, finances publiques,...). Pour chacun de ces objectifs, un scénario exploratoire décrit un ensemble de conditions qui permettraient de réaliser ces réductions. Ces conditions portent sur les progrès technologiques et les changements de modes de consommation et de production à accomplir. Vu l'ambition des objectifs considérés, cette étude souligne l'importance de faire émerger des politiques dites de *transition*, capables de relier l'action à court et moyen terme à des perspectives d'action à très long terme.

L'étude réalisée par le BFP constitue une première étape vers une meilleure compréhension et une évaluation la plus complète possible d'une politique climatique belge pour l'après 2012 dans un contexte européen.

Parallèlement à l'étude présentée ici, le Bureau fédéral du Plan réalise une autre étude à la demande du ministre fédéral de l'Energie, M. Verwilghen. Cette étude a pour objectif de fournir les analyses quantitatives nécessaires à l'élaboration d'un rapport, par la Commission Energie 2030, sur la politique énergétique de la Belgique à l'horizon 2030. Cette deuxième étude présente des points communs avec l'étude pour le Ministre Tobbacq, notamment en termes de méthodologie et de perspectives énergétiques de référence mais elle met davantage l'accent sur la sécurité de l'approvisionnement énergétique et les technologies énergétiques que sur les possibilités et les effets de réductions des émissions de GES.

B. Scénarios de réduction des émissions de GES à l'horizon 2020

1. Impacts sur le système énergétique belge

La mise en œuvre de réductions des émissions de GES a des effets sur l'évolution du système énergétique belge en cela qu'elle influence à la fois la structure et la quantité de nos besoins énergétiques que les choix technologiques associés à la production et à la consommation d'énergie. Pour évaluer ces effets, il a été fait appel au modèle énergétique européen PRIMES développé et géré par l'Université technique d'Athènes (NTUA) selon une approche en trois phases ce qui est standard pour le type d'analyse effectué.

Dans une première phase, une projection énergétique de référence a été construite pour la période 2000-2020. Cette projection (ou scénario) de référence est la même que celle élaborée en novembre 2005 pour la DG TREN de la Commission européenne et que celle utilisée par la Commission Energie 2030. Elle décrit l'évolution du système énergétique belge en supposant la poursuite des tendances et changements structurels en cours et en ne prenant en compte que les politiques et mesures adoptées au 31 décembre 2004. Elle tient donc compte du cadre légal en vigueur, en particulier la loi sur la sortie du nucléaire. Selon la projection de référence, les émissions de CO₂ énergétique progressent de 10,5% en 2020 par rapport à 1990. Pour l'ensemble des GES, le pourcentage d'augmentation est estimé à 3,7%.

Dans la deuxième phase, la sensibilité des résultats à certaines hypothèses a été évaluée en vue de proposer non pas une projection unique pour les émissions de CO₂ (celle du scénario de référence) mais un faisceau de projections. Ce faisceau de projections reflète les incertitudes liées à l'évolution des prix internationaux

des combustibles, à la croissance économique et aux conditions climatiques. Dans la partie inférieure du faisceau, les émissions de CO₂ énergétique sont, en 2020, 8,1% au-dessus du niveau de l'année 1990. Dans la partie supérieure, elles sont, en 2020, 12,8% au-dessus du niveau de 1990.

Dans la troisième et dernière phase, s'inscrivent à la fois la construction des scénarios de réduction des émissions de GES et l'évaluation proprement dite des impacts de ces scénarios sur le système énergétique belge. Cette phase a été réalisée en deux temps. Dans le premier temps, les coûts marginaux de réduction des émissions de GES (appelés aussi valeurs du carbone) ont été évalués pour des réductions de 15% et 30% entre 1990 et 2020 au niveau de l'Union européenne, puis les conséquences sur les émissions de GES en Belgique, et enfin, les effets sur le système énergétique belge. L'approche adoptée, basée sur l'égalisation des coûts marginaux d'abattement entre pays et secteurs, garantit la réalisation à moindre coût des réductions envisagées.

Dans le deuxième temps, des politiques ambitieuses ciblées ont été définies, qui permettent de réduire les émissions de GES au-delà des niveaux de réductions calculés pour la Belgique selon l'approche de l'égalisation des coûts marginaux d'abattement. Ensuite, l'impact de la mise en oeuvre de ces politiques a été évalué sur les émissions de CO₂ énergétique, d'une part, et sur le système énergétique belge, d'autre part. Les politiques additionnelles portent sur le développement d'éoliennes en mer du Nord, sur la performance énergétique des bâtiments et sur la mobilité et le transport.

Pour réduire les émissions de GES de 15% et 30% entre 1990 et 2020 au niveau de l'Europe des 25, des valeurs du carbone de respectivement 42 € et 110 € la tonne de CO₂ seraient nécessaires en 2020. Ces valeurs induisent des réductions d'émissions différentes selon le pays mais aussi selon le type de GES. En Belgique, les réductions d'émissions de GES s'établissent à 4,8% et 13,7% selon le scénario. Au niveau des émissions de CO₂ énergétique, on a une augmentation de 3,9% en 2020 par rapport à 1990 dans le scénario "-15%" mais une baisse de 4,3% dans le scénario "-30%".

Les principaux impacts sur le système énergétique des réductions d'émissions envisagées sont les suivants par rapport au scénario de référence et pour l'année 2020. Les besoins énergétiques de la Belgique diminuent de respectivement 2,3% et 5,7%. Une substitution du charbon et, dans une moindre mesure, des produits pétroliers s'opère au profit du gaz naturel et des sources d'énergies renouvelables. La diminution sensible de la consommation de charbon provient surtout du secteur électrique où il disparaît même du mix énergétique dans le scénario "-30%". La réduction du recours aux produits pétroliers est par contre limitée (respectivement -2% et -7%), elle concerne surtout les secteurs de demande finale (industrie, tertiaire, résidentiel et transport). La consommation accrue de gaz naturel (respectivement +2% et +6%) touche à la fois les secteurs transformateurs et consommateurs d'énergie. Enfin, les sources d'énergies renouvelables se développent de manière significative surtout dans le secteur électrique où leur part s'établit autour des 10-11% en 2020.

La mise en oeuvre de politiques additionnelles a des conséquences importantes tant sur le système énergétique que sur les émissions ; elles ont pour effet d'amplifier les impacts décrits ci-dessus. En ce qui concerne les émissions de CO₂ énergétique, les réductions s'échelonnent cette fois entre 13,1% et 19,1% en 2020 par rapport à 1990 selon le scénario. Les changements supplémentaires sur le plan énergétique concernent principalement le niveau de la demande énergéti-

que du pays et la structure de la production électrique. La consommation d'énergie primaire diminue de 11 à 14% par rapport à la projection de référence, selon le scénario. Du côté de la production électrique, la part des énergies fossiles passe sous le seuil des 50% alors que la contribution des sources d'énergies renouvelables frôle les 17% dans les deux scénarios.

2. Impacts sur l'économie belge

La mise en œuvre d'objectifs ambitieux de réduction des émissions de GES a, non seulement, un impact sur la structure du système énergétique, mais aussi sur l'économie. Cet impact découle essentiellement des changements induits dans les coûts énergétiques et, via ceux-ci, dans les coûts et les prix des différents secteurs, mais aussi des modifications apportées au contexte européen (les objectifs de réduction étant définis à ce niveau).

L'évaluation des impacts économiques, au niveau belge, des objectifs de réduction a été faite en utilisant le modèle macrosectoriel HERMES¹. Pour réaliser cette évaluation, une projection de l'économie belge a d'abord été construite pour la période 2005-2020. Cette projection prend comme point de départ les perspectives économiques d'octobre 2005, couvrant la période 2005-2010. En ce qui concerne la période 2011-2020, la projection s'est largement inspirée des travaux réalisés dans le cadre du Working Group on Ageing (WGA) du Comité de politique économique de l'Union européenne.

Différents scénarios ont été simulés selon les modalités suivantes : (i) les prix des différents produits énergétiques ont été modifiés en fonction de la valeur du carbone calculée à l'aide du modèle PRIMES (valeur du carbone atteignant respectivement 42 et 110 euros/tonne de CO₂ en 2020, selon que l'on prenne l'objectif de réduction de -15 ou de -30%) ; (ii) les hausses de prix énergétiques sont supposées obtenues via une augmentation de la fiscalité sur les produits énergétiques dans les secteurs ne faisant pas actuellement partie du marché de permis européen (ETS); il a été choisi de recycler les recettes publiques nouvelles de manière à maximaliser l'effet sur l'emploi pour rechercher un double dividende ; pratiquement cela a été mis en œuvre via une baisse des charges sociales (baisse de cotisations sociales employeurs seules ou en combinaison avec une baisse des cotisations sociales personnelles); (iii) le contexte européen a été modifié pour tenir compte du fait que les objectifs de réduction de GES s'inscrivent à un niveau européen. Les modifications ont porté sur l'évolution du marché potentiel d'exportation belge et sur celle des prix extérieurs.

Dans l'ensemble, l'impact des scénarios sur l'activité économique, mesurée par le PIB, est relativement neutre (de -0,06% à +0,03% du PIB en 2020). Certes, la hausse des prix de l'énergie entraîne une poussée non négligeable des coûts intérieurs, source d'inflation et de perte de revenu et de compétitivité. Par ailleurs, le marché potentiel d'exportation s'affiche en légère baisse. Il doit s'ensuivre logiquement un repli de l'activité économique. Toutefois, la baisse de charges sociales vient compenser ces premiers effets négatifs (notamment, en matière de compétitivité) et l'on note, *in fine*, un PIB au pire en légère baisse par rapport à la simulation de base. On note, en effet, que le recul de la demande intérieure et des exportations est compensé dans une large mesure par une baisse des importations (dont les importations d'énergie). Le recyclage de la nouvelle recette s'avère donc cruciale dans ce contexte.

1. Ainsi que le modèle européen NEMESIS pour mesurer les impacts au niveau européen.

Quant à l'emploi, les effets sur celui-ci vont très largement dépendre du type de redistribution envisagé (entre -5000 et +27000 emplois suivant les scénarios et selon la manière dont les revenus de la taxe sont utilisés). D'une manière générale, la baisse initiale de l'activité est synonyme de pertes d'emplois, mais celles-ci sont en grande partie gommées par la baisse des charges sociales. On note même des créations d'emplois dans le cas où le recyclage se fait sous la forme de baisses de cotisations sociales employeurs.

Enfin, les différents scénarios testés permettent d'accroître le surplus extérieur (en raison de la baisse importante des importations, dont les importations d'énergie) et d'améliorer le solde de financement public (malgré le recyclage).

C. Scénarios de réduction des émissions de GES à l'horizon 2050

Cette partie de l'étude analyse des conditions dans lesquelles des réductions importantes d'émission de GES peuvent être réalisées en Belgique à l'horizon 2050. Une approche de type backcasting est utilisée. Elle consiste à définir tout d'abord l'objectif désiré, puis à construire des scénarios spécifiant des conditions de progrès technologique et de niveaux d'activité qui permettraient d'atteindre cet objectif. Cette méthode est pertinente pour les problèmes complexes, systémiques et de long terme. Elle permet d'envisager des changements structurels nécessaires pour réaliser des objectifs ambitieux et peut être appliquée à l'aide de différents types de modèles. Dans le cadre de cette analyse, un seul scénario a été construit pour chaque objectif. D'autres sont envisageables mais n'ont pu être étudiés par manque de temps. Les coûts et les moyens budgétaires pour y parvenir n'ont pas été étudiés.

Trois niveaux de réduction des émissions de GES en Belgique entre 1990 et 2050 ont été étudiés comme objectifs de l'approche backcasting, sur la base des propositions du Conseil de l'Union européenne dans le cadre des engagements politiques pris par les Nations Unies: -50%, -60% et -80%. Les "objectifs primordiaux d'un développement durable" tels que réaffirmés au Sommet de Johannesburg en 2002 sont également pris en compte. Il s'agit notamment du "*changement des modes de consommation et de production non durables*".

Dans le premier scénario, une réduction de 50% des émissions en 2050 est obtenue sur la base du progrès technologique, en impliquant un minimum de modification de comportements. Il s'agit notamment d'utiliser au maximum en 2050 le potentiel existant en matière d'énergie éolienne (10 GW en Mer du Nord), d'énergie solaire (100 km² de panneaux solaires en 2050), de capture et le stockage de carbone pour les centrales électriques, de cogénération, d'isolation thermique des bâtiments (qui consomment en moyenne 7 fois moins d'énergie en 2050 qu'actuellement), de transport (la moitié des véhicules utilisent de l'hydrogène, l'autre moitié des véhicules sont environ 3 fois plus performants qu'aujourd'hui). Ces progrès technologiques sont très importants, et nécessitent une politique active de soutien à la recherche et à leur utilisation. Une politique de gestion de la demande est en outre nécessaire pour éviter que les progrès techniques ne soient réduits par une augmentation trop forte de la demande (effet rebond).

Dans un deuxième scénario, une réduction de 60% des émissions en 2050 est obtenue en supposant qu'aux changements technologiques du premier scénario viennent s'ajouter des changements de comportements. Il s'agit notamment d'une stabilisation de la demande de transport entre aujourd'hui et 2050 et d'une augmentation de la part modale des transports publics (50% au lieu de 20%

aujourd'hui). Dans le secteur des bâtiments, les émissions diminuent grâce à l'utilisation de micro-cogénération et de pompes à chaleur. Il s'agit aussi de changements plus généraux dans les modes de consommation vers des biens et services dont la production ou la prestation requiert moins d'énergie, et vers des biens dont la durée de vie est plus longue et le recyclage est plus complet qu'aujourd'hui. Ces changements sont accompagnés par une évolution parallèle des modes de production, qui réduit les émissions de GES dans l'industrie et les services.

L'objectif de réduction de 80% des émissions en 2050 est atteint dans le troisième scénario en renforçant les changements de comportements proposés dans le deuxième scénario. Ainsi, pour atteindre l'objectif de ce scénario, les déplacements sont réduits de moitié entre 2004 et 2050, et le transport collectif devient largement majoritaire par rapport aux autres modes de transport. Par ailleurs, ce scénario accentue les changements plus généraux de modes de consommation et de production du scénario précédent. De telles évolutions, qui s'avèrent nécessaires pour atteindre l'objectif de ce scénario, ne peuvent être envisagées sans une modification profonde des modes actuels de consommation et de production. Il s'agit notamment de changer l'aménagement du territoire pour permettre de diminuer la demande d'énergie liée au transport individuel et à un habitat éparpillé.

Une politique mondiale efficace de lutte contre les changements climatiques ne pourra pas faire l'économie de réductions des émissions liées au trafic international maritime et aérien. Si des possibilités non négligeables existent du côté des technologies, les analyses faites dans cette étude montrent que la croissance actuelle de ce secteur n'est pas, malgré ces progrès technologiques, compatible avec les réductions des émissions souhaitées.

Comme le monde n'évolue pas spontanément vers l'objectif souhaité de développement durable et de réduction des émissions de GES, la mise en œuvre de politiques est nécessaire. Le contexte de backcasting pour un développement durable, avec son objectif primordial de changement des modes de consommation et de production, place donc une telle étude dans un cadre fortement marqué par un besoin d'innovation et des politiques volontaristes, tant du côté des changements technologiques que du côté des changements de comportements.

Pour être acceptables dans leur ampleur, ces politiques devraient être résolument multi-acteurs (décideurs politiques et acteurs sociétaux) et multi-niveaux (relier les décisions locales aux décisions mondiales) et multi-domaines (qui cherchent à décloisonner l'élaboration des politiques sectorielles). Vu le niveau d'ambition de ces objectifs, cette étude souligne l'importance de faire émerger des politiques dites *de transition*, capables de relier des actions à court et moyen terme à des perspectives d'action à très long terme.



Samenvatting

A. Inleiding

Deze studie werd gemaakt op vraag van de federale minister van Leefmilieu, Dhr. Tobback. In augustus 2005 vroeg hij aan het Federaal Planbureau om scenario's in verband met de vermindering van de broeikasgasemissies (BKG) in België tegen 2020 en 2050 uit te werken en te analyseren in het kader van het klimaatbeleid na 2012. De vermindering van BKG-emissies dient overeen te komen met het afbouwtraject dat de Europese Unie voorstelt in het kader van de uitvoering van het raamverdrag van de Verenigde Naties inzake klimaatveranderingen. Het gaat om een vermindering van 15 à 30% tegen 2020 en van 60 à 80% tegen 2050 tegenover 1990 voor alle ontwikkelde landen.

We herinneren eraan dat de uiteindelijke doelstelling van dat raamverdrag de volgende is: 'de concentratie aan broeikasgassen in de atmosfeer tot een niveau te stabiliseren zodat elke gevaarlijke antropische verstoring van het klimaatstelsel wordt tegengegaan'. Om die doelstelling te halen nl. de concentratie aan BKG te stabiliseren, bepaalde het Kyoto-protocol, dat voortvloeit uit het raamverdrag, op wereldwijd niveau bindende doelstellingen om de broeikasgasemissies in de ontwikkelde landen te doen dalen. Het is ook om die uiteindelijke doelstelling te behalen dat een internationaal kader dient uitgewerkt te worden om ambitieuzere verminderingen van BKG-emissies op lange termijn te verwezenlijken. De onderhandelingen die betrekking hebben op toekomstige verbintenissen na 2012 startten in 2005. Deze studie maakt deel uit van de voorbereiding van België op die onderhandelingen waaraan België deelneemt in het kader van het klimaatbeleid van de Europese Unie.

In deze studie worden de uitwerking en analyse van de scenario's ter vermindering van de BKG-emissies na 2012 op een andere manier geïmplementeerd naar gelang de tijdshorizon (2020 enerzijds en 2050 anderzijds). Het verschil ligt zowel in de methodologische benadering als in de aard van de geanalyseerde impact.

Voor 2020 werden er vier scenario's ter vermindering van de BKG-emissies uitgewerkt en geëvalueerd ten opzichte van een referentiescenario. Twee scenario's komen overeen met verminderingen van 15% en 30% tussen 1990 en 2020 voor de BKG-emissies van de Europese Unie. Twee andere scenario's bestuderen de impact voor België van bijkomende maatregelen die betrekking hebben op windenergie, de energieprestatie van gebouwen en het transport. De evaluatie van de impact van de vier scenario's op het Belgisch energiesysteem werd gemaakt met behulp van het PRIMES-model. De analyse van de belangrijkste gevolgen op de Belgische economie gebeurde op basis van het HERMES-model van het Federaal Planbureau.

Voor 2050 worden drie niveaus ter vermindering van de BKG-emissies bestudeerd als doelstellingen van de backcastingbenadering en bewust in een evolutie van duurzame ontwikkeling geplaatst tussen 1990 en 2050: -50%, -60% en -80%. Deze studie met een dergelijk ver verwijderde tijdshorizon is een eerste in de reeks, waarbij binnen de opgelegde timing enkel het gebruik van een vereenvoudigde

methodologie mogelijk was. Deze methodologie zal echter verder verfijnd en uitgewerkt worden in oefeningen die later zullen volgen. De methodologie is opgebouwd rond een rekenkundig model dat de fysieke evenwichten voor de verschillende sectoren die emissies uitstoten, onderzoekt, zonder evenwel het algemeen evenwicht in 2050 op het financieel vlak te behandelen (energieprijzen en –kosten, overheidsfinanciën, ...). Voor elk van die doelstellingen omschrijft een scenario een geheel van voorwaarden waarmee die verminderingen gerealiseerd zouden kunnen worden. Die voorwaarden hebben betrekking op de technologische vooruitgang en op de veranderende consumptie- en productiepatronen die vervuld moeten worden. Gelet op de ambitie van de beschouwde doelstellingen, benadrukt deze studie het belang van een zogenaamd transitiebeleid waarmee acties op korte en middellange termijn gekoppeld kunnen worden aan actieperspectieven op erg lange termijn.

De studie van het FPB vormt een eerste aanzet om het Belgisch klimaatbeleid na 2012 beter te begrijpen en zo volledig mogelijk te evalueren in een Europese context.

Naast het uitvoeren van deze studie is het Federaal Planbureau gelijktijdig werkzaam aan een tweede studie die op vraag van de federale minister van Energie, Dhr. Verwilgen, wordt ondernomen. Die studie legt de kwantitatieve basis voor een rapport over de Belgische energietoekomst tegen 2030 dat voorbereid wordt door de Commissie Energie 2030. Deze studie vertoont een aantal overeenkomsten met de studie voor minister Tobback, meer bepaald op het vlak van methodologie en energievoorzichten voor het referentiescenario. Toch legt de Commissie 2030-studie de klemtoon eerder op de bevoorradingszekerheid inzake energie en de energetische technologische opties, hoewel ook hier rekening wordt gehouden met de mogelijkheden en de impact van een vermindering van de broeikasgasemissies.

B. Scenario's ter vermindering van de BKG-emissies tegen 2020

1. Impact op het Belgisch energiesysteem

De BKG-emissies verminderen, heeft een impact op de evolutie van het Belgische energiesysteem, in die zin dat het een invloed heeft op zowel de structuur en de kwantiteit van onze energiebehoeften als op de technologische keuzes bij de productie en consumptie van energie. Om die impact te evalueren, werd er een beroep gedaan op het Europese energiemodel PRIMES dat ontwikkeld en beheerd wordt door de technische universiteit van Athene (NTUA). Dat gebeurde op basis van een benadering in drie stappen, wat gangbaar is voor dit soort analyses.

In de eerste fase werd een basisprojectie opgesteld voor de periode 2000-2020. Die basisprojectie (of dat referentiescenario) is dezelfde als de projectie die in november 2005 voor het DG TREN van de Europese Commissie werd uitgevoerd en die door de Commissie Energie 2030 zal worden gebruikt. Ze omschrijft de evolutie van het Belgische energiesysteem en gaat ervan uit dat de trends en de actuele structurele veranderingen zich doorzetten. Ook houdt ze enkel rekening met de beleidsmaatregelen die tot 31 december 2004 werden aangenomen. Ze neemt dus het wettelijk kader dat van kracht is, in aanmerking, in het bijzonder de wet op de uitstap uit kernenergie. Volgens de basisprojectie stijgen de energetische CO₂-emissies met 10,5% in 2020 ten opzichte van 1990. Voor alle BKG samen wordt dat groeipercentage op 3,7% geraamd.

In de tweede fase werd de sensitiviteit van de resultaten op bepaalde hypothesen geëvalueerd om alzo de unieke basisprojectie aan te vullen met bijkomende projecties waardoor een waaier aan "basisprojecties" ontstaat. Die waaier laat toe de onzekerheden in verband met de evolutie van de internationale brandstofprijzen, de economische groei en de klimaatomstandigheden in rekening te brengen. In de meest optimistische projectie liggen de CO₂-emissies van energetische oorsprong 8,1% hoger in 2020 in vergelijking met het niveau van 1990. In de minst optimistische projectie liggen ze 12,8% hoger dan in 1990.

In de derde en laatste fase werden de scenario's ter vermindering van de BKG-emissies opgesteld en werd de eigenlijke evaluatie van de impact van die scenario's op het Belgische energiesysteem gemaakt. Die fase gebeurde in twee stappen. In de eerste stap werden de marginale kosten voor de vermindering van de BKG-emissies (ook koolstofwaarde genoemd) geëvalueerd bij een vermindering van 15% en van 30% tussen 1990 en 2020 op het niveau van de Europese Unie. Vervolgens werd er een evaluatie gemaakt van de gevolgen hiervan op de BKG-emissies in België en ten slotte, op het Belgische energiesysteem. De gekozen benadering, die gebaseerd is op de gelijkshakeling van de marginale kosten voor de vermindering van de BKG-emissies tussen de landen en de sectoren, vormt een garantie om de beoogde verminderingen tegen de laagste kostprijs te realiseren.

In de tweede stap werden ambitieuze beleidsmaatregelen gedefinieerd. Hiermee kunnen de BKG-emissies meer verminderd worden dan het niveau dat voor België berekend werd volgens de benadering van de gelijkshakeling van de marginale kosten ter vermindering van de BKG-emissies. Vervolgens werd de impact geëvalueerd die de uitvoering van die beleidsmaatregelen zou hebben op de CO₂-emissies van energetische oorsprong en op het Belgisch energiesysteem. De bijkomende beleidsmaatregelen hebben betrekking op de ontwikkeling van windmolens in de Noordzee, de energieprestatie van gebouwen en op mobiliteit en transport.

Om de BKG-emissies met 15% en 30% te verminderen tussen 1990 en 2020 op het niveau van het Europa van de 25, zouden er in 2020 koolstofwaarden nodig zijn van respectievelijk 42€ en 110€ per ton CO₂. Die waarden leiden tot verschillende emissieverminderingen naar gelang van het land, maar ook naar gelang van het soort BKG. In België bedraagt de vermindering van de BKG-emissies 4,8% en 13,7% naar gelang het scenario. Op het niveau van de CO₂-emissies van energetische oorsprong wordt er een verhoging van 3,9 % opgetekend in 2020 ten opzichte van 1990 in het scenario '-15%', maar kan er een daling van 4,3% in het scenario '-30%' vastgesteld worden.

De belangrijkste effecten van de beoogde emissieverminderingen op het energiesysteem ten opzichte van het referentiescenario en voor 2020 worden hierna opgenoemd. De Belgische energiebehoeften dalen respectievelijk met 2,3% en 5,7%. De vervanging van steenkool en, in mindere mate, olieproducten gebeurt in het voordeel van aardgas en hernieuwbare energiebronnen. De sterke daling van het steenkoolverbruik is vooral toe te schrijven aan de elektriciteitssector waar steenkool zelfs verdwijnt uit de energiemix in het scenario '-30%'. Het feit dat men minder naar olieproducten teruggrijpt, is daarentegen beperkt (respectievelijk -2% en -7%) en heeft vooral betrekking op de eindconsumenten (industrie, tertiaire sector, huishoudens en transport). Het toenemend aardgasverbruik (respectievelijk +2% en +6%) betreft zowel de energietransformatiesector als de energieverbruikers. Ten slotte kennen de hernieuwbare energiebronnen vooral een significante ontwikkeling in de elektriciteitssector waar hun aandeel rond 10-11% ligt in 2020.

De uitvoering van bijkomende beleidsmaatregelen heeft belangrijke gevolgen zowel op het energiesysteem als op de emissies; de gevolgen die hierboven werden omschreven worden nog versterkt. Wat de CO₂-emissies van energetische oorsprong betreft, schommelen de verminderingen deze keer tussen 13,1% en 19,1% in 2020 ten opzichte van 1990 naar gelang van het scenario. De bijkomende veranderingen op het vlak van energie betreffen vooral het niveau van de Belgische energievraag en de structuur van de elektriciteitsproductie. Het verbruik van primaire energie daalt met 11 à 14% ten opzichte van de basisprojectie naar gelang het scenario. Bekeken vanuit de elektriciteitsproductie, zakt de fossiele energie onder de drempel van 50%, terwijl de bijdrage van de hernieuwbare energiebronnen rond 17% ligt in beide scenario's.

2. De impact op de Belgische economie

De uitvoering van ambitieuze doelstellingen ter vermindering van de BKG-emissies heeft niet alleen een impact op de structuur van het energiesysteem, maar ook op de economie. Die impact vloeit vooral voort uit de veranderingen op het vlak van energiekosten en via deze, op het vlak van de kosten en prijzen van de verschillende sectoren. Die impact vloeit ook voort uit de wijzigingen die aangebracht zijn aan de Europese context (de verminderingsdoelstellingen worden immers op dat niveau bepaald).

De evaluatie van de economische impact van de doelstellingen ter vermindering van de BKG-emissies, werd, op Belgisch niveau, gemaakt aan de hand van het macrosectorale model Hermes.¹ Om die evaluatie te maken, werd er eerst voor de periode 2005-2020 een projectie van de Belgische economie gemaakt. Die projectie neemt als vertrekpunt de economische vooruitzichten van oktober 2005 die de periode 2005-2010 behelzen. Wat de periode 2011-2020 betreft, is de projectie vooral gebaseerd op de werkzaamheden die in het kader van de Working Group on Ageing (WGA) van het Comité voor Economisch Beleid werden uitgevoerd.

Vershillende scenario's werden gesimuleerd volgens de volgende modaliteiten: (i) de prijzen van de verschillende energieproducten werden gewijzigd a rato van de koolstofwaarde die aan de hand van het model Primes werd berekend (de koolstofwaarde bedraagt respectievelijk 42 en 110 euro / ton CO₂ in 2020 naar gelang de doelstelling -15% of -30% bedraagt); (ii) de stijgingen van de energieprijzen zouden verkregen worden via hogere belastingen op energieproducten in de sectoren die momenteel geen deel uitmaken van de Europese vergunningenmarkt (EVM); de nieuwe overheidsontvangsten werden op een dergelijke manier gheralloceerd dat de impact ervan op de werkgelegenheid maximaal is (wat de realisatie van een dubbel dividend inhoudt); praktisch bekeken werd dat uitgevoerd via een daling van de sociale lasten (daling van de werkgeversbijdragen alleen of in combinatie met een daling van de werknemersbijdragen); (iii) de Europese context werd gewijzigd om rekening te kunnen houden met het feit dat de doelstellingen ter vermindering van de BKG-emissies zich inschrijven op Europees niveau. De wijzigingen hebben betrekking op de evolutie van de potentiële uitvoermarkt van België en op die van de buitenlandse prijzen.

Over het algemeen is de impact van de scenario's op de economische activiteit, gemeten via het bbp, tamelijk neutraal (tussen -0,06% en +0,03% van het bbp in 2020). De stijging van de energieprijzen leidt inderdaad tot een niet te verwaarlo-

1. Zo ook het Europees model Nemesis om de impact op Europees niveau te meten.

zen stijging van de binnenlandse kosten, en dus tot inflatie en een verlies aan inkomsten en concurrentiekracht. Bovendien blijkt de potentiële uitvoermarkt een lichte teruggang te vertonen. Dat leidt logischerwijze tot een achteruitgang van de economische activiteit. De verlaging van de sociale lasten compenseert echter die eerste negatieve gevolgen (met name op het vlak van de concurrentiekracht) en wij zien, *in fine*, dat het bbp er in het slechtste geval iets op achteruitgaat ten opzichte van de basissimulatie. Er kan immers vastgesteld worden dat de daling van de binnenlandse vraag en van de uitvoer grotendeels gecompenseerd wordt door een vermindering van de invoer (waaronder de invoer van energie). Het hergebruik van die nieuwe fiscale ontvangsten blijkt in die context dus cruciaal te zijn.

De impact op de werkgelegenheid zal grotendeels afhangen van de geplande herverdeling (van -5 000 tot +27 000 arbeidsplaatsen naar gelang van het scenario en de manier waarop de inkomsten uit de taks gebruikt worden). Algemeen genomen leidt de oorspronkelijke daling van de activiteit tot een verlies aan arbeidsplaatsen, maar dat wordt grotendeels gecompenseerd door een verlaging van de sociale lasten. Wij zien zelfs dat er nieuwe banen gecreëerd worden wanneer de taks gebruikt wordt om de werkgeversbijdragen te verminderen.

Ten slotte tonen de verschillende onderzochte scenario's dat het mogelijk is het buitenlandse saldo te doen toenemen (wegens de gevoelige daling van de invoer, waaronder de invoer van energie) en het financieringssaldo van de overheid te verbeteren.

C. Scenario's ter vermindering van de BKG-emissies tegen 2050

Dit deel van de studie analyseert de omstandigheden waarin het mogelijk is om tegen 2050 aanzienlijke verminderingen van de BKG-emissies in België te verwezenlijken. Daartoe wordt een backcastingbenadering gebruikt. Daarbij wordt eerst de gewenste doelstelling vastgelegd en nadien worden er scenario's uitgewerkt waarin de voorwaarden op het vlak van technologische vooruitgang en het activiteitsniveau bepaald worden om die doelstelling te bereiken. Die methode is uiterst geschikt om complexe, systemische en langetermijnproblemen te bestuderen. Zij maakt het mogelijk om structurele wijzigingen naar voor te schuiven die nodig zijn om ambitieuze doelstellingen te verwezenlijken en kan toegepast worden met behulp van verschillende types van modellen. In het kader van deze analyse werd er voor elke doelstelling één enkel scenario uitgewerkt. Andere scenario's zijn eveneens mogelijk, maar werden wegens tijdsgebrek niet bestudeerd. Kosten en de nodige budgettaire middelen voor deze tijdshorizon werden niet geanalyseerd.

Er werden drie niveaus ter vermindering van de BKG-emissies in België tussen 1990 en 2050 bestudeerd als doelstellingen van de backcastingbenadering. Dat gebeurde op basis van de voorstellen van de Raad van de Europese Unie in het kader van de door de landen aangegane verbintenissen: -50%, -60% en -80%. Er wordt eveneens rekening gehouden met de "essentiële doelstellingen inzake duurzame ontwikkeling", die op de Top van Johannesburg in 2002 werden bevestigd. Het gaat hier om de "wijziging van de niet-duurzame consumptie- en productiepatronen".

In het eerste scenario wordt tegen 2050 een vermindering van de uitstoot met 50% verkregen op basis van de technologische vooruitgang waar een minimale gedragswijziging aan te pas komt. Het komt er meer bepaald op neer om in 2050 het bestaande potentieel maximaal te gebruiken op het vlak van windenergie (10 GW in de Noordzee), zonne-energie (100 km² zonnepanelen in 2050), opvangen en op-

slaan van koolstof voor de elektriciteitscentrales, warmtekrachtkoppeling, thermische isolatie van gebouwen (die in 2050 gemiddeld 7 keer minder energie verbruiken dan nu), vervoer (de helft van de voertuigen rijdt op waterstof, de andere helft is ongeveer 3 keer zuiniger dan nu). Die technologische vooruitgang is zeer belangrijk en vereist een actief beleid dat het onderzoek en het gebruik van die technologie ondersteunt. Bovendien is een beleid inzake vraagbeheersing noodzakelijk om te vermijden dat de technologische vooruitgang zou tenietgegaan worden door een te sterke toename van de vraag (terugslageffect).

In het tweede scenario wordt in 2050 een vermindering van de uitstoot met 60% verkregen door te veronderstellen dat er naast de technologische veranderingen uit het eerste scenario ook gedragswijzigingen zijn. Het gaat hier vooral om een stabilisering van de vraag naar transport vanaf nu tot 2050 en om een toename van het modale aandeel van het openbaar vervoer (50% in plaats van 20% nu). In de gebouwen daalt de uitstoot dankzij het gebruik van microwarmtekrachtkoppeling en warmtepompen. Het gaat ook om meer algemene wijzigingen in de consumptiepatronen: men evolueert naar een maatschappij waarbinnen bij voorkeur minder energieverwendende goederen en diensten worden geconsumeerd, naast goederen met een langere levensduur die meer en vollediger gerecycleerd kunnen worden dan nu. Die wijzigingen gaan gepaard met een gelijkaardige ontwikkeling van de productieprocessen, wat leidt tot een lagere uitstoot van broeikasgassen in de industrie.

De vermindering van de uitstoot met 80% in 2050 wordt in het derde scenario bereikt door de gedragswijzigingen uit het tweede scenario te versterken. Om de doelstelling van dit scenario te behalen, wordt het aantal verplaatsingen tussen 2004 en 2050 met de helft verminderd en het openbaar vervoer wordt het meest gebruikt in vergelijking met de overige transportmodi. Bovendien benadrukt dit scenario de meer algemene wijzigingen in de consumptie- en productiepatronen uit het vorige scenario. Dergelijke evoluties, die nodig blijken te zijn om de doelstelling van dit scenario te bereiken, zijn niet mogelijk zonder een grondige wijziging van de huidige consumptie- en productiepatronen. In de eerste plaats dient daarbij de ruimtelijke ordening te wijzigen om zo de energievraag die gekoppeld is aan het individuele vervoer en de uitgespreide woonpatronen, te doen dalen.

Een efficiënt wereldbeleid rond klimaatveranderingen mag niet inbinden op de vermindering van de emissies door het internationale zee- en luchtvervoer. Hoewel er op technologisch vlak heel wat mogelijkheden bestaan, toont de analyse in deze studie dat de huidige groei in die sector, ondanks de technologische vooruitgang, niet verzoenbaar is met de gewenste uitstootvermindering.

Omdat de wereld niet spontaan naar de gewenste doelstelling evolueert op het vlak van duurzame ontwikkeling en vermindering van de BKG-emissies, zijn er beleidsmaatregelen nodig. De backcastingcontext voor een duurzame ontwikkeling, met als hoofddoel de wijziging van de consumptie- en productiepatronen, plaatst een dergelijke studie in een kader dat sterk getekend wordt door een behoefte aan innovatie en voluntaristische beleidsmaatregelen, zowel voor wat technologische veranderingen betreft als voor gedragswijzigingen.

Om qua omvang aanvaardbaar te zijn, moeten die beleidsmaatregelen geënt zijn op multi-actoren (beleidsmensen en maatschappelijke actoren), multiniveaus (de lokale beslissingen koppelen aan beslissingen op wereldvlak) en multidomeinen (om de doorstroming van sectorale beleidsmaatregelen te bevorderen). Gelet op de hoge ambities van de doelstellingen, onderstreept deze studie het belang van een zogenaamd *transitie*beleid waardoor acties op korte en middellange termijn aan acties op zeer lange termijn gekoppeld kunnen worden.



Inleiding

Deze studie kwam tot stand op vraag van Minister Tobback, federaal Minister van Leefmilieu. Minister Tobback stelde in augustus 2005 de vraag aan het Federaal Planbureau om een studie te ondernemen die potentiële broeikasgasreductieniveaus voor België voor de tijdsperioden 2020 en 2050 zou analyseren, met specifieke aandacht voor de impact op het nationaal energetisch en socio-economisch systeem.

Deze vraag kadert binnen de voorbereidende besprekingen die België voert naar aanleiding van de nieuwe klimaatonderhandelingen voor de periode na 2012; nieuwe verbintenissen dienen geformuleerd te worden voor deze periode. België heeft de wens uitgedrukt zich degelijk voor te bereiden op deze nieuwe onderhandelingsronde en wil zich hiervoor wapenen door de gevolgen van verschillende emissiereducties op milieu- en socio-economisch vlak kwantitatief in te schatten.

Tijdens het Seminarie van Gouvernementele Experten (Seminar of Governmental Experts) in mei 2005 is het proces van internationale onderhandelingen voor de periode na 2012 gestart. Een informele uitwisseling van standpunten over mogelijke opties tot vermindering van de emissies en aanpassing aan de negatieve effecten van klimaatverandering had toen plaats. Dat proces is verder gezet tijdens de laatste Conferentie van de Partijen in Montréal in december 2005. Tijdens deze conferentie werd beslist om het proces uit te bouwen rond 2 krachtlijnen. De eerste berust op het Kyotoprotocol met het oog op de definitie van reductiedoelstellingen voor de geïndustrialiseerde landen voor de volgende verbintenisperioden. De tweede as situeert zich binnen de Raamverdrag inzake Klimaatverandering en beoogt een dialoog op te bouwen rond de analyse van de strategieën voor lange termijn samenwerking over klimaatverandering waardoor een ruimere discussie met alle Partijen mogelijk wordt.

Op Europees niveau hebben de Europese Raad en de andere raadsformaties het begin van een Europese strategie op middellange en lange termijn uitgewerkt. Deze strategie stelt pistes voor om emissies te reduceren wereldwijd en voor het geheel van de ontwikkelde landen. Daarnaast voert de Europese Commissie kosten-batenanalyses uit voor scenario's voor het stabiliseren van de concentraties van broeikasgassen. Sinds eind september 2004 stellen we vast dat België een actieve bijdrage levert aan de ontwikkeling van de Europese strategie en aan de internationale onderhandelingen. Binnen dit kader heeft de coördinatiegroep 'broeikasgassen' van het Coördinatiecomité internationaal milieubeleid (CCIM) de verschillende stakeholders een aantal keer geraadpleegd over deze onderwerpen.

Aldus werd een eerste studie door VITO-ECONOTEC uitgevoerd rond potentiële hypothesen voor de verdere berekening van middellange- en lange-termijnsce-

nario's voor de uitstoot van broeikasgassen in België¹. Een tweede studie werd bij het FPB besteld; het resultaat daarvan werd neergeschreven in voorliggend rapport. Het FPB beschrijft in deze studie enerzijds het werk dat zij heeft verricht op basis van berekeningsmodellen die energie- en emissievooruitzichten tot 2020 genereren, anderzijds de voorwaarden die de noodzakelijke reducties van broeikasgasemissies met als horizon 2050 mogelijk maken op basis van de backcastingmethodologie.

Op vraag van de opdrachtgever van de studie werd een begeleidingscomité opgericht met als doel de werkzaamheden van het FPB op te volgen². In totaal is dat comité vier maal samengekomen om te vergaderen. Tijdens deze vergaderingen hebben de leden de gelegenheid gekregen om te reageren op de belangrijkste hypothesen, de voorgestelde scenario's en de resultaten die hen op voorhand werden overgemaakt. Bovendien werd er tijdens die gelegenheden informatie van wetenschappelijke aard uitgewisseld. Een aantal van de opmerkingen gemaakt tijdens de bijeenkomsten werden in het rapport geïntegreerd, anderen niet. Daarom ook berust de volledige verantwoordelijkheid van de studie (methodologie en resultaten) enkel en alleen bij het FPB.

Naast het uitvoeren van deze opdracht is het FPB gelijktijdig werkzaam aan een tweede studie die op vraag van Minister Verwilghen, federaal minister van Economie & Energie, wordt ondernomen. Die studie legt de kwantitatieve basis voor een rapport over de Belgische energietoekomst dat voorbereid wordt door de Commissie Energie 2030, een commissie bestaande uit binnen- en buitenlandse experts die zich buigen over het nationale energiebeleid met als horizon 2030. In vergelijking met voorliggende studie wordt meer aandacht besteed aan de bevoorradingszekerheid, eerder dan aan emissievooruitzichten, alhoewel ook hier rekening wordt gehouden met doelstellingen ter vermindering van de emissies. Daarenboven verschilt de tijdshorizon die geanalyseerd wordt (2030 versus 2020 en 2050) en het kader waarbinnen gewerkt wordt. Dat laatste kan aan de hand van 2 voorbeelden aangetoond worden:

- Terwijl de voorliggende studie kadert binnen de *Wet houdende de geleidelijke uitstap uit kernenergie voor industriële elektriciteitsproductie* die werd uitgevaardigd op 31 januari 2003³ wordt er in de Commissie Energie 2030-studie voor gekozen enkele nucleaire opties te onderzoeken, zoals bvb. de optie om de levensduur van de bestaande nucleaire centrales te verlengen;
- De invalshoek waarvoor gekozen wordt in de 2 studies met betrekking tot emissiereducties is verschillend. Voorliggende studie kiest ervoor zich in te schrijven in een Europees systeem dat leidt tot "égalisation des coûts marginaux" wat betreft de reductiedoelstelling tegen 2020, terwijl de studie die voor de Commissie Energie 2030 wordt gerealiseerd, vertrekt vanuit een nationale *stand-alone* basis: België dient tegen 2030 een CO₂-reductie te realiseren van -15% of -30%.

1. VITO & ECONOTEC (2005), Key assumptions for subsequent calculation of mid and long term greenhouse gas emission scenarios in Belgium, Document prepared in the framework of a study carried out for the Federal Public Service of Public Health, Food Chain Safety and Environment – DG Environment. Deze studie is, net zoals voorliggende studie, het onderwerp geweest van een consultatie van de stakeholders.

2. Dat bestond uit vertegenwoordigers van de werkgeversorganisaties (UWE, VOKA, VBO), werknemersorganisaties (ACV, ACLVB, ABVV), milieuorganisaties (Greenpeace Belgium, Inter-Environnement Wallonie, BBL), vertegenwoordigers van het Vlaams, Waals en Brussels Hoofdstedelijk Gewest, van de FOD Economie en van de FOD Leefmilieu.

3. Belgisch Staatsblad van 28 februari 2003, pp 9879-9880.

A. Ervaring van het FPB

De ervaring van het FPB in verschillende onderzoeksdomeinen werd ingezet om deze studie te realiseren. Daarbij werd er steeds over gewaakt om de coherentie van het geheel te garanderen. Drie belangrijke punten die hierbij te vermelden zijn:

- de ruime ervaring en expertise in de volgende domeinen:
 - de evaluatie van de sociale, economische en milieu-impact op middellange termijn in België door het macro-economische en sectoraal model HERMES;
 - een samenwerking met een onderzoeksploeg, de Universiteit van Athene (Prof. Capros), die een model ontwikkeld heeft dat energievraag en –aanbod in België integreert in een Europese context en dit op lange termijn (PRIMES – partieel evenwichtsmodel⁴, en waarbij een koppeling tussen de twee modellen (PRIMES en HERMES) mogelijk is;
 - een onderzoekservaring in alle aspecten van duurzame ontwikkeling met een samenwerking aan de werkzaamheden betreffende de verbintenissen van België in het Raamverdrag van de Verenigde Naties inzake klimaatverandering;
- de coherentie inzake onderzoek naar economisch beleid in België. De wetenschappelijke expertise van het FPB wordt aangeboden aan en effectief benut door de regering, het Parlement, de sociale partners en diverse andere nationale en internationale instellingen. Het FPB deze studie laten uitvoeren, verzekert dan ook een coherentie met voorgaand onderzoek en met onderzoek dat binnen de regering wordt aangehangen;
- de mogelijkheid een vergelijking uit te voeren met bestaande studies en studies die nog in uitvoering zijn met een aanverwante problematiek, zoals bijvoorbeeld de studie over het energiebeleid tegen 2030 voor de Commissie Energie 2030 die door Minister Verwilghen in het leven werd geroepen en de nieuwe resultaten voor het referentiescenario van DG TREN waarbij eveneens het PRIMES-model werd ingezet om de lange-termijnenergievooruitzichten voor de EU25-landen te modelleren.

B. Approche retenue

Lutter contre les changements climatiques en contenant la progression des émissions de gaz à effet de serre au niveau mondial est un enjeu environnemental, économique et social. Des moyens financiers et des actions politiques fortes seront sans conteste nécessaires pour amorcer les changements requis et pour faire les meilleurs arbitrages possibles entre les enjeux sociaux, environnementaux et économiques. Pour cela, ces changements doivent, entre autres, être porteurs d'opportunités et de bénéfices futurs non seulement en terme environnemental mais aussi sur les plans économique et social. La difficulté de changements en profondeur réside dans la conciliation d'impacts et d'intérêts de court et moyen termes avec ceux de long voire de très long termes.

4. PRIMES wordt eveneens gebruikt door de DG TREN van de Europese Commissie om haar Energy Outlook op te stellen.

Si la plupart ne contestent pas l'objectif ultime (réduire nos émissions de GES), il y a souvent divergence de vue sur le chemin pour y arriver et sur la façon de cheminer. Pour réduire les divergences ou, à tout le moins, opérer des choix réfléchis, il convient non seulement d'éclairer les responsables politiques sur les possibilités de réduction des émissions mais aussi sur les conséquences qui peuvent en découler et sur les politiques à mettre en oeuvre. Les conséquences économiques et sociales doivent être évaluées tant au niveau macroéconomique qu'au niveau des différentes branches industrielles et des différentes catégories de consommateurs finals. Elles couvrent de nombreux aspects comme la capacité de financement des politiques et mesures par l'état (finances publiques), la compétitivité des entreprises et l'emploi, la délocalisation, la politique agricole, la sécurité de l'approvisionnement énergétique, le maintien du pouvoir d'achat des consommateurs, les besoins en recherche et développement. Ces aspects sont à mettre en regard des coûts environnementaux qui seraient liés au non-respect de l'objectif ultime.

La méthodologie développée dans cette étude permet d'aborder et d'analyser plusieurs de ces aspects mais pas la totalité d'entre eux et en tous cas pas avec le même niveau d'analyse. Pour l'horizon 2020, l'étude se concentre surtout sur les conséquences énergétiques et économiques de réductions des émissions de CO₂ d'origine énergétique et sur les impacts macroéconomiques et macrosectoriels résultant des changements dans les prix relatifs des énergies et les dépenses d'investissements. Ce faisant l'étude présente plusieurs atouts de taille. Parmi ceux-ci, il faut souligner la cohérence entre l'offre et la demande énergétique qui s'influencent mutuellement via des mécanismes endogènes au modèle utilisé, le cadre européen dans lequel sont analysés le système énergétique belge tant au niveau des hypothèses que des politiques climatiques décrites et simulées et les impacts de ces politiques sur l'économie belge, et la prise en compte des autres gaz à effet de serre (autres que le CO₂ énergétique) dans l'analyse d'objectifs de réductions des émissions de GES.

Par contre, le degré de désagrégation sectorielle des modèles utilisés⁵ n'est probablement pas suffisant pour appréhender les spécificités de chaque branche industrielle ou catégorie de ménages. En outre, les coûts et autres conséquences économiques de certaines politiques et mesures sont difficilement quantifiables, en particulier lorsqu'elles touchent aux comportements des individus et présentent des élasticités aux prix très faibles. C'est le cas notamment des politiques et mesures visant à réduire la consommation finale d'énergie dans les bâtiments ou à modifier les comportements de mobilité. Il n'est pas non plus évident d'évaluer les coûts engendrés par des programmes ambitieux de développement technologique ou de réseaux, ou encore de rénovation des bâtiments. Ainsi, lorsque l'objectif que l'on se fixe dépasse les capacités de mise en oeuvre des secteurs industriels concernés – par exemple, les constructeurs de turbines éoliennes, les gestionnaires de réseaux, l'industrie du bâtiment – les responsables politiques doivent dégager les moyens de leurs ambitions.

Pour l'horizon 2050, une méthode prospective de backcasting est utilisée. En effet, lorsqu'il faut envisager des politiques à très long terme ou des changements structurels très importants, l'exploration par projections telles qu'utilisée pour

5. PRIMES telt 4 sectoren, met name de industriële sector (die op haar beurt uit 9 subsectoren bestaat), de residentiële sector, de tertiaire sector (bestaande uit diensten en landbouw) en de transportsector (waarbij een onderscheid gemaakt wordt naar 4 modi). HERMES telt 16 bedrijfstakken (zie bijlage 7).

l'horizon 2020 ne permet pas toujours d'identifier des politiques suffisamment ambitieuses. La méthode de backcasting part dès lors des objectifs souhaités de réduction d'émissions de gaz à effet de serre, puis étudie les changements de technologies et de comportements nécessaires pour atteindre ces objectifs. Elle est appliquée à chaque secteur repris dans l'inventaire national d'émission de gaz à effet de serre.

Cette approche, si elle ne donne aucune information sur les coûts des réductions considérées, permet d'explorer sans contrainte préalable toutes les possibilités que l'évolution de nos techniques et de notre organisation sociale permet d'envisager afin de diminuer significativement ces émissions. Elle ouvre donc des pistes pour préparer dès aujourd'hui l'action politique de long terme nécessaire pour lutter avec une vision prospective contre les changements climatiques.

A la lumière de ce qui précède, on peut dire que l'étude réalisée par le BFP constitue un premier pas vers une meilleure compréhension et une évaluation la plus complète possible de tous les tenants et aboutissants d'une politique climatique belge pour l'après-2012 dans un contexte européen. Pour avoir tous les éléments en mains, il serait nécessaire d'étoffer et de pousser plus loin l'analyse proposée et d'étudier les éléments non encore explorés. En outre, les orientations ultimes de la politique climatique belge à long terme dépendront aussi des négociations et propositions aux niveaux européen et mondial. Et à ce sujet, on n'est pas encore au bout du chemin et des incertitudes subsistent.

C. Structuur van het rapport

Na deze algemene overschouwingen wordt in dit deel overgegaan tot de beschrijving van de structuur van het rapport. Deze structuur leunt sterk aan bij de besluiten van de Europese Raad. In deze besluiten wordt er een onderscheid gemaakt naar 2 verschillende tijdshorizonten:

- de horizon 2020,
- de horizon 2050.

Om deze tweedeling ook in de studie mee te nemen, werd ervoor gekozen deze 2 horizonten volgens 2 verschillende aanpakken te benaderen. Daarom ook wordt er in de structuur een eerste opdeling gemaakt naar gehanteerde tijdslijn: 2020 enerzijds en 2050 anderzijds. In het eerste deel (hoofdstuk II) gebeurt nog een tweede opdeling naargelang de impact die geanalyseerd wordt, met name impact op energie- en emissievooruitzichten van de post-2012-scenario's aan de hand van het model PRIMES enerzijds (hoofdstuk II.A) en impact op de nationale economie van enkele post-2012-scenario's met behulp van HERMES anderzijds (hoofdstuk II.B). Het tweede deel (hoofdstuk III) zoomt in op de horizon 2050 in de context van de internationale verbintenissen door gebruik te maken van de backcastingmethodologie zoals voorgesteld in het derde Federaal Rapport inzake Duurzame Ontwikkeling.

De structuur van het rapport ziet er dan als volgt uit:

- Voor de horizon 2020 wordt er met 2 modellen gewerkt:
 - *Het model PRIMES*: Om de impact van de post-2012-scenario's op de energie- en emissievooruitzichten tegen 2020 te berekenen, wordt

eerst een referentiescenario opgesteld. Dat referentiescenario bevat het actuele beleid en de huidige trends, maar geen specifieke (bijkomende) inspanningen om de broeikasgasemissies te verminderen. Na het opstellen van het referentiescenario (fase 1) komt in een tweede fase het opmaken van gevoeligheidsanalyses aan bod. Gevoeligheidsanalyses bieden een omkadering voor het referentiescenario aangezien de impact van een bepaalde parameter waarover onzekerheid kan bestaan, gecijferd wordt en zo een marge rond de basisprojectie vormt. Een derde fase bestaat er dan in om alternatieve scenario's op te bouwen die een specifiek beleid en dito maatregelen waarvan men de impact op het energetisch systeem en op de emissies wil nagaan, integreren. In deze studie is de keuze gevallen op scenario's rond het klimaatbeleid voor de periode na 2012. De beschrijving van de methodologie en de resultaten van PRIMES kan u terugvinden in hoofdstuk II.A.

- *Het model HERMES*: Dit model laat toe om de voornaamste effecten voor de Belgische economie van het implementeren van post-2012 reductiedoelstellingen voor alle broeikasgassen cijfermatig na te gaan. Om dit te doen, wordt vertrokken van een nieuwe basissimulatie voor de periode 2005-2020. Met deze basis wordt het mogelijk om de economische impact van reductiescenario's te gaan berekenen. Het volledige deel rond HERMES vindt u terug in hoofdstuk II.B.
- Voor de horizon 2050 worden de mogelijkheden om de broeikasgasemissies in België te reduceren tegen 2050 verkend. In een eerste deel wordt de methodologie beschreven die gebaseerd is op backcasting, welke hier toegepast wordt met het oog op een duurzame ontwikkeling. Volgens deze aanpak worden vooreerst doelstellingen geformuleerd om de broeikasgasemissies in België tegen 2050 fors te verminderen, en dit op basis van het meest recente wetenschappelijk onderzoek. Een tweede deel stelt het berekeningsmodel voor dat de emissies in 2050 berekent en verduidelijkt de sectorale hypothesen die hieraan ten grondslag liggen. Een derde deel, tenslotte, analyseert in detail de drie emissiereductiescenario's voor 2050 en de technologische en gedragswijzigingen die het bereiken van de vooropgestelde emissiereductiedoelstelling mogelijk maken. Een aantal conclusies worden getrokken met betrekking tot deze eerste oefening van toekomstverkenning. Dit alles kan teruggevonden worden in hoofdstuk III.



Analyse van emissiereductiescenario's met als horizon 2020

Dit hoofdstuk analyseert emissiereductiescenario's voor de *horizon 2020*. Zoals in de inleiding reeds gesteld, is de analyse ingedeeld in twee onderscheiden maar onderling afhankelijke delen. De twee delen zijn:

- A. Analyse van de impact van post-2012 scenario's op het Belgisch energetisch systeem en op de emissies aan de hand van PRIMES
- B. Berekening van de impact op de nationale economie van post-2012-scenario's aan de hand van HERMES

A. Evaluatie van de impact op het nationale energetische systeem en de emissies met PRIMES

1. Inleiding

Om nationale energie- en emissievooruitzichten tegen 2020 op te stellen en om de invloed van emissiereductiescenario's op het Belgisch energetisch systeem en op haar emissies te kunnen analyseren, wordt het model PRIMES gebruikt. Het PRIMES-model is een model dat in het kader van de onderzoeksprojecten gefinancierd wordt door het Joule-programma van de Europese Commissie. PRIMES is een energetisch model van partiële evenwichten: het bepaalt een marktevenwicht tussen aanbod van en vraag naar energie ("evenwicht"), maar de gevolgen op het economisch systeem worden daarbij niet geëvalueerd ("partieel"). Het evenwicht wordt bereikt wanneer de prijzen van elke energievorm zodanig zijn dat het aanbod gewenst door de producenten gelijk is aan de vraag gewenst door de verbruikers.

Het model PRIMES¹ geeft niet enkel het gedrag van verschillende agenten (elektriciteitsproducenten, huishoudens,...) weer, maar ook de energieproductie- en verbruikstechnologieën evenals de technologieën ter vermindering van bepaalde vervuilende stoffen. Het evenwicht is statisch en wordt berekend voor elke periode rekening houdend met de voorgaande periode en de dynamische relaties die de evenwichten tussen de verschillende periodes verbinden. Het economisch systeem is exogeen aan het model en berust op de toekomstperspectieven van coherente sectorale evoluties die gedefinieerd zijn vanuit algemene evenwichts- of econometrische modellen.

1. Een meer gedetailleerde beschrijving van het model kan teruggevonden worden in bijlage 2.

PRIMES genereert aldus energie- en emissievooruitzichten op lange termijn (perspectief van 20 à 30 jaar) op supranationaal (Europees) en nationaal (vb. Belgisch) niveau. DG TREN van de Europese Commissie maakt al enkele jaren gebruik van het PRIMES-model voor het opstellen van haar energievooruitzichten voor de EU25 waarbij eveneens per lidstaat vooruitzichten worden gemaakt. Het PRIMES-model wordt ontwikkeld en beheerd door het E3M-laboratorium van de NTUA (National Technical University of Athens) onder leiding van Prof. P. Capros. Voor enkele hypothesen maakt Prof. Capros gebruik van output van andere universiteiten of wetenschappelijke instellingen, zoals bvb. de internationale energieprijzen (obv POLES, nadien aangevuld met het wereldenergiemodel PROMETHEUS en gereviseerd door een aantal experts) en de modellering van de transportactiviteit (obv SCENES).

Voor het opstellen en analyseren van de emissiereductiescenario's wordt met het PRIMES-model vertrokken van een referentiescenario waarin het actuele beleid en de huidige trends vervat zitten, maar waarvan specifieke (bijkomende) inspanningen om broeikasgasemissies te verminderen geen deel uitmaken.

2. Referentiescenario

Voor het referentiescenario van deze studie werd beroep gedaan op de run die voor DG TREN in november 2005 werd ondernomen en waarin ook Belgische vooruitzichten werden gemaakt. Het referentiescenario geeft een samenhangend beeld van de langetermijnevolutie van het Belgisch energiesysteem. Het referentiescenario steunt op een reeks gestaafde hypothesen over de demografische en economische context (activiteit van de sectoren, internationale brandstofprijzen, enz.) en op de bestaande beleidsmaatregelen op het vlak van energie, vervoer en milieu. Hierbij wordt verondersteld dat de huidige trends en structurele veranderingen zullen aanhouden. Met dit referentiescenario kan men dus de vinger leggen op de langetermijnproblemen op het vlak van energie, vervoer en milieu en de acties identificeren die moeten worden genomen om oplossingen aan te reiken. Met het referentiescenario kan er dus worden nagegaan wat er zou gebeuren indien er geen enkele nieuwe actie op het vlak van energie, klimaat en transport zou komen. Ook kan hiermee worden geëvalueerd welke impact nieuwe voorstellen of alternatieve beleidsmaatregelen hebben op de evolutie van het Belgisch energiesysteem en zijn emissies.

a. Hypothesen en beleidskader

De gehanteerde hypothesen hebben betrekking op een aantal variabelen zoals de internationale brandstofprijzen, de economie, de demografie, de transportactiviteit en het aantal graaddagen. De hypothesen rond de evolutie van de niet-energetische CO₂ en de niet-CO₂-broeikasgassen worden eveneens voorgesteld, naast de beleidsmaatregelen die opgenomen worden.

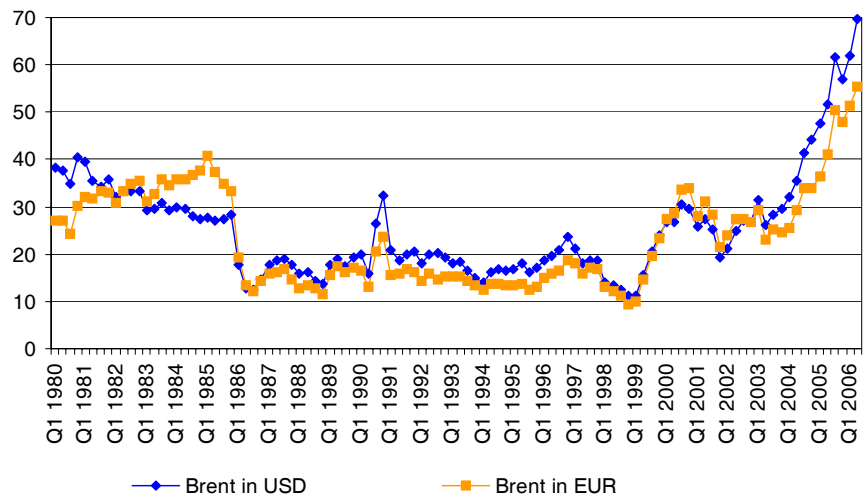
i. Internationale energieprijzen

Recente evolutie

De laatste jaren zijn de internationale energieprijzen aan een stevige opmars begonnen. Olieprijzen zijn daarvan het beste voorbeeld². Vanaf het midden van de

jaren '80 tot eind de jaren '90 schommelde de Brent ruwe olieprijs rond 20 dollar per vat. Deze situatie veranderde drastisch bij de eeuwwisseling. Voor de eerste keer in jaren schoot de Brentprijs uit de startblokken naar een niveau boven 30 dollar per vat. In 2002 leek de situatie even terug te normaliseren, maar dit bleek een illusie. De ruwe olieprijs zette haar opmars ongestoord verder om in 2005 recordhoogten te bereiken van 55 dollar. Vandaag worden zelfs waarden van 70 dollar per vat opgetekend.

FIGUUR 1 - Brent olieprijsen in US dollars en euro per vat



Bron: Thomson Datastream.

Vooruitzichten

Gegeven deze recente sterke fluctuaties heerst er rond het opstellen van vooruitzichten voor de internationale energieprijzen grote onzekerheid (en onenigheid) bij de experts. Ter illustratie citeren we een tabel waarbij de lange-termijnvooruitzichten voor olieprijsen in constante prijzen (\$2000) volgens verschillende gerenommeerde bronnen weergegeven worden. De (sterk) uiteenlopende cijfers zijn tekenend.

TABEL 1 - Vergelijking van lange-termijnolieprijsvooruitzichten volgens verschillende instellingen (\$2000/boe)

Bron	2010	2020	2030
IEA	22	26	29
EIA	23,3	25,1	
EC	27,7	33,4	40,3
OPEC	19,3	19,3	
IEEJ	24	27	
CGES	20,5	15,1	

Bron: IEA, World Energy Outlook 2004, p.529.

Boe: barrel of oil equivalent.

- En trekken de kar, aangezien olie- en gasprijzen een gekoppelde evolutie kennen. Gasoprijzen volgen m.a.w. de evolutie van de olieprijs, weliswaar met enige vertraging.

Prijsvooruitzichten gebruikt in het referentiescenario

Voor het referentiescenario van PRIMES worden de veronderstellingen voor de toekomstige brandstofprijzen van figuur 2 gebruikt. Deze figuur werd opgesteld door de Universiteit van Athene (NTUA) na input van het POLES-model en het door NTUA ontwikkelde PROMETHEUS en een revisie door tal van experts³.

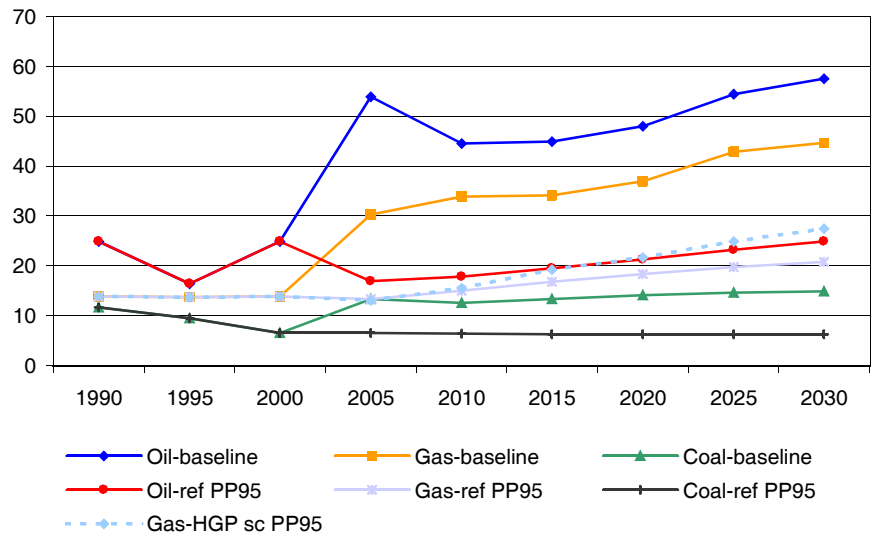
In het meest recente rapport van IEA, de WEO 2005, vinden we cijfers terug die geruststellend dicht in de buurt liggen van de vooruitzichten van het referentiescenario gepubliceerd door NTUA. Deze zijn voor olie \$46 in 2010 en \$74 in 2030 in nominale termen. Teruggerekend naar constante 2005 prijzen (zoals figuur 2 voorstelt) verkrijgen we een curve die vergelijkbaar is met de Oil-baselinecurve van figuur 2.

Om een antwoord te bieden op de onzekerheid die rond de energieprijzen hangt, werd er voor gekozen het referentiescenario uit te breiden met 2 prijsvarianten waarbij de olie- en gasprijzen hoger liggen dan in het referentiescenario. Deze varianten worden uitgebreid besproken in het deel 'sensitiviteitsanalyses' (sectie II.A.3.a).

On notera toutefois que l'étude de scénarios de réduction des émissions de GES, relativise le poids des hypothèses sur les prix internationaux des combustibles. En effet, les réductions d'émission découlent de changements dans les prix relatifs des combustibles via l'introduction d'une valeur du carbone qui vient augmenter les prix internationaux de départ (voir section II.A.4). Si ceux-ci s'avèrent plus élevés que dans le scénario de référence, une valeur du carbone plus faible sera nécessaire pour réaliser les mêmes niveaux de réduction, et inversement.

Om de situering van de referentiescenario-energieprijzen te vergemakkelijken, werd gekozen voor een voorstelling van de nieuwe PRIMES-hypothesen naast deze van een publicatie van het FPB over lange-termijnenergievooruitzichten voor België tegen 2030 die in 2004 verscheen, de PP95⁴ ('ref PP95'): zowel olie- als gasprijzen van het nieuwe referentiescenario zijn aanzienlijk hoger.

-
3. Voor een meer uitgebreide uiteenzetting over het totstandkomen van deze prijzen wordt doorverwezen naar bijlage 1.
 4. Gusbin & Hoornaert (2004), Energievooruitzichten voor België tegen 2030, Federaal Planbureau, PP95.

FIGUUR 2 - Vergelijking internationale energieprijzen: referentiescenario en PP95, 1990-2030 (2005 \$/boe)


Bron: NTUA (2005), PP95.

Naast olie, gas en steenkool wordt ook de prijs van biomassa van langzaam interessanter. Voor de volledigheid wordt daarom eveneens een tabel afgebeeld waarin de prijsvooruitzichten van biomassa in het referentiescenario voor 2 sectoren (elektriciteitsproductie en gezinnen en diensten) wordt weergegeven.

TABEL 2 - Evolutie van de biomassaprijs in de baseline (index 2000=100)

Biomass	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030
Power generation	100	104	107	114	119	132	135
Tertiary/Households	100	101	102	104	105	109	109

Bron: NTUA.

ii. Toegevoegde waarde en demografie

Naast prijshypothesen zijn ook hypothesen over de evolutie van de nationale macro-economische situatie en demografie noodzakelijk. Demografie beïnvloedt de evolutie van de economie op lange termijn en is bijgevolg een essentiële determinant voor de evolutie van de vraag naar energie. Zo hebben de bevolking en het aantal gezinnen een rechtstreekse impact op het energieverbruik van de residentiële sector omdat ze het aantal huishoudtoestellen en de totale woonoppervlakte die verwarmd en verlicht moet worden, bepalen. Eveneens hebben ze een invloed op het gebruik van transportdiensten en op de omvang van het wagenpark. De bevolking en het aantal gezinnen zijn daarnaast factoren die bepalen hoeveel gebouwoppervlakte er nodig is voor de activiteit van de tertiaire sector.

In tabel 3 worden zowel absolute waarden als jaarlijkse groeivoeten van enkele sleutelvariabelen van de Belgische economie weergegeven. De tabel start met de vooruitzichten voor het totale Belgische bevolkingsaantal en de gemiddelde gezinsgrootte voor de periode 2000-2020. Het aantal inwoners in België zou tussen

2000 en 2020 lichtjes toenemen met ongeveer 544 000 personen. In 2020 zou dit leiden tot een totaal bevolkingsaantal van 10 790 000 mensen woonachtig in België. Vertaald naar jaarlijkse aangroei betekent dit een toename van de bevolking met gemiddeld 0,3% per jaar. Dit strookt met de bevolkingsvooruitzichten in het kader van het MOBIDIC-project, een project gefinancierd door het Wetenschapsbeleid dat de rol van o.a. de sociodemografie onderzoekt in de mobiliteitsvraag⁵. Hun vooruitzichten voor 2010 en 2020 liggen ietsje lager, maar het jaarlijkse evolutieritme is hetzelfde.

De gemiddelde gezinsgrootte heeft eveneens een vinger in de pap in het bepalen van het toekomstig energieverbruik. Het aantal personen per gezin zou verder afnemen in de volgende 2 decennia. Gecombineerd met een toenemend aantal personen leidt de kleinere gezinsomvang tot een groei in het aantal huishoudens.

In de tabel volgen daarna het bbp en de toegevoegde waarden, voorgesteld per (sub)sector. De tabel besluit met de hypothesen over de Belgische ijzer- en staalproductie volgens de 2 verschillende productieprocessen: deze worden weergegeven in kton.

5. Politique Scientifique fédérale, Démographie, géographie et mobilité: perspectives à long terme et politiques pour un développement durable (MOBIDIC), CP/60, avril 2006.

TABEL 3 - Macro-economische assumpties voor België, 2000-2020

Belgium	2000	2010	2020	00//90	10//00	20//10
Population (000)	10246	10554	10790	0.3%	0.3%	0.2%
Household size	2.42	2.28	2.16	-0.6%	-0.6%	-0.5%
Economic indicators	2000	2010	2020			
<i>Millions of euro (2000 prices)</i>						
GDP (market prices)	247924	302858	370146	2.2%	2.0%	2.0%
Consumption Expenditure of Households	132214	157117	185870	2.0%	1.7%	1.7%
Gross Value Added (basic prices)	229119	277982	336588	2.0%	2.0%	1.9%
VA-agriculture	3669	3685	3997	3.7%	0.0%	0.8%
VA-construction	11622	13123	14985	1.4%	1.2%	1.3%
VA-services	158912	199867	246352	2.1%	2.3%	2.1%
- VA-market services	62659	78140	96924	3.6%	2.2%	2.2%
- VA-non market	52285	64005	75402	1.5%	2.0%	1.7%
- VA-trade	43967	57722	74027	1.1%	2.8%	2.5%
VA-industry & energy	54916	61307	71254	1.6%	1.1%	1.5%
VA-energy sector	8509	7936	8762	2.0%	-0.7%	1.0%
VA-industry	46407	53371	62492	1.6%	1.4%	1.6%
- VA-iron and steel	2630	2714	2753	-3.1%	0.3%	0.1%
- VA-non ferrous metals	1028	1295	1436	-0.4%	2.3%	1.0%
- VA-chemicals	9553	12219	14866	4.5%	2.5%	2.0%
▪ fertilisers/inorganic chemicals	3260	3694	4050	5.1%	1.3%	0.9%
▪ petrochemicals	814	1003	1097	4.5%	2.1%	0.9%
▪ other chemicals	2036	2413	2772	2.4%	1.7%	1.4%
▪ pharmaceuticals/cosmetics	3442	5110	6948	5.3%	4.0%	3.1%
- VA-non metallic minerals	2134	2125	2455	0.2%	0.0%	1.5%
▪ cement and derived products	1042	949	1095	1.2%	-0.9%	1.4%
▪ ceramics	85	78	87	-1.9%	-0.8%	1.1%
▪ glass production	688	826	985	0.8%	1.8%	1.8%
▪ other non metallic minerals	319	273	287	-2.9%	-1.5%	0.5%
- VA-pulp, paper and printing	3268	3927	4672	1.1%	1.9%	1.8%
▪ paper and pulp production	1158	1375	1595	-3.4%	1.7%	1.5%
▪ printing and publishing	2110	2552	3077	5.0%	1.9%	1.9%
- VA-food, drink and tobacco	5137	6107	7011	-0.1%	1.7%	1.4%
- VA-textiles	2587	2232	2200	-0.3%	-1.5%	-0.1%
- VA-engineering	16236	18257	21593	2.4%	1.2%	1.7%
- VA-other industries	3835	4495	5507	1.8%	1.6%	2.1%
INDUSTRIAL PRODUCTION						
iron and steel (in ktn)	11636	11924	12040	0.2%	0.2%	0.1%
- integrated steelworks	8910	8376	8250	-1.5%	-0.6%	-0.2%
- electric processing	2726	3548	3790	10.0%	2.7%	0.7%

Bron: PRIMES.

//: gemiddelde jaarlijkse groeivoet (%).

Wat de toegevoegde waarden betreft, kan opgemerkt worden dat de toegevoegde waarde van de industrie minder snel toeneemt dan het bbp, dit in

tegenstelling tot de tertiaire sector waarvan de toegevoegde waarde sneller stijgt dan het bbp.

Bij wijze van vergelijking toont onderstaande tabel de vooruitzichten van de groeivoeten van het Belgische bbp, geplaatst naast deze van de EU15 en EU25. Hieruit blijkt dat de groeivoet van het Belgische bbp zich over de periode 1990-2020 steeds dicht in de buurt bevindt van de groeivoeten van zowel de EU15 als de EU25.

TABEL 4 - Vergelijking jaarlijkse bbp-groeivoet België, EU15 en EU25 (%)

	00//90	10//00	20//10
België	2,2%	2,0%	2,0%
EU15	2,1%	1,9%	2,1%
EU25	2,1%	2,0%	2,2%

Bron: PRIMES.

//: gemiddelde jaarlijkse groeivoet (%).

Om de onzekerheid die hangt rond deze groeivoet mee op te nemen, wordt ook voor deze variabele een sensitiviteitsanalyse opgesteld (zie sectie II.A.3.b.).

iii. Transportactiviteit

Voor de transportactiviteit worden de hypothesen in onderstaande tabel afgebeeld. De cijfers werden gegenereerd door het model SCENES, een Europees transportnetwerkmodel. Zowel het personen- als het goederenvervoer blijven in de periode 2000-2020 toenemen, maar aan een lager tempo dan het geval was in de periode 1990-2000.

TABEL 5 - Vooruitzichten voor de transportactiviteit in België, 2000-2020

	2000	2010	2020	00//90	10//00	20//10
<i>Passenger transport activity (Gpkm)</i>	135.8	155.6	173.1	2.0	1.4	1.1
- Public road transport	13.2	13.0	12.1	2.0	-0.1	-0.7
- Private cars and motorcycles	107.3	122.9	136.9	1.7	1.4	1.1
- Rail	8.6	9.4	9.9	1.7	0.9	0.5
- Aviation	6.5	10.0	13.8	8.2	4.4	3.3
Travel per person (km per capita)	13258	14742	16039	1.7	1.1	0.8
<i>Freight transport activity (Gtkm)</i>	65.9	78.9	92.1	3.2	1.8	1.6
- Trucks	51.0	62.1	74.0	4.1	2.0	1.8
- Rail	7.7	7.8	8.0	-0.9	0.2	0.2
- Inland navigation	7.2	9.1	10.2	2.8	2.3	1.1
Freight activity per unit of GDP (tkm/000 Euro'00)	265.8	260.7	248.8	1.0	-0.2	-0.5

Bron: PRIMES.

//: gemiddelde jaarlijkse groeivoet (%).

Opgedeeld naar aandelen kan voor het personenvervoer opgemerkt worden dat het aandeel van de privévoertuigen over de projectieperiode blijft hangen op net geen 80%, dat het aandeel van openbaar wegtransport over deze periode daalt

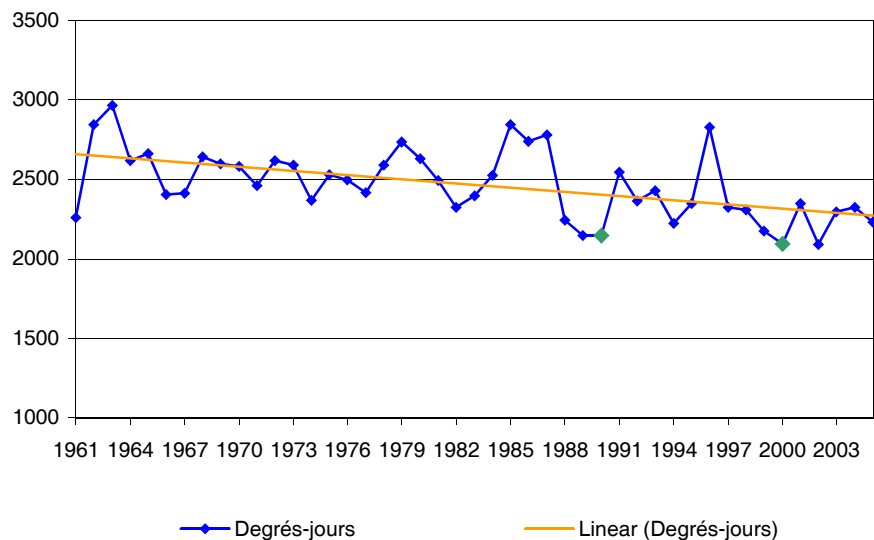
van 10% naar 7% in 2020 en dat net dit percentage weggesnoept wordt door de luchtvaart: haar aandeel neemt toe van 5% in 2000 tot 8% in 2020.

Voor het goederenvervoer gebeurt er een wissel tussen weg- en spoorvervoer; het aandeel van vervoer over de weg neemt toe van 77% in 2000 tot 80% in 2020 terwijl het spoor haar aandeel ziet slinken van 12 naar 9%. Het deel van binnenscheepvaart blijft stabiel over de hele projectieperiode op 11%.

iv. Graaddagen

Klimaatomstandigheden zijn een belangrijke determinant voor het energieverbruik van de gezinnen en de tertiaire sector. Een groot deel van de energiebehoefte van beiden gaat naar de verwarming van gebouwen. Het concept graaddagen is een indicator voor de temperatuursomstandigheden tijdens een jaar en is dus een indicator voor deze verwarmingsbehoeften. Hoe hoger het aantal graaddagen tijdens een jaar, hoe lager de buitentemperaturen en hoe groter de verwarmingsbehoefte.

FIGUUR 3 - Historische evolutie en het aantal graaddagen
(aantal graaddagen per jaar)



Bron: Statistisch Jaarboek van Figas (equivalente graaddagen 16,5 te Ukkel).

De energievoorzichten werden opgesteld in de eenvoudige veronderstelling dat het aantal graaddagen tijdens de hele projectieperiode constant blijft op het niveau van het jaar 2000. In 2000 bedroeg het aantal graaddagen 2097. Dat is een mogelijke hypothese, net zoals de hypothese die vertrekt van een historisch gemiddelde. Bij deze laatste hypothese zou evenwel geen rekening gehouden worden met de mogelijk dalende trend op lange termijn van het aantal graaddagen. Indien zou blijken dat de temperatuursomstandigheden na 2000 meer aansluiten bij het historisch gemiddelde dan bij het niveau van 2000 zal de toekomstige energievraag voor verwarmingsbehoeften hoger zijn dan de voorziene niveaus in het referentiescenario. Een sensitiviteitsanalyse opgesteld rond het aantal graaddagen kan teruggevonden worden in sectie II.A.3.C.

v. *Overige hypothesen*

- Het actualiseringspercentage speelt een belangrijke rol in het PRIMES-model. Dat percentage beïnvloedt de investeringsbeslissingen van de economische actoren op het vlak van energie-uitrusting. Er wordt algemeen aangenomen dat de tijdshorizon waartegen een economische actor een investeringsbeslissing overweegt, kleiner wordt als hij gevoeliger is voor het risico. Technisch gezien zal zich dat uiteten in een hoger actualiseringspercentage zodat de beslissingen op korte termijn belangrijker worden. Drie verschillende actualiseringspercentages worden gebruikt in de projecties. Het eerste betreft de gecentraliseerde producenten en bedraagt 8%, het tweede betreft de industrie en de tertiaire sector en bedraagt 12%. Het derde wordt gebruikt voor beslissingen van de huishoudens over investeringen inzake vervoer en huishoudelijke uitrustingen en bedraagt 17,5%.
- De gebruikte emissiefactoren voor de berekening van de emissies van energetische oorsprong zijn de volgende (uitgedrukt in ton CO₂ per toe): 3,941 voor steenkool, 2,872 voor benzine, 3,069 voor gasolie en 2,336 voor aardgas.
- De energiebalansen die gebruikt worden voor het opstellen van het referentiescenario lopen tot en met 2004.

vi. *Niet-energetische CO₂ en niet-CO₂-broeikasgassen*

Kennis over de evolutie van niet-energetische CO₂ en niet-CO₂-broeikasgassen is belangrijk omdat de algemene doelstellingen inzake emissiereducties bepaald worden op het niveau van het totaal van broeikasgassen (CO₂ en niet-CO₂). De output van PRIMES geeft echter enkel de energetische CO₂-emissies⁶. Het is daarom cruciaal gegevens te verkrijgen die de evolutie van de andere broeikasgassen beschrijven, zodat het mogelijk wordt om na te gaan waar België zich bevindt op het vlak van de reductiedoelstellingen opgesteld voor het totaal van broeikasgassen en om het aandeel van elk gas in de totale BKG-voorzichten (referentiescenario) of in de verwezenlijking van de reductiedoelstellingen (post-2012-scenario's) te identificeren.

Om de evolutie van de niet-energetische CO₂ en de niet-CO₂-broeikasgassen in te schatten, werd gebruik gemaakt van gegevens die door NTUA zelf berekend of verzameld werden uit verschillende bestaande studies (Cofala et al, 2006). Voor de emissies van de niet-energetische CO₂ komen de vooruitzichten van een model ontwikkeld door NTUA. Dat model schat de uitstoot op basis van historische relaties tussen de economische activiteit, de emissies en de vooruitzichten van de economische activiteit. Voor het referentiescenario worden de niet-energetische CO₂-voorzichten berekend door gebruik te maken van de macro-economische hypothesen zoals hierboven beschreven. Het model bevat eveneens de koolstofwaarde-elasticiteiten zodat reducties die economisch interessant zijn om te realiseren voor verschillende waarden van een ton CO₂ ingeschat kunnen worden. Van deze mogelijkheid in het model wordt gebruik gemaakt tijdens de post-2012-implementatie.

6. Er kan echter onmiddellijk opgemerkt worden dat het aandeel van CO₂ in het totaal van de broeikasgassen om en bij de 85% is. CO₂ is dan meteen het belangrijkste broeikasgas. Bovendien is het aandeel van energetische CO₂-emissies in het totaal van CO₂-emissies ongeveer 92%, waardoor de PRIMES-analyse ongeveer 78% dekt van het totaal van alle broeikasgasemissies.

En ce qui concerne les GES non CO₂, à savoir le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O) et les gaz fluorés (PFC, HFC et SF₆), des projections sont également calculées pour le scénario de référence. Elles se basent cette fois sur des travaux récents avec le modèle GAINS (de l'IIASA). Le tableau ci-dessous donne l'évolution des émissions de GES autres que le CO₂ énergétique pour le scénario de référence.

TABLEAU 6 - Hypothèses d'évolution des GES autres que le CO₂ énergétique dans le scénario de référence (Mt CO₂ eq.)

	Base year	2000	2010	2020	2020 vs base year
Non-energy CO ₂	13,1	11,9	12,9	12,2	-6,9%
Industrial processes	12,5	11,4	11,9	11,2	-10,9%
Fugitive + waste	0,6	0,5	1,0	1,0	59,7%
CH ₄	10,8	9,8	8,9	9,0	-16,8%
N ₂ O	12,2	12,9	13,5	13,2	8,6%
F gases	4,8	1,2	1,8	2,1	-56,6%

Source: NTUA, 4^{ème} Communication nationale, propres calculs.

Le tableau ci-dessus appelle trois remarques. Tout d'abord, les chiffres utilisés par NTUA pour l'année de base et l'année 2000 proviennent d'une soumission belge à l'UNFCCC antérieure à la 4^{ème} Communication nationale sur le changement climatique⁷. Or, les chiffres pour l'année de base rapportés dans la 4^{ème} Communication nationale sont maintenant la référence pour l'évaluation des réductions des émissions de GES en Belgique. Dès lors, lorsque les différences entre les deux sources étaient significatives⁸, nous avons recalculé les émissions sur la période 2000-2020 en appliquant les taux de croissance utilisés par NTUA aux chiffres officiels de l'année de base.

Ensuite, en ce qui concerne les émissions de CO₂ d'origine énergétique, il existe des différences entre les chiffres transmis par la Belgique et les chiffres publiés par Eurostat et sur lesquels se base le modèle PRIMES. Pour partir du même chiffre pour le total des émissions de GES à l'année de base, il est convenu d'imputer la différence entre les deux statistiques aux émissions de CO₂ émanant des procédés industriels. Cette convention est aussi utilisée par la DG Environnement de la Commission européenne dans le cadre des études sur la politique climatique avec le modèle PRIMES.

Enfin, on peut remarquer que les projections ci-dessus divergent sensiblement des projections décrites au chapitre 5 de la 4^{ème} Communication nationale sur le changement climatique et reprises dans le tableau ci-dessous. Les différences révèlent une marge d'incertitude importante sur ces projections.

7. Inventaire des GES en Belgique, 15 avril 2004.

8. CO₂ non énergétique en 1990 et 2000, N₂O en 1990.

TABLEAU 7 - Projections des GES autres que le CO₂ énergétique selon la 4^{ème} Communication nationale (Mt CO₂ eq.)

	Base year	2000	2010	2020	2020 vs base year
Non-energy CO ₂	9,1	10,2	10,1	10,2	12,5%
Industrial processes	8,5	9,6	9,2	9,3	9,9%
Fugitive + waste	0,6	0,6	1,0	0,9	48,5%
CH ₄	10,8	9,8	7,9	7,5	-30,6%
N ₂ O	12,2	12,9	11,3	11,1	-9,1%
F gases	4,8	1,3	2,7	3,6	-25,2%

Source: 4^{ème} Communication nationale.

vii. Beleidskader

NAP+ETS

Dans le cadre de la mise en œuvre du Protocole de Kyoto, la directive européenne 2003/87/CE crée un marché de permis d'émission⁹ pour les entreprises européennes grosses émettrices de CO₂. Cette directive distingue deux périodes: (1) 2005-2007 qui est une sorte de période de rodage du système mis en place et (2) 2008-2012 qui couvre la première période d'engagement du Protocole de Kyoto. L'ensemble des installations définies dans la Directive constitue le secteur trading. Chaque Etat membre doit décider quelle partie des quotas d'émission reçus par le Protocole de Kyoto (les AAU ou Assigned Amount Units), il attribue au secteur trading. L'attribution des quotas au secteur trading se fait dans un Plan national d'allocation (PNA) que les Etats membres remettent à la Commission européenne pour évaluation et approbation. S'agissant de la première période 2005-2007, les Etats membres ont transmis leur Plan national d'allocation en 2003 et 2004.

Dans le scénario de référence, la réalité des Plans nationaux d'allocation actuels est prise en compte par le biais de l'introduction d'une valeur du carbone (CV ou Carbon Value) de 5 €/t CO₂ qui reflète, autant que faire se peut, les caractéristiques du système. Parmi celles-ci, il faut noter l'allocation gratuite des permis (grandfathering) qui diminuent les coûts réels supportés par le secteur trading. Ces coûts sont aussi limités par le fait que les quotas ont été généreusement alloués : les achats de permis ne concernent qu'une petite partie de l'activité des entreprises impliquées.

Cependant, le scénario de référence ne prend en compte que les PNA actuels (2005-2007) ; il ne fait pas d'hypothèses sur les PNA futurs qui couvriront la période 2008-2012 et qui sont actuellement en préparation dans les différents Etats membres (et les Régions en Belgique). En d'autres mots, une valeur du carbone de 5 €/t CO₂ est utilisée sur toute la période de projection.

ACEA/KAMA/JAMA-akkoorden

De ACEA/KAMA/JAMA-akkoorden tussen de Europese Commissie en de Europese, Koreaanse en Japanse autoconstructeurs die in 1998 en 1999 werden

9. Pour plus de détails sur ce sujet, voir "Quelle énergie pour un développement durable?", A. Henry, Bureau fédéral du Plan, Task force développement durable, WP 14-05, Juin 2005.

afgesloten, worden in het referentiescenario opgenomen. De auto-industrie verbindt zich ertoe om de CO₂-uitstoot van nieuwe voertuigen die in 2008/2009 op de markt komen, te verminderen tot gemiddeld 140 g/km¹⁰ (ten opzichte van 155 g/km in 2003). Een uitbreiding van de ACEA-akkoorden wordt nog besproken. De doelstelling zou gemiddeld 120 g/km zijn, ten laatste in 2010. Omdat die uitbreiding nog niet werd goedgekeurd, maakt ze geen deel uit van het referentiescenario.

Wet houdende de geleidelijke uitstap uit kernenergie

Het referentiescenario houdt rekening met de ontmanteling van kerncentrales zodra ze veertig jaar oud zijn, conform de Wet houdende de geleidelijke uitstap uit kernenergie voor industriële elektriciteitsproductie die werd uitgevaardigd op 31 januari 2003¹¹.

LCPD et NEC

En ce qui concerne les émissions de polluants acides, le scénario de référence tient compte des normes d'émissions et des teneurs maximales en soufre des combustibles, spécifiées dans différentes directives européennes (par exemple, la directive sur les grandes installations de combustion). Par contre, il ne reflète pas des normes éventuellement plus strictes décidées par les Etats membres. En Belgique, cela veut dire que les normes plus contraignantes adoptées par la Flandre pour les installations de combustion stationnaires ne sont pas prises en compte. Enfin, les plafonds d'émissions pour le SO₂, le NO_x et les VOC (NEC ou National Emission Ceilings) ne sont pas imposés comme une contrainte au développement du système énergétique belge, et ce pour tous les scénarios étudiés dans cette étude.

Systeem van groene-stroom- en warmtecertificaten

In 2001 keurden de Europese Raad en het Europees Parlement de Europese Richtlijn 2001/77/EG goed betreffende de bevordering van elektriciteitsopwekking uit hernieuwbare energiebronnen op de interne elektriciteitsmarkt. Hiermee hebben de Raad en het Parlement een gemeenschappelijk kader gecreëerd om de bijdrage van hernieuwbare energiebronnen in de elektriciteitsproductie van de Europese Unie te vergroten. Dat kader is bovendien in overeenstemming met de indicatieve doelstellingen van het Witboek over hernieuwbare energiebronnen. Tegen 2010 moet het aandeel van hernieuwbare energiebronnen in het Europees bruto binnenlands verbruik op 12% gebracht zijn en moet het aandeel van elektriciteit op basis van hernieuwbare energiebronnen in het totale elektriciteitsverbruik opgetrokken zijn tot 22%. De richtlijn legt indicatieve streefcijfers vast voor elke Europese Lidstaat. Ze bepaalt hoe groot het aandeel van elektriciteit uit hernieuwbare energiebronnen moet zijn in het bruto elektriciteitsverbruik in 2010. Voor België bedraagt dat cijfer 6%.

De Europese Richtlijn legt aldus de doelstellingen vast voor hernieuwbare energiebronnen, maar laat de lidstaten evenwel vrij om te kiezen welke middelen zij willen inzetten om die doelstellingen te behalen. België, of beter, de gewesten hebben gekozen dit te doen met behulp van groene-stroomcertificaten.

10. Dat betekent dat nieuwe personenwagens die in 2008/2009 op de markt komen gemiddeld 5,8 liter benzine of 5,25 liter diesel zullen verbruiken per 100 km.

11. Belgisch Staatsblad van 28 februari 2003, pp. 9879-9880. Deze wet werd reeds aangekondigd in het regeerakkoord van 7 juli 1999.

Wat warmtekrachtkoppeling (WKK) betreft, loopt België (of beter, de gewesten¹²) eigenlijk wat voor op de Europese regelgeving. De gewesten hebben doelstellingen voor de productie van elektriciteit op basis van WKK vastgelegd. In het Vlaams Klimaatbeleidsplan legt de Vlaamse regering de lat op een bijkomende 1832 MWe (bovenop de reeds bestaande 270 MWe), die gerealiseerd moet zijn tegen 2012. Het Waals Gewest heeft zijn doelstellingen niet geformuleerd in termen van productiecapaciteit, maar in termen van elektriciteitslevering en rekent op 15% elektriciteit op basis van WKK in 2010.

Deze cijfers worden opgenomen in het referentiescenario.

Heffingen

De energietaksen zijn in overeenstemming met de geldende wetgeving en zouden onveranderd blijven in reële termen tijdens de projectieperiode.

b. Resultaten

Na dit bondig overzicht van de belangrijkste hypothesen worden in dit deel de resultaten behandeld. De resultaten van het referentiescenario worden hier besproken waarbij een onderscheid wordt gemaakt naar vier indicatoren die het nationaal energetisch systeem tekenen, m. n. de primaire energievraag, de eindvraag naar energie, de productie van elektriciteit en de emissies. Meer gedetailleerde resultaten kunnen teruggevonden worden in bijlage 3.

i. Primaire energievraag

De primaire energievraag of het primaire energieverbruik, een indicator die voor het land het totaal energieverbruik weergeeft en dat bestaat uit primaire productie (energiebronnen die zich op het territorium van de natie bevinden zoals bvb. wind en waterkracht) en netto import (energiebronnen die het land dient in te voeren zoals bvb. olie), kent over de projectieperiode (2000-2020) een omgekeerd U-vormig verloop. In 2000 noteert men nog een totaal primair energieverbruik van 57 Mtoe, waarna een langzame groei wordt opgetekend a rato van 0,5% per jaar om in 2010 een piek te bereiken van 60 Mtoe. Tijdens de periode 2010-2020 daalt de variabele aan een ritme van -0,3% jaarlijks om in 2020 te stranden op 58 Mtoe.

De evolutie van het primaire energieverbruik dient evenwel met de nodige voorzichtigheid geïnterpreteerd te worden, vooral dan naar het einde van de projectieperiode toe wanneer het aandeel van kernenergie geleidelijk afneemt. De dalende trend staat niet alleen voor algemene verbeteringen in energie-efficiëntie (zowel op het niveau van de eindvraag naar energie als van de energietransformatie), maar ook voor de impact van de statistische overeenkomst die sinds vele jaren in gebruik is voor nucleaire warmte. Volgens deze statistische overeenkomst wordt een gemiddelde efficiëntie van 33% toegekend aan de kerncentrales om de primaire energiebehoeften die met nucleaire elektriciteit overeenstemmen te berekenen. Gegeven dat huidige en toekomstige centrales op basis van fossiele brandstoffen net zoals deze op basis van hernieuwbare energiebronnen omzettingsrendementen hebben die hoger zijn dan 33%

12. Aangezien zij bevoegd zijn in deze materie.

vertaalt de geleidelijke uitdoving van kerncentrales zich in relatief lagere energie-inputs.

Eveneens dient er een kleine methodologische verduidelijking toegevoegd te worden: de primaire productie (als onderdeel van de primaire energievraag) beslaat o.a. biomassa en nucleaire warmte. Achter deze cijfers gaat echter (eveneens) de *invoer* van biomassa en uranium schuil. Biomassa wordt ten dele op het Belgisch grondgebied geproduceerd en ten dele ingevoerd. De som van beiden (productie en import) wordt dan weergegeven als primaire productie (de primaire productie slaat dus niet louter en alleen op het deel dat in België wordt geproduceerd). Voor nucleair geldt dat nucleaire warmte in België wordt geproduceerd op basis van uranium die zelf ingevoerd wordt uit het buitenland. De primaire productie van nucleair heeft dus geen betrekking op uranium, maar op de warmte die vrijkomt en kan dienen voor de productie van elektriciteit. Een dergelijke classificatie stemt overeen met de conventies zoals gehanteerd door Eurostat en IEA.

Naast de evolutie van de primaire energievraag is het ook instructief haar samenstelling onder de loep te nemen. Olie voert de kop van de rangschikking aan over de ganse periode. In 2000 is het overwicht van olie overduidelijk, in 2020 neemt het nog altijd de eerste plaats in, maar werden de relatieve verhoudingen tussen de verschillende energiebronnen door elkaar geschud. Vooral de opkomst van gas bedreigt de sterke positie van olie, in 2020 is het aandeel van olie in het totaal primair verbruik nog steeds 38%, dat van aardgas klimt van 23% in 2000 naar 33% in 2020.

Vanaf 2015 begint nucleaire energie aan een uitdovingsoefening omwille van de bedongen uitstap uit kernenergie. Kernenergie deint langzaam weg van 12 Mtoe in 2000 naar 9 Mtoe in 2020 (om een nulverbruik op te tekenen in 2030).

Vaste brandstoffen (voornamelijk steenkool) vertrekken van een startpositie van 8 Mtoe in 2000 en zakken vervolgens langzaam weg naar 5 Mtoe in 2020.

Hernieuwbare energiebronnen kennen een spectaculair verloop dat zich voornamelijk in de periode 2000-2010 manifesteert (jaarlijks groeiritme van 6%): hierdoor bereiken ze in 2020 een niveau dat iets hoger ligt dan 2 Mtoe.

Rest nog een kleine hoeveelheid elektriciteit die geïmporteerd wordt: deze kent een scherpe aangroei in het eerste decennium (2000-2010), maar daalt aanzienlijk in de daaropvolgende periode (tot 448 ktoe).

Onderstaande tabel schetst een algemeen overzicht van de evolutie van de primaire energievraag (ook bekend onder de naam bruto binnenlands verbruik of bbv) in het referentiescenario. Daarnaast wordt de evolutie van enkele andere indicatoren beschreven, zoals de energie-intensiteit van het bbp (i.e. bbv gedeeld door bbp), het primaire energieverbruik per capita en de invoerafhankelijkheid (i.e. het aandeel van de netto-invoer in het bbv).

TABEL 8 - Primaire energievraag en gerelateerde indicatoren in het referentiescenario

	2000	2010	2020	10//00	20//10
Primaire energievraag (ktoe)	57167,9	60353,9	58279,7	0,5	-0,3
- Vaste brandstoffen	8200,1	6388,1	5170,7	-2,5	-2,1
- Olie	21949,5	23280,8	22385,7	0,6	-0,4
- Aardgas	13368,6	15617,2	18931,7	1,6	1,9
- Nucleair	12422,3	12926,5	9003,8	0,4	-3,6
- Elektriciteit (netto-invoer)	372,0	617,6	447,5	5,2	-3,2
- Hernieuwbare energievormen	855,5	1523,7	2340,3	5,9	4,4
Energie-intensiteit van bbp (toe/M€00)	230,6	199,3	157,5	-1,4	-2,3
bbv/capita (toe/inwoner)	5,6	5,7	5,4	0,2	-0,6
Importafhankelijkheid (%)	77,7	78,2	82,4		

Bron: PRIMES.

// : gemiddelde jaarlijkse groeivoet (%).

ii. Eindvraag naar energie

De finale energievraag staat voor de eindvraag naar energievormen (zoals bvb. benzine) door verschillende verbruikers (zoals bvb. de transportsector). Traditioneel wordt er een onderscheid gemaakt tussen de finale energievraag opgesplitst per sector (of consument) en de finale energievraag opgesplitst per brandstof (of energievorm).

Per sector bekeken stellen we vast dat de grootste verbruiker in 2000 ook de grootste verbruiker is in 2020: de *industrie* neemt de grootste hap uit de finale energievraag. We merken evenwel op dat de eindvraag door de industrie in 2020 nagenoeg een status quo vertoont met het startniveau opgetekend in 2000. Een aantal energie-intensieve industrietakken tekenen immers een continu dalend verloop op van hun energievraag.

De *residentiële* sector wint tijdens de eerste 10-jarige periode gestaag terrein: haar energie-eindvraag neemt jaarlijks toe met 0,9%. Daarna volgt een stabilisatie om in 2020 op een verbruik van 10 Mtoe uit te komen.

De *transportsector* daarentegen blijft haar energiehonger invullen door een meerverbruik. Haar eindverbruik kent een sterke groei in de periode 2000-2010 en groeit verder door in 2010-2020, aan een trager ritme weliswaar. Door deze beweging blijft de transportsector haar tweede plaats in energieverbruik behouden (11 Mtoe in 2020).

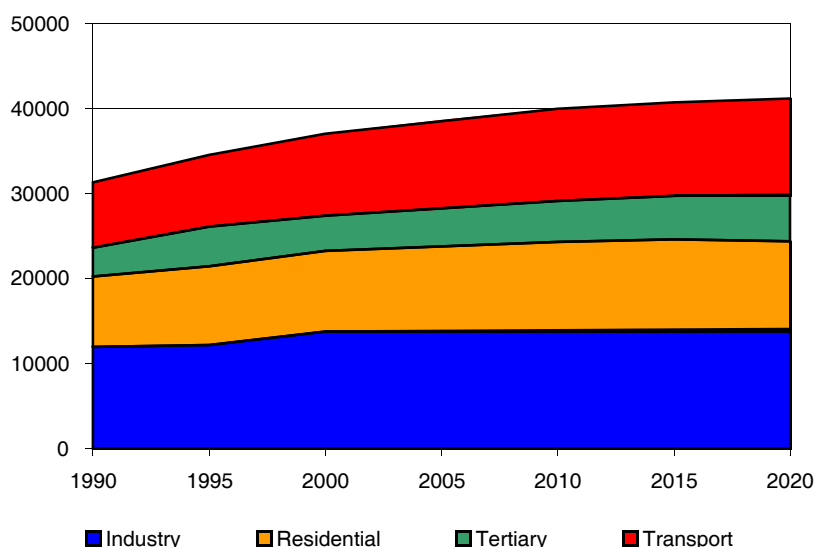
De *tertiaire* sector¹³ verbruikt het minst energie, maar noteert de sterkste groeicijfers. Tijdens de 2 beschouwde decennia groeit ze jaarlijks aan met respectievelijk 1,5% en 1,2% en komt ze daardoor in 2020 uit op een finale eindvraag van 5,5 Mtoe.

13. In het model PRIMES (en in de energiebalansen van Eurostat) omvat de tertiaire sector zowel diensten als landbouw.

TABEL 9 - Evolutie van de finale energievraag in het referentiescenario (per sector)

	2000		2010		2020		Increment 2000-2020	
	ktoe	Share	ktoe	Share	ktoe	Share	ktoe	%
Industry	13769	37%	13993	35%	14102	34%	333	2%
Residential	9465	26%	10311	26%	10314	25%	848	9%
Tertiary	4158	11%	4848	12%	5446	13%	1288	31%
Transport	9662	26%	10816	27%	11336	28%	1673	17%
Total	37055		39968		41197		4143	11%

Bron: PRIMES.

FIGUUR 4 - Sectorale evolutie van de finale energievraag, referentiescenario (ktoe)

Bron: PRIMES.

Per brandstof bekeken merken we dat olie de meest verbruikte brandstof is. Toch dient opgemerkt te worden dat de vraag naar olie over de totale projectieperiode niet spectaculair stijgt: dit heeft een krimp in haar relatief aandeel in de finale energievraag tot gevolg (van 43% naar 41%).

Naast olie kan er een sterk verbruik van aardgas opgetekend worden (ter waarde van 11 Mtoe in 2020), gevolgd door elektriciteit (9 Mtoe in 2020). Beiden verhogen hun relatief aandeel over de projectieperiode: aardgas klimt van 26 naar 27%, elektriciteit groeit door van 18 naar 21%.

De vaste brandstoffen zijn wat minder populair geworden en dalen van 3 Mtoe in 2000 naar 2 Mtoe in 2020 waardoor ze nog slechts 5% van de finale vraag vertegenwoordigen.

Het verbruik van warmte stijgt snel: in 2000 werd nog een warmtevraag opgetekend van 1 Mtoe, in 2020 staat deze vraag al voor 1,5 Mtoe.

Onderstaande tabel beschrijft de evolutie in detail van het finaal energie-eindverbruik per brandstof, de wijzigingen in het aandeel van elke energievorm in de

totale finale energievraag en de verschillen in verbruik tussen 2000 en 2020 (in ktoe en in %).

TABEL 10 - Evolutie van de finale energievraag in het referentiescenario (per brandstof)

	2000		2010		2020		Increment 2000-2020	
	ktoe	Share	ktoe	Share	ktoe	Share	ktoe	%
Solids	3373	9%	2453	6%	2143	5%	-1230	-36%
Oil	16038	43%	17497	44%	17003	41%	965	6%
Nat.gas	9615	26%	10312	26%	11052	27%	1438	15%
Electricity	6667	18%	7822	20%	8597	21%	1930	29%
Other	1362	4%	1883	5%	2402	6%	1040	76%
Total	37055		39968		41197		4143	11%

Bron: PRIMES.

Eveneens is het nuttig een beeld te hebben van de energie-intensiteit van de verschillende sectoren. Onderstaande tabel geeft een overzicht voor de industrie. Globaal genomen daalt de energie-intensiteit van de industrie over de beschouwde periode, maar dit verhuult een aantal tegenstrijdige subsectorbewegingen. Niettegenstaande de verschillende evoluties daalt de energie-intensiteit voor alle subsectoren over het laatste projectiedecennium.

TABEL 11 - Evolutie van de energie-intensiteit van de industrie in het referentiescenario (toe/MEuro'00)

	1990	2000	2010	2020	00//90	10//00	20//10	20//00
Industry	300.5	296.7	262.2	225.7	-0.1	-1.2	-1.5	-24
Iron and steel	1318.7	1845.9	1355.7	1163.0	3.4	-3.0	-1.5	-37
Non ferrous metals	326.4	450.2	247.3	195.3	3.3	-5.8	-2.3	-57
Chemicals	423.9	329.1	292.3	254.1	-2.5	-1.2	-1.4	-23
Non metallic minerals	574.4	533.2	620.9	542.7	-0.7	1.5	-1.3	2
Paper and pulp	236.7	514.4	536.7	487.8	8.1	0.4	-1.0	-5
Food, drink and tobacco	148.0	171.2	192.4	179.7	1.5	1.2	-0.7	5
Engineering	41.1	29.2	31.9	29.1	-3.4	0.9	-0.9	0
Textiles	110.3	110.6	122.3	114.2	0.0	1.0	-0.7	3
Other industries	235.6	325.4	331.3	301.9	3.3	0.2	-0.9	-7

Bron: PRIMES.

// : gemiddelde jaarlijkse groeivoet (%).

/ : groeivoet (%)

De globale energie-intensiteit van de industrie zou in 2020 verbeteren met 24% ten opzichte van 2000. Wat de industrietakken betreft, zou de grootste intensiteitsverbetering worden geboekt in de non-ferrometalen, ijzer en staal en de chemische industrie (resp. met 57, 37 en 23%). In het referentiescenario wordt de evolutie van de chemische industrie gekenmerkt door een verandering van de productiestructuur: producten met een hoge toegevoegde waarde zoals de farmaceutica en de cosmetica zouden groeien ten koste van energie-intensieve producten zoals meststoffen en de producten uit de petrochemie. In de minder

energie-intensieve takken (metaalverwerking, voeding, textiel) is de verbetering van de energie-intensiteit minder groot (zelfs onbestaand).

De verbetering van de energie-intensiteit van de residentiële sector (gemeten als de verhouding van de eindvraag naar energie tot het reëel beschikbaar inkomen) zou over de projectieperiode gemiddeld 1,3% per jaar bedragen. Dat percentage is een stuk positiever dan de deterioratie van 0,1% per jaar die tussen 1990 en 2000 werd waargenomen. De vraag naar energie per inwoner daarentegen neemt toe aan een ritme van 0,2% per jaar en zou in 2020 0,956 toe per inwoner bedragen. Bij nader inzicht gebeurt de stijging tijdens het eerste decennium (+0,6% per jaar) en wordt ze gevolgd door een daling (a rato van -0,2% per jaar) tijdens de periode 2010-2020. Dit is voornamelijk te wijten aan een vraag naar elektriciteit per inwoner die blijft stijgen, hoewel minder sterk dan in het verleden: 1,1% per jaar over de periode 2000-2020 tegenover 2,3% per jaar tussen 1990 en 2000, en dit gekoppeld aan een vraag naar fossiele brandstoffen per inwoner die ongeveer gelijk blijft (-0,1% jaarlijks in de periode 2000-2020).

Bovendien kan bij de residentiële sector nog opgemerkt worden dat er voor de elektrische uitrustingen 2 effecten spelen qua verbruik: enerzijds is er door de toename in het aantal gezinnen en het bezit van meerdere toestellen per gezin een stijgend verbruik op te tekenen, langs de andere kant speelt de grotere energie-efficiëntie van de toekomstige uitrustingen (een toename van de efficiëntie met ongeveer 23% is voorzien over de projectieperiode).

De energie-intensiteit van de tertiaire sector zou verder dalen na een status quo in de periode 1990-2000. Dergelijke evolutie wijst erop dat hoewel de toegevoegde waarde van deze sector snel de hoogte inschiet (gemiddeld 2,2% jaarlijks over de periode 1990-2020) het energieverbruik niet evenredig meestijgt. Dat is te wijten aan de technologische vooruitgang.

TABEL 12 - Evolutie van de energie-intensiteit van de tertiaire sector in het referentiescenario
(toe/MEuro'00)

	1990	2000	2010	2020	00//90	10//00	20//10
Value added related	25.7	25.6	23.8	21.8	0.0	-0.7	-0.9
Services	22.4	22.0	20.6	19.1	-0.2	-0.7	-0.7
- Market services	36.3	30.4	28.7	26.7	-1.7	-0.6	-0.7
- Non market services	17.4	17.4	16.0	16.2	0.0	-0.8	0.1
- Trade	12.7	15.6	14.7	12.0	2.1	-0.6	-2.0
Agriculture	189.7	178.7	198.7	185.1	-0.6	1.1	-0.7

Bron: PRIMES.

// : gemiddelde jaarlijkse groeivoet (%).

iii. Elektriciteitsproductie

Een derde interessante indicator is de productie van elektriciteit. Er wordt eerst gekeken naar de evolutie van de totale productie, om vervolgens over te schakelen naar de structuur of samenstelling van deze parameter.

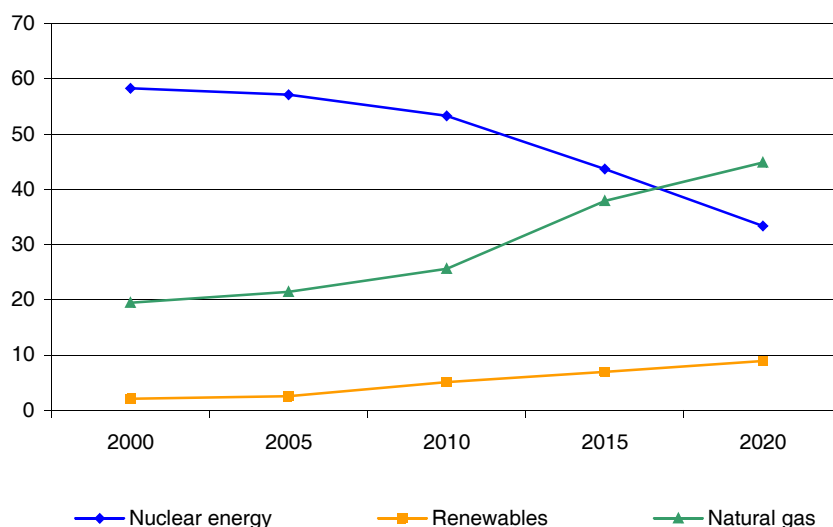
De productie van elektriciteit legt over de totale projectieperiode een groeipad af. In de periode 2000-2010 groeit het aan aan een ritme van 1,3% per jaar, wat een productie oplevert van maar liefst 94 TWh in 2010 (waarbij gestart werd van een

niveau van 82,6 TWh in 2000). In het volgende decennium blijft de groei aanhouden: jaarlijks tikt de productie van elektriciteit aan met 1,1% wat leidt tot een absolute waarde in 2020 van 104 TWh.

Het productiepark kan grosso modo verdeeld worden in kerncentrales, hernieuwbare eenheden (voornamelijk waterkrachtcentrales en windmolens) en thermische productie-eenheden (waaronder ook biomassa wordt gerekend). In 2000 is het overwicht van nucleaire elektriciteit zonneklaar: 48 TWh wordt opgewekt met behulp van kerncentrales. Thermische eenheden staan in voor de rest van de binnenlandse productie (ten belope van 34 TWh), aangezien de hernieuwbare eenheden (hydro en wind) slechts een schamele 0,5 TWh voor hun rekening nemen. Deze situatie wijzigt aanzienlijk naar het einde van de projectieperiode toe. De nucleaire uitdoving zorgt voor een eerste krimp in de productie door kerncentrales (tot 35 TWh in 2020), wat een inhaalbeweging van de thermische eenheden noodzaakt: zij staan in 2020 in voor 65 TWh. Ook de hernieuwbare eenheden maken een belangrijke sprong voorwaarts: in de periode 2000-2010 groeien ze aan een jaarlijks ritme van 20,4%, gevolgd door 3,1% per jaar in de periode 2010-2020. In 2020 genereren zij 4 TWh aan elektriciteit.

Onderstaande figuur beschrijft voor het referentiescenario de evolutie van de aandelen van kernenergie, gas en hernieuwbare energiebronnen in de elektriciteitsproductie. Het saldo geeft dan het aandeel van steenkool.

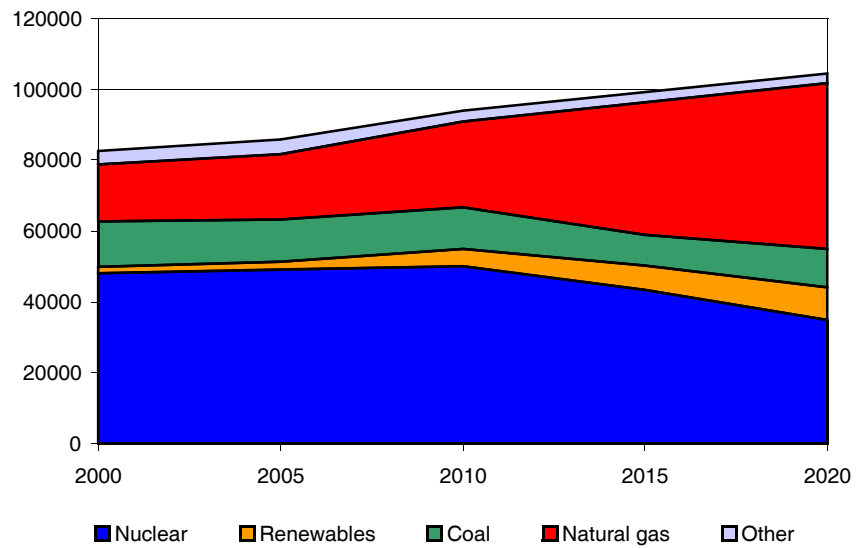
FIGUUR 5 - Aandeel van verschillende brandstoffen in de elektriciteitsproductie in het referentiescenario (%)



Bron: PRIMES.

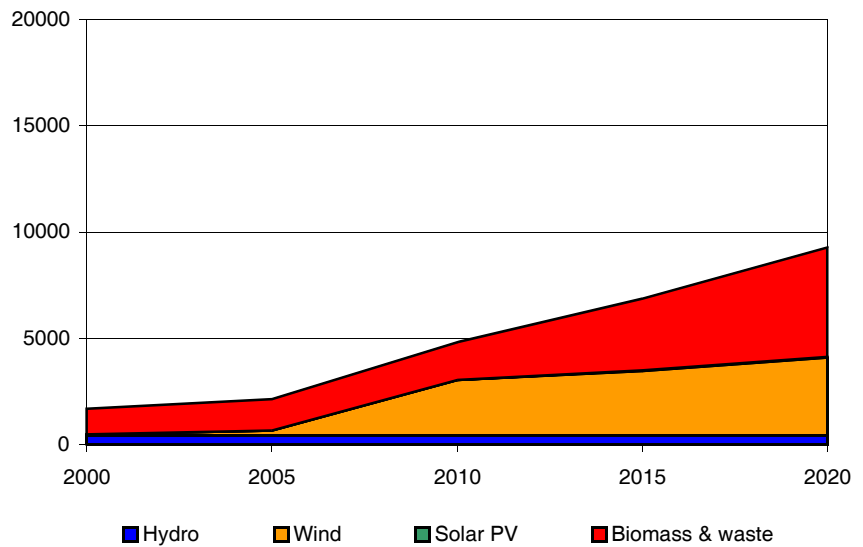
De 2 volgende figuren gaan nog een stapje verder: de eerste grafiek geeft de productie van elektriciteit weer opgedeeld naar brandstoffen (waarbij alle brandstoffen worden afgebeeld), de volgende kijkt enkel naar de elektriciteitsgeneratie op basis van hernieuwbare energiebronnen. Beide figuren zijn weergegeven in GWh.

FIGUUR 6 - Elektriciteitsproductie per energievorm, referentiescenario (GWh)



Bron: PRIMES.

FIGUUR 7 - Elektriciteitsproductie op basis van hernieuwbare energiebronnen, referentiescenario (GWh)



Bron: PRIMES.

De evolutie van de elektriciteitsproductie en de brandstofmix zoals boven beschreven kan verder aangevuld worden door enkele indicatoren die het veld van de analyse verruimen.

TABEL 13 - Indicatoren voor de productie van elektriciteit in het referentiescenario

	2000	2010	2020
Efficiency of thermal electricity production (%)	37.1	41.9	55.1
System reserve margin (*)	1.026	0.951	0.996
Net import ratio (%)	4.97	7.10	4.74
% of electricity from CHP	8.1	14.4	18.8
Share of non fossil fuels in electricity production (%)	60.3	58.5	42.0
Installed power capacity (GW)	14.9	16.8	19.6
Carbon intensity (t CO ₂ /GWh)	246	212	213
CO ₂ emission index (2000 = 100)	100	102	112
Electricity (final demand) per capita (kWh/capita)	7566	8621	9274

Bron: PRIMES.

(*): ratio of total installed capacity to peak load.

De evolutie van de gemiddelde efficiëntie van de thermische elektriciteitsproductie is sterk gelinkt aan de technologiemix. De opmerkelijke stijging in 2000-2020 heeft te maken met de investeringen in STEG's die gekenmerkt worden door hoge omzettingsrendementen (in de buurt van 60% voor nieuwe generatie).

Het aandeel van niet-fossiele brandstoffen in de elektriciteitsopwekking is in feite opgebouwd uit 2 elementen: kernenergie enerzijds, hernieuwbare energiebronnen anderzijds. Het aandeel van elektriciteit op basis van nucleair daalt geleidelijk wegens de uitdoving van de kerncentrales na een operationele levensduur van 40 jaar. Het aandeel van hernieuwbare stijgt daarentegen: van slechts 2% in 2000 klimt het naar bijna 9% in 2020. Gelijktijdig gaat het aandeel van WKK in de elektriciteitsopwekking omhoog om in 2020 uit te komen op 19%.

De geïnstalleerde capaciteit verhoogt met maar liefst 31% over de periode 2000-2020. Deze toename is vereist om de groei in elektriciteitsverbruik bij te benen. De productiecapaciteit na 2010 neemt zelfs toe aan een hoger ritme dan de elektriciteitsvraag. Eén reden daarvoor is de daling in de netto elektriciteitsinvoer, de andere reden is de daling in de gemiddelde gebruiksratio van elektrische capaciteiten: in 2000 was deze nog ongeveer 63%, in 2020 wordt hij ingeschat op nog slechts 61% waarbij een verdere daling naar de toekomst toe wordt verwacht. De evolutie van elektriciteitsin- en uitvoer wordt endogeen door het model bepaald¹⁴ gegeven een bepaald aantal veronderstellingen rond de verklaarde strategie van de buurlanden. De progressieve daling in netto elektriciteitsinvoer in 2005-2020 is te wijten aan onder andere de daling van de overcapaciteiten op Franse en Duitse bodem. In 2020 wordt de netto elektriciteitsinvoer verwacht iets boven de 5 TWh uit te komen.

iv. *Energiegerelateerde CO₂-emissies*

Het inzetten van energievormen om de finale eindvraag te dekken, is geen consequenteloze actie: het gebruik van een aantal van deze energievectoren initieert immers een schadelijk effect op het milieu in de vorm van broeikasgasemissies. Een nationaal energiepatroon zoals in de vorige paragrafen beschreven, krijgt

14. De nieuwe versie van PRIMES die gebruikt werd voor deze scenario-analyse bevat een hele reeks verbeteringen, met name in het elektriciteits- en stoomsubmodel waarin optimale flowanalyse en investeringsuitbreiding over een reeks van regionale elektriciteitsmarkten expliciet gemodelleerd worden.

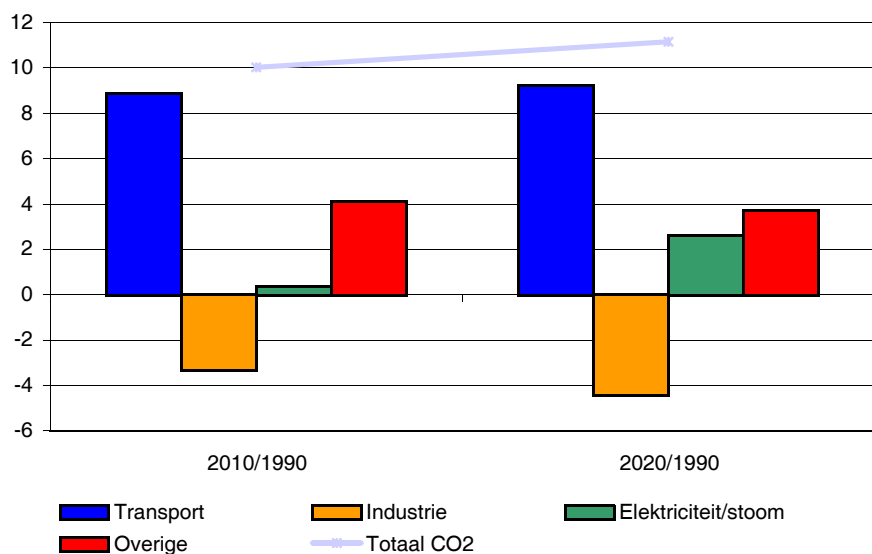
dan ook een staartje in termen van nefaste broeikasgasuitstoot. In de PRIMES-output zoals door NTUA opgesteld, worden deze emissies berekend. In wat volgt, worden enkel de energiegerelateerde CO₂-emissies bondig besproken.

In het jaar 2000 wordt een totaal CO₂-emissieniveau opgetekend van 114,7 Mt. Jaarlijks groeit deze waarde verder aan, hoewel dit erg traag gebeurt (0,1% per jaar in de periode 2000-2020). Opvallend is echter dat de grootste CO₂-vervuiler in 2000 (de industrie) haar kwalijke reputatie doorgeeft en vanaf 2020 zowel de elektriciteitsproductie als de sector transport laat voorgaan in vervuilende uitstoot. De sector van elektriciteitsproductie noteert in 2000 een CO₂-uitstoot van 23,5 Mt, in 2020 is dit opgelopen tot 26,2 Mt. Transport neemt de eerste plaats in met 31,9 Mt in 2020. Industrie zelf blijft achter met een waarde van 24,9 Mt in 2020, wat een daling inhoudt ten opzichte van 2000 (het niveau in 2000 bedroeg nog 29,1 Mt). De huishoudens produceren in 2020 CO₂-emissies ten belope van 19,8 Mt, de tertiaire sector sluit de rangen met 10,1 Mt.

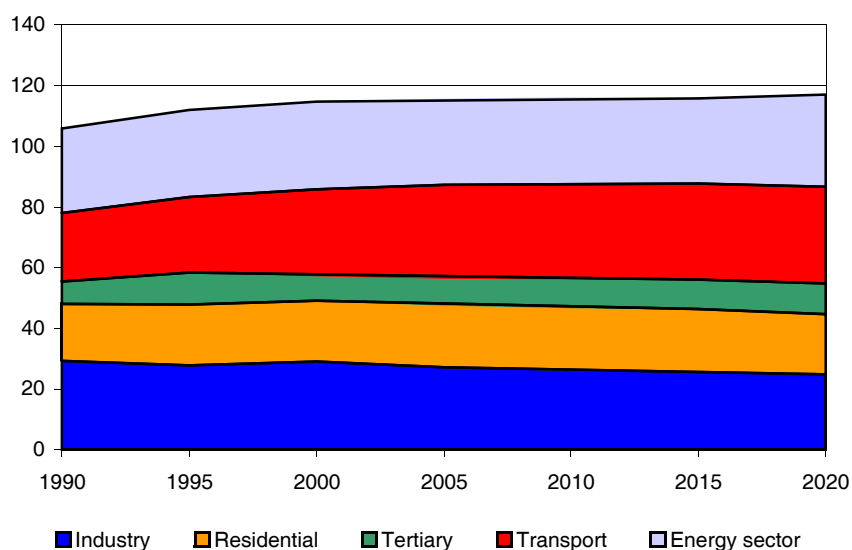
Onderstaande figuur stelt dan de sectorale evolutie voor van de energetische CO₂-emissies. We merken dat de stijging van de CO₂-emissies tussen 1990 en 2010 (+9,5%) voornamelijk op rekening te schrijven is van de transportsector (+39%). Ook de residentiële en tertiaire sectoren trekken de CO₂-emissies naar boven (respectievelijk met +12 en +26%). De uitstoot door de industrie zou daarentegen dalen met 11%, terwijl de elektriciteitsproductie in 2010 ongeveer evenveel zou uitstoten dan in 1990.

Tussen 2010 en 2020 nemen de CO₂-emissies zo mogelijk nog meer toe (+10,5% in vergelijking met 1990). Ook deze keer is de hoofdverantwoordelijke de transportsector (+41%), terwijl ook de tertiaire sector slechte leerling in de klas blijft (+34%). In 2020 zien we dat ook de elektriciteitsproductie meer en meer verantwoordelijk wordt voor de verslechtering in de CO₂-toestand. Enkel de industrie krijgt een pluim en vermindert haar uitstoot ten opzichte van 1990 met maar liefst 15%.

FIGUUR 8 - Evolutie van de energiegerelateerde CO₂-emissies ten opzichte van 1990 in het referentiescenario (Mt CO₂)



Bron: PRIMES.

FIGUUR 9 - Sectorale evolutie van energiegerelateerde CO₂-emissies, referentiescenario (Mt CO₂)


Bron: PRIMES.

v. Alle broeikasgassen

En combinant les résultats de PRIMES pour le CO₂ énergétique et les projections de référence pour les autres gaz à effet de serre décrites dans le chapitre II.A.2.vi, on obtient une projection de référence pour l'ensemble des gaz à effet de serre.

TABLEAU 14 - Projection de référence pour l'ensemble des gaz à effet de serre (Mt CO₂ eq.)

	Base year	2000	2010	2020	2020 vs base year
CO ₂					
Energy related	105.9	114.7	115.9	117.0	10.5%
Other	13.1	11.4	12.9	12.2	-6.9%
CH ₄	10.8	9.8	8.9	9.0	-16.8%
N ₂ O	12.2	12.9	13.5	13.2	8.6%
F gases	4.8	1.2	1.8	2.1	-56.6%
Total GHG	146.8	150.5	153.0	153.5	4.5%

 Source: NTUA, PRIMES, 4^{ème} Communication nationale, propres calculs.

Selon cette projection de référence, les gaz à effet de serre en Belgique augmentent de 4,5% en 2020 par rapport à l'année de base. A titre de comparaison, les projections de GES décrites dans le chapitre 5 de la 4^{ème} Communication nationale conduisent à des chiffres plus élevés en 2020 et à une augmentation de 4,9% en 2020 par rapport à l'année de base.

vi. Verzurende stoffen

Pour conclure ce chapitre sur le scénario de référence, quelques mots sur l'évolution des émissions de SO₂ et de NO_x, les deux principaux polluants acides issus de la combustion énergétique. Les estimations faites avec le modèle RAINS de l'IIASA sur base des bilans énergétiques de PRIMES montrent que les plafonds

d'émission actuellement fixés pour le SO₂ à l'horizon 2010 (99 kt) seront respectés et qu'au-delà de 2010, les émissions de SO₂ décroissent encore. En ce qui concerne le NO_x, les estimations indiquent par contre des niveaux d'émission supérieurs aux plafonds fixés pour 2010 (176 kt). Les dépassements proviennent surtout du transport et dans une moindre mesure des installations de combustion stationnaires. Après 2010, les émissions de NO_x diminuent régulièrement et passent juste sous le plafond de l'année 2010.

3. Sensitiviteitsanalyses

Na het opstellen van het referentiescenario (fase 1) komt in een tweede fase het opmaken van gevoeligheidsanalyses aan bod. Gevoeligheidsanalyses bieden een omkadering voor het referentiescenario aangezien de impact van een bepaalde parameter waarover onzekerheid kan bestaan, becijferd wordt en zo een marge rond de basisprojectie vormt. Daarbij wordt enkel de parameter in kwestie veranderd, verder blijven dezelfde hypothesen zoals in het referentiescenario gedefinieerd, gelden.

Dergelijke analyses worden ondernomen om rekening te houden met de onzekerheid die hangt rond een bepaalde exogene parameter: een gevoeligheidsanalyse laat dan toe meer dan één output te beschouwen en de impact van een hogere/lagere waarde van de exogene parameter te analyseren. Zo bekomt men een waaier van referentievoorzichten in plaats van één unieke waarde. Voor de gevoeligheidsanalyses in deze studie werd gekozen om 3 supplementaire analyses op te stellen, met name een analyse waarin de internationale brandstofprijzen duurder zijn (hogere olie- en gasprijzen), eentje waarvan de gasprijs minder snel evolueert dan de (duurdere) olieprijs en een variant waarin een lagere economische groei wordt verondersteld. Ook werd een beknopte analyse uitgevoerd rond een verschillend aantal graaddagen.

a. Prijsvarianten

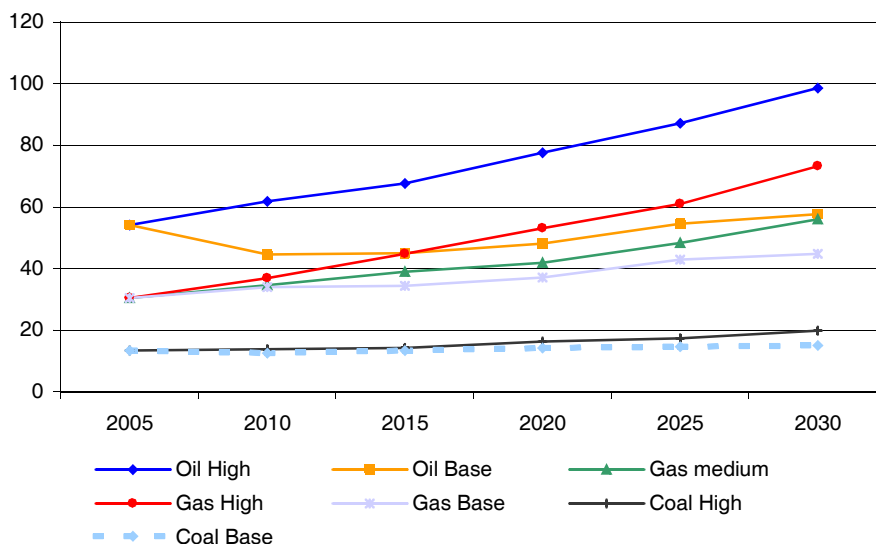
In de eerste 2 gevoeligheidsanalyses variëren de internationale prijzen voor olie en gas. In een eerste analyse wordt hun gezamenlijke evolutie als gekoppeld beschouwd zoals dat ook al in het verleden het geval was en bovendien bevestigd werd door heel wat binnen- en buitenlandse experts. Een tweede prijzenanalyse gaat uit van hogere olieprijzen, maar waarbij de gasprijzen 'losgelaten' worden, m.a.w. niet evenredig meer stijgen met de prijs van olie. Gas kent desalniettemin een prijstoename, zelfs t.o.v. het referentiescenario. Zonder twijfel zullen de resultaten van dit laatste scenario sterk beïnvloed worden door de hypothese van het relatief goedkopere gas. De 'alternatieve' en 'referentiescenario'-prijzen voor olie, gas en steenkool worden in figuur 10 voorgesteld.

Box 1: Logica achter de prijsvarianten

De redenering achter deze prijsvarianten is de volgende. In het hogere-olie-hogere-gasprijsscenario wordt uitgegaan van de veronderstelling dat de prijzen de hoogte worden ingedruwd door een sterkere economische groei in China, India en andere Aziatische landen in ontwikkeling (+10% vergeleken met het referentiescenario). Een bijkomende prijsverhogende factor is de aanname dat olie- en gasreserves minder voorradig zijn dan verondersteld in het referentiescenario. Er wordt m.a.w. vanuit gegaan dat olie- en gasvoorraden sneller uitgeput zullen zijn en dat dit een (bijkomend) prijsverhogend effect initieert.

De hogere-olie-medium-gasprijsvariant vertrekt van dezelfde basis als de vorige variant (hogere bbp-groei in het oosten en olie- en gasreserves), maar implementeert een relatief minder snelle stijging van de aardgasprijs (vergeleken met olie). In deze variant blijft de aardgasprijs evenwel steeds boven het niveau aangehouden in het referentiescenario. Deze variant laat toe de hypothese te testen dat de meest nabije leveranciers van gas in Europa (Rusland, Iran, de Kaspische Zee) hun gas zouden kunnen verkopen aan een prijs die iets lager ligt dan de prijs bepaald door de 'market fundamentals' om zo een aandeel te kunnen behouden in deze regio van de wereld.

FIGUUR 10 - Internationale energieprijzen: referentiescenario en prijsvarianten, 2005-2030 (\$05 per boe)



Bron: PRIMES.

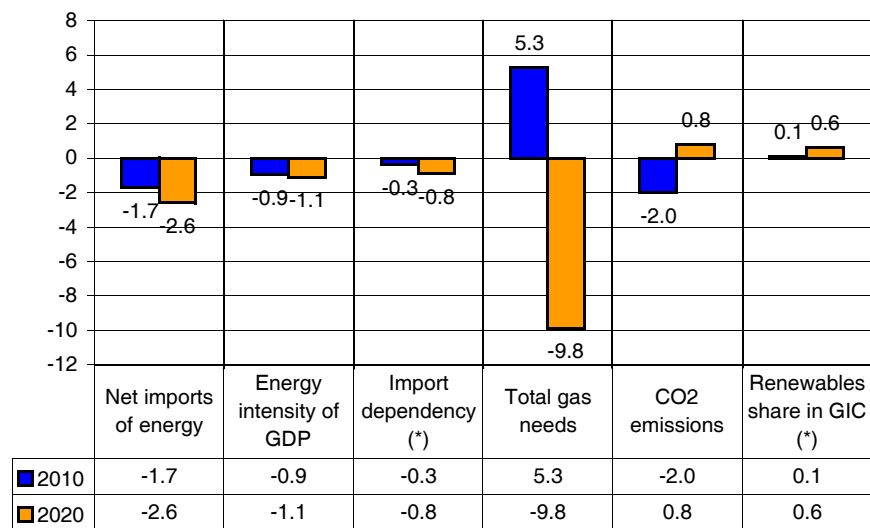
Het is duidelijk dat de hogere olie- en gasprijzen onmiddellijke repercussies zullen hebben op de indicatoren die voor het referentiescenario werden beschreven. Een algemene economische wetmatigheid dicteert immers dat een verhoging van de prijs een daling van de vraag met zich meebrengt. Een daling van de vraag (een lager verbruik) leidt op het eerste zicht tot een daling van de uitstoot, maar er dient rekening gehouden te worden met een mogelijke 'fuel switch'. Door de verhoging in de relatieve prijzen is het immers perfect mogelijk dat een andere, meer concurrentieel geworden brandstof de plaats gaat innemen van de duurder olie of gas, maar dat deze goedkopere brandstof meer vervuilend is dan het duurder substituuat (zoals bvb. steenkool). Ook op het vlak van de elektriciteitsproductie kan deze fuel switch veroorzaakt door de hogere prijzen opgemerkt worden: de brandstofmix zal immers veranderen in die zin dat goedkopere substituten de plaats van de duurder brandstoffen zoveel mogelijk zullen innemen. In bijlage 6 worden meer gedetailleerde resultaten voorgesteld.

i. Primaire energievraag

Hogere-olie-hogere-gasprijsvariant (hohg)

Een eerste indicator waarvan de impact van de hogere brandstofprijzen op het referentiescenario bestudeerd wordt, is de primaire energievraag. Dat gebeurt aan de hand van onderstaande figuur. Deze en volgende figuren schetsen een overzichtelijk beeld van een aantal parameters¹⁵ die behoorlijk wijzigen onder invloed van de hogere energieprijzen. Op de X-as wordt de evolutie overheen de projectieperiode van elke parameter weergegeven, op de Y-as wordt het procentueel verschil ten opzichte van het referentiescenario voorgesteld.

FIGUUR 11 - Aantal primaire-energiegerelateerde indicatoren voor de hogere-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)



Bron: PRIMES.

(*): uitgedrukt in procentpunten.

Hogere prijzen zullen de *netto-invoer van energie* gevoelig doen dalen. In 2020 zal hierdoor ongeveer 3% minder ingevoerd worden, een daling die echter 2 tegen-gestelde bewegingen verhoudt: enerzijds krimpt de netto-invoer van olie en gas (met respectievelijk -7 en -10% in 2020), anderzijds stijgt de netto-invoer van steenkool (+50% in 2020). Samen geeft dit een impact op de totale netto-invoer ten belope van -3%. De daling van de netto-invoer zal eveneens een effect hebben op de primaire energievraag die globaal gezien lichtjes zal afnemen (-1,1% in 2020). Deze geringe daling is te wijten aan het feit dat de lagere netto-invoer deels gecompenseerd zal worden door een verhoging van de primaire productie (door hernieuwbare energiebronnen).

Positief is dat deze prijsvariant zorgt voor een bijkomende daling in de *energie-intensiteit van het bbp* (in het referentiescenario was reeds een jaarlijkse daling in de energie-intensiteit waar te nemen) en een lagere *afhankelijkheid van strategisch gevoelige invoer* met zich meebrengt.

Na 2010 neemt de *nood aan gas* natuurlijkerwijze af als gevolg van de minder concurrentiële prijzen: een daling in de gasvraag van ongeveer 10% vergeleken met

15. Voor een beschrijving van elke indicator, zie bijlage 4.

het referentiescenario wordt genoteerd naar het einde van de projectieperiode toe.

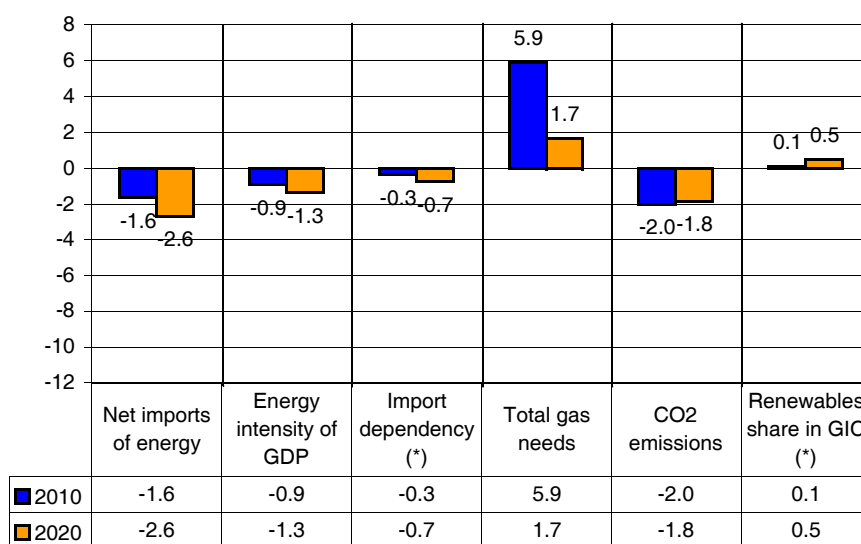
CO₂-emissies liggen lager dan in het referentiescenario in het jaar 2010, maar klimmen voorzichtig uit boven het niveau van het referentiescenario in 2020 (0,8% in 2020). Voor de prijsvariant geldt immers dat de emissies onderhevig zijn aan een contrastieve beweging: enerzijds een lager energieverbruik effect wat een neerwaartse druk uitoefent op de emissies (d.i. het dominant effect in 2010), anderzijds het hogere verbruik van steenkool in deze variant (ter vervanging van het dure gas). Aangezien steenkool meer CO₂ per eenheid output emitteert dan gas, trekt deze beweging de emissies weer naar boven. De sterkte van deze effecten wisselt doorheen de tijd en het is slechts vanaf 2020 dat de inzet van meer vervuilende steenkool de bovenhand haalt en de CO₂-emissies lichtjes hoger worden dan in het referentiescenario.

Een laatste resultaat toont het *aandeel van de hernieuwbare energiebronnen in het bruto binnenlands verbruik*: ten opzichte van het referentiescenario ligt dit iets hoger in de prijsvariant, in 2010 slechts 0,1 procentpunt, in 2020 bedraagt het verschil al 0,6 procentpunten.

Hogere-olie-medium-gasprijsvariant (homg)

Eenzelfde figuur kan voor de prijsvariant opgesteld worden waarvan de olieprijs nog steeds verondersteld wordt aanzienlijk hoger te zijn, maar waarvan de gasprijs zich slechts lichtjes hoger bevindt dan de referentiescenario gasprijs.

FIGUUR 12 - Aantal primaire-energiegerelateerde indicatoren voor de homg-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)



Bron: PRIMES.

(*): uitgedrukt in procentpunten.

Ook hier merken we dat de *netto-invoer van energie* negatief beïnvloed wordt door de hogere prijzen en zich onder het niveau van het referentiescenario zal bevinden voor de 2 projectiejaren. In 2020 zal hierdoor ongeveer 3% minder ingevoerd worden tengevolge van een sterke daling in de netto-invoer van olie (9,3% minder netto-invoer in 2020 vergeleken met het referentiescenario), hoewel de netto-

invoer van gas en steenkool hoger liggen dan in het referentiescenario (met respectievelijk 1,7% en 18,4% in 2020). Opgeteld geeft dit een impact op de totale netto-invoer ten belope van -3%, wat zich vertaalt in een invloed op de primaire energievraag ter waarde van -1,3% in 2020. Deze geringe daling is te wijten aan het feit dat de lagere netto-invoer ook hier deels gecompenseerd zal worden door een verhoging van de primaire productie (door hernieuwbare energiebronnen).

Ook deze prijsvariant zorgt voor een bijkomende daling in de *energie-intensiteit van het bbp* en een lagere *afhankelijkheid van strategisch gevoelige invoer*.

Grote verschil met vorige variant is dat de *nood aan gas* toeneemt wegens het meer concurrentiële karakter van gas (vergeleken met olie wordt gas een stuk beterkoop). Er zal dan ook meer gebruik worden gemaakt van aardgas.

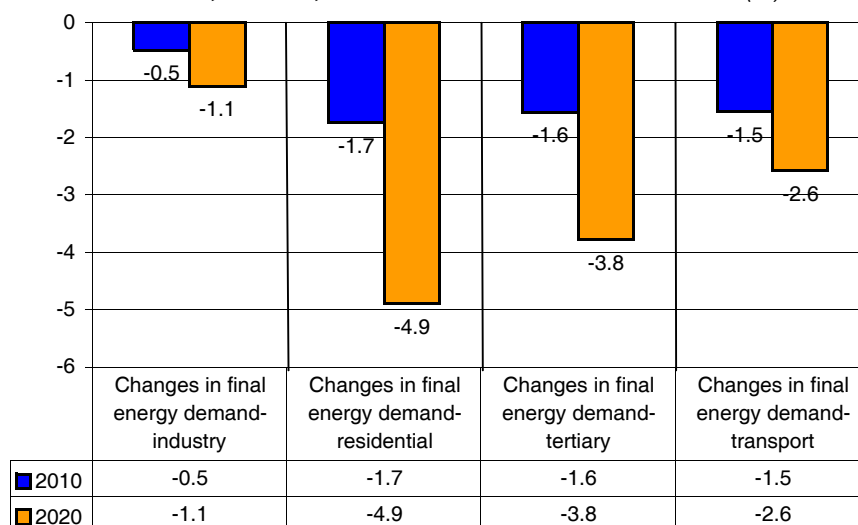
CO₂-emissies liggen lager dan in het referentiescenario. Dat is volledig op rekening te schrijven van de lagere primaire energievraag in de prijsvariant.

Een laatste resultaat toont het *aandeel van de hernieuwbare energiebronnen in het bruto binnenlands verbruik*: ten opzichte van het referentiescenario ligt dit iets hoger in de prijsvariant, in 2010 slechts 0,1 procentpunt, in 2020 bedraagt het verschil al 0,5 procentpunten.

ii. Eindvraag naar energie

Hogere-olie-en-gasprijsvariant

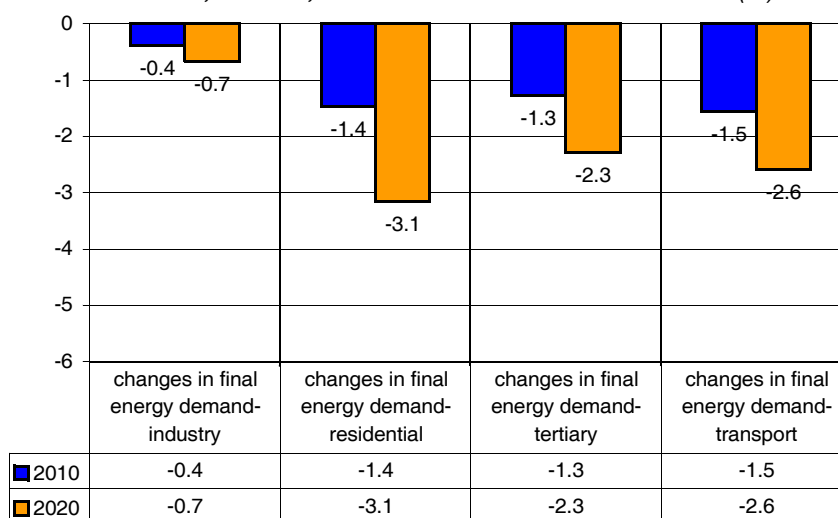
De hogere brandstofprijzen hebben wel degelijk een effect op het finaal verbruik van energie door de eindconsumenten, een effect dat vooral naar het einde van de projectieperiode toe (wanneer de brandstofprijzen erg hoog worden) duidelijk wordt. Vooral de huishoudens en de tertiaire sector gaan de hogere prijzen compenseren door een dalend verbruik. De industrie en de transportsector daarentegen lijken minder geïmponeerd en vertonen slechts een minieme reactie op de prijsverhogingen. Wat transport betreft, zorgen de hoge brandstofheffingen voor een matigend effect waardoor de impact op de sector van de stijging van de olieprijs verkleind wordt. De industrie reageert eveneens lauw op de prijsverhogingen, maar dit omwille van andere redenen. Deze sector wordt immers gekenmerkt door een beperkte flexibiliteit op middellange termijn in termen van structurele veranderingen en door reeds belangrijke behaalde energetische efficiëntiewinsten in het referentiescenario. Hierdoor is de impact op het totaal energetisch verbruik eerder klein. Intern reageert de sector nochtans wel degelijk op de prijsverhogingen, met name door eerder elektriciteit te gaan inzetten en door het aandeel van de olieproducten te verminderen.

FIGUUR 13 - Indicatoren van de finale vraag naar energie voor de hogere-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)


Bron: PRIMES.

Hogere-olie-medium-gasprijsvariant

Ook deze variant vertoont een invloed van de hogere olieprijs op de finale vraag naar energie. Huishoudens en tertiaire sector lijken minder zwaar getroffen dan in de hogere-olie-hogere-gasprijsvariant: dit is te wijten aan het feit dat deze sectoren nogal wat aardgas verbruiken (ongeveer 40% van de finale eindvraag) en dat de prijs van deze brandstof relatief gezien binnen de perken blijft. Hun finale energievraag zal dalen met respectievelijk -3,1 en -2,3% in 2020 vergeleken met het referentiescenario. Ook hier weer lijkt de industrie minder getroffen en zal haar verbruik niet drastisch afnemen omwille van de hogere brandstofprijzen. Merk eveneens op dat er voor de transportsector geen verschil bestaat tussen de twee figuren (hogere-olie-hogere-gasprijzen en hogere-olie-medium-gasprijzen). Dat komt omdat de transportsector geen aardgas verbruikt en dat de prijshypothese voor olie identiek zijn aan de prijshypothese gehanteerd in de vorige variant.

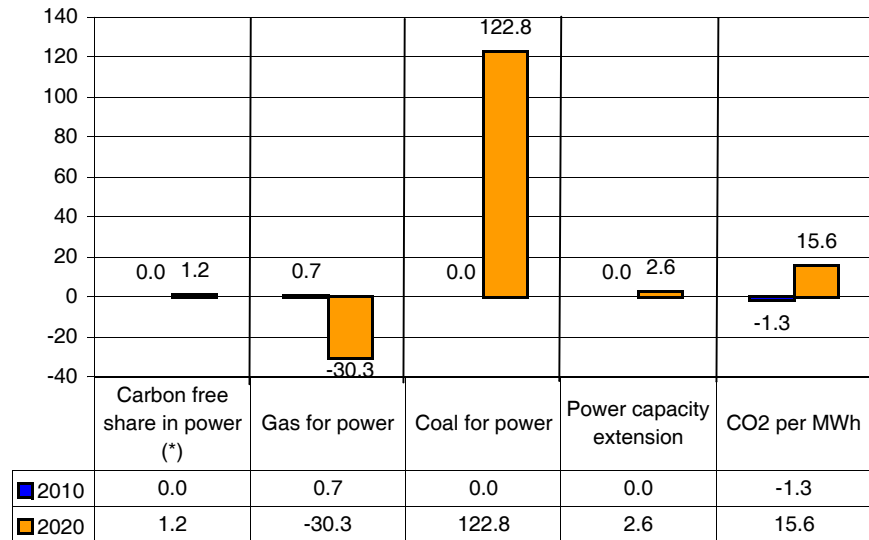
FIGUUR 14 - Indicatoren van de finale vraag naar energie voor de hogere-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)


Bron: PRIMES.

iii. Elektriciteitsproductie

Hogere-olie-en-gasprijsvariant

FIGUUR 15 - Aantal elektriciteitsproductiegerelateerde indicatoren voor de hogre-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)



Bron: PRIMES.

(*): uitgedrukt in procentpunten.

Bovenstaande figuur spitst zich toe op de elektriciteitsproductiesector. Hiervoor worden 5 parameters onderzocht, met name het koolstofvrije aandeel in de elektriciteitsproductie¹⁶, het aandeel van gas en van steenkool, de capaciteitsuitbreiding die plaatsvindt tussen 2005 en 2010 en tussen 2005 en 2020 en de CO₂-uitstoot per geproduceerde MWh.

Het aandeel van koolstofvrije productie bevindt zich ietsje boven het referentiescenario (1,2 procentpunten in 2020). Deze toename is volledig op rekening te schrijven van een meerproductie op basis van hernieuwbare energiebronnen aangezien de nucleaire productie, net zoals in het referentiescenario, onderhevig is aan een uitdovingsoefening. In 2020 bedraagt het aandeel van hernieuwbare energiebronnen in de elektriciteitsopwekking 10,2%.

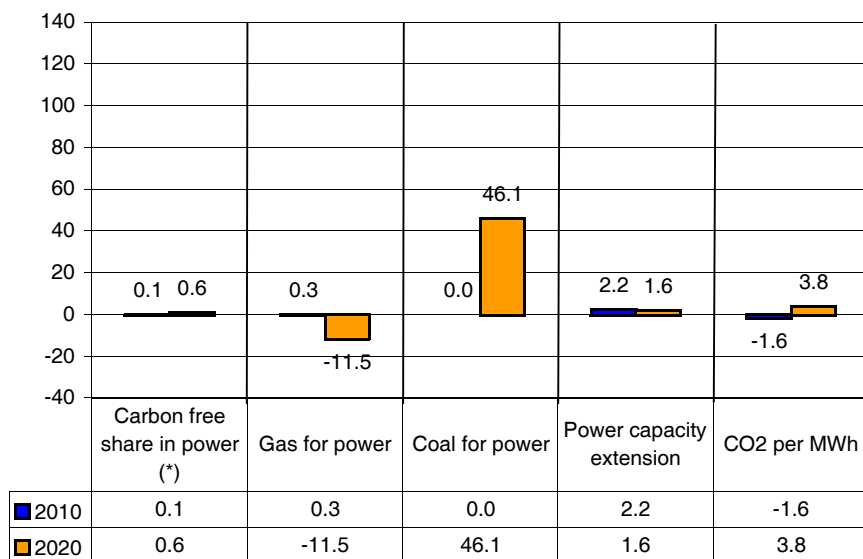
Zoals kon verwacht worden, vertaalt de hogere gasprijs zich in een lagere inzet van gas in de productie van elektriciteit, een leemte die ruimschoots door steenkool wordt opgevuld. De inzet van steenkool swingt vooral in 2020 de pan uit en is ongeveer dubbel zo hoog in de prijsvariant als in het referentiescenario. De verschillen in fuel mix monden uit in een elektriciteitsproductie waarbij meer CO₂ uitgestoten wordt per geproduceerde MWh dan het geval is in het referentiescenario.

De noodzakelijke capaciteitsuitbreiding wordt vooral merkbaar naar het einde van de projectieperiode toe: 2,6% meer capaciteit dient opgebouwd te worden in vergelijking met het referentiescenario.

16. Uitgedrukt in procentpunten.

Hogere-olie-medium-gasprijsvariant

FIGUUR 16 - Aantal elektriciteitsproductiegerelateerde indicatoren voor de homg-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)



Bron: PRIMES.

(*): uitgedrukt in procentpunten.

Ook voor deze variant worden 5 parameters onderzocht: het koolstofvrije aandeel in de elektriciteitsproductie¹⁷, het aandeel van gas en van steenkool, de capaciteitsuitbreiding die plaatsvindt tussen 2005 en 2010 en tussen 2005 en 2020 en de CO₂-uitstoot per geproduceerde MWh.

Het aandeel van koolstofvrije productie is slechts marginaal hoger dan in het referentiescenario (0,6 procentpunten in 2020) omwille van het blijvend inzetten van het relatief goedkope gas. Het aandeel van hernieuwbare energiebronnen in de elektriciteitsopwekking in deze prijsvariant bedraagt 9,6% in 2020, 0,8 procentpunten hoger dan in het referentiescenario.

Hoewel in 2010 nog weinig verschil op te merken valt, wordt er in 2020 minder gas ingezet in de productie van elektriciteit, een leemte die ook in deze variant door steenkool wordt opgevuld. De inzet van steenkool ligt in 2020 ongeveer de helft hoger dan het geval is in het referentiescenario voor datzelfde jaar. De verschillen in fuel mix monden uit in een elektriciteitsproductie waarbij in 2010 nog minder, maar vanaf 2020 meer CO₂ uitgestoten wordt per geproduceerde MWh dan in het referentiescenario.

De noodzakelijke capaciteitsuitbreiding is verdeeld over de 2 projectiejaren: in 2010 is ze 2,2% hoger dan in het referentiescenario, in 2020 bedraagt de meercapaciteit nog 1,6%.

17. Uitgedrukt in procentpunten.

b. Variant rond een lagere economische groei

Naast een analyse rond alternatieve brandstofprijzen werd er ook een variant gedefinieerd die de impact wil nagaan van een economische groei die lager ligt dan aangenomen in het referentiescenario. Deze economische groei bedraagt 2,0% jaarlijks in de periode 2000-2010 (net zoals in het referentiescenario trouwens), maar voor de periode 2010-2020 wordt uitgegaan van een groei die nog slechts 1,5% per jaar haalt (terwijl die in het referentiescenario constant blijft op 2,0% voor dezelfde periode). Deze lagere groei werd door HERMES gemodelleerd.

Vertrekkend van de basissimulatie van HERMES werd aldus een "lagere economische groei"-variant opgesteld voor de periode 2011-2020 (de resultaten voor de periode 2005-2010 werden niet gewijzigd). Deze variant veronderstelt een zwakkere evolutie voor de internationale omgeving dan in de basissimulatie werd aangenomen.

De voornaamste resultaten van de variant worden in onderstaande tabel weergegeven. De bbp-groei zou slechts jaarlijks gemiddeld 1,5% bedragen voor de periode 2011-2020. Deze zwakke groei zou nauwelijks gepaard gaan met een toename van de werkgelegenheid.

De sectorale resultaten zouden eveneens lager uitvallen dan in de basissimulatie. De industriële groei zou gemiddeld niet boven de 1,4 % per jaar uitkomen en die van de overige marktdiensten gemiddeld niet boven de 1,6 % per jaar over de periode 2011-2020.

TABEL 15 - Voornaamste macro-economische resultaten van de "lagere groei"-variant
(gemiddelde jaarlijkse groeivoeten, tenzij anders vermeld)

	Basissimulatie	"Lage groei" variant
	2011-2020	2011-2020
Potentiële uitvoermarkten	5,5	3,5
Bbp	2,0	1,5
- Particuliere consumptie	1,9	1,7
- Investerings	2,2	1,6
- Binnenlandse vraag	2,1	1,8
- Uitvoer	5,3	3,5
- Invoer	5,5	3,8
Werkgelegenheid (in duizendtallen)	18,2	0,6
Werkloosheidsgraad	11,0	12,8
Productiviteit per uur (marktsector)	1,6	1,6
Saldo van de lopende verrichtingen met het buitenland (% van het bbp)	2,7	1,7
Sectorale resultaten (toegevoegde waarde)		
- Industrie (totaal)	1,8	1,4
- Verwerkende nijverheid	1,8	1,4
- Bouw	2,4	1,6
- Vervoer en communicatie	2,5	1,7
- Overige marktdiensten	2,2	1,6
- Niet-verhandelbare diensten	1,5	1,5

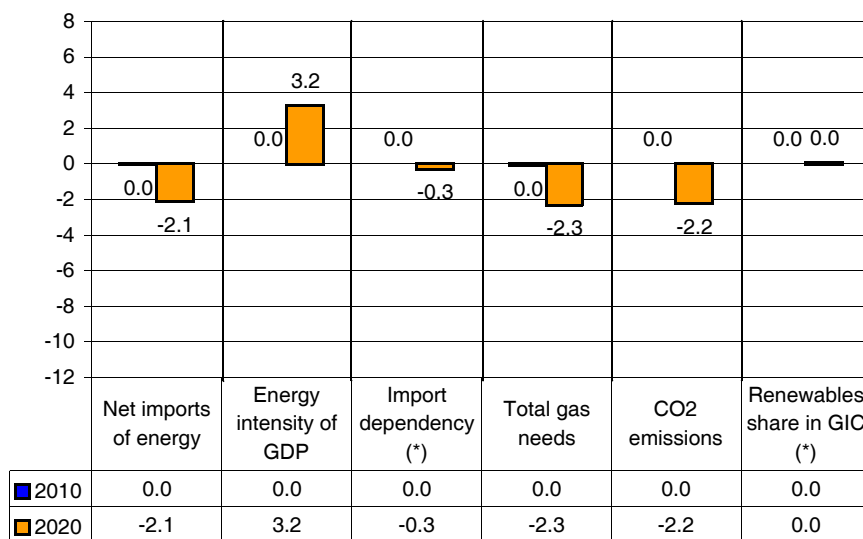
Bron: HERMES - simulatie.

Ook hier worden primaire energievraag, eindvraag naar energie en elektriciteitsproductie bestudeerd. Meer gedetailleerde resultaten kunnen in bijlage 6 geraadpleegd worden.

i. Primaire energievraag

Aangezien de groei ongewijzigd blijft in de periode 2000-2010¹⁸ is het evident dat de indicatoren voor het jaar 2010 een nulverschil optekenen ten opzichte van het referentiescenario. Het is slechts in het 2^e projectiejaar (2020) dat een invloed merkbaar wordt. In wat volgt, spitst de analyse zich dan ook toe op het jaar 2020.

FIGUUR 17 - Aantal primaire-energiegerelateerde indicatoren voor de “lagere groei”-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)



Bron: PRIMES.

(*): uitgedrukt in procentpunten.

Een trager aantrekkende economie zal de *netto-invoer van energie* negatief beïnvloeden. In 2020 zal hierdoor ongeveer 2% minder ingevoerd worden dan gesteld in het referentiescenario. Dat is volledig op rekening te schrijven van een geringere economische activiteit die minder energie verbruikt. De primaire energievraag ligt dan ook -1,7% onder het niveau van het referentiescenario.

Een lagere economische groei vertaalt zich in een verslechtering van de *energie-intensiteit van het bbp* ten opzichte van het referentiescenario¹⁹, wat te wijten is aan het uitstellen van nieuwe, meer efficiënte investeringen. De *afhankelijkheid van strategisch gevoelige invoer* daalt, alhoewel lichtjes.

Er is minder *nood aan gas* en de *CO₂-emissies* liggen lager dan in het referentiescenario. Dat heeft te maken met de vertraging van de activiteit waaronder vooral de tertiaire²⁰ en de transportsector te lijden zullen hebben. Hun finale energie-

18. En de andere hypothesen niet gewijzigd zijn ten opzichte van het referentiescenario.
 19. De energie-intensiteit zal weliswaar dalen, maar de daling gebeurt aan een trager ritme dan in het referentiescenario, te weten -2,0% jaarlijks in de variant, terwijl dat in het referentiescenario voor dezelfde periode gebeurt met een jaarlijks afname a rato van -2,3%.
 20. De toegevoegde waarde van de tertiaire sector groeit slechts aan aan een ritme van 1,6% jaarlijks in de periode 2010-2020, terwijl dit in het referentiescenario nog aan 2,1% per jaar gebeurde.

vraag zal het sterkst beïnvloed worden, en aangezien de tertiare sector een grote verbruiker van gas is en transport de bedenkelijke rangschikking aanvoert van hoogste sectorale CO₂-emissies, resulteert dit in een lagere gasvraag en een lagere CO₂-uitstoot.

Het *aandeel van de hernieuwbare energiebronnen in het bruto binnenlands verbruik* blijft status quo in vergelijking met het referentiescenario.

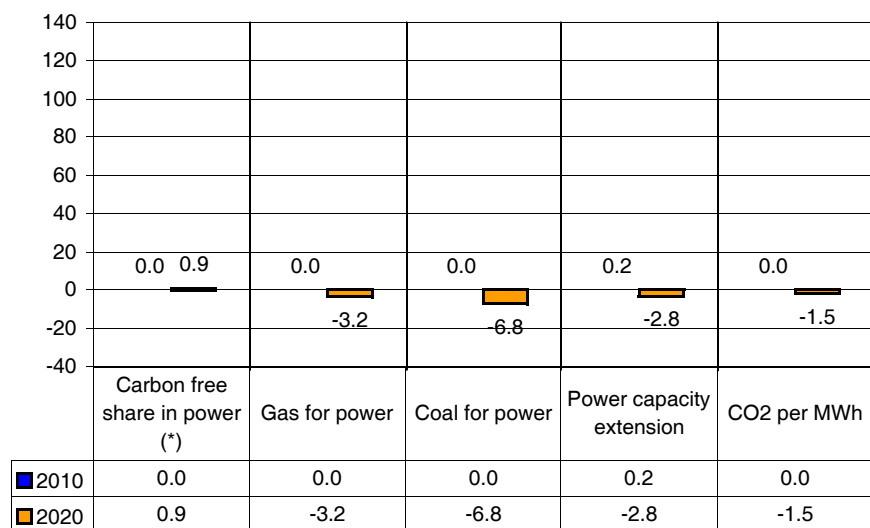
ii. *Eindvraag naar energie*

De eindvraag naar energie verandert niet drastisch door de hypothese van een lagere economische groei. Vooral de impact op de huishoudens is erg klein (-0,3% in 2020 vergeleken met het referentiescenario), ook de industrie ondervindt slechts een geringe invloed (-1,6%). Transport en de tertiaire sector daarentegen lijken zwaarder getroffen: hun energieverbruik zal dalen met maar liefst 1,9% en 5,1% respectievelijk.

iii. *Elektriciteitsproductie*

Volgende figuur schetst de impact van een lagere economische groei op de productie van elektriciteit.

FIGUUR 18 - Aantal elektriciteitsproductiegerelateerde indicatoren voor de "lagere groei"-variant, evolutie, verschil t.o.v. het referentiescenario (%)



Bron: PRIMES.

(*): uitgedrukt in procentpunten.

Voor deze variant merken we dat het *aandeel van koolstofvrije productie* ietsje hoger is dan in het referentiescenario (ongeveer 1 procentpunt in 2020). Het aandeel van hernieuwbare energiebronnen in de elektriciteitsopwekking in deze variant bedraagt 9,1% in 2020.

In 2020 wordt er een algemene daling vastgesteld in het elektriciteitsaanbod en de vraag naar elektriciteit (daling van -2% in 2020 ten opzichte van het referentiescenario). Aangezien de productie daalt, daalt ook de vraag naar brandstoffen:

minder gas en (vooral) minder steenkool zijn nodig om aan de resterende elektriciteitsvraag te voldoen.

Hoewel de verandering in fuel mix niet spectaculair is, heeft dit toch repercussies op de CO₂-uitstoot: er wordt een lagere CO₂-uitstoot per geproduceerde MWh opgetekend dan in het referentiescenario.

Door de tragere economie slabakken ook de investeringen: er wordt ongeveer 3% minder geïnvesteerd in capaciteitsuitbreiding vergeleken met het referentiescenario.

c. Analyse rond het aantal graaddagen

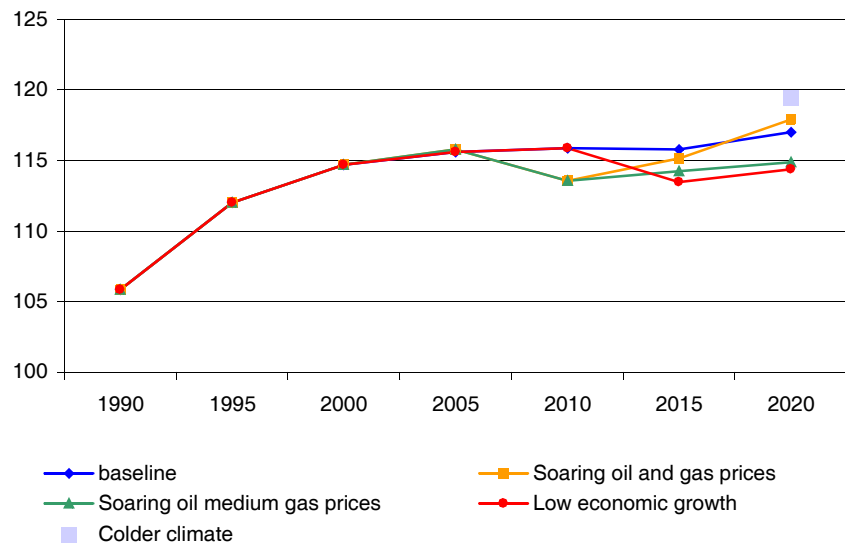
In de PRIMES-analyse wordt uitgegaan van een vast aantal graaddagen. Dat niveau wordt vastgelegd op het aantal graaddagen opgetekend in het jaar 2000, zijnde 2097 (16,5/16,5). Or, l'année 2000 a été une année particulièrement chaude. Pour analyser la sensibilité des résultats aux conditions climatiques, nous avons envisagé une autre hypothèse pour le nombre de degrés-jours correspondant à la moyenne historique sur la période 1993-2003, soit 2314 degrés-jours (16,5/16,5). Cette hypothèse correspond à la poursuite de la tendance climatique récente et se traduit par un climat plus froid comparé au scénario de référence.

Les calculs ont été effectués sur base d'une comparaison des évolutions des consommations d'énergie pour les besoins de chauffage et des degrés-jours sur la période 1995-2000, selon laquelle on estime qu'une augmentation d'un degré-jour conduit à une hausse de quelque 0,04% des besoins énergétiques pour le chauffage. On a aussi supposé que le mix de combustibles était le même que dans le scénario de référence.

Les résultats des calculs indiquent que des conditions climatiques plus froides correspondant à 2314 degrés-jours sur la période 2005-2020 entraîneraient un surcroît d'émissions de CO₂ énergétique de 2,4 Mt en 2020, soit une augmentation de 2% par rapport au scénario de référence.

d. Besluit

Tot slot nog een figuur die bij wijze van besluit de CO₂-emissies van energetische oorsprong afbeeldt voor het referentiescenario en de verschillende varianten. Uit deze figuur blijkt dat de referentiescenario-emissies omringd worden door de vooruitzichten van de varianten. De hogereprijsvarianten bevinden zich oorspronkelijk onder de verwachtingen van het referentiescenario tegen 2010, maar veranderen van richting na 2010 wanneer ook zij een klim in vervuilende emissies inzetten. De hogere-olie-hogere-gasprijsvariant tekent een sterke emissiestijging op na 2010 om in 2017 zelfs boven de emissies van het referentiescenario uit te stijgen, terwijl de hogere-olie-medium-gasprijsvariant op koers blijft en zich over heel de projectieperiode onder de emissies van het referentiescenario zal bevinden. De economische-groeivariant volgt het referentiescenario tot 2010, maar duikt dan onder deze referentie voor de volgende jaren.

FIGUUR 19 - Evolutie van de energetische CO₂-emissies: referentiescenario en varianten (in Mt)

Bron: PRIMES.

Les analyses de sensibilité qui ont été menées permettent donc de construire un faisceau de projections pour les émissions de CO₂ énergétique à l'horizon 2020 plutôt qu'une projection unique, à savoir celle du scénario de référence. On définit ainsi un intervalle dans lequel évoluent les émissions, toutes choses égales par ailleurs: [114,4;119,4] Mt CO₂. La borne inférieure de l'intervalle est le résultat d'une croissance économique plus faible que celle prévue dans le scénario de référence ce qui réduit les besoins énergétiques. Les émissions de CO₂ se situent alors 8,1% au-dessus du niveau de 1990. La borne supérieure de l'intervalle correspond à un climat plus froid qui fait monter les besoins énergétiques pour le chauffage et conduit à des émissions 12,8% plus élevées qu'en 1990. Un peu en-dessous de la borne supérieure, on a la situation de prix plus élevés tant pour le pétrole que pour le gaz naturel qui exerce une pression sur la demande énergétique mais qui, dans le même temps, favorise l'utilisation du charbon. Or le charbon a le contenu en carbone le plus élevé de toutes les formes d'énergie. Dans ce cas, les émissions de CO₂ sont 11,4% au-dessus du niveau de 1990. L'évolution des émissions de CO₂ énergétique dans le scénario de référence se situe à l'intérieur de la fourchette: 117 Mt en 2020 et +10,5% par rapport à 1990.

4. Post-2012-scenario's

De derde fase van de PRIMES-analyse bestaat er dan in om alternatieve scenario's op te bouwen die een specifiek beleid en dito maatregelen waarvan men de impact op het energetisch systeem en op de emissies wil nagaan, integreren. In deze studie is de keuze gevallen op scenario's rond het klimaatbeleid voor de periode 2012-2020.

De post-2012-scenario's zijn alternatieve scenario's die verschillen van de gevoeligheidsanalyses in het feit dat niet enkel één exogene parameter wordt gewijzigd, maar dat het hele opzet van het scenario verandert. Zo zal bij de definitie van een alternatief scenario een andere insteek worden gekozen, in die mate verschillend van het referentiescenario dat het mogelijk wordt de 2 scenario's (re-

ferentie en alternatif) naast elkaar te leggen en te bestuderen hoe een ander beleid (zoals gestipuleerd in het alternatief scenario) het nationaal energetisch systeem zal beïnvloeden evenals, door de invloed op prijzen en investeringen gemodelleerd door HERMES, de totale Belgische economie.

a. Contexte et approche

Le Conseil de l'UE a proposé des objectifs de réduction des émissions de GES pour les pays développés dans les conclusions du Conseil des chefs d'Etat et de gouvernement du 23 mars 2005 qui mentionne: *"l'UE espère étudier avec d'autres parties des stratégies pour réaliser les réductions des émissions qui sont nécessaires et estime que, à cet égard, il conviendrait d'envisager pour le groupe des pays développés des profils de réduction de l'ordre de 15 à 30 % d'ici 2020 par rapport aux valeurs de référence prévues dans le Protocole de Kyoto..."*. Les objectifs de réduction que les différents Etats membres, dont la Belgique, vont être amenés à définir, devront être compatibles avec l'objectif ci-dessus mais tenir compte également des spécificités énergétiques et des perspectives démographiques et macroéconomiques des pays et des impacts socio-économiques escomptés.

L'approche utilisée dans ce contexte consiste à évaluer le coût marginal de réduction des émissions de GES tel que s'il est appliqué à chaque pays et chaque secteur de l'Union européenne, permet de réduire les émissions d'un pourcentage ou d'un volume donné. L'approche considère donc le système énergétique de l'Union européenne (UE) comme une seule et même entité. Ce faisant, les réductions d'émissions dans chaque Etat membre découlent d'une solution à moindre coût pour le système énergétique de l'UE et sont déterminées en simulant un système européen d'échange de permis d'émissions (ETS élargi). Dans cette approche, aucun a priori n'est donc fait sur la répartition des réductions entre pays et entre secteurs économiques. La solution à moindre coût pour atteindre un objectif donné correspond à l'égalisation des coûts marginaux d'abattement entre pays et secteurs. La solution pourrait aussi représenter l'impact d'autres instruments que l'ETS pourvu qu'ils conduisent à une égalisation des coûts marginaux.

Encadré 2: Eléments clés de la méthodologie

Le modèle PRIMES calcule une solution d'équilibre sur les marchés de l'offre et de la demande énergétique. Le modèle détermine l'équilibre en calculant les prix de chaque forme d'énergie tels que l'optimum de production (énergétique) est égal aux quantités d'énergie requises par les consommateurs. L'équilibre est statique mais répété pour chaque pas de la période de projection en tenant compte des relations dynamiques qui existent entre les différents horizons de temps. Ainsi, l'équilibre en une année donnée dépend, entre autres, des décisions d'investissements (dans des centrales électriques, par exemple) prises précédemment. Dans le modèle PRIMES, l'imposition d'une contrainte globale ou sectorielle sur les émissions est équivalente à l'introduction d'une variable qui reflète le coût économique imposé par cette contrainte. Cette variable appelée "shadow variable" (ou variable duale) est le coût marginal d'abattement associé à la contrainte ; elle représente le coût de réduction de la dernière unité d'émission qu'il faut éliminer pour satisfaire la contrainte. Le coût marginal d'abattement, appelé aussi valeur du carbone lorsqu'il s'agit de contraintes sur les émissions de CO₂, est équivalent au prix des permis d'émission déterminé sur un marché parfait et correspondant à la contrainte fixée. Le prix du permis (ou le coût marginal d'abattement) est une mesure du degré de facilité ou de difficulté à respecter la contrainte.

Dans le cadre de la problématique du changement climatique, l'approche décrite ci-dessus se décline de la manière suivante: (1) on introduit dans le modèle PRIMES une valeur du carbone telle que la contrainte sur les émissions de CO₂ qu'on s'est fixée est satisfaite, (2) cette valeur du carbone entraîne des changements dans les prix relatifs des différentes formes d'énergie, reflétant en cela les différences dans le contenu en carbone des combustibles, (3) ces changements conduisent à des ajustements dans le comportement des producteurs et consommateurs d'énergie de manière à réaliser les réductions souhaitées.

Il convient de souligner que l'approche utilisée repose sur des mécanismes de prix et de coûts liés à l'énergie. Or, l'évolution de la consommation d'énergie n'est pas seulement fonction des prix mais aussi du comportement des consommateurs qui peut constituer un frein à la réalisation de certains potentiels d'économie d'énergie (par exemple, l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments à l'utilisation des transports en commun). Pour inciter les consommateurs d'énergie à modifier leurs comportements, des politiques et mesures spécifiques sont alors nécessaires, qui ont pour vocation d'élargir les possibilités de réduction des émissions de GES. Pour tenir en compte de ces considérations, l'approche utilisée se décline en deux temps: dans un premier temps, les réductions d'émissions sont étudiées uniquement par le biais de l'introduction d'une valeur de carbone (sections II.A.4.c et d), dans un deuxième temps, des politiques et mesures additionnelles ciblées sont introduites explicitement dans le modèle, qui élargissent les réductions calculées dans le premier temps (sections II.A.4.e et f).

Enfin, par construction, l'approche n'intègre pas les possibilités offertes dans le protocole de Kyoto (et qui seront sans doute reprises dans les textes politiques relatifs à l'après-2012) de réaliser une partie des réductions en dehors de l'Union européenne. Néanmoins, l'analyse d'une fourchette de pourcentages de réduction et l'examen ex-post des coûts pour les réaliser permettent d'ouvrir la discussion sur la contribution des différents mécanismes de flexibilité.

b. Description détaillée de la méthodologie

La mise en œuvre de l'approche décrite ci-dessus est différente selon qu'il s'agit des émissions de CO₂ provenant de la combustion énergétique ou des autres gaz à effet de serre. Ces derniers regroupent les autres émissions de CO₂ (procédés industriels, déchets, etc.), les émissions de méthane (CH₄), de protoxyde d'azote (N₂O) et de gaz fluorés (PFC, HFC, SF₆). Dans la suite du texte nous adopterons les raccourcis suivants pour faire référence aux différentes catégories de GES: on appellera CO₂ *énergétique*, les émissions de CO₂ provenant de la combustion des énergies fossiles, CO₂ *non énergétique*, les autres émissions de CO₂, et les *GES non CO₂*, l'ensemble des autres GES.

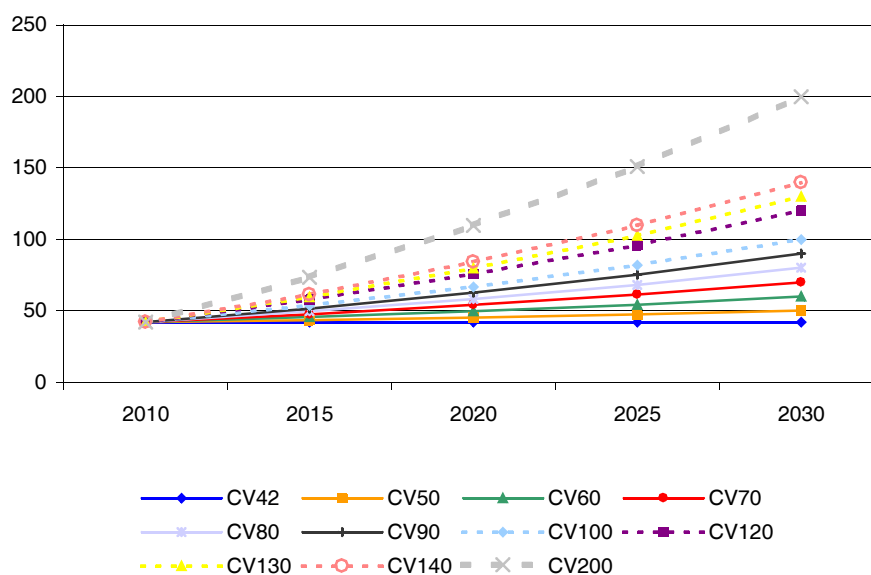
L'analyse des réductions de CO₂ énergétique est faite avec le modèle PRIMES qui ne calcule que ce type de gaz à effet de serre. PRIMES fournit simultanément des estimations du coût marginal d'abattement et des coûts induits sur le système énergétique, par secteur et par Etat membre. Suivant une approche à moindre coût, le modèle permet de construire, pour l'UE²¹ et pour chaque Etat membre, une courbe de coût marginal d'abattement (ou MAC pour "Marginal Abatement Cost" curve) qui associe à chaque niveau de réduction des émissions de CO₂ énergétique la valeur du coût marginal d'abattement (ou CV pour "carbon value").

Les réductions des GES autres que le CO₂ énergétique sont déterminées quant à elles à partir de courbes de coût marginal d'abattement construites par NTUA à partir d'études ou travaux existants (notamment, Bates et al (2004), Criqui et al (2003), Zagame et al (2004)).

21. Plus précisément, l'Union européenne des 25 moins Malte et Chypre.

Pour éviter des ruptures de tendance dans les projections d'émission de GES d'ici 2020, des valeurs du carbone sont introduites progressivement en 2010, 2015 et 2020²², les valeurs choisies en 2010 et 2015 sont plus petites ou égales à la CV qui permet d'atteindre l'objectif fixé en 2020. De la même manière, étant donné que le modèle PRIMES tourne jusqu'en 2030, des valeurs du carbone sont aussi introduites en 2025 et 2030. Cette fois les valeurs choisies sont plus grandes ou égales à la CV qui permet d'atteindre l'objectif fixé en 2020. Elles traduisent un renforcement de l'effort de réduction dans la lignée des conclusions du Conseil Environnement de l'Union européenne du 10 mars 2005. Dès lors, les courbes de coût marginal d'abattement des années 2010 à 2030 sont liées entre elles par le choix qui a été fait concernant la progressivité des CV et qui est indiqué sur le graphique ci-dessous. Il est important de garder à l'esprit cette spécificité de l'approche lorsque seront définis les deux scénarios post-2012. La CV de l'année 2010, soit 42 €/t CO₂, est telle que l'objectif de réduction spécifié dans le Protocole de Kyoto est rencontré pour l'Union européenne des 15 (cf. infra).

GRAPHIQUE 20 - Progressivité des cv dans les scénarios post-2012
(en €/t CO₂ eq.)



Source: NTUA.

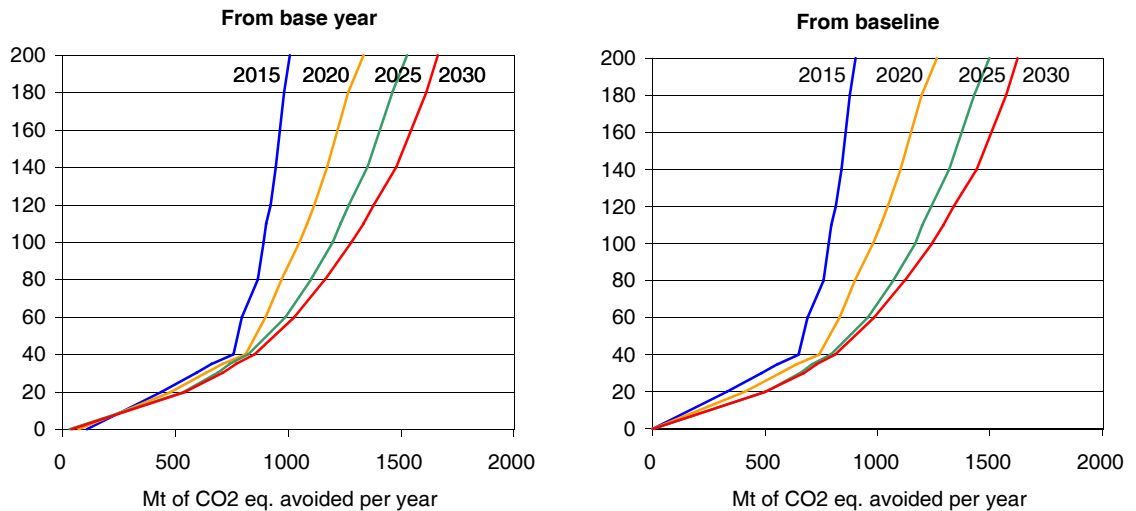
Un autre élément important de la méthodologie vient de ce qu'elle ne tient pas compte, dans la réalisation des objectifs en 2010, des réductions additionnelles dues à l'air chaud ("hot air") dans les nouveaux Etats membres²³. En d'autres termes, les pays de l'UE15 ne peuvent pas utiliser l'air chaud dégagé dans les nouveaux Etats membres pour réduire leur effort global et effectif de réduction qui est de -8% en 2008-2012 pour l'ensemble des GES. Cette hypothèse peut se lire de deux manières différentes, la première est que la valeur du carbone introduite en 2010 (42 €/t CO₂) est supérieure à celle qui serait nécessaire pour rencontrer strictement l'objectif de l'UE en 2010, la seconde est que moyennant cette CV plus élevée, les réductions de GES réalisées au niveau de l'UE en 2010 sont supérieures à celles fixées dans le Protocole de Kyoto.

22. Selon une fonction quadratique.

23. L'air chaud est défini comme la différence (négative) entre les émissions projetées dans le scénario de référence et les objectifs de réductions du Protocole de Kyoto. On constate dans le scénario de référence que certains nouveaux Etats membres ont des émissions inférieures aux objectifs du Protocole de Kyoto.

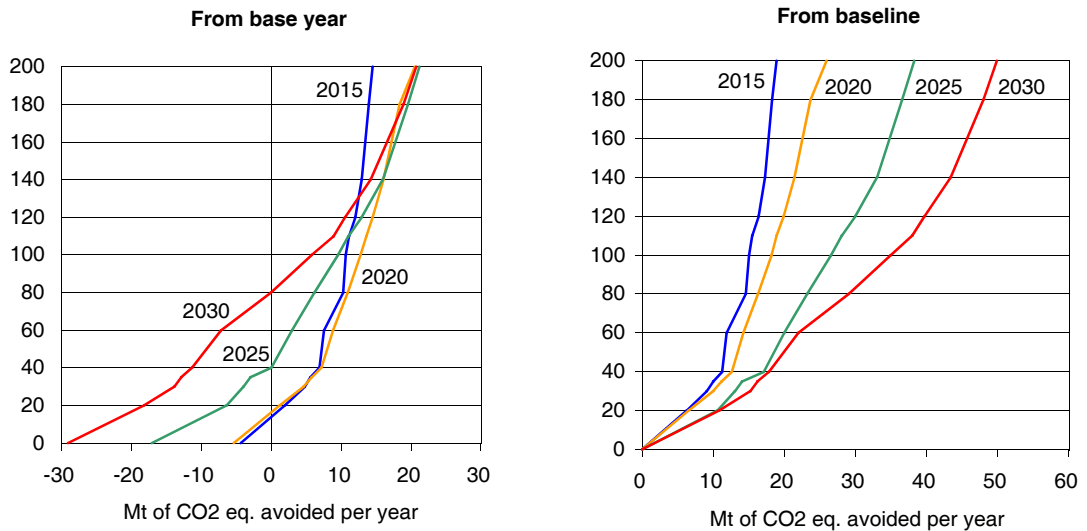
Les MAC construites selon la méthodologie décrite ci-dessus et utilisées pour définir les scénarios post-2012 sont présentées ci-dessous successivement pour l'UE et pour la Belgique. Les CV indiquées sur l'axe des ordonnées font référence à la valeur du carbone pour la dernière année de la période de projection (2030). Le graphique 20 permet de calculer les CV correspondantes pour les années intermédiaires.

GRAPHIQUE 21 - Courbe de coût marginal d'abattement de l'ensemble de GES pour l'UE
(ordonnée: CV pour l'année 2030 en €/t de CO₂ eq.)



Source: PRIMES, NTUA.

GRAPHIQUE 22 - Courbe de coût marginal d'abattement de l'ensemble des GES pour la Belgique
(ordonnée: CV pour l'année 2030 en €/t de CO₂ eq.)



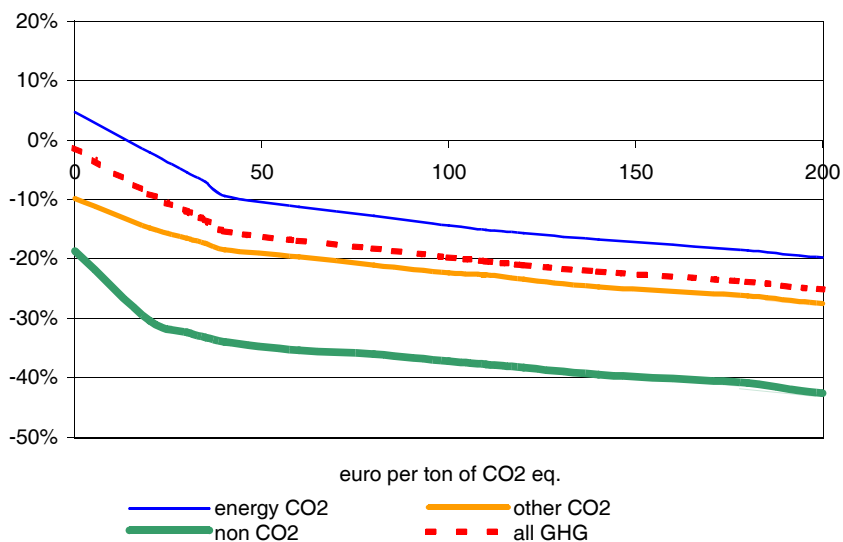
Source: PRIMES, NTUA.

Les MAC construites pour chaque pays de l'UE sont ensuite utilisées pour identifier la distribution de l'effort de réduction global²⁴ entre pays en se basant sur le critère de l'égalisation des coûts marginaux.

24. C'est-à-dire au niveau de l'UE.

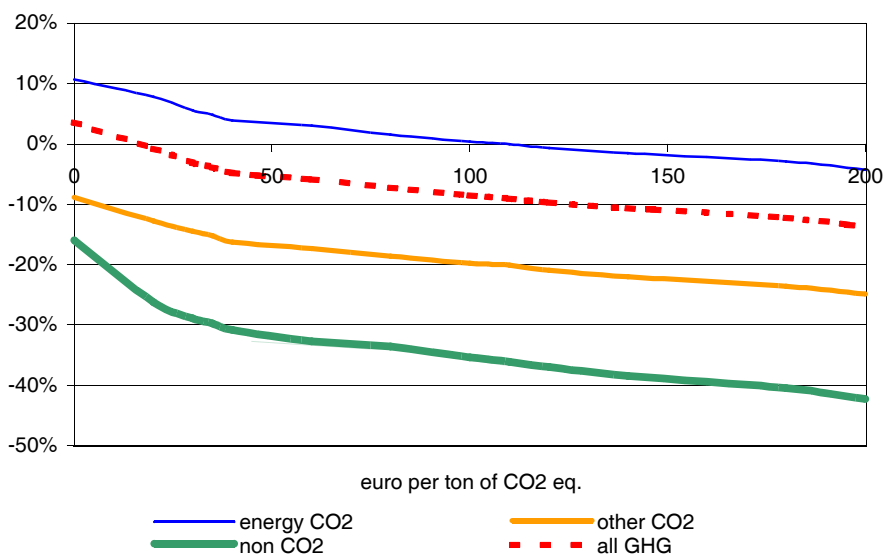
Les courbes de coût marginal d'abattement résultent de l'agrégation des MAC pour chaque catégorie de GES. En éclatant les MAC entre leurs différentes composantes, on peut identifier le rôle respectif des différents GES dans la réalisation de l'objectif global. C'est ce qu'illustrent les 2 graphiques ci-dessous pour l'année 2020.

GRAPHIQUE 23 - Courbes de coût marginal d'abattement pour l'UE en 2020, par type de GES
 (ordonnée: % de réduction par rapport à l'année de base, abscisse: cv pour l'année 2030 en €/t de CO₂ eq.)



Source: PRIMES.

GRAPHIQUE 24 - Courbe de coût marginal d'abattement pour la Belgique en 2020, par type de GES
 (ordonnée: % de réduction par rapport à l'année de base, abscisse: cv pour l'année 2030 en €/t de CO₂ eq.)



Source: PRIMES.

c. Sélection des scénarios post-2012

Partant de la fourchette de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans l'UE proposée par le Conseil européen de mars 2005 (cf. supra) et des MAC décrites ci-dessus, deux scénarios post-2012 ont été choisis pour être analysés en termes d'impact sur le système énergétique belge.

i. Le scénario EUpk15

Le premier scénario, dénommé ci-après *EUpk15*, est un scénario qui conduit à des réductions des GES au niveau de l'UE de respectivement 12% et 15% en 2010 et 2020 avec une CV uniforme sur la période égale à 42 €/t CO₂²⁵. Pour la Belgique, la même évolution de la valeur du carbone se traduit par les projections suivantes pour le total des GES: -6,5% en 2010 et -4,8% en 2020 par rapport à l'année de base.

On voit qu'en 2010, une valeur du carbone de 42 €/t CO₂ conduit à une réduction de 6,5% soit 1% trop peu par rapport à l'engagement de la Belgique dans le cadre du Protocole de Kyoto. Cependant, la réduction est calculée sans tenir compte des instruments de flexibilité autres que le système d'échange de permis d'émission au niveau européen ni de mesures additionnelles. Or, la Belgique a déclaré un recours possible aux instruments de Kyoto à hauteur de quelque 8 Mt en 2010. Ce montant ajouté à la réduction calculée ci-dessus est compatible avec l'objectif de la Belgique dans le Protocole de Kyoto.

Le tableau 16 détaille les résultats belges du scénario EUpk15 pour l'année 2020 par type de GES, d'une part, par rapport à l'année de base (1990/1995), d'autre part, par rapport au scénario de référence. Les chiffres reflètent la forme des MAC reproduites sur le graphique 24. Ces courbes montrent que pour une valeur du carbone donnée, on peut réduire relativement plus d'émissions de GES non CO₂ et ensuite de CO₂ non énergétique que des émissions de CO₂ énergétique. En ce qui concerne cette dernière catégorie, les émissions projetées pour 2020 sont 3,9% au dessus du niveau de l'année de base mais réduites de 6,0% par rapport à la valeur des émissions acquise dans le scénario de référence.

TABLEAU 16 - Emissions de GES en Belgique dans le scénario EUpk15 en 2020: variations par rapport à l'année de base et par rapport au scénario de référence (%)

GHG	% change compared to base year	% change compared to baseline
Energy CO ₂	3.9	-6.0
Other CO ₂	-16.3	-8.2
Non-CO ₂	-30.8	-17.6
All GHG	-4.8	-8.1

Source: PRIMES, NTUA.

Etant donné la méthodologie adoptée dans l'étude, à savoir la réalisation d'un objectif de réduction au niveau de l'Union européenne grâce à l'application d'une CV identique pour chaque secteur et chaque Etat membre, il est intéressant de mettre les réductions réalisées en Belgique en perspective avec les réductions réalisées dans les autres Etats membres. C'est ce que résume le tableau ci-dessous où

25. Une valeur du carbone de 42 €/t CO₂ correspond à environ 16 \$/boe.

les Etats membres sont classés en 5 groupes en fonction de l'effort relatif de réduction à accomplir. Un tableau plus détaillé est proposé dans l'annexe 5.

TABLEAU 17 - Effort relatif de réduction des émissions (par rapport à l'année de base) dans les Etats membres, scénario pk15*

Range of reductions	CO ₂ from energy and ind. processes	All GHG
> 5%	Au, Gr, Irl, It, NL, Por, Sp, Sl,	Au, Gr, Irl, Por, Sp
[5%;0%]	B (1,4%), S	It, Lx, Sl, S
[0%; -5%]	Fr, Lx,	B (-4,8%), NL
[-5%; -15%]	Fi	Fi, Fr
< -15%	Cz, Dk, Est, G, Hu, La, Li, Pol, Sk, UK	Cz, Dk, Est, G, Hu, La, Li, Pol, Sk, UK

Source: PRIMES, NTUA.

* Au: Autriche, Gr: Grèce, Irl: Irlande, It: Italie, NL: Pays-Bas, Por: Portugal, Sl: Slovénie, B: Belgique, S: Suède, Fr: France, Lx: Luxembourg, Fi: Finlande, Cz: République tchèque, Dk: Danemark, Est: Estonie, G: Allemagne, Hu: Hongrie, La: Lettonie, Li: Lituanie, Pol: Pologne, SK: Slovaquie, Uk: Royaume Uni, Sp: Espagne.

Sans surprise, on trouve dans le groupe des pays qui devraient réduire leurs émissions de plus de 15%, la plupart des nouveaux Etats membres. On y trouve aussi l'Allemagne et le Royaume Uni qui, dans le cadre du Protocole de Kyoto (2008-2012), vont aussi au-delà de l'objectif européen. La Belgique se trouve, dans la colonne de droite, dans le même groupe que les Pays-Bas, pays avec lequel elle partage bon nombre de caractéristiques. Enfin, il y a des pays qui pourraient augmenter leurs émissions par rapport à l'année de base, la CV ayant pour effet de réduire leurs émissions par rapport à la projection de référence. Dans la catégorie des pays qui augmenteraient leurs émissions de plus de 5% par rapport à l'année de base, on compte les pays qui avaient des objectifs positifs²⁶ dans le cadre du "burden sharing" européen pour l'horizon 2008-2012. Un tableau plus détaillé décrivant l'effort de réduction dans chaque Etat membre est présenté à l'annexe 5.

ii. Le scénario EUpk30

Le second scénario, dénommé ci-après *EUpk30*, est un scénario qui conduit à des réductions des GES au niveau de l'UE de respectivement 12% et 25% en 2010 et 2020 avec une CV qui croît progressivement sur la période. Partant de 42 €/t CO₂ en 2010, elle atteint 200 €/t CO₂ en 2030. En 2020, la CV est de 110 €/t CO₂²⁷.

Le scénario EUpk30 ne conduit pas exactement à une réduction de 30% des émissions de GES en 2020 mais à une réduction de 25%. C'est un choix qui a été fait et qui s'appuie sur les considérations suivantes :

- Les résultats du modèle dévoilent que pour arriver à une réduction de 30% dans l'UE en 2020 il faudrait une CV de 250 €/t CO₂ en 2020²⁸ et de 450 €/t CO₂ en 2030;

26. C'est-à-dire des augmentations des émissions. C'est le cas également de la Suède. Ce n'est par contre pas le cas de l'Autriche.

27. Une valeur du carbone de 110 €/t CO₂ correspond à environ 43 \$/boe.

28. Cette valeur du carbone constitue une augmentation de 120% par rapport à la CV calculée pour rencontrer l'objectif de -25% en 2020. A titre de comparaison, pour passer d'un objectif de -15% à un objectif de -20%, la CV s'accroît de 40% en 2020 ; pour passer de -20% à -25%, elle s'accroît de 80%.

- en fait, au-delà d'une CV de 200 €/t CO₂ en 2030, on constate que la courbe de coût marginal d'abattement devient très verticale en 2015 et 2020. Il est en effet plus difficile de réduire les émissions à un horizon de temps peu éloigné qu'à plus long terme (temps d'adaptation des systèmes énergétiques, disponibilité de nouvelles technologies, etc.);
- la méthodologie adoptée se place dans le cadre d'un marché européen de permis d'émission et fait abstraction de réductions possibles en dehors de l'UE. Or, les autres instruments de flexibilité joueront très certainement un rôle dans la réalisation de l'objectif. La différence entre l'objectif de -30% et la réduction retenue de -25% pourrait ainsi provenir de réductions extérieures à l'UE dont le coût marginal d'abattement serait inférieur aux valeurs calculées pour le scénario EUk30;
- l'étude ne tient pas compte d'options de réduction comme la capture et le stockage du CO₂ (CCS pour Carbon Capture and Storage) qui est considérée comme une option économiquement viable pour les CV du scénario EUk30 (voir encadré 7 au chapitre III). La différence entre l'objectif de -30% et la réduction retenue de -25% pourrait ainsi aussi provenir de cette option dans les pays où sa mise en œuvre serait considérée comme la plus "réaliste"²⁹

En Belgique, l'objectif de réduction et l'évolution de la CV retenus pour l'étude du scénario EUk30 se traduit par les projections suivantes pour les GES: -6,8% en 2010 et -13,7% en 2020 par rapport à l'année de base.

TABLEAU 18 - Emissions de GES en Belgique dans le scénario EUk30 en 2020: variations par rapport à l'année de base et par rapport au scénario de référence (%)

GHG	% change compared to base year	% change compared to baseline
Energy CO ₂	-4.3	-13.4
Other CO ₂	-24.9	-17.6
Non-CO ₂	-42.3	31.3
All GHG	-13.7	-16.7

Source: PRIMES, NTUA.

Comme pour le scénario EUk15, les réductions calculées en Belgique sont mises en perspective avec celles réalisées dans les autres Etats membres (tableau 19). Un tableau plus détaillé décrivant l'effort de réduction dans chaque Etat membre est présenté à l'annexe 5.

TABLEAU 19 - Effort relatif de réduction des émissions (par rapport à l'année de base) dans les Etats membres, scénario EUk30

Range of reductions	CO ₂ from energy and ind. processes	All GHG
> 5%	Au, Gr, Irl, Por, Sp	Irl, Por, Sp
[5%;0%]	NL	
[0%; -5%]	It	Au, Gr, Lx
[-5%; -15%]	B (-6,9%), Fr, Lx, Sl, S	B (-13,7%), It, NL, S
< -15%	Cz, Dk, Fi, Est, G, Hu, La, Li, Pol, Sk, UK	Cz, Dk, Fi, Est, Fr, G, Hu, La, Li, Pol, Sk, Sl, UK

Source: PRIMES.

29. C'est-à-dire dans les pays où les possibilités de stockage existent à des coûts raisonnables et où les distances de transport sont les plus courtes possibles.

Encadré 3: Traduction des valeurs du carbone en termes de prix internationaux des énergies fossiles

Pour mieux rendre compte de l'impact des valeurs du carbone sur les prix énergétiques, nous les avons traduites en \$/boe, unité dans laquelle sont exprimés les prix internationaux des combustibles fossiles, puis ajoutées aux prix de départ. Nous avons ensuite comparé les hausses de prix induites par les CV à la hausse des prix dans la variante "prix élevés du pétrole et du gaz naturel" (hohg).

Le tableau ci-dessous résume les impacts pour l'année 2020, ils sont exprimés en écart par rapport au scénario de référence.

	hohg	CV (€/t CO ₂)	
		42	110
Oil	61%	38%	98%
Gas	43%	37%	97%
Coal	16%	165%	431%

En chiffres absolus (\$05/boe), cela donne:

	baseline	hohg	CV (€/t CO ₂)	
			42	110
Oil	48	78	66	95
Gas	37	53	51	73
Coal	14	16	37	75

d. Analyse de l'impact des scénarios post-2012

L'analyse de l'impact des scénarios post-2012 se concentre sur les conséquences sur le système énergétique belge et ce à partir des résultats du modèle PRIMES. Sauf indication contraire, l'analyse examine les changements *par rapport au scénario de référence* et se focalise sur l'année 2020 (les chiffres pour l'année 2010 sont donnés dans l'annexe 6). Elle est subdivisée en trois parties. La première traite des effets sur la consommation énergétique globale du pays (niveau, structure, etc.) et sur le développement des émissions de CO₂ énergétique. La deuxième décrit les impacts sur la production d'électricité (structure, capacités, etc.). La troisième se focalise sur la demande finale énergétique par secteur (industrie, résidentiel, tertiaire et transport).

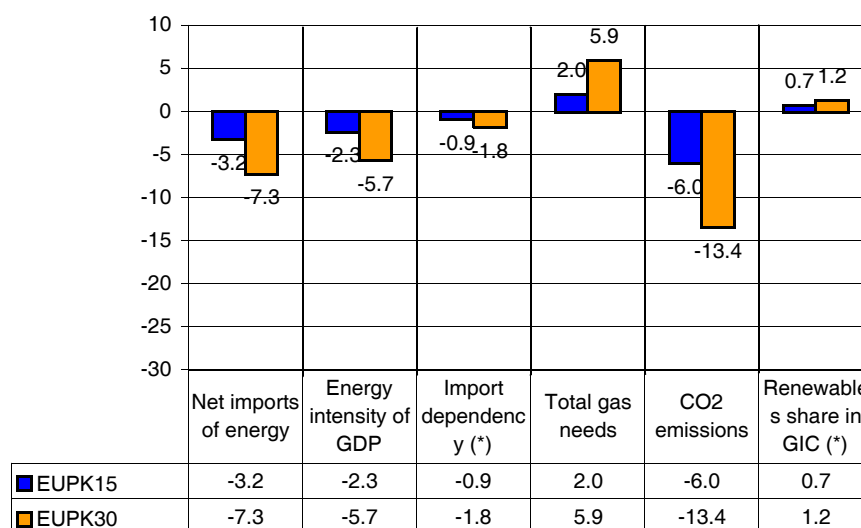
Pour faciliter la comparaison avec les autres parties du rapport (scénario de référence, analyses de sensibilité, et plus loin les scénarios post-2012 avec mesures additionnelles), nous avons construit le même type de graphiques. Certains graphiques décrivent, par le biais d'indicateurs choisis, les changements par rapport au scénario de référence, d'autres s'attachent davantage aux évolutions dans les scénarios post-2012 étudiés. Ils sont complétés par d'autres graphiques présentés dans l'annexe 6.

i. La consommation d'énergie primaire

A un niveau agrégé d'analyse - le niveau de la consommation d'énergie primaire - le système économique a deux moyens de répondre à une contrainte sur les émissions de CO₂ tout en maintenant le même niveau de PIB. Il peut soit réduire le

niveau de consommation énergétique par unité de PIB (intensité énergétique), soit modifier le mix énergétique de manière à diminuer l'intensité en carbone du système énergétique. Ces deux effets sont illustrés pour la Belgique sur le graphique ci-dessous. Ainsi, pour limiter le développement des émissions de CO₂ à une augmentation de 3,9% au-dessus du niveau de 1990 (scénario EUpk15), les émissions de CO₂ diminuent de 6% en 2020 par rapport aux émissions de CO₂ la même année dans le scénario de référence tandis que la consommation d'énergie primaire est réduite de 2,3%. Cette réduction est équivalente à l'amélioration induite de l'intensité énergétique du PIB puisque le PIB est le même que dans le scénario de référence. Dans le scénario EUpk30 où les émissions de CO₂ sont réduites de 4,3% par rapport à 1990, les effets respectifs sont une diminution de 13% pour les émissions et une amélioration de 5,7% pour l'intensité énergétique.

GRAPHIQUE 25 - Indicateurs relatifs à la demande d'énergie primaire dans les scénarios EUpk15 et EUpk30, année 2020, différence par rapport au scénario de référence (%)



Source: PRIMES.

(*): points de pourcentage.

Les évolutions de la consommation d'énergie primaire vont dans le même sens dans les deux scénarios mais les impacts sont plus accentués dans le scénario EUpk30 que dans le scénario EUpk15. La baisse de la consommation est la combinaison de deux tendances opposées: d'une part, une réduction sensible de la consommation de charbon qui a l'intensité en carbone la plus élevée de toutes les formes d'énergie, et dans une moindre mesure des produits pétroliers, et d'autre part, une consommation accrue de gaz naturel et de sources d'énergie renouvelables.

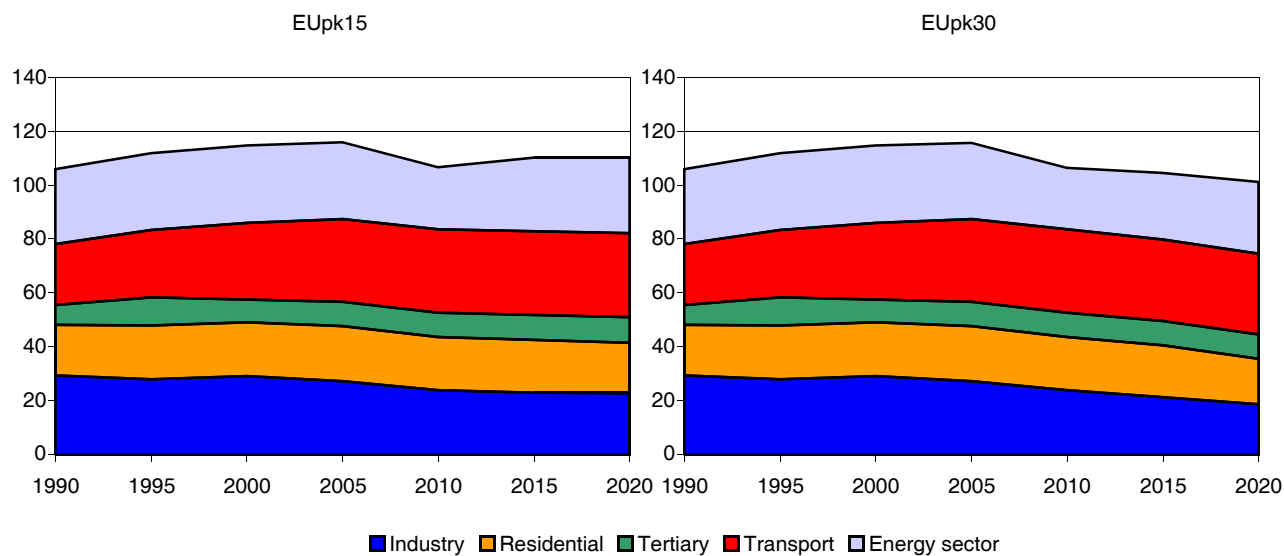
En ce qui concerne le charbon, la baisse de la consommation (-30% dans EUpk15 et -64% dans EUpk30) provient surtout de son remplacement par des formes d'énergie moins intensives en carbone pour la production d'électricité. L'impact sur la consommation de produits pétroliers est quant à elle plutôt modeste (-2% dans EUpk15 et -7% dans EUpk30). Elle résulte davantage de la réduction de la demande globale que de substitutions entre formes d'énergie. La raison en est que les produits pétroliers sont principalement utilisés pour le transport où l'impact de la CV sur les prix des carburants est limitée par la présence de taxes importantes et où les possibilités de substitution sont limitées en l'absence de po-

litiques spécifiques. Pour le gaz naturel, l'effet dominant est l'effet de substitution : alors que la consommation de gaz naturel diminue au niveau de la demande finale, elle progresse dans le secteur électrique où ce combustible prend des parts de marché au charbon. Globalement, l'accroissement de consommation s'élève à 2% dans EUpk15 et à quelque 6% dans EUpk30. La même tendance est observée pour les sources d'énergie renouvelables. Parce que celles-ci n'émettent pas de CO₂, leur part dans la consommation intérieure brute progresse respectivement de 0,7 et 1,2 points de pourcentage dans les scénarios EUpk15 et EUpk30. En 2020, leurs parts s'établissent donc respectivement à 4,7% et 5,2% de la consommation d'énergie primaire.

Comme le surcroît de consommation de gaz naturel est inférieur à l'abaissement du niveau de consommation des autres combustibles fossiles, les importations nettes d'énergie diminuent par rapport au scénario de référence (-3% dans EUpk15 et -7% dans EUpk30). Cela a pour effet de diminuer le taux de dépendance énergétique de la Belgique de respectivement 0,9 et 1,8 points de pourcentage.

Les changements décrits ci-dessus conduisent aux réductions globales indiquées sur le graphique 26 pour les émissions de CO₂ énergétique. Au niveau sectoriel, ces réductions globales s'établissent comme suit: -8% (EUpk15) et -12% (EUpk30) pour le secteur énergétique³⁰, -9% (EUpk15) et -26% (EUpk30) pour l'industrie, -6% (EUpk15) et -14% (EUpk30) pour le secteur résidentiel, -4% (EUpk15) et -10% (EUpk30) pour le secteur tertiaire, et finalement -2% (EUpk15) et -6% (EUpk30) pour le secteur des transports, par rapport au scénario de référence.

GRAPHIQUE 26 - Evolution sectorielle des émissions de CO₂ énergétique dans les scénarios EUpk15 et EUpk30 (Mt)



Source: PRIMES

ii. La production d'électricité et de chaleur

La capacité du secteur électrique³¹ à répondre à la contrainte sur les émissions de CO₂ (via l'introduction d'une CV), se situe à trois niveaux: réduire la production à

30. A savoir la production d'électricité et de vapeur (dans les installations de cogénération), les raffineries, les cokeries, les hauts-fourneaux, la production d'hydrogène.

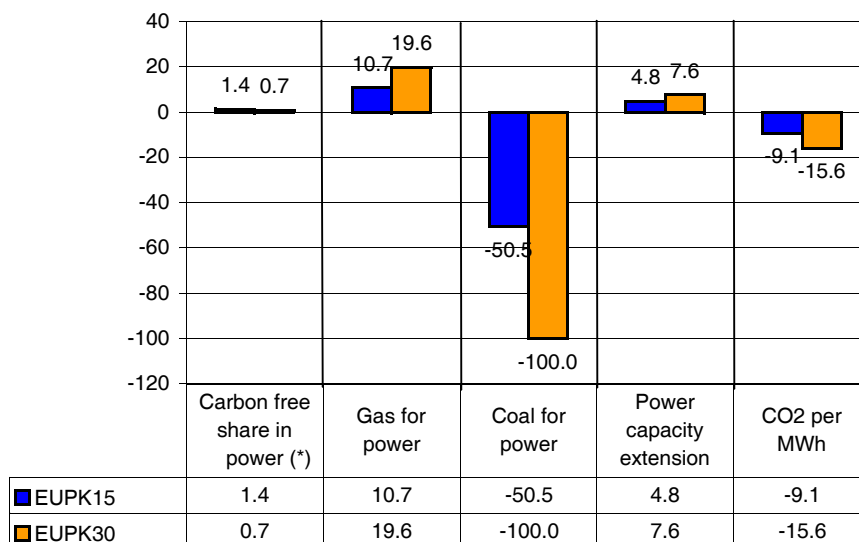
31. Y inclus la production d'électricité et de vapeur dans les installations de cogénération.

partir des combustibles fossiles, diminuer la part des combustibles fossiles à haute teneur en carbone au profit de ceux qui ont un plus faible contenu en carbone, et enfin augmenter l'efficacité énergétique globale du parc de production.

Bien entendu, une baisse de la demande d'électricité a aussi un impact favorable sur les émissions de CO₂ du secteur mais cette baisse est la conséquence de changements au niveau de la demande finale énergétique (voir plus loin) et non pas de changements dans le secteur de la production d'électricité et de chaleur.

Dans les scénarios étudiés, la réaction du système électrique belge se situe d'abord au niveau de la substitution entre charbon et gaz naturel, qui a pour effet induit d'augmenter l'efficacité énergétique globale de la production thermique³², et ensuite au niveau de la production à partir des sources d'énergie renouvelables. La consommation de gaz naturel augmente de 11% dans EUpk15 et de 20% dans EUpk30. En 2020, ce sont respectivement 49% et 52% de l'électricité qui est produite à partir de ce combustible (comparé à 45% dans le scénario de référence). A l'inverse, la consommation de charbon chute significativement: -51% dans EUpk15 et -100% dans EUpk30. En 2020, le charbon ne représente plus que 5% de l'électricité produite dans EUpk15 comparé à 10% dans le scénario de référence. Dans le scénario EUpk30, le charbon est absent du mix de combustibles. Cette évolution a pour effet d'augmenter l'efficacité énergétique moyenne du parc de centrales thermiques: de 55% dans le scénario de référence, elle passe à un peu moins de 57% dans les scénarios post-2012.

GRAPHIQUE 27 - Indicateurs relatifs à la production d'électricité dans les scénarios EUpk15 et EUpk30, année 2020, différence par rapport au scénario de référence (%)



Source: PRIMES.

(*): points de pourcentage.

Si le rôle des sources d'énergie renouvelables (SER) est plus modeste dans la réalisation de l'objectif que la substitution gaz naturel/charbon, il n'en est pas moins important. En 2020, la part des SER dans la production électrique augmente de 1,9 points de pourcentage dans les deux scénarios post-2012 et s'établit à quelque

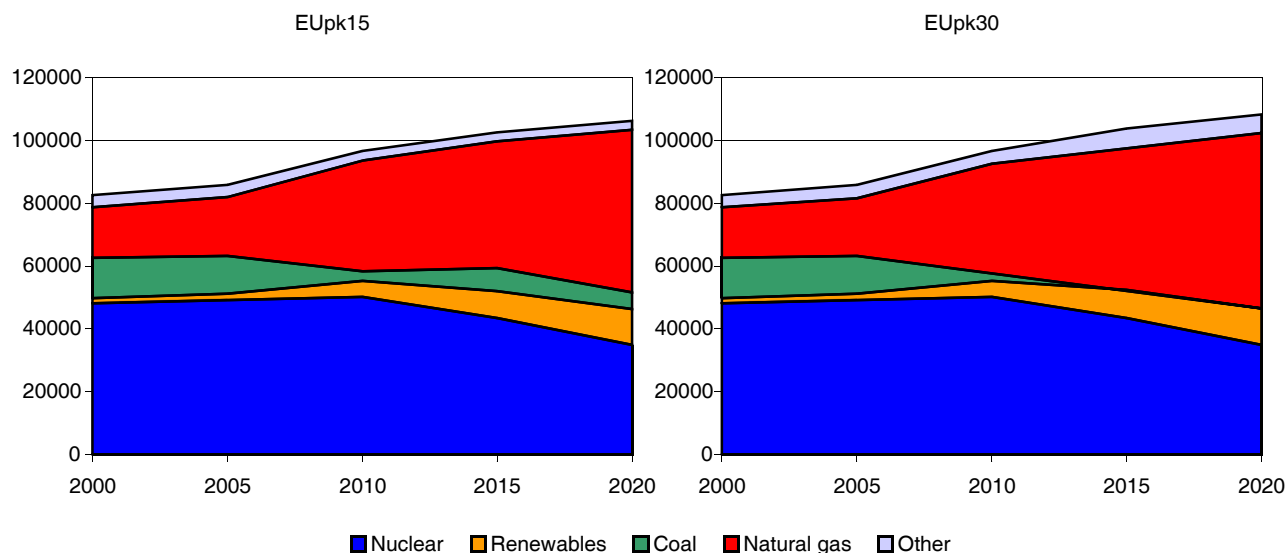
32. En effet, les centrales à cycle combiné au gaz naturel ont un rendement supérieur à celui des centrales supercritiques au charbon.

10,8% (comparé à 8,9% dans le scénario de référence). Les chiffres présentés sur le graphique ci-dessus sont quelque peu différents car ils incluent la contribution de l'énergie nucléaire. Ils s'expliquent par les éléments suivants: (1) la demande électrique augmente légèrement avec la valeur du carbone (voir infra) et la production électrique fait de même; (2) la production électrique dans les centrales nucléaires est identique quel que soit le scénario. En conséquence, la part du nucléaire diminue légèrement ce qui explique les impacts plus faibles présentés sur le graphique.

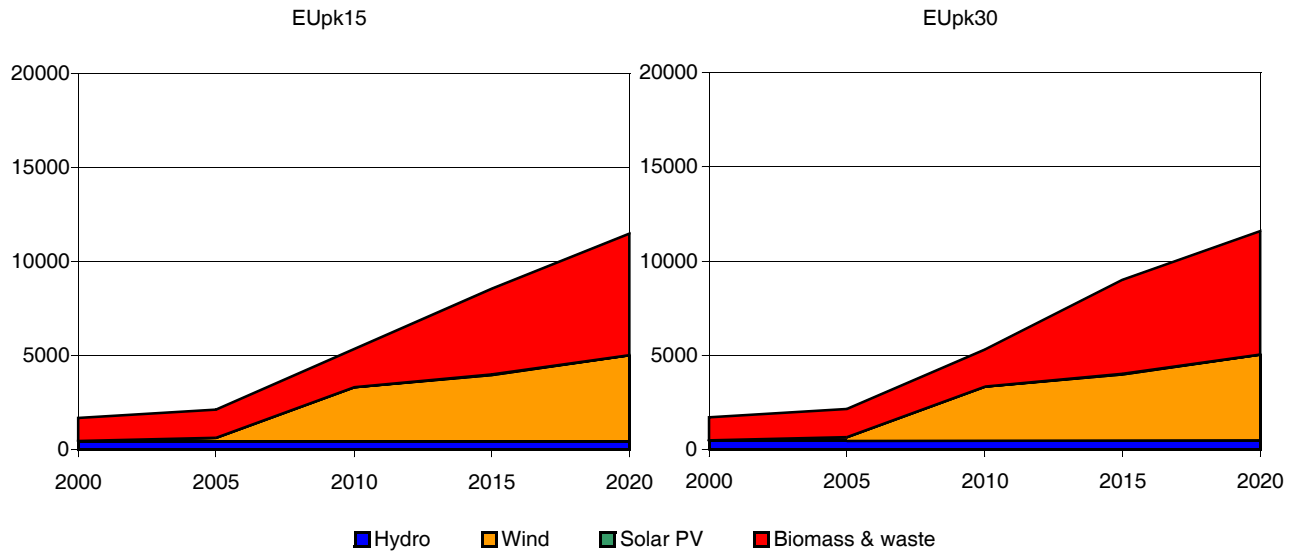
Par rapport au scénario de référence, la production électrique à partir de turbines éoliennes est en 2020 plus élevée de 26% dans les deux scénarios post-2012 et la production d'électricité et de vapeur à partir de biomasse est plus élevée de respectivement 25% et 27% dans EUpk15 et EUpk30.

Les graphiques ci-dessous complètent l'information présentée sur le graphique 27, ils mettent l'accent sur la dynamique des changements opérés. Ils peuvent être facilement comparés avec les graphiques 6 et 7 relatifs au scénario de référence.

GRAPHIQUE 28 - Production d'électricité par forme d'énergie dans les scénarios EUpk15 et EUpk30 (GWh)



Source: PRIMES.

GRAPHIQUE 29 - Production d'électricité à partir des renouvelables dans les scénarios EUk15 et EUk30 (GWh)

Source: PRIMES.

Suite aux changements dans la structure de production, l'intensité en carbone de la production d'électricité et de chaleur diminue sensiblement: -9% dans EUk15 et -16% dans EUk30. D'autres impacts sont également à souligner. Le premier concerne le développement des capacités de production, un autre, le coût moyen de production d'électricité et de chaleur.

En 2020, le développement des capacités de production (et par là la capacité totale du parc) est supérieur dans les scénarios post-2012 comparé au scénario de référence (+5% dans EUk15 et +8% dans EUk30). Ce résultat s'explique, d'une part, par une demande électrique légèrement plus forte (+2% dans EUk15 et +4% dans EUk30 ; cf. infra), et d'autre part, par l'augmentation des capacités éoliennes dont le taux d'utilisation annuel moyen est plus faible que celui de la plupart des centrales thermiques.

Le modèle PRIMES calcule aussi l'impact d'une contrainte sur les émissions sur différents indicateurs de coûts. Parmi ceux-ci, nous en avons retenu un, il s'agit du coût moyen de production d'électricité et de chaleur³³ qui nous semble refléter à la fois les changements opérés au niveau des technologies de production (investissements) et de la répartition entre formes d'énergie (prix relatifs des combustibles). Le coût moyen de production est respectivement 4% et 8% supérieur au coût moyen calculé dans le scénario de référence, dans les scénarios EUk15 et EUk30.

iii. La demande finale énergétique

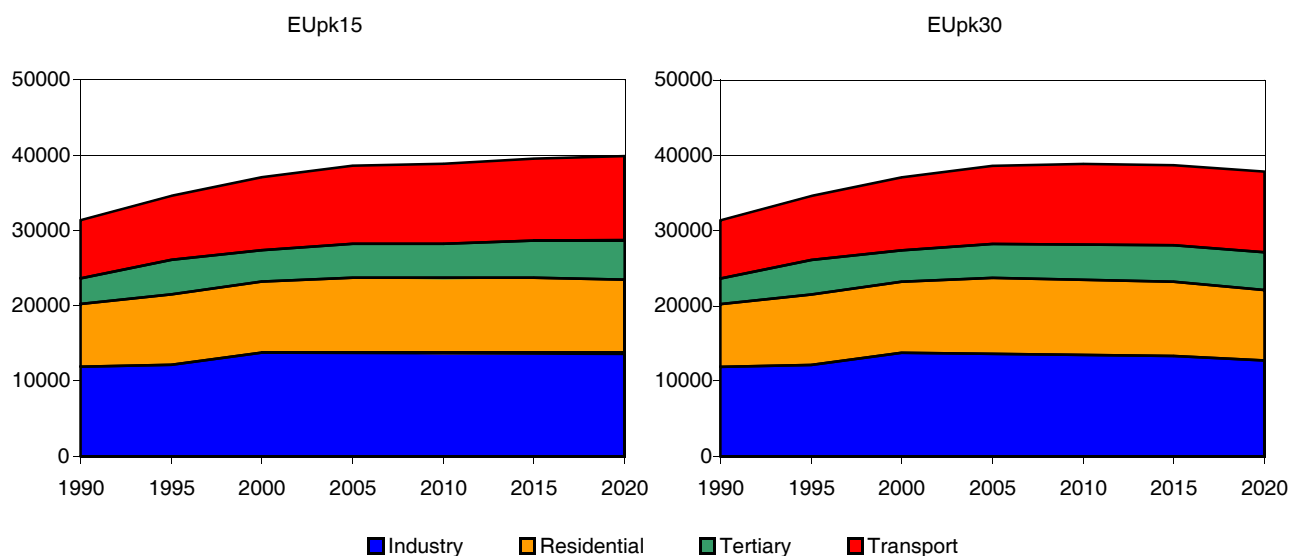
L'introduction d'une CV a bien sûr aussi un impact sur la demande finale énergétique. La réaction du système s'opère par différents canaux: une réduction de la demande utile d'énergie pour le chauffage dans les secteurs résidentiel et tertiaire, une réduction de l'activité de transport, des changements dans les procédés de production dans l'industrie, une amélioration de la performance énergétique des

33. Dans le modèle PRIMES, la cogénération fait partie du secteur électrique. En conséquence, on n'y dissocie pas les coûts associés à la production électrique seule et à la production combinée d'électricité et de vapeur.

équipements et des substitutions entre formes d'énergie dans tous les secteurs. Ce dernier canal a surtout un impact sur l'intensité en carbone des différents secteurs. Les autres conduisent à une baisse de la demande finale d'énergie.

Au niveau de la demande finale totale, on observe en 2020 une baisse par rapport au scénario de référence de respectivement 3% et 8% dans les scénarios EUpk15 et EUpk30. Ces pourcentages de réduction sont comparables à ceux calculés pour la consommation d'énergie primaire. Le graphique 30 décrit l'évolution totale et sectorielle de la demande finale énergétique dans les deux scénarios post-2012. Ces évolutions peuvent être facilement comparées à celles du scénario de référence.

GRAPHIQUE 30 - Evolution sectorielle de la demande finale d'énergie dans les scénarios EUpk15 et EUpk30 (ktep)



Source: PRIMES.

Le lecteur trouvera des résultats détaillés par secteur dans l'annexe 6. Ces résultats concernent les changements, par rapport au scénario de référence, du niveau de la demande d'énergie finale, du niveau de la demande d'énergie utile pour les secteurs résidentiel et tertiaire, de l'intensité en carbone de la demande finale, de la partie "énergie" des coûts de production ou de la dépense des ménages (hors transport) par tep consommée, d'une part (en € par tep), et totaux, d'autre part (en €). Ces résultats sont résumés brièvement ci-dessous.

L'impact de l'introduction d'une CV sur la demande finale énergétique du secteur des transports est moins marqué en pourcentage que dans les autres secteurs. L'existence de taxes élevées dans ce secteur diminue l'effet d'une hausse induite des prix des carburants. Les agents économiques réagissent néanmoins à l'introduction de la contrainte en réduisant l'activité globale de transport, et en particulier l'activité liée aux modes intensifs en énergie (-6% pour le transport routier et -4% pour le transport aérien en 2020 dans le scénario EUpk30), et en adoptant des véhicules plus efficaces en termes énergétiques.

Dans les secteurs résidentiel et tertiaire, la réduction de la demande finale énergétique provient à la fois de changements dans les comportements (entraînant

une baisse de la demande d'énergie utile) et dans l'adoption d'équipements plus efficaces (chaudières, chauffe-eau, "electric appliances").

La baisse de l'intensité en carbone est comparable dans les secteurs résidentiel et tertiaire (de l'ordre de 2% dans EUk15 et de 6% dans EUk30 en 2020). Elle est par contre plus significative dans l'industrie où les pourcentages sont respectivement de 5% et 17%. Elle résulte d'un recours plus faible au charbon et aux produits pétroliers, alors que la consommation de gaz naturel reste à peu près la même et que la consommation électrique augmente de respectivement 5% et 8% dans EUk15 et EUk30.

Tous secteurs confondus, alors que la demande finale énergétique totale diminue, la demande finale électrique augmente suite à l'introduction de la CV. Cela s'explique par l'impact relativement plus faible qu'a la CV sur le coût de production de l'électricité (et par conséquent sur les prix de l'électricité) que sur le prix des combustibles fossiles. En 2020, la demande d'électricité est plus élevée de respectivement 2% et 4% dans les scénarios EUk15 et EUk30 comparé au scénario de référence. En conséquence, le taux de croissance moyen de la demande électrique sur la période 2000-2020, s'établit respectivement à 1,4% et 1,5% par an comparé à 1,3% dans le scénario de référence.

Enfin, une contrainte sur les émissions de CO₂ a un impact sur la composante énergétique des coûts de production de l'industrie et du secteur tertiaire et sur celle de la dépense des ménages. Cet impact a été quantifié et les résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 20 - Impact sur les coûts dans les scénarios EUk15 et EUk30, année 2020, différence par rapport au scénario de référence (%)

	Scenario pk15	Scenario pk30
Industry		
Energy related costs	9%	20%
Energy related costs/toe consumed	13%	33%
Tertiary		
Energy related costs	6%	15%
Energy related costs/toe consumed	9%	24%
Residential		
Energy related expenditures	4%	9%
Energy related costs/toe consumed	8%	20%

Source: PRIMES, NTUA.

De manière générale, l'impact sur la composante énergétique des coûts est le plus élevé pour l'industrie. Comme l'impact d'une politique climatique sur la compétitivité des entreprises est fonction de l'impact sur le coût unitaire³⁴ total de production, il est important d'évaluer la part des coûts énergétiques dans ce coût total, son évolution et l'effet sur les autres composantes de coûts. Pour l'industrie dans son ensemble et dans le scénario de référence, cette part est évaluée à 4,9% en 2020. Suite à l'introduction d'une CV, cette part passe à 5,3% dans EUk15 et à 5,9% dans EUk30. Par ailleurs, l'industrie réagit à la hausse des coûts énergéti-

34. C'est-à-dire, le coût total de production par unité produite.

ques en réduisant ses autres coûts de sorte que l'effet net sur le coût unitaire total est très faible (de l'ordre du pourcent). Il convient cependant de distinguer ici les secteurs intensifs en énergie des autres secteurs industriels. Pour les secteurs intensifs en énergie, les coûts énergétiques peuvent représenter de 20 à 40% du coût total de production. Dans ce cas, l'impact sur le coût unitaire total de production est plus important mais reste inférieur à 8%.

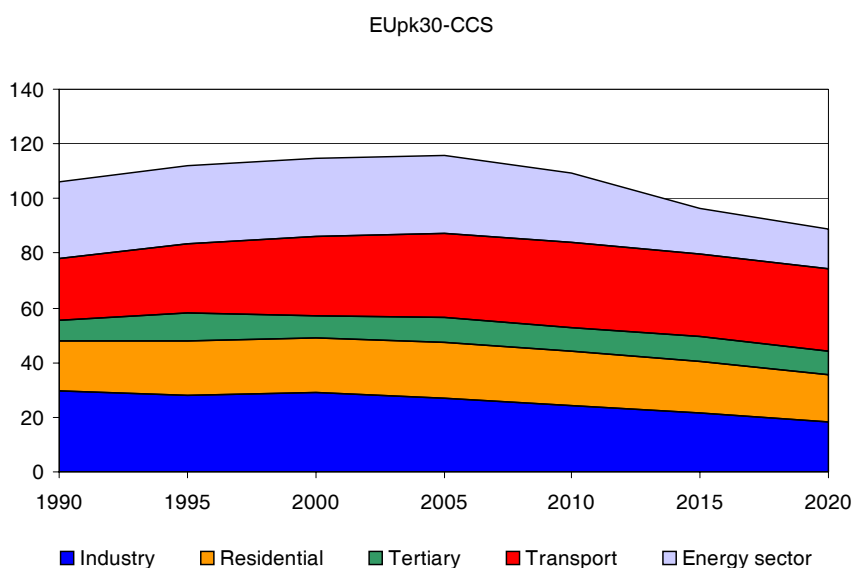
L'impact sur les coûts énergétiques totaux est plus faible que celui sur le coût unitaire vu que les secteurs réagissent à la hausse des prix des combustibles fossiles en réduisant leur consommation énergétique.

Encadré 4: Impact de la capture et du stockage du CO₂ sur les résultats du scénario EUpk30

Etant donné le degré de développement de cette technologie, le petit nombre d'installations actuellement opérationnelles et les incertitudes sur les possibilités de stockage en Belgique et les pays limitrophes (pour limiter les coûts de transport), il ne nous a pas semblé "réaliste" de prendre en compte cette option technologique dans les scénarios de réduction des émissions à l'horizon 2020.

Or, plusieurs études convergent (cf. chapitre III) pour dire que la capture et le stockage du dioxyde de carbone serait une option économiquement viable pour des CV supérieures à 100 €/t CO₂. Dès lors, à titre essentiellement exploratoire, l'impact de cette option a été analysé avec le modèle PRIMES (scénario EUpk30-CCS). Les principaux résultats de cette analyse sont résumés ci-après :

- Le scénario EUpk30-CCS conduit, en 2020, à des réductions des GES au niveau de l'UE de 30% par rapport à l'année de base avec une CV de 110 €/t CO₂ en 2020.
- Pour la Belgique, cette CV se traduit, en 2020, par les réductions suivantes par rapport à l'année de base: -16,3 % pour les émissions de CO₂ énergétique et -22,2% pour l'ensemble des GES.



- Les réductions supplémentaires d'émissions de CO₂ énergétique par rapport à celles réalisées dans le scénario EUpk30 proviennent principalement du secteur électrique où l'option CCS est rendue possible sur les nouvelles centrales de plus de 300 MW. En 2020, les émissions de CO₂ du secteur énergétique (principalement le secteur électrique) sont 53% moins élevées que celles évaluées dans le scénario de référence. Dans le scénario EUpk30, la réduction était de 12%.
- La prise en compte de la capture et du stockage du CO₂ influence par contre très peu le niveau et la structure de la consommation d'énergie primaire et finale en 2020, de même que la production et la structure de la production d'électricité et de chaleur.

e. Description des mesures additionnelles

Les émissions de GES calculées pour la Belgique en 2020 avec la méthode de l'égalisation des coûts marginaux de réduction dans tous les pays et dans tous les secteurs de l'Union européenne sont, par rapport à l'année de base, de 4,8% dans le scénario EUpk15 et de 13,7% dans le scénario EUpk30.

Plusieurs études ont montré qu'il existe des possibilités de réduction des émissions de GES et en particulier de CO₂ énergétique, qui permettraient d'aller au-delà des réductions calculées dans EUpk15 et EUpk30. Ces potentiels de réduction n'émergent pas dans les scénarios post-2012 car certaines réductions ne peuvent être réalisées uniquement par des augmentations des prix des énergies et nécessitent des politiques et mesures spécifiques pour lever les barrières et les freins à leur mise en œuvre et modifier le comportement des agents économiques (voir par exemple l'étude CRIOC) , ou pour les rendre compétitives. Ce dernier point s'adresse notamment aux réductions qui peuvent découler de l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments ou de changements dans les habitudes de mobilité.

Cela étant, il nous a été demandé d'évaluer l'impact de mesures sectorielles ciblées qui permettraient de réduire les émissions de GES au-delà des niveaux de réduction calculés dans les scénarios post-2012 décrits aux sections II.A.4. c et d. En d'autres termes, on considère implicitement une CV différenciée pour les secteurs visés. Nous parlerons donc ici de scénarios post-2012 avec mesures additionnelles. Par analogie avec la notation précédente, ils seront dénommés EUpk15am et EUpk30am.

Parmi les nombreuses options possibles, il a été décidé de se focaliser sur des mesures concernant les secteurs de la production d'électricité et des transports et visant à améliorer la performance énergétique des bâtiments. S'agissant de la production d'électricité, l'option qui a été privilégiée dans l'analyse est l'éolien off-shore qui est une compétence fédérale. En ce qui concerne les transports, plusieurs politiques et mesures ont été combinées qui affectent tant le niveau de l'activité de transport et sa répartition intermodale que l'efficacité énergétique des véhicules ou matériels de transport et le mix des carburants. Enfin, dans les secteurs tertiaire et résidentiel, l'analyse s'est focalisée sur l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments.

i. *Un développement soutenu de l'éolien off-shore*

Les sources d'énergie renouvelables (SER) font, sans conteste, partie des options à privilégier et à développer pour réduire l'impact des changements climatiques. Parmi les secteurs où un tel développement peut prendre une place de choix, il y a le secteur électrique. Au niveau européen, un premier pas a été fait dans cette direction avec la publication de la directive 2001/77/CE relative à la promotion de l'électricité produite à partir des sources d'énergie renouvelables sur le marché intérieur de l'électricité. Cette directive fixe des objectifs indicatifs pour chaque Etat membre pour la part des SER dans la consommation d'électricité en 2010. Pour la Belgique cet objectif est de 6%.

Cette directive constitue un élément important de la stratégie de l'Union européenne en faveur du développement des sources d'énergie renouvelables. Il

répond au double objectif de répondre au défi du changement climatique et d'assurer une plus grande sécurité à l'approvisionnement énergétique européen.

En Belgique, les Régions sont compétentes pour les SER et elles ont formulé des objectifs en la matière, compatibles avec les objectifs de la directive européenne. On compte néanmoins une exception au champ de compétence des Régions: l'éolien off-shore dans les eaux territoriales de la mer du Nord. Dans ce cas, c'est le ministre fédéral de l'énergie qui attribue des concessions pour la construction de parc d'éoliennes. Actuellement, un projet est en cours de développement. Il s'agit de la construction par la société C-Power d'éoliennes totalisant une puissance de 216 à 300 MW³⁵ sur le "Thornton bank" à l'horizon 2010. La parc sera développé en trois phases: six turbines en 2007, 18 turbines en 2009 et 36 turbine en 2010. Deux autres projets font actuellement l'objet d'une demande de concession et sont, quoique à des stades différents, en cours d'examen. Il s'agit des projets des sociétés Eldepasco (150 MW) sur le "Bank zonder naam" et Belwind (330 MW) sur le "Bligh bank". Ensemble, les trois projets totalisent une puissance maximum de 780 MW qui serait disponible en totalité pour la production sur la période 2010-2012.

Ces projets concrets à l'horizon 2010 s'inscrivent dans le cadre de la décision du Conseil des Ministres d'Ostende des 21 et 22 mars 2004 qui cite le chiffre de 2000 MW pour la puissance installée totale sur l'ensemble du Thorntonbank. En ce qui concerne l'horizon 2020, il existe quelques études qui fournissent des scénarios d'évolution de l'éolien off-shore en fonction d'un certain nombre de paramètres. Ainsi, l'étude "Optimal offshore wind energy developments in Belgium" de 3E pour la politique scientifique fédérale (2004) propose un scénario proactif selon lequel une capacité de 1750 MW pourrait être rendue opérationnelle en 2020 en tenant compte des délais nécessaires à la préparation des zones d'installation et au renforcement du réseau de transport électrique³⁶ mais sans tenir compte de contraintes liées à la pêche. Une autre étude réalisée en 2004 par le VITO et l'ICEDD pour la CREG présente aussi des scénarios d'évolution de l'éolien off-shore dont le plus ambitieux conduit à une capacité installée de 1000 MW en 2019. Ce chiffre tient compte, entre autres, des contraintes liées à la construction de la technologie elle-même et qui affectent le rythme de pénétration de technologies nouvelles. Le taux de pénétration technique maximum de nouvelles technologies sur le marché varie en fonction de la technologie, mais il dépend aussi de l'effort consenti au niveau industriel³⁷. Sur ce plan, une volonté politique affirmée – comme celle adoptée lors du Conseil des Ministres d'Ostende - peut jouer un rôle important, notamment lorsque ces nouvelles technologies ne sont pas compétitives (compte tenu des coûts supplémentaires liés à l'extension du réseau électrique) pour les valeurs envisagées de la CV.

Comme l'objectif est ici d'examiner l'impact d'une politique ambitieuse et volontariste dans le domaine de l'éolien off-shore, nous avons retenu le chiffre du Conseil des Ministres d'Ostende, soit 2000 MW. Le tableau 21 résume l'évolution de la capacité éolienne off-shore qui a été prise en compte dans les scénarios post-

35. La capacité qui sera effectivement installée dépendra de la capacité des turbines utilisées (de 3,6 à 5 MW) qui elle-même dépend du timing du projet. Au cours des ans, la technologie progresse et des turbines de plus en plus puissantes arrivent sur le marché. Ainsi, avant 2000, des turbines de 1MW étaient la règle alors qu'en 2006, des turbines de 3,6 à 5MW sont la référence; après 2006, on envisage même des turbines de plus de 5MW.

36. Un renforcement du réseau de transport électrique d'ELIA est nécessaire au-delà de 900 MW de puissance installée d'éoliennes off-shore.

37. La croissance rapide de la technologie nucléaire dans les années septante en est une illustration.

2012 avec mesures additionnelles. En 2010, nous avons opté pour une hypothèse conservatrice plutôt qu'optimiste selon laquelle seuls 300 MW de puissance installée seraient disponibles pour la production en 2010. En 2015, par contre, les trois projets introduits sont supposés être opérationnels (la capacité a été arrondie à 800 MW). Par ailleurs, on a fait l'hypothèse d'un taux d'utilisation de 3400 heures par an en moyenne pour calculer la production électrique.

TABLEAU 21 - Evolution de la capacité éolienne off-shore dans les scénarios post 2012 avec mesures additionnelles (en MW)

	2010	2015	2020
Capacité installée – éolien off-shore	300	800	2000

ii. Un programme accéléré d'amélioration de la performance énergétique des bâtiments

Des études ont montré le faible niveau de performance énergétique des bâtiments en Belgique. Le potentiel d'amélioration est énorme mais sa réalisation se heurte à un grand nombre de facteurs parmi lesquels on peut citer le faible taux de renouvellement du parc de logements, la contrainte budgétaire, la prise de conscience des propriétaires ou gestionnaires de bâtiments, ou encore le faible contrôle des normes d'isolation actuellement en vigueur.

Le modèle utilisé et plus précisément le niveau de détail qu'il représente pour ce secteur, combiné avec le manque de statistiques détaillées sur les caractéristiques et l'évolution du parc de bâtiments en Belgique (surtout en ce qui concerne le secteur tertiaire) ne permet pas d'étudier l'impact de mesures précises et spécifiques. Pour contourner ce problème, nous avons défini un objectif à atteindre en terme de réduction de la consommation énergétique des bâtiments et nous avons ensuite traduit cet objectif en terme de fraction du parc de logements devant améliorer sa performance énergétique d'un certain pourcentage.

Dans le scénario de référence, des améliorations de l'efficacité énergétique des bâtiments sont déjà mises en œuvre. Elles sont le reflet, entre autres, du rythme de construction des nouveaux logements et de rénovation du bâti existant et de son impact sur le niveau de la demande d'énergie utile, des performances et des coûts de fonctionnement des appareils de chauffage et de leur taux de renouvellement. Etant donné la relative inertie du secteur, des politiques et mesures très ambitieuses sont nécessaires pour infléchir de manière significative la courbe de consommation énergétique des logements. L'objectif que nous avons défini consiste à multiplier par deux l'impact calculé dans le scénario de référence, toutes choses égales par ailleurs³⁸.

Ensuite, pour traduire en termes concrets l'impact ultime³⁹ sur la consommation énergétique et les émissions de CO₂ nous avons utilisé des informations contenues dans l'étude "Comparaison de systèmes de chauffage de logements" de De Herde A. et al⁴⁰ (2000). Une première information tient dans le constat que la

38. Plus précisément, si x% des logements améliorent leur performance énergétique d'un certain pourcentage dans le scénario de référence, alors 2x% des logements sont supposés le faire dans les scénarios avec mesures additionnelles.

39. C'est-à-dire tenant compte également de la hausse des prix énergétiques résultant de l'introduction d'une valeur pour le carbone dans les scénarios post-2012.

moyenne du parc de logements se situe à un niveau d'isolation correspondant à la norme K100⁴¹. Une seconde précise que le passage de la norme K100 à la norme K55 permet une économie d'énergie moyenne de l'ordre de 40%. Une telle économie peut aussi être le fait d'un glissement vers une norme plus stricte que K55 mais au départ alors d'une norme inférieure à K100. L'objectif ici n'est pas de se focaliser sur le degré d'isolation effectif ou potentiel des bâtiments mais d'utiliser une estimation étayée par des études empiriques, des économies d'énergie qu'il est possible de réaliser.

A posteriori, on calcule ainsi que les niveaux de consommation énergétique dans les secteurs résidentiel et tertiaire, dans les scénarios post-2012 avec mesures additionnelles, correspondent à la mise en œuvre d'une réduction de 40% de la consommation énergétique (par rapport au scénario de référence) pour les usages chauffage dans 45 à 50% du parc résidentiel à l'horizon 2020 (ce qui équivaut à quelque 150 000 logements par an), et dans 30 à 35% des bâtiments tertiaires au même horizon de temps. L'objectif est ambitieux si on le compare avec les chiffres relatifs aux rénovations et aux nouveaux logements (de l'ordre de 80 000 par an). Il nécessitera sans aucun doute une mobilisation importante des secteurs liés à la construction.

L'amélioration de l'efficacité énergétique dans le secteur du logement en Belgique a été étudiée récemment par le Conseil Central de l'Economie qui a publié un avis et un avis complémentaire sur cette problématique, avis dans lesquels il fait des recommandations politiques. Entre autres considérations, ces avis relèvent qu'il existe un potentiel théorique considérable d'économies d'énergie non réalisées dans le logement belge et met en exergue les différents avantages liés aux économies d'énergie dans ce secteur. Parmi ceux-ci, l'augmentation de l'activité économique et de l'emploi est mise en avant: *"Le Conseil note que le coefficient multiplicateur du secteur des logements est très important (1,5), ce qui signifie qu'une légère modification de la demande dans le secteur des logements peut avoir un impact significatif sur la croissance économique et l'emploi en Belgique en raison du fait que ce secteur fait appel à d'autres secteurs pour ses fournitures"*. En ce qui concerne la mise en œuvre du potentiel d'économies d'énergie, les avis décrivent plusieurs initiatives à l'étranger dont la Belgique pourrait s'inspirer comme "l'Alliance pour l'Emploi et l'Environnement" en Allemagne ou "Isolons la terre contre le CO₂" en France. En effet, ces plans de mobilisation contiennent des propositions concrètes quant aux instruments à développer (crédits avantageux pour les propriétaires, mécanismes de financement des investissements, etc.).

Une autre étude réalisée en 2005 par PriceWaterhouseCoopers: "Diminution des émissions de gaz à effet de serre par la gestion de la demande d'énergie: mesures fédérales potentielles" identifie des mesures concrètes entre autres dans le secteur des logements et analyse un certain nombre d'entre elles sous l'angle de la faisabilité administrative, financière et politique.

iii. Un faisceau d'actions visant la limitation des émissions dues aux transports

Dans le scénario de référence, les émissions de CO₂ du secteur des transports (personnes et marchandises) progressent régulièrement en raison de l'augmentation

40. Etude réalisée dans le cadre du projet "Connaissance des émissions de CO₂" pour Electrabel/SPE, phase 2 - sous-projet 4, UCL Architecture et Climat, mars 2000.

41. Pour en savoir plus sur les normes d'isolation K en Belgique, le lecteur pourra se référer au chapitre III.

projetée de l'activité transport, de la part toujours importante du transport routier et de la faible progression des carburants ou technologies alternatives, et cela malgré la prise en compte des accords ACEA/KAMA/JAMA qui visent à diminuer l'intensité en carbone des nouvelles voitures.

Dans les scénarios post-2012, l'impact sur les émissions de CO₂ d'une augmentation des prix des carburants en fonction de leur contenu en carbone (via la 'carbon value') est relativement limité, traduisant la faible élasticité au prix de ce secteur⁴². Pour infléchir les tendances et contenir les émissions de ce secteur, une combinaison de politiques et mesures sera sans conteste nécessaire. C'est ce que nous avons tenté de mettre en œuvre dans les scénarios post-2012 avec mesures additionnelles. Un premier panier de mesures se base sur l'option C du Livre blanc de la Commission européenne "La politique européenne des transports à l'horizon 2010: l'heure des choix". Cette option vise, par le biais de politiques appropriées⁴³, à agir sur le niveau et la répartition modale de l'activité du transport. L'impact de ces politiques a été évalué avec le modèle SCENES⁴⁴. Le tableau ci-dessous résume les changements estimés par rapport au scénario de référence (personnes-kilomètres pour le transport de personnes et tonnes-kilomètres pour le transport de marchandises).

TABLEAU 22 - Activité du transport dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am, différence par rapport au scénario de référence (%)

	2010	2020
Passenger transport	-2.0	-7.7
Busses	+2.6	+7.9
Cars and motorcycles	-2.5	-8.3
Trains	+0.7	+7.9
Aviation	-9.0	-26.8
Freight transport	-3.6	-13.6
Trucks	-4.9	-18.5
Trains	+0.5	+15.0
Inland navigation	+2.5	+0.4

Source: NTUA.

Une autre possibilité de réductions (supplémentaires) des émissions de CO₂ vient de l'efficacité énergétique des véhicules et autres matériels de transport. Dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am, on a fait l'hypothèse d'une amélioration de l'efficacité énergétique des véhicules par rapport au scénario de référence allant de 1 à 4% selon le type de véhicule. Pour les voitures, cette hypothèse peut être interprétée comme un accord ACEA bis.

Enfin, un autre facteur qui peut influencer les émissions de CO₂ du secteur transport, c'est le mix énergétique. Actuellement et dans la projection de référence, le transport est très dépendant des produits pétroliers. Les nouveaux carburants

42. Cette remarque vaut pour le secteur dans son ensemble et en particulier pour le transport routier. Elle est moins pertinente pour le transport aérien où les élasticités prix sont plus élevées.

43. Combinant tarification appropriée du transport, encouragement des alternatives au transport routier et investissements dans un réseau transeuropéen des transports.

44. SCENES est un modèle européen de transport dont le développement est financé par la Commission européenne (<http://www.iww.uni-karlsruhe.de/SCENES/>). Les niveaux d'activité du transport utilisés dans le scénario de référence proviennent également du modèle SCENES.

comme le gaz naturel (CNG), l'éthanol, l'hydrogène ou les biocarburants progressent dans le scénario de référence mais leur contribution reste marginale à l'horizon 2020. Ensemble, ils représentent un peu moins de 7% de la consommation de carburants classiques (essence et diesel). Pris séparément, les biocarburants représentent 6,3% de la consommation d'essence et de diesel en 2020. Dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am, on a choisi de porter ce pourcentage à 10%. Ce choix n'est en aucune manière lié à des limites sur la production ou sur l'offre de biocarburants ; il constitue plutôt un renforcement progressif de l'objectif défini en 2000 pour l'Union européenne qui est d'amener à 5,75% en 2010 la part des biocarburants dans l'essence et le diesel utilisés pour le transport (Directive 2003/30/EC). Cette hypothèse peut être jugée plutôt conservatrice si on se réfère au Livre vert "Vers une stratégie européenne de sécurité d'approvisionnement énergétique", qui dit que l'essor des carburants de substitution, dont les biocarburants, pourrait permettre techniquement de remplacer d'ici à 2020, 20% de la consommation de diesel et d'essence pour les transports routiers. Par ailleurs, la Commission européenne travaille actuellement à une proposition de révision de la directive de 2003 sur les biocarburants, proposition attendue pour la fin 2006 et dont l'un des objets est de proposer des objectifs pour l'après 2010.

f. Analyse de l'impact des mesures additionnelles

Sauf spécification contraire, l'effet des mesures additionnelles analysé ci-après, est mesuré par rapport au scénario de référence et pour l'année 2020. L'analyse est complétée par d'autres graphiques présentés dans l'annexe 6.

i. La consommation d'énergie primaire

La mise en œuvre de politiques et mesures ambitieuses dans les domaines de l'éolien off-shore, de la performance énergétique des bâtiments, de la mobilité et des transports conduit à des changements significatifs de nos besoins énergétiques par rapport au scénario de référence mais aussi par rapport aux scénarios EUpk15 et EUpk30. La consommation d'énergie primaire est respectivement 11% et 14% inférieure au niveau du scénario de référence dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am. Dans les deux cas, la consommation énergétique se situe en deçà du niveau de l'année 2000: -9% dans EUpk15am et -12% dans EUpk30am. Comme l'activité économique est supposée inchangée dans les scénarios post-2012, l'intensité énergétique du PIB diminue des mêmes pourcentages.

La diminution des besoins en énergie primaire concerne toutes les énergies fossiles (charbon, pétrole et gaz naturel) ce qui constitue une différence essentielle par rapport aux scénarios EUpk15 et EUpk30 où la demande de gaz naturel s'accroît par rapport au scénario de référence. La baisse la plus sensible concerne la consommation de charbon (-50% dans EUpk15am et -65% dans EUpk30am), elle découle essentiellement de l'introduction d'une CV qui pénalise fortement cette forme d'énergie. En ce qui concerne les produits pétroliers, l'effet "CV" est accentué par les politiques visant une réduction de la consommation énergétique pour les besoins de chauffage et pour le transport: la consommation de produits pétroliers est réduite de 13% dans EUpk15am et de 16% dans EUpk30am. La demande de gaz naturel est diminuée également quoique dans une moindre mesure (-8%

environ dans les deux scénarios). Cette évolution vient principalement de la demande finale énergétique pour les besoins de chauffage.

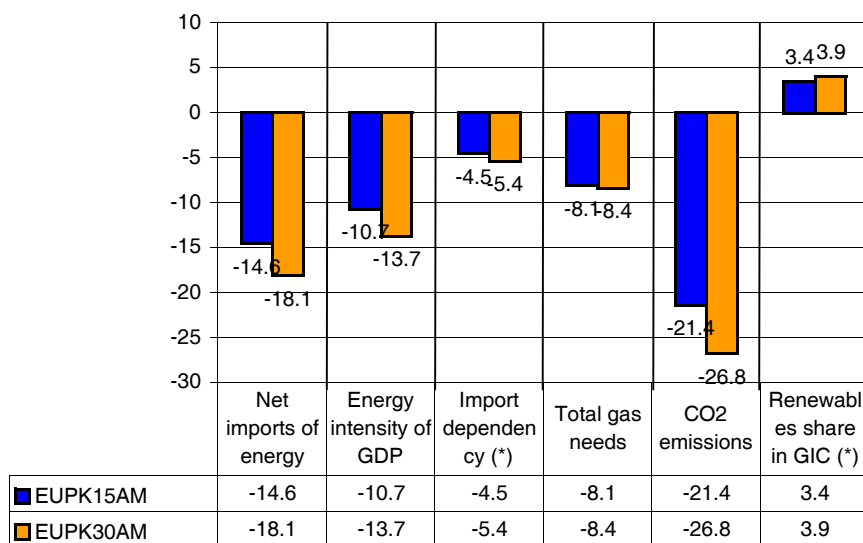
Contrairement aux énergies fossiles, la consommation de SER s'accroît par rapport au scénario de référence et, qui plus est, de façon très marquée (+66% dans EUpk15am et +71% dans EUpk30am). L'accroissement est également sensible par rapport aux scénarios EUpk15 et EUpk30. Ce résultat illustre le rôle déterminant d'une politique volontariste vis-à-vis des SER qui ne sont pas (encore) compétitives étant donné les hypothèses sur les coûts de production et sur le prix des énergies fossiles y inclus la CV. Comme la consommation totale d'énergie primaire diminue, l'effet d'une augmentation de la consommation des SER sur leur part dans la consommation intérieure brute est accentué: de 4% en 2020 dans le scénario de référence, elle passe à un peu plus de 7% dans EUpk15am et à 8% dans EUpk30am.

L'amélioration de l'efficacité énergétique et le développement de sources d'énergie renouvelables pris en compte dans les scénarios avec mesures additionnelles ont pour effet de réduire considérablement les importations nettes d'énergie. La réduction des besoins énergétiques combinée avec une production d'énergie primaire plus importante, fait chuter les importations nettes d'énergie fossile en 2020 de respectivement 15% et 18% dans EUpk15am et EUpk30am. La dépendance énergétique de la Belgique s'établit respectivement à 78% et à 77% en 2020, soit une baisse de 4 à 5 points de pourcentage par rapport au chiffre du scénario de référence. Comme la Belgique ne produit pas d'énergies fossiles, l'analyse par forme d'énergie est comparable à l'analyse décrite ci-dessus pour la consommation primaire d'énergie.

La réduction importante des besoins énergétiques et la nouvelle structure du mix énergétique qui caractérisent les scénarios post-2012 avec mesures additionnelles, ont un impact significatif sur les émissions de CO₂ énergétique: -21% dans EUpk15am et -27% dans EUpk30am en 2020, comparé au scénario de référence. Au niveau sectoriel, ces réductions globales s'établissent comme suit: -30% (EUpk15am et EUpk30am) pour le secteur énergétique, -14% (EUpk15am) et -29% (EUpk30am) pour l'industrie, -21% (EUpk15am) et -43% (EUpk30) pour le secteur résidentiel, -20% (EUpk15am) et -25% (EUpk30am) pour le secteur tertiaire, et finalement -21% (EUpk15am) et -24% (EUpk30am) pour le secteur des transports.

Par rapport à l'année de base (1990/1995), les résultats ci-dessus se traduisent par une réduction des émissions de CO₂ énergétique en 2020 de 13% dans le scénario EUpk15am et de 19% dans le scénario EUpk30am. Si on fait l'hypothèse que les émissions des autres GES évoluent de la même manière que dans les scénarios EUpk15 et EUpk30, on obtient une réduction des émissions totales de GES de quelque 17%, par rapport à l'année de base, dans le scénario EUpk15am et d'environ 24% dans le scénario EUpk30am.

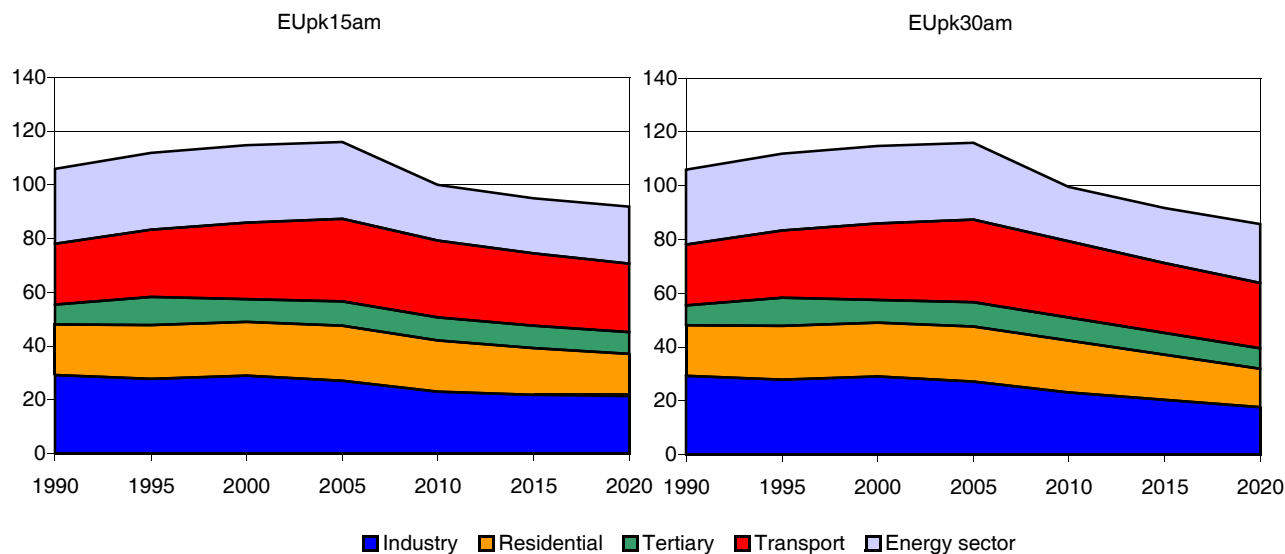
GRAPHIQUE 31 - Indicateurs relatifs à la demande d'énergie primaire dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am, année 2020, différence par rapport au scénario de référence (%)



Source: PRIMES.

(*): points de pourcentage.

GRAPHIQUE 32 - Evolution sectorielle des émissions de CO₂ énergétique dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am (Mt)



Source: PRIMES

ii. La production d'électricité et de chaleur

Les changements supplémentaires⁴⁵ dans le secteur électrique, induits par l'introduction des mesures additionnelles, sont de deux types : d'abord, le développement soutenu de l'éolien off-shore renforce la part des SER dans la production électrique ; ensuite, l'amélioration de la performance énergétique des équipements repris dans la catégorie "usages chauffage" tels que les chaudières, les chauffe-eau et les appareils de cuisson, a pour effet de réduire la demande

45. Par rapport aux évolutions décrites pour les scénarios EUpk15 et EUpk30.

d'électricité des secteurs résidentiel et tertiaire. Ce point sera développé dans la section suivante. La réduction nette de la demande d'électricité se traduit par une baisse du niveau de la production.

En ce qui concerne la structure de la production d'électricité, la contribution des énergies fossiles diminue encore au profit des SER dont la part frôle les 17% dans les deux scénarios, soit une augmentation de 8 points de pourcentage par rapport au scénario de référence. Cette évolution s'explique par les investissements supplémentaires en capacités éoliennes off-shore. Par rapport au scénario de référence, la production électrique à partir de turbines éoliennes augmente d'un facteur 2,5 en 2020 et la production d'électricité et de vapeur à partir de biomasse progresse de respectivement 39% et 42% dans EUpk15am et EUpk30am.

La part des énergies fossiles passe sous la barre des 50% dans les deux scénarios. Comme le charbon disparaît totalement du mix des combustibles⁴⁶, les produits pétroliers sont très peu utilisés et les gaz dérivés (gaz de cokerie et de hauts fourneaux) sont limités par l'activité de la sidérurgie, les énergies fossiles couvrent essentiellement le gaz naturel dont la consommation est comparable avec le scénario de référence dans les deux scénarios (différence de -3% et +2% selon le scénario).

Les graphiques ci-dessous illustrent les évolutions décrites ci-dessus et complètent l'information présentée sur le graphique précédent. Ils peuvent être facilement comparés avec les graphiques du même type réalisés pour le scénario de référence et les scénarios EUpk15 et EUpk30.

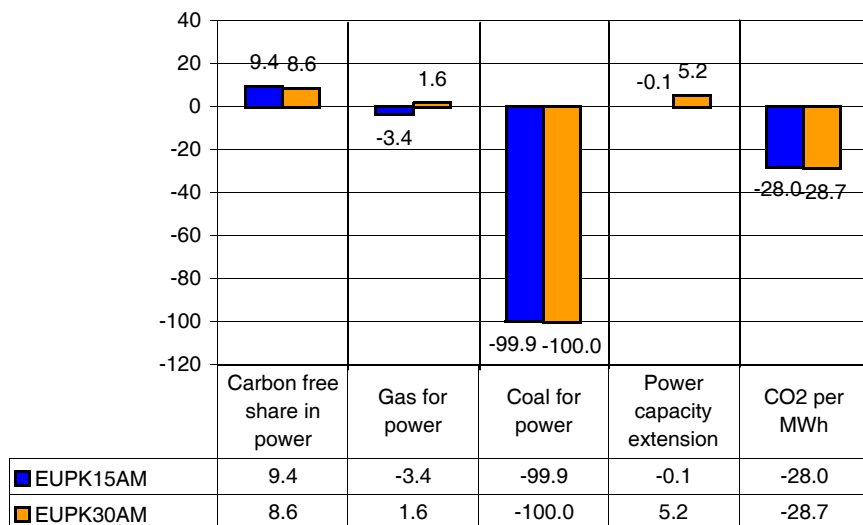
Suite aux changements dans la structure de la production d'électricité et de vapeur, l'intensité en carbone de ce secteur diminue de manière significative: -28% dans EUpk15am et -29% dans EUpk30am. En ce qui concerne les extensions de capacités de production d'électricité et de chaleur, elles sont comparables en 2020 au scénario de référence dans le scénario EUpk15am et légèrement supérieures (+5%) dans EUpk30am. C'est le résultat de deux tendances qui agissent en sens contraire: (1) une baisse de la demande électrique qui réduit les besoins en capacités de production et (2) un abaissement du taux d'utilisation⁴⁷ moyen du parc du fait de capacités éoliennes plus importantes qui augmente les besoins en capacités de production.

Enfin, le coût moyen de production d'électricité et de chaleur est respectivement 2% et 3% supérieur au coût moyen du scénario de référence dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am.

46. Dans le scénario EUpk15, le charbon représentait encore 5% de l'électricité produite mais 0% dans le scénario EUpk30.

47. Taux d'utilisation = production / (capacité x 8760 heures)

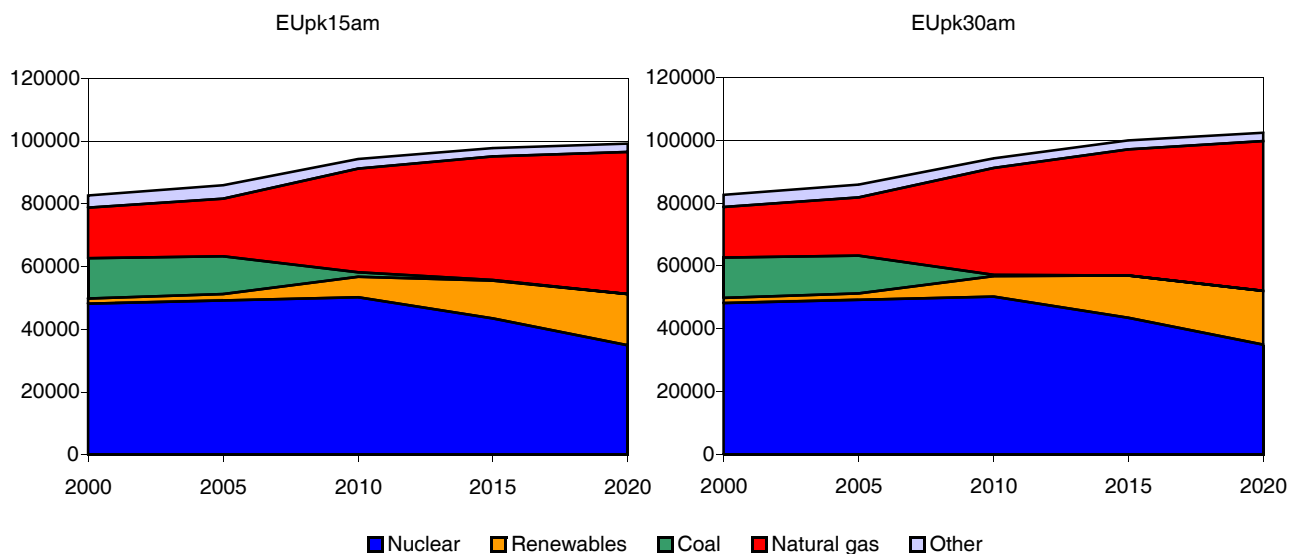
GRAPHIQUE 33 - Indicateurs relatifs à la production d'électricité dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am, année 2020, différence par rapport au scénario de référence (%)



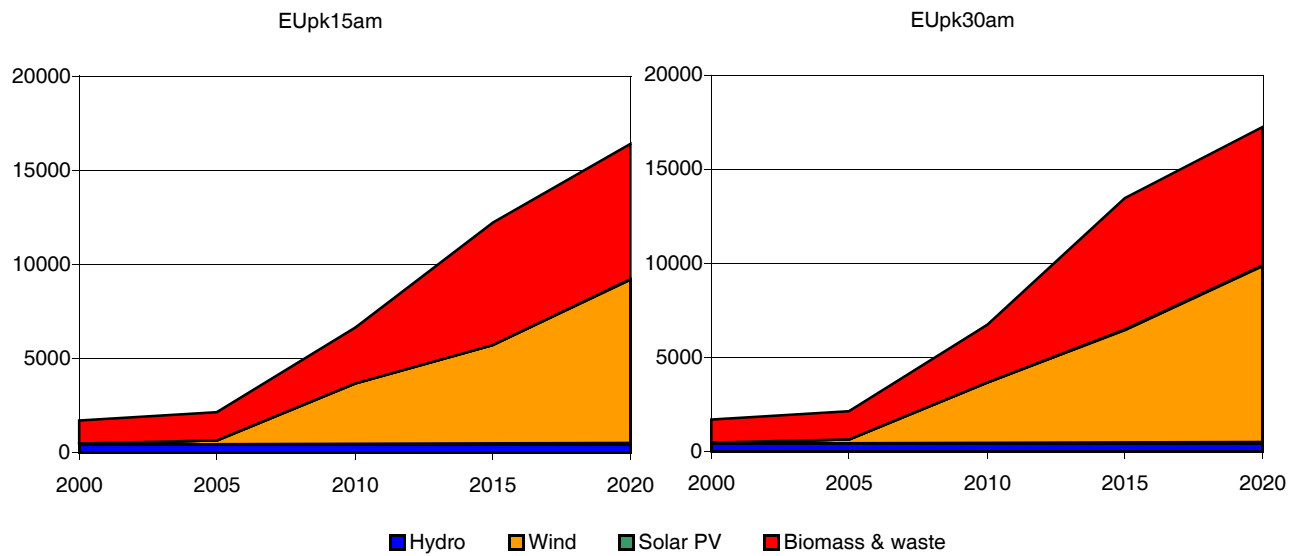
Source: PRIMES.

(*): points de pourcentage.

GRAPHIQUE 34 - Production d'électricité par forme d'énergie dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am (GWh)



Source: PRIMES

GRAPHIQUE 35 - Production d'électricité à partir des renouvelables dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am (GWh)

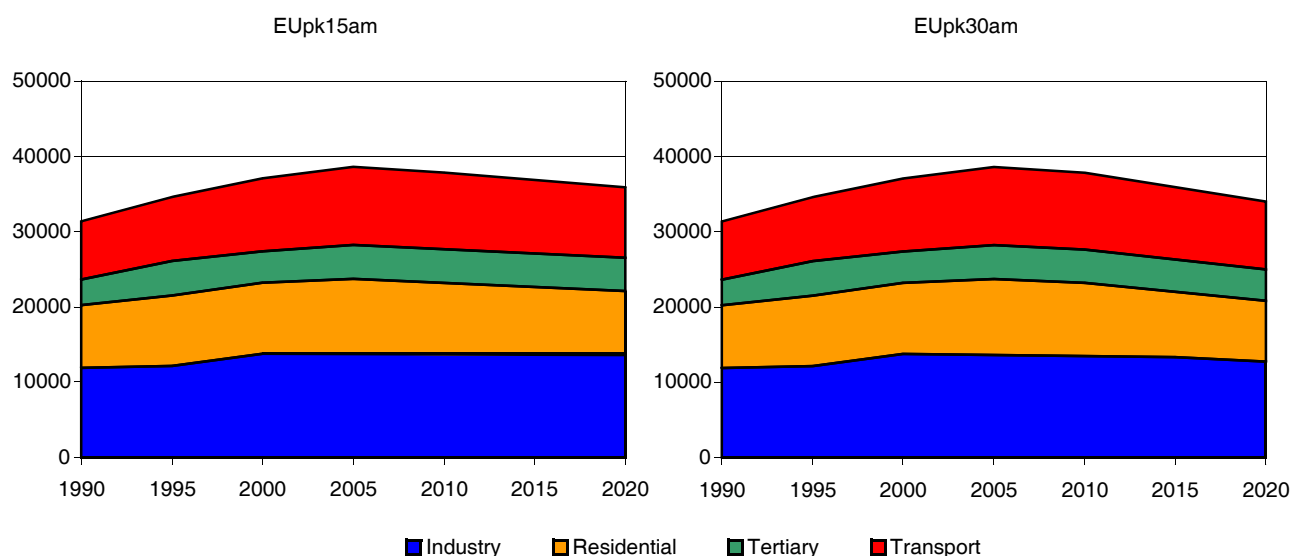
Source: PRIMES.

iii. La demande finale énergétique

Dans les scénarios post-2012 avec mesures additionnelles, la demande finale énergétique réagit non seulement à une hausse des prix de l'énergie par le biais de la CV, mais aussi aux changements importants induits par une amélioration de la performance énergétique des bâtiments et par une réduction et une restructuration de l'activité de transport.

La combinaison de ces effets est une baisse significative de la consommation finale énergétique par rapport au scénario de référence: -13% dans EUpk15am et -17% dans EUpk30am. Ce résultat est aussi un indicateur des limites que peuvent avoir des mécanismes de prix et de coûts liés à l'énergie dans certains secteurs lorsqu'il s'agit de réduire drastiquement leur consommation énergétique. Des élasticités aux prix énergétiques très faibles comme c'est le cas dans le transport, des contraintes de financement, une inertie au changement, un manque d'information ou des défaillances de marché ("market failure") sont autant de freins à la réalisation des potentiels d'économie d'énergie qui poussent à définir des politiques spécifiques afin d'élargir les possibilités de réduction des émissions de GES.

Les graphiques ci-dessous décrivent l'évolution de la demande finale énergétique totale et sectorielle dans les deux scénarios EUpk15am et EUpk30am. Il peut être facilement comparée aux graphiques du même type réalisés pour le scénario de référence et les scénarios EUpk15 et EUpk30.

GRAPHIQUE 36 - Evolution sectorielle de la demande finale d'énergie dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am (ktep)

Source: PRIMES.

Le lecteur trouvera des résultats plus détaillés par secteur dans l'annexe 6. Ces résultats concernent les changements, par rapport au scénario de référence, du niveau de la demande d'énergie finale, du niveau de la demande d'énergie utile pour les secteurs résidentiel et tertiaire, de l'intensité en carbone de la demande finale, de la partie "énergie" des coûts de production et de la dépense des ménages (hors transport) par tep consommée, d'une part (en € par tep), et totale, d'autre part (en €). Ces résultats sont résumés brièvement ci-dessous.

Dans l'industrie, les changements résultent principalement de l'introduction d'une CV et sont pour la plupart comparables aux scénarios EUpk15 et EUpk30. Aucune politique ou mesure directement dirigée vers l'industrie n'a été introduite dans les scénarios avec mesures additionnelles.

Dans les secteurs résidentiel et tertiaire et le secteur des transports, les résultats sont par contre très différents, surtout au niveau de la demande finale énergétique. Des politiques ambitieuses visant à augmenter la performance énergétique des bâtiments, combinées avec une CV, conduisent à une réduction de la consommation énergétique des ménages (transport non inclus) de respectivement 19% et 22% dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am. Pour le secteur tertiaire, les pourcentages s'établissent à 20% et 24%. Au niveau du transport, la diminution de la consommation finale d'énergie est du même ordre de grandeur: -17% dans EUpk15am et -21% dans EUpk30am.

L'impact sur l'intensité en carbone est davantage lié au mix énergétique qu'au niveau de la demande. Dans le secteur tertiaire, comme la mise en œuvre des mesures additionnelles a peu d'impact sur le mix énergétique, la baisse de l'intensité en carbone est comparable aux résultats enregistrés dans les scénarios EUpk15 et EUpk30. Dans les autres secteurs, par contre, l'intensité en carbone diminue encore. Dans l'industrie cela est dû à une consommation légèrement accrue de biomasse en substitution aux produits pétroliers (75%) et au gaz naturel (25%). Dans le secteur résidentiel, cela provient de la baisse proportionnellement plus marquée de la consommation de produits pétroliers et de gaz naturel pour le chauffage, comparée à celle qui affecte la consommation électrique. Et enfin, le

quasi doublement de la part des biocarburants dans le transport explique la réduction de l'intensité en carbone dans ce secteur.

Contrairement aux scénarios EUpk15 et EUpk30 où la demande finale électrique augmentait par rapport au scénario de référence suite à l'introduction de la CV, on note ici une diminution de la demande totale d'électricité de 4% dans EUpk15am et de 1% dans EUpk30am. L'impact relativement plus faible qu'a la CV sur les prix de l'électricité comparé à l'impact sur les prix des combustibles fossiles (voir supra) est contrebalancé par l'amélioration de la performance énergétique des équipements électriques repris dans la catégorie "usages chauffage" et qui découle des politiques mises en œuvre. Enfin, il faut noter que l'augmentation de la consommation électrique des transports suite au développement plus marqué des transports en train, tram et métro, est marginale comparée aux deux autres effets⁴⁸.

Enfin, le tableau ci-dessous décrit l'impact sur les coûts des différents secteurs de la demande finale, des changements opérés dans les scénarios avec mesures additionnelles.

TABLEAU 23 - Impact sur les coûts dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am, année 2020, différence par rapport au scénario de référence (%)

	Scenario EUpk15am	Scenario EUpk30am
Industry		
Energy related costs	9%	20%
Energy related costs/toe consumed	13%	32%
Tertiary		
Energy related costs	-11%	-4%
Energy related costs/toe consumed	11%	25%
Residential		
Energy related expenditures	-4%	0%
Energy related costs/toe consumed	16%	27%

Source: PRIMES, NTUA.

Comme les mesures additionnelles analysées dans les scénarios EUpk15am et EUpk30am ne s'adressent pas directement à l'industrie, l'impact sur les coûts de production de l'industrie est comparable à celui qui avait été calculé dans les scénarios EUpk15 et EUpk30 (voir tableau 20). Dans ce secteur, l'effet résulte essentiellement de la hausse des prix de l'énergie induite par la CV.

Dans les secteurs résidentiel et tertiaire, les résultats sont par contre très différents. D'un côté, les coûts énergétiques unitaires (coûts énergétiques totaux divisés par la consommation d'énergie) augmentent davantage par rapport au scénario de référence que dans les scénarios EUpk15 et EUpk30. Cette évolution s'explique par les changements dans le mix énergétique: l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments entraîne surtout une diminution de la consommation des énergies fossiles; cette diminution a pour effet d'augmenter la part de l'électricité dans la consommation énergétique totale ; or le prix de l'électricité est sensiblement plus cher que le prix du gasoil de chauffage et du gaz

48. L'augmentation enregistrée est de 5% mais la consommation électrique du secteur transport représente moins de 2% de la consommation finale totale d'électricité.

naturel même compte tenu de la CV. De l'autre côté, les coûts énergétiques totaux diminuent par rapport au scénario de référence alors qu'ils étaient plus élevés dans les scénarios EUpk15 et EUpk30. Cette évolution vient de ce que la hausse des coûts énergétiques unitaires est plus que compensée ou annulée par la baisse de la consommation énergétique totale du secteur.

iv. Les limites de l'analyse des coûts

Alors que les coûts énergétiques unitaires, calculés avec le modèle PRIMES, augmentent de manière sensible dans les scénarios post-2012 avec mesures additionnelles, les coûts énergétiques totaux (coûts énergétiques unitaires multipliés par la consommation) diminuent dans la majorité des secteurs. Cette évolution est due à la réduction significative des consommations énergétiques dans les bâtiments et dans les transports. Cependant, il convient de souligner que certaines mesures additionnelles (en particulier celles visant à améliorer la performance énergétique des bâtiments ou à changer les schémas de mobilité) impliquent des éléments de coûts qui ne sont pas directement liés aux coûts du système énergétique estimés par le modèle PRIMES. En particulier, une plus grande efficacité énergétique – un des fils rouges de ces scénarios avec politiques additionnelles – résulte dans une baisse des coûts énergétiques globaux et a un impact positif sur l'efficacité économique. Or, le modèle PRIMES ne rend pas compte de tous les coûts induits par ce type de politique. Si on prend l'exemple de l'isolation des bâtiments qui a un impact considérable sur les émissions de CO₂, seule une partie des coûts est prise en compte. D'un côté, les dépenses d'investissement (et l'amortissement) liées à une meilleure isolation ne sont pas intégrées dans le modèle. De l'autre, on suppose la mise en œuvre de différents instruments pour réaliser les potentiels de réduction (cf. supra) mais on n'en évalue pas les coûts pour les agents économiques ou pour l'Etat. Cette limitation est valable également pour les mesures envisagées dans le transport, qu'il s'agisse des dépenses d'investissement liées à l'infrastructure de transport ou à la distribution des biocarburants pour ne citer que ces deux exemples.

Si une description complète des effets économiques de réductions significatives des GES dépasse le cadre de cette étude, elle souffre surtout d'un manque d'informations détaillées sur le coût de politiques et mesures spécifiques liées à la gestion de la demande énergétique. A l'avenir, toutefois, la nouvelle directive européenne (2006/32/CE) sur les services énergétiques et l'efficacité énergétique devrait permettre aux Etats membres de mieux évaluer leurs politiques et mesures. Cela étant, l'analyse présentée dans ce chapitre a été complétée par une évaluation des impacts macroéconomiques avec le modèle HERMES. Les résultats de cette évaluation sont présentés dans le chapitre II.B.

Il est évident que les politiques ambitieuses qui seront requises pour réduire les émissions de CO₂ entraîneront des coûts mais aussi des bénéfices. Parmi les bénéficiaires des politiques climatiques il y a la société dans son ensemble puisque les impacts négatifs du changement climatique seront limités. Les implications en termes de coûts peuvent, quant à elles, varier très fortement d'un secteur à l'autre. Elles sont fonction de l'intensité énergétique et en carbone du secteur considéré, des marges de manœuvre pour répondre aux changements, et enfin de la forme des instruments politiques qui seront choisis.

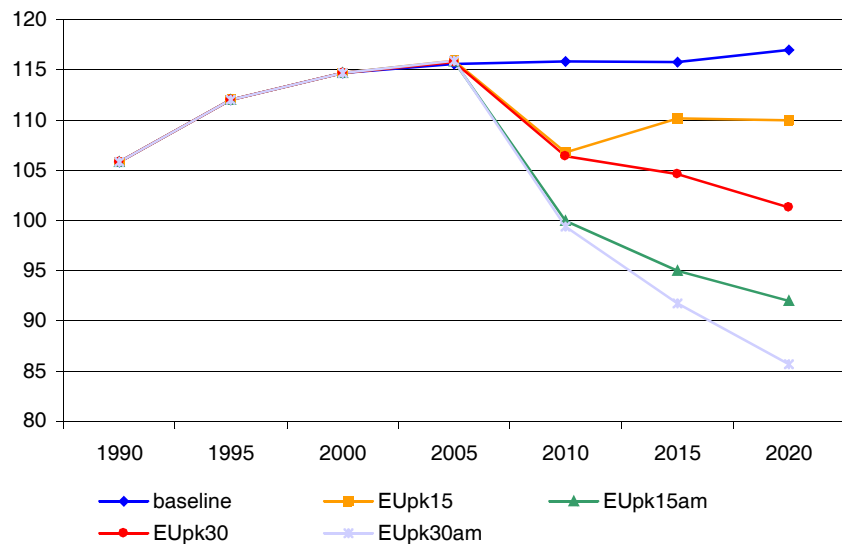
g. Conclusions

L'analyse de l'impact de scénarios de réduction des émissions de GES à l'horizon 2020 sur le système énergétique et les émissions en Belgique a été réalisée en deux temps. Dans un premier temps, nous avons considéré deux pourcentages de réduction des émissions de GES au niveau de l'Union européenne en 2020 (-15% et -30% par rapport à 1990), nous avons ensuite évalué les coûts marginaux de réduction (ou valeurs du carbone) des émissions européennes correspondant à ces deux pourcentages et les conséquences sur les émissions de GES en Belgique, et enfin, nous avons analysé l'impact sur le système énergétique belge. Cette approche, basée sur l'égalisation des coûts marginaux d'abattement entre pays et secteurs, garantit la réalisation à moindre coût des réductions envisagées.

Dans un deuxième temps, nous avons défini, à la lumière de l'analyse précédente, un certain nombre de politiques spécifiques ambitieuses qui permettent de réduire les émissions belges de GES au-delà des niveaux de réductions calculés selon l'approche de l'égalisation des coûts marginaux d'abattement. Les politiques choisies se focalisent sur le développement d'éoliennes en mer du Nord, sur la performance énergétique des bâtiments et sur la mobilité et le transport. Puis, partant des mêmes valeurs de coût marginal qu'estimées précédemment, nous avons analysé l'impact de la mise en œuvre de ces mesures additionnelles sur les émissions de CO₂ énergétique et sur le système énergétique belges.

Le graphique ci-dessous illustre l'impact des différents scénarios post-2012 sur les émissions de CO₂ énergétique. Il met en évidence le large éventail de réductions qui est fonction de l'objectif européen considéré et de la mise en œuvre ou non de mesures ambitieuses.

GRAPHIQUE 37 - Evolution des émissions de CO₂ énergétique: scénarios de référence et post-2012 (Mt)



Source: PRIMES.

Pour réduire les émissions de GES de l'Union européenne de 15% en 2020 par rapport à 1990, une valeur du carbone de 42 €/t CO₂ serait nécessaire. Cette valeur du carbone induit des réductions d'émissions différentes selon le pays mais aussi selon le type de GES. En Belgique, le résultat est une diminution globale des émissions de GES de -4,8% (cf. tableau 16). Elle est répartie de la façon suivante: +

3,9% pour le CO₂ énergétique, -16,3% pour le CO₂ non énergétique et -30,8% pour les GES non-CO₂.

Les principaux impacts sur le système énergétique belge sont exprimés en écart par rapport au scénario de référence et pour l'année 2020. La consommation d'énergie primaire est réduite de 2,3% entraînant une baisse des importations totales d'énergie. La valeur du carbone pénalise surtout le charbon dont la consommation est diminuée de 30% et dans une moindre mesure les produits pétroliers (-2%). Elle profite, par contre, au gaz naturel (+2%) et aux sources d'énergie renouvelables (+15%). Ces évolutions s'expliquent principalement par les changements opérés au niveau de la structure de la production d'électricité: une réduction de moitié du recours au charbon compensée par une consommation plus importante de gaz naturel (+11%) et une progression des SER dont la part dans la production d'électricité dépasse légèrement les 10%. Les conséquences au niveau de la demande finale énergétique sont comparables à celles décrites pour la consommation d'énergie primaire. L'impact sur les coûts liés à l'énergie a été estimé pour certains secteurs: des hausses s'échelonnant entre 4 et 9% selon le secteur sont à noter.

La mise en œuvre de politiques additionnelles a des conséquences importantes tant sur le système énergétique que sur les émissions. Les émissions de CO₂ énergétique sont réduites de -13% en 2020 par rapport à 1990. En supposant la même évolution que celle décrite dans le scénario précédent pour les autres GES, cette évolution se traduit par une réduction de -17% en 2020 pour l'ensemble des GES. Les changements sur le plan énergétique concernent surtout le niveau de la demande d'énergie et la structure de la production électrique. La consommation d'énergie primaire est réduite de 11% par rapport au scénario de référence. Toutes les énergies fossiles voient leur consommation diminuer (charbon -50%, produits pétroliers -13% et gaz naturel -8%) tandis que les sources d'énergie renouvelables progressent encore. Leur contribution aux besoins énergétiques du pays s'élève à 7% en 2020, comparé à 4% dans le scénario de référence. En ce qui concerne la production électrique, les principales modifications sont la disparition de la production électrique à partir du charbon et le développement des SER tiré par les investissements en capacités éoliennes off-shore. La part des énergies fossiles passe ainsi sous le seuil des 50% tandis que la contribution des SER frôle les 17%. La hausse des prix des énergies fossiles (suite à l'introduction d'une valeur du carbone) combinée avec les mesures additionnelles dans les secteurs résidentiel et tertiaire et les transports conduit à une réduction de la demande finale totale d'énergie de 13% par rapport au scénario de référence.

Pour réduire les émissions de GES de l'Union européenne de 30% en 2020 par rapport à 1990⁴⁹, une valeur du carbone de 110 €/t CO₂ serait nécessaire. Cette valeur du carbone induit des réductions d'émissions différentes selon le pays mais aussi selon le type de GES. En Belgique, le résultat est une diminution globale des émissions de GES de -13,7% (cf. tableau 18). Elle est répartie de la façon suivante: -4,3% pour le CO₂ énergétique, -24,9% pour le CO₂ non énergétique et -42,3% pour les GES non-CO₂.

Par analogie aux scénarios précédents, les principaux impacts sur le système énergétique belge sont exprimés en écart par rapport au scénario de référence et

49. Plus précisément : -25% réalisés dans l'Union européenne sans recourir à la capture et au stockage du CO₂ et -5% réalisés en dehors de l'Union européenne et/ou en recourant à la technologie précitée si sa faisabilité technique était avérée à l'horizon 2020.

pour l'année 2020. La consommation d'énergie primaire est réduite de 5,7% entraînant une baisse des importations totales d'énergie. La valeur très élevée du carbone pénalise encore davantage le charbon dont la consommation est diminuée de 64% et dans une moindre mesure les produits pétroliers (-7%). Elle profite, par contre, au gaz naturel (+6%) et aux sources d'énergie renouvelables (+23%). De nouveau, ces évolutions s'expliquent principalement par les changements opérés au niveau de la structure de la production d'électricité: une élimination du recours au charbon compensée par une consommation accrue de gaz naturel (+20%) et une progression des SER dont la part dans la production d'électricité s'établit à 10,8%. Les conséquences au niveau de la demande finale énergétique sont comparables à celles décrites pour la consommation d'énergie primaire. L'impact sur les coûts liés à l'énergie a été estimé pour certains secteurs: des hausses s'échelonnant entre 9 et 20% selon le secteur sont à noter.

La mise en œuvre de politiques additionnelles amplifient encore les impacts décrits ci-dessus tant au niveau du système énergétique que des émissions. Les émissions de CO₂ énergétique sont réduites de -19% en 2020 par rapport à 1990. En supposant la même évolution que celle décrite dans le scénario précédent pour les autres GES, cette évolution se traduit par une réduction de 24% en 2020 pour l'ensemble des GES. Les changements sur le plan énergétique concernent surtout le niveau de la demande d'énergie et la structure de la production électrique. La consommation d'énergie primaire est réduite de 14% par rapport au scénario de référence. Toutes les énergies fossiles voient leur consommation diminuer (charbon -65%, produits pétroliers -16% et gaz naturel -8%) tandis que les sources d'énergie renouvelables progressent encore. Leur contribution aux besoins énergétiques du pays s'élève à 9% en 2020, comparé à 4% dans le scénario de référence. En ce qui concerne la production électrique, la principale modification vient du développement encore plus soutenu des SER tiré par les investissements en capacités éoliennes off-shore. La part des énergies fossiles passe ainsi sous le seuil des 50% tandis que la contribution des SER frôle les 17%. La hausse des prix des énergies fossiles (suite à l'introduction d'une valeur du carbone) combinée avec les mesures additionnelles dans les secteurs résidentiel et tertiaire et les transports conduit à une réduction de la demande finale totale d'énergie de 17% par rapport au scénario de référence.

5. Lijst van referenties

AEAT, *Options to Reduce Methane and N₂O Emissions*, Final Reports to European Commission DG XI, November 1998

Bates, J, M.Adams, A. Gardiner, J. Cofala, J. van Minnen, H. Eerens, N. Kouvaritakis, L. Mantzos, M. Zeka-Paschou, 2004. SoEOR2005: *Greenhouse gas emission projections and costs 1990–2030*. EEA-ETC/ ACC- Technical paper 2004/1

Belgisch Staatsblad, 28 februari 2003, pp. 9879-9880

C-Power, http://www.c-power.be/applet_mernu_nl/index01_nl.htm

Capros P., N. Kouvaritakis and L. Mantzos, *Economic Evaluation of Sectoral Emission Reduction Objectives for Climate Change: Top-Down Analysis of GHG Emission Reduction Possibilities in the EU*, Report by NTUA to European Commission DG XI, March 2001

- Commission of the European Communities, *An EU strategy for biofuels*, Communication from the Commission COM(2006) 34 final, February 2006
- Conseil Central de l'Economie (CCE-CRB), *Avis relatif à l'efficacité énergétique dans le secteur du logement en Belgique*, 21 décembre 2005 et *Avis complémentaire à l'avis du 21 décembre 2005 Avis relatif à l'efficacité énergétique dans le secteur du logement en Belgique*, 19 avril 2006.
- Conseil de l'Union européenne, *Conclusions de la 2647^{ème} session du Conseil Environnement*, 10 mars 2005
- Conseil de l'Union européenne, Conseil européen de Bruxelles, *Conclusions de la Présidence*, 22 et 23 mars 2005
- Cofala Janus et al., *Emissions of air pollutants and selected non-CO₂ GHG by sector for the "Current Legislation" Scenario*, Report by IIASA's GAIN model team to NTUA for DG TREN 2005-2006 Long Range Energy Modelling project, 28 March 2006
- CREG, *Proposition de programme indicative des moyens de production d'électricité 2005-2014*, (C)050120-CREG-388, 20 janvier 2005
- Criqui, A. Kitous., M. Berk, M. den Elzen, B. Eickhout, P. Lucas, D. van Vuuren, N. Kouvaritakis, D. Vanregemorter, B. de Vries, H. Eerens, R. Oostenrijk, L. Paroussos, *Greenhouse gases reduction pathways in the UNFCCC process up to 2025*, Technical Report European Commission, Environment DG, Brussels, 2003
- De Herde A. et al, *Comparaison de systèmes de chauffage de logements - Projet "Connaissance des émissions de CO₂" pour Electrabel/SPE, phase 2 - sous-projet 4*, UCL Architecture et Climat, mars 2000
- EEA ETC/ACC, *Technical Report on Scenario test run results for Climate Change and Air Pollution SoEOR2005*, April 2004
- EEA Reports, *Analysis of GHG trends and projections in Europe, 2004 and Climate change and a European low-carbon energy system*, 2005
- European Commission, *Green Paper "Towards a European Strategy for the security of energy supply"*, COM(2000) 769, final
- European Commission, *White Paper "European transport policy for 2010: time to decide"*, COM(2001) 370
- European Commission DG TREN, *European Energy and Transport Scenarios on Key Drivers*, prepared by NTUA with the PRIMES model, July 2004
- European Commission DG TREN, *European Energy and Transport Trends to 2030 – Update 2005*, prepared by NTUA with the PRIMES model, forthcoming publication, June 2006
- Figas, *Statistisch jaarboek 2004*
- Gusbin D. & B. Hoornaert, *Energievooruitzichten voor België tegen 2030*, Federaal Planbureau, PP95, januari 2004

- Heijnes H., Van Brummelen M. and K. Blok, *Reduction of the Emissions of HFCs, PFC's and SF6 in the EU*, Final Report by ECOFYS SA to European Commission DG XI, April 1999 and update April 2000
- Henry A., *Quelle énergie pour un développement durable?*, Bureau fédéral du Plan, Task Force Duurzame Ontwikkeling, WP14-05, juin 2005
- IEA, *World Energy Outlook 2004*
- IEA, *World Energy Outlook 2005*
- Nationale Klimaatcommissie, *Vierde Nationale Mededeling over Klimaatverandering onder het Raamverdrag van de Verenigde Naties inzake Klimaatverandering*, België, januari 2006
- Official Journal of the European Communities, *Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market*
- Official Journal of the European Communities, *Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels and other renewable fuels in transport*
- Politique Scientifique fédérale, *Optimal offshore wind energy developments in Belgium*, CP/21, mai 2004
- Politique scientifique fédérale, *Isolation des logements en Belgique (CRIOC) - Etude "Détermination de profils de ménages pour une gestion plus efficace de la demande d'énergie"*, CP/50, mars 2006
- Politique Scientifique fédérale, *Démographie, géographie et mobilité: perspectives à long terme et politiques pour un développement durable (MOBIDIC)*, CP/60, avril 2006 (à paraître)
- PriceWaterhouseCoopers, *Diminution des émissions de gaz à effet de serre par la gestion de la demande d'énergie: mesures fédérales potentielles*, mars 2006.
- VITO & ECONOTEC, *Key assumptions for subsequent calculation of mid and long term greenhouse gas emission scenarios in Belgium*, document prepared in the framework of a study carried out for the Federal Public Service of Public Health, Food Chain Safety and Environment – DG Environment, 2005
- VITO & 3E, *Prognoses voor hernieuwbare energie en warmtekrachtkoppeling tot 2020*, Studie uitgevoerd in opdracht van ANRE, 2005/IMS/R/339, oktober 2005
- Zagame Paul et al., *Econometric Modelling for Sustainable Development*, NEMESIS/ETC reports to European Commission DG Research, Reports NNES/2001-00015 and NNES/2001-00117 and updated reports, 2001-2004

B. Evaluation des impacts économiques avec HERMES

1. Introduction

Cette partie du rapport a pour objet de présenter les principaux effets, pour l'économie belge, de la mise en oeuvre de réductions des émissions de gaz à effet de serre (GES) ou de politiques climatiques présentés plus haut.

Dans ce cadre, le modèle énergétique PRIMES a tout d'abord été utilisé afin d'évaluer l'impact sur le système énergétique belge de la mise en oeuvre de ces baisses des émissions. Il restait à en évaluer les conséquences sur l'économie belge. Cette évaluation a été réalisée à l'aide du modèle économétrique de moyen terme HERMES du Bureau fédéral du Plan (ainsi qu'avec le modèle européen NEMESIS pour les aspects d'environnement extérieur).

Het HERMES-model wordt dus niet gebruikt voor het maken van de energievooruitzichten, wel voor het berekenen van de impact van een klimaatbeleid op de Belgische economie. Hoewel het model ontwikkeld werd en vooral gebruikt wordt in het kader van middellangetermijnanalyses, zou het analyseren van varianten tot 2020 weinig problemen moeten stellen.

Scénarios envisagés

Deux scénarios ont été envisagés : les scénarios EUpk15 et EUpk30.

Pour rappel, le premier scénario a trait à la mise en oeuvre, au niveau européen, d'un objectif de réduction des GES de 15% en 2020, par rapport au niveau atteint en 1990, alors que le second scénario retient un objectif de réduction de 30%.

Les scénarios EUpk15am et EUpk30am n'ont, par contre, pas été envisagés dans cette partie de l'étude : leur mise en oeuvre aurait nécessité l'obtention d'une information précise sur les coûts des mesures additionnelles envisagées. Seule, une partie de l'information requise peut être fournie par le modèle PRIMES, comme par exemple les dépenses d'investissements dans le secteur électrique. Par contre, les dépenses d'investissement liées à une meilleure isolation, aux infrastructures de transport ou encore à la distribution de biocarburants ne sont pas évaluées et doivent faire l'objet d'estimation "hors modèle" sur base d'études existantes. C'est le cas également d'autres coûts induits par les mesures comme le coût des instruments à mettre en oeuvre pour susciter les changements de comportement des agents économiques concernés. Le temps imparti pour cette étude ne nous a pas permis de rechercher l'information supplémentaire nécessaire ni de pouvoir juger de sa disponibilité.

Les deux scénarios EUpk15 et EUpk30 sont simulés en introduisant, dans HERMES, une valeur du carbone⁵⁰ qui est calculée au niveau du modèle PRIMES. L'introduction de cette valeur du carbone, qui a pour effet d'accroître les prix des produits énergétiques, se réalise en pratique de deux manières :

- En ce qui concerne les secteurs accédant au marché des permis d'émission (Emission Trading Scheme-ETS), la valeur du carbone prend la forme d'une taxe CO₂ fictive (ne donnant lieu, directement, à aucune recette

50. Cette valeur du carbone est censée refléter la valeur du coût marginal d'abattement, pour chaque niveau de réduction des émissions de CO₂ énergétique.

publique supplémentaire), supposée refléter l'accroissement du prix des permis d'émission;

- En ce qui concerne les secteurs n'accédant pas au système ETS, l'introduction de la valeur du carbone prend la forme d'une taxe CO₂ prélevée par l'Etat.

Notons qu'il n'est pas exclu qu'après la révision de la Directive sur le EU-ETS, certains de ces secteurs accèdent au système. Dans ce cas, la valeur du carbone correspondrait au prix du permis.

Recherche d'un double dividende

Dans le cas où une taxe CO₂ est effectivement perçue, on suppose que les recettes supplémentaires font l'objet d'un recyclage, calibré de telle sorte que l'opération soit, *ex ante*, fiscalement neutre pour les autorités. Deux modes de recyclage de la nouvelle recette sont à prévoir dans le cadre de l'étude. Dans le premier cas, la nouvelle recette est affectée uniquement à une réduction des cotisations sociales employeurs. Selon le second mode de recyclage, la nouvelle recette en taxes énergétiques est recyclée via une baisse des cotisations sociales employeurs et personnelles, *au prorata* du supplément de taxes énergétiques que ces agents seraient amenés à payer dans les différents scénarios.

Notons que le choix de ces modalités de recyclage est justifié par la possibilité d'obtenir un double dividende, à savoir une relance de l'emploi, par l'abaissement du coût du travail (outre la réduction des émissions de GES). D'autres modes de recyclage pourraient être imaginés, afin de garantir notamment un meilleur effet redistributif de la mesure (par exemple via des baisses d'impôts directs).

Utilisation de modèles économétriques

Toutes les simulations (quatre au total) concernent la période 2010-2020. Elles sont étudiées à l'aide d'une version récente du modèle économétrique macro-sectoriel HERMES, en partant d'une simulation de référence correspondant à la projection de moyen terme 2005-2010 d'octobre 2005, prolongée sur la période 2011-2020. Par ailleurs, un autre modèle économétrique, le modèle européen NEMESIS, a été utilisé en vue de calculer des modifications éventuelles de l'environnement extérieur.

L'utilisation d'un modèle économétrique permet de formaliser les relations pouvant exister entre des variables, dérivées de la théorie économique et estimées de manière empirique. Le modèle économétrique ainsi construit fournit un cadre d'analyse cohérent, compatible avec les comportements mis en évidence sur le passé récent. Le modèle HERMES qui est utilisé pour l'étude est, ainsi, régulièrement actualisé et réestimé. Ce modèle est particulièrement bien adapté à l'étude de modifications apportées aux prix relatifs des facteurs (via par exemple une modification de la fiscalité), car il tient notamment compte des coûts de transition liés à l'adaptation du marché du travail, dans un contexte de changements des prix relatifs.

Formation des salaires

Deux modes de fonctionnement du modèle HERMES peuvent, en théorie, être retenus en matière de formation des salaires. Selon le premier mode de fonctionnement, la hausse des prix énergétiques et les baisses de cotisations sociales sont sans effet sur le taux de salaire brut réel. Dans ce cas, on suppose que le taux de salaire brut hors index reste identique à celui de la projection de référence, dans laquelle le salaire est déterminé sur base d'une norme salariale fixée

à partir de l'évolution des salaires chez nos principaux partenaires. Dans ce scénario, une baisse des cotisations sociales patronales se répercute entièrement sur le coût salarial, alors que la baisse des cotisations sociales personnelles laisse ce coût salarial pratiquement inchangé.

Dans un deuxième mode de fonctionnement, le modèle s'inscrit dans une logique de libre négociation salariale. Ce mode suppose que le salaire brut hors index dépend de l'évolution des productivités et d'un effet de Phillips via le taux de chômage⁵¹. Dans ce scénario, les effets macroéconomiques des chocs injectés se répercutent sur le cheminement des salaires, avec une rétroaction inévitable sur les agrégats économiques. Dans ce cas, la diminution des charges salariales-et, partant, la création d'emploi- risque d'être partiellement neutralisée par une hausse du taux de salaire brut que pourrait susciter une baisse du taux de chômage.

Pour le présent exercice, seul le mode de fonctionnement du modèle en salaire brut hors index inchangé a été retenu.

Organisation de cette partie

La section 2 présente la projection de base 2005-2020 qui a été utilisée comme point de départ pour l'analyse des impacts économiques des différents scénarios de réduction des émissions de GES. La section 3 décrit de manière détaillée les modalités des scénarios de réduction et le type de redistribution prévu pour la nouvelle recette. La section 4 présente les principaux résultats des simulations: résultats macroéconomiques et en matière d'activité des branches, résultats pour les finances publiques. La section 5 contient les principales conclusions de cette analyse. Enfin, des résultats détaillés des différentes simulations peuvent être trouvés dans les annexes du rapport, ainsi qu'une présentation sommaire des modèles HERMES et NEMESIS (annexes 7 et 8).

2. Middellange termijn economische vooruitzichten voor België met HERMES (periode 2005-2020)

In dit punt worden de kenmerken van de basissimulatie die met behulp van het model HERMES werd gerealiseerd voor de periode 2005-2020 en een aantal sleutelhypothesen omtrent de internationale omgeving voorgesteld (Vandevyvere, 2006).

De cijfers voor de periode 2005-2010 stemmen grotendeels overeen met de "Economische Perspectieven 2005-2010" van oktober 2005 van het Federaal Planbureau⁵², opgesteld in het kader van het Stabiliteits- en Groeipact. Als vertrekpunt neemt deze projectie de cijfers van de economische begroting 2006 die gepubliceerd zijn door het Instituut voor de Nationale Rekeningen op het einde van de maand september van 2005. Ten behoeve van voorliggende analyse is de simulatieperiode van het HERMES-model verder verlengd tot 2020.

51. Dans ce mode de fonctionnement, également, le coin salarial n'a pas d'impact direct sur la formation des salaires bruts. Par conséquent, le coût salarial est influencé directement par les cotisations sociales employeurs, mais pas par les cotisations sociales personnelles.

52. Daartoe werden de resultaten van de "Economische Perspectieven 2005-2010" van april 2005 geactualiseerd.

a. Hypothesen omtrent de internationale omgeving

In onderstaande tabel worden de voornaamste hypothesen inzake de internationale omgeving weergegeven. Ze steunen voor de jaren 2005 en 2006 voornamelijk op de vooruitzichten van de Europese Commissie van april 2005, die aangepast zijn op basis van de recentere kortetermijnvoorzichten. Wat de jaren 2007 tot 2010 betreft, volgt het basisscenario hoofdzakelijk de vooruitzichten van de OESO. Het middellangetermijnsceario van de OESO noteert een terugkeer naar meer een gestage groei in de Europese Unie, hetgeen geleidelijk aan de productiekloof (output gap) doet verdwijnen: hoewel de Europese economie in 2005 nog een zeer negatieve output gap optekende, zou die onder de basishypothese tegen 2010 verdwijnen. De verschillende economieën keren geleidelijk terug naar hun "potentieel" activiteitsniveau.

Onze hypothesen met betrekking tot de periode 2011-2020 worden bepaald door de vooruitzichten die gemaakt zijn in het kader van de Working Group on Ageing (WGA), voor de 24 andere EU lidstaten. Die studie heeft op basis van de demografische vooruitzichten van EUROSTAT⁵³ de beroepsbevolking, de werkgelegenheid en de productiviteit voor de 25 Europese landen geprojecteerd. Op basis van de verwachtingen omtrent het dalende arbeidsaanbod wijzen de resultaten van die studie op een stabilisering van de Europese bbp-groei rond 2% voor de periode 2011-2020. In vergelijking met de periode 2005-2010 betekent dat een lichte daling van de groei.

De inflatie in de eurozone, die tijdelijk versnelde in het begin van dit decennium, zou teruggebracht worden op een lager niveau en zou zich op lange termijn stabiliseren op 1,6%. Het feit dat de inflatie onder controle blijft, wordt hoofdzakelijk verklaard door de matige evolutie van de loonkosten per eenheid product en door de monetaire verstrakking naarmate de output gap vernauwt. Als gevolg van het economisch herstel en inflatiebeheersing, zou de groei van de Belgische potentiële uitvoermarkten aanvankelijk stevig blijven met een jaarlijks gemiddelde van 6,5% in de periode 2006-2010, na een sterke vertraging in de daaraan voorafgaande periode (slechts 4%). In de periode 2011-2020 verzwakt de groei van de Belgische buitenlandse afzetmarkten opnieuw tot gemiddeld 5,8%, hetgeen onder meer te wijten is aan de groeivertraging in de eurozone.

Merk op dat de evolutie van de energieprijzen op PRIMES afgestemd is, zij het dat HERMES vanaf 2006 een verschillend niveau van de prijs van een vat Brent-olie hanteert, omdat in het HERMES-model nog rekening gehouden wordt met de blijvend stijgende trend van de olieprijs tijdens de eerste maanden van 2006. De prijs per vat olie is tot 2005 geobserveerd (54,4 \$05/vat). De mondiale olieprijsprojecties die in de nieuwe oefening van het PRIMES-model gebruikt zijn vertrekken van eenzelfde prijs van 54 \$05/vat in 2005, maar houden vanaf 2006 een lager niveau aan dan de olieprijs-hypothese binnen het HERMES-model.

53. WGA versie van de demografische vooruitzichten van EUROSTAT.

TABEL 24 - Voornaamste hypothesen inzake internationale omgeving
(gemiddelde jaarlijkse groeivoeten, tenzij anders vermeld)

	1995-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2020
Groei van de potentiële exportmarkten	8,1	4,0	6,5	5,8
EU-12 bbp groei	2,5	1,3	2,2	2,0
EU-15 bbp groei	2,6	1,4	2,2	2,0
US bbp groei	3,8	2,5	3,1	3,0
USD brent prijs per vat	19,3	34,2	60,5	57,8
Wereldhandelsprijzen in euro ^a				
Uitvoer van goederen excl. energie	2,1	-1,3	0,5	1,0
Invoer van goederen excl. energie	1,9	-1,7	0,5	1,0
EU-12 inflatie	2,1	2,2	1,6	1,6
US inflatie	1,9	2,0	1,8	1,6

a. De wereldprijzen zijn gewogen volgens het relatieve belang van de verschillende uitvoermarkten van België (voor de uitvoerprijzen) en volgens het belang van de verschillende invoermarkten (voor de invoerprijzen).

Bron: HERMES-simulatie.

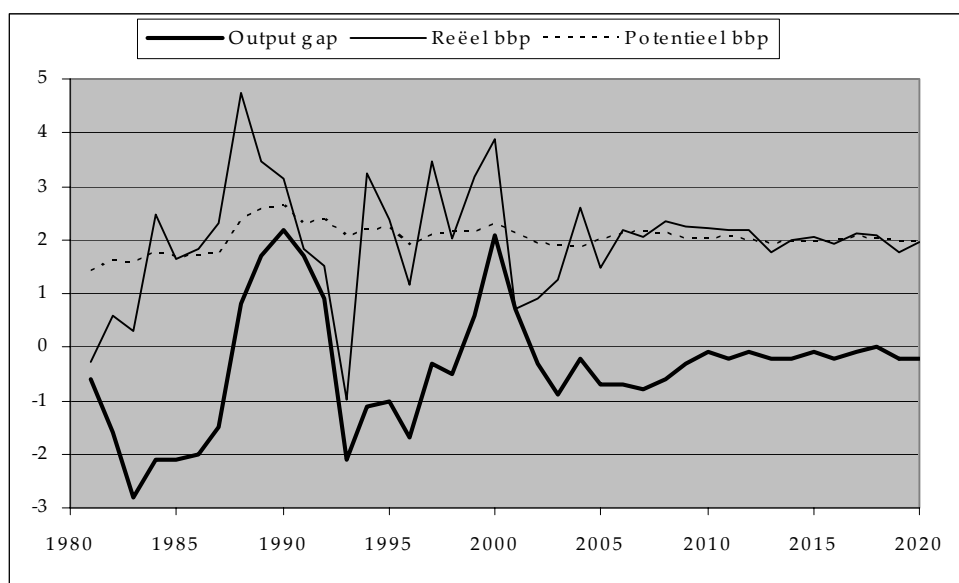
b. Macro-economische evoluties

i. De reële en potentiële groei van het bbp

De groei van het bbp in België zou na de eerder lage gemiddelde jaarlijkse groei van 1,7% in de periode 2001-2005, opnieuw iets boven 2% uitstijgen in de daaropvolgende vijf jaar. In de periode 2010-2020 zou de economische groei blijven schommelen rond haar potentieel, dat gemiddeld 2% bedraagt. Het potentieel bbp kan omschreven worden als een maat voor de toegevoegde waarde die wordt gegenereerd door een gebruik van de productiefactoren (arbeid en kapitaal) waarbij de product- en arbeidsmarkt in evenwicht zijn, wat een stabiele looninflatie impliceert. Het potentiële bbp hangt ook af van de efficiëntie van de ingezette productiefactoren⁵⁴.

Na een dieptepunt in 2003 zou de output gap (het verschil tussen het reëel en het potentieel bbp) in België dus geleidelijk verdwijnen tegen 2010 en naar analogie met de Europese situatie min of meer gesloten blijven tot het einde van de simulatieperiode. We herinneren eraan dat de output gap de cyclische positie van de economie weergeeft. De vorige cyclus bereikte zijn dieptepunt tijdens de recessie van 1993 en zijn hoogtepunt in 2000 (zie onderstaande figuur). De berekening van de output gap voor België is direct afgeleid van een schatting van de potentiële groei.

54. Aangezien het potentiële bbp per definitie niet rechtstreeks waarneembaar is, kan het op diverse manieren worden geraamd. In het kader van deze vooruitzichten gebruiken we de methodologie die door de Europese Commissie werd uitgewerkt in het kader van het jaarlijks onderzoek van de stabiliteits- en convergentieprogramma's en door de raad ECOFIN in juli 2002 goedgekeurd is. De algemene principes van die methodologie worden uiteengezet in de Economische Vooruitzichten 2003-2008 van april 2003.

FIGUUR 38 - Reëel en potentieel bbp (in groeipercentages), met de afgeleide outputgap

Bron: INR, FPB.

*ii. De componenten van de economische groei**Algemeen overzicht*

Onderstaande tabel geeft de bijdragen weer van de bestedingscomponenten tot de bbp-groei. De volgende tabel geeft dan de voornaamste macro-economische kenmerken van de basissimulatie weer in periodegemiddelden.

TABEL 25 - Bijdragen aan de economische groei (periodegemiddelden)

	1995-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020
Particuliere consumptie	1,2	0,6	0,9	1,0	1,0
Investerings in woningen	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Bedrijfsinvesteringen	0,7	0,1	0,4	0,3	0,3
Overheidsbestedingen	0,4	0,5	0,5	0,4	0,5
Voorraadvorming	-0,2	0,1	0,0	0,0	0,0
Netto-uitvoer	0,4	0,1	0,2	0,1	0,0
Totaal (bbp-groei)	2,7	1,5	2,2	2,0	2,0

Bron: HERMES-simulatie.

De dynamische binnenlandse vraag die in de periode 1995-2000 in grote mate bijgedragen heeft aan de bbp-groei, verzwakte fel in het begin van dit decennium. Aan hetzelfde ritme als de reële inkomens kennen de gezinsbestedingen na een terugval tijdens de jaren 2004-2007 echter een heropleving. In de periode 2008-2020 zit de koopkracht van de huishoudens terug op haar trendmatig groeipad (rond de 2%), zoals men uit onderstaande tabel kan aflezen. De binnenlandse vraag is over de ganse projectieperiode de voornaamste kracht achter de economische groei.

Door hun snellere groei dan het bbp vormen de bedrijfsinvesteringen gedurende 2006-2010 opnieuw een belangrijke groeimotor, met een bijdrage van 0,4 procentpunt tot de reële bbp-groei. De stijging is te danken aan een verbetering van de afzetperspectieven, de rendabiliteitstoename en de gunstige financieringsvoorwaarden voor de investeringsprojecten.

De bijdrage van de overheidsbestedingen neemt toe sinds de jaren tachtig en blijft hoog tijdens de projectieperiode. De bijdrage tot de groei van de netto-uitvoer valt min of meer op nul.

TABEL 26 - Voornaamste macro-economische resultaten van de basissimulatie
(gemiddelde jaarlijkse groeivoeten, tenzij anders vermeld)

	1995-2000	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020
VRAAG EN PRODUCTIE					
Particuliere consumptie	2,3	1,2	1,8	2,0	1,9
Overheidsconsumptie	1,7	2,2	2,3	2,0	2,3
Bruto-investeringen	3,9	0,9	2,6	2,2	2,2
- ondernemingen	5,0	0,7	3,1	2,3	2,2
Totale binnenlandse vraag	2,3	1,4	2,1	2,1	2,0
Uitvoer	5,6	2,6	5,6	5,4	5,3
Totale finale vraag	3,7	2,0	3,8	3,8	3,9
Invoer	5,3	2,7	5,7	5,6	5,5
Bbp	2,7	1,4	2,2	2,0	1,9
PRIJZEN EN RENTEVOETEN					
Particuliere consumptie	1,7	2,2	2,0	1,6	1,9
Gezondheidsindex	1,4	2,0	2,0	1,7	2,0
Bbp-deflator	1,4	2,1	2,0	1,7	1,9
Langetermijnrente 10 jaar					
- nominaal	5,8	4,3	4,6	5,4	5,4
- reëel	4,1	2,1	2,6	3,9	3,6
INKOMENS					
Reëel uurloon per werknemer	0,6	1,0	1,1	1,6	1,7
Loonkosten per eenheid product (markt)	0,7	2,0	1,7	1,7	1,9
Reëel beschikbaar inkomen van de gezinnen	1,1	1,1	1,9	2,0	2,0
Spaarquote van de gezinnen	16,8	15,6	15,2	15,0	14,8
- in % van het beschikbaar inkomen					
Loonmassa in % van het nationaal inkomen	50,5	51,6	51,1	51,9	52,6
Gecorrigeerd bruto exploitatie-overschot ondernemingen	27,2	27,1	29,3	29,7	29,9
Bruto rendabiliteitspercentage van het kapitaal	17,3	17,7	20,0	21,2	21,4
WERKGELEGENHEID EN WERKLOOSHEID					
Totale werkgelegenheid	3938,5	4155,3	4292,1	4440,8	4524,0
- wijziging in duizendtallen	46,0	20,8	34,5	23,5	12,8
- wijziging in %	1,2	0,5	0,8	0,5	0,3
Werkloosheid (definitie FPB)					
- in duizendtallen	643,5	673,4	709,4	615,0	502,6
- wijziging in duizendtallen	-6,2	24,1	-7,4	-21,8	-23,9
- werkloosheidsgraad	13,9	13,8	14,0	12,0	9,9
Productiviteit per uur (marktsector)	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
OVERHEIDSFINANCIËN (in % van het bbp)					
Ontvangsten	49,8	50,8	48,9	49,1	49,7
Uitgaven	51,7	50,7	50,3	50,0	50,6
Primaire uitgaven	43,9	45,2	46,3	46,3	47,3
Rentelasten	7,8	5,5	4,0	3,7	3,3
Vorderingensaldo					
- in miljard euro	-4,1	0,0	-4,5	-3,0	-4,4
- in % van het bbp	-2,0	0,0	-1,4	-0,9	-0,9
Primair saldo	5,9	5,6	2,7	2,9	2,4
Totale overheidsschuld	119,5	99,3	87,2	76,5	66,8
EXTERNE BALANS					
Netto-uitvoer					
- in miljard euro	9,0	9,5	9,0	13,0	12,8
- in % van het bbp	4,0	3,5	2,6	3,1	2,6
Saldo van de lopende verrichtingen					
- in miljard euro	11,4	11,5	9,4	12,9	11,4
- in % van het bbp	5,0	4,2	2,7	3,1	2,3

Bron: HERMES-simulatie.

De buitenlandse handel

Van 2006 tot 2010 zorgt de internationale context voor een opwaartse beweging van de economische groei in vergelijking met de periode 2001-2005. De Belgische uitvoergroei zou in die periode aantrekken tot gemiddeld 5,6% door de stabiele euro-wisselkoers, maar zou daarna vertragen tot in 2020 met een groei van ongeveer 5,3% in de periode van 2011 tot 2020. De invoer zou over de ganse projectieperiode iets sterker toenemen dan de uitvoer, die geleidelijk aan zakt naar het einde toe van de projectieperiode, waardoor de netto-uitvoer tegen 2020 een nulbijdrage levert tot de economische groei (zie tabel 25). De groei van de potentiële uitvoermarkten zou in diezelfde periode 5,8% bedragen. Het weze opgemerkt dat we in vergelijking met de periode 1995-2000 wel fel aan marktaandeel zullen ingeboet hebben, een verschijnsel dat structureel blijkt te zijn. Het verlies aan marktaandelen blijft daarbij ongeveer even groot als in de periode 2001-2005.

De binnenlandse bestedingen

Na een afname van de groei van de binnenlandse vraag tot gemiddeld 1,4% in de periode 2001-2005, zou de groei opnieuw toenemen tot gemiddeld 2,1% gedurende de 2006-2010, als gevolg van de groeiversnelling van de particuliere consumptie, maar vooral door de forse toename van de investeringen. De binnenlandse vraag blijft schommelen rond 2% in de periode 2011-2020 door een trendmatige groei van de componenten.

De consumptie van de particulieren blijft dynamisch over de volledige projectieperiode, met een gemiddelde groei van 1,9%, en dit vooral dankzij een ondersteuning door het reëel beschikbaar inkomen, dat na een gemiddeld lage groei van 1,1% in de periode 2001-2005, opnieuw groeit met gemiddeld 2% gedurende de projectieperiode. In een context van gematigde inflatie (gemiddeld 1,8%) zou de particuliere consumptie in nagenoeg dezelfde mate toenemen als de koopkracht. De spaarquote van de gezinnen zou zich op lange termijn dan ook, ondanks een lichte neiging tot dalen, toch min of meer stabiliseren rond 14,7%.

Na een aantal jaren van terugval hernemen de bedrijfsinvesteringen sterk in de periode 2006-2010 met een gemiddelde groei van 3,1%. Hun belangrijkste determinanten, met name de evolutie van de rendabiliteit en de afzetperspectieven zouden die krachtige groei mogelijk maken. Nadien slaat de inhaalbeweging opnieuw om in een meer gematigde groei van 2,2%. De capital/output ratio voor de gezamenlijke economie stabiliseert zich vanaf 2011.

De werkgelegenheid en werkloosheid

Bij een economische groei die geschat wordt op 2,2% gemiddeld per jaar, zou de werkgelegenheid in de periode 2006-2010 toenemen met 172000 personen (0,8% per jaar gemiddeld). Gelet op de stijging van de bevolking op arbeidsleeftijd (waarbinnen de leeftijdsklasse van 50 tot 64 jaar alsmaar zwaarder doorweegt) met 117000 zou de werkgelegenheidsgraad uiteindelijk verhogen. Tijdens deze periode neemt de beroepsbevolking nog sterk toe (met 137000 personen), hoewel deze toename lager is dan tijdens de voorgaande periode. De forse banenwinst van 172000 gaat dus slechts gepaard met een afname van de werkloosheid van 35000 personen.

In de daaropvolgende periode 2011-2015 neemt de wijziging in werkgelegenheid echter progressief af tot nog jaarlijks gemiddeld 23500 nieuwe eenheden per jaar en nog slechts 12800 in het laatste deel van onze projectieperiode (2016-2020). De weerhouden demografische projectie van het MALTESE-model, met ondermeer een gevoelige daling van de fertilitetsgraden tot onder het vervangingsniveau, heeft zoals gezegd spanningen op de arbeidsmarkt als gevolg. De bevolking op arbeidsleeftijd neemt nog vrij sterk toe om tegen 2010 te stabiliseren. Tegelijkertijd gaat dit gepaard met een structuurwijziging van de arbeidsmarkt ten nadele van leeftijdsgroepen die traditioneel het sterkst participeren (25-49 jaar) en ten voordele van de 50- tot 64-jarigen. Indien men rekening houdt met dat demografisch structureffect, dan blijkt dat het arbeidsaanbod nauwelijks positieve impulsen ondergaat vanuit demografische hoek, en dat ondanks de stijgende bevolking op arbeidsleeftijd tot in het jaar 2013.

De werkloosheid⁵⁵ blijft hierdoor wel afnemen. De structurele langetermijnwerkloosheidsgraad van gemiddeld 9,9% in de periode 2016-2020 lijkt weinig in de huidige omstandigheden, maar men mag niet uit het oog verliezen dat de huidige werkloosheidsgraad voor een deel conjunctureel bepaald is. Bovendien mag verwacht worden dat de werkloosheidsgraad structureel zal afnemen in een periode waarin de beroepsbevolking continu daalt met een mogelijke schaarste op de arbeidsmarkt tot gevolg. Maar een actief werkgelegenheidsbeleid zal eveneens nodig zijn.

De simulatie bevestigt ook de bestaande trend van jobcreatie in de marktsector. Het aandeel van de marktdiensten in de marktwerkgelegenheid klimt naar 74,5% in 2010; het bedroeg slechts 53,9% in 1980 en 71,1% in 2004.

De productiviteitswinsten zouden geleidelijk aan toenemen van gemiddeld 1,4% in de huidige periode tot 1,5% in de periode 2006-2010, 1,6% in de daaropvolgende periode, en 1,7%⁵⁶ gedurende 2016-2020.

De prijzen

De Belgische inflatie bedroeg in de periode 2001-2005 tijdelijk meer dan 2%, wat grotendeels te verklaren is door de sterke prijsstijging van de ruwe olie. Ze vertraagt opnieuw in de daaropvolgende periode tot 2%, wat door de ECB gedefinieerd wordt als prijsstabiliteit. De inflatie zou onder controle blijven dankzij een matige toename van de invoerprijzen zonder energie (met 0,5%, zie tabel 26). De impact van de internationale energieprijzen zou eveneens beperkt blijven. Ook daarna wordt verondersteld dat de olieprijs in reële termen stabiel blijft. Ondanks een tijdelijke terugval van de stijging van consumptieprijzen tot gemiddeld 1,6% in de periode 2011-2015, zou de inflatie naar het einde van de projectieperiode opnieuw 1,9% bedragen. Deze stijging zou gelinkt zijn aan een snellere loonsverhoging.

55. De definitie van werkloosheid komt overeen met de werkzoekende uitkeringsgerechtigde volledig werklozen en met de verplicht en vrijwillig ingeschreven niet-werkende werkzoekenden, volgens de officiële definitie van de Rijksdienst voor Arbeidsvoorziening, aangevuld met de oudere niet-werkzoekende werklozen.

56. Over een tijdsperiode van bijna een eeuw (1913-2002) werd de Belgische economie gekenmerkt door een jaarlijkse toename van de productiviteit met gemiddeld 1,91%. In de voorbije halve eeuw werd een hogere productiviteitsstijging van 2,52% vastgesteld, maar in de perioden 1970-2002 en 1980-2002 noteerden we echter een terugval van de productiviteitstoename tot respectievelijk 2,01% en 1,55%.

De overheidsfinanciën

De huidige vooruitzichten voor de overheidsfinanciën zijn projecties bij ongewijzigd beleid. Het gaat dus niet om prognoses die vooruitlopen op (re)acties van het begrotingsbeleid, noch om een normatieve programmatie (zoals wel het geval is bij bijv. het stabiliteitsprogramma).

Er wordt een gematigd maar structureel tekort vastgesteld, dat voortvloeit uit de snellere stijging van de overheidsuitgaven binnen een relatief beperkte budgettaire ruimte: verhoging van de groeinorm van de gezondheidszorguitgaven, opwaardering van bepaalde pensioenen, verhoging van de uitgaven voor het werkgelegenheidsbeleid, evolutie van de overheidslonen volgens de productiviteit.

Het vorderingensaldo vertoonde in de periode 2006-2010 gemiddeld een tekort van 1,4% van het bbp. Het overheidstekort bedraagt nog steeds 1% van het bbp in 2010. Daarna blijft het tekort nagenoeg ongewijzigd op 0,9% van het bbp. Deze stabilisatie weerspiegelt twee complementaire evoluties: enerzijds zet de daling van de rentelasten zich in de periode 2006-2020 in zeer traag tempo voort, dankzij een verdere daling van de geconsolideerde overheidsschuld. Anderzijds wordt de daling van de rentelasten gecompenseerd door eenzelfde daling van het primair overschot, dat voornamelijk te wijten is aan de snellere groei van de overheidsuitgaven.

3. Impacts économiques des scénarios énergétiques post-2012

Ce point aborde l'évaluation des impacts des différents scénarios de réduction des émissions de GES qui ont été sélectionnés dans le cadre de cette étude.

a. Deux scénarios de réduction des émissions de GES

Les scénarios envisagés sont au nombre de deux. Ils sont destinés à évaluer les impacts, sur l'économie belge, d'objectifs ambitieux de réduction des émissions de GES au niveau européen. Seules les modalités de mise en oeuvre des scénarios divergent quelque peu.

Scénario EUpk15

Dans ce premier scénario, on procède à une évaluation des effets de la mise en oeuvre, au niveau européen, d'un objectif de réduction des GES de 15% en 2020, par rapport au niveau atteint en 1990. Ce scénario est amorcé en introduisant dans le modèle HERMES des accroissements de prix des différentes formes d'énergie⁵⁷ pour les différents agents économiques (entreprises, ménages, secteur public). L'environnement international (prix et marchés potentiels) fait également l'objet d'un aménagement sur base des résultats du modèle NEMESIS. Par ailleurs, ce scénario prévoit de recycler les revenus supplémentaires de l'Etat (taxes sur l'énergie) via une baisse des cotisations sociales employeurs (CSE) ou cotisations sociales personnelles (CSP).

57. Les hausses de prix sont calculées pour chaque produit énergétique en fonction de la valeur du carbone calculée par le modèle PRIMES et compte tenu du contenu en carbone du produit.

Scénario EUpk30

Dans ce second scénario, l'évaluation est réalisée pour un objectif de réduction des GES, au niveau européen, de 30% en 2020. Comme dans le scénario EUpk15, on amorce les calculs en introduisant des accroissements de prix des différentes formes d'énergies calibrées selon la valeur du carbone calculée par le modèle PRIMES et, tout comme précédemment, l'environnement international est aménagé en fonction des résultats du modèle NEMESIS. De plus, les revenus supplémentaires publics liés à l'introduction d'une taxation supplémentaire de l'énergie sont à nouveau recyclés via des baisses de cotisations sociales (employeurs ou personnelles).

b. Modifications du contexte énergétique

Afin d'atteindre les différents niveaux de réduction des émissions de GES, des hausses de prix énergétiques doivent être introduites. Celles-ci génèrent des recettes supplémentaires de taxes énergétiques et induisent des modifications de la structure de production de l'énergie. Notons que seuls les agents qui n'ont pas accès au système des permis d'émissions subissent les hausses de taxation énergétique.

Impacts ex ante sur les prix énergétiques

Une mesure de l'impact des différents scénarios sur les prix des différents produits énergétiques est fournie dans le tableau 27. L'impact est donné pour l'année 2010, première année d'introduction de la valeur du carbone, pour 2015, année intermédiaire et 2020, dernière année de la simulation (pour laquelle la valeur du carbone atteint sa valeur maximale sur la période de simulation). L'impact ex ante dépend à la fois du contenu en carbone du produit (plus le contenu en carbone est élevé, plus fort est l'impact de la valeur du carbone) et de sa valeur initiale, valeur qui dépend elle-même, en partie, de la politique de taxation des autorités. Ainsi, dans le cas d'une valeur du carbone atteignant 110 euros en 2020 (scénario EUpk30), les prix des énergies sont majorés dans une fourchette allant de 2 (électricité haute tension) à ...299% (charbon pour l'industrie) en 2020. On note également l'impact relativement faible pour l'essence et le diesel (produits fortement taxés), par rapport au fuel lourd. Au total, dans ce scénario, le prix moyen de l'énergie à la consommation finale, tous produits confondus, serait majoré de 11,9% en 2010, 22,1% en 2015 et 32,5% en 2020. Les ménages subiraient, en moyenne, des hausses légèrement moins fortes (maximum de 31,5% en 2020).

Les majorations de prix sont, bien entendu, moins fortes dans le cas du scénario EUpk15 (on aurait un impact maximum de 121%, en 2020, pour le charbon utilisé par l'industrie), une hiérarchie identique étant toutefois observée entre les produits (très faible impact pour l'électricité, impacts relativement limités pour les produits déjà fortement taxés, impacts les plus importants pour les combustibles solides). En moyenne, dans cette configuration, les prix de l'énergie augmenteraient de 13,6% en 2020.

TABLEAU 27 - Accroissements des prix de l'énergie: évaluations en 2010, 2015 et 2020
(en % par rapport à la base)

	Scénario EUpk15			Scénario EUpk30		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020
Combustibles solides						
- Ménages et services	40,0	41,1	41,8	40,0	72,0	109,3
- Industrie	121,8	121,9	121,1	121,8	213,6	299,0
Combustibles liquides						
- Essence	8,1	9,0	9,7	8,1	15,8	25,4
- Diesel	11,9	13,3	14,1	11,9	23,3	37,0
- Gasoil de chauffage	24,7	27,7	28,1	24,7	48,5	73,6
- Fuel lourd	36,9	41,4	41,2	36,9	72,6	107,8
Gaz naturel						
- Industrie	27,1	30,4	29,2	27,1	53,2	76,3
- Petits consommateurs	17,9	20,4	20,8	17,9	35,8	54,5
Electricité						
- Haute tension	1,6	0,0	1,5	2,0	2,5	2,2
- Basse tension	2,5	0,3	1,9	2,9	3,4	2,4
Prix moyen de l'énergie	11,8	12,6	13,6	11,9	22,1	32,5
dont ménages	11,2	11,7	12,8	11,3	20,8	31,5
p.m.: valeur de la valeur du carbone (en euro/t CO ₂ , prix 2005)	42	42	42	42	74	110

Source: Simulation HERMES.

Accroissement de la taxation des produits énergétiques

Même si l'alourdissement de la taxation des produits énergétiques ne concerne que les secteurs n'entrant pas dans le système des permis d'émissions, les deux scénarios considérés impliquent des hausses de recettes publiques qui sont loin d'être négligeables.

Le scénario EUpk15 implique, *ex ante*, un accroissement des recettes énergétiques (hors TVA) de l'ordre de 2,8 milliards d'euros en 2010, de 3 milliards en 2015 et de 3,7 milliards en 2020. Il s'agit donc d'une majoration déjà sensible de la taxation indirecte, tournant autour de 0,8% du PIB en début de période et de 0,7% du PIB en fin de simulation⁵⁸.

Quant au scénario EUpk30, celui-ci se traduit, *ex ante*, par un alourdissement nettement plus conséquent de la taxation indirecte à moyen terme, équivalent à 5,4 milliards de recettes supplémentaires (hors TVA) en 2015 et 9,0 milliards en 2020, soit l'équivalent de 1,2% du PIB en 2015 et 1,6% du PIB en 2020.

Le tableau 28, repris ci-dessous, donne un aperçu de la répartition de cette recette supplémentaire selon les secteurs concernés: industrie, services, ménages et transports. On rappellera que l'industrie, qui peut accéder au système de permis d'émissions, n'est pas redevable de la taxation supplémentaire. Son montant théorique (correspondant à la taxation fictive des produits énergétiques consommés par l'industrie) est néanmoins repris dans le tableau. Au total, *ex ante*, la taxation supportée par les différents secteurs se répartirait *grosso modo* à raison

58. Pour mémoire, les impôts indirects représentent, dans la simulation de base, l'équivalent de 12,6% du PIB en 2010, 12,2% en 2015 et 11,9% en 2020.

d'un tiers pour chacun des secteurs concernés. Compte tenu de la proportion de carburants consommés par les différents agents, le supplément de taxe supporté par les entreprises atteindrait, en 2020, 54% du total dans le cas du scénario EUpk15, le reste allant aux ménages. Ces proportions seraient quasiment identiques dans le cas du second scénario.

TABLEAU 28 - Recettes supplémentaires en taxes énergétiques
(milliards d'euros)

	Scénario EUpk15			Scénario EUpk30		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020
Industrie	(1,16)	(1,22)	(1,39)	(1,17)	(2,14)	(3,28)
Services privés et publics	0,82	0,83	1,00	0,83	1,49	2,29
Ménages (chauffage, éclairage)	0,91	0,96	1,25	0,93	1,72	2,90
Transports ^a	1,09	1,25	1,47	1,09	2,17	3,78
- transports ménages	0,39	0,45	0,50	0,39	0,79	1,33
- transports entreprises	0,70	0,80	0,97	0,70	1,38	2,44
Total ^b	2,82	3,04	3,72	2,85	5,38	8,97
en % du PIB	0,77	0,67	0,65	0,78	1,19	1,57

a. Fonction transports pour compte de tiers et pour compte propre (ménages et entreprises).

b. Total hors secteurs industriels.

Source: Simulation HERMES.

Modification du parc de production d'électricité et des investissements dans le secteur énergie

Le modèle PRIMES permet également de tenir compte de modifications intervenant dans la structure du parc de production d'électricité. Dans les deux scénarios, la majoration des prix des combustibles induit une poussée de l'utilisation des énergies renouvelables et du gaz naturel, au détriment des centrales au charbon. Cette modification dans la structure du parc induit, elle-même, une certaine hausse des investissements du secteur électrique, du moins en tout début de période de la simulation et après 2020. Ainsi, pour le scénario EUpk30, on enregistrerait une majoration des investissements de 1,2 milliard en début de période (soit près de 240 millions annuels)⁵⁹.

Permis d'émission ou taxes supplémentaires sur la consommation d'énergie

Dans les différents scénarios, nous supposons que l'ensemble du secteur industriel (énergie et industrie manufacturière) accède au marché de permis d'émission (ou Emission Trading Scheme- ETS). Par contre, les services (marchands et non marchands), les ménages ainsi que l'ensemble des transports n'accèdent pas à ce marché et sont donc redevables d'une taxe CO₂, prélevée par les Pouvoirs publics, mais recyclée selon des modalités présentées ci-dessous.

Il n'est pas exclu, toutefois, qu'après la révision de la Directive sur le EU-ETS, ces secteurs non-ETS, ou du moins certains d'entre eux, fassent partie du système. La structure sectorielle présentée dans le tableau 29 serait, bien entendu, à adapter en conséquence.

59. soit environ 10% de hausse des investissements du secteur énergie pour la période considérée, *ceteris paribus*.

TABLEAU 29 - Structure sectorielle retenue pour l'étude

Secteurs ETS	Autres secteurs ^a
Energie: production d'électricité, raffinage de pétrole, autres	Agriculture
Industrie	Construction
- Biens intermédiaires (sidérurgie, chimie, minéraux non métalliques,...)	Transports et communication
- Bien d'équipement	Commerce, HORECA
- Biens de consommation (papier, textile, bois et meubles,...)	Crédit, assurances
	Santé
	Autres services marchands
	Services non marchands

a. Y compris les ménages.

Source: Simulation HERMES.

c. Modification du contexte international

Les réductions des émissions de GES évaluées pour la Belgique par la présente étude s'inscrivent dans le cadre d'objectifs fixés au niveau européen. Les majorations de prix de l'énergie découlant de l'application de ces cibles dans les autres pays de l'Union, et le recyclage des recettes qui y sera associé, auront nécessairement des implications sur les marchés potentiels et la compétitivité-prix de la Belgique. Afin d'appréhender ces impacts, le modèle NEMESIS a été utilisé. Il s'agit d'un modèle macro-sectoriel européen⁶⁰ particulièrement adapté à l'évaluation de politiques liées à l'énergie et l'environnement ou à la R&D, sur le reste de l'économie (valeurs ajoutées, productions, emploi, investissement etc). Grâce à cet outil, les différents scénarios de majoration de prix de l'énergie étudiés pour la Belgique l'ont été également pour d'autres pays européens (EU15), et les effets pertinents pour l'environnement international de la Belgique en ont été repris et introduits dans les scénarios simulés avec HERMES.

Les augmentations de prix de l'énergie sont calculées par le modèle grâce à des coefficients (constants) d'émission de la consommation finale énergétique globale par branche et par pays, suite à l'introduction d'une valeur du carbone identique entre tous les pays et toutes les branches d'activité⁶¹. Tout comme dans les scénarios simulés avec HERMES, le prix des permis en vigueur pour les secteurs ETS est représenté par une taxe fictive. Le recyclage des recettes provenant de la taxe CO₂ (taxe prélevée sur les secteurs non ETS et les ménages) se fait quant à lui par une baisse des cotisations sociales patronales.

Les modifications de l'environnement international de la Belgique consécutives à ces augmentations des prix de l'énergie consistent premièrement, quel que soit le scénario envisagé, en une légère dégradation des marchés potentiels à l'exportation. Cette dégradation résulte de la baisse des importations intra-européennes observée dans tous les autres pays européens, et ce suite à un niveau d'absorption plus faible, auquel s'ajoute éventuellement un effet de compétitivité relative

60. représentant, dans la version utilisée, 15 pays de l'Union Européenne (les 25 moins les 10 nouveaux arrivants) et la Norvège ainsi que 30 secteurs de production et 27 postes de consommation.

61. Il s'agit donc également des valeurs du carbone données par PRIMES et introduites dans les scénarios pour la Belgique avec HERMES.

(par rapport aux autres pays européens) négatif, selon le pays considéré. Les baisses des marchés potentiels à l'exportation de la Belgique sont données dans le tableau 30 pour les différentes modalités envisagées.

TABLEAU 30 - Baisse des marchés potentiels à l'exportation de la Belgique
(différences en % par rapport à la simulation de base)

	2010	2015	2020
Scénario EUpk15	-0,06	-0,26	-0,39
Scénario EUpk30	-0,06	-0,34	-0,62

Source: Simulation NEMESIS.

Les modifications sur l'environnement international belge se traduisent également par des augmentations modérées des prix des exportations et des prix des importations des partenaires commerciaux européens de la Belgique. Plus précisément, il en résulte une légère amélioration de la compétitivité-prix de la Belgique. Les augmentations des prix des importations et exportations des pays partenaires de la Belgique sont données dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 31 - Augmentation des prix des importations et des exportations des partenaires commerciaux européens de la Belgique
(différences en % par rapport à la simulation de base)

	2010	2015	2020
PRIX DES IMPORTATIONS			
Scénario EUpk15	0	0,15	0,04
Scénario EUpk30	-0,02	0,12	0,07
PRIX DES EXPORTATIONS			
Scénario EUpk15	-0,02	0,20	0,06
Scénario EUpk30	-0,02	0,18	0,13

Source: Simulation NEMESIS.

d. Deux modes de recyclage

Réduction des cotisations sociales

Comme nous l'avons dit plus haut, les recettes tirées de la hausse des taxes énergétiques, supportées par les branches d'activité exclues du système des permis d'émission⁶², sont supposées être recyclées en baisses d'autres formes de prélèvement. Les baisses de prélèvement, qui sont calibrées de telle sorte que l'opération soit "fiscalement neutre" *ex ante*, concernent des opérations de réduction des cotisations sociales, personnelles et/ou patronales.

Deux modes de recyclage ont été retenus⁶³.

Le premier mode de recyclage prévoit que les recettes perçues suite à la hausse des prix énergétiques bénéficient uniquement aux entreprises et ce, sous la forme

62. On notera que les branches d'activité accédant au système des permis sont malgré tout confrontées à des hausses de taxation, au prorata de leurs consommations de carburants et peuvent donc bénéficier de la redistribution de la nouvelle recette qui en découle.

63. Il convient de souligner que les modalités concrètes d'application que la mise en oeuvre de telles mesures suppose ne sont pas étudiées ici.

de baisse de cotisations patronales. En d'autres termes, seules les entreprises assujetties à la taxe CO₂ bénéficient de ces baisses de cotisation.

Le second mode de recyclage suppose que la nouvelle recette fiscale soit redistribuée aux entreprises et aux ménages au prorata de leur contribution respective à la taxe, et ce sous la forme d'une baisse de cotisations patronales pour les entreprises et de cotisations personnelles pour les ménages.

Le tableau ci-dessous synthétise les deux modes de recyclage retenus. Ces modes sont explicités en détail dans les paragraphes suivants.

TABLEAU 32 - Synthèse des deux modes de recyclage
(différences par rapport à la simulation de base)

	Scénario EUpk15			Scénario EUpk30		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020
1. Réduction des cotisations sociales patronales légales en millions d'euros (<i>ex ante</i>)	-2820	-3044	-3720	-2842	-5370	-8969
- réduction du taux en points de pourcentage (<i>ex ante</i> , en moyenne sur l'ensemble des branches d'activité)	-2,70	-2,28	-2,14	-2,72	-4,03	-5,16
- réduction du coût du travail ^a (<i>ex ante</i>), en %	-2,0	-1,7	-1,6	-2,0	-3,0	-3,9
2. Réduction des cotisations sociales patronales légales et personnelles effectives						
- cotisations patronales + personnelles (en millions d'euros, <i>ex ante</i>)	-2820	-3044	-3720	-2842	-5370	-8969
- cotisations patronales (en millions d'euros, <i>ex ante</i>)	-1517	-1628	-1969	-1527	-2867	-4737
- taux de cotisations patronales légales (en points de pourcentage, <i>ex ante</i> , moyenne sur l'ensemble des branches d'activité)	-1,45	-1,22	-1,13	-1,46	-2,15	-2,72
- cotisations personnelles (en millions d'euros, <i>ex ante</i>)	-1303	-1416	-1752	-1315	-2503	-4233
- taux de cotisations personnelles effectives (en points de pourcentage, <i>ex ante</i>)	-1,22	-1,01	-0,99	-1,23	-1,83	-2,38
- réduction du coût du travail ^a (<i>ex ante</i>), en %	-1,1	-0,9	-0,8	-1,1	-1,6	-2,0
- revenu disponible réel des ménages (<i>ex ante</i>), en %	0,6	0,5	0,5	0,6	1,0	1,3

a. Coût salarial réel par personne.

Source: Simulation HERMES.

Réduction des cotisations sociales patronales légales

Selon le premier mode de recyclage, l'intégralité des recettes découlant de la hausse des prix énergétiques (tant la partie à charge des ménages que celle à charge des entreprises) est recyclée en baisse de cotisations sociales patronales légales.

Comment ces réductions de cotisations patronales ont-elles été réparties entre les différentes branches d'activité? Par hypothèse, il a été décidé de réduire d'un même pourcentage le taux de cotisations sociales patronales légales de toutes les branches d'activité⁶⁴ qui n'accèdent pas au système des permis d'émission. En fin de période, ce pourcentage de réduction s'élève à un peu plus de 10% dans le cas du scénario EUpk15 et à un peu plus de 24% dans le cas du scénario EUpk30.

Les entreprises des branches d'activité qui accèdent au système des permis d'émission ont également droit à des réductions de cotisations patronales mais uniquement en contrepartie des hausses de prix des carburants qu'elles doivent acquitter. La répartition sectorielle de cette partie de la taxe a été réalisée en réduisant le taux de cotisations sociales patronales légales de manière à ce que le

64. A l'exception de l'agriculture.

surplus de taxe payé par une branche soit égal à la réduction de cotisations que reçoit cette même branche.

Le tableau 33 ci-dessous reprend, pour les années 2010, 2015 et 2020, les baisses de cotisations patronales par branche d'activité.

TABLEAU 33 - Réduction de cotisations sociales patronales par branche d'activité selon le premier mode de recyclage
(en millions d'euros)

	Scénario EUpk15			Scénario EUpk30		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020
Biens intermédiaires	55	62	75	54	108	191
Biens d'équipement	6	7	9	6	12	22
Biens de consommation	20	23	28	20	40	71
Construction	258	258	299	260	453	714
Transports et communication	381	397	458	384	702	1104
Commerce et HORECA	628	674	806	633	1191	1947
Crédit et assurances	278	271	298	281	480	720
Santé et action sociale	482	543	677	486	961	1637
Autres services marchands	712	808	1070	718	1423	2563
Total	2820	3044	3720	2842	5370	8969

Source: Simulation HERMES.

Pour l'ensemble des branches d'activité, en fin de période, les montants recyclés représentent 3720 millions dans le cas du scénario EUpk15 et 8969 millions dans le cas du scénario EUpk30, soit respectivement une baisse du taux moyen de cotisations sociales patronales légales de l'ensemble des branches d'activité de 2,1 et 5,2 points de pourcentage. Cette baisse des cotisations patronales se traduit par une réduction du coût du travail de 1,6% pour le scénario EUpk15 et de 3,9% pour le scénario EUpk30.

La baisse des cotisations sociales patronales réduit le coût du facteur de production travail, ce qui le rend relativement plus attractif par rapport aux autres facteurs de production (énergie, capital et autres inputs intermédiaires) et déclenche des effets de substitution en sa faveur. Rappelons également que l'hypothèse retenue en matière de formation des salaires pour cette étude est celle d'absence d'effet des mesures testées sur la négociation salariale. Le taux de salaire brut hors index est alors, dans les différentes variantes, identique à celui de la projection de référence, dans laquelle le coût salarial de l'économie belge évolue en projection parallèlement au coût salarial moyen de nos trois principaux partenaires commerciaux (Allemagne, France, Pays-Bas).

Réduction des cotisations sociales patronales légales et personnelles effectives

Le deuxième mode de recyclage prévoit que les taxes prélevées sur les entreprises soient recyclées en réduction de cotisations sociales patronales légales tandis que celles acquittées par les ménages soient transformées en réduction de cotisations sociales personnelles effectives. En 2020, les premières citées représentent environ 54% du total des réductions de cotisations, les secondes environ 46%.

Le total des réductions de cotisations patronales s'élève donc en fin de période à 1968 millions dans le cas du scénario EUpk15 et à 4736 millions dans le cas du scé-

nario EUpk30, soit respectivement une baisse des taux de cotisations patronales légales de 1,1 et 2,7 points de pourcentage. Cette réduction de cotisations patronales permet d'abaisser le coût du travail en fin de période de 0,8% pour le scénario EUpk15 et de 2,0% pour le scénario EUpk30.

La méthode suivie pour répartir ces réductions de cotisations patronales entre les branches d'activité est identique à celle retenue pour le premier mode de recyclage (cf. point précédent). Les réductions de cotisations patronales par branche d'activité sont présentées dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 34 - Réduction de cotisations sociales patronales par branche d'activité selon le deuxième mode de recyclage
(en millions d'euros)

	Scénario EUpk15			Scénario EUpk30		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020
Biens intermédiaires	55	62	75	54	108	191
Biens d'équipement	6	7	9	6	12	22
Biens de consommation	20	23	28	20	40	71
Construction	135	134	154	136	235	366
Transports et communication	199	207	236	201	365	566
Commerce et HORECA	329	350	415	332	619	998
Crédit et assurances	146	141	154	147	249	369
Santé et action sociale	253	283	348	254	499	839
Autres services marchands	373	420	551	376	739	1314
Total	1517	1628	1969	1527	2867	4737

Source: Simulation HERMES.

La taxe à charge des ménages est recyclée en baisse de cotisations sociales personnelles effectives. En 2020, cela représente un montant de 1752 millions pour le scénario EUpk15, soit 8,7% du total des cotisations personnelles effectives payées par les ménages (avant réduction). Pour le scénario EUpk30, ce sont 4233 millions qui sont recyclés en baisse de cotisations personnelles, soit 21,1% du total des cotisations personnelles effectives.

La réduction des cotisations personnelles ne permet pas de réduire d'emblée le coût salarial (mais réduit l'écart entre le salaire brut et le salaire net). La répercussion de cette mesure sur le circuit économique transite donc uniquement par une augmentation de la demande intérieure.

4. Principaux résultats

Nous présentons dans cette partie les principaux résultats des différents scénarios envisagés dans la section précédente. Pour rappel, nous avons simulé l'impact de deux scénarios de baisse des émissions de GES, avec deux modalités de recyclage de la recette de la taxe CO₂ (prélevée sur les secteurs n'émargeant pas au système ETS et sur les ménages), soit au total quatre scénarios.

Nous commentons tout d'abord les effets macroéconomiques de chaque scénario, ainsi que les impacts pour chaque branche d'activité. Nous commentons ensuite les effets des scénarios sur les finances publiques.

Compte tenu du nombre de scénarios à commenter, nous avons limité la présentation des résultats à trois années: l'année 2010 (début des simulations), l'année 2015 (année intermédiaire) et l'année 2020. Le lecteur intéressé peut consulter des résultats plus complets (plus d'information fournie, pour plus d'années) dans l'annexe 8 du rapport.

a. Scénarios avec objectif européen "-15%" (EUk15)

Les conséquences du scénario EUk15 sur les principaux indicateurs macroéconomiques sont reprises dans le tableau 35.

*Effets macroéconomiques:
baisse limitée du PIB malgré
un recul initial important
de l'activité*

La hausse du prix des produits énergétiques entraîne des conséquences négatives pour l'activité économique générale. Celle-ci subit également les effets néfastes de la (légère) baisse du marché potentiel d'exportation. La redistribution des recettes nouvelles engendrées par la taxation de l'énergie vient toutefois compenser ces premiers effets négatifs et, au total, l'activité, mesurée par le PIB, n'est que peu affectée en fin de période.

Tant la demande intérieure que les exportations sont affectées par le choc qui est injecté. En ce qui concerne la demande intérieure, on note un net recul des investissements. La réaction de la consommation des particuliers est, par contre, plus nuancée. Dans le cas où les nouvelles recettes publiques sont entièrement consacrées à une baisse des cotisations patronales, la consommation des particuliers baisse légèrement en fin de période (-0,20% par rapport à son niveau de base). Cette baisse résulte de la contraction du revenu disponible réel, lui-même handicapé par une hausse de l'indice santé en retrait par rapport à l'indice général des prix. On note, par contre, une très légère hausse de la consommation privée dans le cas où une partie des nouvelles recettes publiques est consacrée à une baisse des cotisations personnelles (ce qui profite au revenu disponible des ménages).

Quant aux exportations, celles-ci subissent un double handicap: réduction du marché potentiel d'exportation (introduit de manière exogène dans ces scénarios), hausse des prix à l'exportation liée à la hausse des coûts intérieurs énergétiques⁶⁵ et, donc, érosion de la compétitivité (malgré la hausse des prix à l'importation simulée avec le modèle NEMESIS). Ce dernier effet est toutefois contrebalancé par la baisse des charges liée à la réduction des cotisations sociales employeurs. Au total, les exportations seraient réduites, en fin de période, dans une fourchette allant de 0,46 à 0,50%.

Parallèlement, les importations s'affichent en net recul: celui-ci découle notamment de la réduction de la consommation d'énergie, mais les importations des autres biens et services sont également en baisse (en raison de la baisse de la demande intérieure et d'une -légère- perte de compétitivité des importateurs). Il s'ensuit que la contribution des exportations nettes (exportations - importations) à la croissance progresse et vient contrebalancer le recul de la demande intérieure. Au total, compte tenu de ces divers effets, le PIB ne se modifie quasiment pas

65. Mais également à la hausse des autres coûts intérieurs (notamment les salaires indexés).

dans le cas du recyclage via les cotisations patronales seules et ne recule que de manière limitée dans le cas du recyclage mixte.

Prix: une nette relance de l'inflation en début de période

La hausse des prix énergétiques (et celle des prix mondiaux) se marque par une remontée assez nette du rythme d'inflation en tout début de simulation. A moyen terme, la remontée des prix est toutefois moins nette, surtout dans le cas où les recettes nouvelles sont entièrement consacrées à une baisse des cotisations patronales (et donc à une baisse des coûts salariaux). En fin de période, les prix s'accroissent de 0,58% en cas de recyclage via les cotisations patronales, et de 0,90% en cas de recyclage mixte.

Emploi

Les résultats en termes d'emplois sont très dépendants du type de redistribution des nouvelles recettes qui est sélectionné. La hausse initiale des coûts énergétiques doit logiquement entraîner des pertes d'emploi. Celles-ci peuvent être, toutefois, limitées en raison des baisses de charges liées au recyclage du produit de la taxe énergétique. On note même des gains en emplois dans le cas où les réductions du coût salarial sont d'une ampleur suffisante (cas du recyclage complet en baisse de cotisations patronales).

Résultats sectoriels

Des résultats sectoriels détaillés sont repris dans des tableaux en annexe. On note un certain recul des productions des secteurs marchands⁶⁶, lié à la hausse des coûts et à la baisse de la demande intérieure et extérieure. La chute est particulièrement spectaculaire pour le secteur énergétique (baisse de la production du secteur de plus 4% en 2020). Dans les autres secteurs, les baisses sont nettement moins prononcées, mais perceptibles. On note ainsi un recul non négligeable de l'activité pour les transports aériens et routiers et les autres services marchands. La chute est, par contre, nettement moins accusée pour le secteur de la santé .

Les effets sur l'emploi sectoriel sont, également, contrastés. Les pertes d'emplois sont particulièrement accusées dans le secteur énergétique. Dans les autres secteurs, le bilan est, par contre, relativement plus favorable. En cas de recyclage via les cotisations patronales, on ne déplore de baisses de l'emploi que dans les secteurs industriels (qui bénéficient peu des baisses de charges). Pour tous les autres secteurs, des gains en emplois seraient enregistrés (les gains allant de 0,10% à 0,9%). En cas de recyclage mixte, le bilan serait moins favorable, des pertes d'emplois étant enregistrées dans divers secteurs (autres services marchands, biens d'équipement, biens de consommation) et les gains en emplois, s'il y a lieu, seraient plus limités.

66. Le recul des valeurs ajoutées est beaucoup plus limité, compte tenu du recul assez sensible des consommations intermédiaires en énergie.

TABLEAU 35 - Synthèse des résultats du scénario EUpk15: Indicateurs macroéconomiques de base
(différences en % par rapport à la simulation de base)

	Recyclage via une réduction des cotisations sociales employeurs			Recyclage via une réduction des cotisations sociales employeurs et personnelles		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020
Production totale	-0,55	-0,67	-0,72	-0,53	-0,71	-0,78
Energie (dépenses finales, en prix de 2000)	-1,59	-2,77	-3,46	-1,53	-2,68	-3,38
Composantes de la demande						
Consommation des particuliers	-0,33	-0,19	-0,20	-0,12	0,02	0,02
Investissements	-0,09	-0,91	-1,04	-0,06	-0,86	-1,01
dont entreprises	-0,13	-1,49	-1,74	-0,08	-1,44	-1,69
Demande intérieure	-0,20	-0,32	-0,35	-0,09	-0,19	-0,23
Exportations	-0,13	-0,33	-0,46	-0,14	-0,36	-0,50
Importations	-0,35	-0,59	-0,71	-0,27	-0,50	-0,63
PIB	0,02	0,00	-0,01	0,04	-0,03	-0,06
Prix de la consommation privée	0,76	0,61	0,58	0,88	0,93	0,90
Indice santé	0,54	0,39	0,39	0,67	0,72	0,72
Déflateur du PIB	0,54	0,49	0,42	0,71	0,86	0,80
Emploi total						
. en milliers	5,10	10,81	12,39	-0,49	-1,24	-3,59
. en %	0,12	0,24	0,26	-0,01	-0,03	-0,07
Productivité par tête (secteur des entreprises)	-0,04	-0,22	-0,26	0,14	0,07	0,10
Coût salarial unitaire (secteur des entreprises)	-0,90	-0,53	-0,52	-0,07	0,27	0,25
Revenu disponible réel des ménages	-0,45	-0,17	-0,09	-0,17	-0,04	-0,07
Taux d'excédent brut des entreprises (différence en % de la valeur ajoutée)	0,15	-0,15	-0,23	-0,10	-0,30	-0,37
Solde extérieur courant (en % du PIB)	0,25	0,33	0,30	0,19	0,25	0,23
Capacité ou besoin de financement de l'ensemble des administrations publiques						
. en milliards	0,04	0,10	0,10	0,27	0,20	0,20
. en % du PIB	0,01	0,02	0,01	0,08	0,04	0,02

Source: Simulation HERMES.

Impact op de overheidsfinanciën

De gevolgen voor de overheidsfinanciën hangen af van de invloed van de heffingen en hun compensaties op de economische activiteit (indirecte belastingen en vennootschapsbelasting), de werkgelegenheid (directe belastingen en werkloosheidsuitkeringen) en de inflatie (geïndexeerde uitgaven).

De bijkomende BTW-ontvangsten die voortvloeien uit de stijging van de energieprijzen worden niet herverdeeld.

Stijging van de overheidsontvangsten...

Aan de inkomstzijde nemen de directe belastingen toe dankzij de stijging van de opbrengsten uit de personenbelasting door een toename van het belastbaar inkomen via de vermindering van de sociale bijdragen (zie tabel 36). Uiteraard stijgen de ontvangsten uit indirecte belastingen vanwege de nieuwe heffing en dalen de inkomsten uit sociale premies, aangezien de herverdeling via dat kanaal verloopt. Het uiteindelijke verlies aan sociale premies wordt enigszins beperkt

door de toegenomen inflatie. Globaal genomen liggen de lopende ontvangsten steeds boven hun niveau van de basissimulatie.

Gedeeltelijk gecompenseerd door een stijging van de uitgaven.

Het uiteindelijke effect op het overheidssaldo is steeds positief, al wordt de netto toename van de overheidsinkomsten gedeeltelijk geneutraliseerd door een stijging van de overheidsuitgaven.

De overheidsconsumptie neemt toe onder invloed van de inflatie. Dat prijseffect leidt tevens tot een sterke toename van de socialezekerheidstransfers. De rentelasten dalen.

TABEL 36 - Synthese van de resultaten van het scenario EUk15: Overheidsfinanciën
(verschillen in miljoenen euro tov de basissimulatie)

	Herverdeling via een vermindering van de socialezekerheidsbijdragen van de werkgevers			Herverdeling via een vermindering van de socialezekerheidsbijdragen van de werkgevers en werknemers		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020
1. Ontvangsten	853	877	1018	1316	1706	2044
Fiscale ontvangsten	3267	3402	4100	3719	4147	5059
a. Directe belastingen	619	512	611	956	1027	1293
Huishoudens	324	276	327	844	888	1114
Vennootschappen	293	234	283	110	137	177
Andere	1	2	2	2	3	3
b. Indirecte belastingen	2635	2875	3473	2746	3095	3737
c. Belastingen op kapitaal	14	15	16	18	25	28
Socialezekerheidsbijdragen	-2514	-2622	-3221	-2524	-2601	-3204
Andere ontvangsten	100	97	139	121	160	190
2. Uitgaven	815	775	920	1046	1503	1840
Primaire uitgaven	810	795	968	1039	1561	1979
a. Overheidsverbruik	434	505	632	523	849	1072
b. Subsidies	40	37	42	48	60	70
c. Socialezekerheidstransfers	278	203	246	386	539	712
d. Andere lopende transfers	37	33	35	43	53	59
e. Kapitaaluitgaven	22	18	13	39	59	65
Rentelasten	5	-20	-48	7	-58	-139
3. Surplus (+) of tekort (-)	38	102	97	271	203	203
in % van het bbp	0,01	0,02	0,01	0,08	0,04	0,02
4. Primair saldo	42	82	49	278	146	64

Source: HERMES-simulatie.

b. Scénarios avec objectif européen “-30%” (scénario EUk30)

Rappelons que ce scénario implique des hausses de prix de l'énergie particulièrement accusées, s'étalant, selon le produit, entre 2 et près de 300% (!) en fin de période de simulation. Le prix moyen de l'énergie serait, quant à lui, majoré de quelque 33% à l'horizon 2020. Par ailleurs, les secteurs et agents en dehors du sys-

tème des permis d'émissions seraient confrontés à une hausse de la taxation atteignant l'équivalent de plus de 1,5% du PIB en fin de période.

*Effets macroéconomiques:
peu d'effets sur le PIB...*

Les hausses de prix des différents produits énergétiques entraînent une poussée non négligeable des coûts intérieurs, sources d'inflation et de perte de revenu intérieur et de compétitivité. Il doit s'ensuivre logiquement un repli de l'activité économique. Celle-ci subit également les effets néfastes de la baisse du marché potentiel d'exportation. La redistribution des recettes nouvelles engendrées par la taxation de l'énergie vient toutefois compenser ces premiers effets négatifs : globalement, l'activité, mesurée par le PIB, est stabilisée, à moyen terme, dans le cas du recyclage via les cotisations patronales et n'est qu'en légère baisse dans l'autre cas (voir tableau 37).

*...en dépit d'une baisse de la
demande intérieure et des
exportations*

Tant la demande intérieure que les exportations sont affectées par le choc qui est injecté. En ce qui concerne la demande intérieure, on note, tout comme dans le premier scénario, un net recul des investissements, lié à une forte baisse des investissements des entreprises: la chute atteint de 1,8 à 1,9% en fin de période, selon le recyclage envisagé. La consommation des particuliers est également affectée négativement, du moins si la redistribution de la taxation se réalise exclusivement sous forme de baisse de cotisations sociales employeurs. Dans ce cas, la consommation des ménages recule d'emblée de 0,32%, puis de 0,34% après 5 ans et de 0,46% en fin de période. Ce recul est lié à un tassement du revenu réel et à la remontée de l'inflation. Dans le cas où une partie des nouvelles recettes publiques est consacrée à une baisse des cotisations personnelles (ce qui profite au revenu disponible des ménages), la consommation des ménages ne recule qu'à court terme et se redresse ensuite. En fin de période, elle s'afficherait même en très léger progrès par rapport à la simulation de base.

Quant aux exportations, celles-ci subissent à nouveau un double handicap: réduction du marché potentiel d'exportation (introduit de manière exogène dans ces scénarios), hausse des prix à l'exportation liée à la hausse des coûts intérieurs énergétiques et, donc, érosion de la compétitivité. Ce dernier effet est toutefois contrebalancé par la baisse des charges liée à la réduction des cotisations sociales employeurs, ainsi que par la hausse des prix chez nos partenaires commerciaux. Au total, les exportations seraient réduites, en fin de période, dans une fourchette allant de 0,80 à 0,87%.

*...compensé par une nette
baisse des importations*

Parallèlement, les importations baissent de manière sensible. Tout comme dans les scénarios précédents, les importations d'énergie sont en recul accentué. On note également une contraction des importations pour les biens et services non énergétiques. Le recul des importations est tel que la contribution des exportations nettes (exportations -importations) est en progrès (malgré la baisse des exportations), ce qui permet de compenser le recul de la demande intérieure. Au total, compte tenu de ces divers effets, le PIB ne se modifie quasiment pas dans le cas du recyclage via les cotisations patronales seules et ne recule que de manière limitée dans le cas du recyclage mixte.

*Prix: nette relance de
l'inflation, persistant
jusqu'en fin de période*

La hausse des prix énergétiques (et celle des prix mondiaux) se marque par une nette remontée du rythme d'inflation en tout début de simulation. Cette accélération de la hausse des prix persiste à moyen terme et, en fin de période, le niveau des prix est relevé de 1,4 à 2,1% selon la redistribution envisagée. Certes, la baisse des cotisations sociales employeurs permet de compenser dans une certaine me-

sure l'alourdissement des coûts énergétiques et, par là, d'en réduire l'impact inflationniste, tout en ne pouvant éluder complètement celui-ci.

Emploi: résultats dépendant de la redistribution des nouvelles recettes

Les résultats en termes d'emplois sont à nouveau très dépendants du type de redistribution des nouvelles recettes. D'une manière générale, la baisse initiale de l'activité doit entraîner des pertes d'emploi. Par contre, les baisses de charges permettent de gommer plus ou moins ce premier effet négatif et la baisse des cotisations sociales employeurs (qui entraîne une réduction du coût du travail) induit un accroissement du contenu en emploi de la croissance. *In fine*, tout dépendra de l'ampleur des réductions de charges. On note qu'une baisse importante des cotisations sociales employeurs (cas de la redistribution sous la forme unique de réduction de CSE) permet d'augmenter l'emploi intérieur, alors qu'une réduction plus limitée de ces CSE n'a que peu d'effets.

Au total, un scénario dans lequel seules les CSE sont réduites permet de créer pas moins de 28 000 emplois après 10 ans. Dans le cas où les réductions de la parafiscalité portent aussi bien sur les CSE que sur les cotisations personnelles, l'emploi chute légèrement (perte de 5 000 emplois en fin de période).

Résultats sectoriels

Les résultats sectoriels détaillés sont repris dans des tableaux en annexe (annexe 8). Tout comme dans le scénario EUpk15, on note une chute générale des productions des secteurs marchands⁶⁷, liée à la hausse des coûts et à la baisse de la demande intérieure et extérieure. La chute est particulièrement spectaculaire pour le secteur énergétique (baisse de la production du secteur de 8% en 2020). Dans les autres secteurs, on note un recul non négligeable de l'activité pour les transports, de manière générale, la construction et certains services marchands. La chute est, par contre, nettement moins accusée pour le secteur de la santé.

Les effets sur l'emploi sectoriel sont, également, contrastés. Les pertes d'emplois sont particulièrement accusées dans le secteur énergétique (plus de 2% de pertes). Dans les autres secteurs, le bilan est, par contre, relativement plus favorable. En cas de recyclage via les CSE, on ne déplore une baisse de l'emploi que dans l'industrie. Pour tous les autres secteurs, des gains en emplois seraient enregistrés (les gains allant de 0,04% à 2,3%). En cas de recyclage mixte, le bilan serait moins favorable, des pertes d'emplois étant enregistrées dans divers secteurs (autres services marchands, crédit et assurances, biens d'équipement, biens de consommation, construction) et les gains en emplois, s'il y a lieu, seraient plus limités.

67. La chute des valeurs ajoutées est nettement moins forte, compte tenu du recul assez sensible des consommations intermédiaires en énergie.

TABLEAU 37 - Synthèse des résultats du scénario EUpk30: Indicateurs macroéconomiques de base
(différences en % par rapport à la simulation de base)

	Recyclage via une réduction des cotisations sociales employeurs			Recyclage via une réduction des cotisations sociales employeurs et personnelles		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020
Production totale	-0,54	-1,09	-1,51	-0,51	-1,14	-1,61
Energie (dépenses finales, en prix de 2000)	-1,57	-4,21	-6,72	-1,51	-4,07	-6,55
Composantes de la demande						
Consommation des particuliers	-0,32	-0,34	-0,46	-0,12	0,02	0,01
Investissements	-0,07	-1,28	-1,91	-0,03	-1,17	-1,83
dont entreprises	-0,10	-2,12	-3,25	-0,05	-2,04	-3,16
Demande intérieure	-0,20	-0,48	-0,70	-0,08	-0,26	-0,43
Exportations	-0,14	-0,47	-0,80	-0,15	-0,52	-0,87
Importations	-0,37	-0,88	-1,33	-0,28	-0,73	-1,16
PIB	0,03	0,01	0,03	0,05	-0,02	-0,06
Prix de la consommation privée	0,75	1,05	1,43	0,87	1,53	2,10
Indice santé	0,53	0,66	0,89	0,66	1,17	1,59
Déflateur du PIB	0,53	0,82	1,05	0,70	1,39	1,85
Emploi total						
. en milliers	5,25	17,45	27,48	-0,34	-1,19	-5,10
. en %	0,12	0,38	0,57	-0,01	-0,03	-0,11
Productivité par tête (secteur des entreprises)	-0,04	-0,33	-0,50	0,15	0,13	0,23
Coût salarial unitaire (secteur des entreprises)	-0,93	-1,06	-1,37	-0,09	0,32	0,44
Revenu disponible réel des ménages	-0,44	-0,34	-0,33	-0,16	-0,08	-0,16
Taux d'excédent brut des entreprises (différence en % de la valeur ajoutée)	0,17	-0,16	-0,36	-0,09	-0,44	-0,72
Solde extérieur courant (en % du PIB)	0,25	0,52	0,67	0,19	0,40	0,51
Capacité ou besoin de financement de l'ensemble des administrations publiques						
. en milliards	0,04	0,14	0,25	0,28	0,39	0,63
. en % du PIB	0,01	0,02	0,02	0,08	0,07	0,06

Source: Simulation HERMES.

Impact op de overheidsfinanciën

De effecten op de overheidsfinanciën in het scenario EUpk30 zijn vergelijkbaar met de effecten in het scenario EUpk15 maar zijn sterker aangezien de prijsstijging van de energieproducten eveneens hoger is.

De gevolgen voor de overheidsfinanciën hangen bijgevolg eveneens af van de invloed van de heffingen en hun compensaties op de economische activiteit (indirecte belastingen en vennootschapsbelasting), de werkgelegenheid (directe belastingen en werkloosheidsuitkeringen) en de inflatie (geïndexeerde uitgaven).

De bijkomende BTW-ontvangsten die voortvloeien uit de stijging van de energieprijzen worden niet herverdeeld.

Stijging van de overheidsontvangsten...

Aan de inkomstzijde nemen de directe belastingen toe dankzij de stijging van de opbrengsten uit de personenbelasting door een toename van het belastbaar inkomen via de vermindering van de sociale bijdragen (zie tabel 38). Uiteraard

stijgen de ontvangsten uit indirecte belastingen vanwege de nieuwe heffing en dalen de inkomsten uit sociale premies, aangezien de herverdeling via dat kanaal verloopt. Het uiteindelijke verlies aan sociale premies wordt enigszins beperkt door de toegenomen inflatie. Globaal genomen liggen de lopende ontvangsten steeds boven hun niveau van de basissimulatie.

Gedeeltelijk gecompenseerd door een stijging van de uitgaven.

Het uiteindelijke effect op het overheidssaldo is steeds positief, al wordt de netto toename van de overheidsinkomsten gedeeltelijk geneutraliseerd door een stijging van de overheidsuitgaven. De overheidsconsumptie neemt toe onder invloed van de inflatie. Dat prijseffect leidt tevens tot een sterke toename van de socialezekerheids transfers. De rentelasten dalen.

TABEL 38 - Synthese van de resultaten van het scenario EUpk30: Overheidsfinanciën
(verschillen in miljoenen euro tov de basissimulatie)

	Herverdeling via een vermindering van de socialezekerheidsbijdragen van de werkgevers			Herverdeling via een vermindering van de socialezekerheidsbijdragen van de werkgevers en werknemers		
	2010	2015	2020	2010	2015	2020
1. Ontvangsten	843	1455	2450	1311	2821	4803
Fiscale ontvangsten	3284	5981	9976	3740	7219	12167
a. Directe belastingen	618	905	1553	958	1771	3126
Huishoudens	320	457	786	845	1533	2668
Vennootschappen	296	445	763	111	233	451
Andere	1	3	4	2	4	7
b. Indirecte belastingen	2652	5051	8383	2764	5407	8972
c. Belastingen op kapitaal	14	25	41	18	41	68
Socialezekerheidsbijdragen	-2539	-4695	-7848	-2549	-4659	-7811
Andere ontvangsten	99	168	321	120	261	447
2. Uitgaven	801	1316	2200	1032	2428	4168
Primaire uitgaven	797	1347	2302	1025	2512	4433
a. Overheidsverbruik	428	845	1474	517	1361	2395
b. Subsidies	40	64	104	47	100	164
c. Socialezekerheids transfers	271	348	577	380	864	1553
d. Andere lopende transfers	36	61	108	43	95	170
e. Kapitaaluitgaven	21	29	40	39	93	153
Rentelasten	4	-31	-102	7	-84	-265
3. Surplus (+) of tekort (-)	42	139	249	279	393	633
in % van het bbp	0,01	0,02	0,02	0,08	0,07	0,06
4. Primair saldo	47	109	148	286	309	368

Bron: HERMES-simulatie.

5. Conclusions

La mise en œuvre d'objectifs ambitieux de réduction des émissions de GES au niveau européen a, non seulement, pour la Belgique, un impact sur la structure du système énergétique, mais aussi sur l'économie. Cet impact découle essentiellement des changements induits dans les coûts énergétiques et, via ceux-ci, dans les

coûts et les prix des différents secteurs, mais aussi des modifications apportées au contexte européen (les objectifs de réduction étant définis à ce niveau).

L'évaluation des impacts économiques, au niveau belge, des réductions d'émission de GES, a été faite en utilisant le modèle macro-sectoriel HERMES. Les scénarios ont été construits en introduisant, dans une première étape, les valeurs du carbone calculées par le modèle PRIMES et correspondant à deux objectifs de réduction des émissions de GES au niveau européen, puis, dans un second temps, en recyclant la recette supplémentaire découlant de l'introduction d'une taxe CO₂ (pour les secteurs non ETS et les ménages).

Dans l'ensemble, l'impact des scénarios sur l'activité économique, mesurée par le PIB, est relativement neutre. Certes, la hausse des prix de l'énergie entraîne une poussée non négligeable des coûts intérieurs, source d'inflation et de perte de revenu et de compétitivité. Par ailleurs, le marché potentiel d'exportation s'affiche en légère baisse. Il doit s'ensuivre logiquement un repli de l'activité économique. Toutefois, la redistribution des recettes publiques nouvelles engendrées par la taxation de l'énergie vient compenser ces premiers effets négatifs (notamment en matière de compétitivité) et l'on note, in fine, un PIB au pire en légère baisse par rapport à la simulation de base. On note, en effet, que le recul de la demande intérieure et des exportations est compensé dans une large mesure par une baisse des importations (dont les importations d'énergie). La redistribution de la nouvelle recette s'avère donc cruciale, dans ce contexte.

Quant à l'emploi, les effets sur celui-ci vont très largement dépendre du type de redistribution envisagé. D'une manière générale, la baisse initiale de l'activité est synonyme de pertes d'emplois, mais celles-ci sont en grande partie gommées du fait du recyclage de la taxe énergétique. On note même des créations d'emplois dans le cas où le recyclage se fait sous la forme de baisses de cotisations sociales employeurs.

On notera par ailleurs que le choix du mode de fonctionnement du modèle en matière des salaires n'est pas sans influencer ces résultats (et singulièrement ceux qui sont obtenus pour l'emploi). Rappelons que les simulations ont été réalisées sur base d'un modèle laissant inchangés les salaires bruts hors index (et, donc, impliquant une stricte modération salariale). Le choix d'un mode de fonctionnement en salaires libres aurait probablement eu pour effet de détériorer les résultats macroéconomiques et, en particulier, de réduire les gains en emplois.

6. Lijst van referenties

Bureau fédéral du Plan, *Impacts économiques de scénarios de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les pays de l'Union européenne: simulations avec le modèle NEMESIS*, Bureau fédéral du Plan, juin 2006.

European Commission, DG for Economic and Financial Affairs, *The 2005 Economic Policy Committee Projections of age-related expenditure (2004-2050) for the EU-25 member states*, European Economy, Special Report No 4/2005

Federaal Planbureau, *Economische Perspectieven 2005-2010*, Federaal Planbureau, april 2005

Federaal Planbureau, *Impacts économiques de scénarios de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les pays de l'Union européenne: simulations avec le modèle NEMESIS*, Bureau fédéral du Plan, juin 2006

OECD, *The OECD medium-term reference scenario*, May 2005

Vandevyvere W., *Een macro-economisch en sectoraal scenario voor de periode 2006-2020. Bijdrage tot het project "Scenario's voor Post-2012 tegen 2020 en 2050"*, Federaal Planbureau, REPO2121, mei 2006



Analyse de scénarios de réduction des émissions à l'horizon 2050

Cette partie du rapport (chapitre III) explore les possibilités de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) en Belgique à l'horizon 2050. C'est la démarche du backcasting qui est appliquée dans cette étude. Cette application est présentée en trois étapes. Une définition de la méthode ainsi qu'une fourchette de trois objectifs concernant la situation espérée en 2050 pour la Belgique sont d'abord proposées. Un modèle permettant de calculer les changements requis pour réaliser ces différents objectifs est ensuite exposé. Et un scénario de réalisation de chacun ces trois objectifs est enfin examiné.

Ces trois étapes, qui forment les trois sections suivantes de cette partie (chapitre III) du rapport, sont brièvement présentées ci-dessous.

- La première section explique comment l'approche du backcasting est appliquée dans l'étude. Elle rappelle les engagements politiques pris par l'Union européenne et les Nations Unies. Concernant la lutte contre les changements climatiques, ces engagements sont porteurs d'objectifs de réduction des émissions de GES qui sont cohérents avec les recherches scientifiques les plus récentes. Les résultats de ces recherches relatives aux risques de réchauffement global et à l'évolution des concentrations et émissions mondiales de GES dans l'atmosphère sont brièvement rappelés. Concernant le développement durable, des engagements politiques ont aussi été pris. Ils sont également rappelés dans cette section. Ils permettent de situer ces objectifs climatiques dans le cadre de la réalisation progressive d'un mode de développement durable.
- La deuxième section présente le modèle comptable qui a été utilisé pour effectuer cette étude en précisant ses caractéristiques sectorielles déterminantes pour le calcul des émissions de 2050. D'abord présenté de façon générique, le modèle est ensuite décrit pour une série de secteurs fondamentalement différents les uns des autres: le résidentiel et les services, les transports terrestres et aériens (de passagers et de marchandises), l'industrie, la production d'électricité, les raffineries et cokeries, l'agriculture et les autres secteurs. Dans chacun de ces secteurs, la situation de départ, la représentation des technologies, les spécificités du modèle et les variables clés qui seront modifiées selon les scénarios sont alors définis.
- La troisième section décrit en détail les trois scénarios étudiés. Elle précise les changements technologiques et de comportements qui permettent d'en atteindre les objectifs de réduction et elle détaille les émissions. Le travail est présenté secteur par secteur. Cette dernière section tire aussi les conclusions de ce premier exercice d'exploration du futur sur la base des résultats de ces trois scénarios.

A. Méthodologie et objectifs

Cette section présente la méthodologie utilisée pour explorer les réductions d'émissions de gaz à effet de serre (GES) en Belgique à l'horizon 2050. Une approche de backcasting a été choisie.

- Le point A décrit de façon synthétique l'approche de backcasting et explique les raisons pour lesquelles cette approche a été choisie.
- Le point B décrit la fourchette des trois objectifs climatiques retenus pour la Belgique et qui différencient les uns des autres les trois scénarios 2050 présentés par cette étude. Il montre en quoi ces objectifs sont cohérents avec les engagements politiques de l'Union européenne et des Nations Unies de même qu'avec les recherches scientifiques les plus récentes sur le réchauffement global.
- Le point C situe alors cette application de la méthode de backcasting dans le cadre des engagements de développement durable qui ont été pris, eux aussi, tant au niveau de l'Union européenne que des Nations Unies.

1. Présentation du backcasting

Le backcasting est une méthode de prospective qui permet de définir des politiques à mener pour atteindre un état du monde souhaité à long terme. Elle envisage des visions de l'avenir porteuses de changements importants non seulement par rapport à la situation actuelle mais aussi par rapport aux tendances actuelles.

"Backcasting" contient le mot "back" car, après avoir pensé des visions de l'avenir, après les avoir caractérisées à l'aide d'objectifs précis et supposés atteints à une date fixée à très long terme, cette méthode opère un retour en arrière pour déterminer un ensemble de changements requis pour y accéder. L'avantage de ce retour en arrière est qu'il permet d'identifier des changements de nos conditions de vie suffisamment ambitieux et des changements structurels suffisamment importants pour rendre possible la réalisation de certains objectifs sociaux, environnementaux ou économiques nécessaires au bien-être des générations futures.

La méthode de backcasting peut être utilisée dans des études sur des états du monde souhaités à long terme de types fort différents. Elle peut donc anticiper des modes de développement différents, tant de type durable que de type non-durable. Le point C montrera que les états futurs du développement envisagés ici sont de type "développement durable" car telle était la demande définissant l'étude.

Comme le monde n'évolue pas spontanément vers un développement durable, des exercices de backcasting à l'horizon 2050 donc peuvent aussi être menés sur des scénarios explorant d'autres états futurs du développement qui n'auraient aucun lien spécifique avec un développement durable. Mais quel que soit l'avenir souhaité, tout exercice de backcasting a toujours un aspect très volontariste sur l'état du monde souhaité à long terme.

En d'autres termes, contrairement aux exercices de prospective qui ne posent que la question "où allons-nous?", toute étude de backcasting met un accent volontariste sur la question: "Où voulons-nous aller?". De cette question centrale découle naturellement la question des réponses politiques et sociétales: "Comment y arriver?", qui se trouve ainsi placée au centre de la démarche de backcasting et dont elle est, à terme, le principal résultat.

Plusieurs exemples d'études ayant utilisé la méthodologie du backcasting dans les domaines liés à l'énergie et aux réductions d'émissions de GES ont déjà été utilisées au niveau fédéral¹. Il s'agit notamment du projet *Environmentally Sustainable Transport* de l'OCDE, des études sur le transport terrestre faite par le centre Tyndall de recherche sur les changements climatiques (Bristow et al. 2006, Tight et al. 2005) et du projet *Climate Options for the Long term*, qui a utilisé la technique du backcasting en 2002 pour formuler des recommandations relatives à la politique de gestion des changements climatiques aux Pays-Bas (Tuinstra et al. 2002).

Lors de la préparation de cette étude-ci, d'autres recherches utilisant le backcasting ont également été utilisées. Dans le domaine de l'énergie, il s'agit en particulier du projet VLEEM (Enerdata et al. 2005), dont l'objectif était d'é

lir une méthodologie et de développer les outils pour modéliser les systèmes énergétiques au niveau mondial à très long terme (un siècle). Dans le domaine du transport, on peut en particulier citer les projets POSSUM et VIBAT (Banister et Hickman 2006), pour le Royaume-Uni, ainsi que les recherches de Akerman et Höjer (2006) pour la Suède. Akerman (2005) a également utilisé une méthode de backcasting pour proposer des pistes de réduction des émissions de GES dans le transport aérien au niveau mondial.

2. Objectifs de réductions des émissions de GES en 2050

Le point de départ des scénarios de backcasting à réaliser dans cette étude est la formulation d'un objectif de réduction des émissions de GES en Belgique pour 2050 par rapport à 1990, dans le cadre de la politique européenne de lutte contre les changements climatiques. Cette sous-section propose un tel objectif, en argumentant ce choix à partir des connaissances scientifiques actuelles et en explicitant clairement les choix qui ont été faits ou qui sont à faire au niveau politique, notamment dans les accords internationaux.

Cette sous-section est divisée en 5 points:

- Le point 1 explicite l'objectif de réchauffement global maximum proposé par l'Union européenne, adopté également dans cette étude.
- Le point 2 traduit cet objectif en terme de concentration de GES dans l'atmosphère.
- Les points 3 et 4 étudient ensuite les implications de ce niveau de stabilisation en terme de réduction d'émissions entre 1990 et 2050 au niveau mondial, puis européen.

1. Voir le 3^{ème} Rapport fédéral sur le développement durable...références

- Le point 5 conclut en proposant trois objectifs de réduction pour la Belgique à étudier à l'horizon 2050.

a. Un réchauffement global limité à 2°C au dessus des températures préindustrielles

La communauté internationale, à travers la CCCC des Nations unies, a choisi comme objectif ultime *"de stabiliser [...] les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable."*

L'Union européenne a traduit cet objectif ultime de la convention par un réchauffement global maximum de 2°C au dessus des températures préindustrielles. Le Conseil Européen du 23 mars 2005 dit notamment: *"Le Conseil européen [...] confirme que, pour réaliser l'objectif ultime de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, l'augmentation de la température mondiale annuelle moyenne en surface ne doit pas dépasser 2°C par rapport aux niveaux de l'époque préindustrielle."* Ce seuil a été choisi notamment en fonction de différents impacts du réchauffement global dont il a été jugé – jugement politique – qu'ils devenaient *"dangereux"* avec un réchauffement supérieur à 2°C (voir par exemple le staff working paper de la Commission européenne (2005) à propos de ce choix).

b. L'objectif de 2°C traduit en terme de concentrations de GES dans l'atmosphère

Le niveau de réchauffement global est principalement déterminé par la concentration de GES dans l'atmosphère. Cette concentration dépend elle-même essentiellement du total des émissions mondiales accumulées au cours de la période d'environ cent ans² qui précède le moment auquel on s'intéresse. Ce lien entre réchauffement et concentrations de GES est caractérisé par la *sensibilité climatique*, un paramètre défini comme le niveau de réchauffement atteint à l'équilibre de long terme avec un doublement des concentrations de GES (de 280 ppm³, la concentration de l'époque préindustrielle, à 560 ppm).

Etant donné la connaissance imparfaite du système climatique terrestre, la sensibilité climatique réelle ne peut pas être évaluée avec précision. Le GIEC considère, dans son rapport de 2001, que la sensibilité climatique est dans l'intervalle de 1,5°C à 4,5°C. Un article plus récent, de Annan et Hargreaves (2006), situe la sensibilité climatique entre 1,7 et 4,9°C à 95% de probabilité.

Il faut ajouter que le système climatique a une grande inertie et réagit donc lentement aux variations de concentrations de GES. Il faut donc étudier l'évolution du climat à très long terme (plusieurs siècles) pour déterminer le niveau de réchauffement.

2. La moitié environ du CO₂ émis par les activités humaines reste entre 50 et 200 ans dans l'atmosphère, l'autre moitié étant absorbée par les océans et la végétation. Comme le CO₂ est le principal des gaz à effet de serre d'origine humaine, il est raisonnable de prendre une centaine d'années comme période d'accumulation.
3. ppm: parties par million. On parle aussi de "parties par million en volume" d'atmosphère (ppmv).

fement correspondant à la stabilisation de la concentration de GES à un niveau donné. En particulier, dans tous les scénarios, le réchauffement atteint en 2100 n'est pas le niveau d'équilibre, même si la concentration de GES dans l'atmosphère est stabilisée dans la deuxième partie du 21^{ème} siècle. Dans le cas des mécanismes qui influencent l'élévation du niveau des mers, cette inertie est encore plus grande que pour la température (plusieurs siècles, voire plusieurs millénaires).

Les modèles climatiques utilisés par la communauté scientifique ont des sensibilités climatiques différentes, qui dépendent notamment des hypothèses, des méthodologies et des données utilisées par leurs auteurs. Ainsi, même s'il y a une relative convergence de résultats entre eux, différents modèles climatiques donneront des niveaux de réchauffement différents (tous étant néanmoins positifs) pour une même augmentation des concentrations de GES. Pour refléter cet état de fait et ne pas se reposer sur les résultats d'un seul modèle climatique, des chercheurs ont récemment évalué les liens entre un niveau de stabilisation des GES dans l'atmosphère et le réchauffement global correspondant en terme de probabilité.

Meinshausen (2006) a réalisé une étude de 11 fonctions de distribution de probabilité de sensibilité climatique trouvées dans la littérature scientifique. Ses résultats sont synthétisés dans le tableau 39, qui donne les probabilités, dans l'état actuel des connaissances, de dépasser à l'équilibre l'objectif de 2°C en fonction du niveau de stabilisation des concentrations de GES dans l'atmosphère. Ce tableau se lit comme suit: pour une concentration des GES dans l'atmosphère qui se stabiliserait à 475 ppm, la probabilité que le réchauffement global soit, à l'équilibre, de plus de 2°C est de 64%. Inversement, la probabilité de rester en-dessous de 2°C de réchauffement, c'est-à-dire d'atteindre l'objectif proposé par l'UE, est de 36%.

TABLEAU 39 - Probabilité de dépasser l'objectif de 2°C de réchauffement à l'équilibre

Niveau de stabilisation (CO ₂ équ.)	400 ppm	450 ppm	475 ppm	500 ppm	550 ppm
Estimation moyenne	28%	54%	64%	71%	82%

Source: Meinshausen (2006).

Mastrandrea et Schneider (2006) mentionnent également la probabilité de 70% de dépasser l'objectif de 2°C pour une concentration de 500 ppm. Ces données sont également utilisées par la Commission européenne, sous forme graphique, dans son Staff working paper *Winning the battle against climate change* (Commission européenne 2005, figure 4).

Au niveau politique, le Conseil européen des ministres de l'environnement du 10 mars 2005 tient compte de ces informations et dit notamment: "Il ressort de recherches scientifiques récentes et des travaux effectués dans le cadre du GIEC qu'il est peu probable qu'une stabilisation des concentrations à un niveau supérieur à 550 parties par million en volume en équivalent CO₂ soit compatible avec l'objectif de 2 °C et que, pour avoir une chance raisonnable de limiter à 2 °C le réchauffement de la planète, il sera peut-être nécessaire de stabiliser les concentrations à un niveau très inférieur à 550 ppmv en équivalent CO₂." La Banque mondiale adopte également ce point de vue dans ses perspectives pour un développement durable pour le 21^{ème} siècle (Banque mondiale 2006).

Au vu de ces informations, il semble que l'objectif en terme de concentrations de GES ne doit pas être supérieur à 450 ppm, qui correspond à environ une chance sur deux de ne pas dépasser l'objectif européen de limiter le réchauffement global à 2°C au dessus des températures préindustrielles. Il faut noter que les chiffres ci-dessus se réfèrent à des concentrations de CO₂-équivalent, c'est-à-dire qu'ils tiennent compte également des autres gaz que le CO₂. La concentration admissible du CO₂ seul est donc inférieure à ces chiffres (de l'ordre de 50 à 100 ppm).

c. L'objectif de 2°C traduit en terme de réduction d'émissions mondiales de GES

Pour atteindre un niveau donné de stabilisation des GES dans l'atmosphère, de nombreux scénarios d'émissions sont possibles. Toutefois, il faut tenir compte de deux contraintes.

- Une diminution immédiate des émissions au niveau mondial semble difficile à réaliser.
- Des taux élevés de diminution annuelle des émissions seraient coûteux.

Il ne reste dès lors que des scénarios où les émissions continuent à augmenter pendant quelques années, puis diminuent par la suite.

Den Elzen et Meinshausen (2006) envisagent des émissions mondiales de GES qui atteignent un maximum vers 2015 puis diminuent par la suite. En incluant les émissions de CO₂ dues aux changements d'affectation des sols (LUCF), ils estiment que, pour stabiliser les concentrations à 450 ppm, les émissions mondiales de GES devraient être de 30 à 40% plus basses en 2050 qu'en 1990. Pour une stabilisation à 400 ppm, ces émissions devraient être de 50% à 55% plus basses qu'en 1990.

Il faut noter que si le maximum d'émission intervient plus tard que 2015, les réductions ultérieures devraient être plus fortes, car, vu leur long temps de vie dans l'atmosphère (de l'ordre de 100 ans pour le CO₂) c'est la quantité cumulée des GES émis qui est importante, et non le niveau d'émission atteint à une date donnée.

d. L'objectif de 2°C traduit en terme de réduction d'émissions de GES pour les pays industrialisés et l'Europe

Un autre aspect politique est la répartition de ces réductions entre d'une part les pays industrialisés, dont le niveau d'émissions par habitant augmente peu, mais est élevé (pour le CO₂ seul, environ 13 t/hab en 2000), et d'autre part les pays en développement, dont le niveau moyen d'émission par habitant est beaucoup plus faible (de l'ordre de 1,6 t CO₂/hab en 2000), mais en croissance plus rapide, suite à leur développement économique.

Pour répondre à cette question il est nécessaire de faire un choix politique de répartition de la charge de réduction. Plusieurs approches sont possibles, suivant les critères envisagés pour cette répartition, par exemple:

- convergence des émissions par personne dans le cas des approches *contraction et convergence* (C&C), et *common but differentiated convergence* (CDC);
- objectifs d'émissions au niveau des secteurs dans le cas de l'approche *triplytique*;

- participation progressive des états en fonction de leur niveau de revenu dans l'approche *multistage*.

Ces différentes approches et leurs conséquences en terme de réduction d'émissions pour les pays industrialisés et pour l'Europe sont expliquées et analysées par différents auteurs, notamment Grassl et al. (2003), van Vuuren et al. (2003), den Elzen et Meinshausen (2006), Weiss (2006). Les hypothèses précises, comme par exemple la date à laquelle la convergence est réalisée, sont différentes dans chacun de ces exercices. Elles reflètent des choix politiques différents. Elles mènent également à des recommandations de réduction différentes. Plusieurs de ces auteurs (Van Vuuren et al. 2003, Weiss 2006) montrent cependant que les efforts de réduction d'émissions sont plus déterminés par le niveau de stabilisation des concentrations de GES à long terme que par l'approche choisie pour le partage de charge.

Certaines études portent sur les réductions de l'ensemble des GES. Dans l'approche de C&C développée par den Elzen et Meinshausen (2006), les émissions de GES des pays industrialisés devraient diminuer de 80% entre 1990 et 2050 pour une stabilisation des concentrations à 450 ppm. VanVuuren et al. (2003), avec un objectif moins contraignant de stabilisation des concentrations de GES à 550 ppm, estiment que les réductions des pays industrialisés (approches multistage ou C&C) devraient être de l'ordre de 70% à 85% en 2050.

D'autres études ne portent que sur les émissions de CO₂. Grassl et al. (2003), utilisent deux scénarios de C&C à 450 ppm pour le CO₂ seul, l'un à l'horizon 2050, l'autre à l'horizon 2100. Dans ces deux cas, ils estiment, pour l'Europe occidentale (et non plus l'ensemble des pays industrialisés), que les réductions nécessaires sont de l'ordre de 70% (convergence en 2050) ou de 60% (convergence en 2100). Enfin, Weiss (2006), examine plusieurs approches de répartition de la charge de réduction. En fonction de l'approche choisie, pour 2050 et une stabilisation à 450 ppm pour le CO₂ seul, l'Europe devrait réduire ses émissions de 70% à 85%. Les chiffres tirés de ces deux études ne portant que sur les concentrations de CO₂ doivent toutefois être considérés avec prudence⁴.

La répartition de l'objectif de diminution entre pays développés doit également intervenir pour définir un objectif européen. Sans préjuger de cette négociation, il est possible d'imaginer que l'Union européenne doive réduire ses émissions moins rapidement que l'Amérique du Nord, dont le niveau actuel d'émission est plus élevé. Il est également possible d'imaginer le contraire, les réductions pouvant être plus coûteuses en Amérique du Nord.

Tant pour l'horizon 2020 qu'au-delà, le Conseil de l'UE a proposé des objectifs de réduction des émissions de GES pour les pays développés dans les conclusions de la présidence du Conseil du 23 mars 2005, qui mentionnent: *"l'UE espère étudier avec d'autres parties des stratégies pour réaliser les réductions des émissions qui sont nécessaires et estime que, à cet égard, il conviendrait d'envisager pour le groupe des pays*

4. Le lien entre objectif de réduction pour l'ensemble des GES ou pour le CO₂ seul n'est en effet pas simple à établir. D'une part, pour atteindre l'objectif proposé de 450 ppm pour l'ensemble des GES, il faut atteindre une concentration de CO₂ plus faible de 450 ppm; l'effort de réduction pour l'ensemble des GES serait donc plus important que celui obtenu pour le CO₂ seul. D'autre part, il semble que les réductions d'émissions qu'il sera possible de faire à l'avenir soient plus fortes pour les gaz autres que le CO₂ que pour le CO₂ lui-même; les taux de réductions d'émissions pourraient donc être plus élevés pour l'ensemble des GES que pour le CO₂ seul.

développés des profils de réduction de l'ordre de 15 à 30 % d'ici 2020 par rapport aux valeurs de référence prévues dans le Protocole de Kyoto et, au-delà, dans l'esprit des conclusions retenues par le Conseil (Environnement)." L'esprit de ces conclusions au-delà de 2020 est donc celui des conclusions du 10 mars 2005, où le Conseil Environnement mentionne que "l'UE [...] estime que, à cet égard, il conviendrait d'envisager pour le groupe des pays développés des profils de réduction de l'ordre de [...] 60 à 80 % d'ici 2050 par rapport aux valeurs de référence prévues dans le Protocole de Kyoto."

En ce qui concerne la climatologie, les études citées dans cette sous-section montrent que les réductions d'émissions des pays développés pourraient devoir être plus fortes que celles proposées par l'UE, en particulier si l'objectif de stabilisation des concentrations de GES était plus bas que 450 ppm. Cette fourchette semble néanmoins raisonnable pour un niveau de 450 ppm. Toutefois, le niveau de 60% ne semble possible que si l'Europe développe son leadership dans le domaine climatique. Elle devra, notamment, proposer suffisamment d'arguments, notamment en terme d'aide aux pays non Annexe I, pour que ceux-ci mettent également en place des politiques de fortes réductions d'émissions.

Il faut noter que les réductions envisagées dans la présente étude ne concernent que les quotas d'émissions alloués aux pays, avant tout recours à des marchés de permis d'émissions. Une fois ces quotas fixés, les marchés de permis d'émission pourraient bien entendu être utilisés pour aider à une répartition optimale de la charge de réduction.

e. L'objectif de réduction d'émissions de GES en 2050 pour la Belgique

Quel objectif de réduction des émissions de GES faut-il considérer pour la Belgique en 2050, dans le cadre du *burden sharing* européen? Comme nous ne disposons pas d'évaluation des coûts de réduction à un horizon aussi lointain que 2050, cette répartition ne peut pas se faire sur la base d'une comparaison des coûts en 2050 entre Etats membres. En effet, à long terme, des changements structurels ou technologiques profonds pourraient intervenir qui modifieraient profondément les coûts relatifs actuels de réduction d'émission de GES que connaît actuellement la Belgique par rapport à l'Europe.

Une des caractéristiques du backcasting est justement de permettre d'étudier les changements structurels, de même que les conditions, par exemple en terme de percée technologique ou de changement de comportement, qui seraient nécessaires à la réalisation de l'objectif proposé. C'était notamment le résultat du projet COOL (Berk et al., 2002), aux Pays-Bas, qui concluait: "Une réduction de 80% des émissions pour les Pays-Bas n'est possible de manière socialement acceptable qu'à certaines conditions. Par exemple, outre les barrières sociales, politiques institutionnelles et physiologiques à surmonter, des percées technologiques majeures devront être réalisées dans de nombreux domaines. Les gouvernements hollandais et européens ont là un rôle important à jouer."

Il est donc pertinent, dans ce cadre méthodologique, de proposer un objectif qui ne soit pas contraint par les conditions actuelles de structure, de coût, de technologie ou de comportement, mais uniquement par la désirabilité de l'objectif, établie ici en terme de lutte contre les changements climatiques et de développement durable. L'objectif européen est une réduction de 60% à 80% des émissions de GES entre 1990 et 2050 pour les pays développés. Les objectifs de réduction qui

sont analysés dans cette étude sont donc de 60% et de 80%. pour la Belgique. Un objectif de réduction de 50% est également étudié. Il correspond à une situation où:

- les politiques de développement durable menées en Belgique jusqu'en 2050 n'auraient pas réussi à modifier la structure de nos émissions de façon à en ramener les coûts marginaux de réduction dans la moyenne européenne (à 25 ou plus);
- la répartition intra-européenne (*burden-sharing*) se ferait sur la base de l'égalisation de ces coûts marginaux de réduction des émissions.

Le rôle de cette étude est notamment de préciser les conditions dans lesquelles ces objectifs peuvent ou non être atteints, que ce soit en terme de changements structurels, de changements de comportements ou de disponibilité des technologies. L'étude suggère également des actions à entreprendre pour rendre possibles et acceptables ces changements. Les coûts et les impacts sur les prix et flux monétaires relatifs aux composantes économiques et sociales du développement ne sont pas abordés dans ce chapitre de l'étude relatif à l'horizon 2050.

3. Objectifs de développement durable en 2050 et backcasting

Dans le cahier de charge de la présente étude, la lutte contre les changements climatiques a été placée dans une perspective de développement durable. Tout comme la lutte contre les changements climatiques, le "développement durable" a été l'objet d'une série d'engagements politiques de la communauté internationale et de l'Union européenne au cours des deux dernières décennies. L'essentiel des objectifs et du processus de développement durable tel que déterminé par ces engagements est rappelé dans le premier point ci-dessous. Le second point montre toute la pertinence d'avoir adopté une approche du backcasting dans un tel contexte. Le troisième point explique la notion de "transition" qui caractérise l'évolution des sociétés à très long terme.

a. Les objectifs de développement durable à très long terme

Au niveau international, les trois objectifs primordiaux du développement durable étaient déjà présents dans les textes d'engagement de la Conférence de Rio sur l'Environnement et le Développement en 1992. Ils ont été fermement réaffirmés au Sommet de Johannesburg en 2002 comme suit: "*L'éradication de la pauvreté, le changement des modes de consommation et de production non durables et la protection et la gestion des ressources naturelles constituent les objectifs fondamentaux et les exigences essentielles du développement durable*" (§2). Les engagements plus concrets qui spécifient le contenu de ces grands objectifs, ainsi que bon nombre de principes de développement durable adoptés dans la Déclaration de Rio, ont été synthétisés dans les Rapports fédéraux sur le Développement durable publiés par le Bureau fédéral du Plan depuis 1999 (TFDD 1999, 2002 et 2005).

Au niveau européen, le Conseil européen des ministres de l'environnement du 10 mars 2005, à l'occasion de la relance de la stratégie de Lisbonne, réaffirmait que "*cette stratégie s'inscrit, elle-même, dans le contexte plus vaste de l'exigence de développement durable selon laquelle il convient de répondre aux besoins présents sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire les leurs.*" (§42)". Il conve-

nait d'œuvrer lors de ses prochaines sessions en faveur du renouvellement de la stratégie européenne de développement durable adoptée au Conseil européen de Göteborg en 2001.

C'est ainsi qu'en juin 2006, il était rappelé dans les conclusions de la Présidence européenne que le développement durable est un objectif fondamental de l'Union européenne. Pour cette raison, le conseil adoptait une stratégie renouvelée définie comme une stratégie européenne de développement durable ambitieuse et transversale (§17). Les thèmes, les perspectives d'action et le cadre conceptuel de cette nouvelle stratégie sont résumés ci-dessous tel que présentés dans le document 10117/06 auquel se réfèrent ces Conclusions du Conseil:

- Les thèmes de cette nouvelle stratégie européenne de développement durable se situent dans le prolongement de la stratégie adoptée à Göteborg en 2001. Le texte de cette stratégie reconnaît au 2^e paragraphe l'urgence d'une série de défis qui ne sont pas neufs mais dont les tendances actuelles sont "non durables". Il s'agit des changements climatiques et de l'utilisation de l'énergie, des menaces sur la santé publiques, de la pauvreté et de l'exclusion sociale, de la pression démographique et du vieillissement, de la gestion des ressources naturelles, de la perte de diversité biologique, de l'aménagement du territoire et des transports (§2). Une série d'engagements pris sur ces thèmes au Sommet mondial sur le développement durable (2002) sont aussi traduits en actions de l'Union européenne dans cette nouvelle stratégie.
- La perspective d'action de cette nouvelle stratégie européenne est celle du (très) long terme mais sans négliger l'importance de l'action à court terme pour répondre à ces tendances problématiques: *"Étant donné que ces tendances négatives s'inscrivent dans l'urgence, il est indispensable d'agir à court terme tout en conservant une perspective d'action à plus long terme. Le principal défi est de modifier progressivement nos modes de consommation et de production actuels, qui ne sont pas durables, ainsi que la manière cloisonnée d'élaborer les politiques."*(§2). Un plan de changement des modes de consommation et de production non durable viendra d'ailleurs soutenir la mise en œuvre de cette stratégie. Ce plan *"devrait permettre d'identifier et de surmonter les obstacles à l'instauration de modes de consommation et de production durables, d'assurer une meilleure cohérence entre les différents domaines politiques concernés, de sensibiliser les citoyens et de modifier les habitudes de consommation non compatibles avec le développement durable."* (§13, 3^e objectif général).
- Quant à son cadre général, cette stratégie de développement durable de l'Union européenne est une stratégie de transition portant *"essentiellement sur la qualité de la vie, l'équité intra- et intergénérationnelle et la cohérence entre tous les domaines politiques, y compris les aspects extérieurs. Elle reconnaît le rôle du développement économique, qui facilite la transition vers une société plus durable."*(§7). Le dynamisme économique et social doit jouer un rôle moteur dans cette transition: *"Tandis que la SDD de l'UE forme le cadre général, la stratégie de Lisbonne, qui s'est recentrée sur la croissance et l'emploi, fournit le moteur d'une économie plus dynamique. Ces deux stratégies reconnaissent que les objectifs sociaux et environnementaux peuvent se renforcer mutuellement et elles devraient par conséquent évoluer de concert."*(§8).

b. Le backcasting dans un contexte de développement durable

Ce point décrit l'application d'une approche de backcasting (telle décrite à la section III.A.1) dans le contexte de la réalisation progressive d'un développement durable (dont les objectifs à très long terme résumés au point 1 ci-dessus). Les objectifs de réduction d'émission de GES de 50%, 60% et 80% adoptés dans cette étude pour la Belgique (et exposés à la section III.A.2) peuvent ainsi être considérés comme des objectifs de développement durable plus précis que les autres.

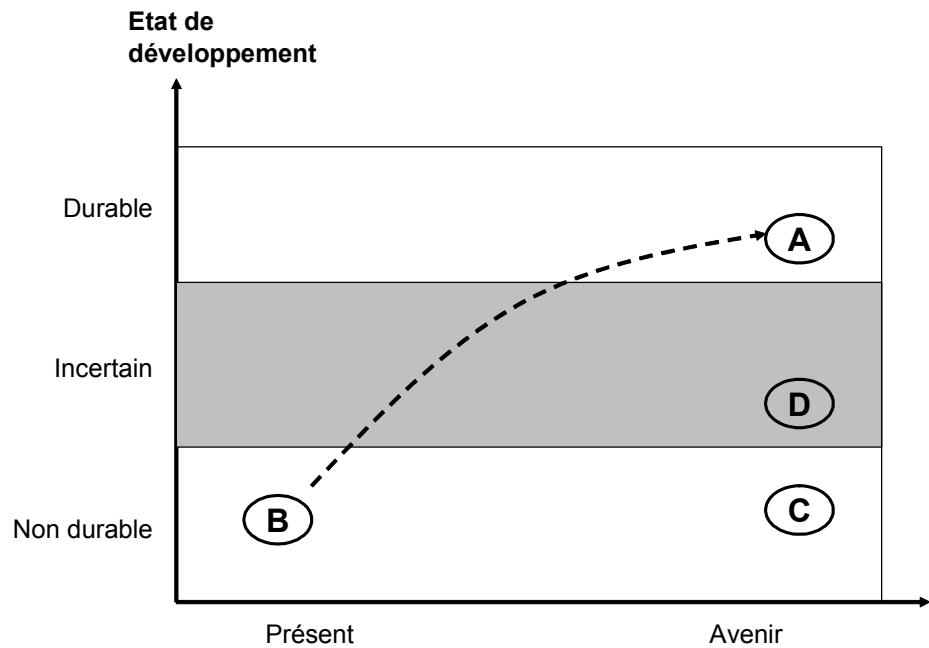
Ce volet 2050 de la présente étude met surtout l'accent sur ces objectifs climatiques puisque l'essentiel des trois mois de recherches qui lui ont été impartis ont été consacrés à cette composante d'un développement durable. Mais d'autres objectifs primordiaux d'un développement durable sont néanmoins présents dans l'étude, sous forme implicite ou explicite, comme le changement graduel des modes de production et de consommation non durables.

Les scénarios de très long terme (2050) proposés dans cette étude ont donc l'ambition d'être compatibles avec un développement durable même s'il n'a été possible d'explorer qu'une partie des effets des actions de lutte contre les changements climatiques proposées dans ces scénarios. Cette exploration concerne la quantité de GES émis dans l'environnement et l'effet sur ces émissions d'un nombre considérable de paramètres technologiques, économiques et sociaux relatifs à nos infrastructures et à nos modes de vie en société. Mais les actions à mener pour atteindre les objectifs ont aussi un coût et un impact sur les prix et autres flux monétaires relatifs aux composantes économiques et sociales du développement qui ne sont pas abordés à l'horizon 2050.

Toutefois la méthode de backcasting convient pour explorer ne fût-ce que ces aspects non monétaires d'une série de problèmes de développement actuellement posés. Les raisons pour lesquelles elle convient particulièrement bien pour étudier les enjeux d'un développement durable dans tous ces domaines sont au nombre de cinq (d'après Dreborg, 1996):

- Comme l'a souligné à diverses reprises l'Union européenne, les tendances à l'œuvre conduisent à des difficultés grandissantes pour parvenir à les maîtriser et à des coûts croissants en cas d'inaction ;
- des coûts externes importants ne sont pas internalisés spontanément et requièrent donc une étude des domaines d'action qui permettront d'assurer leur internalisation;
- la réflexion s'inscrit dans le long terme, ce qui permettrait aussi au facteur temps de contribuer à rendre possibles les changements de tendance nécessaires ;
- les changements à opérer sont importants et requièrent d'être examinés en unités physiques et sur le plan technique avant d'être exprimés en unités monétaires;
- les problèmes à analyser sont complexes mais leurs différents aspects sectoriels peuvent être représentés et étudiés un à un avant d'être placé dans une approche plus systémique;

GRAPHIQUE 39 - Illustration de l'approche backcasting dans un contexte de développement durable



Source: sur base de Steen & Akerman, 1994.

L'approche de backcasting est illustrée au graphique 39 de même que différentes visions du développement. L'axe vertical indique si le monde se trouve (partie supérieure du graphique) ou non (partie inférieure du graphique) dans un état de développement durable. La zone intermédiaire grise correspond aux situations incertaines. Cette figure rassemble donc dans sa partie supérieure tous les états du monde qui sont en concordance avec une vision de développement durable.

- Le point A est l'un des états du monde compatibles avec la vision d'un développement durable. L'application de principes et la réalisation d'objectifs de développement durable ne s'accordent pas avec un état du monde unique. Mais, pour simplifier le graphique, un seul état du monde en développement durable est représenté.
- Le point B représente l'état du monde actuel. Les constats de l'Union européenne sur une série de tendances européennes actuelles ainsi que le 3^{ème} Rapport fédéral sur la situation en Belgique en matière de développement durable indiquent qu'il ne correspond pas à un développement durable.
- Les points C et D représentent des évolutions possibles de l'état actuel, à politique inchangée. Le 3^{ème} Rapport fédéral sur le développement durable montre que ces évolutions posent une série de problèmes graves et de risques d'irréversibilités. Ces états du monde C et D sont donc situés dans la zone inférieure ou dans la zone d'incertitude.
- La flèche reliant l'état actuel (point B) à l'état souhaité (point A) représente un chemin possible pour atteindre un développement durable. Ce chemin pour aller du point B au point A, ainsi que le point A lui-même, correspondent à un scénario.

Dans cette étude, les visions d'avenir proposées porteront sur les réductions d'émissions de gaz à effet de serre dans un monde en développement durable. Trois objectifs correspondant à trois états du monde différents en 2050 (les états

du monde illustrés par le point A du graphique) sont proposés et un scénario est développé pour chacun de ces objectifs.

c. La transition en faveur d'un développement durable

L'approche de backcasting peut être utilisée pour fonder un dialogue avec toutes les parties prenantes sur les conditions à rassembler pour parvenir à un développement durable. Un tel dialogue commence par un débat sur les objectifs à très long terme concernant les aspects de notre développement social, environnemental et économiques qui sont considérés comme les plus souhaitables. Il porte aussi sur les changements structurels et les politiques qui permettraient d'atteindre ces objectifs. Ce type de dialogue est une application du principe de participation. Il fait partie du processus d'apprentissage nécessaire pour réaliser progressivement un développement durable (Vergragt & Quist, 2004). Il peut également aborder les conséquences de ce changement de société et la manière dont les différents acteurs concernés seraient appelés à y contribuer.

Cependant, lorsque l'ampleur des objectifs envisagés est aussi considérable que dans cette étude sur 2050, le chemin, ou le "sentier de développement durable", à scénariser contiendra des changements très profonds dans le mode de développement de la société. Plus de dialogues sur l'avenir sont nécessaires pour fonder des politiques capables d'anticiper correctement de tels changements mais une participation accrue ne suffira pas pour faire face à toutes les innovations du système. Ce type d'évolution doit être envisagé comme une "transition" ce qui appelle des "politiques de transition". Ces deux notions sont brièvement définies ci-dessous pour situer le cadre général dans lequel se situe cette étude et dont elle fournit un tout premier éclairage.

- Une "transition" peut être décrite comme un changement sociétal structurel en plusieurs phases, qui résulte de transformations agissant les unes sur les autres et se renforçant les unes les autres. Les transitions prennent du temps, leur durée étant souvent de l'ordre d'une génération (25 à 50 ans). Les exemples les plus connus dans les pays développés sont les transitions démographiques passant d'un contexte de taux de fécondité et de mortalité élevés à un contexte de taux de fécondité et de mortalité bas⁵, la transition du charbon vers d'autres énergies fossiles dans les années '50 et '60 ou encore la transition d'une économie industrielle vers une économie de service et d'une économie intensive en connaissances.

Dans tous ces cas il y a eu de l'"innovation systémique". Pour la transition démographique, ce fut dans les domaines de la santé, de l'hygiène, du soin et du travail, pour la transition interne aux énergies fossiles, ce fut dans les domaines de la production, de la distribution, de la construction et des institutions et pour la transition structurelle de l'économie, l'innovation systémique a lieu dans divers secteurs économiques, tels que l'agriculture, l'industrie chimique et le trafic et le transport. (Rotmans et al., 2002, p. 11). Une transition résulte de plusieurs innovations systémiques convergentes à un niveau meso, lesquelles proviennent d'innovations en terme de projets, de produits et de processus à un niveau micro, et vice versa. Les tendances, les événements et les rouages sociétaux à des ni-

5. TFDD (2005). Comprendre et gouverner le développement. Rapport fédéral sur le développement durable 2000-2004. Bruxelles: Bureau fédéral du plan. pp45&46

veaux macro, meso et micro se renforcent ainsi mutuellement dans une même direction du système.

- Une "politique de transition" cherche à influencer consciemment cette évolution du système. Il ne s'agit pas de vouloir la dominer ou la contrôler de façon dirigiste mais de l'inciter à prendre, avec la vitesse de transition espérée par la société, la direction des objectifs souhaités par solidarité avec les générations futures. Elles sont difficiles à définir parce que les transformations des conditions de vie en société sont complexes et étroitement liées à l'évolution des modes de vie. Certaines de ces transformations peuvent être influencées par la politique, d'autres doivent rester autonomes et/ou ne sont pas influençables. Certains de ces modes de vie et certaines de ces politiques accroissent les dettes transmises aux générations futures, d'autres les réduisent. L'incitation au changement doit donc être programmée via des mécanismes différents pour des acteurs différents, à plusieurs niveaux de décision et dans plusieurs domaines.

Le besoin de politiques de transition stratégiques naît ainsi de la prise de conscience de la complexité et des incertitudes en terme de temps, d'espace et de domaine. Ce besoin se fait sentir comme un besoin de cohérence reliant entre eux des processus à court et à long terme, des solutions allant dans des directions divergentes et des processus d'apprentissage à l'aide d'instruments différents. Ce type de politique de transition, multi-acteur, multi-niveau et multi-domaine est illustré au tableau 25. Ce tableau montre qu'une telle politique ne représente pas une rupture de tendance avec la politique en cours mais qu'elle l'encadre plutôt dans une perspective de développement durable à très long terme. Une politique de transition qui ne trouverait pas de légitimation dans l'expression de la politique en cours n'aurait aucune chance d'atteindre ses objectifs. Cependant les politiques en cours n'ont pas la capacité d'améliorer ou de diriger de véritables transitions. *"En fait elles [ces deux types de politiques] ne peuvent pas exister l'une sans l'autre: l'une dirigée vers le (très) long terme, forme le creuset de l'autre, dirigée vers le court (-moyen) terme"*⁶ (Rotmans, 2005, p. 67).

TABEL 40 - Différences significatives entre la politique en cours et la politique de transition

Politique en cours	Politique de transition
Court (moyen) terme (5–10 ans)	(Très) long terme (25–50 ans)
Approche par facette	Approche systémique transversale
nombre d'acteurs limités	multi-acteurs
à un niveau de décision	multi-niveaux
dans un domaine	multi-domaines
Centré sur une optimisation du système actuel	Centré sur des innovations rendant le système durable
Formes de dirigeance courantes	Mix de formes de dirigeances anciennes et nouvelles
Complexité et incertitude quand problème	Complexité et incertitude comme point de départ
Arènes politiques classiques	Arènes de transition
Développement et diffusion de connaissances linéaires	Apprendre en faisant, faire en apprenant et apprendre toujours plus

Source: Rotmans, 2005.

6. Traduction TFSD de la phrase *"In feite kunnen ze niet zonder elkaar en vormt de één, gericht op de langere-termijn, de inbedding van de ander, gericht op korte termijn."*

En d'autres termes, une politique de transition nécessite un éventail complet d'instruments au service d'une forte politique d'innovation au sens large. Il s'agit par exemple d'incitants financiers, de réglementation, de recherche & développement, de réseaux de connaissances, de gestion de niche stratégique et de gestion des incertitudes. Mais la base d'une telle politique est la multiplication d'interactions entre pensée théorique et actions concrètes, entre recherches scientifiques abstraites et apprentissages sur les terrains d'action. La réussite d'une politique de transition dépend donc de l'organisation de telles interactions par les autorités politiques, notamment entre acteurs sociétaux actuellement divergents dans leurs visions à très long terme de la société. Ceux-ci peuvent ainsi élargir le cadre de leurs actions vers plus de synergies comme par exemple "les entreprises (du rendement financier et économique à court terme vers un rendement sociétal à long terme), les organisations sociétales (d'un point de vue plus défensif vers des positions plus créatives) et les institutions responsables du progrès des connaissances (d'un transfert linéaire des connaissances, comme producteur premier, vers une co-production de connaissances avec des acteurs sociétaux)" (Rotmans, 2005, p. 65)⁷.

B. Modèle comptable pour l'évaluation des émissions de GES

1. Présentation du modèle comptable

Cette deuxième section décrit le modèle comptable utilisé pour calculer les émissions de gaz à effet de serre (GES). Ce modèle est utilisé pour le calcul des émissions de GES en 2050 dans chacun des scénarios décrits dans la troisième section de cette partie (chapitre III) du rapport.

Les émissions calculées pour 2050 sont comparées avec les données du dernier *Inventaire national* des émissions de GES publié en avril 2006 (www.climat.be). Cet inventaire reprend, pour tous les secteurs définis dans le *Common reporting format* (CRF) de l'UNFCCC, les émissions de 1990 à 2004 en Belgique ainsi que les données ayant permis de calculer ces émissions (consommation d'énergie, niveau d'activité, etc.). Ces données d'émissions sont résumées en tableau 41.

Ce tableau reprend l'ensemble des émissions des activités émettant des GES en Belgique, suivant le CRF. Il s'agit principalement des activités de consommation d'énergie (CRF 1), des procédés industriels (CRF 2), ainsi que de l'utilisation de solvants et d'autre produits (CRF 3), des activités agricoles (en dehors de la consommation d'énergie - CRF 4) et de la gestion des déchets (CRF 6). Les émissions et absorptions de GES par les changements d'affectation des terres et la foresterie (CATF, soit la catégorie CRF 6) ne sont pas prises en compte dans cette étude.

Pour les besoins de l'analyse, ces secteurs et sous-secteurs (appelés par la suite des secteurs, par souci de simplicité), peuvent être regroupés en 2 grandes catégories:

7. Traduction TFSD de la phrase "bedrijven (van korte-termijn financieel-economisch rendement naar lange-termijn maatschappelijk rendement), maatschappelijke organisaties (van defensieve belangenverdediger naar pro-actieve, creatieve belangenbehartiger) en kennisinstellingen (van lineaire kennisoverdracht als primaire kennisproducent naar co-producent van kennis met maatschappelijke actoren)"

- Le secteur résidentiel et le secteur des transports (dans sa composante transport de personnes) incluent les émissions générées par des activités des ménages qui consomment directement de l'énergie;
- Les autres secteurs incluent les émissions générées par des activités des autres agents économiques. Ces émissions sont générées soit par la consommation d'énergie directe de ces autres agents économiques (partie du CRF 1), soit par des activités spécifiques à chaque secteur (CRF 2 à CRF 6).

Le tableau 41 reprend d'abord les émissions de l'année de base, de 1990 et les émissions de gaz fluorés de 1995. L'année de base, qui sert de référence pour la définition d'objectifs de réduction d'émissions, est définie comme 1990 pour le CO₂, le CH₄ et le N₂O, tandis que pour les gaz fluorés, il s'agit de 1995. Le tableau 41 reprend ensuite les émissions de 2004, ainsi que les émissions de cette même année par type de GES.

TABLEAU 41 - Emissions de GES en Belgique (kt CO₂ éq.)

	Base year	1990	1995	2004	2004 CO ₂	2004 CH ₄	2004 N ₂ O	2004 gaz-F
1. Energy	112 728	112 728		119 557	116 649	648.7	2 259.8	
A. Fuel combustion	112 081	112 081		118 985	116 502	223.4	2 259.8	
1. Energy industries	30 076	30 076		29 710	29 358	8.9	342.9	
Electricity and heat generation	23 502	23 502		23 876	23 822	8.6	45.4	
Refineries and other	6 574	6 574		5 834	5 536	0.3	297.5	
2. Manufacturing ind. and construction	33 303	33 303		29 668	29 354	55.2	259.1	
3. Transport	20 402	20 402		27 348	26 452	67.5	829.1	
4. Other Sectors	28 133	28 133		32 163	31 243	91.7	827.7	
Services	4 372	4 372		6 252	6 124	8.0	120.5	
Residential	20 852	20 852		23 441	22 802	82.6	557.0	
Agriculture (includes CHP)	2 910	2 910		2 469	2 318	1.1	150.3	
5. Other	168	168		96	94	0.1	1.0	
B. Fugitive emissions from fuels	646	646		572	147	425.3		
2. Industrial processes	17 522	16 398		15 063	9 818	8.7	3 396.0	1 839.8
CO ₂ , CH ₄ & N ₂ O	12 548	12 548		13 223	9 818	8.7	3 396.0	
F-gas	4 974	3 850	4 974	1 840				1 839.8
3. Solvent and other product use	246	246		250			249.6	
4. Agriculture	13 043	13 043		11 357		6 330.4	5 026.9	
6. Waste	3 351	3 351		1 646	440	928.2	277.7	
Total (excl. international bunkers)	146 891	145 766		147 873	126 907	7 916.0	11 210.1	1 839.8
International bunkers	17 129	17 129		29 127	27 810	2.0	1 314.4	
Aviation bunkers	3 099	3 099		3 825	3 814	1.3	9.2	
Marine bunkers	14 030	14 030		25 302	23 996	0.7	1 305.2	
Total (incl. international bunkers)	164 020	162 895		177 000	154 718	7 917.9	12 524.5	1 839.8

Source: Inventaire national des émissions de gaz à effet de serre 2006

Dans le modèle comptable utilisé, les émissions de chaque secteur d'activité dépendent de deux facteurs.

- Le facteur d'émission, spécifique au secteur et lié au progrès technologique. Il est lié aux modes de production en vigueur dans le secteur et exprimé en quantité de GES émis par unité d'activité. Il est souvent lié à l'efficacité énergétique. Il s'agira par exemple des émissions des voitures en gramme de CO₂ émis par kilomètre parcouru, de la quantité d'énergie (et de son contenu en carbone) nécessaire pour chauffer un bâtiment, de la consommation des appareils électriques ou du rendement des centrales électriques. Il peut aussi s'agir d'aspects techniques non liés à l'énergie, comme la quantité de gaz fluorés utilisés dans les appareils de climatisation et la qualité de leur recyclage, ou les quantités de méthane (CH₄) émis par le cheptel.
- Le niveau d'activité du secteur considéré, qui est directement lié aux comportements et à l'organisation sociale. Il est exprimé en unités physiques. Il peut s'agir des déplacements effectués et du mode de transport choisi, du nombre de tonnes d'acier produites ou de la quantité de viande consommée.

Dans le cas des activités des ménages qui consomment directement de l'énergie (secteur résidentiel et secteur du transport des personnes), il est pertinent de décomposer le niveau d'activité en deux facteurs, le niveau d'activité par personne et la taille de la population. Il s'agira par exemple du nombre moyen de kilomètres parcourus chaque année par personne et du nombre d'habitants. Les émissions sont alors calculées de la façon suivante:

$$\text{Emissions} = \text{facteur d'émission} \times \text{activité par personne} \times \text{population} \quad (1)$$

Dans le cas des activités des autres agents économiques que les ménages (tous les autres secteurs), les émissions sont calculées de la façon suivante:

$$\text{Emissions} = \text{facteur d'émission} \times \text{niveau activité} \quad (2)$$

Les facteurs d'émission sont spécifiques à chaque technologie utilisée. Ce modèle comptable doit donc préciser, pour chaque secteur, quelles sont les technologies disponibles en 2050 et quels sont leurs facteurs d'émission. Chaque scénario indique quelles technologies sont utilisées en 2050, et dans quelle proportion. Chaque scénario indique également le niveau d'activité de chaque secteur. En général, le niveau d'activité est défini sur la base d'hypothèses sur les variables clés déterminant ce niveau d'activité. Ces variables clés peuvent par exemple être la population et le kilométrage annuel par personne pour estimer la demande de transport, ou le nombre de ménages pour calculer le nombre de logements. Dans chaque scénario, les niveaux d'activité et les technologies utilisées sont déterminés avec la contrainte de respecter l'objectif de réduction d'émissions de GES en 2050 retenu pour ce scénario.

Les progrès technologiques améliorent les facteurs d'émission des technologies existantes, comme le rendement des centrales électriques ou les émissions des véhicules. Ces progrès consistent également en l'introduction de nouvelles technologies émettant moins de GES, comme les piles à combustible ou les énergies renouvelables. Les technologies progresseront significativement d'ici à 2050. Comme le marché de la recherche est imparfait, notamment à cause de l'existence d'externalité positives et de rendements croissants dans les activités de recherche (Griliches 1979 et 1991, Köhler et al. 2006), les pouvoirs publics ont un rôle de sou-

tien à jouer pour atteindre le niveau optimum de recherche, que le secteur privé seul ne réaliserait pas. Si le rôle du gouvernement comme soutien à la recherche est unanimement accepté, le rôle des pouvoirs publics dans le choix des technologies spécifiques à développé reste controversé. Toutefois, comme les technologies et les comportements dans le domaine de l'utilisation de l'énergie génèrent des externalités négatives, il pourrait être justifié que les pouvoirs publics soutiennent le développement de technologies générant peu ou pas d'externalités négatives, plutôt que de technologies générant des externalités négatives élevées.

Les changements de comportements modifient le taux d'activité par personne ou le niveau d'activité d'un secteur. Il peut s'agir d'une diminution du volume d'activité, mais aussi de la modification d'un comportement qui générerait des émissions élevées de GES (par exemple le transport individuel en voiture à essence) en faveur d'un comportement générant moins d'émissions de GES (par exemple l'utilisation des transport publics).

Les changements de comportement peuvent également affecter la consommation de biens et services non-énergétiques, tels que l'alimentation, les équipements, ou les soins de santé, dont l'utilisation ne génère pas directement de GES. Mais les modes de consommation en vigueur, notamment le niveau de la demande dans ces catégories et le type de biens et services demandés dans chaque catégorie, va par contre influencer le niveau de l'activité dans l'industrie, l'agriculture et les services. Les modes de consommation en vigueur vont également influencer la quantité de déchets ménagers, et donc les émissions du secteur des déchets. Les scénarios devront donc contenir des hypothèses sur l'influence que ces modes de consommation peuvent avoir sur le niveau et le type d'activité dans le secteur productif, lui-même émetteur de GES.

Cette méthodologie générale est appliquée à chaque secteur, en fonction de ses caractéristiques et des informations disponibles. Il est spécifié par secteur ci-dessous.

2. Spécification du modèle comptable par secteur

Le modèle comptable présenté ci-dessus est appliqué à chaque secteur (le terme secteur désigne les secteurs ou sous-secteurs au niveau le plus désagrégé, repris dans le tableau 41) émetteur de gaz à effet de serre. Pour chaque secteur, cette explication est structurée en quatre points.

- La *situation de départ* décrit les émissions du secteur et donne ses émissions pour l'année de départ choisie pour l'analyse,
- La *représentation des technologies dans le modèle* décrit les technologies disponibles en 2050 pour le secteur et leur facteur d'émission de GES,
- La *spécification du modèle comptable* décrit le calcul fait pour estimer les émissions du secteur en 2050 et précise en particulier les variables utilisées pour chaque secteur,
- Les *variables clés* indiquent quelles sont les variables exogènes auxquelles les scénarios devront donner des valeurs.

a. Résidentiel et services

i. Situation de départ

Les émissions analysées dans ce point correspondent à la consommation d'énergie utilisée pour les besoins de chaleur, pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et la cuisine. La consommation d'électricité (à l'exception de l'électricité utilisée pour le chauffage, mais y compris celle utilisée pour la climatisation) est analysée séparément, dans le point de cette sous-section consacrée à l'analyse du secteur électricité dans son ensemble (voir point III.B.2.e).

Le tableau 42 donne les émissions de GES des secteurs résidentiel et de services en 2001 (sans inclure le secteur agricole, qui est traité ci-dessous). Cette année a été choisie à la place de 2004, dernière année disponible pour les données d'émission, car les informations sur les logements et leur consommation d'énergie sont basées sur les données du recensement de 2001 et l'étude de De Herde et al. (2000).

TABLEAU 42 - Emissions de GES liées à la demande de chaleur dans les secteurs résidentiel et services,
kt CO₂ éq.

2001	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Résidentiel	22,799	103	548
Services	6,307	8	131

Source: Inventaire national 2006.

Le modèle comptable du secteur résidentiel et les hypothèses qui s'y rapportent sont examinés dans les points qui suivent. L'application au secteur des services est décrite ensuite.

Encadré 5: Isolation des bâtiments

L'isolation des bâtiments est un facteur clé de la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel. En Belgique, le niveau d'isolation d'un bâtiment est mesuré par son coefficient K, qui est proportionnel à la déperdition de chaleur par mètre carré de paroi extérieure (la méthode de calcul de ce coefficient K est expliquée ci-dessous).

Les normes actuellement en vigueur en Belgique demandent que les nouveaux logements respectent la norme K55 (le coefficient K est égal ou inférieur à 55), tandis que les autres bâtiments doivent respecter la norme K65. Cette norme est toutefois peu respectée. L'enquête de terrain SENVIVV réalisée dans les années nonante sur 200 nouveaux logements a montré que, pour les maisons neuves, la moyenne était K75 et pour les appartements K65. Pour l'ensemble du parc de logement en Belgique, De Herde et al. estiment que la moyenne est de K100 en 2000.

A titre d'exemple, le tableau 43 reprend trois cas d'isolation pour une maison type à 4 façades et le coefficient K correspondant, donnés par De Herde et al (2000). Les mêmes auteurs estiment qu'il est possible, avec les technologies actuelles, d'obtenir des logements respectant la norme K20 pour les maisons et K15 pour les appartements. De tels niveaux d'isolation, voire des niveaux plus performants du type "maison passive", demandent, pour être atteint, d'utiliser les techniques suivantes.

- des couches plus épaisses d'isolant (jusque 30 cm),
- des triples vitrages à basse émissivité,
- la suppression de tous les ponts thermiques,
- des bâtiments étanches, dont la ventilation est contrôlée avec échange de chaleur entre air sortant et entrant.

TABLEAU 43 - Trois exemples d'isolation pour une maison quatre façades

	Niveau K40	Niveau K55	Niveau K100
Mur extérieur	7 cm	6 cm	2 cm
Toiture	10 cm	7 cm	5 cm
Plancher	5 cm	5 cm	3 cm
Vitrages	Double vitrage basse émissivité (k = 1,3 W/m²K)	Double vitrage (k = 2,8 W/m²K)	Double vitrage (k = 5,8 W/m²K)

Source: De Herde et al. 2000

Améliorer le niveau d'isolation des bâtiments est une des mesures les plus efficaces pour économiser l'énergie et réduire les émissions de gaz à effet de serre. A titre d'exemple, pour la Belgique, si le parc de logements actuel était amélioré de K100 à K20 (en moyenne), les émissions de CO₂ liées aux chauffages diminueraient d'environ 60%. Des améliorations importantes sont également possibles au niveau de l'efficacité énergétique des systèmes de chauffage. Si toutes les chaudières étaient remplacées par les systèmes les plus performants, sans modifier l'isolation, les émissions diminueraient de 38%. En combinant ces deux améliorations, isolation et chaudières, l'économie totale serait de 75%.

Calcul du coefficient K

L'isolation thermique d'un bâtiment est mesurée en Belgique par le coefficient K. La valeur de ce coefficient est notamment proportionnelle à la déperdition de chaleur du bâtiment. Il est calculé de la façon suivante.

$$KS = (\sum a_i k_i A_i) / \sum A_i$$

Avec l'indice i couvrant l'ensemble des parois extérieures du volume à chauffer et

- a_i: coefficient de pondération
- k_i: coefficient de transmission thermique de chaque paroi (en W / m² K)
- A_i: surface de la paroi i (en m²)

Le coefficient de pondération a_i est utilisé pour tenir compte de certaines particularité, en particulier le fait que si la paroi est en contact avec le sol et non l'air extérieur, les déperditions de chaleur sont moins grandes. Pour une description correcte du coefficient KS, il faudrait également tenir compte des ponts thermiques, qui sont ici négligés par souci de simplification.

Le coefficient KS donne donc la déperdition moyenne d'énergie par mètre carré de surface de paroi extérieure d'un bâtiment. Il est mesuré en watt par mètre carré et pour un degré d'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur.

Le coefficient K tient en outre compte de la compacité du bâtiment, mesuré par le rapport entre le volume à chauffer (V) et la surface de déperdition (A). Un bâtiment compact a moins de déperdition par m³ chauffé qu'un bâtiment peu compact. Conventionnellement, la norme belge définit le coefficient K comme égal à 100 KS pour les bâtiments peu compacts (V/A < 1), tels que les maisons isolées, et comme égal à 50 KS pour les bâtiments les plus compacts (V/A > 4), tels que les immeubles d'appartements. Pour une même niveau d'isolation (par exemple une couche d'isolant identique dans les parois), les immeubles compacts, tels que des blocs d'appartements, ont donc un coefficient K plus faible. Une interpolation linéaire permet de calculer le coefficient K pour les cas intermédiaires (1 < V/A < 4).

ii. Représentation des technologies dans le modèle

Les systèmes de chauffage considérés pour 2050 sont les chaudières au gaz et au mazout les plus performantes, les pompes à chaleur, les chaudières utilisant de la biomasse (en particulier le bois), la micro-cogénération et le chauffage urbain avec co-génération. Ces systèmes existent déjà, ou sont des améliorations de systèmes existant.

Le niveau d'isolation est défini en référence à la norme K (voir encadré 5). Le parc de logement actuel est supposé être en moyenne au niveau K100, hypothèse prise par De Herde et al (2000). Les niveaux d'isolation maximum possible, suivant la même étude, sont de K20 pour les maisons et de K15 pour les appartements. Ces niveaux sont réalisables pour les bâtiments neufs. Ils peuvent également l'être dans le cas de rénovations, comme le montre des exemples de rénovations effectuées en Belgique ou en Allemagne (voir la *Plate-forme Maison passive* sur www.passiefhuisplatform.be et *Promotion of the European Passive House* sur www.europeanpassivehouses.org). Pour une analyse approfondie des possibilités de réductions d'émission dans ce secteur, des recherches complémentaires seraient toutefois utiles pour déterminer la part des bâtiments existant qui peuvent être rénovés aux standards les plus exigeants. Il faut noter que le standard d'isolation pourrait être un peu moins performant sans changer dramatiquement les résultats. Si le standard atteint en 2050 était de K30/K25, les émissions de GES totales pour la Belgique n'augmenterait que d'environ un demi point de pourcentage par rapport au standard K20/K15.

En 2050, il est supposé que le chauffage central, plus confortable que le chauffage individuel par pièce, est généralisé.

Les chauffe-eau solaires thermiques sont également supposés être utilisés de façon générale pour la production d'eau chaude sanitaire, ce qui permet d'obtenir des gains d'efficacité énergétique dans cette production également.

iii. Spécification du modèle comptable

Dans le secteur résidentiel, les émissions de GES liées au chauffage, à l'eau chaude sanitaire et à la cuisine sont calculées par logement, puis multipliées par le nombre de logements.

Les émissions par logement sont calculées à partir de la consommation d'énergie. Cette consommation est calculée par source d'énergie, pour le chauffage, en fonction du type de logement (appartement, maison à 2 ou plusieurs façades), du système de chauffage utilisé (technologie, source d'énergie, efficacité) et du niveau d'isolation exprimé en niveau K. Les émissions liées à l'eau chaude sanitaire et à la cuisine sont supposées évoluer comme celles liées au chauffage.

La demande de chauffage de chaque logement est également fonction du climat, c'est-à-dire de la température moyenne observée en Belgique chaque année. Pour établir cette relation, une relation linéaire entre le nombre de degrés-jours par année (la demande de chauffage est proportionnelle à ce nombre de degrés-jours) et la température moyenne annuelle (relevés à Uccle) a été estimée sur base des données fournies par l'Institut royal météorologique (IRM). Dans le cadre de cette étude, la température moyenne en Belgique est supposée augmenter de 1 degré Celsius entre 2004 et 2050 suite aux changements climatiques en cours. Ceci cor-

respond à une diminution de 12% des degrés-jours annuels. En 2050, la demande d'énergie pour le chauffage est donc 12% plus basse qu'elle ne l'aurait été en l'absence de changements climatiques.

Le nombre total de logement est supposé évoluer proportionnellement au nombre de ménages. Il y avait en Belgique 4,33 millions de ménages en 2001 (source: INS). En 2050, le nombre de ménages est supposé avoir augmenté de 21% (augmentation identique dans tous les scénarios). Cette augmentation est liée à l'augmentation de la population (de 10,3 millions en 2001 à 10,9 en 2050, selon l'INS) aussi bien qu'à la tendance à la diminution de la taille moyenne du ménage (de 2,37 personnes en 2001 à 2,081, hypothèse retenue par le BFP pour le modèle PRIMES en 2030 et utilisée également pour 2050).

Il faut noter que deux variables importantes liées au confort sont supposées être identiques en 2001 et en 2050: la température intérieure et la surface moyenne des logements. Ces deux variables n'influencent donc pas la demande de chauffage calculée dans le cadre de cette étude. .

iv. Variables clés

Les variables clés dans ce secteur sont donc le nombre de chaque type de logement (appartements et maisons), leur niveau d'isolation et les systèmes de chauffage utilisés.

v. Application au secteur des services

Dans le secteur des services, l'efficacité énergétique des bâtiments est supposée évoluer comme celle des bâtiments résidentiels. Le nombre de bâtiments (ou la surface totale des bâtiments utilisés dans ce secteur) est supposé évoluer comme l'activité du secteur, qui est la variable clé à préciser pour le secteur des services dans chaque scénario.

b. Transport terrestre

i. Situation de départ

Les émissions de GES dans le secteur du transport terrestre sont principalement liées aux combustibles fossiles utilisés par les moteurs à combustion interne. Le tableau 44 décrit la situation du secteur transport en 2003, dernière année pour laquelle les données sont disponibles pour tous les modes de transport utilisés en Belgique.

TABLEAU 44 - Le secteur transport en Belgique en 2003: émissions, activité et parts modales

	CO ₂ (kt)	Activité (Mpkm) part modale	Activité (Mtkm) part modale
Passagers - auto/moto	15 191	110 936 82%	
Passagers – transports collectifs par route	544	13 700 10%	
Passagers - rail + tram/métro	26	10 305 8%	
Fret – route	9 078		66 107 81%
Fret – rail	37		7 293 9%
Fret - Voie d'eau	353		8 302 10%
Total	25 229	134 941	81 701

Source: inventaire national 2006, SPF Mobilité et transport, Estimations BFP.

Note: Mpkm: millions de passagers kilomètres, Mtkm: millions de tonnes-kilomètres.

ii. Représentation des technologies dans le modèle

Pour 2050, les technologies suivantes sont considérées pour les véhicules routiers:

- les moteurs à combustion interne, dont les performances ont continué à être améliorées;
- les moteurs hybrides (électrique et essence ou diesel);
- les piles à combustible, fonctionnant à l'hydrogène.

Les véhicules propulsés à l'hydrogène n'émettent pas de GES (voir Encadré 6). Les autres véhicules ont été regroupés en une seule catégorie, suivant en cela la démarche de Bristow et al. (2006), qui considère qu'en 2050, un facteur d'émission moyen de 71 g CO₂/km est possible.

Une utilisation à grande échelle des véhicules à hydrogène est envisagée dans la plupart des études de perspectives portant sur le secteur transport. Les problèmes techniques à résoudre portent en particulier sur le stockage de l'hydrogène. En outre, une transition vers la généralisation des véhicules à l'hydrogène impliquerait de considérables investissements d'infrastructure pour la production, le transport et la distribution d'hydrogène.

En ce qui concerne les moteurs à explosions ou les moteurs hybrides, atteindre un facteur un facteur d'émission de 71 g CO₂/km en 2050 requiert, d'après Bristow et al. (2006), "une combinaison de nouvelles technologies, d'amélioration des technologies existantes et des changements dans les comportements d'achat pour adopter les véhicules plus efficaces."

En ce qui concerne le transport collectif, en 2050, il est supposé que tous les bus et toutes les péniches sont propulsés par des piles à combustible fonctionnant à l'hydrogène et que tous les trains sont électriques.

iii. Spécification du modèle comptable

Dans le secteur du transport, les émissions de GES sont calculées en additionnant, pour toutes les catégories de véhicules considérées, le produit des kilométrages annuels totaux par les émissions au kilomètre. Pour chaque mode de déplacement, le nombre de kilomètres parcourus par les véhicules est égal aux déplacements des personnes (ou des marchandises) divisé par le taux d'occupation (ou de chargement pour les marchandises) du mode considéré.

Le modèle comptable a été plus particulièrement détaillé pour le transport par route, où les facteurs d'émission sont très différents d'une catégorie de véhicule à l'autre. Le tableau 45 donne les caractéristiques de chaque catégorie de véhicules routiers, leur niveau d'activité en 2003 et les émissions qui en résultent. Les facteurs d'émission utilisés proviennent de l'étude SUSATRANS (De Vlioger et al. 2005).

TABLEAU 45 - Emissions de CO₂ dans le transport routier en 2003

	Transport (Mvkm)	Facteur d'émission (g CO ₂ /km)	Emissions kt CO ₂
Auto – essence	31 016	201	6 222
Auto – diesel	45 729	188	8 603
Auto – LPG	1 568	177	278
Motos – essence	1 049	84	88
LDV – essence	122	308	38
LDV – diesel	4 556	260	1 183
LDV – LPG	46	694	32
HDV – diesel	8 033	942	7 566
Véhicules spéciaux - diesel	276	942	260
Bus et cars - diesel	685	794	544
Total – route	93 079		24 813

Source: SUSATRANS, calculs du BFP.

Note: Mvkm: millions de véhicules kilomètres.

Les GES autres que le CO₂, dont la part dans les émissions du secteur est de 3%, sont supposés évoluer comme le dioxyde de carbone.

iv. Variables clés

Les variables clés dans ce secteur sont le nombre de kilomètres parcourus, la part de chaque catégorie de véhicules (et de la technologie qu'ils utilisent) et la part des modes de transports publics et collectifs. Chaque scénario précise donc le volume de transport global par type de véhicule et par mode de transport (voiture, bus, tram, métro et train pour le transport de passagers; route, rail et voie d'eau pour le transport de marchandises).

c. Transport maritime et aérien

i. Situation de départ

Le niveau d'activité de ces secteurs est particulièrement lié au contexte international. Il faut noter que, en Belgique, les émissions élevées du secteur maritime sont dues à la présence de grands ports. La situation de départ de ces deux secteurs est donnée au tableau 46. Il n'existe pas actuellement de règle internationalement admise pour l'attribution des émissions du trafic international maritime et aérien aux pays. Dans cette étude, les émissions de GES de ces deux secteurs sont rapportées séparément des autres secteurs, comme c'est le cas dans les inventaires d'émissions de GES.

TABLEAU 46 - Trafic international maritime et aérien: émissions et activité

	1990	2004	Croissance 1990-2004
Trafic maritime: mouvements (arrivées et départs)		58 041	
Trafic maritime: émissions (Mt CO ₂ éq.)	13,3	24,0	+80%
Trafic aérien: mouvements (arrivées et départs)		447 295	
Trafic aérien: émissions (Mt CO ₂ éq.)	3,1	3,8	+23%

Source: inventaire national 2006, INS.

ii. Représentation des technologies dans le modèle

Dans le transport maritime, les facteurs d'émission peuvent diminuer significativement par rapport à la situation de 2004. D'après Bode et al. (2002), sur base d'études de l'International Maritime Organisation, les facteurs d'émission des navires neufs pourraient être de 15% à 50% inférieurs à ceux des navires actuels, en particulier grâce à des améliorations sur la forme de la coque, le choix du propulseur, le carburant utilisé, ainsi qu'à l'utilisation de voiles comme propulseurs auxiliaires et à la diminution systématique des vitesses de croisière. Entre 2004 et 2050, il est supposé que la flotte mondiale peut être entièrement renouvelée, et que le facteur d'émission peut s'améliorer de 50%.

Dans le transport aérien, suivant Akerman (2005), l'utilisation de turbopropulseurs à hélices transsoniques permettrait un gain de 56% des émissions par siège kilomètre disponible par rapport à la moyenne de la flotte actuelle. Un gain de 65% serait possible en remplaçant les avions actuels par des ailes volantes équipées de turbopropulseurs à hélices transsoniques. Il est supposé que l'ensemble de la flotte aérienne mondiale est renouvelé en 2050. Le faible taux de renouvellement observé dans ce secteur pourrait toutefois rendre difficile ce renouvellement complet. Dans ces conditions, le facteur d'émission du secteur aérien pourrait dès lors être amélioré de 65%.

Il faut noter que Akerman (2005) inclut dans son évaluation des progrès des facteurs d'émission une augmentation des taux d'occupation de 71% à 79% entre 2004 et 2050. La même hypothèse est utilisée dans cette étude.

Dans ces deux cas du transport maritime et du transport aérien, il est important de remarquer qu'une partie importante des gains des facteurs d'émission est liée à une réduction significative des vitesses moyennes, de l'ordre de 20 à 30% au

moins. C'est une inversion radicale de la tendance actuelle d'augmentation des vitesses.

Enfin, le renouvellement complet des flottes maritimes et aériennes peut être difficile à réaliser d'ici à 2050, en particulier dans le cas du secteur aérien où une espérance de vie de 40 ans n'est pas rare pour certains types d'avion.

iii. Spécification du modèle comptable

Dans ces deux secteurs, la croissance des émissions est calculée comme la combinaison de la croissance du trafic et la diminution des facteurs d'émission.

Etant donné que l'activité de ces deux secteurs est fortement liée au contexte international, leurs émissions sont comptabilisées séparément des autres émissions.

iv. Variables clés

Chaque scénario devra spécifier les technologies utilisées dans le transport maritime et aérien et les améliorations de facteurs d'émission qui en découlent et la croissance du niveau d'activité entre 2004 et 2050.

Encadré 6: L'hydrogène comme vecteur d'énergie

L'hydrogène peut remplacer les combustibles fossiles dans de nombreuses applications, qu'il s'agisse de produire de l'électricité et de la chaleur ou de propulser des véhicules. L'avantage de l'hydrogène sur les combustibles fossiles est que son utilisation ne génère pas de pollution ni de gaz à effet de serre. L'hydrogène n'est malheureusement pas disponible directement dans la nature. Il doit être produit en dépensant de l'énergie. L'hydrogène est donc un vecteur d'énergie plutôt qu'une source d'énergie.

Il existe plusieurs filières possibles pour la production d'hydrogène, dont certaines peuvent produire des GES et des polluants. Les principales filières sont les suivantes.

- L'électrolyse dissocie l'oxygène et l'hydrogène qui composent l'eau pure. Cette technique qui utilise l'électricité n'est pas polluante, mais la production d'électricité peut éventuellement l'être.
- L'hydrogène peut être extrait des combustibles fossiles, ce qui libère du CO₂, qui peut toutefois être capturé et stocké (voir encadré 7).
- L'hydrogène peut également être extrait de biomasse. Le CO₂ capturé par la croissance de cette biomasse compense alors celui émis lors de la production d'hydrogène.
- La thermolyse utilise les hautes températures (au dessus de 1000°C) pour dissocier l'eau en oxygène et hydrogène.

Le coût de production de l'hydrogène est estimé par l'AIE (2005) entre 5 et 30 US\$/GJ en 2030, en fonction de la filière choisie et de l'évolution des techniques. A titre de comparaison, un baril de pétrole à US\$60 est équivalent à environ 10 US\$/GJ.

L'hydrogène doit également être transporté et stocké, deux activités qui nécessitent la création d'infrastructures adaptées et ont également un coût. Une des principales difficultés est liée à la faible densité de l'hydrogène. Le volume de stockage nécessaire pour une quantité d'énergie donnée est plus important que dans le cas du pétrole ou du gaz naturel.

La principale filière d'utilisation de l'hydrogène est la pile à combustible, qui combine l'hydrogène à l'oxygène de l'air en produisant de l'électricité et de la chaleur. Le seul sous produit de cette réaction est de la vapeur d'eau. Plusieurs types de piles à combustibles existent, qui diffèrent en fonction de leurs capacités de production et de caractéristiques. Les piles à combustibles couvrent une large palette d'utilisations.

Les piles à combustibles peuvent être utilisées comme source d'électricité pour propulser des véhicules, alimenter des équipements électriques ou générer de l'électricité en cogénération avec de la chaleur. Elles sont actuellement utilisées dans des applications commerciales spécifiques et dans des applications de démonstration dans d'autres cas, comme les véhicules. Une technique de réduction des émissions de GES consiste à capturer le CO₂ lors de sa production, par exemple lors de la combustion de charbon ou de gaz naturel, puis à le stocker de façon permanente. La capture et le stockage de dioxyde de carbone (*carbon dioxide capture and storage*, en abrégé CCS)

d. Industrie

i. Situation de départ

Le tableau 47 propose, pour les principaux secteurs industriels repris dans l'inventaire national, les consommations d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre en 2004. Les émissions sont essentiellement du CO₂, lié à la consommation d'énergie et à certains procédés industriels, sauf dans le cas des émissions liées aux procédés de fabrication dans le secteur de la chimie. Dans ce secteur, la fabrication d'acide nitrique et de caprolactam génère des émissions de N₂O pour 3,4 Mt CO₂ éq., soit 60% des émissions de procédés du secteur.

TABLEAU 47 - Consommation d'énergie et émissions de GES (CO₂, CH₄, N₂O) dans l'industrie, y compris les procédés industriels (Mt CO₂ éq.)

Belgique, 2004	Energie (TJ)	Emissions de GES liées à l'énergie	Emissions de GES liées au processus
a. Sidérurgie	166 488	10,9	1,7
b. Métaux non-ferreux	8 684	0,6	0,0
c. Chimie	128 410	7,9	5,7
d. Pâtes et papier	21 167	0,6	0,0
e. Industrie alimentaire, boissons et tabac	38 480	2,5	0,0
f. Autres industries	108 216	7,2	5,8
Total	471 445	29,7	13,2

Source: Inventaire national 2006.

ii. Représentation des technologies dans le modèle

Le progrès technique permet une amélioration des procédés industriels qui se traduit notamment par une amélioration de l'efficacité énergétique de ces procédés, et donc des facteurs d'émission de GES. Ce point examine les gains en efficacité énergétique que l'on peut espérer dans l'industrie d'ici à 2050. De nombreuses études existent sur des procédés spécifiques, mais rares sont les études donnant un aperçu général des gains possibles à très long terme pour l'efficacité énergétique dans l'industrie.

L'approche suivie est celle du projet de recherche européen Very long-term energy-environment model (VLEEM), de ENERDATA et al. (2002). Les auteurs de ce projet ont construit un inventaire des études sur les potentiels d'amélioration de l'efficacité énergétique. Ces études portent le plus souvent sur la période 2020-2050. Pour la période entre 2050 et 2100, également examinée par VLEEM, les auteurs ont extrapolé les résultats des études existantes, tout en tenant compte des limites imposées par la thermodynamique (il y a une quantité d'énergie minimum nécessaire pour fabriquer une tonne de verre, par exemple, en dessous de laquelle il est physiquement impossible de descendre). En fonction des secteurs, les auteurs ont supposés que de 50% à 75% de l'écart entre l'efficacité énergétique actuelle (2000) et le maximum théorique pouvait être obtenu d'ici à 2100. Les résultats obtenus par VLEEM sont repris au tableau 48, en GJ/t pour des produits de base dans les pays industrialisés.

TABLEAU 48 - Gains potentiels en efficacité énergétique dans l'industrie pour les pays développés

	2000	2100	Gain potentiel
Acier	16,8	10,6	-37%
Acier (recyclable)	7,1	3,2	-55%
Ciment	4,7	2,2	-53%
Verre	11,9	6,3	-47%
Briques/tuiles	3,0	1,9	-37%
Matières plastiques	90,0	40,0	-56%
Papier	27,3	17,0	-38%
Bois	8,0	5,2	-35%

Source: VLEEM 2 (Enerdata 2005).

Certaines des informations reprises dans ce tableau correspondent à des consommations d'électricité. C'est le cas notamment de la production d'acier recyclé, utilisant principalement les aciéries électriques. La consommation d'électricité est examinée de manière globale au point portant sur l'électricité (III.B.2.e). Les activités reprises dans ce point ne concernent donc que celles émettant directement des GES.

Pour les matières plastiques, les chiffres donnés dans ce tableau incluent les combustibles utilisés comme matières premières. VLEEM prévoit pour les pays industrialisés une amélioration supérieure à celle indiquée dans ce tableau, en supposant des avancées importantes dans la biotechnologie pour la production de matières plastiques à partir de matières premières renouvelables. Cette hypothèse n'est pas retenue ici. L'efficacité énergétique reprise dans ce tableau correspond à celle que, selon les auteurs de VLEEM, les pays en développement atteindraient, avec des technologies utilisant les matières premières fossiles.

Les gains potentiels proposés dans VLEEM sont supposés pouvoir s'appliquer pour 2050 dans le cadre de cette étude. Même si VLEEM propose ces potentiels pour 2100, certains sont réalisables à plus court terme (l'étude cite notamment le cas du ciment). En outre, la présente étude se situe dans le cadre d'une politique volontariste qui pourrait permettre d'accélérer les développements technologiques. Il faut également noter que les gains potentiels liés à la substitution entre combustibles ne sont pas examinés ici. De même, des possibilités liées à des changements fondamentaux de procédés, par exemple le remplacement d'un produit par un autre, comme celui mentionné ci-dessus pour les plastiques, ne sont pas inclus. Enfin, les progrès et les changements de procédés qui seraient rendus possibles par les technologies émergentes comme les biotechnologies et les nanotechnologies ne sont pas explicitement pris en compte dans cette approche.

En moyenne, les gains potentiels d'efficacité énergétique dans l'industrie, en dehors de la consommation d'électricité, sont supposés être de 44,8% (soit 0,8% par an), la moyenne des réductions proposées dans le tableau 48 pondérées par le niveau d'émission de chaque secteur. Cette estimation est basée sur des moyennes portant sur l'ensemble de spays industrialisés. Il serait utile, dans une étude plus approfondie, de détailler les gains d'efficacité énergétique dans chaque secteur au niveau belge.

Les activités des industries émettent des GES non seulement par leur consommation d'énergie, mais aussi, dans un certain nombre de cas, à cause des procédés

eux-mêmes. La production d'acide nitrique, par exemple, émet du N₂O. Ces émissions sont calculées avec le même modèle comptable. Les deux paragraphes suivants décrivent les hypothèses sur les technologies et leurs facteurs d'émission de ce procédé dans le cas du CO₂, du CH₄ et du N₂O d'abord, puis dans le cas des gaz fluorés.

Emissions liées aux procédés industriels

Pour les procédés industriels, un gain potentiel de 30% est supposé entre 2004 et 2050. Les gains dans ce domaine sont moindres que pour l'efficacité énergétique, car les procédés sont plus directement liés aux réactions chimiques utilisées. Toutefois, des gains importants peuvent être espérés dans certains secteurs. Les émissions spécifiques de N₂O liées aux productions d'acide nitrique et de caprolactam pourraient par exemple baisser de façon significative. La 4^{ème} Communication nationale mentionne notamment que les émissions spécifiques de N₂O dans la production d'acide nitrique pourraient baisser de 50% en Flandre et de 41% en Wallonie entre 1990 et 2010. La 4^{ème} Communication Nationale mentionne également des mesures additionnelles qui pourraient réduire ces émissions spécifiques de 70% en Flandre et 54% en Wallonie sur la même période. Des réductions importantes des émissions spécifiques de N₂O semblent donc possibles dans le secteur de la chimie.

Emissions de gaz fluorés

Les gaz fluorés sont utilisés dans un certain nombre de produits tels que les mousses isolantes, les appareils de réfrigération et de climatisation, les doubles vitrages, les extincteurs ou les aérosols et inhalateurs. Dans de nombreux cas, ces gaz fluorés ont déjà pu être remplacés par d'autres substances ou d'autres procédés. Les émissions de gaz fluorés ont d'ailleurs diminué de 63% entre 1995 (année de base pour ces gaz) et 2004. Dans cette étude, nous supposons que, en 2050, des procédés alternatifs ont pu être trouvés dans la plupart des cas. Il semble aujourd'hui que ce remplacement puisse être effectué dans la plupart des cas, sauf des applications très spécifiques comme les inhalateurs à dose pour asthmatiques.

Le modèle comptable n'est donc pas utilisé pour ce secteur. Il est supposé que les émissions de gaz fluorés pourront être réduites de 90% entre 2004 et 2050. La réduction totale entre 1995 et 2050 est dès lors de 95%. La même hypothèse est utilisée pour tous les scénarios.

iii. Spécification du modèle comptable

Dans ce secteur, la croissance des émissions est calculée comme la combinaison de la croissance de l'activité industrielle et la diminution des facteurs d'émission. Dans le cas des gaz fluorés, comme expliqué ci-dessus, le modèle comptable n'est pas utilisé et une réduction de 90% des émissions est supposée.

iv. Variables clés

Les deux variables clés de ce secteur sont l'efficacité énergétique dans l'industrie et le niveau de l'activité industrielle, qui doivent être indiqués dans chaque scénario.

e. Production d'électricité

Comme il n'y a pas (ou très peu) de possibilité de stockage de l'électricité, la production d'électricité fournie sur le réseau électrique doit à tout moment être au moins égale à la consommation. Dans ce point consacré au secteur électrique, après avoir donné la situation de départ, la méthode d'évaluation de la consommation d'électricité de chaque secteur est d'abord expliquée. Les technologies utilisées pour la production d'électricité sont ensuite présentées.

i. Situation de départ

Les émissions du secteur de la production d'électricité (voir tableau 49) incluent les émissions de la production d'électricité en co-génération dans l'industrie. Les émissions liées à la cogénération dans les secteurs résidentiels, de services et agricoles sont par contre incluses dans les émissions de ces secteurs.

TABLEAU 49 - Emissions de GES en 2004 pour la production d'électricité en Belgique (kt CO₂ éq.)

	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Electricité et chaleur	23,822	9	45

Source: inventaire National des émissions de GES 2006.

ii. Modèle comptable pour évaluer la consommation d'électricité

La croissance de la consommation d'électricité est calculée comme la combinaison de l'évolution du niveau d'activité de chaque secteur utilisant de l'électricité et de l'évolution de l'efficacité énergétique des équipements. Pour 2050, il faut y ajouter la consommation d'électricité provenant de la production d'hydrogène par électrolyse.

- Pour les ménages, la croissance de la consommation d'électricité est proportionnelle à l'augmentation du nombre de ménages (+19% entre 2004 et 2050) et à l'évolution de la consommation d'électricité par ménage. L'étude anglaise "The 40% house project" (Boardman et al. 2005) suppose que les améliorations techniques des équipements permettent une diminution de 40,1% de la consommation par ménage entre 2004 à 2050. La consommation d'énergie liée à la climatisation est incluse dans la demande d'électricité. Il est supposé que le niveau d'isolation des bâtiments atteint en 2050 permettra de maintenir la demande de conditionnement d'air au niveau actuel.
- Pour l'industrie, la croissance de la consommation d'électricité est proportionnelle à l'augmentation de la production industrielle et à l'amélioration de l'efficacité des équipements, supposée de 30% (il s'agit ici surtout de moteurs électriques [source à préciser]).
- Dans les transports, la croissance de la consommation d'électricité est proportionnelle à l'augmentation du transport ferroviaire et à l'amélioration de l'efficacité de 30% des moteurs électriques.
- Dans les services, la croissance de la consommation d'électricité est proportionnelle à l'augmentation de l'activité du secteur et à l'amélioration de l'efficacité énergétique des équipements, qui est supposée s'améliorer comme celle des ménages.

- Dans l'agriculture, étant donné la faible consommation d'électricité du secteur, la stabilité de l'activité et de l'efficacité énergétique est supposée.
- Pour la production d'hydrogène par électrolyse, un rendement de 70,4% est supposé. Ce rendement est la moyenne entre les meilleurs rendements de test actuels et le maximum théorique (AIE 2005).

Encadré 7: Capture et stockage de CO₂

Une technique de réduction des émissions de GES consiste à capturer le CO₂ lors de sa production, par exemple lors de la combustion de charbon ou de gaz naturel, puis à le stocker de façon permanente. La capture et le stockage de dioxyde de carbone (*carbon dioxide capture and storage*, en abrégé CCS)

La capture de CO₂ demande des installations lourdes, qui ne deviennent rentables que lorsqu'il y a de grandes quantités de CO₂ à capturer. Cette technique s'adresse donc surtout aux grosses installations comme les centrales électriques (au-delà de 300 MW), les raffineries, les unités de production d'hydrogène ou à certaines industries. Une centrale électrique au charbon avec capture et stockage de CO₂ fonctionne depuis mars 2006 au Danemark à Esbjerg.

Plusieurs possibilités existent pour le stockage du dioxyde de carbone, telle que:

- Les gisements épuisés de gaz naturel et de pétrole,
- Les gisements encore exploités ou l'injection de CO₂ permet d'augmenter le taux de récupération du gaz ou du pétrole,
- Les nappes aquifères profondes contenant de l'eau salée,
- Les couches de charbon, v
- Les charbonnages fermés.

Certaines conditions doivent être réunies pour permettre le stockage de CO₂, notamment en terme de stabilité du sous-sol. Il faut également s'assurer que le gaz stocké en sous-sol ne remonte pas à la surface. Dans le cas des anciens charbonnages, des travaux d'aménagements peuvent être nécessaires. Enfin, des programmes de mesure doivent être mis en place pour s'assurer de la permanence du stockage.

En Belgique, des possibilités de stockage existent en Campine. Les capacités de stockage sont actuellement estimées à 432 Mt CO₂, mais de nombreuses incertitudes subsistent (IRSN 2004). Des capacités de stockage existent également dans les pays voisins. Etant donné les coûts de transport et de stockage décrits ci-dessous, il serait envisageable de stocker du CO₂ dans des pays voisins (par exemple dans les champs de gaz des Pays-Bas) ou en Mer du Nord, où les capacités sont plus grandes qu'en Belgique.

Les estimations de coûts de la capture et le stockage de CO₂ varient entre US\$40 et US\$100 par tonne. Ces coûts devraient diminuer de moitié d'ici à 2030. La plus grande partie de ce coût provient de l'étape de capture du CO₂ car ces processus consomment de l'énergie et nécessitent des investissements supplémentaires. Dans le cas d'une centrale électrique TGV, la perte de rendement peut aller jusque 8 ou 9 points de pourcentage pour les centrales actuelles. Les coûts de transport et le stockage sont par contre relativement faibles. Le coût du transport peut aller jusque 10US\$ par tonne dans le cas de transport par pipeline sur des distances allant jusqu'à 500 km. Quant à l'injection du CO₂ dans le sous-sol, elle revient à un ou deux dollars par tonne dans le cas d'aquifères salins (les évaluations de ce paragraphe sont extraites de IEA 2004; le rapport de l'IPCC (2005) sur le même sujet propose des ordres de grandeur équivalents pour les coûts de capture, de transport et de stockage).

iii. Représentation des technologies de production d'électricité

Les technologies suivantes sont envisagées pour la production d'électricité en 2050:

- Production centralisée: le gaz naturel et le charbon sont utilisés comme combustibles, dans des turbines à gaz à cycle combiné (TGV) et des turbines à gaz, et dans des centrales IGCC (gazéification intégrée et cycle combiné) et ultra super critique (USC) pour le charbon. Les rendements de ces centrales en 2050, avec ou sans capture de carbone (CCS, voir Encadré 7) sont indiqués au tableau 50, de même que le taux de capture de carbone possible pour chaque type de centrale. Il existe en Belgique des possibilités de stockage du dioxyde de carbone pour environ 450 millions de tonnes (IRSN 2004). Les possibilités de capture et de stockage du CO₂ sont détaillées dans l'Encadré 7.

TABLEAU 50 - Rendement des centrales électriques en 2050

	Rendement	Avec CCS	Taux de capture
Gaz – turbines	44%	44%	0%
Gaz – TGV	70%	66%	100%
Charbon – IGCC	60%	56%	100%
Charbon – USC	50%	42%	95%

Source: IEA, Prospects for CO₂ capture and storage, 2004.

- Une partie de la biomasse disponible (les résidus de bois et le biogaz, pour un potentiel maximum de 42,2 PJ thermiques) est utilisée pour la production d'électricité dans des turbines à gaz (biogaz) ou des unités de gazéification à cycle combiné (résidus de bois).
- Energie éolienne: suivant l'étude Van Hulle et al (2004), une capacité de production de 1,9 GW peut être installée en Belgique (sans compter les éoliennes off-shore), correspondant à une production de 4,1 TWh (scénario PROA). Pour les éoliennes off-shore, Palmers et al (2004) évaluent le potentiel physique du plateau continental belge en Mer du Nord à une capacité de 21 GW, pour une production d'environ 80 TWh. Sur la base des coûts de production de 2015, ils évaluent le potentiel économique à 15% à 30% du potentiel physique. A l'horizon 2050, il est supposé dans la présente étude que le potentiel économique est de 50% du potentiel physique.
- Energie photovoltaïque: un potentiel de production d'électricité d'origine photovoltaïque de 10 TWh est supposée en 2050, correspondant à 100 km² de panneaux solaires installés.
- Hydroélectricité: pour 2050, une légère augmentation de capacité est prévue par rapport à la situation de 2004, soit 370 MW au lieu de 307 MW, pour une production de 0,55 TWh.
- Cogénération: la production d'électricité par cogénération industrielle du scénario de référence de PRIMES en 2030 est de 19,4 TWh. Ce niveau est supposé être le maximum possible dans ce secteur. Des potentiels de cogénération supplémentaires existent toutefois dans le chauffage urbain, la culture sous serre et la micro-cogénération pour le chauffage des bâtiments. La cogénération peut être réalisée à partir de centrales au gaz ou de piles à combustible utilisant de l'hydrogène.

Encadré 8: Potentiel de ressources de biomasse en Belgique

Cette étude ne considère que la biomasse produite en Belgique. Un maximum de 10% des terres agricoles et 30% des forêts peuvent être exploitées pour la biomasse, ce qui correspond à des potentiels de 15 PJ pour les terres agricoles et de 23 PJ pour les forêts. Il faut ajouter à ce potentiel les autres résidus de bois (32 PJ) et le biogaz (11 PJ), soit un total de 81 PJ thermique.

En terme d'utilisation de la biomasse, les choix simplificateurs suivants sont faits dans tous les scénarios:

- La biomasse agricole est utilisée pour les biocarburants
- La biomasse forestière est utilisée pour le chauffage
- Les autres résidus de bois et le biogaz sont utilisés pour la génération d'électricité

iv. Spécification du modèle comptable

La production d'électricité doit être égale à la demande. Dans cette étude, les importations nettes d'électricité sont supposées nulles. Le parc de production doit en outre comporter des centrales adaptées à la production d'électricité de pointe. Les émissions sont calculées à partir de l'énergie primaire utilisée pour la production, sur la base de leur facteur d'émission en t CO₂ / TJ.

v. Variables clés

Chaque scénario fera le bilan des technologies de production d'électricité et des combustibles utilisés.

f. Raffineries et cokeries

Les principales productions des raffineries sont les carburants de type essence, diesel et mazout. L'activité des raffineries est supposée évoluer entre 2004 et 2050 comme la consommation de ces carburants dans les autres secteurs de l'économie. Les importantes exportations du secteur diminueront de la même manière, puisque les consommations de carburants devraient, par hypothèse, également diminuer dans les autres pays développés.

Un autre scénario de développement pour les raffineries est possible. En Europe, les grandes raffineries sont souvent situées dans les grands ports, où l'accès aux approvisionnements en pétrole importé par bateau est le plus compétitif. C'est notamment le cas du port d'Anvers, où sont en effet localisées plusieurs raffineries importantes. Dans un scénario où la capacité de raffinage globale diminuerait, les raffineries pourraient ne subsister qu'aux lieux offrant les meilleures conditions de fonctionnement, c'est à dire, en Europe, dans les grands ports. Dans ce cas, la capacité de raffinage présente à Anvers resterait importante, et les émissions de GES associées pourraient par exemple rester au niveau actuel d'environ 6 Mt CO₂ éq. Ceci enlèverait 2,5 point de pourcentage aux efforts de réduction obtenus dans les scénarios proposés ci-dessous.

Les émissions de GES des cokeries sont supposées stables entre 2004 et 2050.

g. Agriculture

i. Situation de départ

Dans le secteur agricole, les émissions liées à la consommation d'énergie sont à 60% dues à la demande de chauffage pour la culture en serres. Ces émissions, principalement du CO₂, étaient de 2,9 Mt CO₂ éq. en 1990 et de 2,5 Mt CO₂ éq. en 2004. D'autres émissions sont causées par l'activité du secteur, en particulier dans le cas de l'élevage (fermentation entérique – méthane – et gestion des lisiers et fumiers – méthane et protoxyde d'azote) et de la gestion des sols (principalement du protoxyde d'azote liés aux épandages). Ces émissions sont passées de 7,2 Mt CO₂ éq. en 1990 à 6,3 Mt CO₂ éq. en 2004 dans le cas du méthane (CH₄) et de 5,8 Mt CO₂ éq. en 1990 à 5,0 Mt CO₂ éq. en 2004 dans le cas du protoxyde d'azote (N₂O).

ii. Modèle comptable et technologies

Dans ce secteur, le modèle comptable est simplifié, en incluant dans le modèle l'hypothèse que les activités agricoles sont stables entre 2004 et 2050. L'évolution des émissions est donc égale à l'évolution des facteurs d'émission.

La chaleur des serres est produite en cogénération en 2050, avec la même efficacité que dans le secteur résidentiel. Pour les autres consommations d'énergie du secteur agricole, une amélioration de 30% de l'efficacité entre 2004 et 2050 est supposée.

Pour les émissions liées à l'activité agricole, une diminution des facteurs d'émission entre 2004 et 2050 est supposée, notamment à cause de facteurs tels que des améliorations techniques (gestion des étables, ...) et une diminution de la part de la viande dans l'alimentation, qui entraîne une diminution de l'activité d'élevage. Pour la simplicité du modèle, cet aspect comportemental est ici intégré au facteur d'émission.

iii. Variables clés

Dans ce secteur, les scénarios devront préciser l'amélioration des facteurs d'émission de méthane et de protoxyde d'azote liées aux activités agricoles.

h. Autres secteurs

En 2004, les émissions de GES des secteurs restant représentaient 1,8% du total des émissions estimées pour la Belgique. Dans le cas de ces secteurs, aucun modèle comptable n'est utilisé. Les hypothèses simplificatrices utilisées dans tous les scénarios sont également reprises ci-dessous.

i. Autres émissions liées à l'énergie (CRF 1.A.5)

Ce secteur inclut les émissions liées aux transports militaires. Les émissions de ce secteur ont décliné de 168 kt CO₂ éq. en 1990 à 96 kt CO₂ éq. en 2004. En 2050, les émissions de ce secteur sont supposées égales à celle de 2004.

ii. Emissions fugitives (CRF 1.B)

Ces émissions sont liées au transport et stockage de gaz naturel, ainsi qu'au flaring, par exemple dans la chimie ou la gestion des déchets. Les émissions de ce secteur ont décliné de 646 kt CO₂ éq. en 1990 à 272 kt CO₂ éq. en 2004. Ces émissions sont supposées diminuer de moitié entre 2004 et 2050, grâce à une moindre utilisation des combustibles fossiles (dans la cas du flaring) et une meilleure étanchéité du système de transport de gaz naturel.

iii. Utilisation de solvants et d'autres produits (CRF 3)

Ces émissions sont liées à l'utilisation des solvants et à différents produits dans les secteurs des médicaments, des peintures, des encres et des colles. Les émissions de ce secteur ont augmenté de 246 kt CO₂ éq. en 1990 à 250 kt CO₂ éq. en 2004. Dans cette catégorie, les réductions d'émissions peuvent en particulier venir

de l'utilisation de produits de substitution. Il est supposé qu'une réduction de 90% est possible entre 2004 et 2050 grâce à de telles substitutions.

iv. Déchets (CRF 6)

Cette catégorie inclut les émissions – principalement de CO₂ – liées à l'incinération des déchets, les émissions de méthane des décharges et les émissions de méthane et de protoxyde d'azote provenant des fosses septiques et du traitement des eaux usées. Les émissions de ce secteur ont décliné de 3,4 Mt CO₂ éq. en 1990 à 1,6 Mt CO₂ éq. en 2004.

En 2050, les émissions de ce secteur sont égales à zéro dans tous les scénarios. Dans une société en développement durable, il est en effet supposé que les déchets sont produits en beaucoup moins grande quantité qu'aujourd'hui, notamment grâce au recyclage. Un compostage avec récupération de méthane est organisé et il n'y a plus d'incinération ni de mise en décharge. Pour ce qui est des eaux usées, nous supposons également que tous les logements sont raccordés à un système d'égouttage avec traitement des eaux usées. En outre, les eaux usées peuvent être traitées sans émissions de méthane, comme c'est déjà le cas dans beaucoup de stations d'épuration actuellement.

C. Scénarios prospectifs pour 2050

Cette section décrit le contenu des scénarios analysés dans cette étude, les réductions d'émission obtenues dans chaque secteur et les conditions à rassembler pour obtenir ces réductions. Elle est divisée en quatre sous-sections.

- La première sous-section décrit l'approche générale utilisée pour construire les scénarios.
- Les trois sous-sections suivantes décrivent les conditions spécifiques rassemblées dans chaque scénario et les réductions d'émissions obtenues.

1. Description des scénarios

Trois objectifs de réduction des émissions de GES en Belgique entre 1990 et 2050 sont proposés dans la première section de cette partie de l'étude (chapitre III), respectivement de 50%, 60% et 80% (voir III.A.2). Étant donné le temps limité imparti à la réalisation de cette étude, un seul scénario est étudié par objectif. Chaque scénario dresse un portrait le plus détaillé possible d'une situation en 2050, en terme d'émissions de gaz à effet de serre. Cette situation doit permettre d'atteindre l'objectif de réduction associé à ce scénario. Les réductions d'émissions sont calculées sur la base du modèle comptable proposé à la section III.B. Le scénario contient également une réflexion qualitative sur les actions à mener entre 2006 et 2050 pour réaliser la situation proposée pour 2050 et atteindre cet objectif.

La lutte contre les changements climatiques est une problématique de long terme et mondiale. Cette double dimension est intégrée dans les scénarios proposés dans cette section et permet de mieux préciser le cadre international dans lequel ces scénarios sont développés:

- Les scénarios proposés dans cette section sont des scénarios de très long terme (2050). Ils doivent être compatibles avec un développement durable étant donné que les mesures de lutte contre les changements climatiques proposées dans ces scénarios ont un effet non seulement sur l'environnement, mais aussi sur les composantes économiques et sociales du développement. Ils doivent donc également permettre la réalisation des trois objectifs primordiaux du développement durable définis au Sommet de Johannesburg: l'éradication de la pauvreté, la protection et la gestion des ressources naturelles et le changement des modes de consommation et de production non durables.
- La lutte contre les changements climatiques est une problématique mondiale. A l'horizon 2050, les scénarios qui sont proposés s'intègrent dans un cadre mondial de politique volontariste de lutte contre les changements climatiques. Les autres pays industrialisés, notamment, mettent en œuvre des politiques comparables à celles supposées pour la Belgique. Il est donc fait l'hypothèse que les flux d'importations et d'exportations évolueront de manière similaire à celle de la demande et de la production domestique.

Les trois scénarios sont étudiés dans l'ordre d'objectifs de réduction croissants: 50%, puis 60% et enfin 80%. Le premier scénario, avec l'objectif de réduction de 50%, est construit uniquement sur la base des améliorations liées au progrès technologique. Il exploite au maximum les réductions rendues possibles par ce progrès, sans proposer de changements de comportements autres que ceux nécessaires à sa mise en œuvre. Ce scénario technologique informe donc les pouvoirs publics dans un domaine d'action classique, où ils sont souvent actifs, la politique de recherche, pour lequel les méthodes d'action sont connues. Les politiques d'accompagnement des changements de comportements allant au-delà des politiques fiscales et réglementaires classiques sont par contre moins connues et plus difficiles à mettre en œuvre. Les résistances à ces politiques sont également plus élevées. Ce domaine d'action est analysé dans les deux scénarios de réduction d'émissions de 60% et 80%, où les politiques qui en relèvent viennent s'ajouter aux progrès technologiques du premier scénario.

2. Scénario de réduction des émissions "-50%"

Ce premier scénario exploite au maximum les réductions rendues possibles par le progrès technologique, sans proposer de changements de comportement autres que ceux nécessaires à la mise en œuvre de ce progrès.

a. Description détaillée du scénario "-50%"

Ce point décrit en détail les technologies utilisées dans chaque secteur et leur niveau d'activité en 2050, dans le cadre du scénario de réduction de 50%.

i. Résidentiel

Dans ce scénario, le niveau d'isolation des bâtiments est supposé avoir atteint un niveau maximum. A partir d'une moyenne de K100 en 2000 (d'après De Herde et al. 2000), les niveaux d'isolation des bâtiments atteignent en moyenne le niveau

K20 pour les maisons et K15 pour les appartements en 2050. Ces niveaux correspondent aux maximums techniquement réalisables, suivant la même étude de De Herde et al (2000). Pour atteindre ce niveau d'isolation moyen en 2050, les taux de rénovation et de construction neuve doivent devenir plus élevés qu'actuellement. En supposant que le nombre de construction neuve reste le même chaque année (environ 40 000 logements), et que tous les logements ne seraient rénovés qu'une seule fois entre 2005 et 2050, d'ici à 2050, le nombre de rénovations faites par an devrait passer d'environ 35 000 actuellement à environ 80 000 pendant toute la période. La question de savoir quel niveau d'isolation peut être obtenu dans une rénovation est évoquée en section III.B.2.a.ii.

Ce scénario inclut une légère augmentation de la part des appartements dans le parc de logements, qui augmente d'environ 25% aujourd'hui à 30% en 2050.

Au niveau des systèmes de chauffage utilisés, ce scénario suppose que:

- 15% des maisons sont chauffées au bois issu des forêts belges. Ceci correspond au potentiel disponible décrit en section III.B.2.e.
- 20% des logements utilisent des pompes à chaleur.
- Le chauffage urbain n'est pas introduit dans ce scénario.
- Les autres logements sont équipés de systèmes de chauffage utilisant des combustibles fossiles, du mazout dans 25% des cas et du gaz naturel dans 75% des cas. Cette plus grande utilisation du gaz naturel est une prolongation de la tendance observée dans le scénario de référence de PRIMES.

La réalisation de ces conditions permet une réduction des émissions de GES du secteur résidentiel de 83% entre 1990 et 2050 (voir tableau 52). Il n'est possible d'examiner les contributions de chacun des facteurs qui permettent cette réduction qu'en évaluant leur impact, pris isolément, sur l'évolution des émissions entre 2001 et 2050. La prudence est de mise lorsqu'on examine ces chiffres, car ces impacts ne sont pas additifs et se combinent sans ordre de priorité. En outre, cette évaluation n'est possible qu'à partir de 2001, année pour laquelle des données désagrégées sont disponibles, et non à partir de 1990. Ces principaux facteurs sont:

- Augmentation du nombre de logements:	+21%
- Meilleure isolation des logements:	-60%
- Amélioration de l'efficacité des systèmes de chauffage:	-38%
- Utilisation des pompes à chaleur:	-20%
- Chauffage au bois de 15% des maisons:	-13%
- Changements climatiques:	-12%
- Substitution mazout/gaz naturel:	-10%
- Augmentation du nombre d'appartements de 25% à 30% du parc:	-4%

ii. Services

La consommation d'énergie du secteur des services, et donc ses émissions de GES, est avant tout liée au chauffage des bâtiments utilisés par le secteur. La variable d'activité utilisée est donc la surface des bâtiments de bureaux et d'entrepôts utilisés dans les services. Dans ce scénario, la surface totale de ces bâtiments augmente de 149% entre 2001 et 2050, soit 2% par an. Ce taux est du même ordre

de grandeur que celui de la croissance moyenne des services marchands et non-marchands entre 1999 et 2011 dans les *Perspectives économiques 2006-2011* du Bureau fédéral du Plan (BFP 2006). En outre, l'efficacité énergétique des bâtiments de services s'améliore dans la même proportion que celle des logements.

Dans ces conditions, les émissions de GES du secteur services en 2050 sont inférieures de 54% à celles de 1990. Malgré une croissance importante des activités du secteur et donc des surfaces de bâtiments qui y sont affectées, l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments et des systèmes de chauffage permet néanmoins une baisse importante des émissions de GES.

iii. Transport de passagers

Pour le transport de passagers, la quantité de déplacements (en passagers-kilomètres) en 2050 est supposée être de 50% supérieure à celle de 2003, soit environ 20.000 km par an et par personne au lieu de 13.500 km aujourd'hui, tous modes terrestres confondus. Ceci correspondrait à un accroissement d'environ 0,9% par an, soit une prolongation de la tendance actuellement observée d'augmentation des déplacements. Aucun changement significatif de comportement n'est supposé: la part modale des transport publics (20%) et les taux d'occupation des véhicules (en particulier celui des voitures, de 1,4 passagers par véhicule) sont les mêmes qu'en 2003.

Au niveau des technologies utilisées en 2050, dans ce scénario, la moitié des voitures sont propulsées par des piles à combustible fonctionnant à l'hydrogène. Cet hydrogène est produit entièrement par les éoliennes installées sur le plateau continental belge en Mer du Nord. Ces voitures consomment 0,94 MJ d'hydrogène par kilomètre. L'autre moitié des véhicules est propulsée par des moteurs hybrides (électricité/moteurs à combustion interne) performants. Ces moteurs émettent 71 g CO₂/km, soit une consommation de 0,96 MJ/km. Cette valeur, proposée par Bristow et al. (2002) est comparable à celles proposée par d'autres études, notamment l'étude *Well-to-Wheel*, de Concawe et al. (2005). Des progrès technologiques majeurs dans la conception des véhicules sont nécessaires pour y parvenir (voir III.B.2.b.ii). Une réduction de la taille et de la cylindrée moyenne des véhicules serait aussi probablement nécessaire. Enfin, environ 20% du carburant utilisé par ces véhicules provient de la biomasse (voir Encadré 8).

En 2050, tous les bus sont propulsés par des piles à combustible. Les trains sont tous électriques.

Ces conditions permettent une réduction des émissions de GES de 73% pour le transport de passagers (catégorie regroupée avec le transport de marchandises au tableau 52). Cette réduction est principalement due à l'amélioration des moteurs à explosion (y compris les moteurs hybrides) pour une moitié du parc de voitures et à l'utilisation des piles à combustibles pour l'autre moitié du parc.

iv. Transport de marchandises

Pour le transport de marchandises, le volume de trafic en 2050 est supposé être de 50% supérieur à celui de 2003. Comme pour le transport de passagers, il s'agit *grosso modo* d'une prolongation des tendances actuelles, qui correspondrait à une augmentation d'environ 0,9% par an. Aucun changement significatif de mode de production n'est supposé: la part modale des transports ferroviaires et fluviaux

(ensemble environ 20%) et les taux d'occupation des véhicules sont les mêmes qu'en 2003 (8,1 tonnes par camion en moyenne).

Au niveau des technologies utilisées en 2050, dans ce scénario, la moitié des camions sont propulsés par des piles à combustible fonctionnant à l'hydrogène. Cet hydrogène est produit entièrement par les éoliennes installées sur le plateau continental belge en Mer du Nord. L'autre moitié des véhicules est propulsée par des moteurs à combustion interne, dont les facteurs d'émission s'améliorent dans la même proportion que ceux des voitures, pour arriver à 255 g CO₂/km en 2050.

En 2050, tous les trains sont électriques. Les péniches sont propulsées par des piles à combustible fonctionnant à l'hydrogène.

Les réductions d'émissions de GES dans le transport de marchandises sont similaires à celles proposées pour le transport de passagers. Les conditions décrites ici permettent une réduction des émissions de 82% entre 1990 et 2050, principalement grâce à l'amélioration des moteurs à explosion (y compris les moteurs hybrides) et à l'utilisation des piles à combustibles. En additionnant transport de passagers et de marchandises, les réductions d'émissions de GES sont de 77% entre 1990 et 2050 (voir tableau 52).

v. Transport international maritime et aérien

Dans les deux secteurs, l'activité en 2050 est supposée être de 60% supérieure à celle de 2004. Au niveau des technologies utilisées, dans ces deux secteurs, les progrès les plus avancés parmi ceux décrits au point III.B.2.c sont supposés être généralisés en 2050. Les facteurs d'émission des navires sont donc réduits de 50% et ceux des avions de 65% entre 2004 et 2050.

Dans ces conditions, les émissions liées au transport maritime international diminuent de 20% entre 2004 et 2050. Toutefois, étant donné la très forte augmentation des émissions de ce secteur entre 1990 et 2004 (+80%), les émissions augmentent de 44% sur l'ensemble de la période 1990-2050. Dans le secteur aérien et dans les conditions décrites ici, les émissions de GES sont en 2050 de 38% inférieures à celles de 1990.

vi. Industrie

Dans l'industrie, les potentiels d'amélioration de l'efficacité énergétique décrits ci-dessus au point III.B.2.d sont exploités au maximum. L'efficacité énergétique moyenne dans l'industrie en 2050 est donc 44,1% supérieure à celle de 2004, ce qui correspond à une amélioration annuelle de 0,8%. Dans ce scénario, le niveau de la production industrielle de 2050 est 58% au-dessus du niveau de 2004, ce qui correspond à une croissance moyenne de 1% par an. C'est une prolongation des tendances actuelles de ralentissement de la croissance de la production industrielle en Belgique⁸. Dans les conditions décrites dans ce paragraphe, les émissions de GES de l'industrie en 2050 sont inférieures de 26% à celles de 1990 (voir tableau 52).

Au niveau des procédés industriels, une réduction de 30% des émissions par unité de production est supposée entre 2004 et 2050 pour le CO₂, le CH₄ et le N₂O. Au total, les émissions de cette catégorie augmentent de 17% entre 1990 et 2050 (voir tableau 53). Pour les gaz fluorés, une réduction de 90% est supposée (voir point

III.B.2.d) entre 2004 et 2050. La réduction par rapport à l'année de base (1995 dans le cas des gaz fluorés) est alors de 96%. Pour l'ensemble des GES liés aux procédés industriels, la réduction des émissions est de 15% entre 1990 et 2050.

vii. Energie – production d'électricité et d'hydrogène

Le niveau de production d'électricité est déterminé par celui de la consommation, comme expliqué en section III.B.2.e. Cette consommation est établie à partir du niveau de 2004 et de l'augmentation de consommation entre 2004 et 2050 pour chaque secteur, calculée à partir de l'augmentation de l'activité (décrite dans les points correspondant à chaque secteur) et de l'amélioration de l'efficacité (décrite ci-dessus en III.B.2.e.iii). Le résultat de ce calcul est donné au tableau 51.

Le niveau d'activité des différents secteurs en 2050 est décrit dans les autres points de cette sous-section décrivant le scénario de réduction de 50%. Les augmentations de l'efficacité énergétique pour la consommation d'électricité sont les suivants.

- Dans l'industrie: -30%, ce qui correspond surtout à une amélioration des rendements des moteurs électriques.
- Dans les ménages et les services: -40%, comme proposé dans *The 40% house project* (Boardman et al. 2005)
- Dans le transport, la demande d'électricité vient des transports ferroviaires (train, trams et métros). L'efficacité énergétique pour la consommation d'électricité en 2050 est de 30% supérieure à celle de 2004, grâce aux améliorations de rendement des moteurs électriques.
- Dans l'agriculture, l'efficacité énergétique pour la consommation d'électricité est la même en 2050 qu'en 2004.
- Pour la production d'hydrogène (environ 100 PJ), la demande est de 38,5 TWh (voir III.B.2.e et Encadré 6) dans ce scénario.

Dans ce scénario, la production d'électricité est assurée en 2050 par les moyens suivants (voir aussi point III.B.2.e):

- La production centralisée est assurée par des turbines à gaz et des turbines à gaz à cycle combiné (TGV), ainsi que des centrales au charbon ultra super critique (USC) et des centrales IGCC (gazéification intégrée avec cycle combiné), pour une production totale de 44,3 TWh. La production centralisée se fait avec capture et stockage du CO₂, pour un total de 17,4 Mt CO₂ éq.
- La production d'électricité éolienne est de 43,5 TWh, dont 80% est utilisée pour la production d'hydrogène utilisé dans le transport et le reste est réparti sur le réseau. Cette production se répartit entre 4,1 TWh pour les

8. Les études de long terme dans le domaine de l'énergie comme le *World Economic Outlook 2004* (AIE 2004) et le *European energy and transport trends to 2030* (Commission européenne 2003) prévoient une diminution du taux de croissance moyen du PIB d'Europe après 2020. Il est actuellement, en terme réel, de l'ordre de 2% par an et évoluerait vers des valeurs de l'ordre de 1,5% par an. Ces tendances sont confirmées par un récent *Quarterly report on the Euro area*, de la Commission européenne (2005b). Dans ce bulletin, une étude économique à l'horizon 2050 prévoit pour la Belgique un ralentissement de même ampleur de la croissance du PIB. En Belgique, le taux de croissance de la production industrielle est tendanciellement plus faible que la croissance du PIB. La présente étude fait l'hypothèse que cette tendance continuerait jusqu'en 2050, ce qui explique un taux de croissance industrielle de 1% par an.

- éoliennes à terre et 39,4 TWh pour les éoliennes off-shore (la moitié du potentiel du plateau continental belge en Mer du Nord est utilisée).
- Le potentiel de production d'électricité photovoltaïque décrit en III.B.2.e est pleinement utilisé dans ce scénario, soit 10 TWh.
 - Les centrales hydroélectriques produisent 0,55 TWh.
 - Les panneaux solaires photovoltaïques produisent 10 TWh.
 - La cogénération dans l'industrie produit 19,4 TWh; dans l'agriculture, la cogénération de chaleur et d'électricité pour la culture en serres produits 3 TWh. Il n'y a pas de cogénération dans le secteur résidentiel dans ce scénario.
 - Enfin, la biomasse est utilisée pour produire 4,2 TWh.

Au total, la production d'électricité est de 86,5 TWh pour répondre à la demande d'électricité sur le réseau et de 38,5 TWh pour la production d'hydrogène. Le tableau 51 résume les données de production (par source d'énergie) et de consommation (par secteur) d'électricité dans ce scénario. Dans ce scénario, les émissions du secteur électrique sont en 2050 54% plus basses qu'en 1990. Cette baisse est principalement due à l'utilisation de la capture et du stockage de CO₂ pour la production centralisée, ainsi qu'au développement des énergies renouvelables et de la co-génération.

TABLEAU 51 - Réduction de 50% en 2050 - consommation et production d'électricité (TWh)

Secteur de demande	Consommation	Source d'énergie	Production
Industrie	44,7	Gaz	51,7
Transport	2,3	Charbon	15,0
Services	17,8	Eolien	43,5
Ménages	21,4	Solaire	10,0
Agriculture	0,3	Biomasse	4,2
Production d'hydrogène	38,5	Hydrogène	0,0
		Hydroélectrique	0,6
Total	125,0	Total	125,0

Source: Bureau fédéral du Plan.

La production d'électricité d'origine éolienne et photovoltaïque est importante dans ce scénario. La réalisation de ces conditions nécessitent de développer une politique de soutien à ces formes d'énergie. Dans le cas du photovoltaïque, il s'agit notamment d'intégrer ce développement dans l'aménagement du territoire, pour exploiter au mieux les surfaces disponibles comme les toits des bâtiments.

En ce qui concerne la capture et le stockage de carbone (voir Encadré 7), il faut noter que les capacités actuellement considérées dans le sous-sol belge sont de l'ordre de 450 millions de tonnes de CO₂. Au rythme proposé dans ce scénario, cette capacité serait saturée en 25 ans. Dans ce cadre, il est donc nécessaire d'approfondir notre connaissance de ce sous-sol pour mieux en évaluer la capacité de stockage de carbone. A très long terme, il serait également nécessaire d'envisager d'autres lieux de stockage à l'étranger ou de réduire la demande

d'électricité pour les technologies reposant sur la capture et le stockage de carbone.

viii. Agriculture

Dans le secteur agricole, l'activité en 2050 est supposée égale à celle de 2004. La chaleur nécessaire à la culture en serres, qui représente 60% de la demande d'énergie du secteur, est produite avec cogénération d'électricité, à partir de gaz naturel. Pour le reste de la consommation d'énergie dans l'agriculture, un gain en efficacité de 30% est supposé.

En ce qui concerne les émissions liées aux activités du secteur agricole, une amélioration d'un tiers des facteurs d'émission de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) est supposée. Comme expliqué au point III.B.2.g, ces améliorations sont principalement dues à des améliorations techniques, par exemple dans la gestion des étables et des effluents, ainsi qu'à une diminution de la part de viande dans l'alimentation.

Au total, dans ce scénario, les émissions du secteur agricole en 2050 sont de 37% inférieures à celles de 1990 (voir tableau 52). Cette diminution est de 16% pour les émissions liées à la consommation d'énergie, et de 42% pour les émissions liées à l'activité (voir tableau 53).

b. Emissions en 2050 selon le scénario "-50%"

Les conditions décrites dans le scénario développé ci-dessus permettent, sur la base du progrès technologique, une réduction des émissions de gaz à effet de serre en Belgique de 50% entre 1990 et 2050. Dans ce scénario, les émissions de gaz à effet de serre sont en effet 49,5% plus basses en 2050 qu'en 1990. L'évolution de ces émissions entre 1990 et 2050 est décrite en résumé dans le tableau 52, tandis que le tableau 53 décrit ces résultats plus en détail. Au total, la consommation d'énergie primaire est environ 45% plus basse qu'en 2004.

Les réductions les plus fortes sont observées dans le secteur résidentiel (83%), et le transport (77%). Dans le secteur résidentiel, ces réductions sont principalement dues à l'amélioration de l'isolation thermique des bâtiments. Dans le secteur des transports, c'est à la fois l'utilisation importante d'hydrogène comme vecteur énergétique (produit par des sources renouvelables), un progrès technologique important pour les véhicules hybrides et, dans une moindre mesure, l'utilisation de biocarburants, qui réduisent les émissions.

Dans le secteur de l'énergie (en dehors de l'importante production d'hydrogène par les éoliennes en Mer du Nord), la capture et le stockage de CO₂, ainsi que le recours aux énergies renouvelables, permettent une réduction significative (54%) des émissions.

Les réductions d'émissions dans l'industrie sont plus faibles (26% pour les émissions liées à l'énergie et 15% pour les émissions liées aux procédés) étant donné le niveau de production plus élevé qu'en 2004 et les possibilités limitées d'amélioration de l'efficacité énergétique des modes de production actuels. Dans le secteur des services, c'est la très forte croissance de l'activité entre 2004 et 2050 qui limite les possibilités de réduction (54%).

La réalisation d'un tel scénario centré sur les changements technologiques nécessite une politique renforcée de recherche pour l'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction des émissions de GES dans tous les domaines. En outre, une politique de soutien au développement de ces technologies est également nécessaire. Une politique de gestion de la demande est également nécessaire, pour éviter un effet rebond (voir Hertwich, 2005), c'est-à-dire que l'augmentation des consommations ne compense les réductions d'émissions permises par la diminution des facteurs d'émission.

TABLEAU 52 - Réduction de 50% en 2050 - résumé des résultats (Mt CO₂ éq.)

	Base year	2004	2050	1990-2050	Contribution
Energy industries	30.1	29.7	14.0	-54%	22%
Manufacturing ind. and construction	33.3	29.7	24.7	-26%	12%
Transport	20.4	27.3	4.6	-77%	22%
Services	4.4	6.3	2.0	-54%	3%
Residential	20.9	23.4	3.6	-83%	24%
Industrial processes	17.5	15.1	14.8	-15%	4%
Agriculture (energy and activity)	16.0	13.8	10.0	-37%	8%
Other	4.4	2.6	0.4	-91%	6%
Total (excl. international bunkers)	146.9	147.9	74.1	-49.5%	100%
Aviation bunkers	3.1	3.8	1.9	-38%	
Marine bunkers	14.0	25.3	20.2	44%	
Total (incl. international bunkers)	164.0	177.0	96.3	-41.3%	

Source: Bureau fédéral du Plan, inventaire national 2006.

TABLEAU 53 - Réduction de 50% en 2050 - détail des émissions (kt CO₂ éq.)

	Base year	1990	1995	2004	2050	1990-2050	Contribution
1. Energy	112.728	112.728		119.557	51.730	-54%	
A. Fuel combustion	112.081	112.081		118.985	51.444	-54%	
1. Energy industries	30.076	30.076		29.710	13.956	-54%	
Electricity and heat generation	23.502	23.502		23.876	12.449	-47%	15,2%
Refineries and other	6.574	6.574		5.834	1.507	-77%	7,0%
2. Manufacturing ind. and construction	33.303	33.303		29.668	24.674	-26%	11,9%
3. Transport	20.402	20.402		27.348	4.641	-77%	21,7%
4. Other Sectors	28.133	28.133		32.163	8.078	-71%	
Services	4.372	4.372		6.252	2.021	-54%	3,2%
Residential	20.852	20.852		23.441	3.626	-83%	23,7%
Agriculture (includes CHP)	2.910	2.910		2.469	2.431	-16%	0,7%
5. Other	168	168		96	96	-43%	0,1%
B. Fugitive emissions from fuels	646	646		572	286	-56%	0,5%
2. Industrial processes	17.522	16.398		15.063	14.813	-15%	
CO ₂ , CH ₄ & N ₂ O	12.548	12.548		13.223	14.629	17%	-2,9%
F-gas	4.974	3.850	4.974	1.840	184	-96%	6,6%
3. Solvent and other product use	246	246		250	25	-90%	0,3%
4. Agriculture	13.043	13.043		11.357	7.575	-42%	7,5%
6. Waste	3.351	3.351		1.646	0	-100%	4,6%
Total (excl. international bunkers)	146.891	145.766		147.873	74.144	-49,5%	100,0%
International bunkers	17.129	17.129		29.127	22.168	29%	
Aviation bunkers	3.099	3.099		3.825	1.922	-38%	
Marine bunkers	14.030	14.030		25.302	20.246	44%	
Total (incl. international bunkers)	164.020	162.895		177.000	96.312	-41,3%	

Source: Bureau fédéral du Plan, inventaire national 2006.

3. Scénario de réduction des émissions "-60%"

Le premier scénario inclut les réductions rendues possibles par le progrès technologique en 2050. Dans ce premier scénario, le progrès des technologies permet une réduction de 50% des émissions. Dans ce deuxième scénario, les progrès technologiques sont utilisés comme dans le premier et des changements de niveau d'activité et de comportements sont ajoutés pour arriver à une réduction des émissions de 60%.

a. Description détaillée du scénario "-60%"

La description des technologies utilisées dans ce scénario de réduction de 60% est a priori la même que dans le premier scénario (réduction de 50%), sauf mention contraire ci-dessous. Cette description se concentre sur les changements de comportement qui, outre les progrès technologiques, sont à mettre en œuvre pour arriver à une réduction de 60% des émissions de GES entre 1990 et 2050.

i. Résidentiel

Le niveau d'isolation des bâtiments est supposé avoir atteint un niveau maximum dans ce scénario comme dans le premier. A partir d'une moyenne de K100 en 2000 (d'après De Herde et al. 2000), les niveaux d'isolation des bâtiments atteignent le niveau K20 pour les maisons et K15 pour les appartements en 2050. Ces niveaux correspondent au maximum techniquement réalisable, suivant la même étude de De Herde et al (2000). Pour atteindre ce niveau d'isolation moyen en 2050, les taux de rénovation et de construction neuve doivent devenir plus élevés qu'actuellement. En supposant que le nombre de construction neuve reste le même chaque année (environ 40 000 logements), et que tous les logements ne seraient rénovés qu'une seule fois entre 2005 et 2050, d'ici à 2050, le nombre de rénovations faites par an devrait passer d'environ 35 000 actuellement à environ 80 000 pendant toute la période. La question de savoir quel niveau d'isolation peut être obtenu dans une rénovation est évoquée en section III.B.2.a.ii.

Au niveau des systèmes de chauffage utilisés, ce scénario suppose qu'en plus des changements du premier scénario, 25% des logements soient insérés dans des réseaux locaux (microgrids). Ces réseaux locaux sont constitués d'un petit nombre de logements reliés par un réseau électrique local indépendant du réseau de distribution. L'alimentation en électricité de ce réseau local est assurée par des panneaux solaires photovoltaïques, des systèmes de chauffage à micro-cogénération dans une partie des logements (dans ce cas des piles à combustible utilisant de l'hydrogène), des systèmes de chauffage simples dans la partie restante et une capacité de stockage d'électricité limitée. Les logements reliés à ce réseau local peuvent donc être indépendants du réseau électrique national. Ce concept est décrit en détail dans Abu-Sharkh et al (2005). L'avantage de ces réseaux locaux est l'utilisation de la cogénération et de panneaux solaires. Ils nécessitent toutefois une adaptation des comportements des habitants, qui doivent gérer en commun leur système électrique, notamment pour éviter des pointes trop élevées.

Les hypothèses sur l'utilisation des systèmes de chauffage sont dès lors les suivantes:

- 25% des logements sont connectés à des réseaux locaux
- 20% des logements utilisent des pompes à chaleur.
- 15% des maisons sont chauffées au bois issu des forêts belges; ceci correspond au potentiel disponible décrit à l'Encadré 8.
- Les autres logements sont équipés de systèmes de chauffage utilisant des combustibles fossiles, du mazout dans 25% des cas et du gaz naturel dans 75% des cas. Cette plus grande utilisation du gaz naturel est une prolongation de la tendance observée dans le scénario de référence de PRIMES.
- Le chauffage urbain n'est pas introduit dans ce scénario.

La réalisation de ces conditions permet une réduction des émissions de GES du secteur résidentiel de 89% entre 1990 et 2050 (voir tableau 55). Il n'est possible d'examiner les contributions de chacun des facteurs qui permettent cette réduction qu'en évaluant leur impact, pris isolément, sur l'évolution des émissions entre 2001 et 2050. La prudence est de mise lorsqu'on examine ces chiffres, car ces impacts ne sont pas additifs et se combinent sans ordre de priorité. En outre, cette évaluation n'est possible qu'à partir de 2001, année pour laquelle des données désagrégées sont disponibles, et non à partir de 1990. Ces principaux facteurs sont:

- Augmentation du nombre de logements:	+21%
- Meilleure isolation des logements:	-60%
- Amélioration de l'efficacité des systèmes de chauffage:	-38%
- Utilisation des réseaux locaux avec micro-cogénération:	-25%
- Utilisation des pompes à chaleur:	-20%
- Chauffage au bois de 15% des maisons:	-13%
- Changements climatiques:	-12%
- Substitution mazout/gaz naturel:	-10%
- Augmentation du nombre d'appartements de 25% à 30% du parc:	-4%

ii. Services

La consommation d'énergie du secteur des services, et donc ses émissions de GES, est avant tout liée au chauffage des bâtiments utilisés par le secteur. La variable d'activité utilisée est donc la surface des bâtiments de bureaux et d'entrepôts utilisés dans les services. Comme dans le premier scénario, la surface totale de ces bâtiments augmente de 149% entre 2001 et 2050, soit 2% par an. Dans ce conditions, l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments permet une réduction de 71% des émissions de GES en 2050 par rapport à celles de 1990.

iii. Transport de passagers

Dans ce scénario, le total des déplacements de personnes effectués en 2050 est le même qu'en 2003 (13.500 km par personne et par an, tous modes de transports terrestre confondus). Les taux d'occupation des véhicules sont supposés identiques à ceux de 2003. Pour ce qui est des transport collectifs, leur part modale, qui est d'environ 20% aujourd'hui, est supposée être de 50% en 2050. Ce changement profond de comportement ne peut être possible que s'il est soutenu par des politiques volontaristes notamment dans les domaines de l'aménagement du territoire et du développement des transports en commun. Pour un scénario relativement équivalent en Angleterre, Bristow et al (2002) suggère des mesures telles que:

- une augmentation en termes réels de 2% par an du prix des carburant entre 2015 et 2050,
- une augmentation de l'offre de transport en commun de 1% par an et une diminution de leur prix de 1% par an entre 2015 et 2035,
- des améliorations importantes d'infrastructure, de qualité de services (respect des horaires des transports en commun par exemple) et d'information au public,
- une priorité systématique aux transports en commun.

D'autres actions pourraient également être menées pour modifier les comportements, par exemple des politiques qui inciteraient à augmenter le taux d'occupation des véhicules, même si ce type de mesures n'est pas envisagé dans la présente étude.

En 2050, dans ce scénario, tous les bus sont propulsés par des piles à combustible. Les trains sont tous électriques. Les voitures sont toutes propulsées par des mo-

teurs hybrides performants (facteur d'émission de 71 g CO₂/km pour les voitures, comme dans le premier scénario). Toutefois, étant donné la stabilisation de la demande de transport et l'importante part modale des transports en commun dans ce scénario, la consommation de combustibles fossiles par les voitures est inférieure à ce qu'elle était dans le premier scénario. L'hydrogène produit par les éoliennes en Mer du Nord est utilisé par d'autres applications.

Pour le transport de passager, les émissions de GES en 2050 sont 78% plus basse qu'en 1990. Cette réduction est principalement due à l'amélioration des facteurs d'émission due (pour un peu moins de deux tiers) et à la diminution du trafic automobile (pour environ un tiers). La réduction complète des émissions des transports publics jouent également un rôle, mais moins important que ces deux premiers facteurs.

iv. Transport de marchandises

Dans ce scénario, l'activité du transport de marchandises en 2050, exprimée en tonnes-kilomètres, est la même qu'en 2003. Le taux de chargement des véhicules est également inchangé. Quant à la part modale des transports ferroviaires et fluviaux, qui est d'environ 20% aujourd'hui, elle est en 2050 de 50%.

Pour permettre un tel scénario, les modes de production actuellement en vigueur doivent profondément changer dans leur utilisation du transport. Les politiques à mettre en œuvre pour inciter à ces changements et les accompagner peuvent porter notamment sur:

- le coût du transport,
- l'aménagement du territoire,
- les infrastructures ferroviaires et fluviales,
- les infrastructures intermodales et de groupage/dégroupage des cargaisons; il faut noter que ce dernier type d'actions pourraient avoir comme conséquence de faire augmenter le taux de chargement des véhicules, alors que dans cette étude ce taux est supposé être en 2050 identique à celui de 2003.

Dans ce scénario, les émissions de GES liées au transport de marchandises sont environ 85% plus basses en 2050 qu'en 1990. Comme pour le transport de passagers, c'est l'amélioration des facteurs d'émission qui est le principal facteur de cette diminution, suivie de la diminution du trafic routier. Au total, les émissions du secteur transport (passagers et marchandises) sont, en 2050, 82% plus basses qu'en 1990 (voir tableau 55).

v. Transport international maritime et aérien

Ces deux secteurs sont traités de la même façon que dans le premier scénario. L'activité en 2050 est supposée être de 60% supérieure à celle de 2004. Les technologies utilisées sont les plus avancées de celles décrites au point III.B.2.c. Les facteurs d'émission des navires sont donc réduits de 50% et ceux des avions de 65%.

Dans ces conditions, les émissions liées au transport maritime international diminuent de 20% entre 2004 et 2050. Toutefois, étant donné la très forte augmentation

des émissions de ce secteur entre 1990 et 2004 (+80%), les émissions augmentent de 44% sur l'ensemble de la période 1990-2050 (voir tableau 55). Dans le secteur aérien et dans les conditions décrites ici, les émissions de GES sont en 2050 de 38% inférieures à celles de 1990.

De tels changements remettent fondamentalement en cause les modes de productions au niveau mondial. C'est donc à ce niveau que les pouvoirs publics doivent éventuellement porter le débat.

vi. Industrie

La cogénération de chaleur et d'électricité, qui dans le premier scénario était réalisée entièrement par du gaz naturel, utilise dans ce scénario 50% de gaz naturel et 50% d'hydrogène.

Au niveau de la production industrielle, ce scénario repose également sur un changement des modes de consommation concernant des biens et services dont l'utilisation par le consommateur n'émet pas de GES, mais pour la fabrication desquels les modes de production en vigueur actuellement émettent des GES. Ceci concerne aussi bien les décisions d'achat initial (quel produit) prises par le consommateur que ses décisions de remplacement (durée de vie des produits). Ce changement va avoir un effet sur les possibilités de recyclage et sur le type de produit réalisé par l'industrie.

Il peut par exemple s'agir de biens dont la fabrication requiert une grande utilisation de transport. Un autre exemple est celui de la production d'aliments à base de viande dans l'industrie alimentaire. La production de viande demande non seulement plus d'énergie que la production d'aliments à base de végétaux, mais elle émet en outre de grandes quantités de GES par les processus digestifs du cheptel et la production de fumier et lisier. En 2050, l'utilisation de biens et services dont la production émet de grandes quantités de GES peut donc, grâce à de tels changements, être remplacée par l'utilisation de biens et services dont la production émet peu ou pas de GES.

Dans le scénario de réduction de 60%, il est donc supposé que ces changements des modes de consommation sont accompagnés d'une évolution parallèle des modes de production. La réorientation de la demande de biens et services en faveur de produits en émettant peu ou pas de GES a pour effet de réduire les activités de certains secteurs, tandis que d'autres secteurs augmentent. Les changements sociétaux évoqués ci-dessus, comme la modification en profondeur de l'aménagement du territoire, ont aussi un impact sur la demande d'énergie liée aux modes de production. Enfin, ces changements peuvent aussi induire une évolution technologique plus rapide que celle envisagée jusqu'ici, notamment en accélérant les substitutions de produits ou de procédés. De telles substitutions ne sont en effet pas prises en compte dans la méthodologie adoptée.

Dans ce scénario, ces changements de modes de consommation et de production ont un impact modéré sur la production qui se traduit par une réduction supplémentaire de 15% de la demande d'énergie et les émissions de GES en 2050. Au total, les émissions de GES de ce secteur sont en 2050 inférieures de 36% à celles de 1990 (voir tableau 55).

Cette modification des modes de production affecte aussi les émissions liées aux procédés industriels, dont les émissions en 2050 de CO₂, le CH₄ et le N₂O sont dans ce scénario quasi égales à celles de 1990 (réduction de 1%, voir tableau 56). Les émissions de gaz fluorés sont elles, comme dans le premier scénario, réduites de 96% entre 1990 et 2050. Pour l'ensemble des GES liés aux procédés industriels, la réduction des émissions est de 28% entre 1990 et 2050.

vii. Energie - production d'électricité et d'hydrogène

Dans ce scénario, la consommation d'électricité en Belgique s'élève à 84,7 TWh en 2050, plus 42,7 TWh pour la production d'hydrogène (voir tableau 54). Cette consommation est calculée sur la base des mêmes hypothèses d'efficacité énergétique que dans le premier scénario (voir III.C.2.vii) et sur la base des niveaux d'activité des différents secteurs décrits dans les autres points de cette sous-section portant sur le scénario de réduction de 60%. Il faut ajouter à ceci que, dans le secteur industriel, les changements des modes de production évoqués au point précédent ont également un impact sur la demande d'électricité, ce qui explique que la demande d'électricité dans ce scénario soit légèrement inférieure à celle du premier scénario.

Dans ce scénario, la production d'électricité est assurée en 2050 par les moyens suivants (voir aussi point III.B.2.e):

- La production centralisée est assurée par des turbines à gaz et des turbines à gaz à cycle combiné (TGV), ainsi que des centrales au charbon ultra super critique (USC) et des centrales IGCC (gazéification intégrée avec cycle combiné), pour une production totale de 40,8 TWh. La production centralisée se fait avec capture et stockage du CO₂, pour un total de 16,3 Mt CO₂ eq.
- La production d'électricité éolienne est de 43,5 TWh, dont 90% est utilisée pour la production d'hydrogène utilisé dans le transport et le reste est réparti sur le réseau. Cette production se répartit entre 4,1 TWh pour les éoliennes à terre et 39,4 TWh pour les éoliennes off-shore (la moitié du potentiel du plateau continental belge en Mer du Nord est utilisée).
- Le potentiel de production d'électricité photovoltaïque décrit en III.B.2.e est pleinement utilisé dans ce scénario, soit 10 TWh.
- Les centrales hydroélectriques produisent 0,55 TWh.
- Les panneaux solaires photovoltaïques produisent 10 TWh.
- La cogénération dans l'industrie produit 19,4 TWh, pour 50% à partir de gaz naturel et pour 50% à partir d'hydrogène; dans l'agriculture, la cogénération de chaleur et d'électricité pour la culture en serres produits 3 TWh.
- La micro-cogénération utilisée pour le chauffage des bâtiments produit 5,9 TWh à partir de piles à combustible fonctionnant avec de l'hydrogène.
- Enfin, la biomasse est utilisée pour produire 4,2 TWh.

Les éoliennes en Mer du Nord fournissent environ 100 PJ d'hydrogène, auxquels il faut ajouter environ 40 PJ produits à partir de charbon (avec capture de 5,1 Mt CO₂). Cette production d'hydrogène à partir de charbon explique que, au total, la capture et le stockage de carbone s'élèvent en 2050 à 21,5 Mt CO₂ dans ce scénario (contre 17,4 Mt dans le premier scénario).

TABLEAU 54 - Réduction de 60% en 2050 - consommation et production d'électricité (TWh)

Secteur de demande	Consommation	Source d'énergie	Production
Industrie	41,3	Gaz	38,5
Transport	3,9	Charbon	15,0
Services	17,8	Eolien	43,5
Ménages	21,4	Solaire	10,0
Agriculture	0,3	Biomasse	4,2
Production d'hydrogène	42,7	Hydrogène	15,6
		Hydroélectrique	0,6
Total	127,4	Total	127,4

Source: Bureau fédéral du Plan.

La production d'électricité d'origine éolienne et photovoltaïque est importante dans ce scénario. La réalisation de ces conditions nécessitent de développer une politique de soutien à ces formes d'énergie. Dans le cas du photovoltaïque, il s'agit notamment d'intégrer ce développement dans l'aménagement du territoire, pour exploiter au mieux les surfaces disponibles comme les toits des bâtiments.

En ce qui concerne la capture et le stockage de carbone, il faut noter que les capacités actuellement considérées dans le sous-sol belge sont de l'ordre de 450 millions de tonnes de CO₂. Au rythme proposé dans ce scénario, cette capacité serait saturée en un peu plus de 20 ans. Dans ce cadre, il est donc nécessaire d'approfondir notre connaissance de ce sous-sol pour mieux en évaluer la capacité de stockage de carbone. A très long terme, il serait également nécessaire d'envisager d'autres lieux de stockage à l'étranger ou de réduire la demande d'électricité pour les technologies reposant sur la capture et le stockage de carbone.

viii. Agriculture

Dans le secteur agricole, la situation est similaire à celle du premier scénario pour les émissions liées à l'énergie. L'activité en 2050 est supposée égale à celle de 2004. La chaleur nécessaire à la culture en serres, qui représente 60% de la demande d'énergie du secteur, est produite avec cogénération d'électricité, à partir de gaz naturel. Pour le reste de la consommation d'énergie dans l'agriculture, un gain en efficacité de 30% est supposé.

En ce qui concerne les émissions liées aux activités du secteur agricole, une amélioration de 50% (au lieu de 33% dans le premier scénario) des facteurs d'émission de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) est supposée. Comme expliqué au point III.B.2.g, ces améliorations sont dues à des améliorations techniques, par exemple dans la gestion des étables et des effluents, ainsi qu'à une diminution, plus importante que dans le premier scénario, de la part de viande dans l'alimentation.

Au total, dans ce deuxième scénario, les émissions du secteur agricole en 2050 sont de 49% inférieures à celles de 1990 (voir tableau 55). Cette diminution est de 16% pour les émissions liées à la consommation d'énergie, et de 56% pour les émissions liées à l'activité (voir tableau 56).

b. Emissions en 2050 selon le scénario "-60%"

Les conditions décrites dans le scénario développé ci-dessus permettent, sur la base du progrès technologique et de changements de comportements, une réduction des émissions de gaz à effet de serre en Belgique de 60% entre 1990 et 2050. L'évolution de ces émissions entre 1990 et 2050 est décrite en résumé dans le tableau 55, tandis que le tableau 56 décrit ces résultats plus en détail. Au total, la consommation d'énergie primaire est environ 50% plus basse qu'en 2004.

Les réductions les plus fortes sont observées dans le secteur résidentiel (89%), et le transport (82%). Dans le secteur résidentiel, ces réductions sont principalement dues à l'amélioration de l'isolation thermique des bâtiments et à l'adoption à grande échelle (pour 25% des logements) de micro-cogénération à base de piles à combustible organisées en réseaux locaux (microgrids). Dans le secteur des transports, ces réductions sont dues à la stabilisation des kilomètres parcourus entre 2004 et 2050, à la plus grande part modale des transports publics et collectifs (50% en 2050), à un progrès technologique important pour les véhicules hybrides et, dans une moindre mesure, à l'utilisation de biocarburants.

Dans le secteur de l'énergie (en dehors de l'importante production d'hydrogène par les éoliennes en Mer du Nord), la capture et le stockage de CO₂, le recours aux énergies renouvelables et l'utilisation d'hydrogène comme source d'énergie pour la co-génération industrielle permettent une réduction significative (70%) des émissions de GES en 2050.

Comme dans le scénario précédent, les réductions d'émissions dans l'industrie restent plus faibles (36% pour les émissions liées à l'énergie et 28% pour les émissions liées aux procédés) que dans les autres secteurs. Dans ce scénario de réduction de 60%, ces réductions sont largement dues aux améliorations de l'efficacité énergétique. En outre, une évolution des modes de consommation et de production permet une réduction des émissions plus importantes que dans le scénario précédent.

La réalisation d'un tel scénario nécessite, comme dans le cas du premier scénario, une politique renforcée de recherche pour l'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction des émissions de GES dans tous les domaines, ainsi qu'une politique de soutien au développement de ces technologies. Une modification importante des comportements et des modes de consommation est également nécessaire, non seulement pour accompagner les changements technologiques comme dans le premier scénario, mais aussi pour induire des changements importants dans l'utilisation du transport en particulier et dans tous les modes de consommation en général.

TABLEAU 55 - Réduction de 60% en 2050 - résumé des résultats (Mt CO₂ éq.)

	Base year	2004	2050	1990-2050	Contribution
Energy industries	30.1	29.7	9.0	-70%	24%
Manufacturing ind. and construction	33.3	29.7	21.4	-36%	14%
Transport	20.4	27.3	3.7	-82%	19%
Services	4.4	6.3	1.3	-71%	4%
Residential	20.9	23.4	2.3	-89%	21%
Industrial processes	17.5	15.1	12.6	-28%	6%
Agriculture (energy and activity)	16.0	13.8	8.1	-49%	9%
Other	4.4	2.6	0.4	-91%	5%
Total (excl. international bunkers)	146.9	147.9	58.8	-60%	100%
Aviation bunkers	3.1	3.8	1.2	-61%	
Marine bunkers	14.0	25.3	5.7	-59%	
Total (incl. international bunkers)	164.0	177.0	65.7	-60%	

Source: Bureau fédéral du Plan, inventaire national 2006.

TABLEAU 56 - Réduction de 60% en 2050 - détail des émissions (kt CO₂ éq.)

	Base year	1990	1995	2004	2050	1990-2050	Contribution
1. Energy	112.728	112.728		119.557	40.435	-64%	
A. Fuel combustion	112.081	112.081		118.985	40.149	-64%	
1. Energy industries	30.076	30.076		29.710	8.997	-70%	
Electricity and heat generation	23.502	23.502		23.876	7.490	-68%	18,2%
Refineries and other	6.574	6.574		5.834	1.507	-77%	5,7%
2. Manufacturing ind. and construction	33.303	33.303		29.668	21.389	-36%	13,5%
3. Transport	20.402	20.402		27.348	3.699	-82%	19,0%
4. Other Sectors	28.133	28.133		32.163	5.968	-79%	
Services	4.372	4.372		6.252	1.266	-71%	3,5%
Residential	20.852	20.852		23.441	2.271	-89%	21,1%
Agriculture (includes CHP)	2.910	2.910		2.469	2.431	-16%	0,5%
5. Other	168	168		96	96	-43%	0,1%
B. Fugitive emissions from fuels	646	646		572	286	-56%	0,4%
2. Industrial processes	17.522	16.398		15.063	12.619	-28%	
CO ₂ , CH ₄ & N ₂ O	12.548	12.548		13.223	12.435	-1%	0,1%
F-gas	4.974	3.850	4.974	1.840	184	-96%	5,4%
3. Solvent and other product use	246	246		250	25	-90%	0,3%
4. Agriculture	13.043	13.043		11.357	5.679	-56%	8,4%
6. Waste	3.351	3.351		1.646	0	-100%	3,8%
Total (excl. international bunkers)	146.891	145.766		147.873	58.757	-60,0%	100,0%
International bunkers	17.129	17.129		29.127	6.895	-60%	
Aviation bunkers	3.099	3.099		3.825	1.201	-61%	
Marine bunkers	14.030	14.030		25.302	5.694	-59%	
Total (incl. international bunkers)	164.020	162.895		177.000	65.652	-60,0%	

Source: Bureau fédéral du Plan, inventaire national 2006.

4. Scénario de réduction des émissions "-80%"

Dans ce scénario, qui est celui où les réductions envisagées sont les plus élevées, la contribution du progrès technologique est identique à celle du premier scénario. La contribution des changements de niveau d'activité et de comportements est renforcée par rapport au scénario de réduction de 60%. Il faut noter que dans ce scénario, les efforts portant sur chacun des deux domaines d'action, facteurs d'émission pour les changements technologiques d'une part et changements de niveau d'activité et de comportement d'autre part, sont d'un ordre de grandeur équivalent.

a. Description détaillée du scénario "-80%"

La description des technologies utilisées dans ce scénario de réduction de 80% est a priori la même que dans le premier scénario (réduction de 50%), sauf mention contraire ci-dessous. Cette description se concentre sur les changements de niveau d'activité et de comportement qui, outre les progrès technologiques, sont à mettre en œuvre pour arriver à une réduction de 80% des émissions de GES entre 1990 et 2050.

i. Résidentiel

Le niveau d'isolation des bâtiments est supposé avoir atteint un niveau maximum dans tous les scénarios considérés. A partir d'un moyenne de K100 en 2000 (d'après De Herde et al. 2000), les niveau d'isolation des bâtiments atteignent le niveau K20 pour le maisons et K15 pour les appartements en 2050. Ces niveaux correspondent au maximum techniquement réalisable, suivant la même étude de De Herde et al (2000). Pour atteindre ce niveau d'isolation moyen en 2050, en supposant que le nombre de construction neuve reste le même chaque année (environ 40 000 logements), et que tous les logements ne seraient rénovés qu'une seule fois entre 2005 et 2050, d'ici à 2050, le nombre de rénovations faites par an devrait passer d'environ 35 000 actuellement à environ 80 000 pendant toute la période. La question de savoir quel niveau d'isolation peut être obtenu dans une rénovation est évoquée en section III.B.2.a.ii.

Les hypothèses sur l'utilisation des systèmes de chauffage sont dès lors les suivantes:

- 30% des logements sont connectés à des réseaux locaux
- 25% des logements utilisent des pompes à chaleur.
- 15% des maisons sont chauffées au bois issu des forêts belges; ceci correspond au potentiel disponible décrit à l'Encadré 8.
- Les autres logements sont équipés de systèmes de chauffage utilisant le gaz naturel. Il n'y donc plus de chauffage au mazout. Cette plus grande utilisation du gaz naturel est une amplification de la tendance observée dans le scénario de référence de PRIMES.

La réalisation de ces conditions permet une réduction des émissions de GES du secteur résidentiel de 93% entre 1990 et 2050 (voir tableau 58). Il n'est possible d'examiner les contributions de chacun des facteurs qui permettent cette réduction qu'en évaluant leur impact, pris isolément, sur l'évolution des émissions

entre 2001 et 2050. La prudence est de mise lorsqu'on examine ces chiffres, car ces impacts ne sont pas additifs et se combinent sans ordre de priorité. En outre, cette évaluation n'est possible qu'à partir de 2001, année pour laquelle des données désagrégées sont disponibles, et non à partir de 1990. Ces principaux facteurs sont:

- Augmentation du nombre de logements: +21%
- Meilleure isolation des logements: -60%
- Amélioration de l'efficacité des systèmes de chauffage: -38%
- Utilisation des réseaux locaux avec micro-cogénération: -30%
- Utilisation des pompes à chaleur: -25%
- Substitution mazout/gaz naturel: -20%
- Chauffage au bois de 15% des maisons: -13%
- Changements climatiques: -12%
- Augmentation du nombre d'appartements de 25% à 30% du parc: -4%

ii. Services

La consommation d'énergie du secteur des services, et donc ses émissions de GES, est avant tout liée au chauffage des bâtiments utilisés par le secteur. La variable d'activité utilisée est donc la surface des bâtiments de bureaux et d'entrepôts utilisés dans les services. Comme dans les deux premiers scénarios, la surface totale de ces bâtiments augmente de 149% entre 2001 et 2050, soit 2% par an. Dans ces conditions, l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments permet une réduction de 80% des émissions de GES en 2050 par rapport à celles de 1990.

iii. Transport de passagers

Dans ce scénario, le total des déplacements de personnes effectués en 2050 (6.750 km par an, tous modes de transport terrestre confondus) est la moitié de ceux effectués en 2003 (13.500 km par an). Les taux d'occupation des véhicules sont supposés identiques à ceux de 2003. Pour ce qui est des transports collectifs, leur part modale, qui est d'environ 20% aujourd'hui, est supposée être en 2050 de 75%. Ce changement profond de comportement ne peut être possible que s'il est soutenu par des politiques volontaristes notamment dans les domaines de l'aménagement du territoire et du développement des transports en commun. Pour un scénario relativement équivalent en Angleterre, Bristow et al (2002) suggère des mesures telles que:

- une augmentation en termes réels de 5,5% par an du prix des carburants entre 2015 et 2050 (soit 550% au total),
- une augmentation de l'offre de transport en commun de 1% par an et une diminution de leur prix de 1% par an entre 2015 et 2035,
- des améliorations importantes d'infrastructure, de qualité de services (respect des horaires des transports en commun par exemple) et d'information au public,
- une réorganisation de l'aménagement du territoire pour réduire les distances entre les lieux d'habitation, de loisir et de travail.

D'autres actions pourraient également être menées pour modifier les comportements, par exemple des politiques qui inciteraient à augmenter le taux

d'occupation des véhicules, même si ce type de mesures n'est pas envisagé dans la présente étude.

Dans l'étude EST de l'OCDE, avec un objectif de réduction des émissions de GES de 80% pour le transport (OCDE 2002), des mesures similaires sont proposées, notamment en terme de coût supplémentaire ou d'aménagement du territoire.

En 2050, dans ce scénario, tous les bus sont propulsés par des piles à combustible. Les trains sont tous électriques. Les voitures sont toutes propulsées par des moteurs hybrides performants (facteur d'émission de 71 g CO₂/km pour les voitures, comme dans les deux autres scénarios). Dans ce scénario, les voitures utilisent principalement des biocarburants. Étant donné la faible utilisation du transport individuel dans ce scénario, le potentiel de production de biocarburants existant en Belgique suffit presque à couvrir les besoins du secteur transport.

L'utilisation quasi exclusive de biocarburants et donc de très peu de combustibles fossiles permet de réduire les émissions de ce secteur de 99% entre 1990 et 2050 (voir tableau 58).

iv. Transport de marchandises

Comme pour le transport de passagers, dans ce scénario, l'activité du transport de marchandises en 2050, exprimée en tonnes-kilomètres, est inférieure de moitié à celle de 2003. Les taux de chargement des véhicules sont inchangés entre 2003 et 2050. Quant à la part modale des transports ferroviaires et fluviaux, qui est d'environ 20% aujourd'hui, elle est en 2050 de 75%.

Pour permettre un tel scénario, les modes de production actuellement en vigueur doivent profondément changer dans leur utilisation du transport. Comme dans le scénario de réduction de 60%, les politiques à mettre en œuvre pour inciter à ces changements et les accompagner peuvent porter notamment sur:

- le coût du transport,
- l'aménagement du territoire,
- les infrastructures ferroviaires et fluviales,
- les infrastructures intermodales et de groupage/dégroupage des cargaisons; il faut noter que ce dernier type d'actions pourraient avoir comme conséquence de faire augmenter le taux de chargement des véhicules, alors que dans cette étude ce taux est supposé être en 2050 identique à celui de 2003.

L'utilisation quasi exclusive de biocarburants et donc de très peu de combustibles fossiles permet de réduire les émissions de ce secteur de 99% entre 1990 et 2050 (voir tableau 58).

v. Transport international maritime et aérien

Ces deux secteurs sont traités de la même façon que dans les deux autres scénarios. L'activité en 2050 est supposée être de 60% supérieure à celle de 2004. Les technologies utilisées sont les plus avancées de celles décrites au point III.B.2.c. Les facteurs d'émission des navires sont donc réduits de 50% et ceux des avions de 65%.

Dans ces conditions, les émissions liées au transport maritime international diminuent de 20% entre 2004 et 2050. Toutefois, étant donné la très forte augmentation des émissions de ce secteur entre 1990 et 2004 (+80%), les émissions augmentent de 44% sur l'ensemble de la période 1990-2050 (voir tableau 58). Dans le secteur aérien et dans les conditions décrites ici, les émissions de GES sont en 2050 de 38% inférieures à celles de 1990.

De tels changements remettent fondamentalement en cause les modes de productions au niveau mondial. C'est donc à ce niveau que les pouvoirs publics doivent éventuellement porter le débat.

vi. Industrie

Dans ce troisième scénario comme dans le deuxième, la cogénération de chaleur et d'électricité, qui dans le premier scénario était réalisée entièrement par du gaz naturel, utilise 50% de gaz naturel et 50% d'hydrogène.

Ce scénario de réduction de 80%, comme le précédent, suppose des changements fondamentaux de modes de consommation et de production. Ceux-ci vont dans le même sens que ceux supposés par exemple dans l'étude *Environmentally sustainable transport* de l'OCDE (OCDE 2002). Dans ce scénario, ces changements de modes de consommation et de production ont un impact très important sur la production qui se traduit par une réduction supplémentaire de 70% de la demande d'énergie et des émissions de GES en 2050. Au total, les émissions de GES de ce secteur sont en 2050 inférieures de 36% à celles de 1990 (voir tableau 58).

Cette modification des modes de production affecte aussi les émissions liées aux procédés industriels, dont les émissions en 2050 de CO₂, le CH₄ et le N₂O sont dans ce scénario inférieures de 65% à celles de 1990 (voir tableau 59). Les émissions de gaz fluorés sont elles, comme dans les deux autres scénarios, réduite de 96% entre 1990 et 2050. Pour l'ensemble des GES liés aux procédés industriels, la réduction des émissions est de 74% entre 1990 et 2050.

vii. Energie - production d'électricité et d'hydrogène

Dans ce scénario, la consommation d'électricité en Belgique s'élève à 71,9 TWh en 2050, plus 42,7 TWh pour la production d'hydrogène (voir tableau 57). Cette consommation est calculée sur la base des mêmes hypothèses d'efficacité énergétique que dans le premier scénario (voir III.C.2.vii) et sur la base des niveaux d'activité des différents secteurs décrits dans les autres points de cette sous-section portant sur le scénario de réduction de 80%. Il faut ajouter à ceci que, dans le secteur industriel, les changements des modes de production évoqués au point précédent ont également un impact sur la demande d'électricité, ce qui explique amélioration que la demande d'électricité dans ce scénario soit inférieure à celle des autres scénarios.

La production d'électricité est assurée par les moyens suivants (voir aussi point III.B.2.e):

- La production centralisée est assurée par des turbines à gaz et des turbines à gaz à cycle combiné (TGV), ainsi que des centrales au charbon ultra super critique (USC) et des centrales IGCC (gazéification intégrée avec cycle combiné), pour une production totale de 26,9 TWh. La production

centralisée se fait avec capture et stockage du CO₂, pour un total de 10,6 Mt CO₂ éq.

- La production d'électricité éolienne est de 43,5 TWh, dont 90% est utilisée pour la production d'hydrogène utilisé dans le transport et le reste est réparti sur le réseau. Cette production se répartit entre 4,1 TWh pour les éoliennes à terre et 39,4 TWh pour les éoliennes off-shore (la moitié du potentiel du plateau continental belge en Mer du Nord est utilisée).
- Le potentiel de production d'électricité photovoltaïque décrit en III.B.2.e est pleinement utilisé dans ce scénario, soit 10 TWh.
- Les centrales hydroélectriques produisent 0,55 TWh.
- Les panneaux solaires photovoltaïques produisent 10 TWh.
- La cogénération dans l'industrie produit 19,4 TWh, pour 50% à partir de gaz naturel et pour 50% à partir d'hydrogène; dans l'agriculture, la cogénération de chaleur et d'électricité pour la culture en serres produits 3 TWh.
- La micro-cogénération utilisée pour le chauffage des bâtiments produit 7,0 TWh à partir de piles à combustible fonctionnant avec de l'hydrogène.
- Enfin, la biomasse est utilisée pour produire 4,2 TWh.

Les éoliennes en Mer du Nord fournissent environ 100 PJ d'hydrogène, auxquels il faut ajouter environ 33 PJ supplémentaires produits à partir de charbon (avec capture du carbone). Au total, la capture et le stockage de carbone (voir Encadré 7) diminuent de 14,8 Mt CO₂ les émissions de GES en 2050 (contre 17,4 Mt dans le premier scénario). Ce niveau est plus faible que dans ce premier scénario ou dans le deuxième (21,5 Mt) car la consommation d'électricité, et donc la production centralisée, sont plus basses dans ce troisième cas.

TABLEAU 57 - Réduction de 80% en 2050 - consommation et production d'électricité (TWh)

Secteur de demande	Consommation	Source d'énergie	Production
Industrie	29,0	Gaz	29,6
Transport	2,9	Charbon	10,0
Services	17,8	Eolien	43,5
Ménages	22,1	Solaire	10,0
Agriculture	0,3	Biomasse	4,2
Production d'hydrogène	42,7	Hydrogène	16,7
		Hydroélectrique	0,6
Total	114,6	Total	114,6

Source: Bureau fédéral du Plan.

La production d'électricité d'origine éolienne et photovoltaïque est importante dans ce scénario. La réalisation de ces conditions nécessitent de développer une politique de soutien à ces formes d'énergie. Dans le cas du photovoltaïque, il s'agit notamment d'intégrer ce développement dans l'aménagement du territoire, pour exploiter au mieux les surfaces disponibles comme les toits des bâtiments.

En ce qui concerne la capture et le stockage de carbone, il faut noter que les capacités actuellement considérées dans le sous-sol belge sont de l'ordre de 450

millions de tonnes de CO₂. Au rythme proposé dans ce scénario, cette capacité serait saturée en 30 ans. Dans ce cadre, il est donc nécessaire d'approfondir notre connaissance de ce sous-sol pour mieux en évaluer la capacité de stockage de carbone. A très long terme, il serait également nécessaire d'envisager d'autres lieux de stockage à l'étranger ou de réduire la demande d'électricité pour les technologies reposant sur la capture et le stockage de carbone.

viii. Agriculture

Dans le secteur agricole, la situation est similaire à celle des deux premiers scénarios pour les émissions liées à l'énergie. L'activité en 2050 est supposée égale à celle de 2004. La chaleur nécessaire à la culture en serres, qui représente 60% de la demande d'énergie du secteur, est produite avec cogénération d'électricité, à partir de gaz naturel. Pour le reste de la consommation d'énergie dans l'agriculture, un gain en efficacité de 30% est supposé.

En ce qui concerne les émissions liées aux activités du secteur agricole, une amélioration de 70% (au lieu de 33% dans le premier scénario et 50% dans le deuxième) des facteurs d'émission de méthane (CH₄) et de protoxyde d'azote (N₂O) est supposée. Comme expliqué au point III.B.2.g, ces améliorations sont dues à des améliorations techniques, par exemple dans la gestion des étables et des effluents, ainsi qu'à une diminution de la part de viande dans l'alimentation liées aux changements de mode de consommation évoqués ci-dessus.

Au total, dans ce troisième scénario, les émissions du secteur agricole en 2050 sont de 63% inférieures à celles de 1990 (voir tableau 58). Cette diminution est de 16% pour les émissions liées à la consommation d'énergie, et de 74% pour les émissions liées à l'activité (voir tableau 59).

b. Emissions en 2050 selon le scénario "-80%"

Les conditions décrites dans le scénario développé ci-dessus permettent, sur la base du progrès technologique et de changements de comportements, une réduction des émissions de gaz à effet de serre en Belgique de 80% entre 1990 et 2050. L'évolution de ces émissions entre 1990 et 2050 est décrite en résumé dans le tableau 58, tandis que le tableau 59 décrit ces résultats plus en détail. Au total, la consommation d'énergie primaire est environ 65% plus basse qu'en 2004.

Les réductions les plus fortes sont observées dans les transports terrestres (99%) et le secteur résidentiel (93%). Dans le secteur des transports, ces réductions sont dues à la diminution de 50% des kilomètres parcourus entre 2004 et 2050, à la plus grande part modale des transports publics et collectifs (75% en 2050), à un progrès technologique important pour les véhicules hybrides et à l'utilisation quasi systématique de biocarburants. Etant donné la faible utilisation du transport individuel dans ce scénario, le potentiel de production de biocarburants existant en Belgique suffit presque à couvrir les besoins du secteur transport.

Dans le secteur résidentiel, ces réductions sont principalement dues à l'amélioration de l'isolation thermique des bâtiments et à l'adoption à grande échelle (pour 30% des logements) de micro-cogénération à base de piles à combustible organisées en réseaux locaux (microgrids).

Dans le secteur de l'énergie (en dehors de l'importante production d'hydrogène par les éoliennes en Mer du Nord), la capture et le stockage de CO₂, le recours aux énergies renouvelables et l'utilisation d'hydrogène comme source d'énergie pour la co-génération industrielle permettent une réduction significative (70%) des émissions de GES en 2050.

Dans ce scénario, les réductions d'émissions dans l'industrie sont de 77% pour les émissions liées à l'énergie et de 74% pour les émissions liées aux procédés. De telles réductions doivent être envisagées pour parvenir à l'objectif global. Ces réductions sont dues à l'évolution de l'efficacité énergétique et à une évolution des modes de consommation et de production vers des modes émettant moins de GES.

La réalisation d'un tel scénario nécessite, comme dans le cas du premier scénario, une politique renforcée de recherche pour l'amélioration de l'efficacité énergétique et la réduction des émissions de GES dans tous les domaines, ainsi qu'une politique de soutien au développement de ces technologies. Une modification très importante des comportements et des modes de consommation est également nécessaire, non seulement pour accompagner les changements technologiques comme dans le premier scénario, mais aussi pour induire des changements importants dans l'utilisation du transport en particulier et dans tous les modes de consommation en général.

TABLEAU 58 - Réduction de 80% en 2050 - résumé des résultats (Mt CO₂ éq.)

	Base year	2004	2050	1990-2050	Contribution
Energy industries	30.1	29.7	9.0	-70%	18%
Manufacturing ind. and construction	33.3	29.7	7.5	-77%	22%
Transport	20.4	27.3	0.2	-99%	17%
Services	4.4	6.3	0.9	-80%	3%
Residential	20.9	23.4	1.5	-93%	17%
Industrial processes	17.5	15.1	4.6	-74%	11%
Agriculture (energy and activity)	16.0	13.8	5.8	-63%	9%
Other	4.4	2.6	0.4	-91%	3%
Total (excl. international bunkers)	146.9	147.9	29.9	-79.6%	100%
Aviation bunkers	3.1	3.8	1.9	-38%	
Marine bunkers	14.0	25.3	20.2	44%	
Total (incl. international bunkers)	164.0	177.0	52.1	-68.2%	

Source: Bureau fédéral du Plan, inventaire national 2006.

TABLEAU 59 - Réduction de 80% en 2050 - détail des émissions (kt CO₂ éq.)

	Base year	1990	1995	2004	2050	1990-2050	Contribution
1. Energy	112.728	112.728		119.557	21.922	-81%	
A. Fuel combustion	112.081	112.081		118.985	21.636	-81%	
1. Energy industries	30.076	30.076		29.710	8.997	-70%	
Electricity and heat generation	23.502	23.502		23.876	7.490	-68%	13,7%
Refineries and other	6.574	6.574		5.834	1.507	-77%	4,3%
2. Manufacturing ind. and construction	33.303	33.303		29.668	7.549	-77%	22,0%
3. Transport	20.402	20.402		27.348	168	-99%	17,3%
4. Other Sectors	28.133	28.133		32.163	4.826	-83%	
Services	4.372	4.372		6.252	857	-80%	3,0%
Residential	20.852	20.852		23.441	1.538	-93%	16,5%
Agriculture (includes CHP)	2.910	2.910		2.469	2.431	-16%	0,4%
5. Other	168	168		96	96	-43%	0,1%
B. Fugitive emissions from fuels	646	646		572	286	-56%	0,3%
2. Industrial processes	17.522	16.398		15.063	4.573	-74%	
CO ₂ , CH ₄ & N ₂ O	12.548	12.548		13.223	4.389	-65%	7,0%
F-gas	4.974	3.850	4.974	1.840	184	-96%	4,1%
3. Solvent and other product use	246	246		250	25	-90%	0,2%
4. Agriculture	13.043	13.043		11.357	3.407	-74%	8,2%
6. Waste	3.351	3.351		1.646	0	-100%	2,9%
Total (excl. international bunkers)	146.891	145.766		147.873	29.927	-79,6%	100,0%
International bunkers	17.129	17.129		29.127	22.168	29%	
Aviation bunkers	3.099	3.099		3.825	1.922	-38%	
Marine bunkers	14.030	14.030		25.302	20.246	44%	
Total (incl. international bunkers)	164.020	162.895		177.000	52.094	-68,2%	

Source: Bureau fédéral du Plan, inventaire national 2006.

5. Conclusions

Cette partie de l'étude est une première exploration des conditions dans lesquelles les émissions de gaz à effet serre (GES) pourraient être réduites de 50% à 80% en Belgique, entre 1990 et 2050. Elle montre que ces réductions ne pourront en tous cas être réalisées que si les possibilités offertes par les changements technologiques sont exploitées au maximum. Cette condition nécessaire n'est pas suffisante pour réaliser les plus ambitieux des scénarios 2050. Une telle perspective ne peut être envisagée qu'en s'appuyant sur d'autres types de changements. Il s'agit des changements attendus dans nos modes de consommation et de production actuels et qui sont l'un des objectifs primordiaux d'un développement durable. L'étude fait une première esquisse de certaines combinaisons possibles de ces différents types de changements. Ce premier éclairage aidera à organiser les actions du chantier ainsi ouvert à l'horizon 2050 et sur lequel beaucoup reste à faire. Il faudra baliser plus précisément ces premières pistes et les concrétiser tout en accroissant les connaissances et en préparant les politiques requises. Nous résumons au point a) les 3 types de changements envisagés, au point b) les 3 scé-

nario examinés et au point c) les questions posées sur les connaissances et sur les politiques à mener.

a. Changements de technologies, de modes de consommation et de modes de production

Les changements de technologies envisagés et décrits dans cette étude concernent notamment des gains importants d'efficacité énergétique et une utilisation généralisée des énergies renouvelables. Les capacités de production d'électricité photovoltaïque et éolienne sont exploitées au maximum, en particulier par l'installation d'un grand nombre d'éoliennes sur le plateau continental belge en Mer du Nord. La biomasse et l'hydrogène sont également utilisés au maximum des capacités de production du pays. Soulignons qu'il s'agit bien de "progrès" technologiques, soit de changements qui ne sont pas de nature à nuire au bien-être des consommateurs mais, au contraire, à le conserver ou à l'accroître. Les autres changements concernent les modes de consommation et de production non durables, conformément à l'un des objectifs primordiaux du Plan d'action du Sommet sur le Développement durable de 2002.

Les changements envisagés et décrits dans cette étude pour les modes de consommation concernent le chauffage des bâtiments et le transport, c'est-à-dire des activités qui utilisent directement de l'énergie et émettent de grandes quantités de GES. D'autres changements des modes de consommation sont également envisagés mais non décrits par manque d'informations suffisantes. Ils concernent des biens et services dont l'utilisation par le consommateur n'émet pas directement de GES, mais pour la fabrication (ou la prestation) desquels les modes de production en vigueur actuellement émettent des GES. Il peut par exemple s'agir de biens dont la fabrication requiert une grande utilisation de transport ou de productions (comme les aliments à base de viande) demandant plus d'énergie que des productions pouvant leur être substituées (comme les aliments à base de végétaux).

Ces évolutions des modes de consommation sont accompagnées d'une évolution parallèle des modes de production. Ceux-ci évoluent pour suivre les changements dans la demande de biens et services produits émettant peu ou pas de GES. Il en découle que l'activité de certains secteurs diminue, tandis que d'autres secteurs voient leur activité augmenter. Des changements dans l'organisation des nouveaux modes de vie, comme une modification en profondeur de l'aménagement du territoire, ont aussi un impact sur les modes de production et en particulier sur la consommation intermédiaire d'énergie.

Remarquons qu'aucun scénario n'est entièrement basé sur des changements de modes de vie. En effet, tenter de promouvoir de tels changements sans les soutenir d'une évolution substantielle de la technologie et des infrastructures rendant possible les substitutions intermodales (ex: transports) ou entre produits (ex: alimentation), demanderait de telles réductions de consommation que le bien-être de la population s'en trouverait dégradé. De telles réductions seraient d'ailleurs trop radicales pour être acceptables par la population.

TABLEAU 60 - Synthèse des potentiels de réductions d'émission en Belgique

Secteurs émetteurs de GES	Emissions (Mt CO ₂ éq.)		Taux de croissance 1990-2050 (c)			Taux de croissance 2004-2050		
	1990 (c)	2004	Scénario -50%	Scénario -60%	Scénario -80%	Scénario -50%	Scénario -60%	Scénario -80%
Energie								
Production d'électricité	23,5	23,9	-47,0%	-68,1%	-68,1%	-47,9%	-68,6%	-68,6%
Technologies						-64,2%	-78,8%	-76,5%
Activités / comportements						45,5%	48,3%	33,4%
Raffineries et cokeries	6,6	5,8	-77,1%	-77,1%	-77,1%	-74,2%	-74,2%	-74,2%
Industrie et construction	33,3	29,7	-25,9%	-35,8%	-77,3%	-16,8%	-27,9%	-74,6%
Technologies						-47,4%	-46,3%	-46,3%
Activités / comportements						58,0%	34,3%	-52,6%
Transport (b)	20,4	27,3	-77,3%	-81,9%	-99,2%	-83,0%	-86,5%	-99,4%
Technologies						-88,7%	-78,4%	-98,0%
Activités / comportements						50,0%	-37,5%	-68,8%
Résidentiel (a)	20,9	23,4	-83,0%	-89,0%	-93,0%	-84,5%	-90,3%	-93,4%
Technologies						-87,2%	-92,0%	-94,6%
Activités / comportements						21,0%	21,0%	21,0%
Services(a)	4,4	6,3	-54,0%	-71,0%	-80,0%	-67,7%	-79,8%	-86,3%
Technologies						-87,0%	-91,9%	-94,5%
Activités / comportements						149,0%	149,0%	149,0%
Agriculture (énergie)	2,9	2,5	-16,5%	-16,5%	-16,5%	-1,5%	-1,5%	-1,5%
Technologies						-1,5%	-1,5%	-1,5%
Activités / comportements						0,0%	0,0%	0,0%
Autres émissions liées à l'énergie	0,2	0,1	-43,1%	-43,1%	-43,1%	0,0%	0,0%	0,0%
Emissions fugitives	0,6	0,6	-55,7%	-55,7%	-55,7%	-50,0%	-50,0%	-50,0%
Procédés industriels (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)	12,5	13,2	16,6%	-0,9%	-65,0%	10,6%	-6,0%	-66,8%
Technologies						-30,0%	-30,0%	-30,0%
Activités / comportements						58,0%	34,3%	-52,6%
Procédés industriels (gaz fluorés)	5,0	1,8	-96,3%	-96,3%	-96,3%	-90,0%	-90,0%	-90,0%
Agriculture (émis. liées à l'activité)	13,0	11,4	-41,9%	-56,5%	-73,9%	-33,3%	-50,0%	-70,0%
Technologies						-33,3%	-50,0%	-70,0%
Activités / comportements						0,0%	0,0%	0,0%
Utilisa. de solvants et d'autres produits	0,2	0,2	-89,9%	-89,9%	-89,9%	-90,0%	-90,0%	-90,0%
Déchets	3,4	1,6	-100,0%	-100,0%	-100,0%	-100,0%	-100,0%	-100,0%
Total (soutes exclues)	146,9	147,9	-49,5%	-60,0%	-79,6%	-49,9%	-60,3%	-79,8%
Soutes - trafic aérien international (b)	3,1	3,8	-38,0%	-38,0%	-38,0%	-49,8%	-49,8%	-49,8%
Technologies						-65,0%	-65,0%	-65,0%
Activités / comportements						43,6%	43,6%	43,6%
Soutes - trafic maritime interna. (b)	14,0	25,3	44,3%	44,3%	44,3%	-20,0%	-20,0%	-20,0%
Technologies						-50,0%	-50,0%	-50,0%
Activités / comportements						60,0%	60,0%	60,0%
Total (soutes incluses)	164,0	177,0	-41,3%	-50,7%	-68,2%	-45,6%	-54,3%	-70,6%

Source: Inventaire national 2006 et Bureau fédéral du Plan.

a: à partir de 2001 et non 2004.

b: à partir de 2003 et non 2004.

c: 1995 au lieu de 1990 pour les gaz fluorés.

b. Synthèse de chacun des scénarios envisagés

Le tableau 60 présente une synthèse des réductions calculées dans les trois scénarios étudiés en 2050. Il donne, dans ses deux premières colonnes, pour tous les secteurs émetteurs de GES repris dans l'inventaire national, les niveaux d'émissions de l'année de base (1990, sauf pour les gaz fluorés, 1995) et de 2004. Les trois colonnes suivantes donnent les réductions d'émission de GES entre 1990 et 2050 pour ces mêmes secteurs dans chaque scénario, ce qui permet de comparer les réductions calculées dans chaque secteur avec l'objectif étudié dans ce scénario. Les trois dernières colonnes donnent la réduction d'émission de GES entre 2004 et 2050. L'année 2004 est en général la plus récente pour laquelle les données d'émissions et d'activité sont disponibles. Le modèle comptable utilisé a donc pu, dans de nombreux cas, être appliqué à cette année 2004 ainsi qu'à l'année 2050. Ces trois colonnes décomposent le taux de réduction des émissions comptabilisé entre 2004 et 2050 en deux facteurs:

- l'effet du progrès de la technologie, en particulier l'amélioration des facteurs d'émissions et des rendements;
- l'effet des changements du niveau d'activité et des comportements, notamment celui des changements de mode de consommation et de production.

Dans le premier scénario, une réduction de 50% des émissions en 2050 résulte essentiellement du progrès technologique, en impliquant un minimum de modification de comportements. Cet accent technologique du premier scénario est montré dans la première des trois dernières colonnes du tableau 60. Pour la période 2004-2050, les progrès technologiques contribuent fortement aux réductions d'émissions (par exemple -64,2% dans la production d'électricité ou -87,2% dans le secteur résidentiel). Par contre, les contributions des changements du niveau d'activité et des comportements vont le plus souvent dans le sens de l'augmentation des émissions (par exemple +50% dans le secteur transport).

Dans ce scénario de réduction des émissions totales de 50%, ce sont donc bien les progrès technologiques qui permettent de réduire les émissions. Le changement de comportements est limité à leur adaptation aux nouvelles possibilités offertes par la technologie, notamment en terme de développement des énergies éoliennes et solaires, d'efficacité énergétique des bâtiments, d'amélioration de l'efficacité énergétique dans tous les secteurs et de capture et de stockage du carbone. Mais dans ce premier scénario, aucun changement fondamental de leurs modes de vie n'est attendu de la part des citoyens belges.

En ce qui concerne les secteurs résidentiels et des services, il faut noter que la contribution des changements de niveau d'activité et des comportements est identique dans les trois scénarios. Dans le secteur résidentiel (+21%), cette contribution est égale à l'augmentation du nombre de logements, supposée égale à l'augmentation du nombre de ménages (dans cette étude, la température intérieure et la surface moyenne des logements est, en 2050, supposée identiques à ce qu'elles étaient en 2001; ces comportements sont supposés inchangés). Dans le secteur des services (+149%), cette contribution est égale à l'augmentation des activités du secteur qui a été supposée entre 2004 et 2050. Elle est identique dans les trois scénarios.

Dans un deuxième scénario, une réduction de 60% des émissions en 2050 est obtenue en supposant qu'aux changements technologiques du premier scénario

viennent s'ajouter des changements de comportements nettement plus importants. Il s'agit notamment d'une stabilisation de la demande de transport entre 2003 et 2050 et d'une augmentation de la part modale des transports publics (50% au lieu de 20% en 2003).

Dans ce deuxième scénario, le secteur des transports voit en effet la contribution des changements du niveau d'activité et des comportements passer à -37,5%, contre +50% dans le premier scénario. Il faut noter que, dans ce secteur, le progrès technologique contribue moins à la réduction des émissions dans ce scénario que dans le premier scénario. En effet, dans ce deuxième scénario, les véhicules routiers n'utilisent pas d'hydrogène, tandis que la moitié d'entre eux en utilisent dans le premier scénario. Des changements de comportements très importants (stabilisation des déplacements et utilisation plus grande des transports en commun) permettent toutefois de faire diminuer les émissions en-dessous du niveau du premier scénario.

Ce scénario de réduction de 60% inclut également des changements plus généraux dans les modes de consommation vers des biens et services dont la production requiert moins d'énergie, dont la durée de vie est plus longue, dont le recyclage est plus complet qu'aujourd'hui, accompagnés par une évolution parallèle des modes de production. Ceci se remarque au niveau du secteur de l'industrie (énergie et procédés), pour lequel les changements de niveau d'activité et des comportements contribuent moins que dans le premier scénario à la croissance des émissions (+34,3% au lieu de +58%).

L'objectif de réduction de 80% des émissions en 2050 ne peut être atteint dans le troisième scénario qu'en ajoutant aux changements technologiques du premier scénario des changements de comportements fondamentaux, notamment dans le transport. Ainsi, pour atteindre l'objectif de ce scénario, les déplacements sont réduits de moitié entre 2004 et 2050, et le transport collectif devient largement majoritaire par rapport aux autres modes de transport. C'est ainsi que la contribution des changements de niveau d'activité et des comportements à la réduction des émissions dans ce secteur peut s'élever à -68,8%. Ce changement radical de nos technologies et de nos habitudes en matière de mobilité permet une quasi disparition des émissions de GES dans ce secteur.

De telles évolutions, pour atteindre de tels objectifs, ne peuvent être envisagées sans une modification profonde des modes actuels de consommation. Elles passent notamment par une densification de l'habitat avec un aménagement du territoire permettant de diminuer la demande d'énergie liée au transport individuel et à un habitat éparpillé. Ces évolutions supposent que les modes actuels de consommation évoluent également vers des biens et services qui peuvent être produits en émettant très peu ou pas de gaz à effet de serre, qui ne doivent être remplacés que rarement et qui peuvent être intégralement recyclés. De tels changements de modes de consommation doivent être accompagnés par une évolution structurelle de la production allant dans la même direction pour que soient réduites les émissions de gaz à effet de serre dans l'industrie. Cet effet se marque dans le Tableau 60 au niveau du secteur industriel. Dans ce secteur, les changements de niveau d'activité et des comportements contribuent à la réduction des émissions (-52,6%), au contraire des deux autres scénarios (+58% et +37,5%).

A ceci s'ajoute le cas particulier des émissions de GES liées au trafic international, maritime et aérien. L'importance du contexte international dans ce secteur est si considérable que ces deux secteurs ne sont pas intégrés dans les bilans nationaux,

comme c'est d'ailleurs le cas dans les inventaires nationaux réalisés pour l'UNFCCC. Les émissions sont cependant calculées pour ces deux secteurs dont la croissance a été particulièrement forte depuis 1990, en particulier pour le secteur maritime. En effet, une politique mondiale efficace de lutte contre les changements climatiques ne pourra pas faire l'impasse sur de telles émissions. Si des possibilités de réduction non négligeables existent du côté des technologies, les analyses faites dans cette étude montrent qu'une réduction du kilométrage global devra également avoir lieu. Ces deux secteurs comportent actuellement, dans les trois scénarios, une forte contribution des progrès technologiques aux réductions d'émission. Par contre, les changements de niveau d'activité et des comportements contribuent à l'augmentation des émissions.

c. Intégration des connaissances et des politiques

Cette étude constitue une première approche à la fois qualitative et quantitative des possibilités de réduction des émissions de gaz à effet de serre en Belgique entre 1990 et 2050. Elle indique de premiers ordres de grandeurs des efforts à faire pour assurer la faisabilité des trois scénarios considérés et de premières idées sur les politiques à mener. L'ensemble de ces scénarios montrent le besoin d'intégration des connaissances et des actions relatives aux deux domaines considérés: celui de la technologie et celui des comportements. Ils montrent aussi la nécessité de combiner des actions dans ces deux domaines.

- Pour ce qui est de l'intégration des connaissances et des actions, l'étude éclaire ainsi le besoin de mieux connaître les émissions actuelles et futures des différents secteurs considérés, tant séparément que dans leurs interactions. Dans chaque secteur émetteur de GES, il est nécessaire de pouvoir mieux cerner, d'une part, les possibilités de réduction qu'il offre au niveau des technologies concernées et, d'autre part, les changements possibles de mode de vie en société qui le concernent et qui sont liés aux modes de production et de consommation en vigueur. Une meilleure connaissance de ces deux domaines et de leurs impacts sur le niveau d'émissions de chaque secteur permettra de définir plus précisément les politiques intégrées nécessaires pour atteindre les objectifs de réduction proposés.
- Pour ce qui est des actions à mener et de leur combinaison, l'étude montre essentiellement que les objectifs de réduction les plus élevés (60% et 80%) ne peuvent pas être atteints par les progrès technologiques seuls. Même dans le cas du scénario de réduction de 50%, certaines évolutions des comportements sont inévitablement liées à l'adoption de nouvelles technologies, en particulier pour le chauffage des bâtiments. Des mesures plus ou moins ambitieuses de gestion de la demande sont donc nécessaires pour faire face à de tels enjeux. Elle le sont d'autant plus qu'il a été observé (Hertwich 2005) que les progrès technologiques – tels que les améliorations de l'efficacité énergétique et la diminution des facteurs d'émission – ont jusqu'ici été neutralisés par les effets de l'accroissement de la consommation. Des mesures d'éducation et de gestion de la demande sont donc nécessaires tant pour bénéficier effectivement des réductions d'émission rendues possibles par la technologie que pour favoriser des changements de comportement de consommation.

Le contexte de backcasting pour un développement durable (décrit à la section III.A.3), avec son objectif primordial de changement des modes de consommation

et de production, place donc une telle étude dans un cadre fortement marqué par le besoin d'innovation, tant du côté des changements technologiques que du côté des changements de comportements. Sans un tel cadre, des objectifs de réduction des émissions de GES aussi considérables que ceux actuellement envisagés pour 2050 par l'Union européenne n'ont aucune chance d'être réalisés. La question posée est de savoir si les pouvoirs publics peuvent mettre en place des politiques pour soutenir la réalisation de tels objectifs dans un tel cadre.

Vu le niveau d'ambition de ces objectifs, cette étude attire l'attention sur l'émergence des politiques dites *de transition*, capables de relier des actions à court et moyen terme à des perspectives d'action à très long terme. Le besoin de politiques visant à améliorer les liens de solidarité entre les générations actuelles et futures commence à être reconnu dans un domaine (la question du vieillissement). Mais de telles politiques sont encore rares dans de nombreux autres domaines de la vie en société. En général, les actions à court et moyen terme, voire même les décisions d'équipement prises à terme d'une ou deux décennies, ne couvrent pas un horizon de transition sociétale. C'est regrettable parce que les engagements d'agir à très long terme dans ces domaines resteront lettre morte tant qu'ils ne connaîtront pas un ancrage suffisant dans les actions actuelles.

Pour être acceptables dans leur ampleur, ces politiques reliant les actions actuelles à un avenir très lointain devraient être multi-acteurs (décideurs politiques et acteurs sociétaux) et multi-niveaux (relier les décisions locales aux décisions mondiales). Ce qui n'est actuellement qu'en petite partie le cas des politiques menées. Elles devraient aussi être menées dans le cadre de stratégies multi-domaines qui cherchent à décloisonner l'élaboration des politiques sectorielles. Ceci, par contre, commence à être le cas, comme le confirme notamment l'adoption récente de la nouvelle stratégie de l'Union européenne en faveur d'un développement durable. Elle propose de mettre au service de l'intégration des politiques l'ensemble des mesures intersectorielles contribuant à la société de la connaissance, l'éducation et la formation, la recherche et développement, de même que des instruments de communication, réglementaires, fiscaux ou économiques, de façon à accroître la cohérence des décisions prises. Dans un tel cadre, les actions correspondant aux hypothèses (décrites en section III.B) et aux scénarios (décrits en section III.C) ont éventuellement une chance d'être réalisées et de rendre accessibles des objectifs de réduction des émissions de GES aussi ambitieux que ceux actuellement envisagés pour 2050 par l'Union européenne et explorés dans cette étude.

D. Bibliographie

- Abu-Sharkh Suleiman et al, 2005, *Can microgrids make a major contribution to UK energy supply?*, Renewable and sustainable energy reviews 10 (2006) 78-127, March 2005
- AIE, 2004, *Prospects for CO₂ capture and storage*, Agence internationale de l'énergie, Paris, 2004
- AIE, 2004b, *World Energy Outlook*, Agence internationale de l'énergie, Paris, 2004
- AIE, 2005, *Prospects for hydrogen and fuel cells*, Agence internationale de l'énergie, Paris, 2005

- Akerman Jonas, 2005, *Sustainable air transport - on track in 2050*, Transportation Research part D 10 (2005) 111-126, 2005
- Akerman Jonas, Höjer Mattias, 2006, *How much transport can the climate stand? - Sweden on a sustainable path in 2050*, Energy Policy 34 (2006) 1944-1957, September 2006
- Annan J.D., Hargreaves J.C., 2006, *Using multiple observationally-based constraints to estimate climate sensitivity*, Geophysical Research Letters Vol 33 No 6, March 2006, www.agu.org/journals/gl/
- Banister David, Hickman Robin, 2006, *Visioning and backcasting for UK transport policy*, Bartlett school of planning, University College London and Halcrow Group for the Department of Transport, London, January 2006, <http://www.rmd.dft.gov.uk/project.asp?intProjectID=11753>
- Banque mondiale, 2006, *The road to 2050, sustainable development for the 21st century*, World Bank, Washington D.C., 2006, www.worldbank.org
- Berk M. et al, 2002, *Strategies for long-term climate policy - the results of the COOL project*, NRP Programme Office, Bilthoven, 2002, www.nop.nl
- BFP, 2006, *Perspectives économiques 2006-2011*, Bureau fédéral du Plan, Bruxelles, 2006, www.plan.be
- Boardman Brenda et al, 2005, *The 40% house*, Environmental change institute, Oxford University, Oxford, 2005, www.40percent.org.uk
- Bode Sven et al, 2002, *Climate policy: analysis of ecological, technical and economic implications for international maritime transport*, International journal of maritime economics Vol 4, p164, 2002, http://www.hwwa.de/Forschung/Klimapolitik/docs/Archiv/Bode_Krause_Michaelowa_2002.pdf
- Bristow Abigail L. et al, 2006, *Achieving Low Carbon Transport by 2050: A Case Study of Land Based Passenger Transport in Great Britain*, Transportation Research part D (submitted), 2006
- CELINE, 2006, *Belgium's greenhouse gas inventory (1990-2004)*, Cellule interrégionale pour l'environnement, Bruxelles, April 2006, www.climat.be
- Commission européenne, 2003, *European energy and transport trends to 2030*, Commission Européenne, Bruxelles, janvier 2003
- Commission européenne, 2005, *Winning the battle against climate change*, Commission Européenne, staff working paper, Bruxelles, février 2005, europa.eu.int/comm/environment/climat/future_action.htm
- Commission européenne, 2005b, *Quarterly report on the euro area*, Commission Européenne, Bruxelles, décembre, http://ec.europa.eu/economy_finance/publications/quarterly_report_on_the_euro_area_en.htm
- Concawe et al, 2005, *Well-to-wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context*, Joint Research Centre, December 2005, jes.jrc.cec.eu.int/WTW

- De Herde A. et al, 2000, *Comparaison de systèmes de chauffage de logements - Projet "Connaissance des émissions de CO₂" pour Electrabel/SPE, phase 2 - sous-projet 4*, UCL Architecture et Climat, March 2000
- den Elzen Michel, 2006, *How to achieve the 2°C target: the costs and risks of overshooting*, presented at Low stabilisation scenarios, Potsdam 16-17 March 2006, March 2006, www.feem-web.it/potsdam/index.html
- den Elzen Michel, Meinshausen Malte, 2006, *Multi-gas emissions pathways for meeting the EU 2°C climate target*, in *Avoiding dangerous climate change* (Edited by Schellnhuber et al.), Cambridge University Press, Cambridge, 2006, www.stabilisation2005.com/
- De Vlieger I. et al, 2005, *Sustainability assessment of technologies and modes in the transport sector in Belgium - SUSATRANS*, project financed by the Belgian Science Policy under the Scientific Support Plan for a Sustainable Development Policy, Bruxelles, February 2005
- Dreborg, K.H. (1996). *Essence of Backcasting*. *Futures* 28 (9), pp. 813-828.
- Enerdata et al, 2005, *VLEEM 2 final report*, EC/DG Research, Bruxelles, May 2005, www.vleem.org
- Grassl H. et al, 2003, *Climate protection strategies for the 21st century: Kyoto and beyond*, WBGU, Berlin, 2003, www.wbgu.de
- Griliches Zvi, 1979, *Issues in Assessing the Contribution of Research and Development to Productivity Growth*, *Bell Journal of Economics* Vol. 10, No. 1 (Spring, 1979), pp. 92-116, 1979
- Griliches Zvi, 1991, *The Search of R&D Spillovers*, *Scandinavian Journal of Economics* 94, pp. 29-47, 1991
- Hertwich Edgar G., 2005, *Consumption and the rebound effect: an industrial ecology perspective*, *Journal of Industrial Ecology* Vol 9, 1-2, winter-spring 2005, 2005
- IPCC, 2005, *Carbon dioxide capture and storage, Summary for policy makers and technical summary*, IPCC, 2005
- IRSN, 2004, *Le stockage souterrain du CO₂*, Institut royal des sciences naturelles, site consulté le 20 juin 2006, http://www.sciencesnaturelles.be/museum/science-news/archive2004/CO2/index_html
- Köhler Jonathan et al, 2006, *The transition to endogenous technical change in climate-economy models: a technical overview to the Innovation Modeling Comparison model*, *The Energy Journal special Issue: Endogenous technical change and the economics of atmospheric stabilisation*, 2006
- Mastrandrea Michael D., Schneider Stephen H., 2006, *Probabilistic assessment of 'dangerous' climate change and emissions scenarios: stakeholder metrics and overshoot pathways*, in *Avoiding dangerous climate change* (Edited by Schellnhuber et al.), Cambridge University Press, Cambridge, 2006, www.stabilisation2005.com

- Meinshausen Malte, 2006, *What does a 2°C target mean for greenhouse gas concentrations? A brief analysis based on multi-gas emission pathways and several climate sensitivity uncertainty estimates*, in *Avoiding dangerous climate change* (Edited by Schellnhuber et al.), Cambridge University Press, Cambridge, 2006, www.stabilisation2005.com
- OCDE, 2002, *Policy instruments for achieving environmentally sustainable transport*, OECD, Paris, 2002, www.oecd.org
- Palmers G. et al, 2004, *Renewable energy evolution in Belgium 1974-2025*, Belgian Science Policy, Bruxelles, June 2004
- Robinson John B., 2003, *Future subjunctive: backcasting as social learning*, *Futures* 35 (2003) 839-856, 2003
- Rotmans J. ,2001, *Duurzame ontwikkeling: van concept naar uitvoering*, Maastricht: International Centre for Integative Studies (ICIS), 2001
- Rotmans, J., *Transitiemanagement: Sleutel voor een duurzame samenleving*, Assen, Nederland: Koninklijke Van Gorcum.
- Rotmans, J., 2005, *Maatschappelijke innovatie*, Faculteit der Sociale Wetenschappen, Erasmus Universiteit Rotterdam.
- Rotmans, J., Dirven, J., Verkaik, A-P., 2002, *Samenleving in transitie: een vernieuwend gezichtspunt*, Ministerie LNV, Den Haag; ICIS, Maastricht; Innovatienetwerk Groene Ruimte en Agrocluster, Den Haag.
- Steen P. et Akerman J., 1994. *Syntes av studier over omställning av energi-och transportsystemen i Sverige. Klimatdelegationen, Rapport fran Klimatdelegationen*. Stockholm: Fritze
- TFDD, 2005, *Rapport fédéral sur le développement durable 2000-2004*, Bureau fédéral du Plan, 2005
- Tight M., Bristow A.L., Pridmore A. & May A.D., 2005, *What is a sustainable level of CO₂ emissions from transport activity in the UK in 2050?*, *Transport Policy*. 12(3) pp. 235-244
- Tuinstra W. (ed.) et al, 2002, *Climate OptiOns for the Long-term (COOL) - Synthesis Report*, NRP Programme Office, Bilthoven, 2002
- Van Hulle F. et al, 2004, *Optimal offshore wind energy developments in Belgium*, Belgian Science Policy, Bruxelles, May 2004
- van Vuuren D.P. et al, 2003, *Regional costs and benefits of alternative post-Kyoto climate regimes*, RIVM, Bilthoven, 2003, www.rivm.nl
- WBCSD, 2005, *Pathways to 2050, energy and climate change*, World business council for sustainable development, December 2005, www.wbcsd.org
- Weiss Martin, 2006, *International policy approaches to address climate change post 2012*, presented at Low stabilisation scenarios, Potsdam 16-17 March 2006, March 2006, www.feem-web.it/potsdam/index.html



Bijlagen

Bijlage 1. Internationale prijsvooruitzichten voor brandstoffen gebruikt in de scenario's voor de studie Post Kyoto: een verduidelijking

Modelling of oil and gas supply and prices in the POLES model: key elements of the underlying methodology (source: LEPII-EPE December 2005)

A key feature of the POLES model is its detailed simulation module for the oil and gas discovery and development process, which is in particular essential to the endogenous process of international oil and gas prices determination. In broad terms, the logic used in order to model oil and gas supply and price is based on the following sequence:

- The Ultimate Recoverable Resources (URR) is derived from the USGS estimates, but are modified over the projection period in order to account for the impact of increasing recovery rates (which are assumed to be dependent on the oil and gas prices).
- Discoveries depend on the drilling effort (also oil and gas price dependent) and the reserves are equal to the total discoveries minus the past cumulative production.
- For all regions except the Gulf, the production depends on a price dependent "reserve on production" or R/P ratio.
- The international prices depends, in the case of oil on the world R/P ratio (including non conventional oil), and for gas on regional R/P ratios as well as of an indexation term to the oil price.

In this process, the driving exogenous hypothesis is related to the URR estimate at the beginning of the simulation. The uncertainty concerning this set of hypotheses is quite high as testifies the long-lasting controversy between 'optimists' and 'pessimists' concerning oil and gas resources. In order to produce the Baseline projection, a relatively optimistic view on oil and gas resource availability has been adopted. It is based on a set hypothesis which corresponds to an increase of 30% of the US Geological Survey's median view (50% probability): this results in oil recoverable resources of around 3 300 billion barrels at the beginning of the simulation.

A principal feature of the POLES model is that it estimates international prices for oil, gas and coal, based on an explicit description of the fundamentals of each international market and a detailed representation of the reserve and resource constraints.

The model calculates a single world price; the oil market is described as "one great pool". It depends in the short-term on variations in the rate of utilisation of

capacity in the Gulf countries and, more importantly, in the medium and long-term on the average Reserve-to-Production ratio across the world.

The price of gas is calculated for each regional market; the price depends on the demand, domestic production and supply capacity in each market. There is some linkage to oil prices in the short-term, but in the long-term, the main driver of price is the variation in the average Reserve-to-Production ratio of the core suppliers of each main regional market. As this ratio decreases for natural gas as well as for oil, gas prices follow an upward trend that is similar in the long-term to that of oil.

The price of coal is also estimated for each regional market as the average price of the key suppliers on each market, weighted by their market shares. The average price of the key suppliers is derived from variations in mining and operating costs (that are a function of the increase in per capita GDP and of a productivity trend) and from the capital and transport costs (both depending on the simulated production increases, as compared to a "normal" expansion rate of production capacity).

The energy price outlook in the baseline scenario (Source: LEPII-EPE & NTUA)

The energy prices calculated in the Baseline reflect a situation in which no strong supply constraints are supposed to be felt at least in the period to 2020. At the beginning of the simulation period, the decline in the oil price to 45 \$/boe until 2015 reflects a situation of relatively abundant supply due to competition among key producers. After that date, when the production of the Gulf and OPEC regions has to expand more rapidly to keep pace with world demand, the oil price increases steadily and attains 58 \$/boe in 2030, a level that is higher than the one reached in 2005, under particularly tense supply conditions.

These changes reflect the built-in dynamic processes in the model: in the short run, oil prices depend on changes in global oil demand and on the productive capacities of the Gulf countries, considered as the "swing producers" in the oil market. In the longer run, oil prices are likely to be influenced to a greater extent by the "fundamentals", i. e. the relative dynamics of oil demand and of available reserves, which is measured by the variations in the R/P ratio.

While the oil market is fairly integrated at a global level ("one great pool"), this is not the case for gas and coal, the markets of which still show a strong regional basis. The main reason for these regional differentiations is the high transport cost of gas and coal, relative to their production cost. Although the development of LNG transport facilities will introduce some degree of trade-off between the regional gas markets, the price differentials are not expected to fully disappear over the next 30 years under the baseline assumptions for energy prices.

For gas, the R/P ratio in 2000 is significantly different from one region to the other, from about 18 years in the American market to more than 100 years for the European market. While the decline in R/P ratio explains the rise in gas prices in the projection, it has to be noted that the hierarchy in R/P by region doesn't explain the hierarchy in price levels as the latter indeed depends of the structure of supply of each market: the Asian market with the highest proportion of LNG supply has the highest price level and the American market which is mostly continental the lowest, while Europe is in an intermediate position for both features.

The European gas price dynamics remains quite parallel to that of oil price until 2025, while later the gap widens with a lower increase for the gas price. During all the period it stays in the middle of the range between American and Asian markets prices.

In a very different profile, coal prices on the three markets converge at the end of the period at a level of 15 €/boe, about one fourth of the oil price.

This trend in the prices of oil and gas create a structural cost advantage for coal. Resources of coal are much larger than of oil and gas; they are dispersed and often located in large consuming countries. Consequently, the absolute increase in coal price, expressed in terms of oil equivalent, is expected to be less than for hydrocarbons. In the baseline, coal prices roughly double from the current level, which is similar to the relative change expected for oil.

Bijlage 2. Algemene beschrijving van het PRIMES-model

Het PRIMES-model werd ontwikkeld in het kader van onderzoeksprojecten die door het Joule-programma van de Europese Commissie gefinancierd werden. Het ontwerp werd beïnvloed door de energiemodellen van de vorige generatie (EFOM, MIDAS, MEDEE). Het PRIMES-model werd ontworpen voor het maken van energievoorspellingen, het opstellen van scenario's en het analyseren van de impact van beleidsmaatregelen rond energie. Het gaat om een gedeeltelijk evenwichtsmodel omdat alleen rekening wordt gehouden met het energiesysteem en niet met de rest van de economie. Met het PRIMES-model kan de ontwikkeling van het aanbod, de vraag, de prijzen en uitstoot van vervuilende stoffen van de verschillende energiedragers gesimuleerd worden, gelet op het feit dat de internationale energieprijzen en macro-economische variabelen (bbp, beschikbaar inkomen, inflatie, rentevoet, enz.) exogeen ingevoerd worden. In het PRIMES-model kunnen de wijzigingen in het energieaanbod en de prijzen en de beperkingen voor de uitstoot van vervuilende stoffen op hun beurt de economische sfeer niet beïnvloeden. PRIMES is een marktmodel waarin gelijktijdig een evenwicht tussen het aanbod en de vraag gesimuleerd wordt, zowel op Europees vlak als voor de 15 landen afzonderlijk. Het evenwicht wordt bereikt wanneer de prijzen zorgen voor een adequate vraag en aanbod voor de verschillende energievormen. De convergentie naar een evenwicht gebeurt iteratief. Op basis van een schatting van de prijzen van de verschillende energievormen geeft PRIMES een eerste raming van de vraag. Die eerste raming van de vraag bepaalt de vereiste capaciteit en het peil van de verschillende energievormen. De keuze van de productietechnologie wordt nadien endogeen bepaald op basis van de minimalisering van de productiekosten. PRIMES berekent de productiekosten die, verhoogd met de taksen, leiden tot een eerste raming van de consumptieprijzen. De prijzen worden dan vergeleken met die van de vorige iteratie en wanneer zij dicht genoeg bij elkaar liggen, stopt het convergentieproces. Zo niet, wordt er een nieuwe raming van de vraag gemaakt en gaat het terugkoppelingsproces door.

De vraag bestaat uit een reeks niet-lineaire vergelijkingen. De modelvorming van de eindvraag naar energie is van het bottom-up-type (engineering approach), maar omvat een minimalisering van de kosten van de vragers naar energie. De sectorale opsplitsing van het model is zeer fijn en er wordt rekening gehouden met 24 verschillende soorten energie. Voor de industrie is het model in 9 activiteitstakken gedesaggregeerd. In elke bedrijfstak worden verschillende subsectoren beschouwd (ongeveer 30 subsectoren in totaal, met inbegrip van recycling) en op het niveau van de subsectoren worden naargelang het productieproces verschillende soorten energiegebruik onderscheiden (hoogovens, elektrische ovens, elektrolyse, enz.). Voor de residentiële sector worden 5 verschillende categorieën van onroerende goederen onderscheiden naargelang de gebruikte verwarmingsinstallatie (centrale verwarming, gedeeltelijke verwarming, elektrische verwarming, stadsverwarming, afzonderlijke gasverwarming). Naast de verwarming worden nog 3 andere soorten huishoudelijk gebruik beschouwd: warm water, koken, specifiek elektriciteitsgebruik. De vraag van de gezinnen hangt van verschillende variabelen af waaronder het beschikbaar gezinsinkomen, het aantal graaddagen, het type verwarmingsinstallatie, de parameters die de staat van de technologie en de kenmerken van de woningisolatie weergeven. Binnen de tertiaire sector wordt er een onderscheid gemaakt tussen de verhandelbare sector, de niet-marktsector en de handelsdiensten. Naargelang de gebruikte technologie worden verschillende soorten energieverbruik beschouwd. Het energieverbruik van de landbouw wordt in het model ook

afzonderlijk behandeld. PRIMES maakt een onderscheid tussen het personen- en goederenvervoer. Er worden 4 vervoermiddelen bestudeerd (lucht-, spoor-, weg- en scheepsvervoer). Voor het reizigersvervoer over de weg wordt er een onderscheid gemaakt tussen het openbaar (bus) en het privé-vervoer (wagens, motoren). Voor wagens, vrachtwagens en bussen worden er in het model 6 tot 10 verschillende technologieën beschouwd. Voor het spoor-, lucht- en scheepsvervoer wordt er met een kleiner aantal technologieën rekening gehouden. Het totale vervoersvolume wordt bepaald door de groei van het inkomen en van het bbp. De verdeling over de verschillende vervoermiddelen hangt af van hun relatieve prijzen, die op hun beurt beïnvloed worden door de technologie van de nieuwe investeringen en van het bestaande park.

Het energieaanbod in PRIMES bestaat hoofdzakelijk uit 3 modules voor de elektriciteits- en stoomproductie, de olieraffinage en de overige energievormen. Om tegemoet te komen aan de lastencurves van de vraag bepaalt de module voor de elektriciteits- en stoomproductie de keuze van de productieprocedures, de uitbreiding en de buitengebruikstelling van de nodige productiemiddelen en de keuze van de brandstof. Het model houdt rekening met een groot aantal technologieën voor de elektriciteitsproductie (door de verschillende technologieën, brandstoffen, omvang en statuten te combineren is een keuze uit meer dan 900 soorten centrales mogelijk). Er wordt bijzondere aandacht besteed aan de warmtekrachtkoppeling, de hernieuwbare energie en de nieuwe energievormen. De raffinaderijen werken op nationaal niveau, maar de capaciteit, de marktaandelen en de prijzen worden bepaald door de concurrentie op Europees vlak. Voor de primaire energie bepaalt het model het optimale aandeel van de invoer en van de binnenlandse productie om aan de vraag te kunnen voldoen. Het model beschouwt de wereldmarkt van aardolie als exogeen.

Centraal in het model verzekert een tarifieringsmodule het evenwicht tussen vraag en aanbod. Die module berekent het inkomen dat de sector nodig heeft (op basis van de totale kosten en andere boekhoudkundige kosten) en kent de lasten toe aan de gebruikers volgens het "Ramsey pricing"-tarifieringsprincipe. Dan wordt de verbruiksprijs afgeleid door de distributie- en vervoerskosten, de marges en de taksen op te tellen.

Bijlage 3. Gedetailleerde resultaten van het referentiescenario

BELGIUM: Baseline: Summary

ktoe	2000	2005	2010	2015	2020	10//00	20//10
Primary Production	13471	13706	14450	13101	11344	0.7	-2.4
Solids	191	0	0	0	0		
Oil	0	0	0	0	0		
Natural gas	2	0	0	0	0		
Nuclear	12422	12673	12926	11199	9004	0.4	-3.6
Renewable energy sources	856	1033	1524	1902	2340	5.9	4.4
Hydro	39	39	39	39	39	0.0	0.0
Biomass & Waste	810	965	1241	1564	1932	4.4	4.5
Wind	1	16	221	259	312	67.3	3.5
Solar and others	1	7	16	31	47	31.5	11.6
Geothermal	4	5	6	9	10	5.3	4.4
Net Imports	48547	51086	51783	52544	53238	0.6	0.3
Solids	7566	7018	6388	5262	5171	-1.7	-2.1
Oil	27331	28600	29160	29119	28688	0.6	-0.2
Natural gas	13278	14821	15617	17638	18932	1.6	1.9
Electricity	372	647	618	526	448	5.2	-3.2
Gross Inland Consumption	57168	59213	60354	59526	58280	0.5	-0.3
Solids	8200	7018	6388	5262	5171	-2.5	-2.1
Oil	21949	23022	23281	23000	22386	0.6	-0.4
Natural gas	13369	14821	15617	17638	18932	1.6	1.9
Nuclear	12422	12673	12926	11199	9004	0.4	-3.6
Electricity	372	647	618	526	448	5.2	-3.2
Renewable energy forms	856	1033	1524	1902	2340	5.9	4.4
as % in Gross Inland Consumption							
Solids	14.3	11.9	10.6	8.8	8.9		
Oil	38.4	38.9	38.6	38.6	38.4		
Natural gas	23.4	25.0	25.9	29.6	32.5		
Nuclear	21.7	21.4	21.4	18.8	15.4		
Renewable energy forms	1.5	1.7	2.5	3.2	4.0		
Electricity Generation in GWh _e	82639	85931	93935	99337	104499	1.3	1.1
Nuclear	48148	49120	50103	43406	34898	0.4	-3.6
Hydro & wind	474	649	3035	3489	4114	20.4	3.1
Thermal (incl. biomass)	34017	36161	40797	52443	65487	1.8	4.8
Fuel Inputs for Thermal Power Generation	7876	8181	8343	9115	10215	0.6	2.0
Solids	3030	2826	2781	1964	2126	-0.9	-2.6
Oil (including refinery gas)	172	265	141	141	134	-2.0	-0.5
Gas	4186	4499	4732	6218	7001	1.2	4.0
Biomass & Waste	488	591	689	792	954	3.5	3.3
Final Energy Demand	37055	38640	39968	40742	41197	0.8	0.3
by sector							
Industry	13769	13765	13993	14153	14102	0.2	0.1
Residential	9465	9963	10311	10446	10314	0.9	0.0
Tertiary	4158	4468	4848	5142	5446	1.5	1.2
Transport	9662	10444	10816	11001	11336	1.1	0.5
by fuel							
Solids	3373	2839	2453	2267	2143	-3.1	-1.3
Oil	16038	17186	17497	17331	17003	0.9	-0.3
Gas	9615	9830	10312	10791	11052	0.7	0.7
Electricity	6667	7187	7822	8213	8597	1.6	0.9
Heat (from CHP and District Heating)	1046	1223	1369	1443	1529	2.7	1.1
Other	316	376	514	697	873	5.0	5.4

BELGIUM: Baseline: Summary

ktoe	2000	2005	2010	2015	2020	10//00	20//10
CO ₂ Emissions (Mt of CO ₂)	114.7	115.6	115.9	115.8	117.0	0.1	0.1
Power generation/District heating	23.5	23.5	23.4	23.5	25.9	-0.1	1.0
Energy Branch	5.3	4.7	4.7	4.7	4.5	-1.2	-0.5
Industry	29.1	27.2	26.1	25.7	24.9	-1.1	-0.4
Residential	20.0	20.4	20.8	20.7	19.8	0.4	-0.5
Tertiary	8.2	9.0	9.4	9.8	10.1	1.5	0.7
Transport	28.6	30.8	31.5	31.5	31.9	1.0	0.1
CO ₂ Emissions Index (1990=100)	108.3	109.2	109.5	109.4	110.5		

Source: PRIMES.

//: average annual growth rate (%).

BELGIUM: Baseline: Indicators

	2000	2005	2010	2015	2020	10//00	20//10
Main Energy System Indicators							
Population (Million)	10246	10416	10554	10674	10790	0.3	0.2
GDP (in 000 MEUR'00)	247.9	267.7	302.9	337.1	370.1	2.0	2.0
Gross Inl. Cons./GDP (toe/MEUR'00)	230.6	221.2	199.3	176.6	157.5	-1.4	-2.3
Gross Inl. Cons./Capita (toe/inhabitant)	5.58	5.68	5.72	5.58	5.40	0.2	-0.6
Electricity Generated/Capita (kWh/inhabitant)	8066	8250	8900	9307	9685	1.0	0.8
Carbon intensity (t of CO ₂ /toe of GIC)	2.01	1.95	1.92	1.95	2.01	-0.4	0.4
CO ₂ Emissions/Capita (t of CO ₂ /inhabitant)	11.19	11.10	10.98	10.85	10.84	-0.2	-0.1
CO ₂ Emissions to GDP (t of CO ₂ /MEUR'00)	462.6	431.8	382.6	343.5	316.1	-1.9	-1.9
Import Dependency %	77.7	78.8	78.2	80.0	82.4	0.0	0.0
Energy intensity indicators (1990=100)							
Industry (Energy on Value added)	97.5	92.6	86.0	79.8	73.9	-1.3	-1.5
Residential (Energy on Private Income)	92.7	90.7	85.0	78.8	71.9	-0.9	-1.7
Tertiary (Energy on Value added)	99.5	97.1	92.7	88.0	84.7	-0.7	-0.9
Transport (Energy on GDP)	101.2	101.3	92.8	84.8	79.5	-0.9	-1.5
Carbon Intensity indicators							
Electricity and Steam production (t of CO ₂ /MWh)	0.25	0.23	0.21	0.20	0.21	-1.5	-0.1
Final energy demand (t of CO ₂ /toe)	2.32	2.26	2.20	2.15	2.10	-0.5	-0.4
Industry	2.12	1.97	1.86	1.81	1.77	-1.3	-0.5
Residential	2.11	2.05	2.02	1.98	1.92	-0.4	-0.5
Tertiary	1.96	2.01	1.94	1.90	1.85	-0.1	-0.5
Transport	2.96	2.95	2.91	2.86	2.81	-0.2	-0.4
Indicators							
Efficiency for thermal electricity production (%)	37.1	38.0	42.1	49.5	55.1	0.0	0.0
CHP indicator (% of electricity from CHP)	7.9	9.0	14.3	16.0	18.5	0.0	0.0
Non fossil fuels in electricity generation (%)	60.3	59.7	58.5	50.6	42.3	0.0	0.0
- nuclear	58.3	57.2	53.3	43.7	33.4	0.0	0.0
- renewable energy forms	2.0	2.5	5.1	6.9	8.9	0.0	0.0
Transport sector							
Passenger transport activity (Gpkm)	135.8	145.4	155.6	164.5	173.1	1.4	1.1
Public road transport	13.2	13.1	13.0	12.6	12.1	-0.1	-0.7
Private cars and motorcycles	107.3	114.7	122.9	130.0	136.9	1.4	1.1
Rail	8.6	9.0	9.4	9.7	9.9	0.9	0.5
Aviation	6.5	8.2	10.0	11.9	13.8	4.4	3.3
Inland navigation	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	1.6	1.5
Travel per person (km per capita)	13258	13958	14743	15411	16041	1.1	0.8
Freight transport activity (Gtkm)	65.9	72.0	78.9	85.6	92.1	1.8	1.6
Trucks	51.0	56.1	62.1	68.0	74.0	2.0	1.8
Rail	7.7	7.8	7.8	8.0	8.0	0.2	0.2
Inland navigation	7.2	8.1	9.1	9.6	10.2	2.3	1.1
Freight activity per unit of GDP (tkm/000 Euro'00)	266	269	261	254	249	-0.2	-0.5
Efficiency indicator (activity related)							
Passenger transport (toe/Mpkm)	44.3	44.3	41.1	37.9	36.8	-0.7	-1.1
Freight transport (toe/Mtkm)	55.3	55.6	56.0	55.8	53.9	0.1	-0.4

Source: PRIMES.

//: average annual growth rate (%).

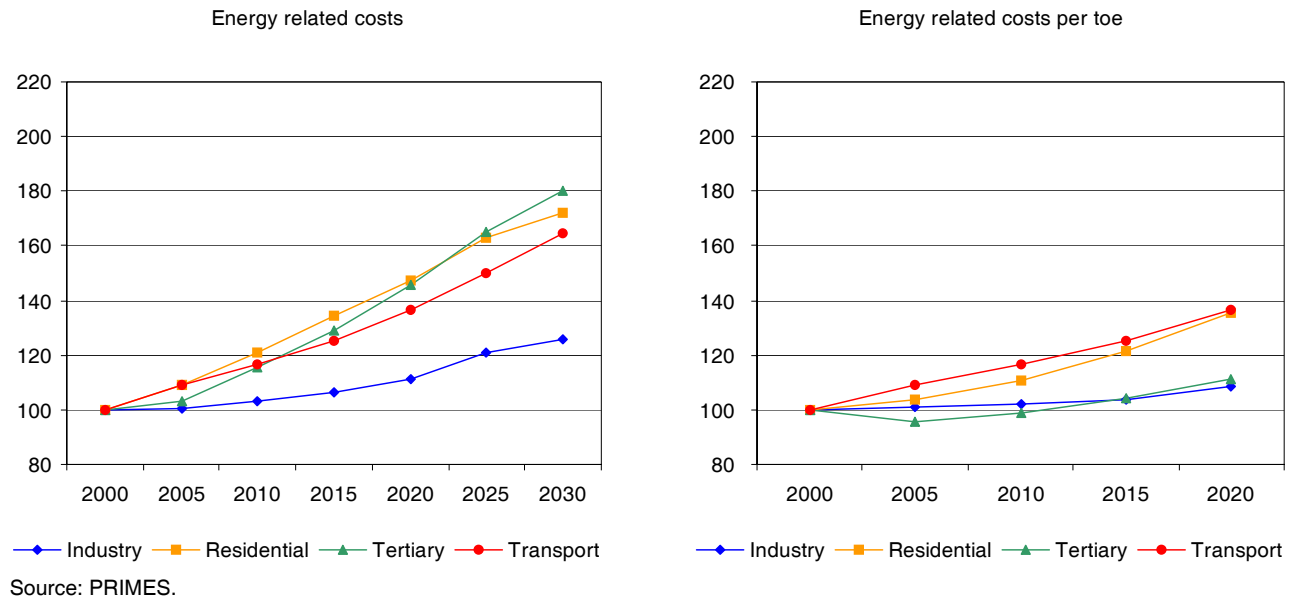
BELGIUM: Baseline: power generation

	2000	2005	2010	2015	2020	10//00	20//10
Electricity consumption (in GWh)	86964	93454	101117	105449	109703	1.5	0.8
Final energy demand	77525	83565	90957	95502	99969	1.6	0.9
Industry	39861	43509	47105	48686	49472	1.7	0.5
Households	23734	25900	27717	29158	30883	1.6	1.1
Tertiary	12491	12606	14606	16214	18133	1.6	2.2
Transport	1440	1550	1529	1445	1481	0.6	-0.3
Energy branch	5757	6133	6334	6122	5966	1.0	-0.6
Own consumption & pumping	4130	4252	4412	4190	4021	0.7	-0.9
Refineries & other uses	1627	1881	1922	1932	1945	1.7	0.1
Transmission and distribution losses	3682	3756	3826	3825	3769	0.4	-0.2
Electricity supply (in GWh)	86964	93454	101117	105449	109703	1.5	0.8
Net imports	4325	7523	7182	6112	5204	5.2	-3.2
Nuclear power plants production	48148	49120	50103	43406	34898	0.4	-3.6
Generation from hydro, wind, solar, tidal etc.	474	649	3035	3489	4114	20.4	3.1
Thermal power plants production (incl. biomass/waste)	34017	36161	40797	52443	65487	1.8	4.8
of which in CHP power plants	6531	7718	13446	15939	19306	7.5	3.7
Electricity generation by fuel type (in %)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0		
Nuclear energy	58.3	57.2	53.3	43.7	33.4		
Renewables	2.0	2.5	5.1	6.9	8.9		
Hydro	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4		
Wind	0.0	0.2	2.7	3.0	3.5		
Solar, tidal etc.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Biomass & waste	1.5	1.7	1.9	3.4	4.9		
Geothermal heat	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		
Fossil fuels	39.7	40.3	41.5	49.4	57.7		
Coal and lignite	15.6	14.0	12.6	8.7	10.3		
Petroleum products	0.9	1.7	0.7	0.6	0.6		
Natural gas	19.5	21.4	25.6	37.9	44.8		
Coke & blast-furnace gasses	3.7	3.3	2.6	2.2	2.0		
Other fuels (hydrogen, methanol)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0		

Source: PRIMES.

//: average annual growth rate.

GRAPHIQUE 40 - Evolution des coûts énergétiques dans les différents secteurs, scénario de référence
(2000 = 100)



Bijlage 4. Definitie van de gebruikte indicatoren

TABEL 61 - Lijst van gebruikte indicatoren en hun definitie in de analyse van de PRIMES-resultaten

Lexicon of indicators	Indicator	Description	Unit
Primary energy needs	Net imports of energy	Sum of the imports of solids, oil (consisting of crude oil and feedstocks and oil products), natural gas and electricity minus the sum of their exports	ktoe
	Energy intensity of GDP	Gross Inland Consumption divided by GDP	toe/ MEUR'00
	Import dependency	Share of Net Imports of energy in the Gross Inland Consumption (defined as the sum of Primary Production and Net Imports)	%
	Total gas needs	Total national gas requirements or gross inland consumption of natural gas	ktoe
	CO ₂ emissions	Energy related CO ₂ emissions	Mt of CO ₂
	Renewables share in GIC	Share of renewable energy forms in the Gross Inland Consumption	%
Power generation	Carbon free share in power	Share in power generation of energy forms which do not emit CO ₂ while producing power	%
	Gas for power	Electricity generated on the basis of gas	GWh
	Coal for power	Electricity generated on the basis of coal	GWh
	Power capacity extension	Expansion of national power capacity from 2005 on (cumulative)	MWe
	CO ₂ per MWh	CO ₂ emitted per MWh produced	tCO ₂ /MWh
	Electricity prices	Average price of electricity	€/MWh
Sectors Industry	Changes in final energy demand	Change in the industrial energy demand compared to the baseline	ktoe
	Carbon intensity	Amount of CO ₂ produced in industry relative to its energy consumption	tCO ₂ /toe
	Energy related production costs	Sum of fuel costs and energy equipment or other energy related costs	EUR'00
	Energy related production costs/toe	Sum of fuel costs and energy equipment or other energy related costs divided by the sector's final energy demand	EUR'00/ toe
Residential	Changes in final energy demand	Change in the final energy demand of households compared to the baseline	ktoe
	Changes in useful energy demand	Change in the useful energy demand for heating and cooling of households compared to the baseline	ktoe
	Carbon intensity	Amount of CO ₂ produced by the households relative to their energy consumption	tCO ₂ /toe
	Energy related costs	Sum of fuel costs and energy equipment or other energy related costs	EUR'00
	Energy related production costs/toe	Sum of fuel costs and energy equipment or other energy related costs divided by the sector's final energy demand	EUR'00/ toe
Tertiary	Changes in final energy demand	Change in the final energy demand of the tertiary sector compared to the baseline	ktoe
	Changes in useful energy demand	Change in the useful energy demand of the tertiary sector compared to the baseline	ktoe
	Carbon intensity	Amount of CO ₂ produced by the services relative to their energy consumption	tCO ₂ /toe
	Energy related costs	Sum of fuel costs and energy equipment or other energy related costs	EUR'00
	Energy related production costs/toe	Sum of fuel costs and energy equipment or other energy related costs divided by the sector's final energy demand	EUR'00/ toe
Transport	Changes in final energy demand	Change in the energy demand of the transport activity compared to the baseline	ktoe
	Changes in pkm	Change in the Passenger transport activity compared to the baseline	pkm
	Changes in tkm	Change in the Freight transport activity compared to the baseline	tkm
	Carbon intensity	Amount of CO ₂ produced by transport relative to its energy consumption	tCO ₂ /toe

Bron: PRIMES.

Bijlage 5. Effort relatif de réductions des émissions de GES dans les Etats membres de l'UE à l'horizon 2020

TABLEAU 62 - Réductions des émissions de GES en 2020 dans le scénario pk15 (%)

		Par rapport à l'année de base	Par rapport au scénario de référence
Espagne	Sp	34,8	-13,4
Irlande	Ir	27,7	-13,0
Portugal	Po	26,6	-17,1
Grèce	Gr	17,8	-16,2
Autriche	Au	8,2	-9,7
Luxembourg	Lx	3,1	-4,1
Italie	It	3,1	-12,2
Suède	Sv	0,6	-18,1
Slovénie	Sn	0,4	-15,4
Pays-Bas	NL	-1,3	-9,2
Belgique	Be	-4,8	-8,1
Finlande	Fi	-9,9	-15,6
France	Fr	-11,0	-9,6
Danemark	Dk	-16,7	-7,7
Slovaquie	Sk	-20,1	-14,1
Royaume-Uni	UK	-21,5	-13,3
Pologne	Pl	-26,6	-21,1
Hongrie	Hu	-27,1	-12,8
Allemagne	Ge	-33,6	-17,4
République Tchèque	Cz	-35,5	-17,0
Lettonie	La	-45,4	-12,0
Lithuanie	Li	-50,5	-11,6
Estonie	Es	-66,6	-28,0
EU-23	EU	-15,3	-14,1

Source: PRIMES, NTUA.

TABLEAU 63 - Réductions des émissions de GES en 2020 dans le scénario pk30 (%)

		Par rapport à l'année de base	Par rapport au scénario de référence
Espagne	Sp	20,9	-22,4
Irlande	Ir	19,7	-18,5
Portugal	Po	15,8	-24,1
Grèce	Gr	-1,1	-29,6
Autriche	Au	-1,3	-17,6
Luxembourg	Lx	-1,3	-8,3
Italie	It	-9,6	-23,0
Pays-Bas	Nl	-10,5	-17,6
Suède	Sv	-13,3	-29,4
Belgique	Be	-13,7	-16,7
Slovénie	Sn	-15,6	-28,8
Finlande	Fi	-19,5	-24,6
France	Fr	-20,9	-19,7
Danemark	Dk	-27,4	-19,5
Royaume-Uni	UK	-28,2	-20,7
Slovaquie	Sk	-29,3	-24,0
Hongrie	Hu	-34,8	-22,0
Pologne	Pl	-40,5	-35,9
Allemagne	Ge	-41,8	-27,6
République Tchèque	Cz	-43,7	-27,6
Lettonie	La	-50,4	-20,0
Lithuanie	Li	-57,0	-23,2
Estonie	Es	-72,8	-41,3
EU-23	EU	-25,1	-24,1

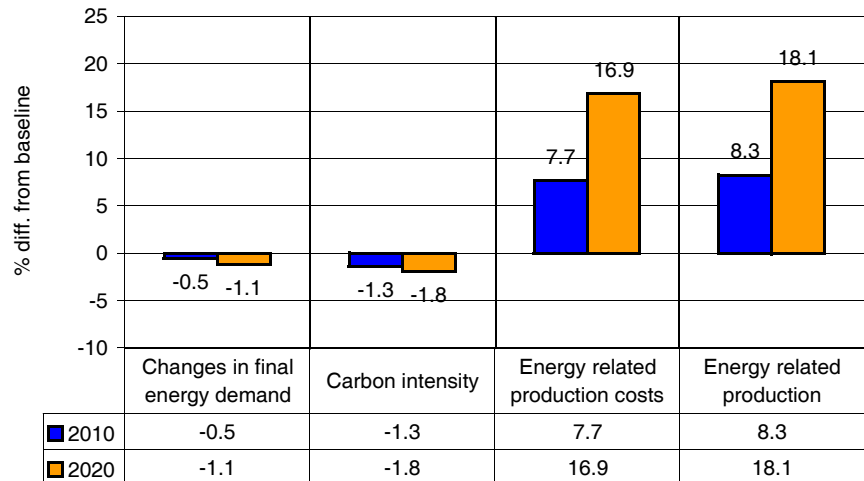
Source: PRIMES, NTUA.

Bijlage 6. Gedetailleerde resultaten van de varianten en de post-2012-scenario's met PRIMES

1. Hogere-olie-hogere-gasprijsvariant

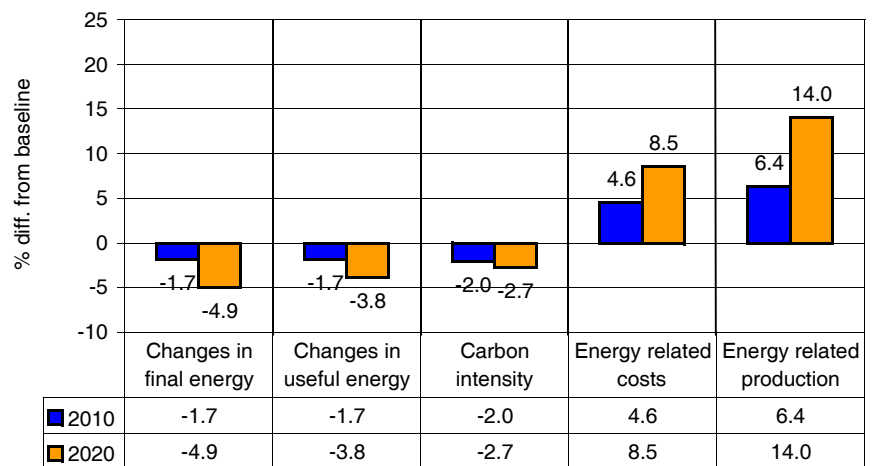
Industry

Soaring oil and gas prices



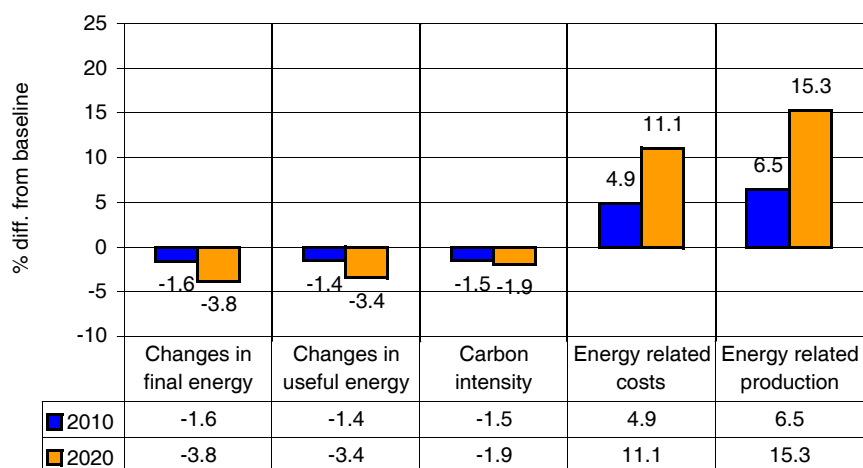
Residential

Soaring oil and gas prices



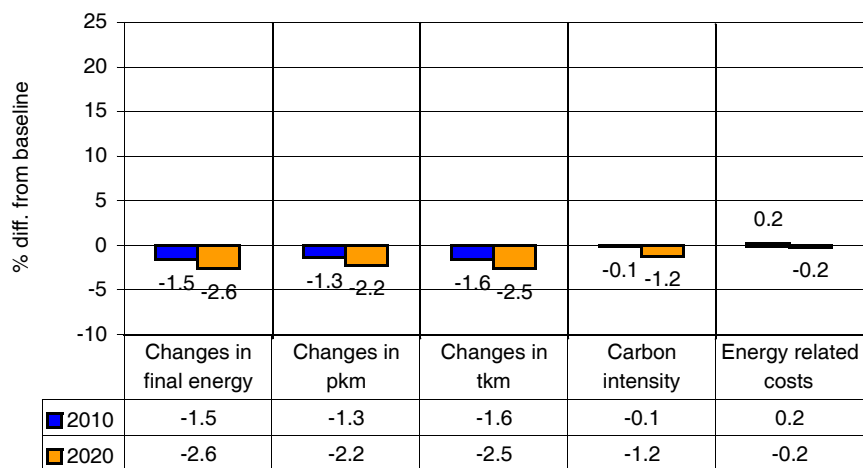
Tertiary

Soaring oil and gas prices



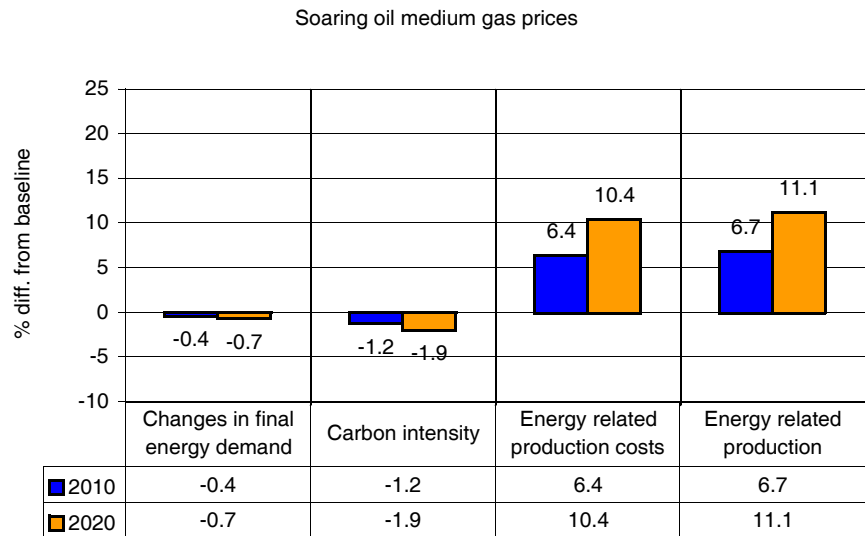
Transport

Soaring oil and gas prices

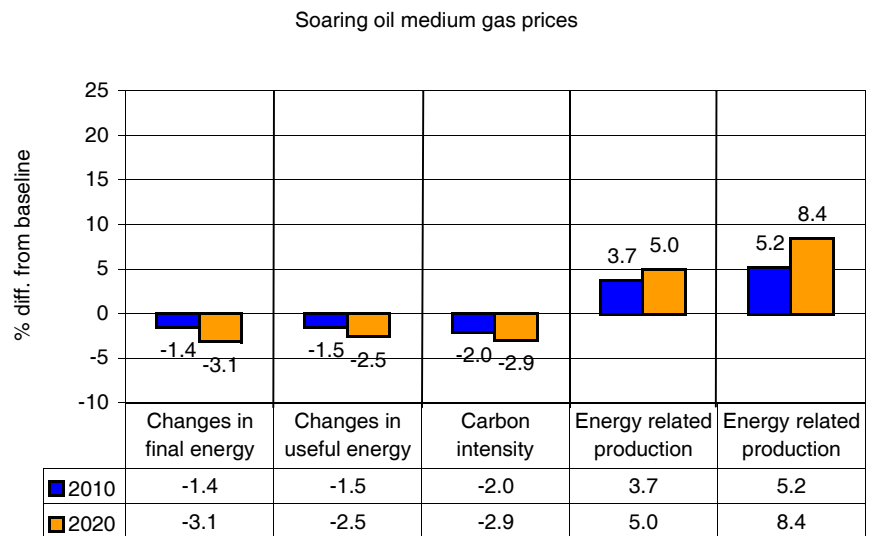


2. Hogere-olie-medium-gasprijsvariant

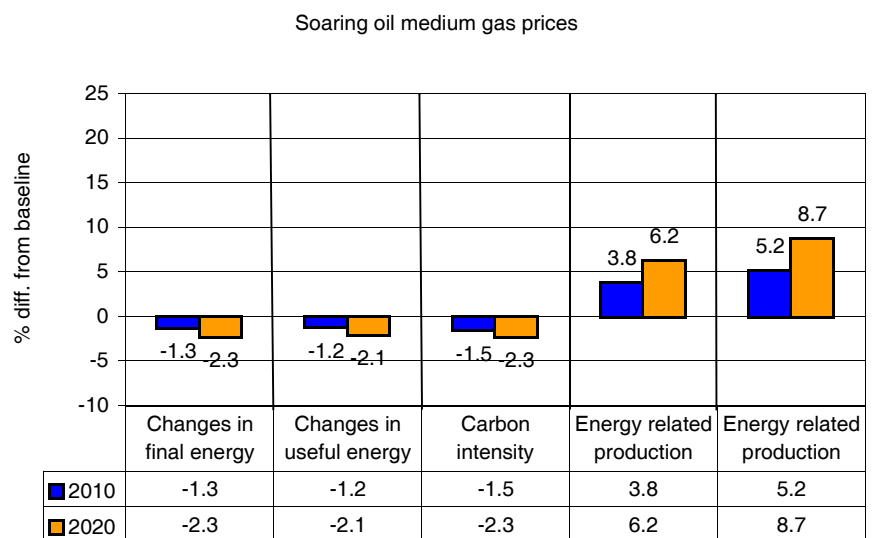
Industry



Residential

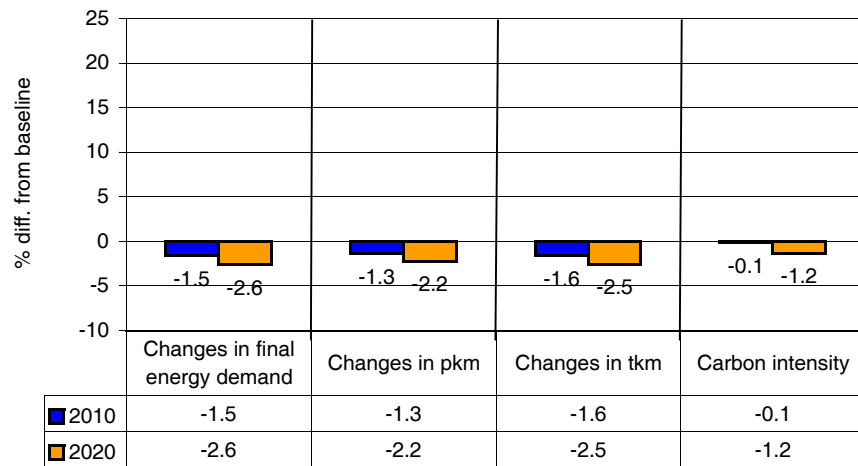


Tertiary



Transport

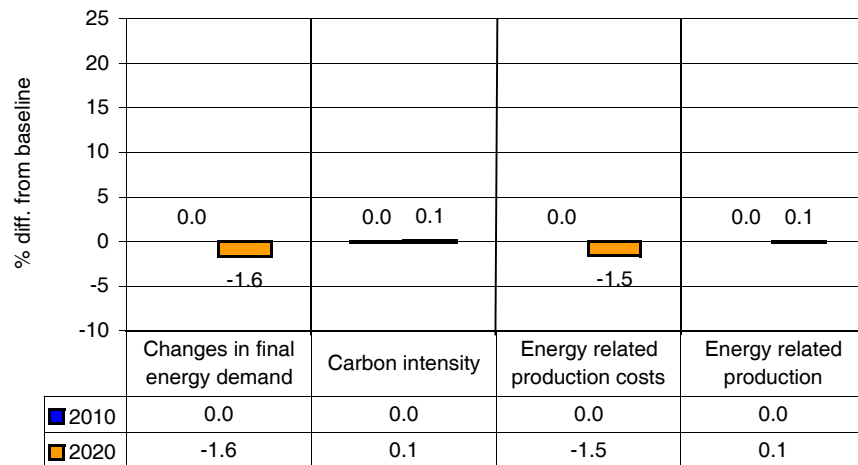
Soaring oil medium gas prices



3. Variant rond lagere economische groei

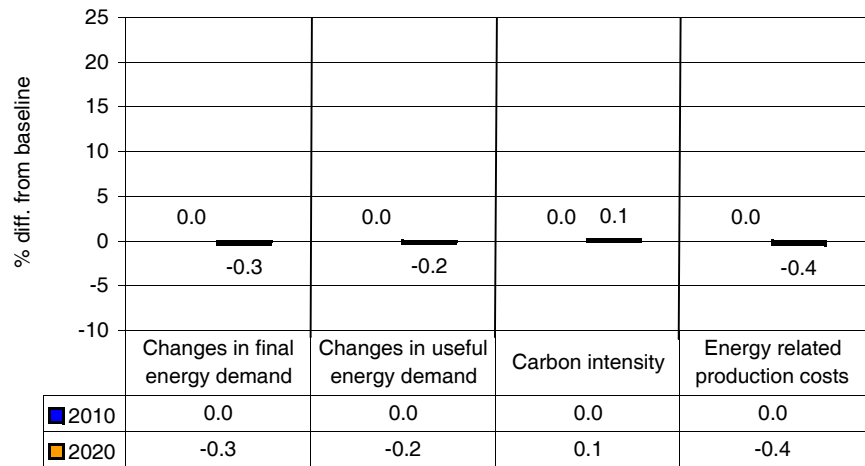
Industry

Low economic growth



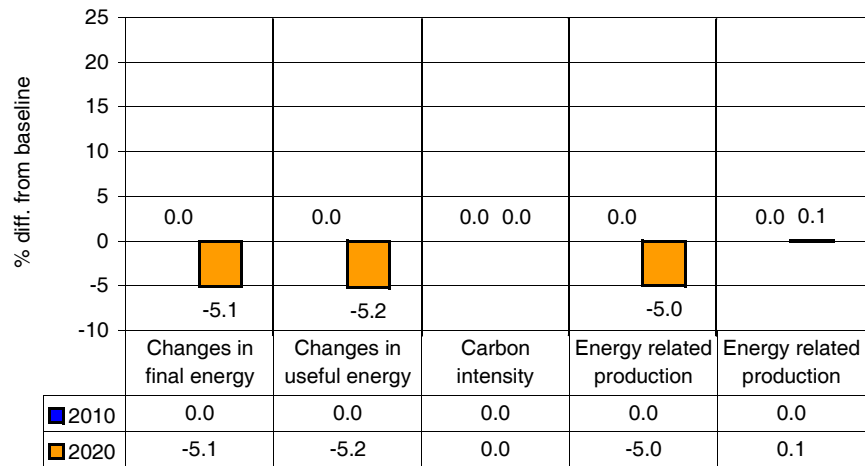
Residential

Low economic growth



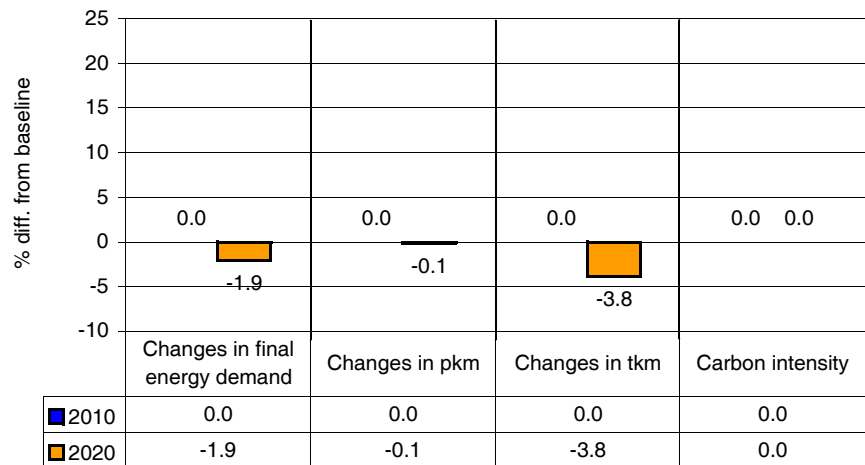
Tertiary

Low economic growth



Transport

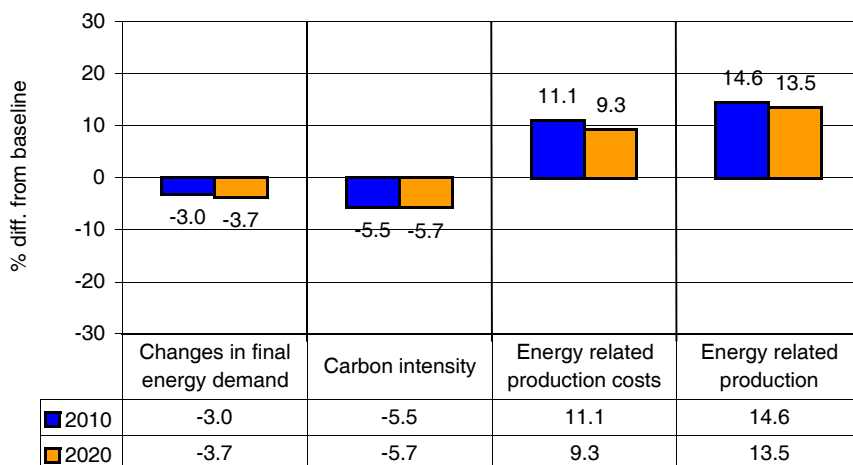
Low economic growth



4. Post-2012 scenario's

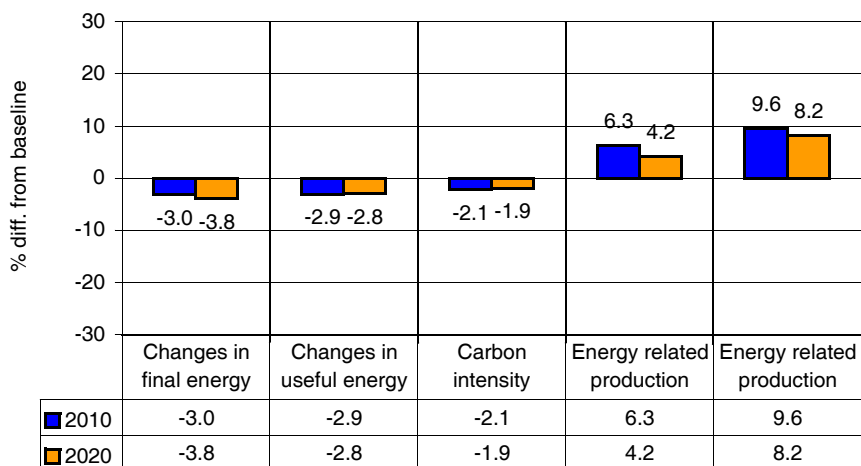
Industry

Post Kyoto with an EU reduction of -15% in 2020



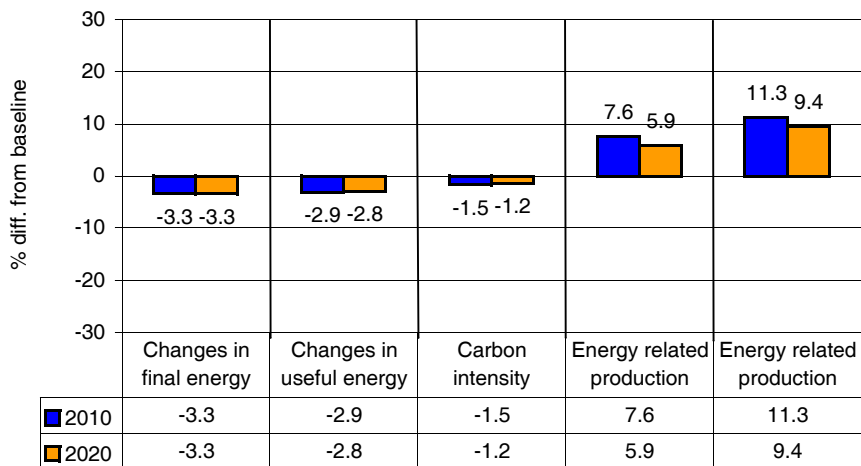
Residential

Post Kyoto with an EU reduction of -15% in 2020



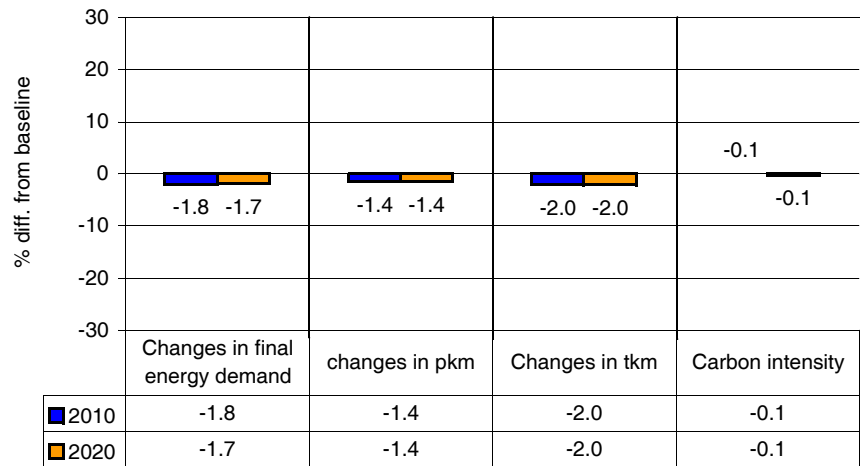
Tertiary

Post Kyoto with an EU reduction of -15% in 2020



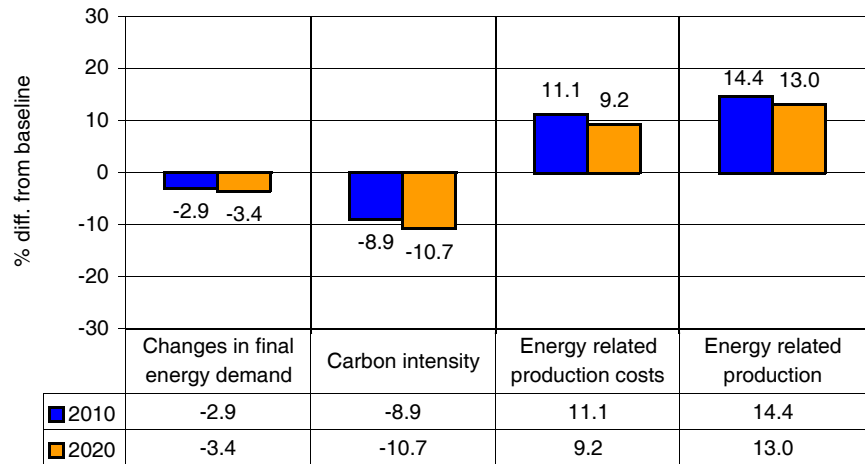
Transport

Post Kyoto with an EU reduction of -15% in 2020



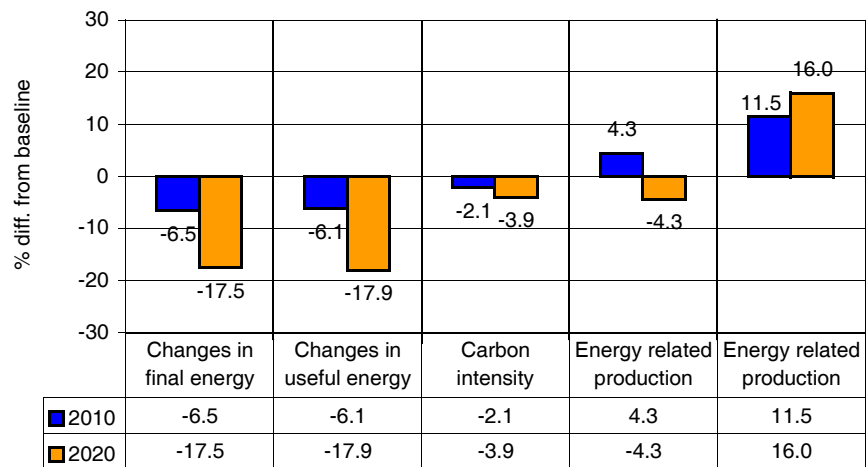
Industry

Post Kyoto with EU reduction of -15% in 2020 & add. measures



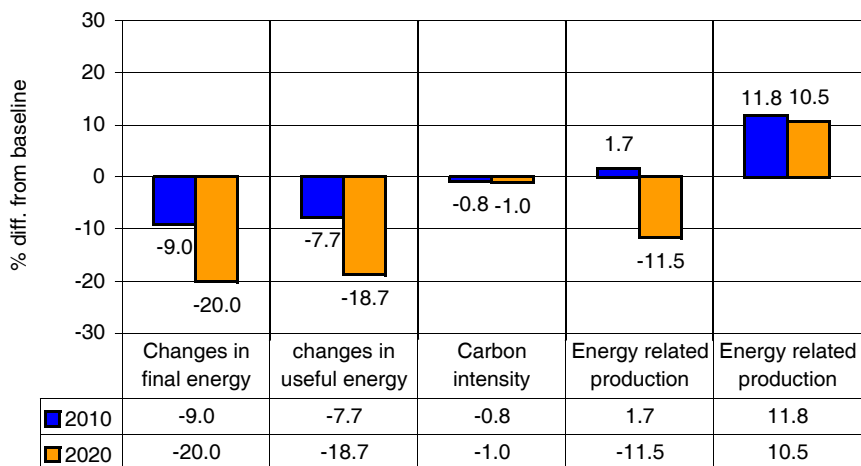
Residential

Post Kyoto with EU reduction of -15% in 2020 & add. measures



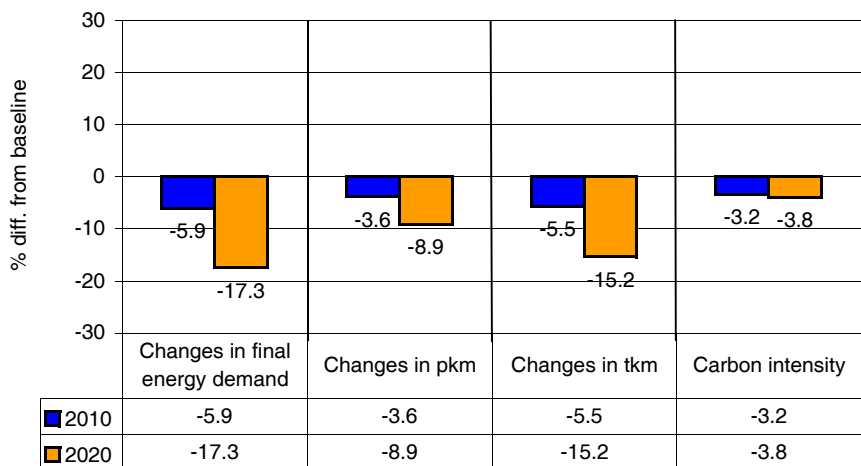
Tertiary

Post Kyoto with EU reduction of -15% in 2020 & add. measures



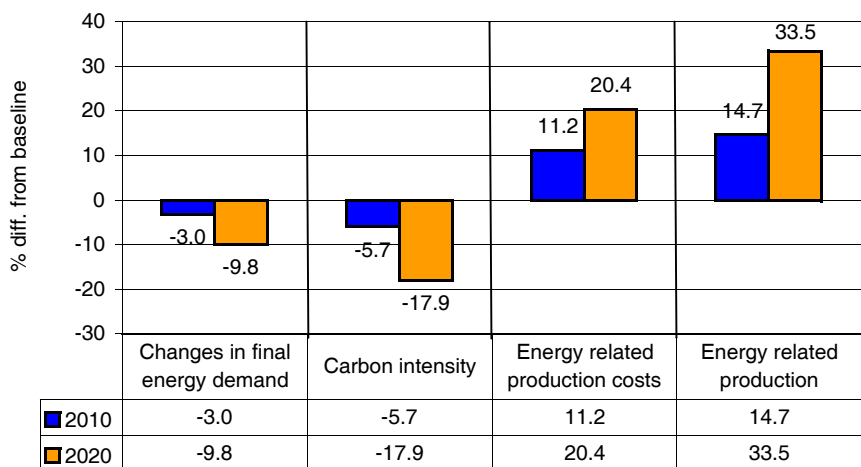
Transport

Post Kyoto with EU reduction of -15% in 2020 & add. measures



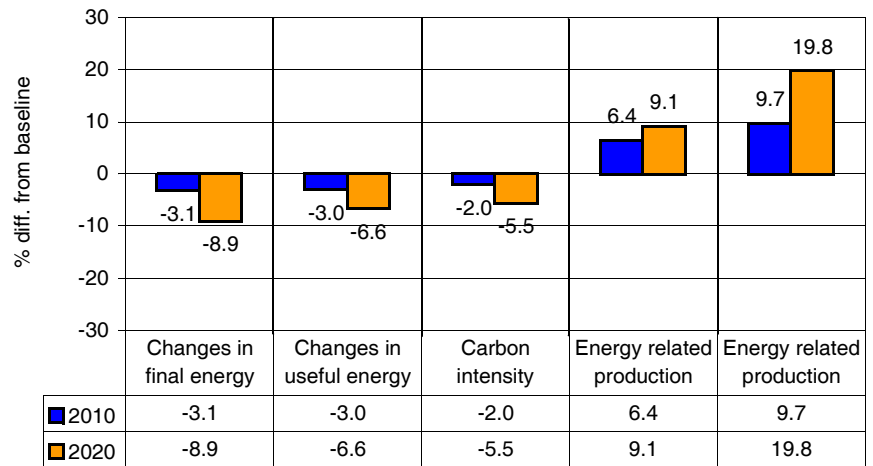
Industry

Post Kyoto with an EU reduction of -30% in 2020



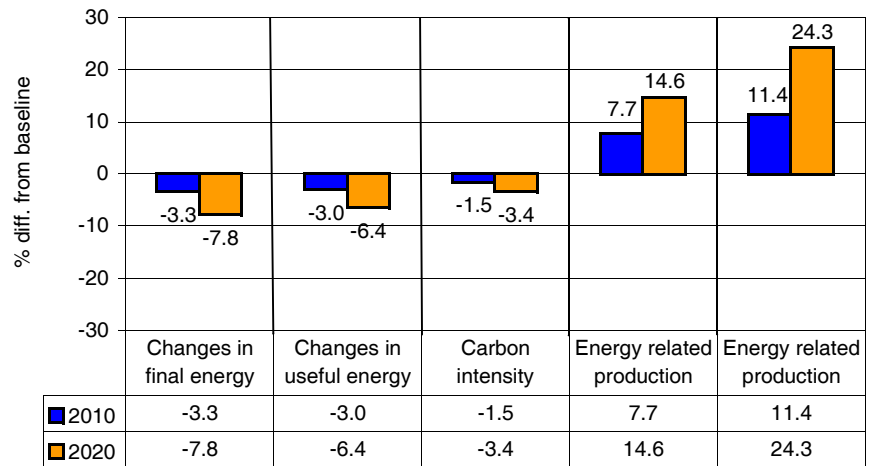
Residential

Post Kyoto with an EU reduction of -30% in 2020



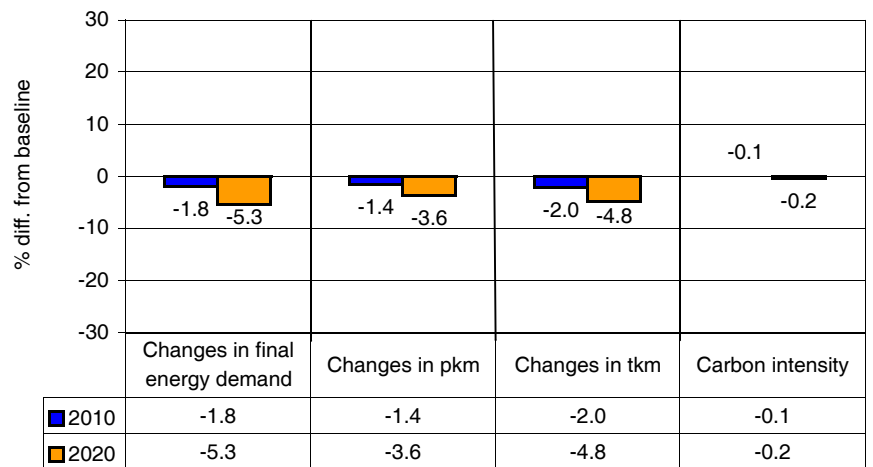
Tertiary

Post Kyoto with an EU reduction of -30% in 2020

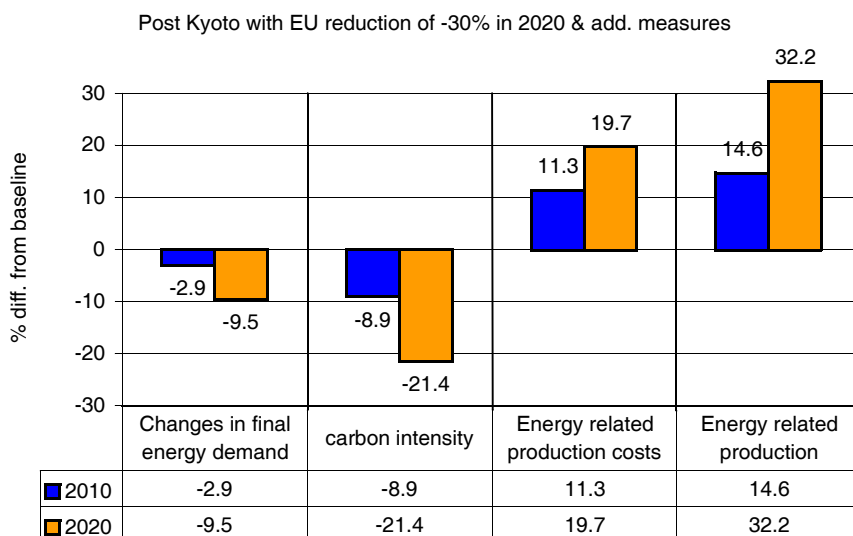


Transport

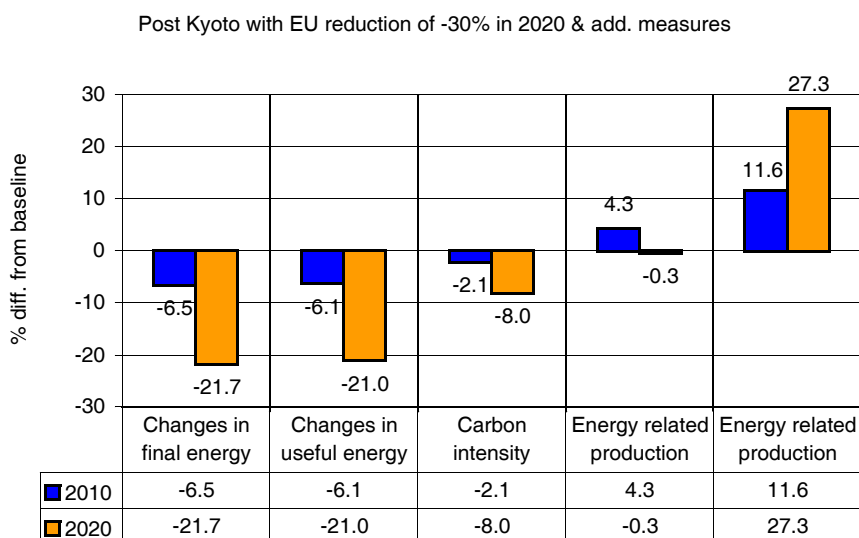
Post Kyoto with an EU reduction of -30% in 2020



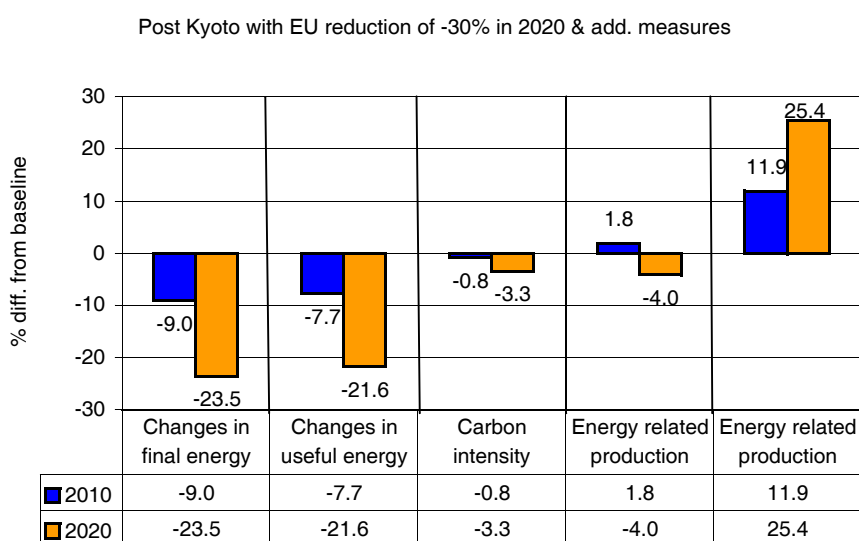
Industry



Residential

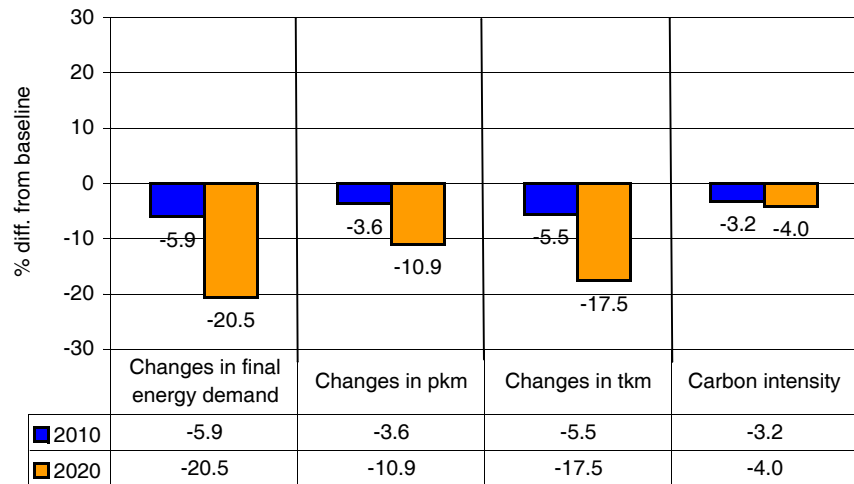


Tertiary



Transport

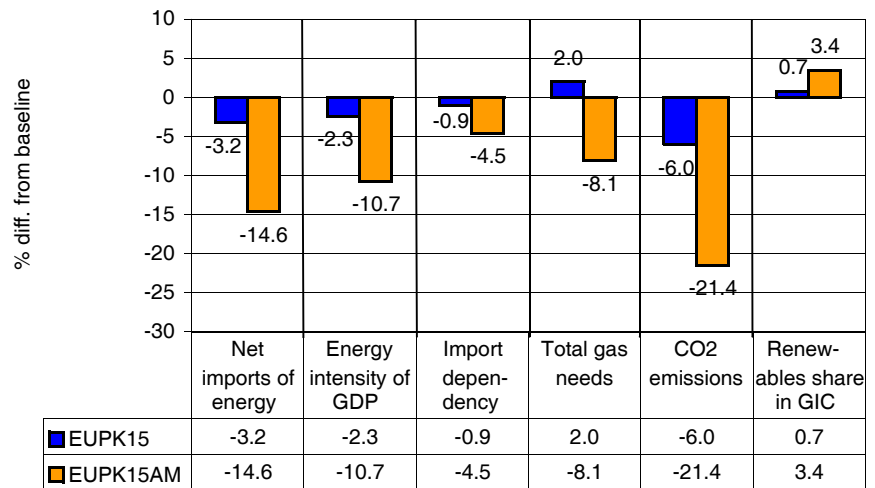
Post Kyoto with EU reduction of -30% in 2020 & add. measures



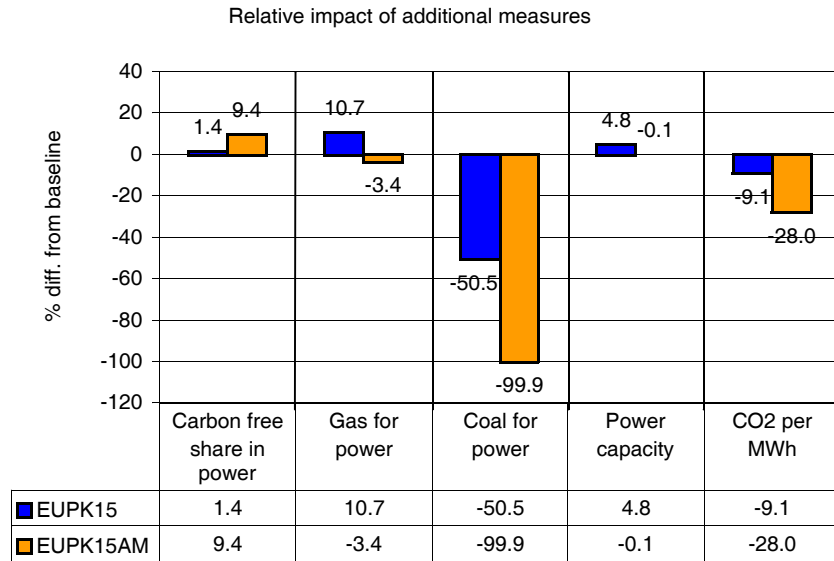
5. Vergelijking van Post-2012 scenario's

Primary energy

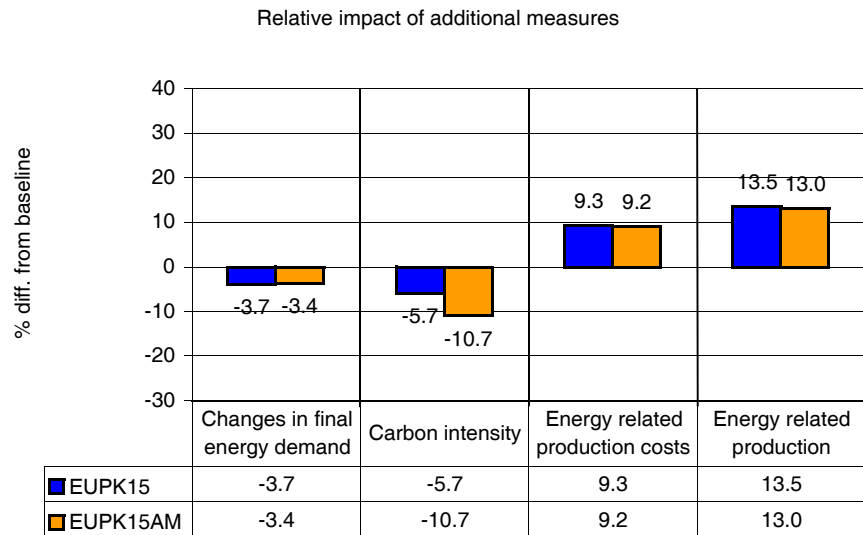
Relative impact of additional measures



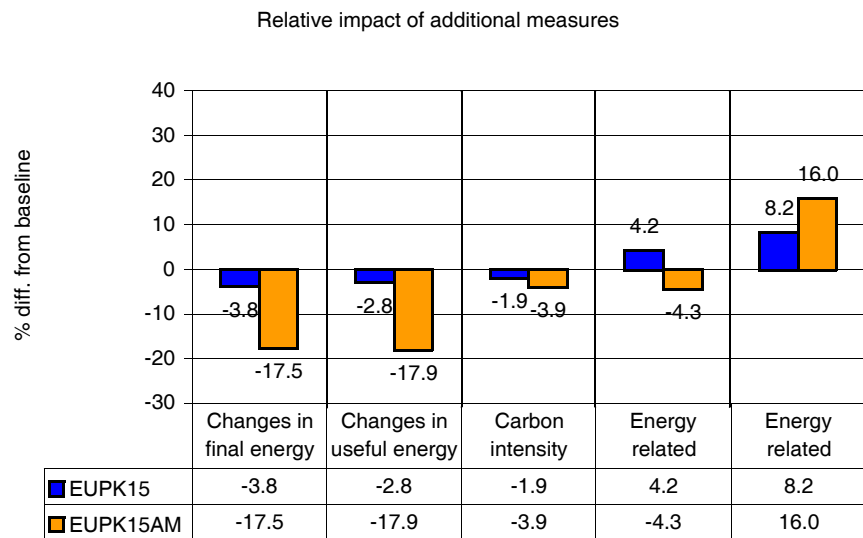
Power generation



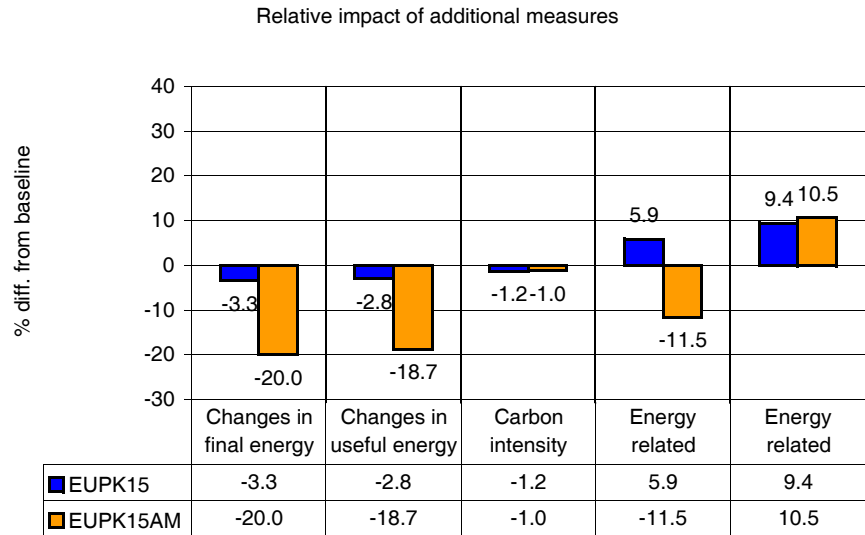
Industry



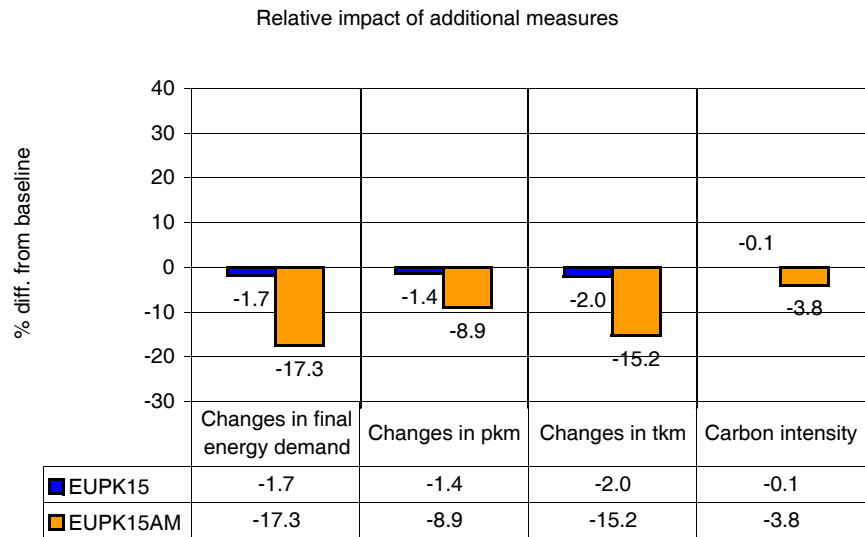
Residential



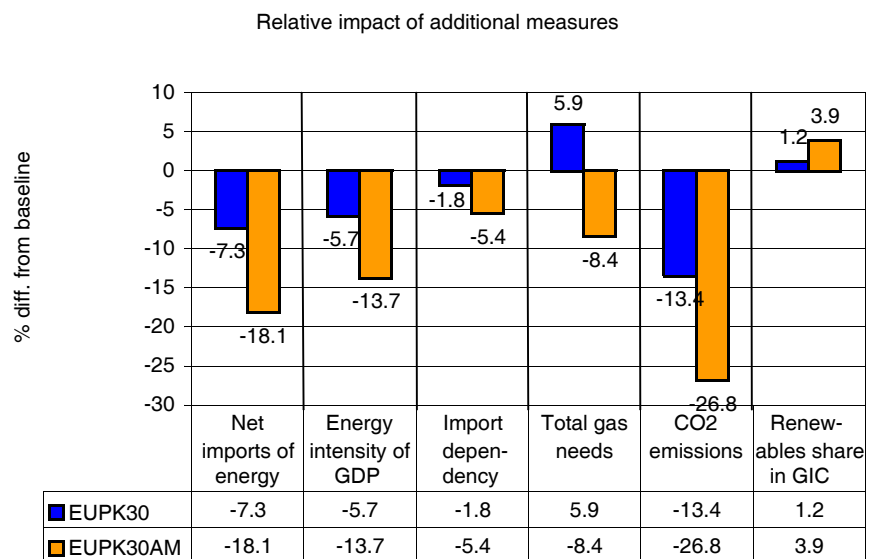
Tertiary



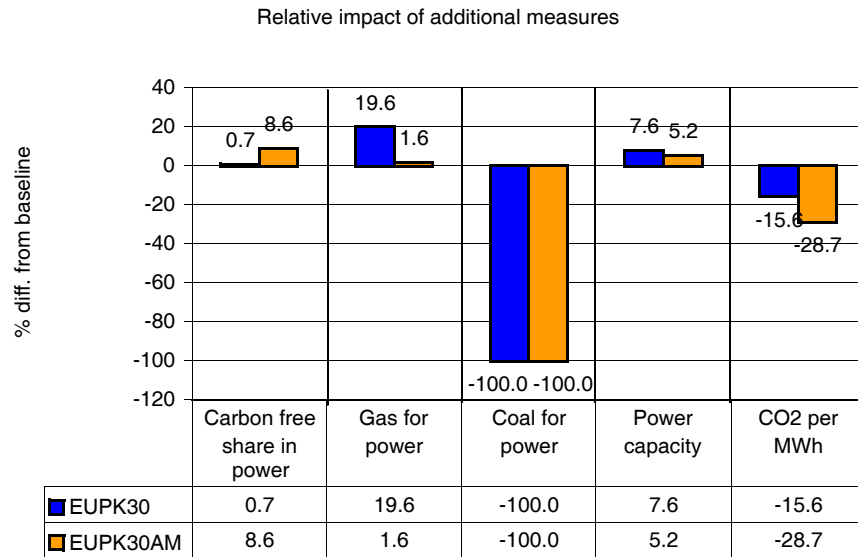
Transport



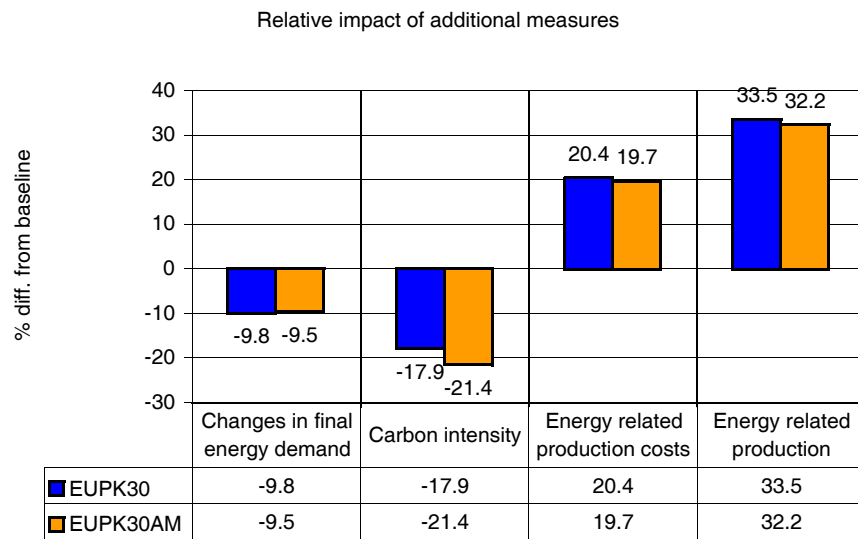
Primary energy



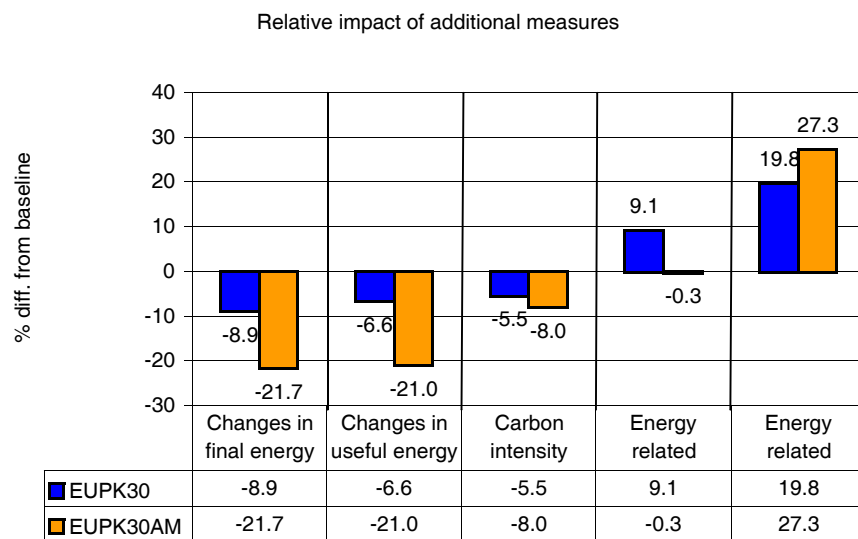
Power generation



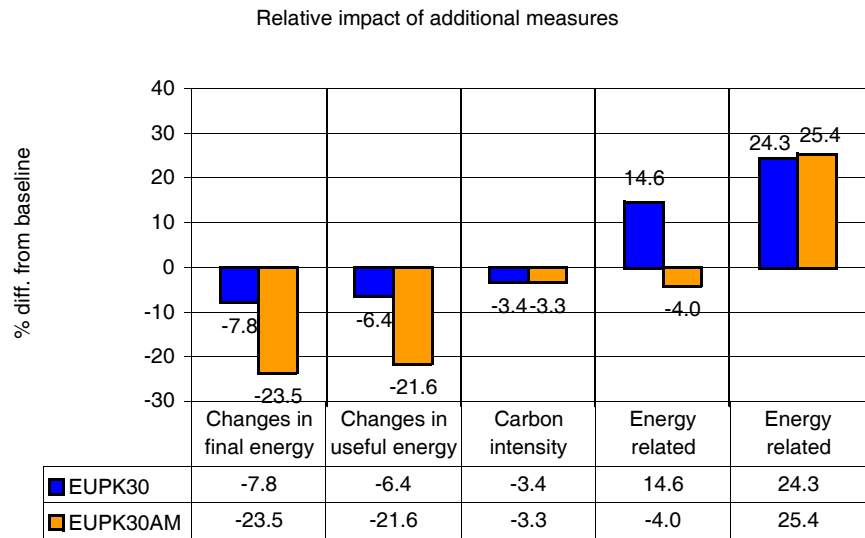
Industry



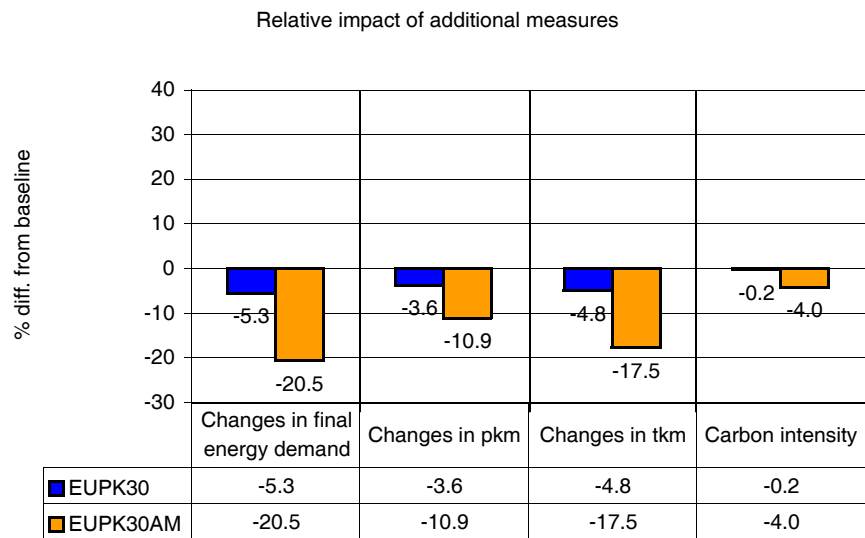
Residential



Tertiary



Transport



Bijlage 7. Présentation sommaire des modèles HERMES et NEMESIS

1. Algemene omschrijving van het model HERMES

HERMES is het macro-sectorale model dat door het FPB gebruikt wordt voor korte- en middellangetermijnanalyses op nationaal vlak. De simulatieperiode varieert al naargelang van de oefening van 1 tot 12 jaar. Het model sluit aan bij de traditie van de econometrische jaarmodellen, die gebaseerd zijn op tijdreeksanalyse. Door het gedesaggregeerde karakter van het model kunnen verschuivingen tussen de sectoren worden beschreven en de verschillende effecten van maatregelen of externe schokken op de afzonderlijke bedrijfstakken tot uiting komen. Het is een hoofdzakelijk vraagbepaald model, al spelen ook aanbodaspecten een belangrijke rol. Zo wordt de activiteit van de bedrijfstakken vooral door de vraagzijde bepaald, maar bij de vraag naar productiefactoren worden ook neoklassieke aanbodelementen toegevoegd ter bepaling van de marginale technische coëfficiënten, de productiecapaciteiten en de investeringen. Ook bij de uitvoeractiviteit spelen aanbodeffecten een rol. De ontwikkelingen binnen - en de interacties tussen - de verschillende institutionele sectoren en de bedrijfstakken zijn uitgebreid gemodelleerd, waarbij tevens gebruik wordt gemaakt van de meest recente input-outputgegevens (momenteel 2000). De onderlinge samenhang heeft ondermeer te maken met het intermediair verbruik, want elke bedrijfstak heeft intermediaire inputs nodig, geleverd door de tak zelf en andere bedrijfstakken. Idem voor de finale bestedingen, zoals de particuliere consumptie en de ondernemingsinvesteringen. Het model werd opgebouwd volgens de bottom-up benadering waarbij de verschillende variabelen (behalve de consumptie) op bedrijfstakniveau worden berekend. Door aggregatie van de verschillende resultaten van de sectoren of bedrijfstakken, krijgen we een beeld van de prestaties van de Belgische economie op macro-economisch vlak. HERMES houdt geen rekening met de rationele verwachtingen van de agenten.

De nieuwe modelversie bestaat uit ruim 5 000 vergelijkingen en 700 exogenen. De omvang heeft enerzijds te maken met de graad van desaggregatie in uiteenlopende domeinen (zie onderstaande tabel) en anderzijds met de aanwezigheid van niet-econometrische vergelijkingen (identiteiten, technische vergelijkingen en tussendefinities). Het model bevat ongeveer 450 regressievergelijkingen. Meestal wordt bij de regressie-analyse van de tijdreeksen gebruik gemaakt van foutencorrectiemechanismen.

Op het vlak van de institutionele sectoren maakt HERMES het onderscheid tussen 5 agenten: huishoudens, izw's, ondernemingen, overheid en het buitenland. Het economische proces in de privésector wordt nu beschreven op het detailniveau van 16 bedrijfstakken. De traditionele bedrijfstak "Vervoer en communicatie" is het aggregaat geworden van 4 apart gemodelleerde activiteiten, m.n. vervoer per spoor, stads- en wegvervoer, vervoer over water en luchtvaart en, ten slotte, vervoersondersteunende activiteiten en communicatie.

Daarnaast worden 15 consumptiecategorieën onderscheiden, waarvan er enkele nog verder zijn opgesplitst. De samenstelling van het globale consumptiepakket hangt af van de verschillende directe en kruiselingse prijs- en inkomenselasticiteiten. Verder onderscheidt het model 4 soorten van productiefactoren en 8 soorten van energieproducten. Technologische vooruitgang zit exogeen vervat in de productiefuncties.

TABEL 64 - Algemene kenmerken van het HERMES-model

Naam	Harmonized Econometric Research for Modelling Economic Systems (HERMES)
Doelstelling	Macro-economische en sectorale analyses van de Belgische economie
Toepassingsgebied	Korte- en middellangetermijnvooruitzichten; variantanalyses
Methodologie	Econometrisch model gebaseerd op tijdreeksanalyses
Belangrijkste mechanismen	<ul style="list-style-type: none"> - Bottom-up benadering behalve voor de consumptie (top-down benadering) - Putty-clay productiefuncties voor de industriële bedrijfstakken - Exogeen bepaalde technologische vooruitgang - Input output table en overgangsmatrix voor de bepaling van de consumptie en de investeringen per bedrijfstak
Empirische basis	Econometrische schattingen en indien noodzakelijk calibrage
Tijdshorizon	Jaarmodel met een tijdshorizon van 1 tot 6-12 jaar
Onderdelen	Ruim 5 000 vergelijkingen waarvan 450 econometrisch geschat en 730 exogenen

Bron: HERMES.

TABEL 65 - Opsplitsingen in HERMES

Algemeen	
- 4 productiefactoren: arbeid, kapitaal, energie, andere intermediaire goederen en diensten	
- 16 bedrijfstakken	
- 15 belangrijkste consumptie categorieën, 24 in totaal	
- 8 energieproducten	
Bedrijfstakken	Consumptie categorieën
Landbouw	Voeding, dranken en tabak
Energie	- voeding
Intermediaire goederen	- alcoholvrije dranken
Uitrustingsgoederen	- alcoholische dranken
Consumptiegoederen	- tabak
Bouw	Kleding en schoeisel
Vervoer per spoor	Huur
Stads- en wegvervoer	Verwarming
Vervoer over water en luchtvaart	- steenkool
Vervoersondersteunende activiteiten en communicatie	- aardolieproducten
Handel en horeca	- gas
Krediet en verzekeringen	Verlichting
Gezondheidszorg en maatschappelijke dienstverlening	Huishoudelijke hulp
Overige marktdiensten	Meubelen en huishoudelijke apparaten
Overheid en onderwijs	Aankoop van voertuigen
Huispersoneel	Uitgaven i.v.m. het gebruik van voertuigen
	- benzine
	- diesel
	- andere
	Vervoersdiensten
	- reizigersvervoer per trein, tram en metro
	- reizigersvervoer over de weg
	- overige vervoersdiensten
	Communicatie
	Genees-, heelkundige en aanverwante zorgen
	Ontspanning en ontwikkeling
	Overige goederen en diensten
	Bestedingen van de gezinnen in het buitenland
Energieproducten en milieu	Institutionele sectoren
- Steenkool	- Huishoudens
- Cokes	- Instellingen zonder winstoogmerk t.b.v. huishoudens (izw's)
- Ruwe olie	- Ondernemingen
- Aardolieproducten	. Niet-financiële vennootschappen
- Aardgas en afgeleide gassen	. Financiële instellingen
- Elektriciteit	- Overheid
- Hernieuwbare energie	. Federale overheid
	. Gemeenschappen en gewesten
	. Lagere overheid
	. Sociale verzekeringsinstellingen
Broeikasgasemissies : CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, HFC, PFC and SF ₆	- Buitenland

Bron: HERMES.

2. Présentation du modèle NEMESIS : New Econometric Model for Environmental and Sustainable development and Implementation Strategies

NEMESIS est un modèle économétrique macro-sectoriel développé par un Consortium européen et financé partiellement par la Commission européenne. Il est construit pour répondre à deux objectifs majeurs : élaborer des prévisions de moyen terme et étudier l'impact de politiques économiques, en particulier celles relatives aux problématiques environnementales et de R&D.

Le modèle économétrique NEMESIS contient environ 70.000 équations, dont 8.000 équations sont estimées de façon économétrique. A l'heure actuelle, le modèle couvre l'Europe des 15 plus la Norvège, les Etats-Unis et le Japon. Le reste du monde est supposé exogène mais 10 zones géographiques différentes sont cependant distinguées. Le modèle détaille aussi 30 secteurs d'activité et 27 postes de consommation. La majeure partie des données utilisées provient des bases de données d'EUROSTAT, de l'OCDE et de l'IEA, mais aussi de sources nationales.

NEMESIS est de structure « néo-keynésienne » dans laquelle l'offre s'adapte à la demande. Ainsi, le modèle suppose l'existence de coûts d'ajustement des quantités à leur niveau optimal et une rigidité des prix à court terme. Les principales équations du modèle concernent la production des entreprises ainsi que leurs prix de vente et leurs consommations, la consommation des ménages et les salaires. Chaque pays est totalement modélisé et lié aux autres par les équations représentant le commerce international.

La production des entreprises résulte d'un comportement de maximisation du profit. De ces équations de production découlent les équations de demande de facteurs de production. Ceux-ci sont au nombre de cinq dans NEMESIS : travail, énergie, consommations intermédiaires, capital et R&D.

La consommation des ménages généralise quant à elle les théories du revenu permanent et du cycle de vie. Dans l'équation la définissant, la consommation totale est liée au revenu disponible, à une mesure de la richesse des agents, au taux d'intérêt et à l'inflation. Des variables concernant la structure d'âge de la population sont incluses dans l'équation pour prendre en compte les modifications de consommation causées par une population vieillissante. La consommation totale est ensuite désagrégée en plusieurs étapes et en 27 postes à travers un module d'allocation de type Rotterdam.

L'équation du taux de salaire est basée sur une courbe de Phillips qui décrit le taux de croissance des salaires en fonction du taux de croissance des prix et du taux de chômage.

Les variables exogènes du modèle incluent notamment les taux d'intérêt, les taux de change et les variables démographiques.

Un module Energie/Environnement a été spécialement construit pour NEMESIS. Il permet une description détaillée de l'offre et de la demande d'énergie (avec un soin particulier apporté à la modélisation du secteur électrique) et l'étude de politiques environnementales de tous les types (taxes, permis d'émissions, quotas, etc.) pour les 15 pays de l'Union européenne. Les polluants qu'il distingue sont le CO₂, le SO₂, le NOX, le CH₄, le N₂O, le CF₆, le HFC et le PFC. Ce

module reçoit des indicateurs économiques du modèle NEMESIS (valeurs ajoutées sectorielles, consommation privée) et les transforme en indices énergétiques (intensité énergétique, etc.), en prix de l'énergie et en émissions des polluants considérés. Ce module est géré par l'équipe grecque du consortium (NTUA) et n'a donc pas été utilisé dans cette étude.

TABEL 66 - Caractéristiques et subdivisions de NEMESIS

Caractéristiques générales

- Environ 70 000 équations (dont 8 000 estimées)
- Environ 1000 variables exogènes
- 5 facteurs de production : travail, énergie, R&D, autres biens intermédiaires et capital
- 30 branches de production
- 27 postes de consommation

Branches de production

Agriculture
 Charbon et coke
 Extraction de gaz et pétrole
 Distribution de gaz
 Pétrole raffiné
 Electricité
 Eau
 Métaux ferreux et non ferreux
 Produits de minerais non métalliques
 Chimie
 Produits métalliques
 Machines industriels et agricoles
 Machines de bureau
 Biens électriques
 Equipements de transport
 Alimentation, boissons et tabac
 Textile, habillement, chaussures
 Papier et imprimerie
 Plastique et caoutchouc
 Autres biens manufacturés
 Construction
 Distribution
 Restauration, hôtellerie
 Transport terrestre
 Transport aérien et fluvial
 Autres transports
 Communication
 Banque finance et assurance
 Autres services marchands
 Services non marchands

Postes de consommation

Alimentation
 Boissons
 Tabac
 Habillement et chaussures
 Eau et loyers bruts
 Electricité
 Gaz
 Fuels liquides
 Autres fuels
 Fournitures, etc.
 Textiles, etc.
 Electroménager
 Biens électriques et électroniques
 Réparation
 Services domestiques
 Dépenses de santé, etc.
 Automobiles, etc.
 Essence, etc.
 Transport ferroviaire
 Transport par bus, etc.
 Transport aérien
 Autres transports
 Communication
 Equipement, etc.
 Divertissement, etc.
 Restauration et hôtellerie
 Autres biens et services

Secteurs institutionnels

Firmes
 Administrations publiques
 Ménages

Source: NEMESIS.

Bijlage 8: Résultats détaillés des scénarios post-2012 avec HERMES

1. Scénario avec objectif “-15%” (EUk15) et recyclage en baisse de cotisations sociales patronales

TABLEAU 67 - Principaux résultats macroéconomiques
(différences en % par rapport à la simulation de base)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Production totale	-0,55	-0,60	-0,67	-0,67	-0,68	-0,67	-0,68	-0,69	-0,70	-0,71	-0,72
Energie (dépenses finales, en prix de 2000)	-1,59	-1,98	-2,28	-2,48	-2,64	-2,77	-2,92	-3,07	-3,22	-3,35	-3,46
Composantes de la demande											
- Consommation privée	-0,33	-0,22	-0,21	-0,20	-0,19	-0,19	-0,19	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20
- Consommation publique	0,01	0,01	0,01	0,00	-0,00	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00	-0,01
- Investissements	-0,09	-0,18	-0,60	-0,75	-0,88	-0,91	-0,93	-0,95	-0,98	-1,00	-1,04
- Entreprises	-0,13	-0,63	-1,00	-1,23	-1,43	-1,49	-1,53	-1,57	-1,63	-1,68	-1,74
- Etat	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
- Logements	0,00	1,27	0,48	0,59	0,67	0,73	0,77	0,82	0,86	0,90	0,94
- Demande intérieure totale	-0,20	-0,16	-0,25	-0,28	-0,31	-0,32	-0,32	-0,33	-0,34	-0,35	-0,35
- Exportations de biens et services	-0,13	-0,21	-0,25	-0,27	-0,30	-0,33	-0,36	-0,39	-0,42	-0,44	-0,46
- Importations de biens et services	-0,35	-0,40	-0,47	-0,52	-0,56	-0,59	-0,63	-0,65	-0,68	-0,70	-0,71
PIB	0,02	0,03	-0,02	-0,01	-0,01	-0,00	-0,00	-0,00	-0,01	-0,00	-0,01
Prix de la consommation privée	0,76	0,71	0,67	0,64	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61	0,61	0,58
Indice santé	0,54	0,48	0,44	0,41	0,40	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Déflateur du PIB	0,54	0,56	0,53	0,52	0,50	0,49	0,48	0,47	0,45	0,44	0,42
Emploi total											
- en milliers	5,10	8,71	9,22	10,02	10,48	10,81	11,23	11,56	11,88	12,21	12,39
- en %	0,12	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,25	0,26	0,26
Chômage	-0,74	-1,29	-1,40	-1,58	-1,72	-1,87	-2,07	-2,37	-2,71	-3,24	-3,74
Productivité par tête (secteur des entreprises)	-0,04	-0,13	-0,19	-0,21	-0,22	-0,22	-0,23	-0,24	-0,25	-0,25	-0,26
Sal. coût réel par tête (secteur des entreprises)	-2,28	-2,17	-2,04	-1,95	-1,88	-1,84	-1,83	-1,83	-1,83	-1,83	-1,79
Coût salarial unitaire (secteur des entreprises)	-0,90	-0,77	-0,64	-0,58	-0,54	-0,53	-0,53	-0,53	-0,53	-0,54	-0,52
Revenu disponible réel des ménages	-0,45	-0,28	-0,25	-0,21	-0,19	-0,17	-0,16	-0,15	-0,14	-0,12	-0,09
Taux d'excédent brut des entreprises (en % de la VA)	0,15	0,03	-0,06	-0,10	-0,13	-0,15	-0,16	-0,17	-0,19	-0,20	-0,23
Solde extérieur courant (en % du PIB)	0,25	0,22	0,27	0,30	0,32	0,33	0,33	0,32	0,31	0,31	0,30
Capacité ou besoin de financement de l'ensemble des administrations publiques											
- en % du PIB	0,01	-0,00	-0,00	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01
- en milliards d'euros	0,04	-0,01	-0,01	0,03	0,08	0,10	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10

Source: Simulation HERMES.

TABLEAU 68 - Principaux résultats sectoriels
 (différences en % par rapport à la simulation de base)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
PRODUKTIE (const.pr.)											
- Landbouw	-0,96	-1,21	-1,39	-1,41	-1,38	-1,34	-1,29	-1,28	-1,27	-1,26	-1,27
- Energie	-1,52	-2,46	-2,86	-3,14	-3,34	-3,49	-3,67	-3,84	-4,02	-4,19	-4,33
- Verwerkende nijverheid	-0,49	-0,59	-0,65	-0,64	-0,61	-0,58	-0,56	-0,55	-0,55	-0,53	-0,52
.Intermediaire goederen	-0,58	-0,70	-0,75	-0,71	-0,67	-0,63	-0,60	-0,61	-0,60	-0,58	-0,58
.Investeringsgoederen	-0,37	-0,48	-0,55	-0,56	-0,55	-0,53	-0,50	-0,48	-0,46	-0,43	-0,40
.Consumptiegoederen	-0,48	-0,57	-0,63	-0,62	-0,59	-0,57	-0,55	-0,55	-0,55	-0,54	-0,55
- Bouw	-0,40	-0,15	-0,45	-0,47	-0,49	-0,49	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50	-0,50
- Vervoer en communicatie	-0,55	-0,58	-0,64	-0,64	-0,65	-0,66	-0,66	-0,68	-0,69	-0,69	-0,70
.Vervoer per spoor	-0,66	-0,65	-0,67	-0,65	-0,62	-0,60	-0,59	-0,59	-0,58	-0,58	-0,57
.Stads- en wegvervoer	-0,62	-0,68	-0,74	-0,73	-0,73	-0,73	-0,73	-0,76	-0,77	-0,78	-0,80
.Vervoer over water en luchtvaart	-0,76	-1,02	-1,21	-1,29	-1,35	-1,41	-1,44	-1,49	-1,53	-1,55	-1,58
.Vervoersonderst. activ. en communic.	-0,48	-0,47	-0,51	-0,50	-0,51	-0,51	-0,51	-0,52	-0,52	-0,52	-0,52
- Handel en horeca	-0,44	-0,41	-0,43	-0,42	-0,42	-0,42	-0,43	-0,44	-0,45	-0,46	-0,46
- Krediet en verzekeringen	-0,60	-0,45	-0,39	-0,34	-0,32	-0,32	-0,36	-0,40	-0,44	-0,46	-0,49
- Gezondheidszorg	-0,26	-0,24	-0,24	-0,25	-0,25	-0,26	-0,25	-0,24	-0,24	-0,23	-0,24
- Overige marktdiensten	-0,60	-0,61	-0,65	-0,66	-0,66	-0,65	-0,66	-0,66	-0,67	-0,67	-0,67
Totaal ondernemingen	-0,55	-0,61	-0,68	-0,69	-0,69	-0,69	-0,69	-0,71	-0,72	-0,73	-0,74
TEWERKSTELLING											
- Landbouw	-0,01	-0,03	-0,05	-0,07	-0,09	-0,10	-0,11	-0,11	-0,12	-0,12	-0,12
- Energie	-0,31	-0,32	-0,33	-0,37	-0,42	-0,48	-0,57	-0,66	-0,76	-0,86	-0,96
- Verwerkende nijverheid	-0,08	-0,11	-0,13	-0,14	-0,15	-0,16	-0,17	-0,19	-0,20	-0,21	-0,21
.Intermediaire goederen	-0,03	-0,05	-0,07	-0,09	-0,10	-0,13	-0,17	-0,20	-0,23	-0,26	-0,28
.Investeringsgoederen	-0,11	-0,18	-0,23	-0,25	-0,26	-0,26	-0,25	-0,24	-0,22	-0,20	-0,18
.Consumptiegoederen	-0,10	-0,13	-0,14	-0,13	-0,12	-0,12	-0,14	-0,16	-0,17	-0,17	-0,16
- Bouw	0,83	0,95	0,62	0,54	0,47	0,44	0,41	0,39	0,37	0,36	0,33
- Vervoer en communicatie	0,52	0,68	0,74	0,76	0,75	0,73	0,72	0,70	0,68	0,67	0,64
.Vervoer per spoor	0,10	0,08	0,05	0,03	0,02	0,01	0,01	0,00	0,00	-0,00	-0,01
.Stads- en wegvervoer	0,82	0,99	1,07	1,10	1,10	1,07	1,05	1,02	0,99	0,96	0,91
.Vervoer over water en luchtvaart	0,58	0,54	0,63	0,71	0,77	0,80	0,83	0,86	0,88	0,89	0,88
.Vervoersonderst. activ. en communic.	0,46	0,67	0,74	0,75	0,74	0,72	0,71	0,69	0,67	0,66	0,64
- Handel en horeca	0,05	0,09	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,10
- Krediet en verzekeringen	0,14	0,23	0,29	0,32	0,35	0,36	0,37	0,37	0,37	0,37	0,36
- Gezondheidszorg	0,17	0,23	0,23	0,24	0,24	0,24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,30
- Overige marktdiensten	0,05	0,26	0,36	0,44	0,49	0,53	0,56	0,58	0,60	0,62	0,63
Totaal ondernemingen	0,14	0,24	0,25	0,27	0,28	0,29	0,29	0,30	0,30	0,31	0,31

Source: Simulation HERMES.

TABLEAU 69 - Compte de l'ensemble des administrations publiques
 (différences en millions d'euros par rapport à la simulation de base)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1. Recettes	853	819	778	801	841	877	923	947	974	1008	1018
Fiscales	3267	3242	3223	3271	3332	3402	3537	3677	3831	3994	4100
a. Impôts directs	619	478	443	470	490	512	540	558	578	604	611
Ménages	324	195	219	247	264	276	288	298	308	320	327
Sociétés	293	282	223	221	224	234	250	258	268	283	283
Autres	1	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2
b. Impôts indirects	2635	2750	2766	2787	2828	2875	2982	3104	3237	3373	3473
c. Impôts en capital	14	15	14	14	14	15	15	15	15	16	16
Cotisations de Sécurité Sociale	-2514	-2519	-2536	-2560	-2582	-2622	-2726	-2849	-2984	-3120	-3221
Autres recettes	100	95	91	91	91	97	111	119	127	135	139
2. Dépenses	815	832	791	772	766	775	809	841	875	911	920
Dépenses primaires	810	839	801	785	785	795	829	868	909	952	968
a. Consommation publique	434	512	495	490	495	505	528	556	586	616	632
b. Subventions aux entreprises	40	40	38	37	37	37	38	39	41	42	42
c. Transferts de sécurité sociale	278	232	217	206	202	203	211	221	231	243	246
d. Autres transferts courants	37	35	34	33	33	33	34	35	35	36	35
e. Dépenses en capital	22	20	18	19	19	18	18	17	17	16	13
Charges d'intérêts	5	-7	-10	-14	-19	-20	-20	-27	-34	-41	-48
3. Capacité nette ou besoin net de financement	38	-13	-12	30	75	102	113	105	99	96	97
en % du PIB	0.01	-0.00	-0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
4. Solde primaire	42	-20	-23	16	56	82	93	78	65	55	49

Source: Simulation HERMES.

2. Scénario avec objectif “-15%” (EUpk15) et recyclage en baisse de cotisations sociales patronales et personnelles

TABLEAU 70 - Principaux résultats macroéconomiques
(différences en % par rapport à la simulation de base)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Production totale	-0,53	-0,59	-0,68	-0,70	-0,71	-0,71	-0,73	-0,74	-0,76	-0,77	-0,78
Energie (dépenses finales, en prix 2000)	-1,53	-1,90	-2,19	-2,39	-2,55	-2,68	-2,83	-2,98	-3,13	-3,27	-3,38
Composantes de la demande											
- Consommation privée	-0,12	-0,01	0,00	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02
- Consommation publique	-0,00	0,01	0,00	-0,00	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01	-0,01
- Investissements	-0,06	-0,08	-0,52	-0,69	-0,82	-0,86	-0,89	-0,91	-0,94	-0,97	-1,01
. Entreprises	-0,08	-0,58	-0,96	-1,19	-1,38	-1,44	-1,48	-1,52	-1,58	-1,63	-1,69
. Etat	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
. Logements	0,00	1,55	0,70	0,76	0,80	0,82	0,83	0,86	0,88	0,90	0,92
- Demande intérieure totale	-0,09	-0,03	-0,12	-0,15	-0,18	-0,19	-0,20	-0,20	-0,21	-0,22	-0,23
- Exportations de biens et services	-0,14	-0,23	-0,27	-0,30	-0,33	-0,36	-0,40	-0,43	-0,46	-0,48	-0,50
- Importations de biens et services	-0,27	-0,30	-0,37	-0,42	-0,46	-0,50	-0,54	-0,57	-0,60	-0,62	-0,63
PIB	0,04	0,04	-0,02	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-0,04	-0,05	-0,05	-0,06
Prix de la consommation privée	0,88	0,91	0,92	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,90
Indice santé	0,67	0,69	0,70	0,71	0,72	0,72	0,73	0,73	0,73	0,73	0,72
Déflateur du PIB	0,71	0,80	0,83	0,85	0,86	0,86	0,86	0,85	0,84	0,82	0,80
Emploi total											
. en milliers	-0,49	0,96	-0,12	-0,44	-0,85	-1,24	-1,66	-2,16	-2,66	-3,13	-3,59
. en %	-0,01	0,02	-0,00	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,07
Chômage	0,07	-0,14	0,02	0,07	0,14	0,21	0,31	0,44	0,61	0,83	1,09
Productivité par tête (secteur des entreprises)	0,14	0,10	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10
Sal, coût réel par tête (secteur des entreprises)	-1,39	-1,31	-1,20	-1,15	-1,10	-1,07	-1,06	-1,05	-1,04	-1,03	-0,99
Coût salarial unitaire (secteur des entreprises)	-0,07	0,07	0,20	0,24	0,27	0,27	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25
Revenu disponible réel des ménages	-0,17	-0,04	-0,04	-0,03	-0,04	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,07	-0,07
Taux d'excédent brut des entreprises (en % de la VA)	-0,10	-0,17	-0,24	-0,26	-0,28	-0,30	-0,30	-0,31	-0,33	-0,34	-0,37
Solde extérieur courant (en % du PIB)	0,19	0,16	0,20	0,22	0,24	0,25	0,25	0,24	0,24	0,23	0,23
Capacité ou besoin de financement de l'ensemble des administrations publiques											
. en % du PIB	0,08	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
. en milliards d'euros	0,27	0,19	0,15	0,17	0,19	0,20	0,21	0,21	0,20	0,21	0,20

Source: simulation HERMES.

TABLEAU 71 - Principaux résultats sectoriels
 (différences en % par rapport à la simulation de base)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
PRODUKTIE (const.pr.)											
- Landbouw	-0,91	-1,22	-1,47	-1,53	-1,53	-1,50	-1,45	-1,44	-1,43	-1,41	-1,42
- Energie	-1,46	-2,38	-2,78	-3,06	-3,27	-3,42	-3,60	-3,78	-3,97	-4,14	-4,28
- Verwerkende nijverheid	-0,49	-0,63	-0,73	-0,74	-0,74	-0,72	-0,71	-0,71	-0,71	-0,70	-0,70
.Intermediaire goederen	-0,62	-0,77	-0,87	-0,87	-0,84	-0,82	-0,80	-0,81	-0,81	-0,80	-0,80
.Investeringsgoederen	-0,35	-0,48	-0,57	-0,60	-0,61	-0,60	-0,58	-0,56	-0,55	-0,53	-0,51
.Consumptiegoederen	-0,47	-0,60	-0,70	-0,72	-0,72	-0,71	-0,71	-0,72	-0,72	-0,72	-0,73
- Bouw	-0,43	-0,12	-0,46	-0,51	-0,55	-0,57	-0,59	-0,60	-0,61	-0,61	-0,62
- Vervoer en communicatie	-0,51	-0,55	-0,64	-0,65	-0,67	-0,69	-0,70	-0,72	-0,74	-0,75	-0,76
.Vervoer per spoor	-0,61	-0,58	-0,61	-0,58	-0,56	-0,55	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54	-0,54
.Stads- en wegvervoer	-0,62	-0,69	-0,78	-0,79	-0,80	-0,80	-0,82	-0,85	-0,87	-0,88	-0,90
.Vervoer over water en luchtvaart	-0,74	-1,03	-1,25	-1,36	-1,44	-1,51	-1,55	-1,60	-1,64	-1,67	-1,70
.Vervoersonderst. activ. en communic.	-0,42	-0,43	-0,49	-0,50	-0,51	-0,52	-0,53	-0,54	-0,55	-0,55	-0,56
- Handel en horeca	-0,37	-0,35	-0,39	-0,40	-0,40	-0,41	-0,42	-0,43	-0,44	-0,45	-0,46
- Krediet en verzekeringen	-0,52	-0,36	-0,30	-0,26	-0,24	-0,25	-0,29	-0,33	-0,37	-0,39	-0,42
- Gezondheidszorg	-0,28	-0,26	-0,26	-0,25	-0,26	-0,26	-0,26	-0,25	-0,24	-0,24	-0,24
- Overige marktdiensten	-0,57	-0,59	-0,64	-0,65	-0,66	-0,66	-0,67	-0,68	-0,70	-0,70	-0,71
Totaal ondernemingen	-0,53	-0,59	-0,69	-0,71	-0,73	-0,73	-0,74	-0,76	-0,78	-0,79	-0,80
TWERKSTELLING											
- Landbouw	-0,01	-0,03	-0,05	-0,07	-0,09	-0,11	-0,13	-0,14	-0,15	-0,17	-0,18
- Energie	-0,29	-0,30	-0,31	-0,35	-0,41	-0,48	-0,56	-0,66	-0,76	-0,87	-0,97
- Verwerkende nijverheid	-0,08	-0,12	-0,16	-0,19	-0,21	-0,24	-0,28	-0,31	-0,34	-0,36	-0,37
.Intermediaire goederen	-0,03	-0,06	-0,09	-0,12	-0,15	-0,19	-0,24	-0,28	-0,33	-0,36	-0,40
.Investeringsgoederen	-0,10	-0,18	-0,25	-0,29	-0,32	-0,34	-0,35	-0,36	-0,36	-0,36	-0,36
.Consumptiegoederen	-0,10	-0,15	-0,17	-0,19	-0,20	-0,24	-0,27	-0,31	-0,34	-0,36	-0,36
- Bouw	0,22	0,41	0,06	-0,03	-0,10	-0,15	-0,19	-0,23	-0,26	-0,29	-0,32
- Vervoer en communicatie	0,24	0,29	0,29	0,28	0,26	0,24	0,22	0,19	0,17	0,15	0,13
.Vervoer per spoor	-0,05	-0,11	-0,18	-0,23	-0,27	-0,29	-0,31	-0,32	-0,33	-0,34	-0,35
.Stads- en wegvervoer	0,45	0,52	0,53	0,52	0,50	0,47	0,44	0,41	0,37	0,34	0,29
.Vervoer over water en luchtvaart	0,34	0,22	0,24	0,25	0,25	0,23	0,21	0,19	0,16	0,13	0,10
.Vervoersonderst. activ. en communic.	0,19	0,28	0,28	0,27	0,25	0,23	0,22	0,20	0,19	0,17	0,15
- Handel en horeca	-0,00	0,01	-0,00	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,07	-0,09	-0,11	-0,12
- Krediet en verzekeringen	0,02	0,05	0,06	0,07	0,08	0,07	0,07	0,06	0,05	0,04	0,02
- Gezondheidszorg	0,03	0,06	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,06	0,05
- Overige marktdiensten	-0,17	-0,09	-0,08	-0,06	-0,05	-0,04	-0,03	-0,03	-0,03	-0,04	-0,04
Totaal ondernemingen	-0,02	0,02	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09

Source: simulation HERMES.

TABLEAU 72 - Compte de l'ensemble des administrations publiques
(différences en millions d'euros par rapport à la simulation de base)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1. Recettes	1316	1421	1463	1549	1638	1706	1792	1859	1929	2004	2044
Fiscales	3719	3802	3841	3940	4044	4147	4329	4513	4712	4920	5059
a. Impôts directs	956	872	871	932	982	1027	1091	1143	1199	1260	1293
Ménages	844	739	778	825	859	888	935	979	1028	1080	1114
Sociétés	110	132	91	104	120	137	153	161	168	178	177
Autres	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
b. Impôts indirects	2746	2908	2948	2986	3038	3095	3212	3343	3486	3631	3737
c. Impôts en capital	18	21	21	23	24	25	26	27	27	28	28
Cotisations de Sécurité Sociale	-2524	-2512	-2517	-2538	-2559	-2601	-2705	-2829	-2965	-3103	-3204
Autres recettes	121	131	138	146	153	160	168	175	182	188	190
2. Dépenses	1046	1230	1312	1381	1446	1503	1578	1651	1726	1798	1840
Dépenses primaires	1039	1242	1336	1415	1492	1561	1650	1739	1830	1919	1979
a. Consommation publique	523	683	728	771	812	849	896	944	993	1040	1072
b. Subventions aux entreprises	48	52	55	57	59	60	63	65	67	69	70
c. Transferts de sécurité sociale	386	415	452	483	513	539	575	610	647	684	712
d. Autres transferts courants	43	46	48	50	52	53	56	57	59	60	59
e. Dépenses en capital	39	48	53	55	57	59	62	63	65	66	65
Charges d'intérêts	7	-12	-24	-34	-46	-58	-72	-88	-104	-121	-139
3. Capacité nette ou besoin net de financement	271	191	151	168	192	203	213	208	203	206	203
en % du PIB	0.08	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
4. Solde primaire	278	179	127	134	146	146	142	120	99	85	64

Source: simulation HERMES.

3. Scénario avec objectif “-30%” (EUk30) et recyclage en baisse de cotisations sociales patronales

TABLEAU 73 - Principaux résultats macroéconomiques
(différences en % par rapport à la simulation de base)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Production totale	-0,54	-0,66	-0,82	-0,91	-1,01	-1,09	-1,17	-1,25	-1,34	-1,43	-1,51
Energie (dépenses finales, en prix 2000)	-1,57	-2,18	-2,75	-3,24	-3,75	-4,21	-4,71	-5,22	-5,73	-6,24	-6,72
Composantes de la demande											
- Consommation privée	-0,32	-0,26	-0,29	-0,29	-0,32	-0,34	-0,37	-0,40	-0,43	-0,45	-0,46
- Consommation publique	-0,00	0,02	0,00	0,00	0,01	0,00	-0,01	0,01	0,00	0,00	0,01
- Investissements	-0,07	-0,18	-0,64	-0,91	-1,15	-1,28	-1,41	-1,52	-1,65	-1,78	-1,91
. Entreprises	-0,10	-0,63	-1,11	-1,52	-1,88	-2,12	-2,34	-2,56	-2,79	-3,02	-3,25
. Etat	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06
. Logements	0,00	1,26	0,66	0,84	0,98	1,16	1,28	1,44	1,60	1,75	1,90
- Demande intérieure totale	-0,20	-0,18	-0,30	-0,37	-0,43	-0,48	-0,53	-0,57	-0,62	-0,66	-0,70
- Exportations de biens et services	-0,14	-0,24	-0,30	-0,36	-0,41	-0,47	-0,53	-0,59	-0,67	-0,73	-0,80
- Importations de biens et services	-0,37	-0,46	-0,59	-0,69	-0,80	-0,88	-0,98	-1,07	-1,17	-1,25	-1,33
PIB	0,03	0,04	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,03	0,02	0,03	0,03
Prix de la consommation privée	0,75	0,80	0,86	0,91	0,99	1,05	1,13	1,21	1,29	1,37	1,43
Indice santé	0,53	0,54	0,56	0,59	0,63	0,66	0,70	0,76	0,81	0,86	0,89
Déflateur du PIB	0,53	0,61	0,66	0,71	0,78	0,82	0,87	0,91	0,95	1,01	1,05
Emploi total											
. en milliers	5,25	9,73	11,60	13,57	15,56	17,45	19,45	21,61	23,62	25,54	27,48
. en %	0,12	0,22	0,26	0,30	0,34	0,38	0,42	0,46	0,50	0,54	0,57
Chômage	-0,77	-1,45	-1,77	-2,14	-2,55	-3,01	-3,59	-4,43	-5,38	-6,78	-8,30
Productivité par tête (secteur des entreprises)	-0,04	-0,13	-0,21	-0,26	-0,30	-0,33	-0,37	-0,39	-0,43	-0,47	-0,50
Sal. coût réel par tête (secteur des entreprises)	-2,30	-2,51	-2,69	-2,84	-3,07	-3,26	-3,49	-3,72	-3,94	-4,14	-4,29
Coût salarial unitaire (secteur des entreprises)	-0,93	-0,93	-0,92	-0,94	-1,00	-1,06	-1,14	-1,22	-1,27	-1,33	-1,37
Revenu disponible réel des ménages	-0,44	-0,34	-0,35	-0,33	-0,35	-0,34	-0,35	-0,36	-0,36	-0,36	-0,33
Taux d'excédent brut des entreprises (en % de la VA)	0,17	0,07	-0,01	-0,07	-0,11	-0,16	-0,18	-0,21	-0,26	-0,30	-0,36
Solde extérieur courant (en % du PIB)	0,25	0,26	0,34	0,40	0,48	0,52	0,56	0,59	0,61	0,65	0,67
Capacité ou besoin de financement de l'ensemble des administrations publiques											
. en % du PIB	0,01	0,00	-0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02
. en milliards d'euros	0,04	-0,00	-0,00	0,04	0,10	0,14	0,16	0,19	0,19	0,21	0,25

Source: simulation HERMES.

TABLEAU 74 - Principaux résultats sectoriels
(différences en % par rapport à la simulation de base)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
PRODUKTIE (const.pr.)											
- Landbouw	-0,94	-1,31	-1,66	-1,87	-2,06	-2,20	-2,32	-2,41	-2,52	-2,63	-2,73
- Energie	-1,48	-2,63	-3,39	-4,05	-4,69	-5,26	-5,89	-6,52	-7,15	-7,80	-8,41
- Verwerkende nijverheid	-0,47	-0,64	-0,78	-0,86	-0,94	-0,99	-1,04	-1,09	-1,15	-1,21	-1,27
.Intermediaire goederen	-0,56	-0,75	-0,91	-0,99	-1,08	-1,13	-1,20	-1,27	-1,36	-1,45	-1,54
.Investeringsgoederen	-0,36	-0,52	-0,65	-0,73	-0,81	-0,84	-0,87	-0,90	-0,93	-0,95	-0,97
.Consumptiegoederen	-0,46	-0,62	-0,75	-0,82	-0,89	-0,94	-1,00	-1,04	-1,10	-1,16	-1,22
- Bouw	-0,39	-0,20	-0,52	-0,61	-0,71	-0,76	-0,83	-0,86	-0,91	-0,96	-1,00
- Vervoer en communicatie	-0,55	-0,65	-0,79	-0,89	-0,98	-1,06	-1,15	-1,24	-1,35	-1,44	-1,52
.Vervoer per spoor	-0,66	-0,74	-0,85	-0,92	-0,97	-1,01	-1,07	-1,11	-1,17	-1,22	-1,25
.Stads- en wegvervoer	-0,61	-0,76	-0,91	-1,01	-1,11	-1,19	-1,29	-1,38	-1,49	-1,59	-1,69
.Vervoer over water en luchtvaart	-0,75	-1,12	-1,45	-1,71	-1,95	-2,19	-2,39	-2,58	-2,80	-3,00	-3,20
.Vervoersonderst. activ. en communic.	-0,48	-0,54	-0,64	-0,71	-0,77	-0,83	-0,90	-0,97	-1,05	-1,13	-1,19
- Handel en horeca	-0,42	-0,45	-0,53	-0,58	-0,63	-0,67	-0,73	-0,77	-0,82	-0,87	-0,90
- Krediet en verzekeringen	-0,59	-0,52	-0,52	-0,54	-0,57	-0,60	-0,61	-0,63	-0,66	-0,67	-0,68
- Gezondheidszorg	-0,28	-0,28	-0,33	-0,36	-0,37	-0,40	-0,44	-0,44	-0,46	-0,48	-0,48
- Overige marktdiensten	-0,59	-0,70	-0,82	-0,91	-1,00	-1,07	-1,15	-1,22	-1,30	-1,38	-1,44
Totaal ondernemingen	-0,54	-0,67	-0,83	-0,93	-1,03	-1,11	-1,20	-1,28	-1,37	-1,46	-1,54
TEWERKSTELLING											
- Landbouw	-0,01	-0,03	-0,06	-0,08	-0,11	-0,14	-0,16	-0,18	-0,20	-0,22	-0,24
- Energie	-0,29	-0,35	-0,43	-0,56	-0,72	-0,89	-1,09	-1,30	-1,53	-1,77	-2,01
- Verwerkende nijverheid	-0,08	-0,12	-0,16	-0,19	-0,22	-0,25	-0,29	-0,33	-0,36	-0,40	-0,43
.Intermediaire goederen	-0,03	-0,05	-0,08	-0,11	-0,14	-0,19	-0,24	-0,30	-0,36	-0,43	-0,49
.Investeringsgoederen	-0,11	-0,19	-0,27	-0,32	-0,37	-0,40	-0,43	-0,44	-0,45	-0,46	-0,46
.Consumptiegoederen	-0,10	-0,15	-0,17	-0,18	-0,19	-0,22	-0,25	-0,28	-0,31	-0,34	-0,35
- Bouw	0,85	1,09	0,90	0,88	0,89	0,92	0,95	1,00	1,04	1,06	1,07
- Vervoer en communicatie	0,52	0,77	0,93	1,04	1,15	1,23	1,31	1,39	1,45	1,50	1,55
.Vervoer per spoor	0,10	0,10	0,08	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06	0,06	0,05	0,04
.Stads- en wegvervoer	0,83	1,13	1,36	1,53	1,68	1,81	1,93	2,03	2,12	2,20	2,26
.Vervoer over water en luchtvaart	0,59	0,64	0,81	0,98	1,13	1,27	1,40	1,55	1,69	1,81	1,92
.Vervoersonderst. activ. en communic.	0,47	0,75	0,91	1,03	1,12	1,20	1,28	1,35	1,41	1,46	1,50
- Handel en horeca	0,05	0,10	0,13	0,15	0,17	0,18	0,20	0,21	0,22	0,23	0,24
- Krediet en verzekeringen	0,15	0,26	0,35	0,42	0,49	0,55	0,62	0,68	0,73	0,79	0,84
- Gezondheidszorg	0,17	0,26	0,29	0,33	0,37	0,40	0,44	0,50	0,54	0,58	0,63
- Overige marktdiensten	0,06	0,28	0,43	0,55	0,66	0,77	0,88	0,99	1,08	1,17	1,25
Totaal ondernemingen	0,15	0,27	0,31	0,36	0,41	0,46	0,51	0,56	0,60	0,64	0,68

Source: simulation HERMES.

TABLEAU 75 - Compte de l'ensemble des administrations publiques
 (différences en millions d'euros par rapport à la simulation de base)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1. Recettes	843	922	998	1134	1296	1455	1633	1832	2020	2246	2450
Fiscales	3284	3748	4236	4751	5376	5981	6694	7471	8270	9140	9976
a. Impôts directs	618	565	604	691	807	905	1020	1149	1266	1416	1553
Ménages	320	238	292	354	412	457	515	576	643	714	786
Sociétés	296	325	310	335	392	445	503	570	619	698	763
Autres	1	2	2	2	2	3	3	3	4	4	4
b. Impôts indirects	2652	3167	3614	4040	4547	5051	5646	6291	6970	7687	8383
c. Impôts en capital	14	17	18	20	22	25	28	31	34	38	41
Cotisations de Sécurité Sociale	-2539	-2934	-3355	-3746	-4226	-4695	-5261	-5868	-6509	-7186	-7848
Autres recettes	99	108	118	129	146	168	200	228	259	292	321
2. Dépenses	801	925	1002	1094	1200	1316	1473	1642	1835	2036	2200
Dépenses primaires	797	932	1015	1113	1227	1347	1509	1691	1899	2118	2302
a. Consommation publique	428	564	622	688	762	845	951	1071	1206	1349	1474
b. Subventions aux entreprises	40	45	49	53	59	64	71	79	88	96	104
c. Transferts de sécurité sociale	271	263	279	300	323	348	386	428	480	535	577
d. Autres transferts courants	36	40	43	47	55	61	70	79	89	99	108
e. Dépenses en capital	21	22	22	25	28	29	32	34	37	39	40
Charges d'intérêts	4	-7	-13	-19	-27	-31	-35	-48	-65	-82	-102
3. Capacité nette ou besoin net de financement	42	-3	-4	40	96	139	159	190	185	210	249
en % du PIB	0.01	0.00	-0.00	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
4. Solde primaire	47	-10	-17	21	69	109	124	141	121	128	148

Source: simulation HERMES.

4. Scénario avec objectif “-30%” (EUk30) et recyclage en baisse de cotisations sociales patronales et personnelles

TABLEAU 76 - Principaux résultats macroéconomiques
(différences en % par rapport à la simulation de base)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Production totale	-0,51	-0,65	-0,82	-0,93	-1,04	-1,14	-1,23	-1,32	-1,43	-1,52	-1,61
Energie (dépenses finales, en prix 2000)	-1,51	-2,09	-2,64	-3,12	-3,62	-4,07	-4,56	-5,06	-5,57	-6,07	-6,55
Composantes de la demande											
- Consommation privée	-0,12	-0,02	-0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
- Consommation publique	-0,00	-0,01	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00
- Investissements	-0,03	-0,09	-0,54	-0,81	-1,05	-1,17	-1,31	-1,43	-1,56	-1,69	-1,83
. Entreprises	-0,05	-0,58	-1,05	-1,45	-1,81	-2,04	-2,25	-2,46	-2,69	-2,93	-3,16
. Etat	0,03	0,03	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06
. Logements	0,00	1,54	0,92	1,08	1,20	1,36	1,46	1,60	1,73	1,86	1,98
- Demande intérieure totale	-0,08	-0,04	-0,13	-0,18	-0,23	-0,26	-0,29	-0,32	-0,36	-0,39	-0,43
- Exportations de biens et services	-0,15	-0,26	-0,33	-0,39	-0,46	-0,52	-0,59	-0,65	-0,74	-0,81	-0,87
- Importations de biens et services	-0,28	-0,36	-0,47	-0,56	-0,65	-0,73	-0,82	-0,90	-1,00	-1,08	-1,16
PIB	0,05	0,05	0,01	-0,01	-0,02	-0,02	-0,03	-0,03	-0,04	-0,05	-0,06
Prix de la consommation privée	0,87	1,02	1,16	1,28	1,42	1,53	1,66	1,78	1,90	2,02	2,10
Indice santé	0,66	0,77	0,88	0,98	1,08	1,17	1,26	1,35	1,45	1,53	1,59
Déflateur du PIB	0,70	0,89	1,02	1,15	1,29	1,39	1,49	1,59	1,68	1,78	1,85
Emploi total											
. en milliers	-0,34	1,01	0,19	-0,25	-0,72	-1,19	-1,80	-2,45	-3,29	-4,25	-5,10
. en %	-0,01	0,02	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05	-0,07	-0,09	-0,11
Chômage	0,05	-0,15	-0,03	0,04	0,12	0,21	0,33	0,50	0,75	1,13	1,54
Productivité par tête (secteur des entreprises)	0,15	0,13	0,10	0,10	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,21	0,23
Sal. coût réel par tête (secteur des entreprises)	-1,40	-1,52	-1,60	-1,68	-1,81	-1,92	-2,05	-2,17	-2,28	-2,38	-2,45
Coût salarial unitaire (secteur des entreprises)	-0,09	0,04	0,17	0,25	0,29	0,32	0,34	0,36	0,39	0,42	0,44
Revenu disponible réel des ménages	-0,16	-0,06	-0,06	-0,05	-0,07	-0,08	-0,10	-0,12	-0,14	-0,15	-0,16
Taux d'excédent brut des entreprises (en % de la VA)	-0,09	-0,18	-0,27	-0,33	-0,38	-0,44	-0,48	-0,53	-0,59	-0,66	-0,72
Solde extérieur courant (en % du PIB)	0,19	0,18	0,25	0,30	0,36	0,40	0,42	0,45	0,46	0,49	0,51
Capacité ou besoin de financement de l'ensemble des administrations publiques											
. en % du PIB	0,08	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,06
. en milliards d'euros	0,28	0,24	0,23	0,28	0,34	0,39	0,44	0,49	0,52	0,57	0,63

Source: simulation HERMES.

TABLEAU 77 - Principaux résultats sectoriels
 (différences en % par rapport à la simulation de base)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
PRODUKTIE (const.pr.)											
- Landbouw	-0,89	-1,32	-1,73	-2,00	-2,23	-2,41	-2,55	-2,66	-2,79	-2,91	-3,03
- Energie	-1,42	-2,55	-3,29	-3,94	-4,58	-5,15	-5,77	-6,40	-7,04	-7,69	-8,30
- Verwerkende nijverheid	-0,48	-0,68	-0,87	-0,98	-1,10	-1,18	-1,27	-1,35	-1,44	-1,53	-1,62
. Intermediaire goederen	-0,59	-0,84	-1,05	-1,17	-1,31	-1,40	-1,51	-1,61	-1,74	-1,87	-1,99
. Investeringsgoederen	-0,34	-0,52	-0,68	-0,78	-0,88	-0,94	-0,99	-1,04	-1,10	-1,14	-1,18
. Consumptiegoederen	-0,45	-0,64	-0,82	-0,93	-1,05	-1,13	-1,22	-1,30	-1,39	-1,48	-1,57
- Bouw	-0,42	-0,18	-0,53	-0,65	-0,78	-0,85	-0,94	-1,00	-1,07	-1,14	-1,21
- Vervoer en communicatie	-0,50	-0,62	-0,78	-0,89	-0,99	-1,09	-1,19	-1,29	-1,41	-1,51	-1,61
. Vervoer per spoor	-0,61	-0,67	-0,77	-0,83	-0,88	-0,92	-0,97	-1,02	-1,08	-1,13	-1,16
. Stads- en wegvervoer	-0,61	-0,77	-0,95	-1,07	-1,19	-1,30	-1,41	-1,52	-1,65	-1,77	-1,88
. Vervoer over water en luchtvaart	-0,73	-1,13	-1,49	-1,78	-2,05	-2,31	-2,53	-2,74	-2,98	-3,20	-3,42
. Vervoersonderst. activ. en communic.	-0,42	-0,49	-0,61	-0,68	-0,76	-0,83	-0,91	-0,98	-1,08	-1,16	-1,23
- Handel en horeca	-0,36	-0,39	-0,48	-0,54	-0,59	-0,64	-0,69	-0,73	-0,79	-0,84	-0,88
- Krediet en verzekeringen	-0,51	-0,42	-0,41	-0,43	-0,45	-0,47	-0,48	-0,49	-0,51	-0,51	-0,52
- Gezondheidszorg	-0,28	-0,33	-0,33	-0,36	-0,36	-0,39	-0,41	-0,44	-0,46	-0,48	-0,49
- Overige marktdiensten	-0,57	-0,67	-0,80	-0,90	-0,99	-1,07	-1,16	-1,24	-1,33	-1,42	-1,49
Totaal ondernemingen	-0,52	-0,66	-0,83	-0,95	-1,07	-1,16	-1,26	-1,35	-1,46	-1,56	-1,65
TWERKSTELLING											
- Landbouw	-0,01	-0,03	-0,05	-0,09	-0,12	-0,15	-0,18	-0,22	-0,25	-0,29	-0,32
- Energie	-0,27	-0,33	-0,41	-0,53	-0,70	-0,87	-1,07	-1,29	-1,52	-1,77	-2,01
- Verwerkende nijverheid	-0,08	-0,13	-0,19	-0,24	-0,30	-0,36	-0,43	-0,50	-0,57	-0,64	-0,71
. Intermediaire goederen	-0,03	-0,06	-0,10	-0,14	-0,19	-0,26	-0,34	-0,42	-0,51	-0,60	-0,69
. Investeringsgoederen	-0,10	-0,20	-0,29	-0,37	-0,44	-0,50	-0,56	-0,61	-0,66	-0,71	-0,75
. Consumptiegoederen	-0,10	-0,16	-0,21	-0,25	-0,30	-0,36	-0,44	-0,51	-0,58	-0,64	-0,69
- Bouw	0,23	0,45	0,16	0,07	-0,03	-0,08	-0,14	-0,19	-0,24	-0,31	-0,38
- Vervoer en communicatie	0,24	0,33	0,38	0,40	0,42	0,43	0,44	0,44	0,44	0,43	0,41
. Vervoer per spoor	-0,05	-0,12	-0,20	-0,28	-0,34	-0,40	-0,45	-0,50	-0,54	-0,59	-0,63
. Stads- en wegvervoer	0,46	0,60	0,69	0,75	0,80	0,83	0,86	0,88	0,89	0,89	0,88
. Vervoer over water en luchtvaart	0,34	0,28	0,33	0,37	0,40	0,41	0,42	0,43	0,43	0,42	0,40
. Vervoersonderst. activ. en communic.	0,20	0,31	0,35	0,38	0,40	0,42	0,43	0,43	0,43	0,43	0,42
- Handel en horeca	0,00	0,01	0,00	-0,01	-0,02	-0,04	-0,06	-0,08	-0,11	-0,14	-0,17
- Krediet en verzekeringen	0,03	0,06	0,08	0,10	0,11	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15
- Gezondheidszorg	0,03	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14
- Overige marktdiensten	-0,16	-0,10	-0,10	-0,09	-0,09	-0,08	-0,08	-0,08	-0,09	-0,10	-0,11
Totaal ondernemingen	-0,01	0,02	-0,00	-0,01	-0,03	-0,04	-0,05	-0,07	-0,09	-0,12	-0,14

Source: simulation HERMES.

TABLEAU 78 - Compte de l'ensemble des administrations publiques
(différences en millions d'euros par rapport à la simulation de base)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
1. Recettes	1311	1601	1861	2158	2496	2821	3185	3576	3965	4398	4803
Fiscales	3740	4383	5021	5676	6459	7219	8109	9070	10062	11134	12167
a. Impôts directs	958	1015	1153	1335	1563	1771	2016	2280	2540	2840	3126
Ménages	845	867	1026	1185	1368	1533	1738	1953	2184	2429	2668
Sociétés	111	145	124	147	191	233	272	321	350	405	451
Autres	2	2	3	3	4	4	5	5	6	7	7
b. Impôts indirects	2764	3344	3841	4309	4860	5407	6047	6739	7465	8230	8972
c. Impôts en capital	18	24	27	32	36	41	46	52	57	63	68
Cotisations de Sécurité Sociale	-2549	-2929	-3334	-3719	-4195	-4659	-5222	-5829	-6469	-7148	-7811
Autres recettes	120	147	174	201	231	261	298	334	373	412	447
2. Dépenses	1032	1364	1627	1882	2155	2428	2746	3083	3449	3826	4168
Dépenses primaires	1025	1376	1654	1926	2218	2512	2856	3225	3627	4045	4433
a. Consommation publique	517	751	898	1045	1200	1361	1545	1745	1962	2187	2395
b. Subventions aux entreprises	47	58	69	78	90	100	111	124	137	151	164
c. Transferts de sécurité sociale	380	463	563	661	762	864	986	1116	1260	1411	1553
d. Autres transferts courants	43	51	60	69	84	95	110	124	140	156	170
e. Dépenses en capital	39	52	64	73	83	93	105	117	130	142	153
Charges d'intérêts	7	-12	-27	-43	-62	-84	-110	-142	-179	-219	-265
3. Capacité nette ou besoin net de financement	279	237	235	276	341	393	438	493	517	573	633
en % du PIB	0.08	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.06
4. Solde primaire	286	225	208	233	278	309	328	351	338	354	368

Source: simulation HERMES.