

RAPPORT D'ÉTUDE

22/1/2009

N°- DRC-09-103681-00941A -

Modélisation des futurs plafonds d'émission
dans la Directive NEC – résultats pour le
scénario central

Modélisation des futurs plafonds d'émission dans la Directive NEC

Résultats pour le scénario central

Verneuil-en-Halatte

Janvier 2009

Client: MEEDDAT – Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire

Liste des personnes ayant participé à l'étude : Simone SCHUCHT

PRÉAMBULE

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Etant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur.

Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

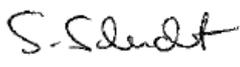
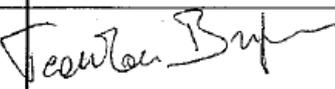
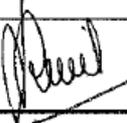
	Rédaction	Vérification	Approbation
NOM	Simone SCHUCHT	Jean-Marc BRIGNON	Laurence ROUÏL
Qualité	Ingénieur Economiste à l'unité Economie et décision pour l'environnement	Responsable de l'unité Economie et décision pour l'environnement	Chef du pôle Modélisation environnementale et décision
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

RESUME	12
GLOSSAIRE	22
1. INTRODUCTION	24
2. LES SCENARIOS ANALYSES	26
3. EMISSIONS ET COUTS SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS – UE-27	33
3.1 NIVEAUX D’EMISSIONS PAR SCENARIO POUR CHAQUE POLLUANT NEC	33
3.1.1 NOx	33
3.1.2 PM _{2,5}	38
3.1.3 SO ₂	43
3.1.4 NH ₃	48
3.1.5 COV	53
3.2 LES COUTS TOTAUX POUR LES 5 POLLUANTS NEC	58
3.3 LA REPARTITION DES COUTS ENTRE LES 5 POLLUANTS NEC	64
3.3.1 <i>Les coûts par polluant pour les scénarios CLE, LC et TSAP : vision d’ensemble</i>	64
3.3.2 NOx	70
3.3.3 PM _{2,5}	75
3.3.4 SO ₂	79
3.3.5 NH ₃	83
3.3.6 COV	87
3.4 COUTS A LA TONNE EVITEE – SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC	91
3.5 NOx	92
3.6 PM _{2,5}	92
3.7 SO ₂	93
3.8 NH ₃	94
4. LES MESURES EXPLIQUANT LA PLUS GRANDE PARTIE DES COUTS ET DES REDUCTIONS D’EMISSIONS POUR LA FRANCE	95
4.1 NOx	96
4.1.1 <i>Les mesures les plus chères dans CLE</i>	97
4.1.2 <i>Passage du scénario CLE au scénario LC et au scénario optimisé</i>	98
4.2 PM _{2,5}	101
4.2.1 <i>Les mesures les plus chères dans CLE</i>	101
4.2.2 <i>Passage du scénario CLE au scénario LC et au scénario optimisé</i>	101
4.3 SO ₂	106
4.3.1 <i>Les mesures les plus chères dans CLE</i>	106
4.3.2 <i>Passage du scénario CLE au scénario LC et au scénario optimisé</i>	106
4.4 COV	111
4.4.1 <i>Les mesures les plus chères dans CLE</i>	111
4.4.2 <i>Passage du scénario CLE au scénario LC</i>	111
4.5 NH ₃	115
4.5.1 <i>Les mesures les plus chères dans LC</i>	115
4.5.2 <i>Passage du scénario LC au scénario optimisé</i>	116
5. CONCLUSIONS	120
6. BIBLIOGRAPHIE	124

7.	LISTE DES ANNEXES.....	125
7.1	ANNEXE A : LA REPARTITION DES EMISSIONS A TRAVERS LES SECTEURS DE L'ÉCONOMIE – GRANDS PAYS EUROPEENS.	126
7.1.2	<i>PM</i> _{2,5}	130
7.1.3	<i>SO</i> ₂	134
7.1.4	<i>NH</i> ₃	138
7.1.5	<i>COV</i>	143
7.2	ANNEXE B : LA REPARTITION DES COUTS A TRAVERS LES SECTEURS DE L'ÉCONOMIE – GRANDS PAYS EUROPEENS	147
7.2.1	<i>NOx</i>	147
7.2.2	<i>PM</i> _{2,5}	151
7.2.3	<i>SO</i> ₂	155
7.2.4	<i>NH</i> ₃	159
7.2.5	<i>COV</i>	161

TABLE DES ILLUSTRATIONS

TABLEAU 1 : COUTS DE DEPOLLUTION ET COUTS ADDITIONNELS EN FRANCE SELON TROIS SCENARIOS, MILLIONS D'EUROS/AN, 2020	14
TABLEAU 2 : EMISSIONS ET REDUCTIONS D'EMISSIONS EN FRANCE SELON TROIS SCENARIOS, KT, 2020	15
TABLEAU 3 : COUTS PAR KG EVITE DES 5 POLLUANTS NEC EN FRANCE, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, EN €/KG	15
TABLEAU 4 : POSITION DE LA FRANCE PAR RAPPORT A LA MOYENNE SUR L'UE27 POUR LES VARIABLES ETUDIEES, 2020.....	17
TABLEAU 5 : PIB DES PAYS UE27, EN MILLIARDS D'EUROS, 2020.....	32
TABLEAU 6 : NIVEAUX D'EMISSIONS DES NOX, SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS, EN 2020, EN KT, UE27	34
TABLEAU 7 : REDUCTIONS D'EMISSIONS DE NOX PAR RAPPORT A LA 'BASELINE' LC, EN 2020, EN KT, UE27	35
TABLEAU 8 : NIVEAUX D'EMISSIONS DES PM _{2,5} , SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS, EN 2020, EN KT, UE27	39
TABLEAU 9 : REDUCTIONS D'EMISSIONS DE PM _{2,5} PAR RAPPORT A LA 'BASELINE' LC, EN 2020, EN KT, UE27	40
TABLEAU 10 : NIVEAUX D'EMISSIONS DE SO ₂ , SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS', EN 2020, EN KT, UE27.....	44
TABLEAU 11 : REDUCTIONS D'EMISSIONS DE SO ₂ PAR RAPPORT A LA 'BASELINE' LC, EN 2020, EN KT, UE27	45
TABLEAU 12 : NIVEAUX D'EMISSIONS DE NH ₃ , SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS, EN 2020, EN KT, UE27	48
TABLEAU 13 : REDUCTIONS D'EMISSIONS DE NH ₃ PAR RAPPORT A LA 'BASELINE' LC, EN 2020, EN KT, UE27	49
TABLEAU 14 : NIVEAUX D'EMISSIONS DES COV, DANS LES DIFFERENTS SCENARIOS, EN 2020, EN KT, UE27	54
TABLEAU 15 : REDUCTIONS D'EMISSIONS DE COV PAR RAPPORT A LA 'BASELINE' LC, EN 2020, EN KT, UE27	55
TABLEAU 16 : EVOLUTION DES COUTS DEPUIS L'ANALYSE CAFE	59
TABLEAU 17 : COUTS DE REDUCTION DES 5 POLLUANTS NEC EN 2020 SELON LES CINQ SCENARIOS, POUR LES PAYS UE27, EN M€/AN	60
TABLEAU 18 : COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION DES 5 POLLUANTS NEC PAR RAPPORT A LA 'BASELINE' LC, EN 2020, EN M€/AN	61
TABLEAU 19 : COUTS PAR POLLUANT NEC EN 2020, SCENARIO CLE, POUR LES PAYS UE27, EN M€/AN ET EN % DE LA SOMME DES COUTS POUR LES 5 POLLUANTS NEC	65
TABLEAU 20 : COUTS PAR POLLUANT NEC EN 2020, SCENARIO LC, POUR LES PAYS UE27, EN M€/AN ET EN % DE LA SOMME DES COUTS POUR LES 5 POLLUANTS NEC	66
TABLEAU 21 : COUTS PAR POLLUANT NEC EN 2020, SCENARIO OPTIMISE, POUR LES PAYS UE27, EN M€/AN ET EN % DE LA SOMME DES COUTS POUR LES 5 POLLUANTS NEC	67
TABLEAU 22 : LES DIFFERENCES DE COUTS ENTRE LE SCENARIO OPTIMISE ET LE SCENARIO LC POUR LES PAYS UE27, PAR POLLUANT NEC, EN M€/AN ET EN % DE LA SOMME DES COUTS ADDITIONNELS POUR LES 5 POLLUANTS NEC	68
TABLEAU 23 : COUTS DE REDUCTION DES NOX EN 2020 SELON LES CINQ SCENARIOS, POUR LES PAYS UE27, EN M€/AN	70
TABLEAU 24 : COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION DES NOX PAR RAPPORT A LA 'BASELINE' LC, EN 2020, EN M€/AN	71
TABLEAU 25 : COUTS DE REDUCTION DES PM _{2,5} EN 2020 SELON LES CINQ SCENARIOS, POUR LES PAYS UE27, EN M€/AN.....	75
TABLEAU 26 : COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION DES PM _{2,5} PAR RAPPORT A LA 'BASELINE' LC, EN 2020, EN M€/AN	76
TABLEAU 27 : COUTS DE REDUCTION DE SO ₂ EN 2020 SELON LES CINQ SCENARIOS, POUR LES PAYS UE27, EN M€/AN	79
TABLEAU 28 : COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION DES SO ₂ PAR RAPPORT A LA 'BASELINE' LC, EN 2020, EN M€/AN	80
TABLEAU 29 : COUTS DE REDUCTION DE NH ₃ EN 2020 SELON LES CINQ SCENARIOS, POUR LES PAYS UE27, EN M€/AN	83
TABLEAU 30 : COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION DES NH ₃ PAR RAPPORT A LA 'BASELINE' LC, EN 2020, EN M€/AN	84
TABLEAU 31 : COUTS DE REDUCTION DES COV EN 2020 SELON LES CINQ SCENARIOS, POUR LES PAYS UE27, EN M€/AN	87
TABLEAU 32 : COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION DES COV PAR RAPPORT A LA 'BASELINE' LC, EN 2020, EN M€/AN	88
TABLEAU 33 : COUTS PAR KG EVITE DES CINQ POLLUANTS NEC, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, UE27, 2020, EN €/KG	91
TABLEAU 34 : REPARTITION D'EMISSIONS DE NOX EN FRANCE ENTRE SECTEURS SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS, ET REDUCTIONS D'EMISSIONS, 2020, EN KT.....	96
TABLEAU 35 : REPARTITION DE COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NOX EN FRANCE ENTRE SECTEURS SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS, ET COUTS ADDITIONNELS, 2020, EN M€/AN	97
TABLEAU 36 : LES MODIFICATIONS DE MESURES LES PLUS IMPORTANTES POUR LES COUTS ET EMISSIONS DANS LE PASSAGE DU SCENARIO CLE AU SCENARIO LC ET DU SCENARIO LC AU SCENARIO OPTIMISE ; REDUCTION DES NOX	99
TABLEAU 37 : REPARTITION DES EMISSIONS DE PM _{2,5} EN FRANCE ENTRE SECTEURS SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS, ET REDUCTIONS D'EMISSIONS, 2020, EN KT	102

TABLEAU 38 : REPARTITION DE COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE PM _{2,5} EN FRANCE ENTRE SECTEURS SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS, ET COUTS ADDITIONNELS, 2020, EN M€/AN	103
TABLEAU 39 : LES MODIFICATIONS DE MESURES LES PLUS IMPORTANTES POUR LES COUTS ET EMISSIONS DANS LE PASSAGE DU SCENARIO CLE AU SCENARIO LC ET DU SCENARIO LC AU SCENARIO OPTIMISE ; REDUCTION DES PM _{2,5}	105
TABLEAU 40 : REPARTITION D'EMISSIONS DE SO ₂ EN FRANCE ENTRE SECTEURS SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS, ET REDUCTIONS D'EMISSIONS, 2020, EN KT	107
TABLEAU 41 : REPARTITION DE COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE SO ₂ EN FRANCE ENTRE SECTEURS SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS, ET COUTS ADDITIONNELS, 2020, EN M€/AN	108
TABLEAU 42 : LES MODIFICATIONS DE MESURES LES PLUS IMPORTANTES POUR LES COUTS ET EMISSIONS DANS LE PASSAGE DU SCENARIO CLE AU SCENARIO LC ET DU SCENARIO LC AU SCENARIO OPTIMISE ; REDUCTION DES SO ₂	109
TABLEAU 43 : REPARTITION DES EMISSIONS DE COV EN FRANCE ENTRE SECTEURS SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS, ET REDUCTIONS D'EMISSIONS, 2020, EN KT.....	112
TABLEAU 44 : REPARTITION DE COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE COV EN FRANCE ENTRE SECTEURS SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS, ET COUTS ADDITIONNELS, 2020, EN M€/AN	113
TABLEAU 45 : LES MODIFICATIONS DE MESURES LES PLUS IMPORTANTES POUR LES COUTS ET EMISSIONS DANS LE PASSAGE DU SCENARIO CLE AU SCENARIO LC ; REDUCTION DES COV	114
TABLEAU 46 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NH ₃ EN FRANCE ENTRE SECTEURS SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS, ET REDUCTIONS D'EMISSIONS, 2020, EN KT.....	116
TABLEAU 47 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NH ₃ EN FRANCE ENTRE SECTEURS SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS, ET COUTS ADDITIONNELS, 2020, EN M€/AN	117
TABLEAU 48 : LES MODIFICATIONS DE MESURES LES PLUS IMPORTANTES POUR LES COUTS ET EMISSIONS DANS LE PASSAGE DU SCENARIO LC AU SCENARIO OPTIMISE ; REDUCTION DU NH ₃	118
TABLEAU 49 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, KT/AN	126
TABLEAU 50 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, KT/AN	127
TABLEAU 51 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, KT/AN	128
TABLEAU 52 : REPARTITION DES REDUCTIONS D'EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, KT/AN.....	129
TABLEAU 53 : REPARTITION DES EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, KT/AN	130
TABLEAU 54 : REPARTITION DES EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, KT/AN	131
TABLEAU 55 : REPARTITION DES EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, KT/AN	132
TABLEAU 56 : REPARTITION DES REDUCTIONS D'EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, KT/AN.....	133
TABLEAU 57 : REPARTITION DES EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, KT/AN	134
TABLEAU 58 : REPARTITION DES EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, KT/AN	135
TABLEAU 59 : REPARTITION DES EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, KT/AN	136
TABLEAU 60 : REPARTITION DES REDUCTIONS D'EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, KT/AN.....	137
TABLEAU 61 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, KT/AN.....	138
TABLEAU 62 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, KT/AN	139
TABLEAU 63 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, KT/AN.....	140
TABLEAU 64 : REPARTITION DES REDUCTIONS D'EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, KT/AN.....	141
TABLEAU 65 : REPARTITION DES EMISSIONS DE COV ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, KT/AN	143
TABLEAU 66 : REPARTITION DES EMISSIONS DE COV ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, KT/AN	144
TABLEAU 67 : REPARTITION DES EMISSIONS DE COV ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, KT/AN	145
TABLEAU 68 : REPARTITION DES REDUCTIONS D'EMISSIONS DE COV ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, KT/AN.....	146
TABLEAU 69 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, M€/AN	147
TABLEAU 70 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, M€/AN	148
TABLEAU 71 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, M€/AN	149
TABLEAU 72 : REPARTITION DES COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, M€/AN	150
TABLEAU 73 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, M€/AN	151

TABLEAU 74 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, M€/AN	152
TABLEAU 75 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, M€/AN.....	153
TABLEAU 76 : REPARTITION DES COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE PM ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, M€/AN	154
TABLEAU 77 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, M€/AN	155
TABLEAU 78 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, M€/AN	156
TABLEAU 79 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, M€/AN	157
TABLEAU 80 : REPARTITION DES COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, M€/AN	158
TABLEAU 81 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, M€/AN	159
TABLEAU 82 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, M€/AN	159
TABLEAU 83 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, M€/AN.....	160
TABLEAU 84 : REPARTITION DES COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, M€/AN	161
TABLEAU 85 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE COV ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, M€/AN	161
TABLEAU 86 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE COV ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC ET LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, M€/AN	162
FIGURE 1 : CONSTRUCTION DES DIFFERENTS SCENARIOS, CAS DE NON RESPECT DU PLAFOND NEC 2010 EN 2020 SELON LA 'POLITIQUE ACTUELLE'	27
FIGURE 2 : CONSTRUCTION DES DIFFERENTS SCENARIOS, CAS DU RESPECT DU PLAFOND NEC 2010 EN 2020 SELON LA 'POLITIQUE ACTUELLE'	28
FIGURE 3 : LE CHEMINEMENT DU SCENARIO CP AU SCENARIO LC.....	29
FIGURE 4 : NIVEAU D'EMISSIONS DES NOX CORRESPONDANT AU SCENARIO CLE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	36
FIGURE 5 : NIVEAU D'EMISSIONS DES NOX CORRESPONDANT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	36
FIGURE 6 : NIVEAU D'EMISSIONS DES NOX CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	37
FIGURE 7 : REDUCTION D'EMISSIONS DES NOX CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, EMISSIONS/PIB	37
FIGURE 8 : NIVEAU D'EMISSIONS DES PM _{2,5} CORRESPONDANT AU SCENARIO CLE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB.....	41
FIGURE 9 : NIVEAU D'EMISSIONS DES PM _{2,5} CORRESPONDANT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	41
FIGURE 10 : NIVEAU D'EMISSIONS DES PM _{2,5} CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB.....	42
FIGURE 11 : REDUCTION D'EMISSIONS DES PM _{2,5} CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB.....	42
FIGURE 12 : NIVEAU D'EMISSIONS DE SO ₂ CORRESPONDANT AU SCENARIO CLE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	46
FIGURE 13 : NIVEAU D'EMISSIONS DE SO ₂ CORRESPONDANT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	46
FIGURE 14 : NIVEAU D'EMISSIONS DE SO ₂ CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	47
FIGURE 15 : REDUCTION D'EMISSIONS DE SO ₂ CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	47
FIGURE 16 : NIVEAU D'EMISSIONS DE NH ₃ CORRESPONDANT AU SCENARIO CLE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	50
FIGURE 17 : NIVEAU D'EMISSIONS DE NH ₃ CORRESPONDANT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	51
FIGURE 18 : NIVEAU D'EMISSIONS DE NH ₃ CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB.....	51
FIGURE 19 : REDUCTION D'EMISSIONS DE NH ₃ CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	52
FIGURE 20 : NIVEAU D'EMISSIONS DES COV CORRESPONDANT AU SCENARIO CLE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	56
FIGURE 21 : NIVEAU D'EMISSIONS DES COV CORRESPONDANT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	56
FIGURE 22 : NIVEAU D'EMISSIONS DES COV CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	57
FIGURE 23 : REDUCTION D'EMISSIONS DES COV CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	57

FIGURE 24 : COUTS DE REDUCTION DES 5 POLLUANTS NEC CORRESPONDANT AU SCENARIO	62
FIGURE 25 : COUTS DE REDUCTION DES 5 POLLUANTS NEC CORRESPONDANT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	62
FIGURE 26 : COUTS DE REDUCTION DES 5 POLLUANTS NEC CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO COUTS/PIB	63
FIGURE 27 : COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION DES 5 POLLUANTS NEC, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	63
FIGURE 28 : COUTS DE REDUCTION DES NOX CORRESPONDANT AU SCENARIO CLE, 2020, RATIO COUTS/PIB	72
FIGURE 29 : COUTS DE REDUCTION DES NOX CORRESPONDANT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB	73
FIGURE 30 : COUTS DE REDUCTION DES NOX CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO COUTS/PIB	73
FIGURE 31 : COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION DES NOX, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB	74
FIGURE 32 : COUTS DE REDUCTION DES PM _{2,5} CORRESPONDANT AU SCENARIO CLE, 2020, RATIO COUTS/PIB	77
FIGURE 33 : COUTS DE REDUCTION DES PM _{2,5} CORRESPONDANT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB	77
FIGURE 34 : COUTS DE REDUCTION DES PM _{2,5} CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	78
FIGURE 35 : COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION DES PM _{2,5} , SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB	78
FIGURE 36 : COUTS DE REDUCTION DU SO ₂ CORRESPONDANT AU SCENARIO CLE, 2020, RATIO COUTS/PIB	81
FIGURE 37 : COUTS DE REDUCTION DU SO ₂ CORRESPONDANT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB	81
FIGURE 38 : COUTS DE REDUCTION DU SO ₂ CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO COUTS/PIB	82
FIGURE 39 : COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION DU SO ₂ , SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB	82
FIGURE 40 : COUTS DE REDUCTION DU NH ₃ CORRESPONDANT AU SCENARIO CLE, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	85
FIGURE 41 : COUTS DE REDUCTION DU NH ₃ CORRESPONDANT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	85
FIGURE 42 : COUTS DE REDUCTION DU NH ₃ CORRESPONDANT AU SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO COUTS/PIB	86
FIGURE 43 : COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION DU NH ₃ , SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB	86
FIGURE 44 : COUTS DE REDUCTION DES COV CORRESPONDANT AU SCENARIO CLE, 2020, RATIO COUTS/PIB	89
FIGURE 45 : COUTS DE REDUCTION DES COV CORRESPONDANT AUX SCENARIOS LC ET OPTIMISE, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	90
FIGURE 46 : COUTS PAR KG DE NOX REDUIT, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, UE27, 2020, EN €/KG	92
FIGURE 47 : COUTS PAR KG DE PM _{2,5} REDUIT, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, UE27, 2020, EN €/KG	93
FIGURE 48 : COUTS PAR KG DE SO ₂ REDUIT, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, UE27, 2020, EN €/KG	93
FIGURE 49 : COUTS PAR KG DE NH ₃ REDUIT, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, UE27, 2020, EN €/KG.....	94
FIGURE 50 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB ...	127
FIGURE 51 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	128
FIGURE 52 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	129
FIGURE 53 : REPARTITION DES REDUCTIONS D'EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB.....	130
FIGURE 54 : REPARTITION DES EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB..	131
FIGURE 55 : REPARTITION DES EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB....	132
FIGURE 56 : REPARTITION DES EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	133
FIGURE 57 : REPARTITION DES REDUCTIONS D'EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB.....	134
FIGURE 58 : REPARTITION DES EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB.....	135
FIGURE 59 : REPARTITION DES EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB.....	136
FIGURE 60 : REPARTITION DES EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	137
FIGURE 61 : REPARTITION DES REDUCTIONS D'EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB.....	138
FIGURE 62 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	139
FIGURE 63 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	140
FIGURE 64 : REPARTITION DES EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	141
FIGURE 65 : REPARTITION DES REDUCTIONS D'EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB.....	142
FIGURE 66 : REPARTITION DES EMISSIONS DE COV ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB ...	143

FIGURE 67 : REPARTITION DES EMISSIONS DE COV ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB.....	144
FIGURE 68 : REPARTITION DES EMISSIONS DE COV ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	145
FIGURE 69 : REPARTITION DES REDUCTIONS D'EMISSIONS DE COV ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO EMISSIONS/PIB	146
FIGURE 70 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	147
FIGURE 71 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	148
FIGURE 72 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO COUTS/PIB	149
FIGURE 73 : REPARTITION DES COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NOX ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB	150
FIGURE 74 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	151
FIGURE 75 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	152
FIGURE 76 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE PM _{2,5} ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO COUTS/PIB	153
FIGURE 77 : REPARTITION DES COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE PM ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB	154
FIGURE 78 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	155
FIGURE 79 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	156
FIGURE 80 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	157
FIGURE 81 : REPARTITION DES COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE SO ₂ ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB	158
FIGURE 82 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	159
FIGURE 83 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	160
FIGURE 84 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	160
FIGURE 85 : REPARTITION DES COUTS ADDITIONNELS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE NH ₃ ENTRE SECTEURS, SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC, 2020, RATIO COUTS/PIB	161
FIGURE 86 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE COV ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO CLE, 2020, RATIO COUTS/PIB.....	162
FIGURE 87 : REPARTITION DES COUTS DE REDUCTION D'EMISSIONS DE COV ENTRE SECTEURS DANS LE SCENARIO LC ET LE SCENARIO OPTIMISE, 2020, RATIO COUTS/PIB	163

RESUME

Ce rapport présente les résultats d'une analyse des scénarios européens modélisés par l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) en 2008 à l'aide du modèle intégré GAINS (**G**reenhouse Gases-**A**ir Pollution **I**nteraction and **S**ynergies) dans le cadre de la révision de la Directive NEC (National Emission Ceilings). Il se focalise sur les émissions et coûts engendrés par les différents scénarios, notamment celui modélisant de possibles plafonds nationaux d'émissions pour 2020, et compare les résultats pour la France avec ceux des autres pays de l'UE27. Les angles d'analyse pris sont les suivants :

- coûts totaux pour la réduction des 5 polluants NEC (SO₂, NO_x, NH₃, COV, PM_{2,5}),
- répartition des coûts entre ces polluants et niveaux d'émissions correspondants,
- répartition des coûts et des réductions d'émissions, en France, entre les secteurs de l'économie,
- identification des mesures expliquant la plus grande partie des coûts pour la France ainsi que les réductions d'émissions correspondantes.

Une complication pour l'analyse des mesures additionnelles pour respecter en 2020 les objectifs de la Stratégie Thématique sur l'Air (TSAP) provient de l'introduction de modifications successives du scénario 'baseline', résultant en deux scénarios supplémentaires. Ce sont des scénarios intermédiaires entre celui représentant la réglementation en vigueur ('baseline' CLE – 'current legislation') et le scénario optimisé.

- Le scénario nommé 'current policy' (CP – politique actuelle) constitue la première modification de la 'baseline' CLE. Contrairement à CLE, les récentes propositions de la Commission européenne concernant la norme EURO VI pour les véhicules utilitaires lourds¹ (VUL) ainsi que la révision de la Directive IPPC (Integrated Pollution Prevention and Control) pour les grandes installations fixes² font partie du scénario CP. De plus, ce scénario impose le respect des plafonds d'émissions 2010, pour chaque pays qui ne respecterait toujours pas ce plafond en 2020.³ Ceci ne concerne pas la France.
- Le scénario nommé 'least cost' (LC – 'à moindre coût') constitue la seconde modification de la 'baseline'. A la différence de CP, le scénario LC est construit par optimisation afin que les mesures de réduction d'émissions les plus efficaces en termes de coûts soient prises pour respecter les niveaux d'émissions du scénario CP en 2020.

¹ COM (2007) 851 final.

² COM (2007) 844 final.

³ Ceci concerne l'Autriche pour les NO_x, la Belgique, l'Allemagne, les Pays-Bas, la Slovénie et l'Espagne pour le NH₃, et l'Espagne pour les COV. Une exception s'applique au Luxembourg, qui ne peut pas respecter, en 2020, son plafond NO_x 2010, même si toutes les mesures techniques de dépollution étaient mises en place dans tous les secteurs et aux taux maximaux (Amann et al., 2008).

La modélisation des futurs plafonds (le scénario optimisé) prend maintenant le scénario LC⁴ comme point de départ et non le scénario CLE comme c'était le cas dans les analyses de l'IIASA faites au moment de la définition de la TSAP. Il devient alors nécessaire de comparer les quatre scénarios (CLE, CP, LC et optimisé ou 'TSAP') pour mieux comprendre et interpréter les résultats.

En complément de cette optimisation (scénario TSAP) nommée 'cas central' ci-après l'IIASA a également menée six analyses de sensibilité, modifiant certaines hypothèses par rapport à celles sous-jacentes dans le scénario central TSAP. Ces analyses complémentaires ne sont pas traitées ici.

Depuis l'élaboration de la Stratégie Thématique sur la Pollution Atmosphérique, des changements méthodologiques ont été opérés par l'IIASA qui ne seront pas tous discutés dans le présent rapport.

En outre, il faut néanmoins noter la modification majeure suivante: Les normes EURO 5 et 6 pour les véhicules utilitaires légers (et donc leurs coûts) se trouvant parmi les mesures additionnelles lors de l'analyse CAFE (Clean Air for Europe) ont maintenant été prises en compte dans le scénario CLE.

Les paragraphes suivants résument les résultats de ce rapport.

L'analyse a en partie été limitée aux trois scénarios CLE, LC et 'optimisé' en laissant CP et MRR, le scénario indiquant les réductions maximales qui sont possibles en mettant en place toutes les technologies qui se trouvent dans le modèle GAINS, de côté. En effet :

- D'une part, les différences entre les scénarios CP et LC sont faibles pour la France.
- D'autre part, le scénario MRR ne débouchera pas sur une réelle proposition politique.

Niveaux d'émissions et de coûts en France

Le Tableau 1 résume la répartition des coûts de réduction des émissions à travers les 5 polluants NEC selon les scénarios CLE, LC et optimisé en France.

Lorsqu'on regarde les **coûts totaux** des scénarios, c'est la réduction des NOx qui est la plus coûteuse à l'horizon 2020, suivi de celle des PM_{2,5} et du SO₂. La réduction du NH₃ est la moins coûteuse. Dans ce contexte il est important de noter que lorsqu'une technologie affecte plusieurs polluants, ses coûts totaux sont attribués au polluant 'principal' selon les hypothèses suivantes : lorsqu'une mesure réduit, entre autres, les émissions des NOx, l'IIASA attribue les coûts de cette mesure aux seuls NOx. La deuxième priorité est donnée aux particules. Ceci a un impact sur les résultats présentés ci-après. Par exemple, le fait que les NOx apparaissent comme le principal poste de coût dans les scénarios CLE, CP, LC et TSAP pourrait être dû à ce biais dans l'allocation des coûts. L'analyse montre en effet que les forts pourcentages de coûts totaux attribués aux NOx s'expliquent parce que les coûts des mesures concernant les sources mobiles (normes EURO) sont affectés aux NOx.

⁴ Ce qui risque de prêter à confusion est le fait que dans le 6^{ème} rapport d'analyses NEC (Amann et al, 2008) le scénario LC est nommé scénario CP. La notation ici suit celle dans le modèle GAINS-online.

Lorsqu'on considère les **coûts additionnels du scénario optimisé** (TSAP) par rapport au scénario LC, l'ordre change. C'est la réduction du NH₃ qui est responsable de la plus grande partie des coûts additionnels, suivie de la réduction des PM_{2,5} et des NOx. Il n'y a pas de coût additionnel pour la réduction des COV pour respecter les objectifs de la TSAP en 2020.

En règle générale, les coûts du scénario LC sont plus élevés, ou au même niveau, que ceux du scénario CLE. Cela est dû à l'introduction de deux nouvelles Directives européennes dans la 'baseline'. Toutefois, une anomalie apparaît pour les coûts de réduction des PM_{2,5}. Ils sont plus faibles dans le scénario LC que dans le scénario CLE, et la France est le seul pays pour lequel cette situation se produit. En effet, l'optimisation dans GAINS entre CLE et LC remplace certaines mesures de réduction des PM_{2,5} par des mesures moins efficaces et moins coûteuses. Les raisons de ce comportement du modèle ne sont pas encore éclaircies. Pour les COV, le passage entre ces deux variantes de la 'baseline' conduit également à des économies.

Tableau 1 : Coûts de dépollution et coûts additionnels en France selon trois scénarios, millions d'euros/an, 2020

Polluant	Scénario CLE	Scénario LC	Scénario TSAP	Différence entre scénario TSAP et LC
	Coûts totaux			
NOx	5 126	5 287	5 307	20
PM _{2,5}	2 166	2 155	2 176	21
SO ₂	1 408	1 549	1 564	14
NH ₃	102	102	240	138
COV	1 009	998	998	0
Tous polluants	9 811	10 091	10 284	193

En somme sur tous les polluants NEC, le scénario LC ajoute plus de coûts (+280 millions d'euros/an en 2020) par rapport au scénario CLE que ne le fait le scénario optimisé (+193 millions d'euros/an en 2020) par rapport au scénario LC. Par rapport aux coûts totaux de la 'baseline', les coûts additionnels du scénario optimisé ne représentent pas une somme très élevée. Il faut néanmoins noter que ceci est en partie dû au fait que, par rapport à l'analyse menée sous le programme CAFE, plusieurs nouvelles réglementations ont été introduites dans la 'baseline' et leurs coûts alors attribués à celle-ci, et enlevés des coûts additionnels.

Alors que pour la France les coûts additionnels du scénario optimisé par rapport au scénario de référence 'CLE' (représentant 100% des coûts) s'élèvent à 15% dans l'analyse CAFE, ils représentent 1,9 % par rapport au scénario de référence actuel (LC). Pour l'UE les pourcentages respectifs s'élèvent à 11 % (UE25) et 1,9 % (UE27). Toutefois, on ne peut pas attribuer la totalité de ces différences à l'introduction de nouvelles directives dans la 'baseline'. D'autres modifications concernent, par exemple, les scénarios d'activité (agricole et surtout énergétique), ce qui a un impact sur les mesures de réduction d'émissions disponibles et nécessaires pour atteindre les objectifs de la TSAP. Des évolutions méthodologiques ont également eu lieu depuis les analyses du programme CAFE.

Le Tableau 2 montre le niveau absolu d'émissions à atteindre, par polluant, selon les projections des scénarios CLE, LC et TSAP. Les réductions d'émissions correspondant à des mesures additionnelles imposées dans le scénario TSAP par rapport au scénario LC sont présentées en dernière colonne.⁵

Le NH₃ est le polluant qui sera le plus à réduire entre le scénario optimisé et le scénario 'baseline' LC. En deuxième place se trouvent les NOx.⁶ En France, aucune réduction d'émissions des COV n'est imposée par le scénario optimisé.

Tableau 2 : Emissions et réductions d'émissions en France selon trois scénarios, kT, 2020

Polluant	Scénario CLE	Scénario LC	Scénario TSAP	Scénario TSAP – LC
NOx	660	541	507	-34
PM _{2,5}	211	227	200	-27
SO ₂	312	188	162	-25
NH ₃	650	650	536	-114
COV	762	756	756	0

Les résultats d'un calcul du ratio des coûts additionnels sur les réductions d'émissions supplémentaires (scénario optimisé par rapport au scénario LC) pour les 5 polluants sont résumés dans le Tableau 3. Cet indicateur indique les coûts additionnels en €/kg supplémentaire de polluant réduit.

Tableau 3 : Coûts par kg évité des 5 polluants NEC en France, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, en €/kg

Coûts par kg de polluant réduit	2020, €/kg/an				
	NOx	SO ₂	PM _{2,5}	COV	NH ₃
France	0.6	0.6	0.8	0.0	1.2

La situation de la France par rapport aux autres Etats membres

Les résultats d'une analyse de la situation française par rapport aux autres Etats membres et à la moyenne sur l'UE à 27 sont résumés dans le Tableau 4. Nous considérons la place prise par la France au sein des pays européens par rapport aux coûts totaux et niveaux d'émissions absolus dans les scénarios CLE, LC et

⁵ A titre d'information, pour les NOx, les COV, le SO₂ et le NH₃, les niveaux d'émissions du scénario optimisé de l'IIASA coïncident avec les plafonds proposés dans la proposition de révision de Directive NEC par la Commission européenne, qui n'a pourtant pas encore été publiée officiellement. Concernant les PM_{2,5}, cette proposition de Directive prévoit un objectif relatif, soit une réduction en pourcentage par rapport aux émissions de 2000. Lorsqu'on applique ces pourcentages aux niveaux d'émissions de PM_{2,5} en 2000 qui ont été publiés dans le 6^{ème} rapport d'analyses NEC de l'IIASA (Amann et al, 2008), le résultat est également quasi identique aux niveaux d'émissions de ce polluant dans le scénario optimisé de l'IIASA.

⁶ L'ordre de grandeur des réductions des émissions entre les différents polluants n'est donc pas la même que l'ordre de grandeur des coûts additionnels (cf. Tableau 1) : les coûts additionnels sont légèrement plus élevés pour la réduction des PM_{2,5} que pour la réduction des NOx.

optimisé, ainsi que par rapport aux coûts additionnels et réductions d'émissions supplémentaires correspondant à la différence entre le scénario optimisé et le scénario LC. Nous comparons également les ratios coûts / PIB et émissions / PIB de la France avec la moyenne européenne.

Enfin, nous avons calculé le ratio des coûts additionnels sur les réductions d'émissions supplémentaires (scénario optimisé par rapport au scénario LC, cf. également le Tableau 3) pour les 5 polluants et comparé ceux-ci avec les mêmes ratios pour l'Europe dans sa totalité. Les résultats montrent que ces coûts additionnels en €/kg supplémentaire de polluant réduit ne sont pas les mêmes (par polluant) dans tous les pays. Ceci pourrait en partie s'expliquer par le fait qu'il s'agit, dans GAINS, d'une optimisation multi-polluants, basée sur le choix des technologies les plus coût-efficaces, et en prenant en compte leurs coûts et leurs effets sur chaque polluant.

NO_x :

- Concernant le niveau absolu des émissions dans les 3 scénarios CLE, LC et TSAP, la France se trouve à la 5ème position des pays aux émissions les plus élevées en Europe. Concernant les réductions d'émissions entre les scénarios TSAP et LC, elle se trouve en 6ème place. Quant aux coûts absolus, la France se trouve en 4ème place dans les trois scénarios, et descend en 6ème place en ce qui concerne les coûts additionnels de TSAP par rapport à LC.
- Exprimés en ratio sur le PIB, les émissions et les coûts de réduction d'émissions de la France sont inférieurs à la moyenne européenne. Le même constat tient pour les réductions supplémentaires d'émissions et les coûts additionnels du scénario optimisé par rapport à LC.
- Le ratio des coûts additionnels sur les réductions d'émissions supplémentaires (scénario optimisé par rapport au scénario LC) est également inférieur à la moyenne européenne.

PM_{2,5}

- C'est en France que les émissions de PM_{2,5} sont les plus élevées en Europe (scénarios CLE, LC et TSAP). La réduction d'émissions dans le scénario optimisé par rapport au scénario LC est la troisième en Europe. Concernant les coûts absolus, la France se trouve en 1ère place dans les trois scénarios, et descend en 2ème place en ce qui concerne les coûts additionnels.
- Exprimés en ratio sur le PIB, les émissions et les coûts de réduction d'émissions de la France sont légèrement supérieurs à la moyenne européenne, tandis que les réductions supplémentaires d'émissions dans le scénario optimisé par rapport au scénario LC sont inférieures à la moyenne sur l'UE et que les coûts additionnels correspondent à la moyenne.
- Le ratio des coûts additionnels sur les réductions d'émissions supplémentaires est supérieur à la moyenne européenne.

Tableau 4 : Position de la France par rapport à la moyenne sur l'UE27 pour les variables étudiées, 2020⁷

Polluant	Variable	Scénario CLE	Scénario LC	Scénario TSAP	Scénario TSAP - LC	
NOx	Emissions	5 ^{ème} place	5 ^{ème} place	5 ^{ème} place	6 ^{ème} place	
	Emissions / PIB	Inférieur à la moyenne UE27				
	Coûts	4 ^{ème} place	4 ^{ème} place	4 ^{ème} place	6 ^{ème} place	
	Coûts / PIB	Inférieur à la moyenne UE27				
	Ratio Δ coûts / Δ émissions					Inférieur à la moyenne UE27
PM _{2,5}	Emissions	1 ^{ère} place	1 ^{ère} place	1 ^{ère} place	3 ^{ème} place	
	Emissions / PIB	Supérieur à la moyenne UE27				Inférieur à la moyenne UE27
	Coûts	1 ^{ère} place	1 ^{ère} place	1 ^{ère} place	2 ^{ème} place	
	Coûts / PIB	Supérieur à la moyenne UE27				Egal à la moyenne UE27
	Ratio Δ coûts / Δ émissions					Supérieur à la moyenne UE27
SO ₂	Emissions	4 ^{ème} place	6 ^{ème} place	6 ^{ème} place	7 ^{ème} place	
	Emissions / PIB	Inférieur à la moyenne UE27				
	Coûts	5 ^{ème} place	5 ^{ème} place	5 ^{ème} place	7 ^{ème} place	
	Coûts / PIB	Inférieur à la moyenne UE27				
	Ratio Δ coûts / Δ émissions					Supérieur à la moyenne UE27
NH ₃	Emissions	1 ^{ère} place	1 ^{ère} place	1 ^{ère} place	2 ^{ème} place	
	Emissions / PIB	Supérieur à la moyenne UE27				
	Coûts	8 ^{ème} place	8 ^{ème} place	6 ^{ème} place	1 ^{ère} place	
	Coûts / PIB	Inférieur à la moyenne UE27				Supérieur à la moyenne UE27
	Ratio Δ coûts / Δ émissions					Egal à la moyenne UE27
COV	Emissions	4 ^{ème} place	3 ^{ème} place	3 ^{ème} place	17 ^{ème} place (=0)	
	Emissions / PIB	Inférieur à la moyenne UE27				Inférieur à la moyenne UE27, nul, (=0)
	Coûts	2 ^{ème} place	1 ^{ère} place	1 ^{ère} place	(=0)	
	Coûts / PIB	Supérieur à la moyenne UE27				Egal à la moyenne UE27, (=0)
	Ratio Δ coûts / Δ émissions					Egal à la moyenne UE27, (=0)
Tous polluants	Coûts	2 ^{ème} place	2 ^{ème} place	2 ^{ème} place	2 ^{ème} place	
	Coûts / PIB	Inférieur à la moyenne UE27				

⁷ Concernant la notation dans ce tableau, la "1^{ère} place" correspond aux émissions et coûts les plus élevés.

SO₂ :

- Concernant le niveau absolu des émissions la France se situe en 4^{ème} place dans le scénario CLE, et en 6^{ème} place dans les scénarios LC et TSAP. Concernant les réductions d'émissions correspondantes au scénario TSAP par rapport au scénario LC, elle descend en 7^{ème} place. Quant aux coûts absolus, la France se trouve en 5^{ème} place dans les trois scénarios, et en 7^{ème} place en ce qui concerne les coûts additionnels.
- Exprimés en ratio sur le PIB, les émissions et les coûts de réduction d'émissions de la France sont inférieurs à la moyenne européenne. Le même constat tient pour les réductions supplémentaires d'émissions et les coûts additionnels correspondant au scénario optimisé.
- Le ratio des coûts additionnels sur les réductions d'émissions supplémentaires est supérieur à la moyenne européenne.

NH₃ :

- Concernant le niveau absolu des émissions la France se situe en 1^{ère} place dans les scénarios CLE, LC et TSAP. Concernant les réductions d'émissions entre les scénarios TSAP et LC, elle descend en 2^{ème} place. Concernant les coûts absolus, la France se trouve en 8^{ème} place dans les scénarios CLE et LC et en 6^{ème} place dans le scénario TSAP. Quant aux coûts additionnels entre TSAP et LC, la France se trouve en 1^{ère} place en Europe.
- Exprimés en ratio sur le PIB, les émissions de la France sont légèrement supérieures à la moyenne européenne pour les scénarios CLE, LC et optimisé. C'est aussi le cas pour les réductions supplémentaires d'émissions correspondant au scénario optimisé. Concernant le même ratio pour les coûts, par contre, il est inférieur à la moyenne européenne pour les scénarios CLE, LC et optimisé et légèrement supérieur en ce qui concerne les coûts additionnels.
- Le ratio des coûts additionnels sur les réductions d'émissions supplémentaires correspond à la moyenne européenne.

COV :

- Concernant le niveau absolu des émissions la France se situe en 4^{ème} place dans le scénario CLE, et en 3^{ème} place dans les scénarios LC et TSAP. Les réductions d'émissions entre les scénarios TSAP et LC sont nulles en France, tandis qu'il y a 16 pays auxquels le scénario optimisé impose des légères réductions d'émissions. Concernant les coûts absolus, la France se trouve en 2^{ème} place dans le scénario CLE, et en 1^{ère} place dans les scénarios LC et TSAP. Les coûts additionnels entre TSAP et LC sont nuls dans tous les pays.
- Exprimés en ratio sur le PIB, les émissions de la France sont inférieures à la moyenne européenne. Les réductions supplémentaires d'émissions le sont également. Pour les coûts ce ratio est supérieur à la moyenne européenne pour les trois scénarios CLE, LC et TSAP, mais égal à la moyenne en ce qui concerne les coûts additionnels du scénario optimisé par rapport à LC.
- Le ratio des coûts additionnels sur les réductions d'émissions supplémentaires est nul dans tous les pays, car le scénario optimisé n'impose pas de mesures additionnelles dont les coûts seraient attribués à la réduction des COV.

Tous polluants :

- Concernant le niveau absolu des coûts de réduction de polluants NEC la France se situe en 2ème place dans les scénarios CLE, LC et TSAP et également lorsqu'on considère les coûts additionnels entre le scénario optimisé et le scénario LC.
- Exprimé en ratio sur le PIB, ces coûts sont inférieurs à la moyenne européenne. C'est également vrai pour les coûts additionnels du scénario optimisé.

Les mesures les plus chères dans le scénario CLE

- NO_x : les mesures comptant pour la plus grande partie des coûts dans le scénario CLE sont notamment les normes 'EURO 4,5 et 6' pour les véhicules utilitaires légers et la norme 'EURO V' pour les véhicules utilitaires lourds.
- PM_{2,5} : l'utilisation de 'chaudières améliorées' et de 'nouvelles chaudières' dans le secteur résidentiel/commercial, ainsi que l'application de la mesure 'bonnes pratiques niveau 1' dans les petites entreprises du secteur des procédés explique la plus grande partie des coûts.
- SO₂ : pour ce polluant la plus grande partie des coûts s'explique par la mesure 'gasoil à basse teneur en soufre', aussi bien dans le secteur résidentiel / commercial /services/ agriculture que dans le transport routier (véhicules utilitaires légers et poids lourds).
- NH₃ : dans l'agriculture, pour l'élevage des volailles et des porcs, ce sont notamment des mesures visant par exemple une alimentation multi-phases ou l'utilisation d'acides aminés synthétiques et une amélioration du design et de la construction des sols des bâtiments d'élevage, l'arrosage des sols ou un contrôle climatique qui sont les plus coûteuses. Pour les porcs il s'agit également de mesures visant une dilution du lisier ou d'arrosage en pluie lors de l'épandage. Dans la production d'engrais il s'agit d'application de 'techniques d'absorption et de stripping'.
- COV : Plusieurs mesures expliquent la plupart des coûts. Les mesures 'modification de procédés, substitution, adsorption et incinération' dans le secteur de la production d'automobiles, 'l'utilisation d'encre à base d'eau et incinération' dans des nouvelles installations de flexographie et de rotogravure concernant l'utilisation d'encre d'impression, 'l'utilisation de peintures améliorées à base de solvants (50 %) avec une efficacité d'application de 70% et oxydation thermique' et 'l'utilisation de peintures améliorées à base de solvants (45 %) avec une efficacité d'application de 65% et oxydation thermique' dans les applications industrielles de peinture, et la combinaison de mesures 'paquet de mesures primaires 2 et utilisation intensive de traitement des rejets (y inclus incinération thermique, adsorption par le carbone, condensation, autres)' dans l'industrie pharmaceutique.

Les mesures, par polluant, responsables des principales variations des coûts entre le scénario CLE et le scénario LC en France

Dans le résumé ci-après des mesures se trouvant dans les différents scénarios pour la France, l'accent est mis sur les mesures les plus importantes en termes de coûts et/ou économies.

- NOx : Les coûts supplémentaires viennent surtout de l'introduction de la norme EURO VI pour les véhicules utilitaires lourds. Elle conduit à une réduction partielle de l'application de la norme EURO V. Une part importante des coûts supplémentaires est également due à l'application de la mesure 'SCR' dans la 'combustion de gaz naturel dans l'industrie' et dans des 'nouvelles aciéries électriques'. Concernant les 'procédés industriels' c'est notamment l'application de la mesure 'contrôle des NOx stage 2' qui augmente les coûts, et concernant la 'combustion d'autres combustibles dans l'industrie' c'est l'augmentation du recours à la mesure 'modification de combustion'.
- PM_{2,5} : On rappelle que pour ce polluant le scénario LC prévoit une augmentation des émissions par rapport à CLE, en forme d'une réduction des coûts. Les économies de coût (donc les augmentations d'émissions) s'expliquent souvent par la limitation du recours à une mesure plus efficace en termes de réduction d'émissions (par exemple 'précipitateurs électrostatiques à deux champs', 'dépoussiéreur à haute efficacité', 'bonnes pratiques niveau 2') en faveur d'une augmentation du recours à d'une mesure moins efficace (par exemple 'précipitateurs électrostatiques à un champ', 'cyclone', 'bonnes pratiques niveau 1'), notamment dans le secteur des 'procédés'.
- SO₂ : Dans la 'combustion dans l'industrie' les coûts supplémentaires viennent d'une augmentation de l'application de la mesure 'désulfuration humide des gaz'. Dans le secteur des 'procédés' ils proviennent surtout de l'augmentation de l'application des mesures 'contrôle de SO₂ stage 2' et/ou 'contrôle de SO₂ stage 3.'
- COV : Les économies viennent du remplacement de la mesure de 'procédés de nettoyage à base d'eau' pour 'l'utilisation de solvants dans des dégraisseurs fermés' dans des 'installations de dégraissage', et d'un moindre recours à la mesure 'oxydation thermique' dans les 'applications industrielles de peinture'.

Les mesures, par polluant, responsables des principales variations des coûts entre le scénario LC et le scénario optimisé en France

- NOx : La plus grande partie des coûts additionnels vient d'un plus grand recours à des mesures 'contrôle des NOx stage 2' et/ou 'contrôle des NOx stage 3', notamment dans les activités 'production du ciment', 'production de chaux' et 'production de fonte brute dans des hauts fourneaux'.
- PM_{2,5} : Les coûts additionnels s'expliquent souvent par l'inversion des tendances du passage du scénario CLE au scénario LC, c'est-à-dire par l'augmentation de l'application de la mesure 'dépoussiéreur à haute efficacité' au détriment des mesures 'précipitateurs électrostatiques à un champ' et 'cyclone' dans le secteur des 'procédés'.
- SO₂ : La tendance d'un plus grand recours à des mesures type 'stage' plus élevé est poursuivie. Concernant la 'combustion dans des industries d'énergie et de transformation' l'utilisation de la mesure 'fioul à basse teneur en soufre' est également augmenté.
- NH₃ : C'est surtout l'application de la mesure 'basse application d'ammoniac' qui augmente, celle de la mesure 'adaptation de bâtiments d'élevage' augmente également. La mesure 'substitution d'urée' (augmentation du taux d'application de 0 à 100 % des capacités) est également importante pour les

coûts.

Observations par rapport aux modifications de mesures entre les différents scénarios

- On constate en partie des modifications inverses de taux d'application de mesures dans le passage du scénario LC au scénario optimisé par rapport au passage du scénario CLE au scénario LC. Ceci concerne notamment les mesures pour réduire les particules. Concernant les PM_{2,5}, le fait qu'en France les coûts baissent et les émissions augmentent entre les scénarios CLE et LC est lié à ces observations.
- PM_{2,5} : Une réduction du recours à la mesure 'combustion des déchets résidentiels à ciel ouvert' de 100 à 0 % de l'activité intervient uniquement dans le scénario optimisé.
- COV : Les coûts de la mesure qui explique la plus grande partie des réductions d'émissions, l'introduction de la mesure 'EURO VI' pour les VUL dans la 'baseline' et qui remplace en partie l'application de la mesure EURO V, ne sont pas affectés aux COV. Il n'y a donc pas de correspondance directe entre les mesures responsables pour la plus grande partie des économies et celles responsables de la plus grande partie des réductions d'émissions de COV.

Des suggestions d'analyses complémentaires à ce rapport sont faites dans les conclusions (chapitre 5).

GLOSSAIRE

CAFE	Programme 'Clean Air for Europe'
C&E	Projection d'énergie du modèle PRIMES qui est cohérente avec le paquet énergie / climat de la Commission européenne. Cette projection fait l'hypothèse d'une redistribution d'objectifs pour le secteur non ETS, de l'accès au mécanisme de développement propre (limitant des prix de carbone à 30 €/t de CO2 dans les secteurs ETS et non ETS) et du respect de l'objectif de 20 % d'énergies renouvelables d'une façon efficace en termes de coûts.
C&E_CLE	Scénario d'activités, basé sur les projections européennes (pour l'énergie) et nationales (pour l'agriculture) ; c'est le scénario qui chiffre le niveau d'émissions qui peut être atteint avec la réglementation en vigueur (CLE – 'current legislation'), ainsi que les coûts des mesures envisagées par cette réglementation. Ci-après il est parfois dénommé la 'baseline' initiale.
C&E_CP	Scénario d'activités, basé sur les projections européennes (pour l'énergie) et nationales (pour l'agriculture), dans la version 'current policy' qui modélise les émissions et coûts pour la réglementation en vigueur en ajoutant à la 'baseline' CLE les récentes propositions de la Commission européenne concernant la norme EURO VI pour les véhicules utilitaires lourds et la Directive IPPC. De plus, ce scénario impose le respect des plafonds d'émissions pour 2010 en 2020. C'est une 'baseline' modifiée par rapport à CLE.
C&E_LC	Scénario d'activités, basé sur les projections européennes (pour l'énergie) et nationales (pour l'agriculture), dans la version 'least cost' qui modélise les émissions et coûts pour la réglementation actuelle correspondante à la 'baseline' CP mais en choisissant les mesures nécessaires pour respecter le niveau d'émissions du scénario CP par optimisation, assurant qu'elles correspondent aux mesures les plus efficaces en termes de coûts se trouvant dans la base de données du modèle GAINS.
C&E_MRR	Les résultats en termes d'émissions et de coûts d'une mise en place de toutes les mesures techniques prises en compte dans le modèle GAINS sur la base des projections d'activité européennes (énergie) et nationales (agriculture). MRR désigne 'réduction maximale d'émissions dans RAINS'.
C&E_TSAP	Le scénario optimisé, modélisant les résultats en termes d'émissions et de coûts d'une optimisation sur la base des projections d'activité européens (énergie) et nationaux (agriculture), et sur la base du scénario C&E_LC.

CITEPA	Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique
CLE	Current legislation
COV	Composés organiques volatiles
CP	Current policy
ETS	European Union Greenhouse Gas Emission Trading Scheme
FGD	Flue gas desulphurisation
GAINS	Modèle 'Greenhouse Gas – Air Pollution Interactions and Synergies'
IIASA	International Institute for Applied Systems Analysis
IMO	International Maritime Organisation
K€	Milliers d'euros
KT	Milliers de tonnes
LC	Least Cost
MEPC	Marine Environment Protection Committee
M€	Millions d'euros
MDP	Mécanisme de développement propre
MRR	Maximal Reduction in RAINS
MT	Millions de tonnes
N	Azote
NEC	National emission ceiling
NH ₃	Ammoniac
NOx	Oxydes d'azote
PIB	Produit intérieur brut
PJ	Péta joules
PM	Particules
PRIMES	Modèle énergétique européen
SCR	Réduction catalytique sélective
SNCR	Réduction non catalytique sélective
SO ₂	Dioxyde de soufre
T	Tonnes
TSAP	Thematic Strategy on Air Pollution
UNIFA	Organisation professionnelle française représentant les industriels pour la fabrication d'engrais
VUL	Véhicules utilitaires lourds

1. INTRODUCTION

Ce rapport résume les résultats d'une analyse détaillée des modélisations les plus récentes faites par l'IIASA (International Institute for Applied Systems Analysis) à l'aide du modèle intégré GAINS (**G**reenhouse **G**ases-**A**ir **P**ollution **I**nteraction and **S**ynergies) pour le compte de la Commission européenne (CE) dans le cadre de la révision de la Directive NEC (National Emission Ceilings – plafonds nationaux d'émissions)⁸.

En juillet 2008, l'IIASA a publié son 6ème rapport d'analyse NEC qui, sur la base de scénarios variés, étudie les niveaux de réduction d'émissions nécessaires dans chaque secteur et dans chaque pays européen pour atteindre les objectifs de la Stratégie Thématique sur la Pollution Atmosphérique (TSAP – Thematic Strategy on Air Pollution) au moindre coût global.

A la base de ces modélisations et optimisations, il y a deux types de scénarios d'activités :

- les scénarios nationaux pour l'agriculture correspondant aux données fournies par les Etats membres,
- les scénarios européens pour l'énergie, basés sur des hypothèses d'activités futures émanant du modèle énergétique PRIMES. Le transport est inclus dans ce scénario énergétique.

La dernière 'baseline' énergétique européenne de PRIMES a été publiée en novembre 2007. Une autre variante du scénario PRIMES simule la proposition de la CE, datant de janvier 2008, pour un paquet intégré climat et énergie.⁹ Ce nouveau scénario européen est ci-après dénommé 'C&E'. Il est à la base de l'optimisation présentée dans le 6^{ème} rapport de l'IIASA et qui est analysée ici.

Les questions auxquelles notre analyse des scénarios tente de répondre pour la France sont les suivantes :

- Les objectifs de réduction d'émissions correspondant au scénario optimisé, sont-ils plus ou moins contraignants pour la France que pour d'autres pays européens ?
- Quel est le niveau de coûts engendré par ces réductions d'émissions ?
- Pour quels polluants et dans quels secteurs d'activité les réductions d'émissions et les coûts sont-ils les plus importants ?
- Quelles mesures de réduction des émissions peuvent expliquer les coûts estimés ?

La structure du rapport est la suivante : Dans le chapitre 2 les scénarios modélisés par l'IIASA et la sélection de scénarios analysée dans le présent rapport sont décrites.

La position de la France par rapport aux autres Etats membres ainsi qu'à la moyenne sur l'UE27 est analysé dans le chapitre 3. Les variables analysées sont les niveaux d'émissions et leurs objectifs de réduction, les coûts absolus ainsi que

⁸ Directive 2001/81/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2001 on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants.

⁹ COM (2008) 30 final.

les coûts additionnels correspondant au scénario optimisé, et le ratio des coûts additionnels sur les réductions d'émissions (différence entre le scénario optimisé et la 'baseline' LC).

Le chapitre 4 présente la répartition des coûts et des émissions à travers les secteurs de l'économie française, et elle identifie et discute les mesures ayant un impact significatif en termes économiques ou en termes de réductions d'émissions.

Le chapitre 3 se limite à décrire les résultats numériques des scénarios, par contre le chapitre 4 procède à une analyse de leurs conséquences.

Le chapitre 5 contient la conclusion du rapport.

A titre d'information, la répartition des coûts et des émissions (par polluant et scénario) sur les différents secteurs pour les 6 plus grands pays européens est présentée en annexe.

2. LES SCENARIOS ANALYSES

Les scénarios analysés par l'IIASA dans son 6^{ème} rapport d'analyses NEC (Amann et al, 2008) pour la révision de la Directive NEC se répartissent entre les deux types : « cas central » et « analyses de sensibilité ».

Les scénarios de type « cas central » et analysés dans ce rapport sont tous basés sur la projection énergétique du modèle PRIMES prenant en compte le paquet énergie / climat de la Commission européenne. Cette projection, nommée ci-après C&E, se base sur l'option 4 de l'Analyse d'Impacts du paquet climat / énergie (CEC 2008a et b). Elle fait l'hypothèse d'une redistribution d'objectifs pour le secteur non ETS, de l'accès au mécanisme de développement propre (limitant des prix de carbone à 30 €/t de CO₂ dans les secteurs ETS et non ETS) et du respect de l'objectif de 20 % d'énergies renouvelables d'une façon efficace en termes de coûts (échange de permis).

De plus, les scénarios du cas central se basent sur des projections agricoles reflétant les perspectives nationales sur l'évolution du secteur de l'agriculture communiquées à l'IIASA par les Etats membres.

Les scénarios du cas central sont les suivants :

C&E_CLE : Le scénario 'baseline' correspondant à une projection de la réglementation en vigueur. Il suit une approche dite 'bottom-up' qui transpose les objectifs des réglementations en mesures de réduction d'émissions.

C&E_CP : La variante de la 'baseline' nommée 'current policy' (politique actuelle). En plus de la réglementation en vigueur le scénario comporte des valeurs limite d'émissions pour des sources de combustion dans l'industrie et le secteur de l'énergie selon la proposition de révision de la Directive IPPC et la norme Euro VI pour les véhicules utilitaires lourds. Pour les pays ne respectant toujours pas en 2020 un ou plusieurs plafonds NEC 2010, même après inclusion des mesures IPPC et Euro VI, ce scénario force le respect de leurs plafonds 2010 en 2020. La construction de ce scénario suit une approche mixte : inclusion de mesures supplémentaires par approche 'bottom-up' pour les réglementations IPPC et EURO VI, et par approche 'least cost' (cf. scénario C&E_LC ci-après) pour choisir les mesures nécessaires afin de respecter les plafonds NEC 2010.

C&E_LC : Cette variante de la 'baseline' représente la façon la plus efficace en termes de coûts ('least cost') pour atteindre les niveaux d'émissions du scénario CP. Ce scénario n'est pas basé sur l'approche 'bottom-up'. A la place, le module d'optimisation de GAINS a été utilisé pour identifier le jeu de mesures le moins cher et capable d'atteindre les niveaux d'émissions CP dans chaque pays. Parfois, des mesures choisies par optimisation conduisent à une (légère) baisse supplémentaire des émissions par rapport au scénario CP.

C&E_TSAP : C'est le scénario optimisé respectant les objectifs de la Stratégie Thématique sur la Pollution de l'Air (TSAP). L'optimisation prend le scénario LC comme point de départ. Ce scénario optimisé est à

la base de la proposition de la Commission européenne, non encore publiée, pour la révision de la Directive NEC définissant des plafonds d'émissions pour 2020.

C&E_MRR : MRR désigne 'maximum emission reductions in the RAINS model'. Le scénario évalue le potentiel de réductions d'émissions supplémentaires qui peuvent être atteintes en mettant en place toutes les technologies (additives) de réduction d'émissions se trouvant dans le modèle GAINS lorsque celui-ci est utilisé en mode RAINS. Il ne prend pas en compte le potentiel supplémentaire de réductions d'émissions à travers des changements structurels et de comportement.

Les deux schémas ci-après illustrent la construction des différents scénarios (CLE, CP, LC et TSAP) décrits plus haut. Deux cas peuvent être distingués.

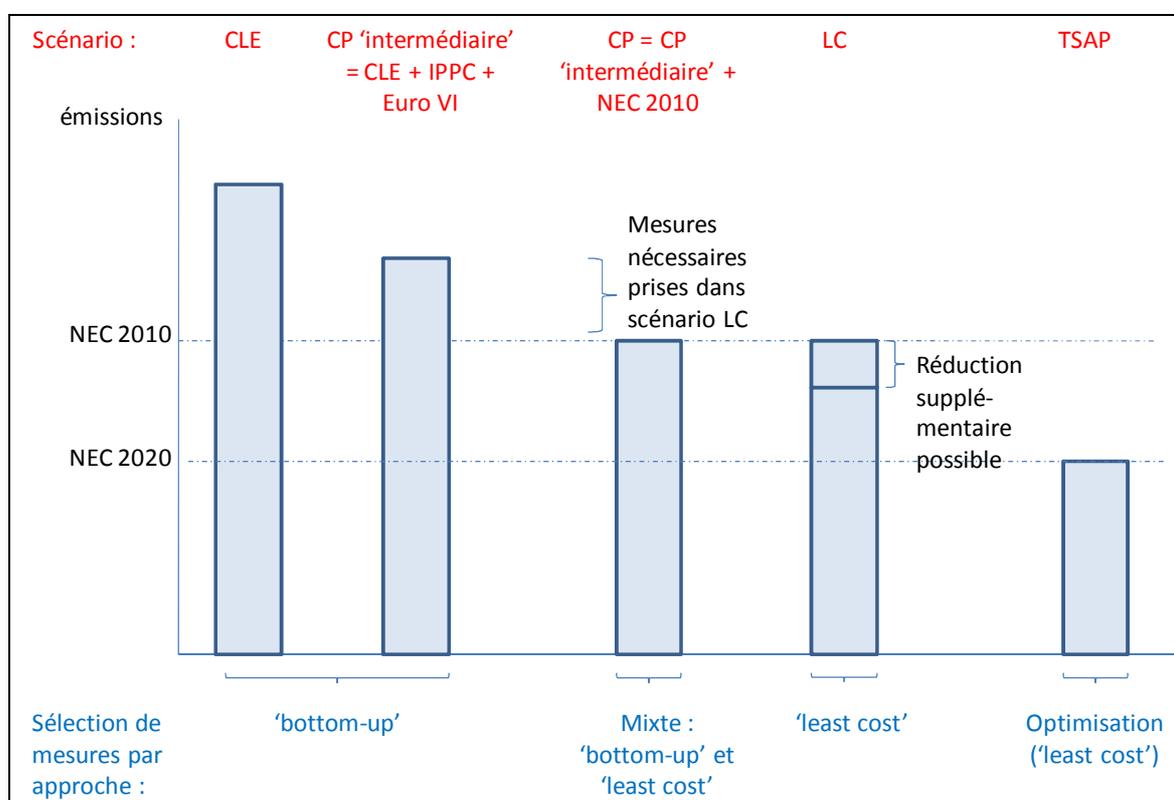


Figure 1 : Construction des différents scénarios, cas de non respect du plafond NEC 2010 en 2020 selon la 'politique actuelle'

Le Graphique 1 montre le cas où un pays ne respecterait pas, même après inclusion des nouvelles réglementations dans la 'baseline', son plafond d'émissions 2010 en 2020. On peut alors analytiquement distinguer deux scénarios 'current policy'. Un scénario 'CP intermédiaire' qui inclut uniquement les nouvelles directives mais n'impose pas le respect du plafond NEC 2010.¹⁰ Ce scénario est construit par l'approche 'bottom-up'. Et le scénario CP décrit plus

¹⁰ Ce scénario n'est pas publié par l'IIASA, ni dans le rapport d'analyses NEC n° 6, ni dans la documentation du modèle GAINS.

haut qui impose en plus le respect des plafonds NEC 2010 et choisit les mesures supplémentaires nécessaires par l'approche 'least cost'.

Le Graphique 2 montre le cas où l'introduction des nouvelles réglementations dans la 'baseline' CP est suffisante pour respecter le plafond d'émissions 2010 en 2020.¹¹ Dans ce cas le scénario CP est construit en suivant une approche 'bottom-up'.

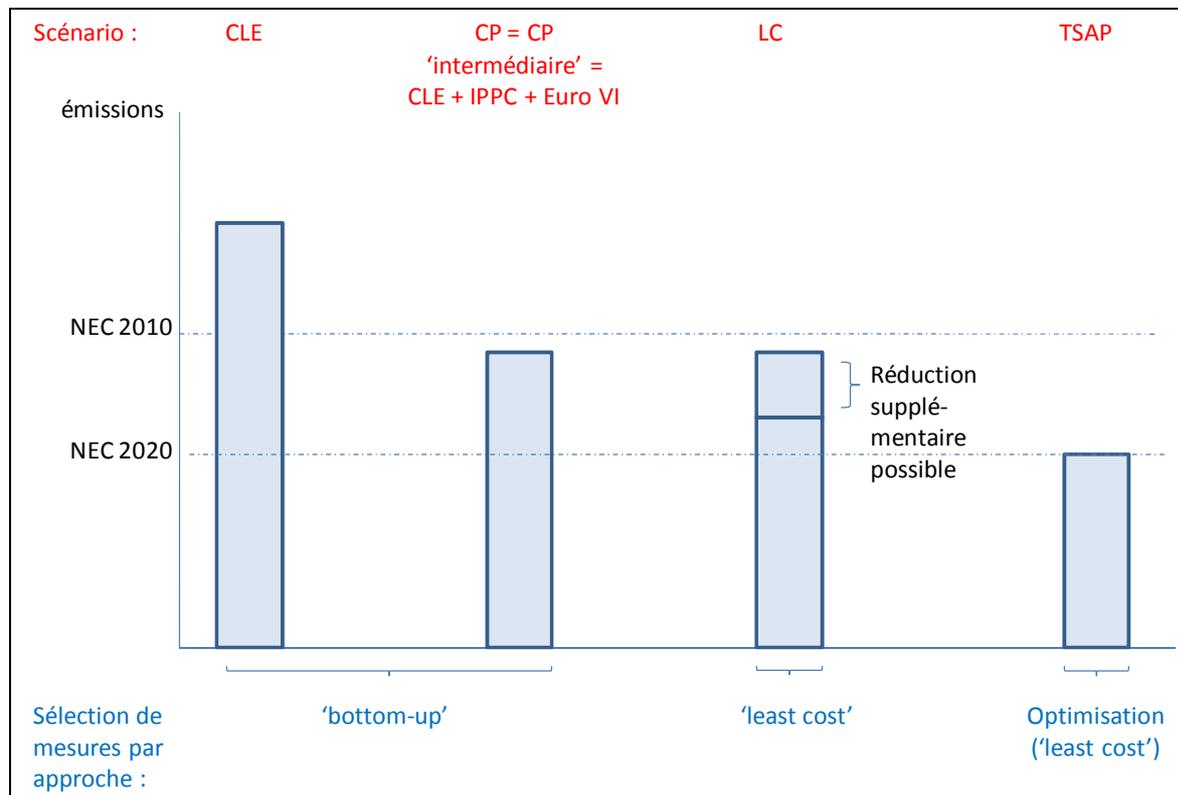


Figure 2 : Construction des différents scénarios, cas du respect du plafond NEC 2010 en 2020 selon la 'politique actuelle'

Les raisons données par l'IIASA pour l'introduction du scénario LC sont multiples. D'un point de vue de l'équité, il est souhaitable de partir de 'baselines' également coût-efficaces dans tous les pays, ce qui n'est pas le cas des scénarios CLE. Dans l'optimisation des futurs plafonds NEC, les pays affichant des mesures relativement moins efficaces (c'est-à-dire plus chères que nécessaires selon le modèle GAINS pour atteindre le niveau d'émissions correspondant à la réglementation en vigueur) obtiendraient un 'bonus' par rapport aux pays affichant des mesures plus efficaces en termes de coûts.

Mais l'IIASA donne également une autre explication. Sur la base des réglementations en vigueur dans les pays, des hypothèses sont prises sur des mesures correspondantes pour atteindre les objectifs de réduction d'émissions dans la 'baseline' CLE. Toutefois, il y a souvent plusieurs façons, en termes de mesures disponibles, d'atteindre ces objectifs, et ces hypothèses ne correspondent pas toujours à la réalité des mesures prises ou envisagées. Si la

¹¹ Le graphique est simplificateur, car en réalité il est même concevable qu'un pays respecte son plafond NEC 2010 déjà dans le scénario CLE.

'baseline' est plus chère que nécessaire selon le modèle GAINS, l'optimisation pour définir des nouveaux plafonds NEC manquerait certaines options de réduction d'émissions. Les résultats de cette optimisation seraient donc également plus chers que nécessaire. En partant du niveau d'émissions CLE (ou plutôt CP dans le cas actuel) et en choisissant par optimisation les mesures les moins chères pour atteindre ce niveau d'émissions dans le scénario LC, l'optimisation du scénario TSAP a accès à toutes les options de réduction d'émissions théoriquement encore disponibles une fois le niveau d'émissions CP atteint. Dans cet ajustement de la 'baseline' une contrainte importante s'applique : pour une activité donnée, le pourcentage de capacité n'étant pas soumis à des contrôles d'émissions¹² ne peut pas augmenter dans le passage de CLE à CP et LC.

Le cheminement du scénario CP au scénario LC est illustré dans le Graphique 3.

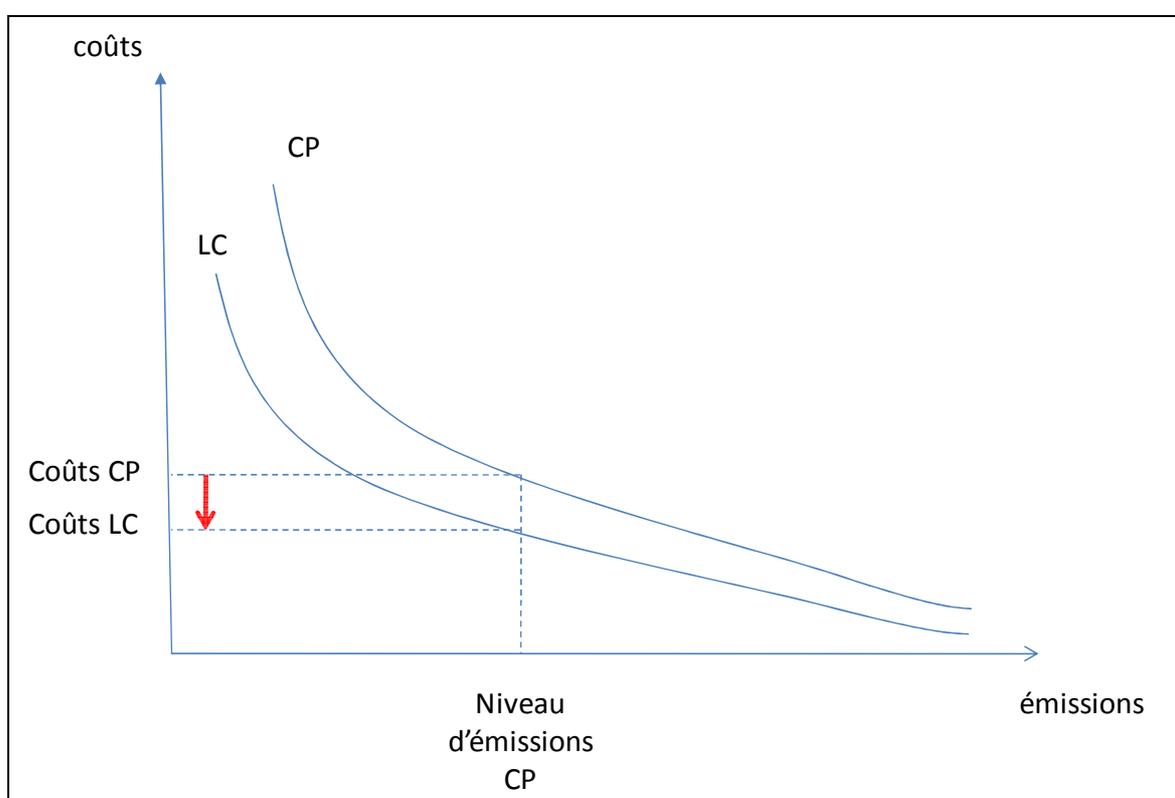


Figure 3 : Le cheminement du scénario CP au scénario LC

Pour éviter des confusions, il faut noter que dans le 6^{ème} rapport d'analyses NEC de l'IIASA (Amann et al, 2008) la notation des scénarios est différente. Le scénario 'current policy' dans le rapport de l'IIASA correspond au scénario 'least cost' dans le modèle GAINS et dans notre rapport.

¹² Dans le modèle, une mesure 'no control' est définie. Son taux d'application dans CLE représente le taux maximal d'application pour les autres scénarios.

6 scénarios de sensibilité ont également été analysés par l'IIASA, mais ne sont pas pris en compte dans ce rapport :

- C&E_IMO-light : C'est un scénario optimisé qui se base sur la projection d'énergie C&E et les projections nationales d'agriculture, et qui fait en plus l'hypothèse que les nouvelles limites d'émissions décidées en avril 2008 dans une réunion du 'Marine Environment Protection Committee' de la 'International Maritime Organisation' sont appliquées, à l'exception de la norme globale pour des carburants pour 2020 (0,5 % S).
- C&E_Nitr-Dir : C'est un scénario optimisé qui se base sur la projection d'énergie C&E et une projection pour l'agriculture qui analyse les effets potentiels d'une mise en œuvre complète de la Directive Nitrates. (Dans les analyses du cas central (cf. plus haut) les hypothèses sur la mise en œuvre de cette directive correspondant aux communications des Etats membres ont été utilisées. Ces hypothèses nationales pourraient, dans certains cas, ne pas conduire à un respect de la Directive Nitrates.)
- C&E_No-Ren : C'est un scénario optimisé et cohérent avec le paquet climat / énergie, mais qui fait l'hypothèse que le respect de l'objectif de 20 % d'énergies renouvelables est atteint par des mesures prises à l'intérieur de chaque pays, sans échange de permis. Ce scénario se base également sur les projections nationales d'agriculture.
- C&E_Prim_{2,5} : C'est un scénario optimisé qui se base sur la projection d'énergie C&E et les projections nationales d'agriculture. L'hypothèse supplémentaire est que les impacts des particules sur la santé proviennent uniquement des émissions primaires de PM_{2,5}, et que des aérosols secondaires n'ont pas d'impacts négatifs sur la santé.
- C&E_EP-targets : C'est un scénario optimisé qui se base sur la projection d'énergie C&E et les projections nationales d'agriculture, et qui respecte, en 2020, des objectifs environnementaux plus stricts que les objectifs de la TSAP, comme cela a été demandé par le Parlement européen.
- Without_C&E : Ce scénario optimisé se base sur les projections nationales d'agriculture mais fait l'hypothèse que les objectifs du paquet climat / énergie de la Commission européenne ne soient pas respectés. Ce scénario utilise la projection 'baseline' PRIMES datant de Novembre 2007, correspondant à un scénario 'business as usual' sans mesures supplémentaires contre le changement climatique.

Ces scénarios pourraient faire objet d'une analyse complémentaire au moment de la publication de la proposition, par la CE, de la Directive NEC révisée.

Pour chacun des cinq polluants NEC (SO₂, NO_x, COV, NH₃, PM_{2,5}) nous avons comparé, dans la partie 3.1, les niveaux d'émissions correspondant aux 5 scénarios décrits plus haut (CLE, CP, LC, TSAP et MRR) entre les pays de l'UE27. Pour s'approcher d'une analyse de 'équité' de la répartition des réductions d'émissions envisagées, ces niveaux d'émissions ont également été comparés en les ramenant au PIB et à la population des Etats membres.

Nous avons procédé de la même façon pour les coûts de dépollution (cf. parties 3.2 et 3.3). Pour chacun des cinq polluants NEC nous avons comparé les coûts totaux de chacun des 4 scénarios à travers les pays de l'UE27. Cette comparaison porte sur les valeurs absolues des coûts, sur leurs ratios sur le PIB, et sur les coûts par habitant. Pour le scénario optimisé nous avons de plus calculé les coûts supplémentaires par rapport au scénario LC et nous les avons comparés à travers les pays de la même façon que les coûts totaux.

En comparant les réductions d'émissions et les coûts additionnels entre le scénario optimisé et le scénario LC, nous avons estimé des coûts par tonne additionnelle évitée pour chaque polluant NEC (cf. partie 3.4). Ces coûts ont également été ramenés au PIB et à la population des pays de l'UE.

Afin de ne pas présenter un nombre excessif de graphiques, les résultats pour les ratios émissions / population et coûts / population ne sont pas présentés dans ce rapport.

Pour un nombre limité de grands pays européens (la France, l'Allemagne, l'Italie, la Pologne, l'Espagne et le Royaume Uni) nous avons également considéré la répartition des coûts et des émissions (par polluant et scénario) sur les différents secteurs d'activité. Les résultats sont présentés à titre d'information en annexe. La répartition des émissions et des coûts par secteur selon les 5 scénarios pour la France est présentée dans le corps du texte (cf. partie 4).

Afin d'identifier les mesures les plus coûteuses du scénario optimisé, nous avons enfin regardé le détail des hypothèses sur l'application de mesures individuelles dans les scénarios CLE, LC et 'optimisé'. Ceci a uniquement été fait pour la France (cf. partie 4).

Les différences entre les scénarios CP et LC ne sont pas importantes pour la France. Le scénario MRR indique les réductions maximales qui sont possibles en mettant en place toutes les technologies qui se trouvent dans le modèle GAINS. Mais ce scénario ne présente pas de proposition politique. Ces faits expliquent la limitation, en partie, des analyses ci-après aux trois scénarios CLE, LC et 'optimisé'.

Pour le calcul des ratios émissions / PIB et coûts / PIB nous nous basons sur les données disponibles dans le modèle GAINS (Tableau 5).

Tableau 5 : PIB des pays UE27, en milliards d'euros, 2020

2020	PIB, en milliards d'euros
Austria	335
Belgium	409
Bulgaria	49
Cyprus	23
Czech republic	178
Denmark	281
Estonia	24
Finland	221
France	2 435
Germany	2 927
Greece	284
Hungary	147
Ireland	286
Italy	1 864
Latvia	32
Lithuania	45
Luxembourg	51
Malta	7
Netherlands	703
Poland	472
Portugal	213
Romania	185
Slovakia	78
Slovenia	43
Spain	1 411
Sweden	421
UK	2 560
EU-27	15 687

3. EMISSIONS ET COUTS SELON LES DIFFERENTS SCENARIOS – UE-27

Dans ce chapitre sont analysées les différences, en termes de niveaux d'émissions et de coûts nécessaires pour les atteindre, entre cinq scénarios modélisés par l'IIASA (CLE, CP, LC, TSAP (scénario optimisé) et MRR) pour les pays de l'Union européenne à 27. Ceci permet notamment d'analyser la situation de la France en termes d'émissions et de coûts par rapport aux autres Etats Membres.

Concernant les niveaux d'émissions stipulés par le scénario optimisé (TSAP), ils correspondent aux objectifs de la proposition de Directive NEC révisée, qui n'a pas encore officiellement été publiée, pour quatre polluants : NO_x, SO₂, NH₃ et COV. Pour les PM_{2,5}, la proposition non officielle de Directive prévoit des objectifs de réduction relatifs, en pourcentage, par rapport à la situation en 2000. Ces objectifs sont également cohérents avec les niveaux d'émissions de particules dans le scénario optimisé de l'IIASA lorsqu'on se base sur les émissions en 2000 comme publiées dans le 6^{ème} rapport d'analyses NEC de l'IIASA (Amann et al, 2008).

3.1 NIVEAUX D'EMISSIONS PAR SCENARIO POUR CHAQUE POLLUANT NEC

La première partie de ce chapitre décrit, pour chaque polluant NEC, les niveaux d'émissions correspondant aux scénarios CLE, CP, LC, TSAP et MRR de l'IIASA. Les réductions d'émissions en 2020 par rapport au scénario 'baseline' LC qui sont nécessaires pour respecter les niveaux d'émissions en 2020 du scénario optimisé sont également présentés. Ces éléments sont présentés en tableaux. Ensuite, des graphiques présentant des ratios émissions / PIB permettent de comparer la position de la France avec celle des autres pays européens et notamment avec la moyenne européenne. Cette comparaison se limite aux trois scénarios CLE, LC et TSAP.

3.1.1 NOX

Le niveau d'émissions de NO_x dans le scénario CLE ('current legislation') en France est de 660 kT en 2020 (Tableau 6). L'introduction de nouvelles réglementations dans cette 'baseline' dans le scénario CP ('current policy') permet de baisser les émissions de NO_x à 541 kT en 2020. Il n'y a pas de différence entre ce scénario et sa version 'au moindre coût' (scénario LC – 'least cost'). Les niveaux optimaux d'émissions, qui permettraient de respecter les objectifs de la Stratégie Thématique sur l'Air (TSAP – 'Thematic Strategy on Air Pollution') en Europe ont été modélisés dans le scénario TSAP (scénario optimisé). Pour la France ce scénario conduit à un plafond d'émissions, en 2020, de 507 kT de NO_x, et donc à une réduction de 34 kT en 2020 par rapport au scénario 'baseline' LC (Tableau 7). Ce niveau d'émissions est assez éloigné du niveau du scénario MRR ('maximum feasible reduction in RAINS') qui correspond à la mise en place de toutes les technologies de dépollution se trouvant dans le modèle GAINS dans toutes les installations.

Pour l'Union européenne les scénarios suivent à peu près la même tendance (Tableau 6).

En termes absolus, quatre pays émettent plus de NOx que la France, aussi bien dans le scénario CLE que dans le scénario optimisé : l'Allemagne, l'Italie, l'Espagne et le Royaume-Uni.

Tableau 6 : Niveaux d'émissions des NOx, selon les différents scénarios, en 2020, en kT, UE27

NOx kT/an	2020				
	C&E-CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR
Austria	122	103	103	99	90
Belgium	165	148	148	135	121
Bulgaria	110	97	97	81	65
Cyprus	11	10	10	10	8
Czech Republic	207	181	181	156	139
Denmark	100	95	95	88	82
Estonia	23	21	21	16	13
Finland	114	107	107	100	88
France	660	541	541	507	435
Germany	908	790	790	711	643
Greece	171	165	165	161	133
Hungary	96	89	89	74	57
Ireland	63	56	56	53	42
Italy	758	700	700	648	556
Latvia	31	29	29	23	21
Lithuania	40	35	35	30	23
Luxembourg	19	13	13	13	12
Malta	3	3	3	2	2
Netherlands	205	178	178	177	153
Poland	470	424	424	391	340
Portugal	141	130	130	118	104
Romania	246	228	228	192	157
Slovak Republic	65	58	58	49	37
Slovenia	38	35	35	33	32
Spain	772	719	719	625	546
Sweden	128	115	115	110	102
United Kingdom	683	615	615	554	445
EU-27	6 348	5 684	5 684	5 158	4 446

Tableau 7 : Réductions d'émissions de NOx par rapport à la 'baseline' LC, en 2020, en kT, UE27

réductions d'émissions par rapport à LC, NOx kT/an	2020	
	TSAP-LC	MRR-LC
Austria	-4	-13
Belgium	-12	-26
Bulgaria	-16	-32
Cyprus	0	-3
Czech Republic	-24	-41
Denmark	-7	-14
Estonia	-5	-8
Finland	-7	-19
France	-34	-107
Germany	-78	-146
Greece	-5	-32
Hungary	-15	-32
Ireland	-3	-14
Italy	-52	-144
Latvia	-6	-8
Lithuania	-5	-12
Luxembourg	0	-1
Malta	-1	-1
Netherlands	-1	-25
Poland	-34	-84
Portugal	-12	-26
Romania	-36	-71
Slovak Republic	-9	-21
Slovenia	-1	-2
Spain	-95	-173
Sweden	-5	-13
United Kingdom	-61	-170
EU-27	-526	-1 238

3.1.1.1 SCENARIO CLE

Exprimé en ratio émissions / PIB, le niveau d'émissions de NOx de la France dans le scénario CLE se situe en dessous de la moyenne européenne (Graphique 4).

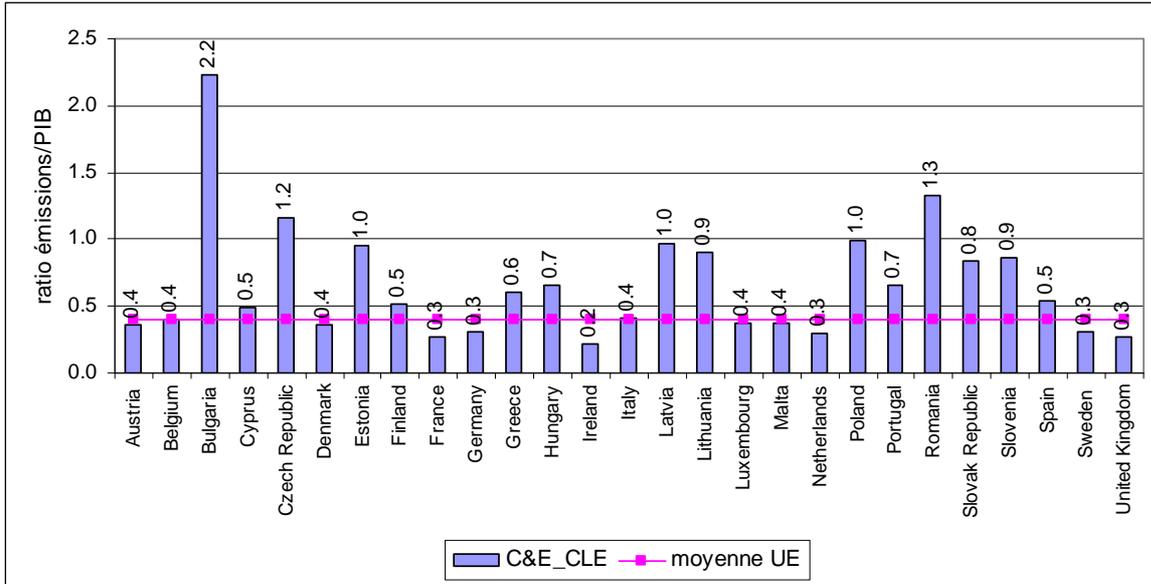


Figure 4 : Niveau d'émissions des NOx correspondant au scénario CLE, 2020, ratio émissions/PIB

3.1.1.2 SCENARIO LC

Le ratio émissions de NOx / PIB de la France se situe également en dessous de la moyenne européenne dans le scénario LC (Graphique 5).

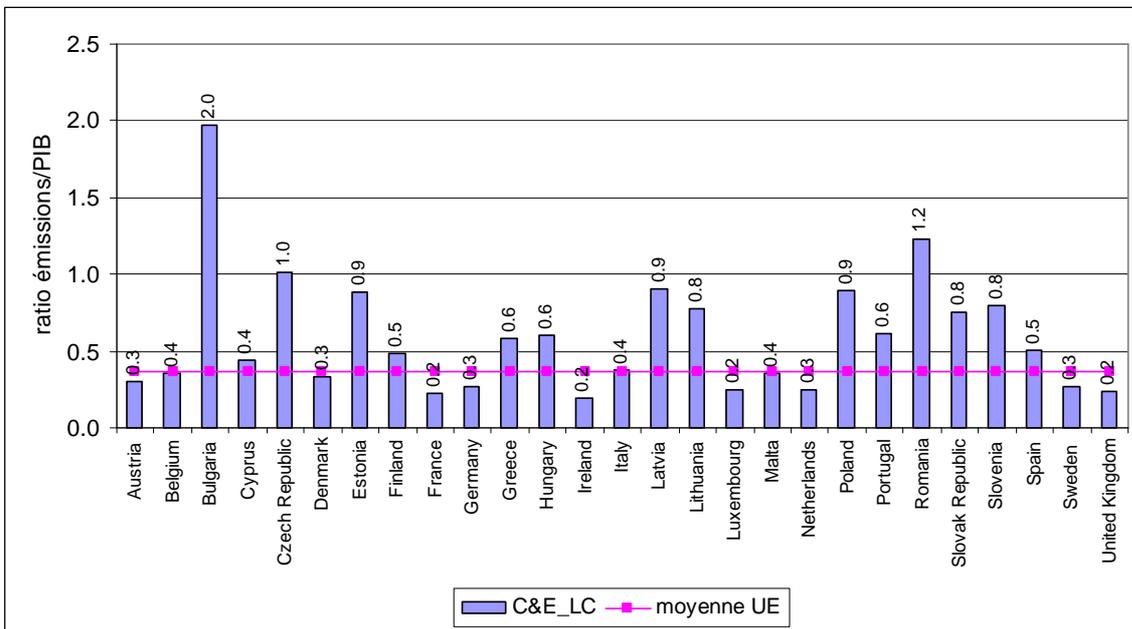


Figure 5 : Niveau d'émissions des NOx correspondant au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

3.1.1.3 SCENARIO OPTIMISE

Exprimées en ratio émissions / PIB, les réductions d'émissions supplémentaires à effectuer par la France par rapport au scénario LC, pour atteindre en 2020 le niveau d'émissions de NOx du scénario optimisé, sont plus faibles en France qu'en moyenne sur l'UE-27 (Graphique 7). Le ratio émissions de NOx / PIB de la France reste donc en dessous de la moyenne européenne dans le scénario optimisé (Graphique 6).

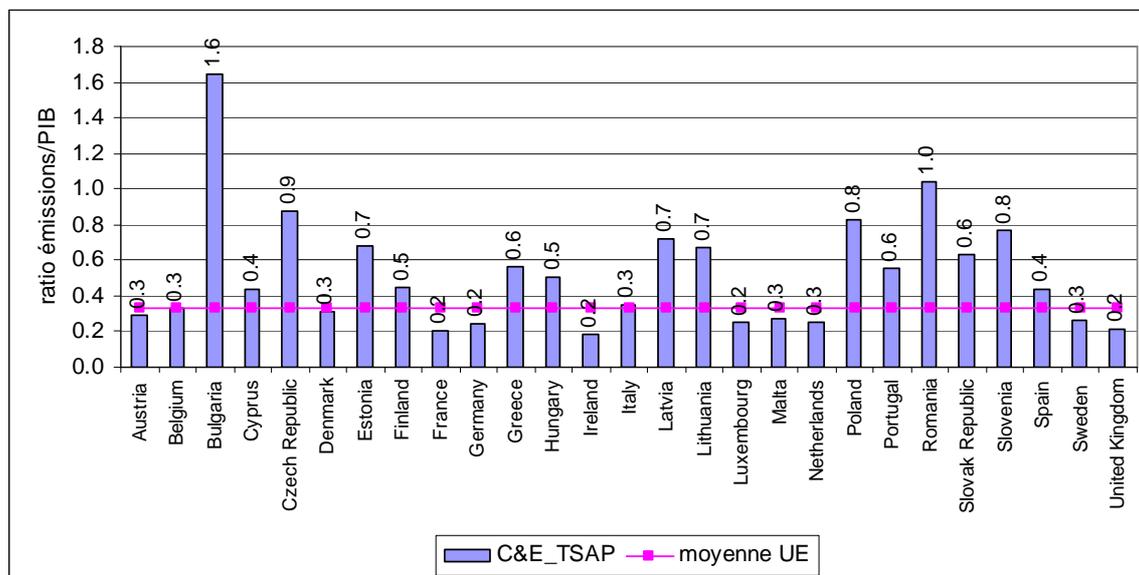


Figure 6 : Niveau d'émissions des NOx correspondant au scénario optimisé, 2020, ratio émissions/PIB

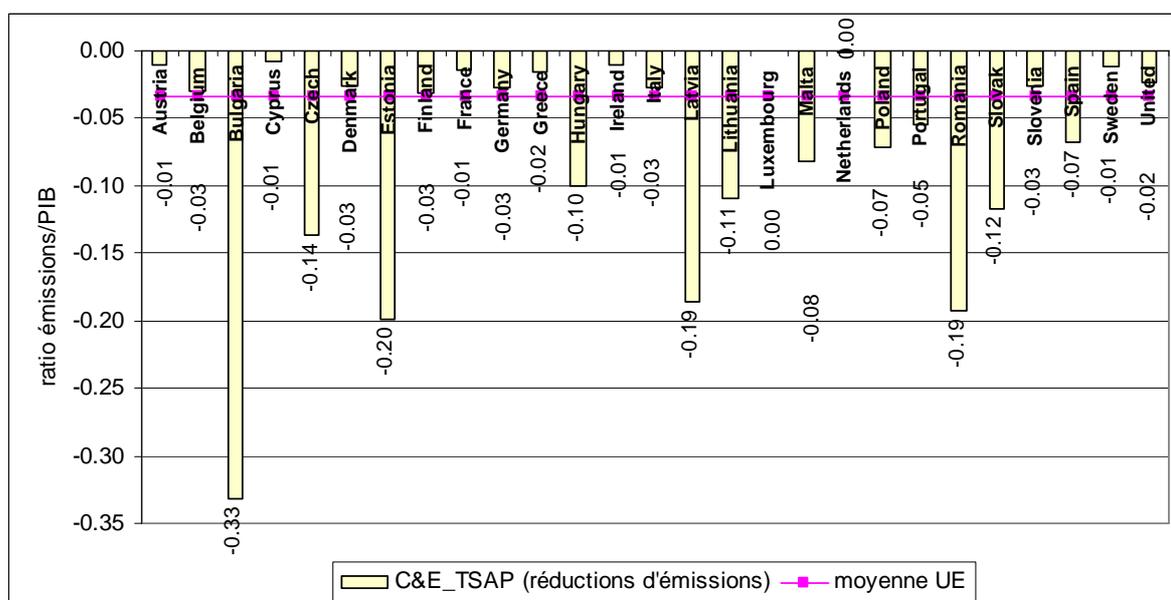


Figure 7 : Réduction d'émissions des NOx correspondant au scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, émissions/PIB

3.1.2 PM_{2,5}

Concernant les PM_{2,5}, le Tableau 8 montre une situation inattendue : le niveau d'émissions pour la France augmente de 211 kT à 227 kT en 2020 entre le scénario CLE ('current legislation') et le scénario CP ('current policy'). Ce dernier ajoute, par rapport à CLE, les récentes propositions concernant les réglementations EURO VI et de révision de la Directive IPPC. La France est d'ailleurs le seul pays pour lequel les émissions augmentent entre ces deux scénarios. Il n'y a pas de différence entre ce scénario CP et sa version 'au moindre coût' (scénario LC).

Dans l'analyse des hypothèses concernant les mesures prises en compte dans les scénarios de l'IIASA (chapitre 4) nous nous focalisons sur 3 scénarios uniquement : CLE, LC et TSAP. Afin d'éclaircir les raisons de la baisse des coûts, et de l'augmentation des émissions entre les scénarios CLE et CP pour les PM_{2,5}, une analyse détaillée du passage du scénario CLE au scénario CP serait nécessaire.

Les niveaux optimaux d'émissions, qui permettraient de respecter les objectifs de la TSAP en Europe et qui ont été modélisés dans le scénario TSAP (scénario optimisé) impliquent pour la France une réduction d'émissions de 27 kT par rapport au scénario LC (Tableau 9). La mise en place, en France, de toutes les technologies de dépollution se trouvant dans le Modèle GAINS dans toutes les installations impliquerait une réduction d'émissions de PM_{2,5} de 114 kT par rapport au scénario LC.

Pour l'Union européenne dans son ensemble la tendance des scénarios est moins surprenante : une baisse d'émissions suite à l'introduction de nouvelles Directives dans la 'baseline' (scénario CP par rapport à CLE). Pour l'UE27 aussi, il n'y a pas de différence en termes d'émissions entre les scénarios CP et LC.

En termes absolus, et dans tous les scénarios, la France est le pays de l'UE qui émet la plus grande quantité de particules PM_{2,5}.

Tableau 8 : Niveaux d'émissions des PM_{2,5}, selon les différents scénarios, en 2020, en kT, UE27

PM _{2,5} kT/an	2020				
	C&E-CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR
Austria	23	23	23	21	16
Belgium	25	24	24	20	17
Bulgaria	52	45	45	25	13
Cyprus	1	1	1	1	1
Czech Republic	42	40	40	37	17
Denmark	18	18	17	17	8
Estonia	9	8	8	7	3
Finland	21	16	16	14	7
France	211	227	227	200	113
Germany	107	106	106	97	88
Greece	31	30	30	24	15
Hungary	21	20	20	17	9
Ireland	8	8	8	7	6
Italy	109	109	108	85	71
Latvia	17	17	17	12	4
Lithuania	11	11	11	8	4
Luxembourg	2	2	2	2	2
Malta	0	0	0	0	0
Netherlands	18	18	18	16	15
Poland	166	160	160	117	71
Portugal	49	47	47	29	14
Romania	157	143	143	87	28
Slovak Republic	12	12	12	8	7
Slovenia	8	6	6	6	3
Spain	101	96	96	81	65
Sweden	15	15	15	14	11
United Kingdom	62	60	60	52	46
EU-27	1 298	1 263	1 263	1 006	655

Tableau 9 : Réductions d'émissions de PM_{2,5} par rapport à la 'baseline' LC, en 2020, en kT, UE27

réductions d'émissions par rapport à LC, PM _{2,5}	2020	
	TSAP-LC	MRR-LC
Austria	-1	-6
Belgium	-4	-7
Bulgaria	-20	-32
Cyprus	0	0
Czech Republic	-3	-23
Denmark	-1	-10
Estonia	-1	-5
Finland	-2	-9
France	-27	-114
Germany	-9	-18
Greece	-6	-15
Hungary	-4	-12
Ireland	-1	-2
Italy	-23	-37
Latvia	-5	-13
Lithuania	-3	-8
Luxembourg	0	0
Malta	0	0
Netherlands	-1	-3
Poland	-43	-89
Portugal	-18	-33
Romania	-56	-115
Slovak Republic	-3	-5
Slovenia	-1	-3
Spain	-15	-31
Sweden	0	-4
United Kingdom	-8	-14
EU-27	-256	-608

3.1.2.1 SCENARIO CLE

Exprimé en ratio émissions / PIB, le niveau d'émissions en France, dans le scénario CLE, est légèrement plus élevé en France en 2020 qu'en moyenne en Europe (Graphique 8).

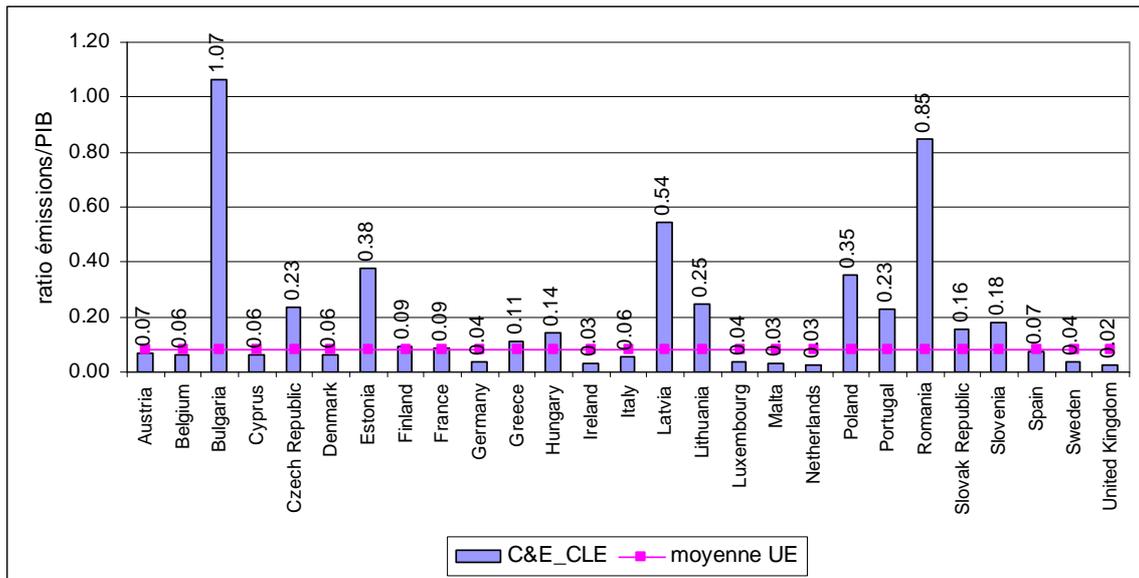


Figure 8 : Niveau d'émissions des PM_{2,5} correspondant au scénario CLE, 2020, ratio émissions/PIB

3.1.2.2 SCENARIO LC

Le niveau d'émissions de PM_{2,5}, exprimé en ratio émissions / PIB, est également légèrement plus élevé en France qu'en moyenne en Europe à 27 dans le scénario LC (Graphique 9).

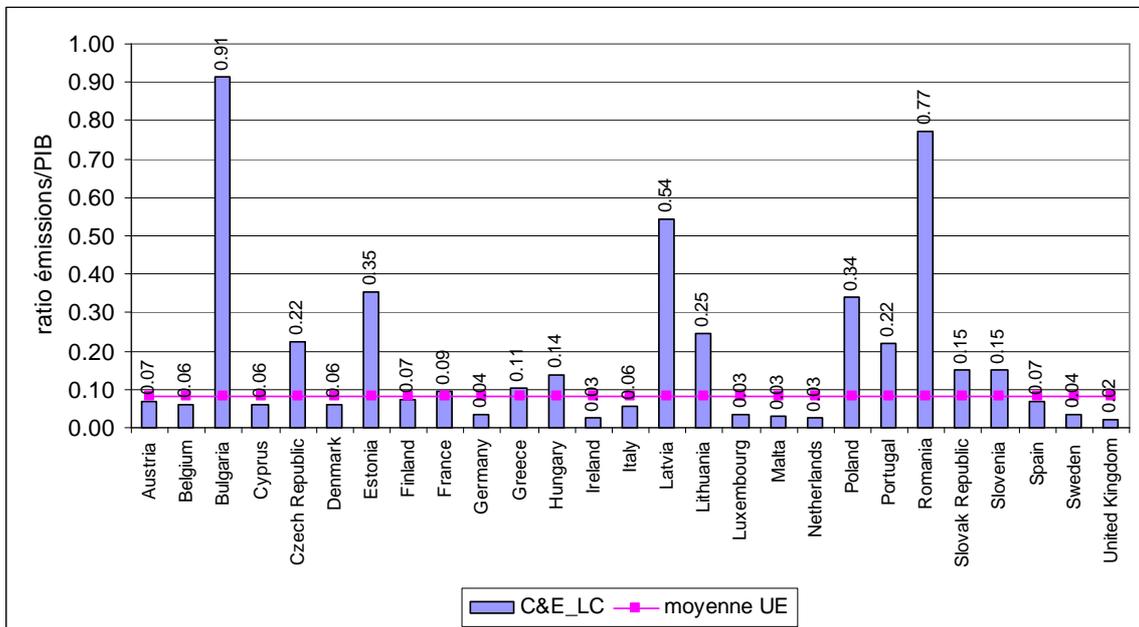


Figure 9 : Niveau d'émissions des PM_{2,5} correspondant au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

3.1.2.3 SCENARIO OPTIMISE

Le même constat tient pour la France pour le scénario optimisé (Graphique 10). Par contre, la réduction d'émissions de PM_{2,5} supplémentaire qui est nécessaire pour réduire en 2020 les émissions du niveau du scénario LC au niveau du scénario optimisé est légèrement moins élevée en France qu'en moyenne européenne (Graphique 11).

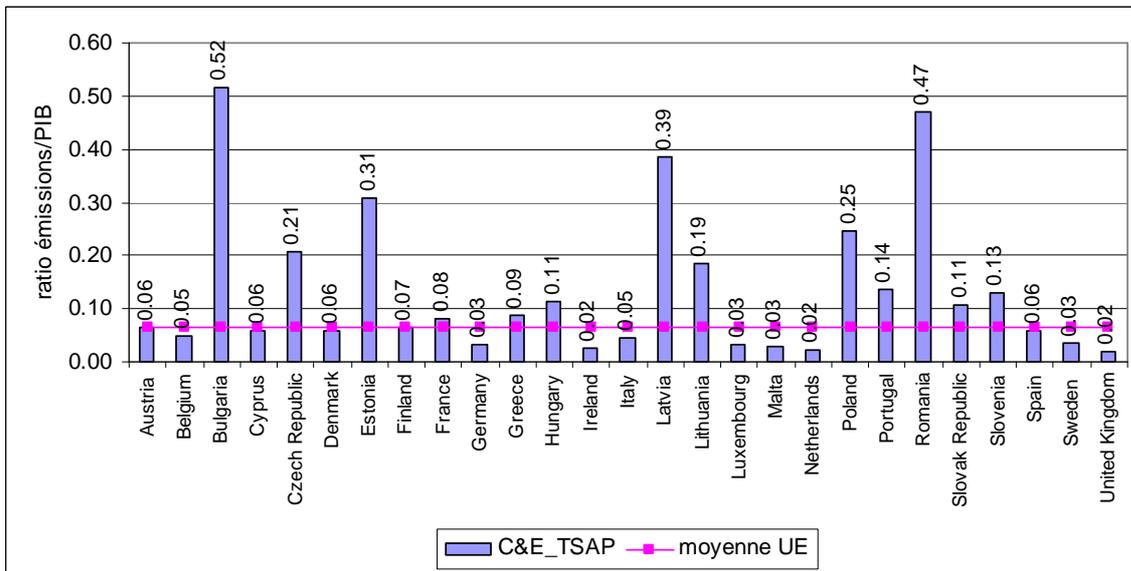


Figure 10 : Niveau d'émissions des PM_{2,5} correspondant au scénario optimisé, 2020, ratio émissions/PIB

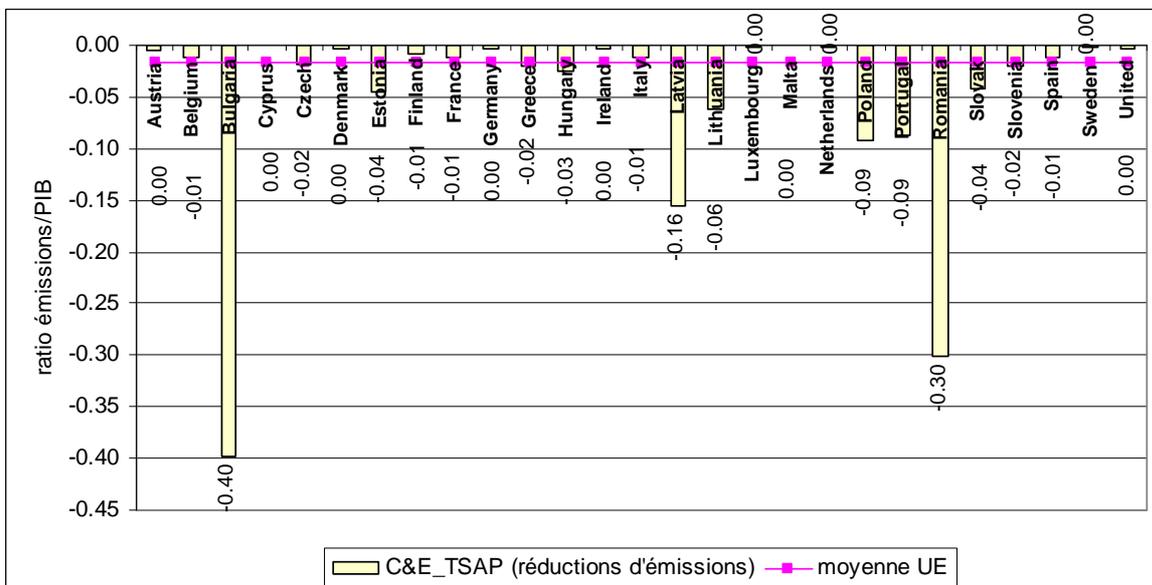


Figure 11 : Réduction d'émissions des PM_{2,5} correspondant au scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

3.1.3 SO₂

Comme c'était le cas pour les NO_x, les émissions de SO₂ (Tableau 10) baissent entre le scénario CLE ('current legislation') et le scénario CP ('current policy') introduisant de nouvelles réglementations, tandis qu'il n'y a pas de différence entre le scénario CP et sa version 'au moindre coût' (scénario LC).

Le scénario optimisé conduit à un plafond d'émissions de 162 kT pour la France, représentant une baisse supplémentaire d'émissions de 25 kT par rapport au scénario LC (Tableau 11). Le niveau d'émissions correspondant au scénario MRR ('maximum feasible reduction in RAINS') s'élève à 135 kT.

A la différence de la France, pour l'Union européenne dans son ensemble, le Tableau 10 montre une légère baisse d'émissions entre le scénario CP et sa version 'least cost', le scénario LC.

En termes absolus, il n'y a que la Pologne, l'Allemagne et l'Espagne qui ont des émissions plus élevées que la France dans le scénario CLE. Dans le scénario optimisé l'Italie et le Royaume-Uni s'ajoutent à cette liste.

Tableau 10 : Niveaux d'émissions de SO₂, selon les différents scénarios', en 2020, en kT, UE27

SO ₂	2020				
	C&E-CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR
Austria	17	17	17	17	16
Belgium	84	84	83	65	58
Bulgaria	190	139	139	136	51
Cyprus	5	4	4	4	1
Czech Republic	119	81	81	65	52
Denmark	17	17	17	16	13
Estonia	58	16	16	16	9
Finland	41	36	35	34	32
France	312	188	188	162	135
Germany	429	403	403	386	350
Greece	64	63	62	61	29
Hungary	56	55	55	23	18
Ireland	36	34	34	28	21
Italy	294	290	290	224	126
Latvia	10	10	10	10	8
Lithuania	32	29	29	24	12
Luxembourg	1	1	1	1	1
Malta	3	3	1	1	1
Netherlands	66	45	45	44	39
Poland	570	498	498	327	280
Portugal	72	65	65	50	32
Romania	193	167	166	107	70
Slovak Republic	57	50	50	35	24
Slovenia	21	15	15	10	8
Spain	383	362	361	263	191
Sweden	49	49	49	49	36
United Kingdom	266	210	210	175	144
EU-27	3 445	2 931	2 924	2 336	1 755

Tableau 11 : Réductions d'émissions de SO₂ par rapport à la 'baseline' LC, en 2020, en kT, UE27

Réductions d'émissions par rapport à LC, SO ₂	2020	
	TSAP-LC	MRR-LC
Austria	0	-1
Belgium	-18	-26
Bulgaria	-4	-88
Cyprus	0	-3
Czech Republic	-16	-30
Denmark	-1	-4
Estonia	0	-7
Finland	0	-2
France	-25	-53
Germany	-18	-54
Greece	-1	-33
Hungary	-32	-36
Ireland	-6	-13
Italy	-66	-164
Latvia	0	-3
Lithuania	-6	-17
Luxembourg	0	-1
Malta	0	-1
Netherlands	0	-6
Poland	-170	-218
Portugal	-15	-33
Romania	-58	-96
Slovak Republic	-14	-26
Slovenia	-5	-7
Spain	-97	-169
Sweden	0	-13
United Kingdom	-35	-65
EU-27	-588	-1 169

3.1.3.1 SCENARIO CLE

Exprimé en ratio émissions / PIB, le niveau d'émissions en France en 2020, dans le scénario CLE, se trouve légèrement en dessous de la moyenne européenne (Graphique 12).

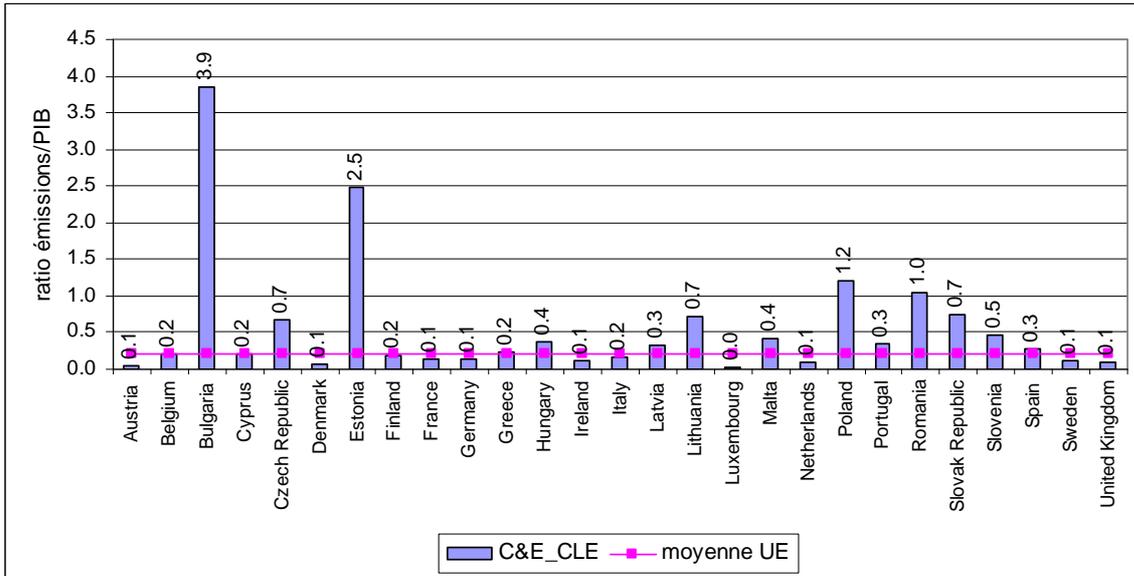


Figure 12 : Niveau d'émissions de SO2 correspondant au scénario CLE, 2020, ratio émissions/PIB

3.1.3.2 SCENARIO LC

Le ratio émissions / PIB de la France se trouve en dessous de la moyenne européenne également pour le scénario LC (Graphique 13).

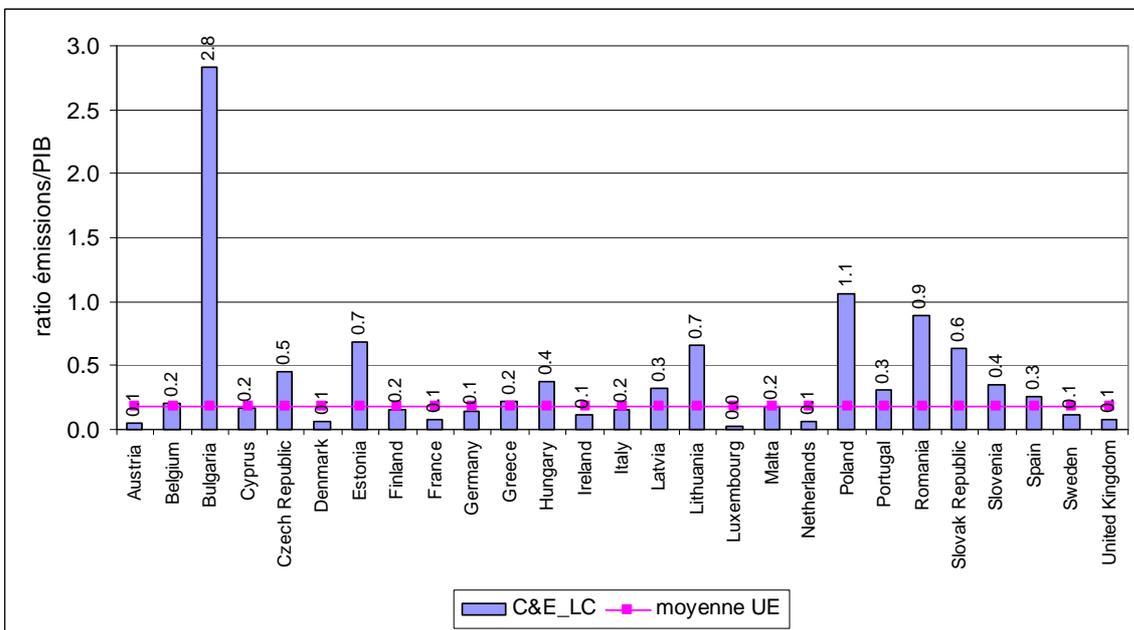


Figure 13 : Niveau d'émissions de SO2 correspondant au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

3.1.3.3 SCENARIO OPTIMISE

Etant donné que les réductions d'émissions supplémentaires dans le scénario optimisé, exprimées en ratio émissions / PIB, sont plus faibles qu'en moyenne sur l'Europe (Graphique 15), le niveau d'émissions de SO₂ / PIB en France reste en dessous de la moyenne européenne également dans le scénario optimisé (Graphique 14).

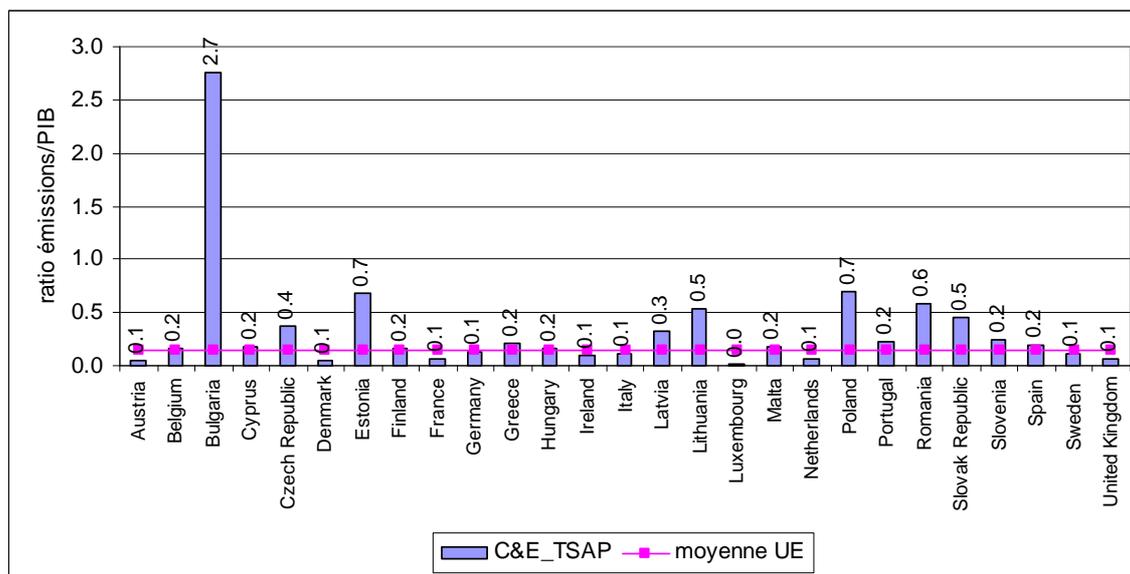


Figure 14 : Niveau d'émissions de SO₂ correspondant au scénario optimisé, 2020, ratio émissions/PIB

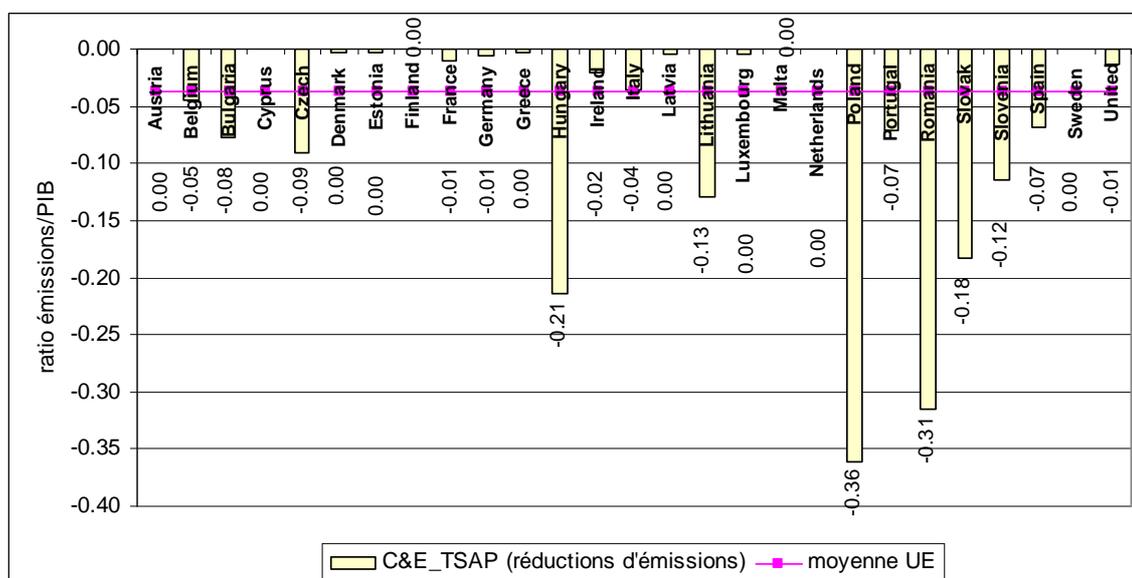


Figure 15 : Réduction d'émissions de SO₂ correspondant au scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

3.1.4 NH₃

Pour le NH₃, l'ajout de réglementations récentes, dans le scénario CP, à la 'baseline' CLE, réduit les émissions pour la totalité de l'Europe mais pas en France (Tableau 12). Cette baisse d'émissions en Europe dans sa totalité vient de trois pays uniquement : l'Allemagne, l'Espagne et les Pays-Bas. Il y n'a également pas de différence entre le scénario CP et sa version 'least cost' (scénario LC) en France. En Europe à 27 celle-ci est faible.

Tableau 12 : Niveaux d'émissions de NH₃, selon les différents scénarios, en 2020, en kT, UE27

NH3 kT/an	2020				
	C&E-CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR
Austria	60	60	60	55	35
Belgium	77	77	77	73	68
Bulgaria	68	68	68	63	53
Cyprus	7	7	7	6	5
Czech Republic	77	77	77	69	56
Denmark	53	53	53	52	47
Estonia	11	11	11	10	7
Finland	30	30	30	28	25
France	650	650	650	536	379
Germany	594	566	566	444	338
Greece	48	48	48	41	34
Hungary	90	90	90	65	49
Ireland	104	104	104	95	84
Italy	389	390	390	331	252
Latvia	15	15	15	11	8
Lithuania	40	40	40	34	24
Luxembourg	6	6	6	6	4
Malta	3	3	3	3	2
Netherlands	138	130	129	125	118
Poland	313	313	313	267	203
Portugal	70	70	70	60	42
Romania	177	177	177	141	86
Slovak Republic	32	32	32	28	17
Slovenia	21	21	21	17	13
Spain	370	353	353	297	210
Sweden	51	51	51	46	37
United Kingdom	267	267	268	236	198
EU-27	3 763	3 711	3 709	3 139	2 394

La réduction supplémentaire d'émissions entre le scénario LC et le scénario optimisé (TSAP) s'élève à 114 kT pour la France (Tableau 13). La mise en place de toutes les technologies de réduction d'émissions se trouvant dans GAINS amènerait une réduction supplémentaire de 157 kT (-271 kT par rapport au scénario LC).

Tableau 13 : Réductions d'émissions de NH₃ par rapport à la 'baseline' LC, en 2020, en kT, UE27

Réductions d'émissions par rapport à LC, NH ₃	2020	
	TSAP-LC	MRR-LC
kT/an		
Austria	-5	-25
Belgium	-4	-9
Bulgaria	-5	-15
Cyprus	-1	-2
Czech Republic	-8	-21
Denmark	-2	-6
Estonia	-1	-4
Finland	-2	-6
France	-114	-271
Germany	-121	-228
Greece	-7	-14
Hungary	-25	-41
Ireland	-9	-20
Italy	-59	-137
Latvia	-4	-7
Lithuania	-6	-16
Luxembourg	0	-1
Malta	0	-1
Netherlands	-4	-11
Poland	-46	-110
Portugal	-10	-28
Romania	-36	-92
Slovak Republic	-4	-15
Slovenia	-3	-8
Spain	-55	-143
Sweden	-5	-14
United Kingdom	-31	-70
EU-27	-570	-1 316

En termes absolus, c'est la France qui a le plus haut niveau d'émissions de NH₃, en Europe, aussi bien dans le scénario CLE que dans le scénario optimisé, et c'est également la France qui doit avec l'Allemagne réduire le plus, et de loin, ses émissions entre les scénarios LC et TSAP.

3.1.4.1 SCENARIO CLE

Exprimé en ratio émissions / PIB¹³, le niveau d'émissions de NH₃, en France se situe légèrement au dessus de la moyenne européenne pour le scénario CLE (Graphique 16).

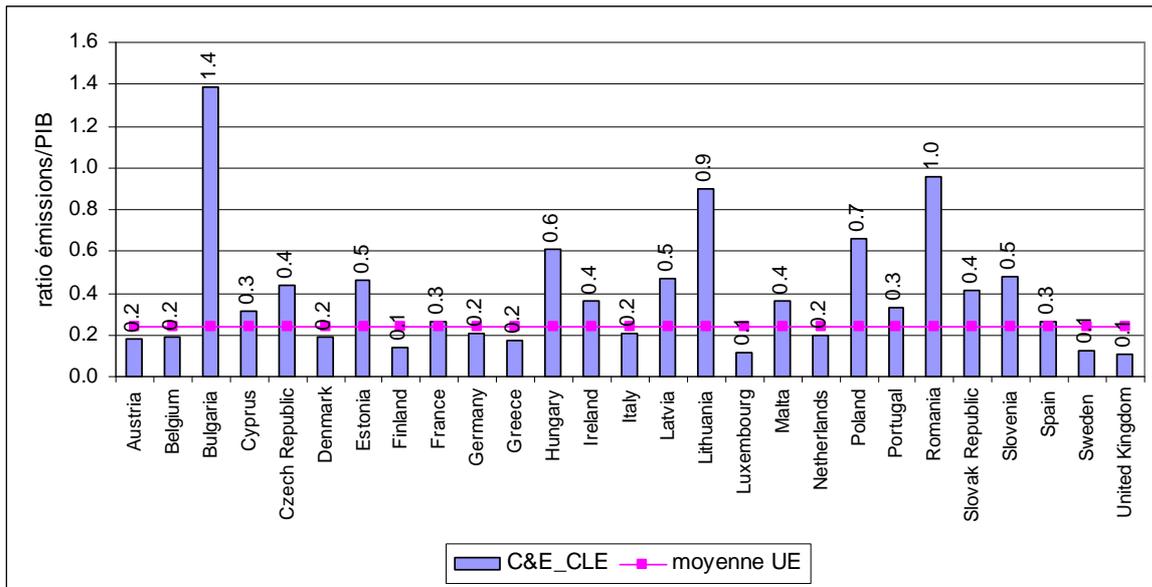


Figure 16 : Niveau d'émissions de NH₃ correspondant au scénario CLE, 2020, ratio émissions/PIB

¹³ Il aurait été plus juste pour ce polluant d'utiliser la valeur ajoutée créée par le secteur agricole, toutefois, ces données ne sont pas disponibles dans GAINS.

3.1.4.2 SCENARIO LC

La même chose est vraie pour le scénario LC (Graphique 17).

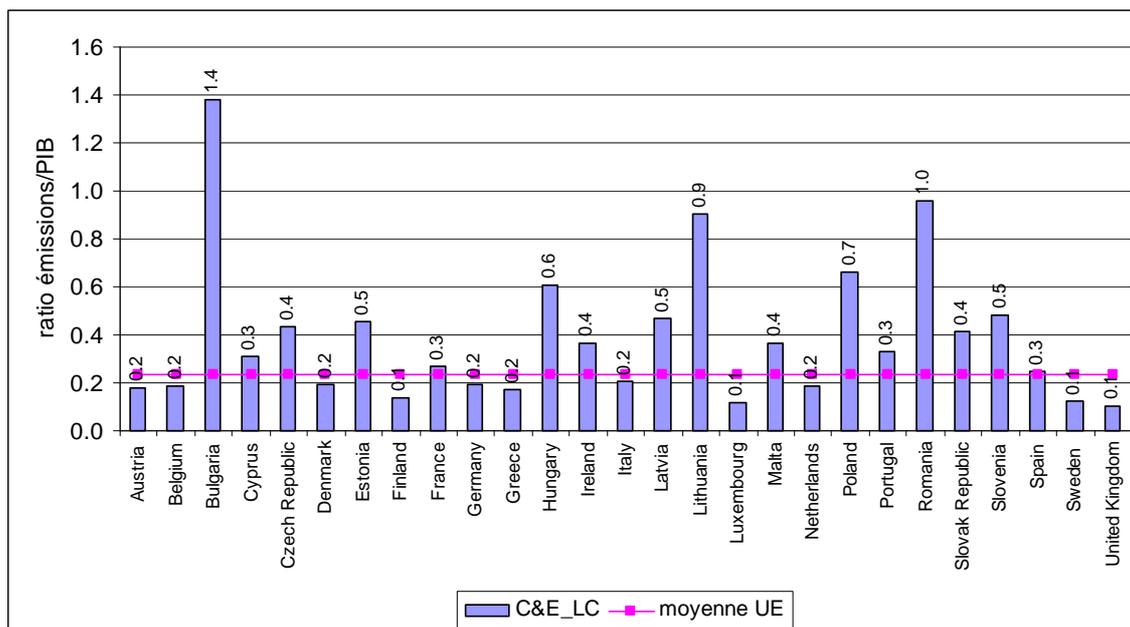


Figure 17 : Niveau d'émissions de NH3 correspondant au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

3.1.4.3 SCENARIO OPTIMISE

La réduction d'émissions entre les scénarios TSAP et LC est légèrement plus grande en France qu'en moyenne sur l'Europe (Graphique 19). Toutefois, la France reste légèrement au dessus de la moyenne pour le ratio émissions / PIB dans le scénario optimisé (Graphique 18).

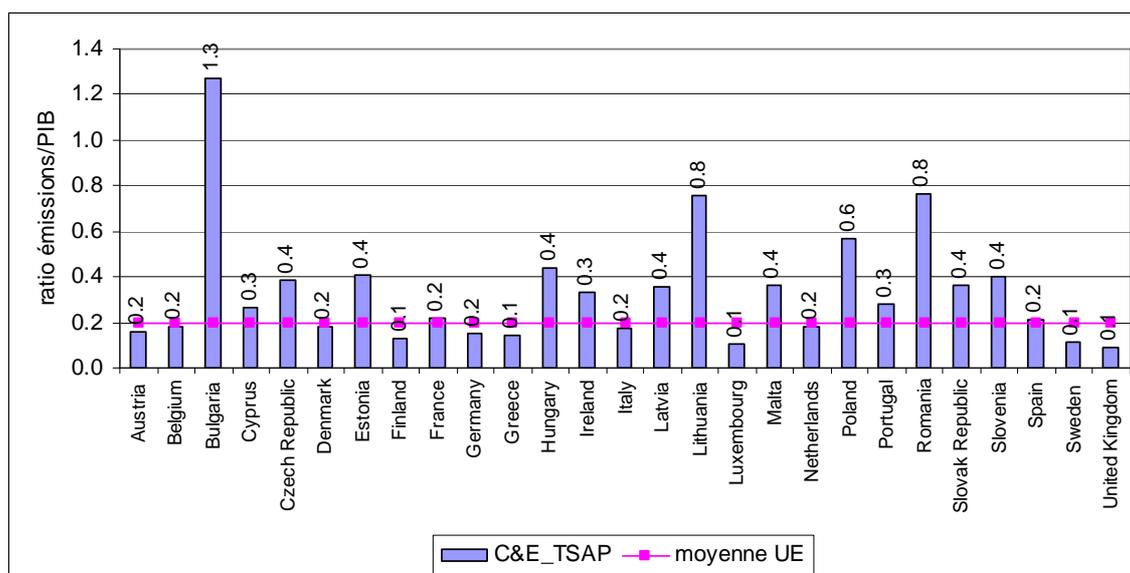


Figure 18 : Niveau d'émissions de NH3 correspondant au scénario optimisé, 2020, ratio émissions/PIB

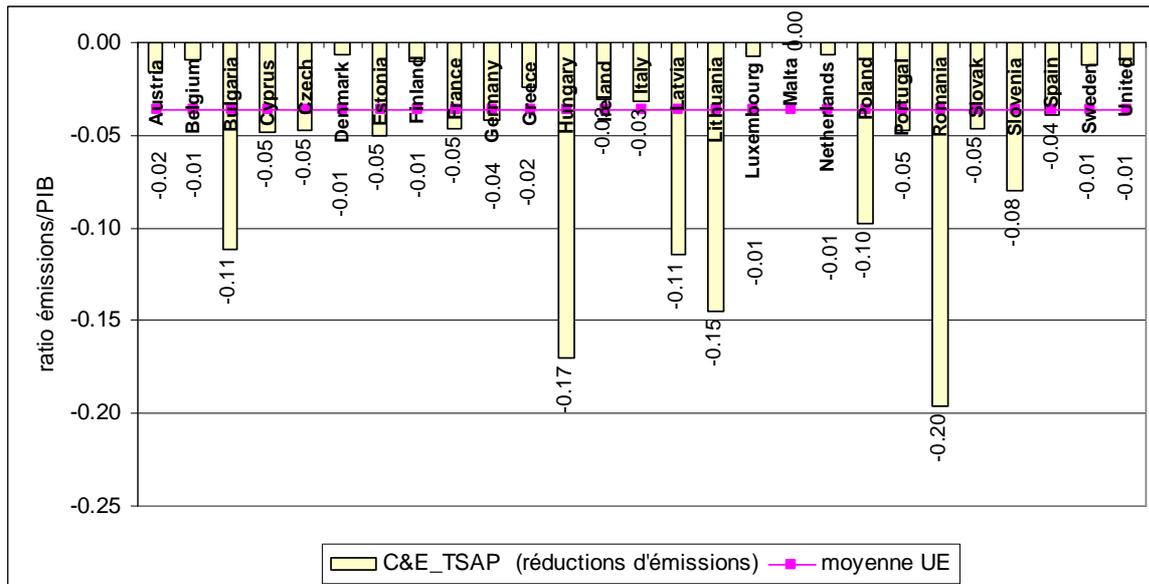


Figure 19 : Réduction d'émissions de NH3 correspondant au scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

3.1.5 COV

Pour la France, les émissions des COV baissent légèrement entre les scénarios CLE et CP, en raison de nouvelles réglementations prises en compte dans CP. En revanche, il n'y a pas de différence entre le scénario CP et sa variante 'least cost' (scénario LC) (Tableau 14). L'optimisation (scénario TSAP) n'entraîne pas non plus de réductions d'émissions pour la France. Le plafond d'émissions du scénario optimisé (TSAP) se situe exactement au niveau du scénario 'baseline' version LC, donc au niveau atteint, *a priori*, avec la réglementation actuelle. Plusieurs autres pays sont dans ce cas.

En mettant toutes les techniques en place qui se trouvent dans le modèle GAINS (scénario MRR), la France pourrait réduire ses émissions de 267 kT supplémentaires par rapport au scénario LC (Tableau 15).

Contrairement à la France, les différents scénarios conduisent à des réductions d'émissions successives pour l'Europe dans sa totalité.

En termes absolus, deux pays émettent plus de COV que la France, aussi bien dans le scénario CLE que dans le scénario optimisé : l'Allemagne et le Royaume-Uni.

Tableau 14 : Niveaux d'émissions des COV, dans les différents scénarios, en 2020, en kT, UE27

COV kT/an	2020				
	C&E-CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR
Austria	122	120	120	120	77
Belgium	130	128	128	127	109
Bulgaria	88	87	87	85	44
Cyprus	6	6	6	6	5
Czech Republic	182	181	181	181	78
Denmark	74	73	73	73	47
Estonia	22	21	21	20	13
Finland	89	88	88	88	57
France	762	756	756	756	489
Germany	875	868	867	865	596
Greece	138	138	138	130	78
Hungary	97	96	96	94	52
Ireland	50	50	50	50	28
Italy	684	681	681	669	506
Latvia	42	42	42	40	16
Lithuania	54	54	54	50	30
Luxembourg	8	7	7	7	6
Malta	3	3	3	3	2
Netherlands	163	161	161	161	129
Poland	364	361	361	358	206
Portugal	168	167	167	167	110
Romania	341	339	339	314	135
Slovak Republic	52	52	52	51	34
Slovenia	31	31	31	30	15
Spain	850	663	662	652	523
Sweden	124	123	123	123	98
United Kingdom	862	856	855	855	657
EU-27	6 381	6 151	6 146	6 072	4 138

Tableau 15 : Réductions d'émissions de COV par rapport à la 'baseline' LC, en 2020, en kT, UE27

Réductions d'émissions par rapport à LC, COV kT/an	2020	
	TSAP-LC	MRR-LC
Austria	0	-43
Belgium	-1	-19
Bulgaria	-2	-43
Cyprus	0	-1
Czech Republic	-1	-103
Denmark	0	-26
Estonia	-1	-9
Finland	0	-31
France	0	-267
Germany	-2	-271
Greece	-8	-60
Hungary	-2	-44
Ireland	0	-21
Italy	-12	-175
Latvia	-1	-25
Lithuania	-3	-24
Luxembourg	0	-1
Malta	0	-1
Netherlands	0	-32
Poland	-3	-155
Portugal	-1	-58
Romania	-25	-204
Slovak Republic	-1	-18
Slovenia	-1	-15
Spain	-10	-139
Sweden	0	-25
United Kingdom	0	-198
EU-27	-74	-2 008

3.1.5.1 SCENARIO CLE

Malgré son niveau élevé d'émissions de COV en termes absolus, la France se situe en dessous de la moyenne européenne si on considère le ratio émissions / PIB (Graphique 20).

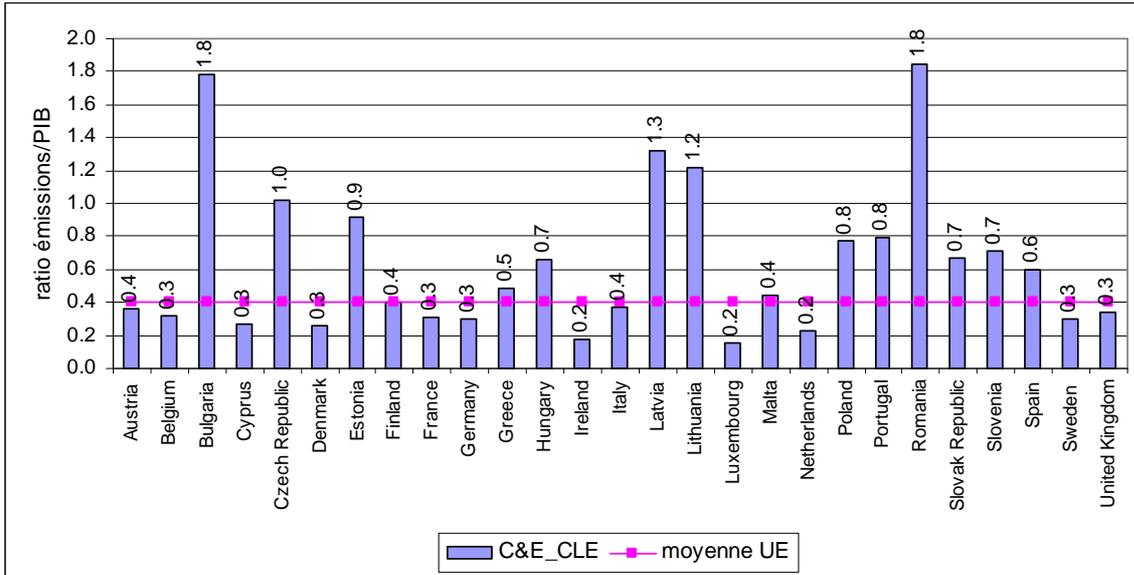


Figure 20 : Niveau d'émissions des COV correspondant au scénario CLE, 2020, ratio émissions/PIB

3.1.5.2 SCENARIO LC

Le ratio émissions de COV / PIB de la France se situe en dessous de la moyenne européenne également dans le scénario LC (Graphique 21).

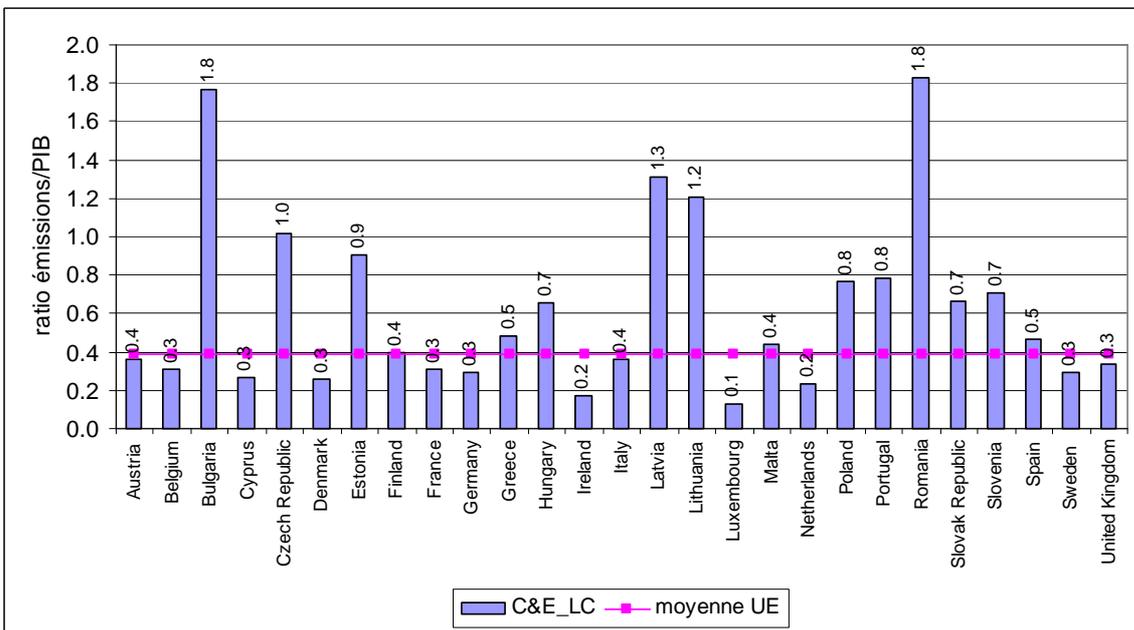


Figure 21 : Niveau d'émissions des COV correspondant au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

3.1.5.3 SCENARIO OPTIMISE

Le niveau d'émissions de COV / PIB de la France se situe en dessous de la moyenne européenne dans le scénario optimisé également (Graphique 22) et aucune réduction supplémentaire de COV n'est demandée dans le scénario optimisé (Graphique 23).

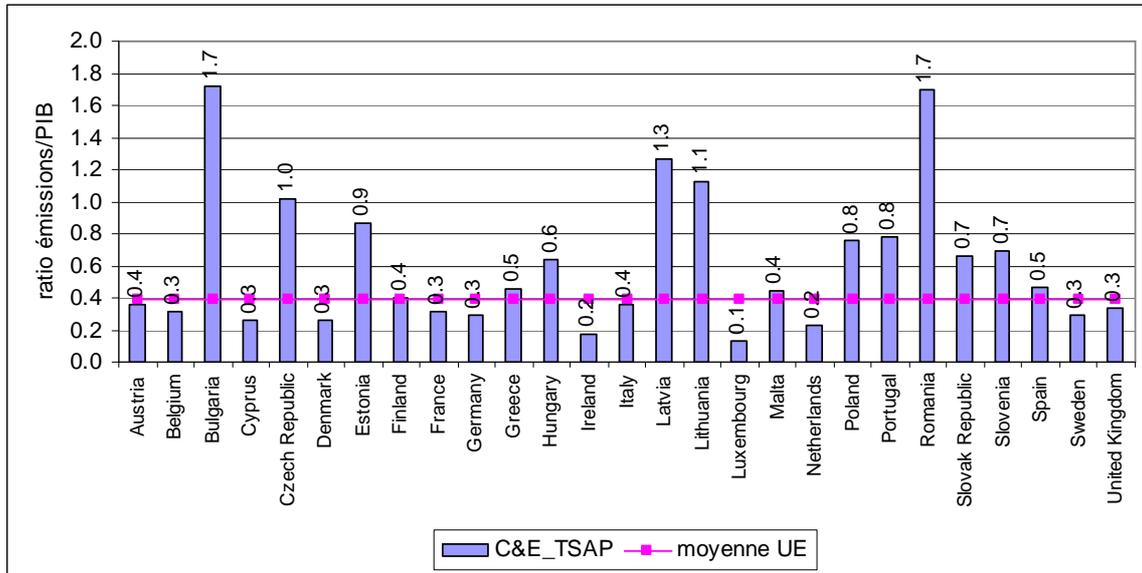


Figure 22 : Niveau d'émissions des COV correspondant au scénario optimisé, 2020, ratio émissions/PIB

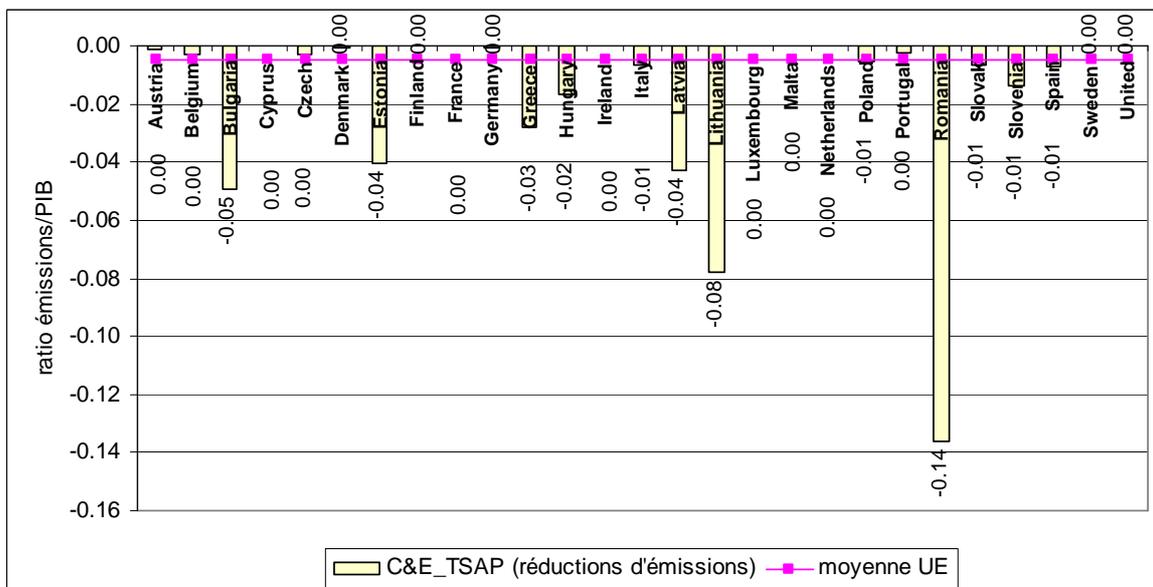


Figure 23 : Réduction d'émissions des COV correspondant au scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

3.2 LES COÛTS TOTAUX POUR LES 5 POLLUANTS NEC

Ci-après sont présentés des tableaux des coûts totaux pour la réduction des cinq polluants NEC selon trois scénarios modélisés par l'IIASA (CLE, LC et TSAP) et les 27 pays européens.¹⁴ Les coûts additionnels, du scénario TSAP par rapport à la 'baseline' LC sont également calculés. Les ratios coûts / PIB des pays sont présentés en forme de graphiques.

Comme le montre le Tableau 17, pour la France, l'introduction de nouvelles réglementations dans la 'baseline' porte le coût du scénario CLE (9,8 milliards d'euros par an en 2020) à 10,1 milliards d'euros dans le scénario CP ('current policy'). La version 'à moindre coût' de ce scénario (scénario LC) est légèrement moins coûteuse. Les niveaux optimaux d'émissions qui ont été modélisés dans le scénario TSAP (scénario optimisé) impliquent pour la France des coûts additionnels de 193 millions d'euros par an en 2020 (scénario optimisé par rapport au scénario LC). La mise en place de toutes les technologies se trouvant dans le modèle GAINS entraînerait des coûts additionnels de 10,5 milliards d'euros par an en 2020 (Tableau 18).

Pour l'Union européenne les scénarios suivent à peu près la même tendance (Tableau 17). Les coûts additionnels du scénario optimisé par rapport au scénario LC s'élèvent à 1,49 milliards d'euros/an en 2020. Par rapport aux coûts totaux de la 'baseline', ce n'est pas une somme très élevée (elle en représente 1,9 %). Il faut néanmoins noter que ceci est en partie dû au fait que, par rapport à l'analyse menée sous le programme CAFE, plusieurs nouvelles réglementations ont été introduites dans la 'baseline' et leurs coûts ont été alors attribués à celle-ci, et enlevés des coûts additionnels :

- Les normes EURO 5 et 6 pour les véhicules utilitaires légers (et donc leurs coûts) se trouvant parmi les mesures additionnelles lors de l'analyse CAFE ont maintenant été prises en compte dans le scénario CLE.
- La norme EURO VI pour les véhicules utilitaires lourds ainsi que la proposition de la Directive IPPC pour les grandes sources fixes ont été ajoutées dans les scénarios CP et LC du dernier rapport de l'IIASA (Amann et al, 2008).

Le Tableau 16 montre comment les coûts des scénarios modélisés ont évolué entre l'analyse CAFE (Amann et al, 2005 a et b), à travers les scénarios de l'IIASA datant de juin 2007 (Amann et al, juin 2007 a et b) et jusqu'aux scénarios actuels (Amann et al, 2008). On observe notamment que les coûts du scénario 'baseline' de référence ont augmenté à travers les trois analyses comparées, tandis que les coûts additionnels baissent.

Ceci est en partie dû à l'introduction successive, dans la 'baseline' de nouvelles directives européennes. D'autres explications concernent, entre autres, l'évolution du scénario PRIMES, mais également les différentes projections agricoles qui ont été utilisées dans les différentes analyses de l'IIASA. D'autres modifications méthodologiques, et la mise à jour de certaines données d'entrée ont également eu lieu. Enfin, le nombre de pays pris en compte n'est pas le même dans l'analyse CAFE et les analyses suivantes.

¹⁴ Les coûts de réduction d'émissions par polluant sont présentés dans la partie suivante. Une telle allocation de coûts à des polluants individuels est quelque part arbitraire lorsqu'il s'agit de coûts de technologies ayant un effet sur plusieurs polluants.

Tableau 16 : Evolution des coûts depuis l'analyse CAFE

tous polluants, millions d'euros/an en 2020		coûts totaux			coûts additionnels
analyses	scénarios	CLE	baseline' de référence (*)	optimisé	optimisé par rapport à la 'baseline' de référence
rapports CAFE 2005	France	7 796		8 973	1 177
	UE25	65 862		73 011	7 149
rapports NEC 2007	France	10 543	10 035	10 358	323
	UE27	68 851	67 767	69 620	1 853
rapport NEC 2008	France	9 811	10 091	10 284	193
	UE27	76 917	79 962	81 452	1 490

(*) CLE dans l'analyse CAFE (Amann et al, 2005 a et b), scénario 'benchmark' dans l'analyse datant de juin 2007 (Amann et al, 2007 a et b), scénario LC dans l'analyse datant de juillet 2008 (Amann et al, 2008).

Pour revenir aux scénarios actuels, en termes absolus, c'est l'Allemagne qui rencontre les coûts de dépollution les plus élevés, aussi bien dans le scénario CLE que dans le scénario optimisé. Elle est suivie de la France, et ensuite de l'Italie, de l'Espagne et de la Pologne (Tableaux 17 et 18).

Tableau 17 : Coûts de réduction des 5 polluants NEC en 2020 selon les cinq scénarios, pour les pays UE27, en M€/an

tous polluants atmosphériques	2020				
	millions €/an	C&E-CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP
Austria	1 581	1 604	1 601	1 615	2 611
Belgium	1 923	1 956	1 951	1 987	2 547
Bulgaria	984	1 056	1 054	1 072	1 937
Cyprus	165	172	172	175	228
Czech Republic	1 807	1 939	1 933	1 976	3 643
Denmark	1 225	1 241	1 239	1 254	2 045
Estonia	253	300	300	303	525
Finland	913	980	975	986	1 912
France	9 811	10 099	10 091	10 284	20 605
Germany	14 407	14 884	14 867	15 077	20 099
Greece	1 816	1 865	1 857	1 868	2 847
Hungary	1 069	1 105	1 103	1 142	1 908
Ireland	755	771	760	818	1 309
Italy	8 852	9 069	9 035	9 220	12 898
Latvia	420	434	434	440	1 063
Lithuania	420	454	453	478	1 112
Luxembourg	305	328	328	329	364
Malta	137	149	148	148	167
Netherlands	2 962	3 137	3 128	3 138	4 094
Poland	7 333	7 694	7 680	7 836	11 869
Portugal	1 602	1 659	1 655	1 688	2 714
Romania	2 015	2 125	2 116	2 196	6 780
Slovak Republic	507	534	531	550	1 068
Slovenia	356	373	372	383	527
Spain	8 060	8 628	8 621	8 808	13 054
Sweden	1 616	1 669	1 667	1 687	2 261
United Kingdom	5 627	5 908	5 890	5 997	9 833
EU-27	76 917	80 133	79 962	81 452	130 020

Source : GAINS-online. Calculs : INERIS.

Tableau 18 : Coûts additionnels de réduction des 5 polluants NEC par rapport à la 'baseline' LC, en 2020, en M€/an

coûts additionnels par rapport à LC, tous polluants atmosphériques	2020	
	TSAP-LC	MRR-LC
millions €/an		
Austria	14	1 009
Belgium	36	597
Bulgaria	17	883
Cyprus	3	55
Czech Republic	43	1 710
Denmark	15	806
Estonia	3	225
Finland	11	938
France	193	10 514
Germany	210	5 232
Greece	11	990
Hungary	39	805
Ireland	57	549
Italy	185	3 864
Latvia	7	629
Lithuania	25	659
Luxembourg	1	36
Malta	0	19
Netherlands	10	966
Poland	156	4 189
Portugal	32	1 059
Romania	80	4 665
Slovak Republic	19	537
Slovenia	11	155
Spain	187	4 433
Sweden	19	594
United Kingdom	106	3 943
EU-27	1 490	50 057

3.2.1.1 SCENARIO CLE

En ratio coûts / PIB, la France ne rencontre pas des coûts supérieurs à la moyenne européenne (Graphique 24).

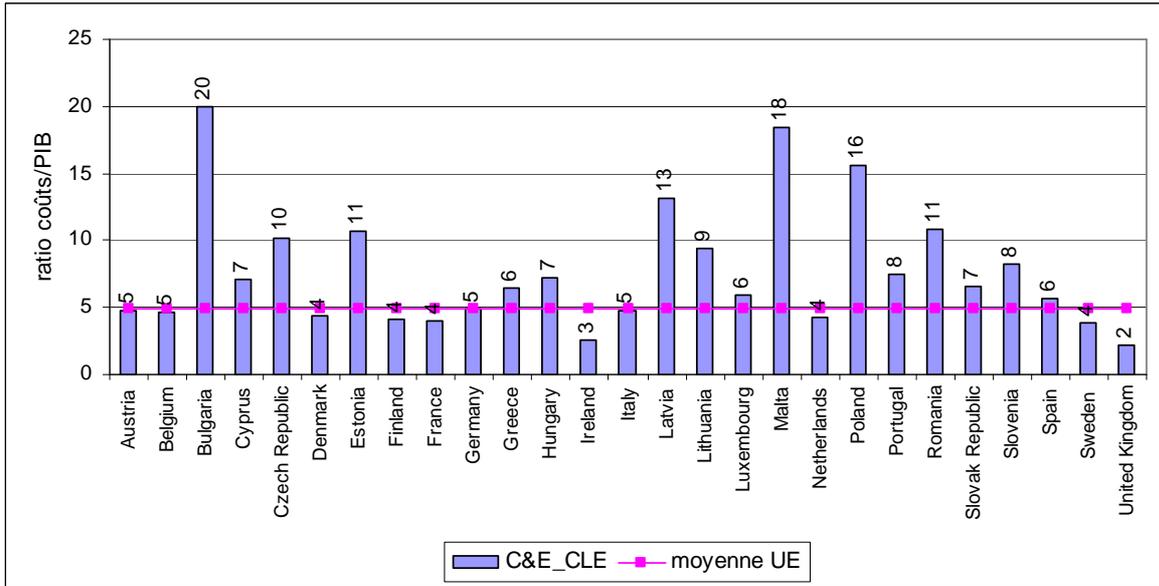


Figure 24 : Coûts de réduction des 5 polluants NEC correspondant au scénario CLE, 2020, ratio coûts/PIB

3.2.1.2 SCENARIO LC

La situation de la France est identique dans le scénario LC (Graphique 25).

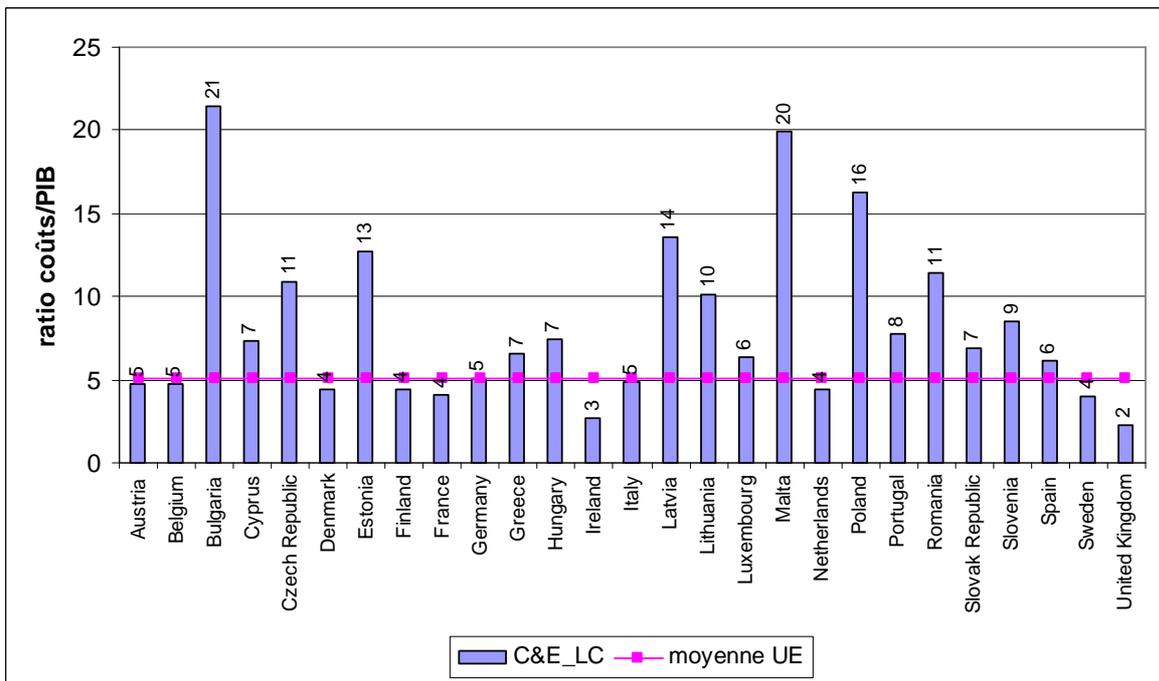


Figure 25 : Coûts de réduction des 5 polluants NEC correspondant au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

3.2.1.3 SCENARIO OPTIMISE

Dans le scénario optimisé, le ratio coûts / PIB de la France reste en dessous de la moyenne européenne (Graphique 26). Et les coûts additionnels correspondant au

scénario optimisé se situent également en dessous de la moyenne sur l'UE-27 si on utilise le même indicateur (Graphique 27).

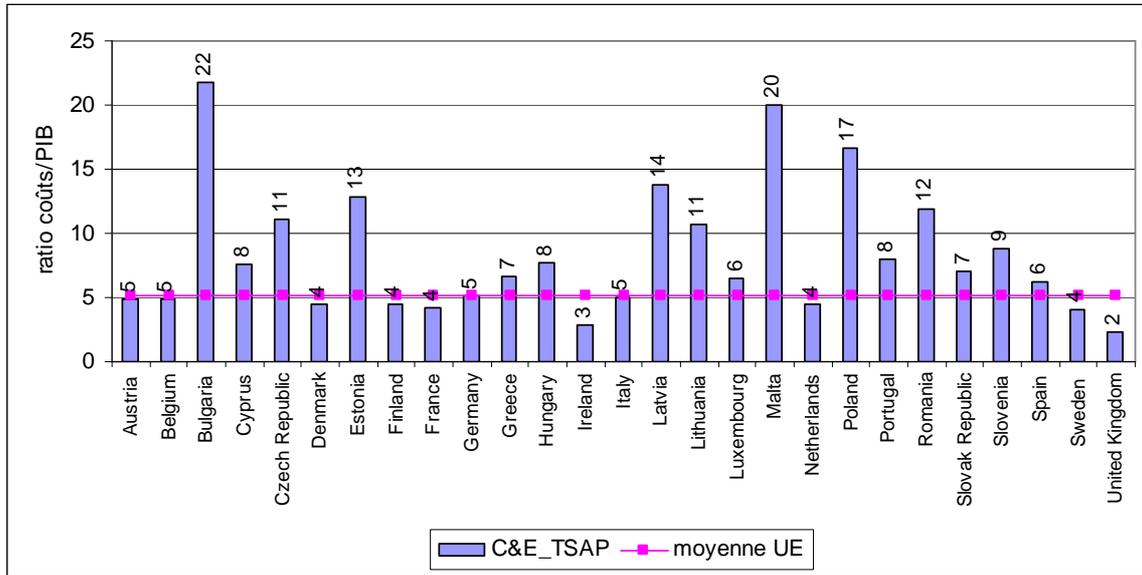


Figure 26 : Coûts de réduction des 5 polluants NEC correspondant au scénario optimisé, 2020, ratio coûts/PIB

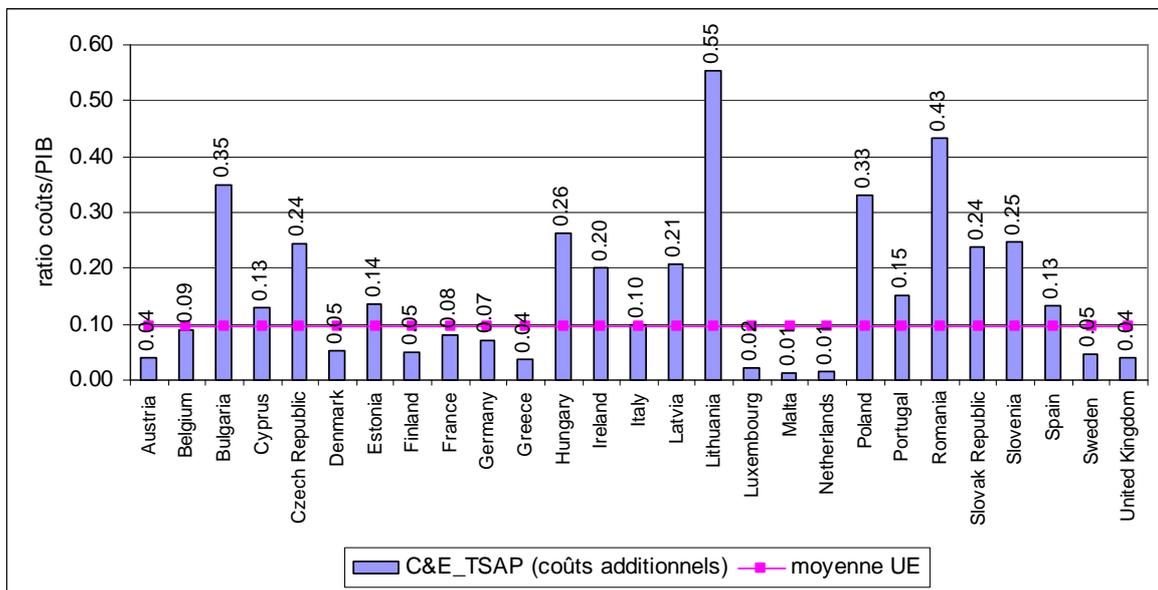


Figure 27 : Coûts additionnels de réduction des 5 polluants NEC, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

3.3 LA REPARTITION DES COÛTS ENTRE LES 5 POLLUANTS NEC

Les coûts de réduction d'émissions par polluant sont présentés et analysés pour la France, et comparés à ceux d'autres pays, dans cette partie. Une telle allocation de coûts à des polluants individuels est quelque part arbitraire lorsqu'il s'agit de coûts de technologies ayant un effet sur plusieurs polluants. Ceci est notamment le cas pour les normes Euro dans le secteur du transport.

Lorsqu'une technologie affecte plusieurs polluants, ses coûts totaux sont attribués au polluant 'principal'. Notamment, lorsqu'une mesure réduit, entre autres, les émissions des NOx, l'IIASA attribue les coûts de cette mesure aux seuls NOx. La deuxième priorité est donnée aux particules. Ceci a un impact sur les résultats présentés ci-après. Par exemple, les NOx apparaissent comme le principal poste de coût dans les scénarios CLE, CP, LC et TSAP. Ceci pourrait être un biais du notamment au fait que les coûts des mesures concernant les sources mobiles sont affectés aux NOx.

Pour chaque polluant NEC individuellement, les coûts pour la réduction d'émissions qui correspondent aux scénarios CLE, CP, LC, TSAP et MRR sont présentés. On présente également des tableaux des coûts additionnels pour respecter les nouveaux plafonds en 2020 (tels que proposés par le scénario TSAP) par rapport au scénario 'baseline' LC. Ensuite, des graphiques présentant des ratios coûts / PIB permettent de comparer la position de la France avec celle des autres pays européens et notamment avec la moyenne européenne. Cette comparaison met l'accent sur trois scénarios : CLE, LC et TSAP.

3.3.1 LES COÛTS PAR POLLUANT POUR LES SCENARIOS CLE, LC ET TSAP : VISION D'ENSEMBLE

Avant de présenter l'évolution des coûts de dépollution pour chaque polluant individuellement selon les différents scénarios (parties 3.3.2 à 3.3.6), la répartition des coûts totaux NEC sur les 5 polluants est présentée pour les scénarios CLE, LC et optimisé (TSAP). Ici l'accent est mis sur une description de la structure des coûts entre les différents polluants et leur répartition à travers les différents pays.

3.3.1.1 SCENARIO CLE

Dans le scénario CLE ('current législation') c'est la réduction d'émissions des NOx qui est la plus coûteuse en France, suivie par les coûts de réduction de PM_{2,5}, de SO₂ et de COV (Tableau 19). Les coûts pour le NH₃ sont relativement faibles. Cet ordre des polluants est différent pour l'UE27 (SO₂ en seconde position).

Il y a trois pays pour lesquels la réduction des NOx est plus coûteuse, en termes absolus, qu'en France : l'Allemagne, l'Italie et l'Espagne. Pour le SO₂ la Pologne rencontre également des coûts plus élevés que la France. Concernant les PM_{2,5}, les coûts de réduction d'émissions sont les plus élevés en France. Seule l'Allemagne affiche des valeurs comparables. Les coûts de réduction des COV sont les plus élevés en Allemagne, directement suivie par la France. Concernant le NH₃, la France ne se situe qu'en huitième position.

Concernant les COV, les coûts négatifs présents dans un certain nombre de pays s'expliquent par des mesures comme l'utilisation de peinture sans solvants ou de revêtements à faible teneur en solvants, qui permettent de réaliser des économies.

Tableau 19 : Coûts par polluant NEC en 2020, scénario CLE, pour les pays UE27, en M€/an et en % de la somme des coûts pour les 5 polluants NEC

CLE	2020, M€/an					2020, % des coûts totaux				
	millions €/an	NOx	SO2	PM _{2,5}	COV	NH3	NOx	SO2	PM _{2,5}	COV
Austria	842	346	298	78	18	53%	22%	19%	5%	1%
Belgium	919	505	190	180	128	48%	26%	10%	9%	7%
Bulgaria	573	185	223	-12	15	58%	19%	23%	-1%	1%
Cyprus	120	33	7	0	6	73%	20%	4%	0%	4%
Czech Republic	888	461	339	31	88	49%	26%	19%	2%	5%
Denmark	398	207	158	12	452	32%	17%	13%	1%	37%
Estonia	130	36	88	-5	3	51%	14%	35%	-2%	1%
Finland	486	234	192	-51	53	53%	26%	21%	-6%	6%
France	5 126	1 408	2 166	1 009	102	52%	14%	22%	10%	1%
Germany	7 474	3 381	2 091	1 165	297	52%	23%	15%	8%	2%
Greece	1 298	378	194	-62	7	72%	21%	11%	-3%	0%
Hungary	721	154	115	-6	85	67%	14%	11%	-1%	8%
Ireland	372	213	75	56	38	49%	28%	10%	7%	5%
Italy	6 121	2 079	769	-325	208	69%	23%	9%	-4%	2%
Latvia	256	51	136	-25	3	61%	12%	32%	-6%	1%
Lithuania	292	61	97	-42	11	70%	14%	23%	-10%	3%
Luxembourg	223	72	8	2	0	73%	24%	3%	1%	0%
Malta	122	15	2	-2	0	89%	11%	2%	-2%	0%
Netherlands	1 300	410	336	371	544	44%	14%	11%	13%	18%
Poland	4 655	1 512	1 153	-127	140	63%	21%	16%	-2%	2%
Portugal	1 087	317	201	-19	17	68%	20%	13%	-1%	1%
Romania	864	384	767	-35	36	43%	19%	38%	-2%	2%
Slovak Republic	290	117	128	-46	18	57%	23%	25%	-9%	4%
Slovenia	196	105	35	8	12	55%	29%	10%	2%	3%
Spain	5 171	1 874	666	24	325	64%	23%	8%	0%	4%
Sweden	1 004	294	237	34	47	62%	18%	15%	2%	3%
United Kingdom	3 783	568	604	557	114	67%	10%	11%	10%	2%
EU-27	44 711	15 397	11 274	2 771	2 765	58%	20%	15%	4%	4%

Source : GAINS-online. Calculs : INERIS.

3.3.1.2 SCENARIO LC

Le Tableau 20 montre la répartition des coûts totaux du scénario LC pour les 5 polluants NEC. La répartition des coûts à travers les différents polluants pour la France et l'Europe dans sa totalité, ainsi que la répartition des coûts entre pays, restent comparables à celles du scénario CLE.

La seule exception sont les coûts de réduction des COV qui sont le plus élevés en France dans le scénario LC, directement suivie par l'Allemagne.

Tableau 20 : Coûts par polluant NEC en 2020, scénario LC, pour les pays UE27, en M€/an et en % de la somme des coûts pour les 5 polluants NEC

LC	2020, M€/an					2020, % des coûts totaux				
	millions €/an	NOx	SO2	PM _{2,5}	COV	NH3	NOx	SO2	PM _{2,5}	COV
Austria	888	345	298	53	18	55%	22%	19%	3%	1%
Belgium	963	503	191	167	127	49%	26%	10%	9%	7%
Bulgaria	624	203	226	-13	15	59%	19%	21%	-1%	1%
Cyprus	126	34	7	0	6	73%	20%	4%	0%	3%
Czech Republic	969	507	342	28	88	50%	26%	18%	1%	5%
Denmark	412	207	157	11	452	33%	17%	13%	1%	36%
Estonia	139	74	89	-5	3	46%	25%	30%	-1%	1%
Finland	512	260	202	-52	52	53%	27%	21%	-5%	5%
France	5 287	1 549	2 155	998	102	52%	15%	21%	10%	1%
Germany	7 864	3 450	2 092	953	508	53%	23%	14%	6%	3%
Greece	1 339	381	195	-64	7	72%	20%	11%	-3%	0%
Hungary	756	155	115	-7	85	68%	14%	10%	-1%	8%
Ireland	385	206	76	56	38	51%	27%	10%	7%	5%
Italy	6 328	2 057	769	-327	208	70%	23%	9%	-4%	2%
Latvia	270	51	136	-26	3	62%	12%	31%	-6%	1%
Lithuania	322	65	98	-42	11	71%	14%	22%	-9%	2%
Luxembourg	247	72	8	2	0	75%	22%	2%	0%	0%
Malta	134	14	2	-2	0	90%	10%	1%	-1%	0%
Netherlands	1 391	435	336	367	599	44%	14%	11%	12%	19%
Poland	4 935	1 579	1 161	-135	140	64%	21%	15%	-2%	2%
Portugal	1 131	324	204	-20	17	68%	20%	12%	-1%	1%
Romania	951	400	772	-42	36	45%	19%	36%	-2%	2%
Slovak Republic	313	120	128	-47	18	59%	23%	24%	-9%	3%
Slovenia	206	111	35	8	12	55%	30%	9%	2%	3%
Spain	5 386	1 898	707	251	379	62%	22%	8%	3%	4%
Sweden	1 069	293	237	22	47	64%	18%	14%	1%	3%
United Kingdom	3 989	636	609	543	114	68%	11%	10%	9%	2%
EU-27	46 934	15 927	11 344	2 675	3 083	59%	20%	14%	3%	4%

Source : GAINS-online. Calculs : INERIS.

3.3.1.3 SCENARIO OPTIMISE

Dans le scénario optimisé c'est toujours la réduction d'émissions des NOx qui est la plus coûteuse en France, suivie par les coûts de réduction des PM_{2,5}, du SO₂,

des COV et du NH₃ (Tableau 21), tandis qu'en Europe la réduction du SO₂ prend la deuxième place en termes de coûts avant les PM_{2,5}.

La répartition des coûts, par polluant, entre les pays est la même que pour le scénario LC, avec l'exception que la France prend dans le scénario optimisé le sixième place en termes de coûts de réduction de NH₃.

Tableau 21 : Coûts par polluant NEC en 2020, scénario optimisé, pour les pays UE27, en M€/an et en % de la somme des coûts pour les 5 polluants NEC

TSAP	2020, M€/an					2020, % des coûts totaux				
	millions €/an	NOx	SO2	PM _{2,5}	COV	NH3	NOx	SO2	PM _{2,5}	COV
Austria	892	345	299	53	26	55%	21%	18%	3%	2%
Belgium	971	514	200	167	135	49%	26%	10%	8%	7%
Bulgaria	630	203	232	-13	19	59%	19%	22%	-1%	2%
Cyprus	126	34	7	0	9	72%	19%	4%	0%	5%
Czech Republic	989	516	345	28	98	50%	26%	17%	1%	5%
Denmark	417	207	158	11	460	33%	17%	13%	1%	37%
Estonia	141	74	89	-5	5	46%	24%	29%	-1%	1%
Finland	516	260	202	-52	58	52%	26%	21%	-5%	6%
France	5 307	1 564	2 176	998	240	52%	15%	21%	10%	2%
Germany	7 947	3 469	2 099	953	609	53%	23%	14%	6%	4%
Greece	1 340	381	196	-64	16	72%	20%	10%	-3%	1%
Hungary	763	167	117	-7	101	67%	15%	10%	-1%	9%
Ireland	387	209	77	56	89	47%	26%	9%	7%	11%
Italy	6 372	2 095	783	-327	297	69%	23%	8%	-4%	3%
Latvia	273	51	136	-26	6	62%	12%	31%	-6%	1%
Lithuania	325	67	98	-42	30	68%	14%	20%	-9%	6%
Luxembourg	247	72	8	2	1	75%	22%	2%	0%	0%
Malta	134	14	2	-2	0	90%	10%	1%	-1%	0%
Netherlands	1 392	435	338	367	607	44%	14%	11%	12%	19%
Poland	4 959	1 667	1 187	-135	159	63%	21%	15%	-2%	2%
Portugal	1 136	329	210	-20	32	67%	20%	12%	-1%	2%
Romania	970	425	791	-42	53	44%	19%	36%	-2%	2%
Slovak Republic	319	127	130	-47	21	58%	23%	24%	-9%	4%
Slovenia	207	113	35	8	19	54%	30%	9%	2%	5%
Spain	5 436	1 942	715	251	464	62%	22%	8%	3%	5%
Sweden	1 072	293	237	22	63	64%	17%	14%	1%	4%
United Kingdom	4 024	654	621	543	154	67%	11%	10%	9%	3%
EU-27	47 290	16 228	11 486	2 675	3 773	58%	20%	14%	3%	5%

Source : GAINS-online. Calculs : INERIS.

La situation change lorsqu'on considère les coûts additionnels (par rapport au scénario LC) de réduction d'émissions nécessaires pour respecter la TSAP : **les coûts deviennent dominés par la réduction de NH₃** (Tableau 22).

Tableau 22 : Les différences de coûts entre le scénario optimisé et le scénario LC pour les pays UE27, par polluant NEC, en M€/an et en % de la somme des coûts additionnels pour les 5 polluants NEC

TSAP (coûts additionnels)	2020, M€/an					2020, % des coûts				
	Millions €/an	NOx	SO2	PM _{2,5}	COV	NH3	NOx	SO2	PM _{2,5}	COV
Austria	4	0	1	0	9	29%	0%	7%	0%	64%
Belgium	8	11	10	0	8	22%	29%	26%	0%	23%
Bulgaria	6	1	6	0	5	34%	3%	36%	0%	27%
Cyprus	0	0	0	0	3	0%	0%	0%	0%	100%
Czech Republic	20	9	4	0	10	47%	21%	8%	0%	24%
Denmark	5	1	1	0	9	34%	3%	3%	0%	59%
Estonia	2	0	0	0	1	59%	0%	3%	0%	34%
Finland	4	0	1	0	6	37%	0%	5%	0%	59%
France	20	14	21	0	138	10%	7%	11%	0%	72%
Germany	83	20	7	0	100	40%	9%	3%	0%	48%
Greece	1	0	1	0	9	11%	0%	7%	0%	81%
Hungary	8	12	2	0	17	20%	32%	5%	0%	44%
Ireland	2	3	1	0	52	3%	5%	2%	0%	90%
Italy	44	38	14	0	89	23%	21%	8%	0%	48%
Latvia	3	0	1	0	3	45%	0%	12%	0%	44%
Lithuania	3	2	0	0	19	12%	9%	1%	0%	77%
Luxembourg	0	0	0	0	1	0%	18%	9%	0%	64%
Malta	0	0	0	0	0	100%	0%	0%	0%	0%
Netherlands	1	0	2	0	8	5%	0%	15%	0%	79%
Poland	24	88	26	0	19	15%	56%	16%	0%	12%
Portugal	5	5	7	0	16	16%	16%	20%	0%	48%
Romania	19	25	19	0	17	24%	32%	23%	0%	21%
Slovak Republic	6	8	2	0	3	35%	42%	9%	0%	14%
Slovenia	1	3	0	0	7	8%	24%	3%	0%	65%
Spain	50	44	8	0	86	27%	23%	4%	0%	46%
Sweden	3	0	0	0	16	15%	0%	1%	0%	84%
United Kingdom	36	18	12	0	40	34%	17%	11%	0%	38%
EU-27	356	301	142	0	690	24%	20%	10%	0%	46%

Source : GAINS-online. Calculs : INERIS.

Pour la France, les coûts additionnels pour la réduction du NH₃ sont les plus élevés (138 millions d'euros/an en 2020). Ces coûts sont comparables pour les PM_{2,5} et les NOx (21 et 20 millions d'euros/an respectivement). Les coûts additionnels pour réduire le SO₂ au niveau optimal dans le scénario optimisé s'élèvent à 14 millions d'euros/an en 2020. Comme le scénario optimisé n'impose pas de réduction d'émissions de COV par rapport à la 'baseline' version LC, il n'y a pas non plus de coûts additionnels pour ce polluant.

L'ammoniac mis de côté, la structure des coûts en France diffère de celle pour l'UE27. Ici, c'est la réduction des NOx qui prend la deuxième place en terme de coûts additionnels, suivie le SO₂ puis les PM_{2,5}.

Comme cela a été montré dans la partie 3.1.5, le niveau d'émissions des COV du scénario optimisé est légèrement plus faible que celui du scénario LC pour un certain nombre de pays européens. Ceci semble être un effet de mesures dont les coûts sont attribués à d'autres polluants, car les coûts additionnels pour la réduction des COV du scénario optimisé sont nuls pour tous les pays.

Pour la réduction des NOx il y a cinq pays où les coûts additionnels sont plus élevés qu'en France : l'Allemagne, l'Espagne, l'Italie, le Royaume-Uni et la Pologne. Pour le SO₂ la Roumanie et le Royaume-Uni rencontrent également des coûts additionnels plus élevés que la France. **Concernant les PM_{2,5}, ce n'est qu'en Pologne que les coûts additionnels de réduction d'émissions sont plus élevés qu'en France, et ces coûts sont les plus élevés en France pour la réduction du NH₃.**

Dans les parties 3.3.2 à 3.3.6 ci-après les coûts pour la réduction de chaque polluant sont présentés plus en détail, et notamment sous l'angle d'un polluant à travers les différents scénarios.

3.3.2 NOx

En raison de l'introduction de nouvelles Directives européennes dans la version CP ('current policy') de la 'baseline', les coûts augmentent par rapport au scénario CLE ('current legislation), aussi bien pour la France que pour l'Europe dans sa totalité (Tableau 23). Par rapport au scénario CP, la version 'à moindre coût' (LC) de la 'baseline' conduit à une réduction des coûts en Europe, pour la France celle-ci est quasiment négligeable.

Tableau 23 : Coûts de réduction des NOx en 2020 selon les cinq scénarios, pour les pays UE27, en M€/an

NOx	2020					
	Millions €/an	C&E-CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR
Austria		842	888	888	892	948
Belgium		919	964	963	971	1 053
Bulgaria		573	625	624	630	676
Cyprus		120	126	126	126	132
Czech Republic		888	971	969	989	1 098
Denmark		398	412	412	417	444
Estonia		130	139	139	141	161
Finland		486	512	512	516	575
France		5 126	5 288	5 287	5 307	5 887
Germany		7 474	7 869	7 864	7 947	8 344
Greece		1 298	1 339	1 339	1 340	1 448
Hungary		721	756	756	763	877
Ireland		372	386	385	387	442
Italy		6 121	6 331	6 328	6 372	6 882
Latvia		256	270	270	273	283
Lithuania		292	322	322	325	361
Luxembourg		223	247	247	247	253
Malta		122	134	134	134	136
Netherlands		1 300	1 391	1 391	1 392	1 518
Poland		4 655	4 940	4 935	4 959	5 211
Portugal		1 087	1 131	1 131	1 136	1 192
Romania		864	951	951	970	1 168
Slovak Republic		290	313	313	319	388
Slovenia		196	206	206	207	214
Spain		5 171	5 386	5 386	5 436	5 747
Sweden		1 004	1 069	1 069	1 072	1 108
United Kingdom		3 783	3 991	3 989	4 024	4 681
EU-27		44 711	46 953	46 934	47 290	51 227

La réduction supplémentaire d'émissions pour respecter les objectifs de la TSAP (scénario optimisé) entraîne des coûts additionnels par rapport au scénario LC

qui s'élèvent à 20 millions d'euros/an en 2020 en France et à 356 millions d'euros en Europe (Tableau 24).

La mise en place de toutes les techniques se trouvant dans le modèle GAINS (scénario MRR) augmenterait les coûts additionnels à 600 millions d'euros/an en 2020 en France et à 4,3 milliards d'euros en Europe en totale.

Tableau 24 : Coûts additionnels de réduction des NOx par rapport à la 'baseline' LC, en 2020, en M€/an

coûts additionnels par rapport à LC, NOx millions €/an	2020	
	TSAP-LC	MRR-LC
Austria	4	60
Belgium	8	91
Bulgaria	6	52
Cyprus	0	7
Czech Republic	20	130
Denmark	5	31
Estonia	2	22
Finland	4	63
France	20	600
Germany	83	480
Greece	1	109
Hungary	8	122
Ireland	2	57
Italy	44	554
Latvia	3	13
Lithuania	3	39
Luxembourg	0	6
Malta	0	3
Netherlands	1	127
Poland	24	276
Portugal	5	62
Romania	19	217
Slovak Republic	6	76
Slovenia	1	8
Spain	50	361
Sweden	3	39
United Kingdom	36	692
EU-27	356	4 293

3.3.2.1 SCENARIO CLE

LE graphique 28 montre comment les coûts de réduction d'émissions des NOx, exprimés en ratio coûts / PIB, se situent en France par rapport à la moyenne européenne pour le scénario CLE. Même si la France se situe dans le scénario CLE parmi les 4 pays ayant les coûts de réduction des NOx les plus élevés (cf. partie 3.3.1) en termes absolus, en termes de ratio coûts / PIB elle se situe en dessous de la moyenne européenne.

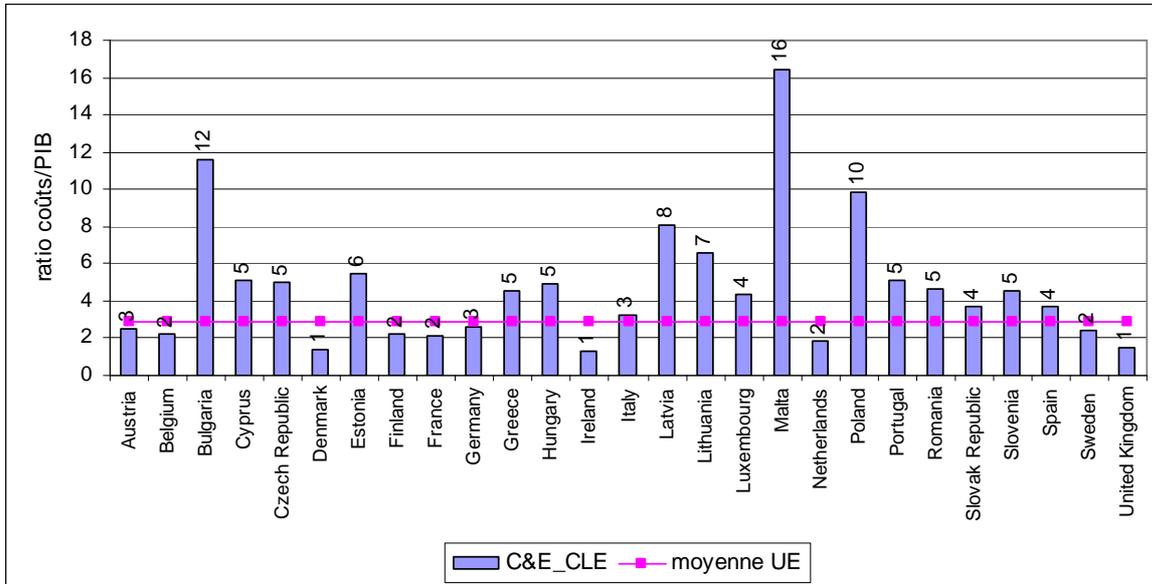


Figure 28 : Coûts de réduction des NOx correspondant au scénario CLE, 2020, ratio coûts/PIB

3.3.2.2 SCENARIO LC

La France se situe en dessous de la moyenne européenne également lorsqu'on considère les coûts de réduction, exprimés en terme de ratio coûts / PIB, qui correspondent au scénario LC (Graphique 29).

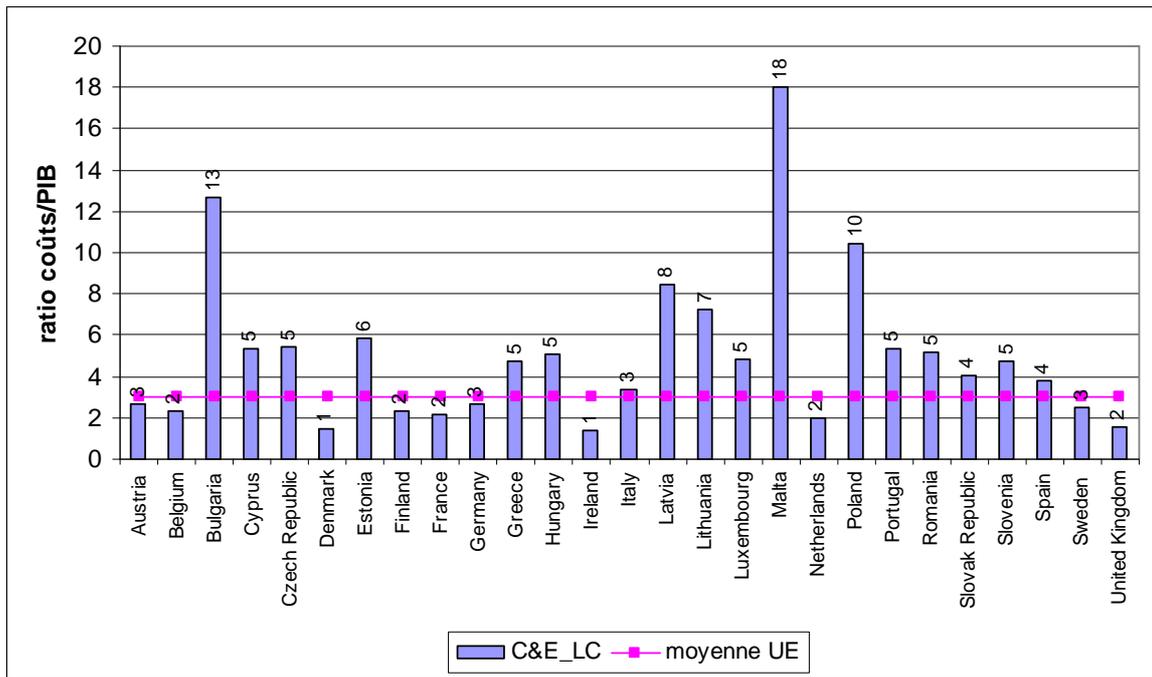


Figure 29 : Coûts de réduction des NOx correspondant au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

3.3.2.3 SCENARIO OPTIMISE

Le même constat s'applique aux coûts totaux (Graphique 30) et additionnels (Graphique 31) du scénario optimisé, exprimés en ratio coûts / PIB.

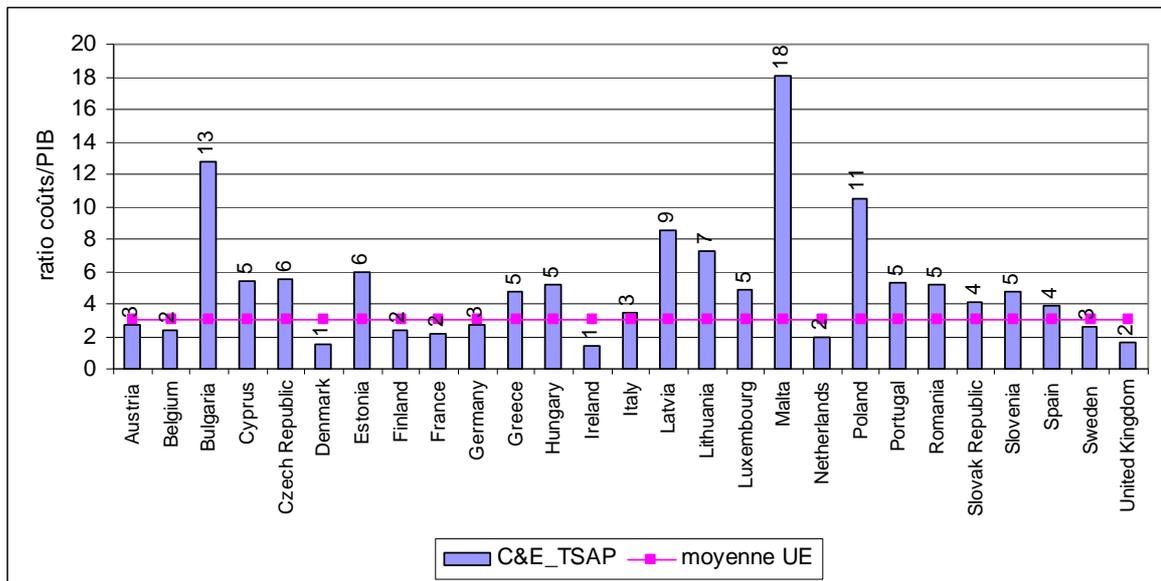


Figure 30 : Coûts de réduction des NOx correspondant au scénario optimisé, 2020, ratio coûts/PIB

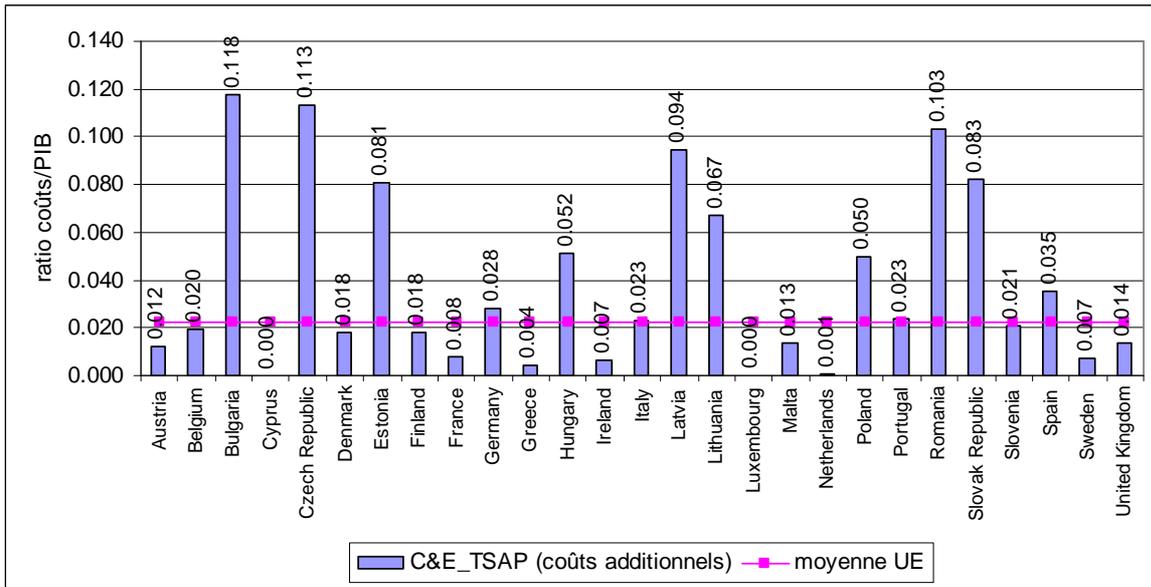


Figure 31 : Coûts additionnels de réduction des NOx, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

3.3.3 PM_{2,5}

Malgré l'introduction de nouvelles Directives européennes dans la 'baseline' version CP par rapport à CLE, les coûts de réduction des PM_{2,5} en France baissent en passant de CLE à CP (Tableau 25). Ceci est l'image miroir du fait inattendu constaté dans la partie 3.1.2 d'une augmentation d'émissions de PM_{2,5} entre les scénarios CLE et CP. Comme c'était le cas pour les émissions, cette situation de la France est unique au sein des pays de l'UE27.

Tableau 25 : Coûts de réduction des PM_{2,5} en 2020 selon les cinq scénarios, pour les pays UE27, en M€/an

PM _{2,5}	2020					
	Millions €/an	C&E-CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR
Austria		298	298	298	299	726
Belgium		190	191	191	200	378
Bulgaria		223	226	226	232	807
Cyprus		7	7	7	7	15
Czech Republic		339	342	342	345	1 089
Denmark		158	158	157	158	503
Estonia		88	89	89	89	240
Finland		192	203	202	202	798
France		2 166	2 158	2 155	2 176	7 472
Germany		2 091	2 092	2 092	2 099	3 139
Greece		194	196	195	196	599
Hungary		115	116	115	117	460
Ireland		75	76	76	77	180
Italy		769	770	769	783	1 687
Latvia		136	136	136	136	589
Lithuania		97	98	98	98	413
Luxembourg		8	8	8	8	17
Malta		2	2	2	2	4
Netherlands		336	336	336	338	560
Poland		1 153	1 161	1 161	1 187	3 537
Portugal		201	204	204	210	771
Romania		767	773	772	791	3 763
Slovak Republic		128	129	128	130	238
Slovenia		35	35	35	35	89
Spain		666	709	707	715	1 843
Sweden		237	237	237	237	342
United Kingdom		604	609	609	621	1 044
EU-27		11 274	11 356	11 344	11 486	31 300

Tandis qu'il n'y a pas de différence en termes d'émissions entre les versions CP et 'LC' ('least cost') de la 'baseline', les coûts de réduction de PM_{2,5} sont légèrement

plus faibles en France pour le scénario LC que pour le scénario CP. Le scénario optimisé (TSAP) engendre des coûts additionnels par rapport au scénario LC qui s'élèvent à 21 millions d'euros/an en France (Tableau 26). Pour le scénario MRR (mise en place de toutes les technologies dans GAINS), les coûts additionnels par rapport au scénario LC seraient de 5,3 milliards d'euros/an en 2020 (de loin les plus élevés de tous les pays de l'UE27). Ceci s'explique probablement par le fait que peu de mesures de réduction des émissions de faible coût sont disponibles en France selon le modèle GAINS.

Tableau 26 : Coûts additionnels de réduction des PM_{2,5} par rapport à la 'baseline' LC, en 2020, en M€/an

Coûts additionnels par rapport à LC, PM _{2,5} Millions €/an	2020	
	TSAP-LC	MRR-LC
Austria	1	428
Belgium	10	187
Bulgaria	6	581
Cyprus	0	8
Czech Republic	4	747
Denmark	1	346
Estonia	0	151
Finland	1	596
France	21	5 317
Germany	7	1 048
Greece	1	403
Hungary	2	345
Ireland	1	104
Italy	14	918
Latvia	1	454
Lithuania	0	315
Luxembourg	0	9
Malta	0	2
Netherlands	2	224
Poland	26	2 377
Portugal	7	568
Romania	19	2 991
Slovak Republic	2	110
Slovenia	0	54
Spain	8	1 135
Sweden	0	105
United Kingdom	12	435
EU-27	142	19 957

3.3.3.1 SCENARIO CLE

Pour les $PM_{2,5}$, les coûts du scénario CLE de la France, exprimés en ratio coûts / PIB, se situent légèrement au dessus de la moyenne européenne (Graphique 32). C'était également le cas pour le ratio émissions / PIB (cf. partie 3.1.2).

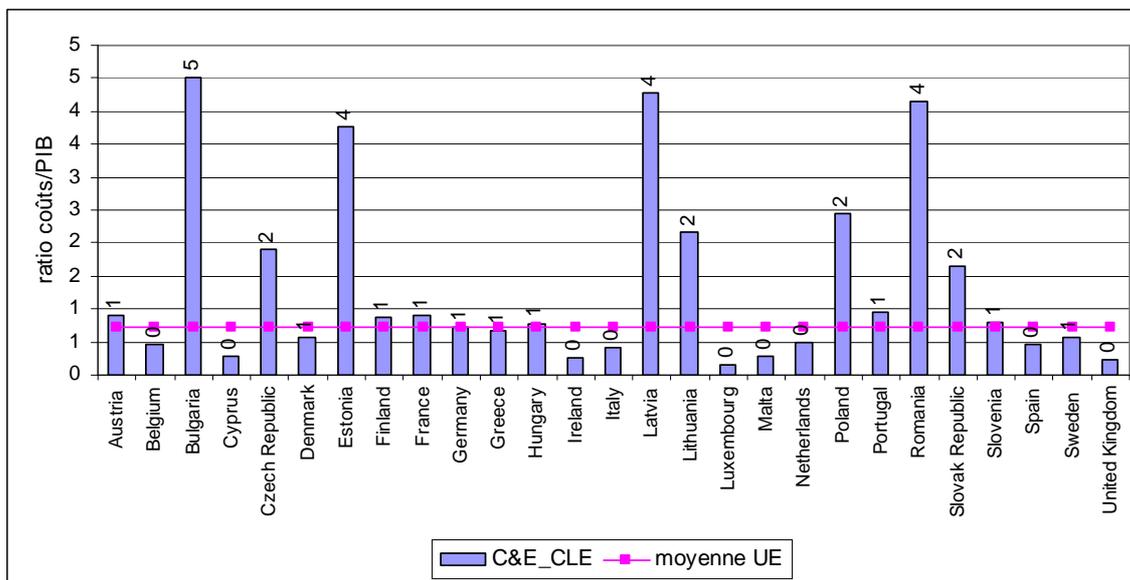


Figure 32 : Coûts de réduction des $PM_{2,5}$ correspondant au scénario CLE, 2020, ratio coûts/PIB

3.3.3.2 SCENARIO LC

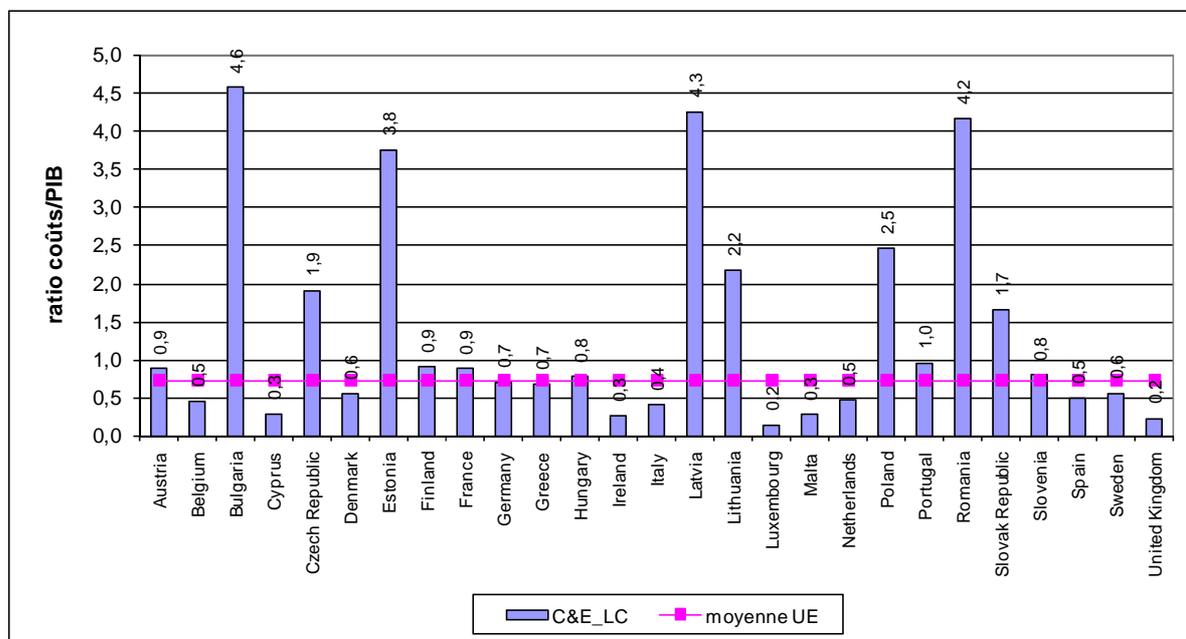


Figure 33 : Coûts de réduction des $PM_{2,5}$ correspondant au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

Les coûts de la France, exprimés en ratio coûts / PIB, se situent également au dessus de la moyenne européenne dans le scénario LC (Graphique 33).

3.3.3.3 SCENARIO OPTIMISE

Le même constat tient pour les coûts du scénario optimisé (Graphique 34).

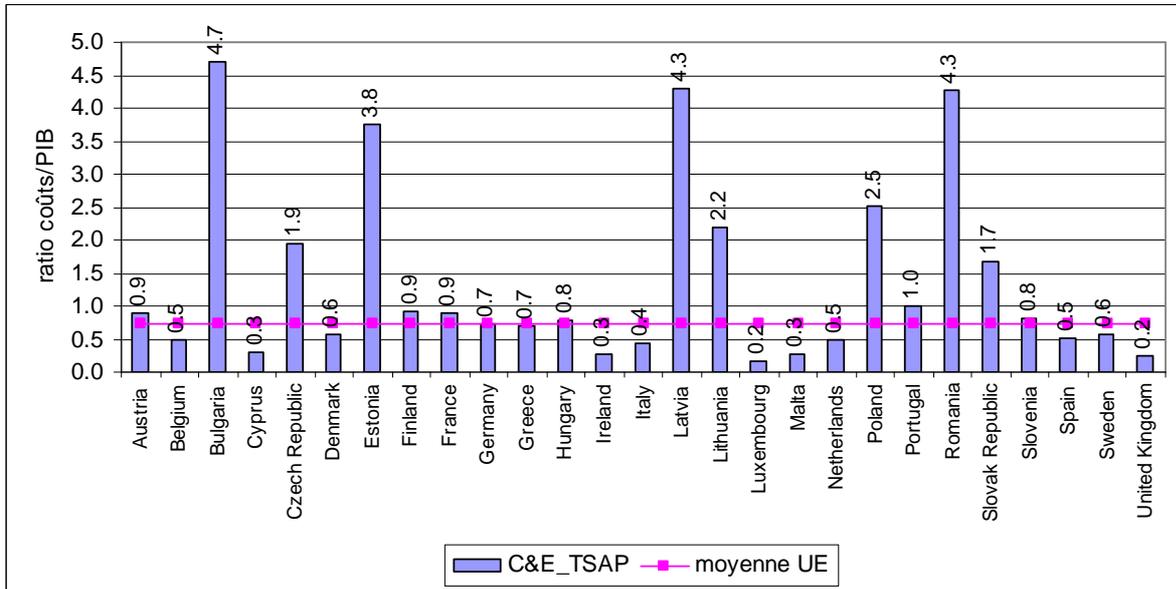


Figure 34 : Coûts de réduction des $PM_{2,5}$ correspondant au scénario optimisé, 2020, ratio coûts/PIB

Lorsqu'on considère par contre le ratio coûts / PIB pour les coûts additionnels du scénario optimisé par rapport au scénario LC (Graphique 35), la France se situe au niveau de la moyenne européenne.

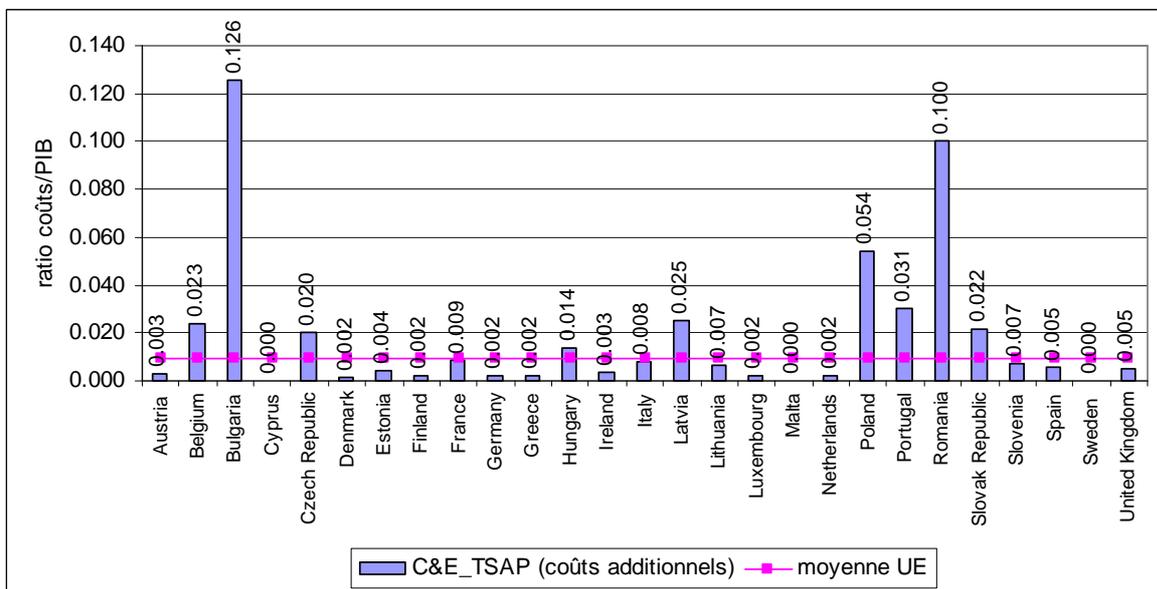


Figure 35 : Coûts additionnels de réduction des $PM_{2,5}$, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

3.3.4 SO₂

En France, comme en Europe, les coûts de réduction du SO₂ augmentent entre le scénario CLE et le scénario CP, qui ajoute deux Directives récentes à la 'baseline' (Tableau 27). La version LC du scénario 'baseline' n'entraîne pas de changement en termes de coûts pour la France, mais les réduit pour l'Europe dans sa totalité.

Tableau 27 : Coûts de réduction de SO₂ en 2020 selon les cinq scénarios, pour les pays UE27, en M€/an

SO ₂	2020					
	millions €/an	C&E-CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR
Austria		346	346	345	345	355
Belgium		505	505	503	514	555
Bulgaria		185	203	203	203	259
Cyprus		33	34	34	34	42
Czech Republic		461	507	507	516	606
Denmark		207	208	207	207	265
Estonia		36	74	74	74	83
Finland		234	263	260	260	269
France		1 408	1 549	1 549	1 564	1 699
Germany		3 381	3 452	3 450	3 469	4 005
Greece		378	385	381	381	494
Hungary		154	155	155	167	181
Ireland		213	216	206	209	245
Italy		2 079	2 086	2 057	2 095	2 512
Latvia		51	51	51	51	56
Lithuania		61	65	65	67	80
Luxembourg		72	72	72	72	75
Malta		15	15	14	14	15
Netherlands		410	440	435	435	511
Poland		1 512	1 580	1 579	1 667	1 890
Portugal		317	327	324	329	389
Romania		384	402	400	425	502
Slovak Republic		117	121	120	127	154
Slovenia		105	111	111	113	122
Spain		1 874	1 900	1 898	1 942	2 127
Sweden		294	294	293	293	326
United Kingdom		568	637	636	654	745
EU-27		15 397	15 996	15 927	16 228	18 558

Pour la France, les coûts additionnels, par rapport au scénario LC, engendrés par le scénario optimisé afin de respecter les objectifs de la TSAP, s'élèvent à 14 millions d'euros/an en 2020. Pour l'UE-27 ils s'élèvent à 301 millions d'euros/an (Tableau 28). Enfin, les coûts additionnels correspondant au scénario MRR sont

de 150 millions d'euros/an en 2020 pour la France et de 2,6 milliards euros/an pour l'Europe des 27.

Tableau 28 : Coûts additionnels de réduction des SO₂ par rapport à la 'baseline' LC, en 2020, en M€/an

coûts additionnels par rapport à LC, SO ₂	2020	
	TSAP-LC	MRR-LC
millions €/an		
Austria	0	9
Belgium	11	52
Bulgaria	1	57
Cyprus	0	8
Czech Republic	9	99
Denmark	1	58
Estonia	0	9
Finland	0	9
France	14	150
Germany	20	556
Greece	0	113
Hungary	12	26
Ireland	3	40
Italy	38	456
Latvia	0	5
Lithuania	2	15
Luxembourg	0	3
Malta	0	0
Netherlands	0	76
Poland	88	311
Portugal	5	65
Romania	25	102
Slovak Republic	8	34
Slovenia	3	11
Spain	44	229
Sweden	0	33
United Kingdom	18	108
EU-27	301	2 631

3.3.4.1 SCENARIO CLE

Exprimés en coûts / PIB, les coûts de réduction de SO₂ de la France sont inférieurs à la moyenne européenne dans le scénario CLE (Graphique 36).

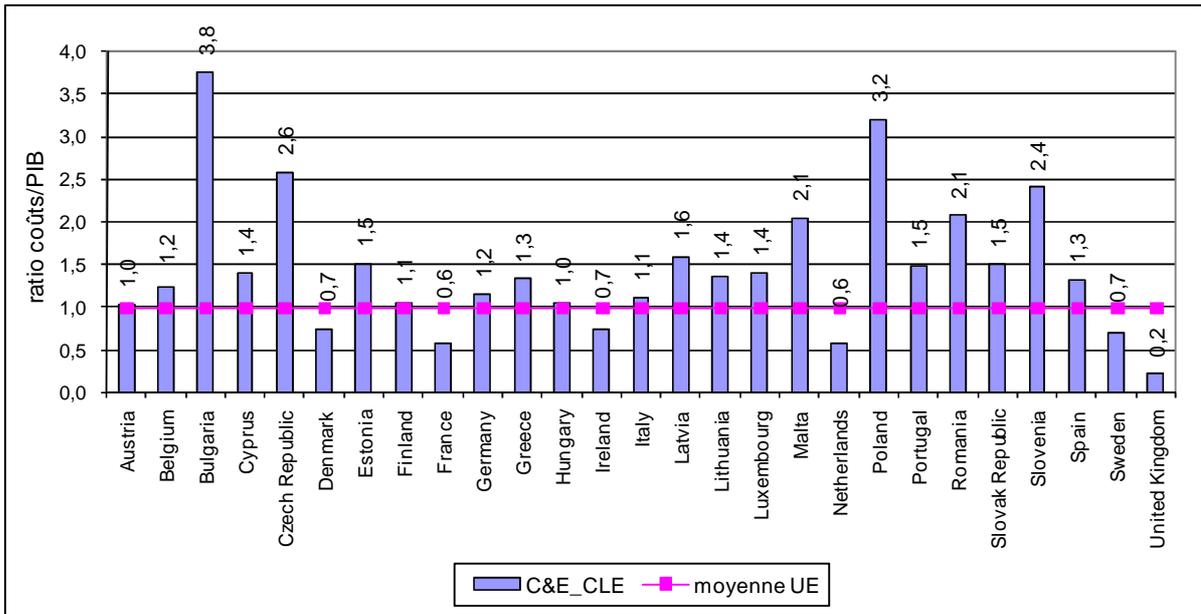


Figure 36 : Coûts de réduction du SO₂ correspondant au scénario CLE, 2020, ratio coûts/PIB

3.3.4.2 SCENARIO LC

Le ratio coûts de SO₂ / PIB en France est inférieur à la moyenne européenne également pour le scénario LC (Graphique 37).

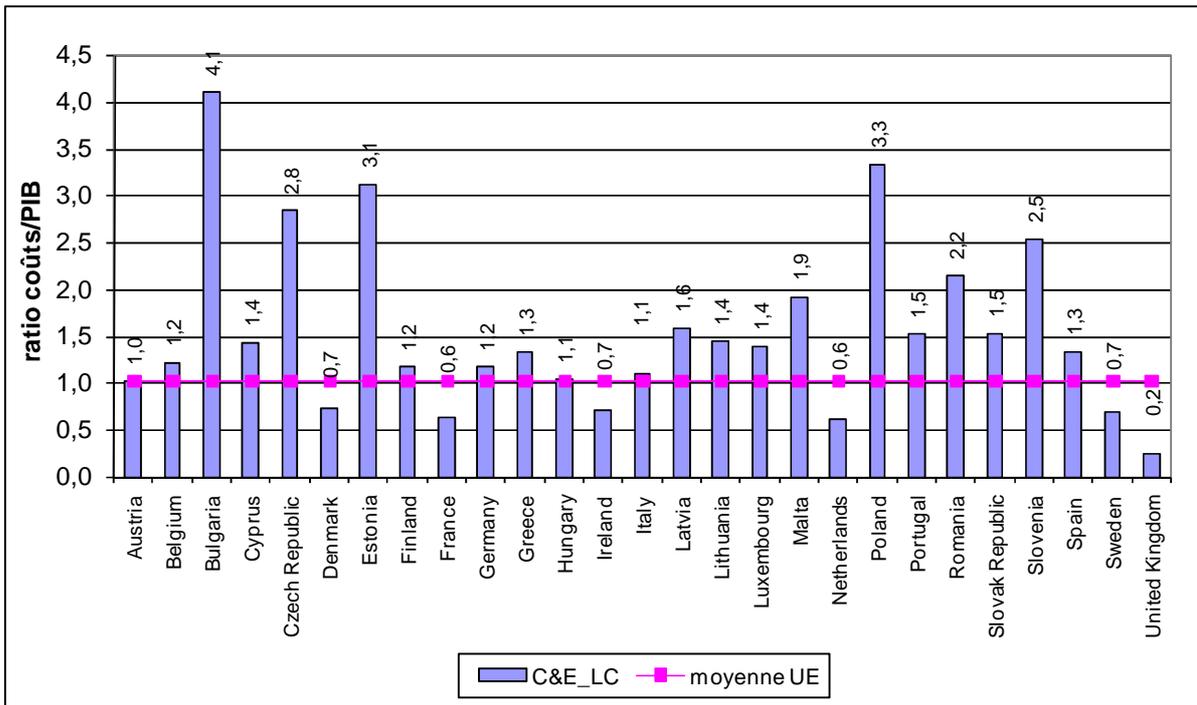


Figure 37 : Coûts de réduction du SO₂ correspondant au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

3.3.4.3 SCENARIO OPTIMISE

Enfin, ce ratio coûts / PIB en France est également moins élevé qu'en moyenne sur l'Europe aussi bien lorsqu'on regarde les coûts totaux du scénario optimisé

(Graphique 38) que lorsqu'on considère les coûts additionnels de ce scénario par rapport au scénario LC (Graphique 39).

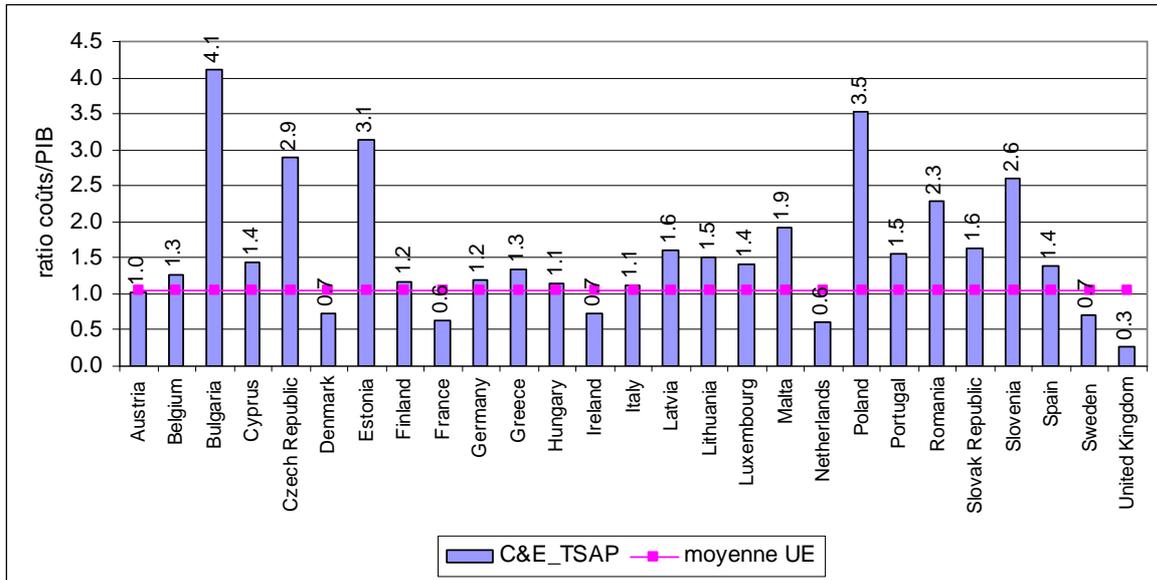


Figure 38 : Coûts de réduction du SO₂ correspondant au scénario optimisé, 2020, ratio coûts/PIB

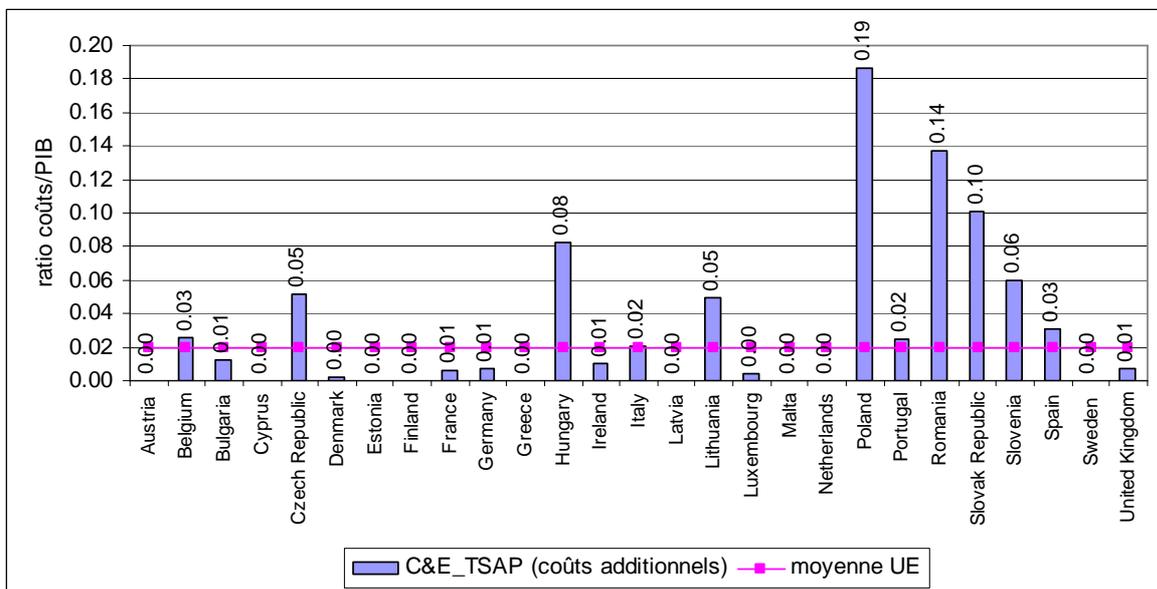


Figure 39 : Coûts additionnels de réduction du SO₂, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

3.3.5 NH₃

Comme c'était le cas pour les émissions de NH₃ (cf. partie 3.1.4) il n'y a pas non plus de différence entre les trois versions de la 'baseline' CLE, CP et LC pour les coûts de réduction de ce polluant en France (Tableau 29). En Europe dans sa totalité, par contre, l'introduction de nouvelles réglementations européennes dans le scénario CP augmente les coûts par rapport au scénario CLE.

Tableau 29 : Coûts de réduction de NH₃ en 2020 selon les cinq scénarios, pour les pays UE27, en M€/an

NH ₃	2020				
	millions €/an	C&E-CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP
Austria	18	18	18	26	223
Belgium	128	128	127	135	213
Bulgaria	15	15	15	19	95
Cyprus	6	6	6	9	28
Czech Republic	88	88	88	98	180
Denmark	452	452	452	460	520
Estonia	3	3	3	5	25
Finland	53	53	52	58	115
France	102	102	102	240	1 497
Germany	297	508	508	609	1 517
Greece	7	7	7	16	128
Hungary	85	85	85	101	258
Ireland	38	38	38	89	283
Italy	208	208	208	297	872
Latvia	3	3	3	6	28
Lithuania	11	11	11	30	124
Luxembourg				1	10
Malta					5
Netherlands	544	599	599	607	677
Poland	140	140	140	159	702
Portugal	17	17	17	32	196
Romania	36	36	36	53	499
Slovak Republic	18	18	18	21	107
Slovenia	12	12	12	19	57
Spain	325	379	379	464	1 335
Sweden	47	47	47	63	184
United Kingdom	114	114	114	154	501
EU-27	2 765	3 086	3 083	3 773	10 376

Par rapport au scénario LC, le scénario optimisé ajoute des coûts additionnels de réduction de NH₃ qui s'élèvent à 138 millions d'euros/an en France, soit 25 % du

total de 690 millions d'euros/an en 2020 en Europe (Tableau 30). Les coûts additionnels du scénario MRR sont estimés à 1,4 milliards d'euros/an en 2020 en France et à 7,3 milliards d'euros/an en Europe.

Tableau 30 : Coûts additionnels de réduction des NH₃ par rapport à la 'baseline' LC, en 2020, en M€/an

coûts additionnels par rapport à LC, NH ₃	2020	
	TSAP-LC	MRR-LC
millions €/an		
Austria	9	206
Belgium	8	86
Bulgaria	5	80
Cyprus	3	22
Czech Republic	10	92
Denmark	9	68
Estonia	1	21
Finland	6	63
France	138	1 395
Germany	100	1 008
Greece	9	121
Hungary	17	174
Ireland	52	245
Italy	89	664
Latvia	3	25
Lithuania	19	113
Luxembourg	1	10
Malta	0	5
Netherlands	8	78
Poland	19	562
Portugal	16	180
Romania	17	463
Slovak Republic	3	89
Slovenia	7	45
Spain	86	956
Sweden	16	137
United Kingdom	40	387
EU-27	690	7 294

3.3.5.1 SCENARIO CLE

Pour la France, les coûts de réduction de NH₃ dans les scénarios 'baseline' ne sont pas très élevés par rapport aux coûts pour la réduction des autres polluants (cf. partie 3.3.1). Exprimés en ratio coûts de réduction d'émissions / PIB, ces coûts

sont moins élevés en France qu'en moyenne sur l'Europe dans le scénario CLE (Graphique 40).

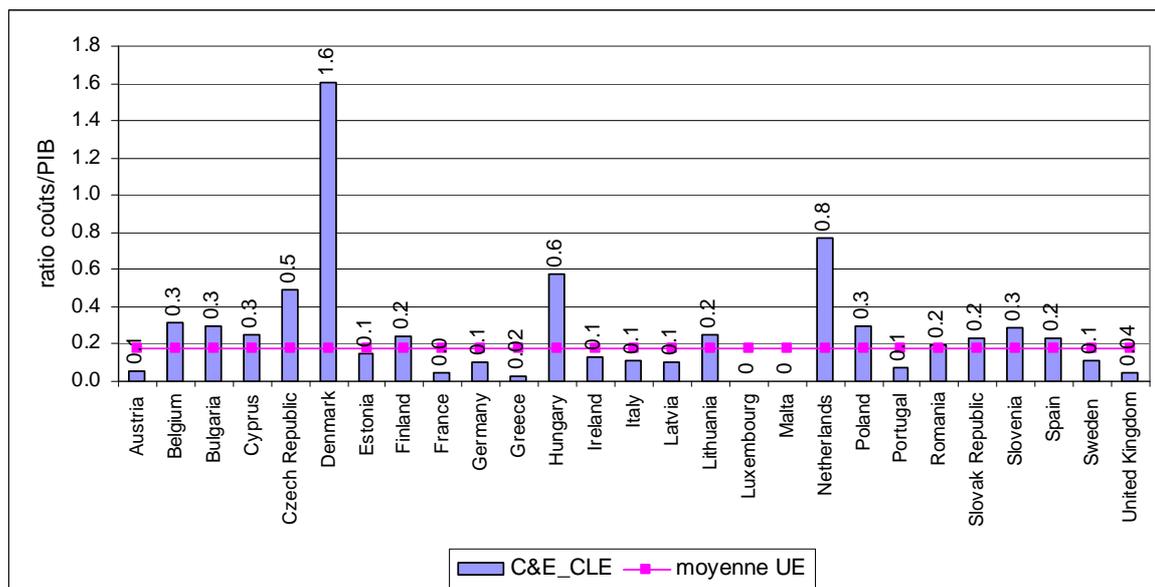


Figure 40 : Coûts de réduction du NH₃ correspondant au scénario CLE, 2020, ratio coûts/PIB

3.3.5.2 SCENARIO LC

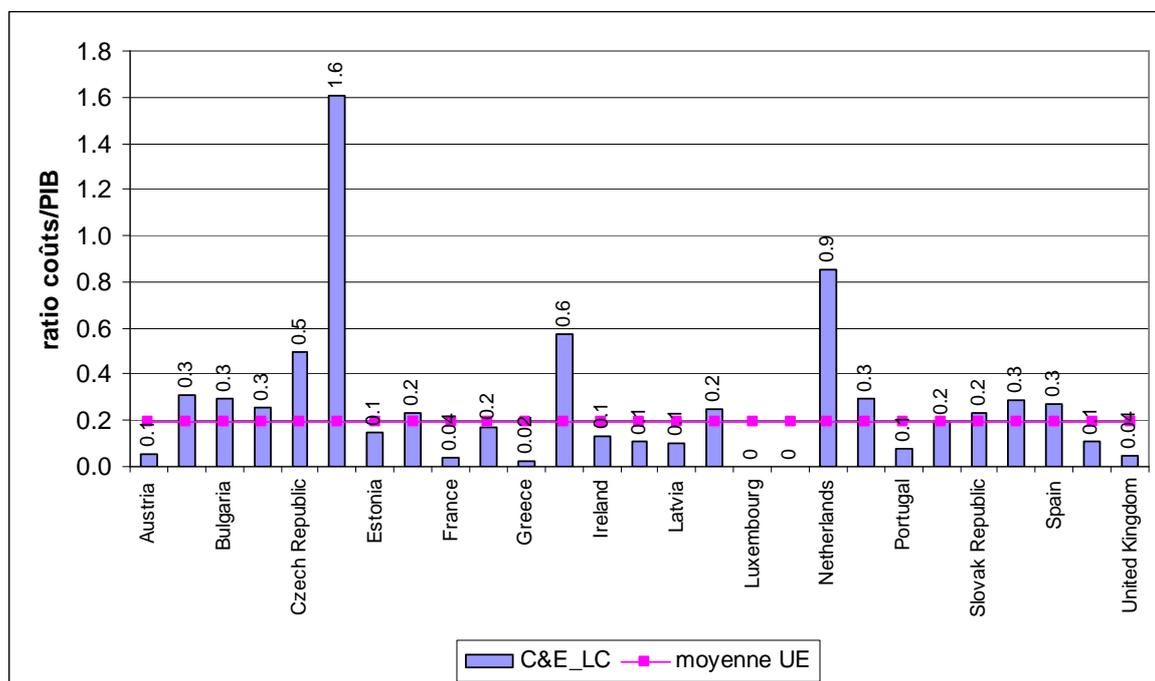


Figure 41 : Coûts de réduction du NH₃ correspondant au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

Le ratio coûts de réduction d'émissions / PIB est également moins élevé en France qu'en moyenne sur l'Europe dans le scénario LC (Graphique 41).

3.3.5.3 SCENARIO OPTIMISE

Le même constat tient pour le scénario optimisé lorsqu'on considère les coûts totaux de ce scénario (Graphique 42).

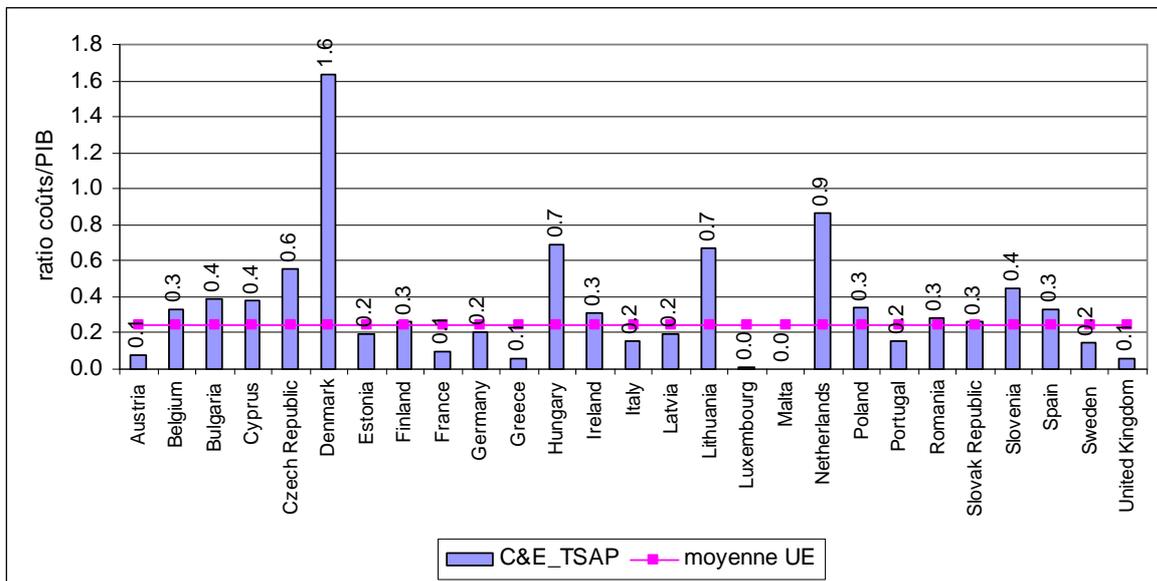


Figure 42 : Coûts de réduction du NH₃ correspondant au scénario optimisé, 2020, ratio coûts/PIB

Lorsqu'on considère par contre le même ratio pour les coûts additionnels engendrés par le scénario optimisé par rapport au scénario LC, il est plus élevé en France qu'en moyenne sur l'UE27 (Graphique 43). C'est d'ailleurs la réduction du NH₃ qui engendre environ 70% des coûts additionnels en France (cf. partie 3.3.1.3).

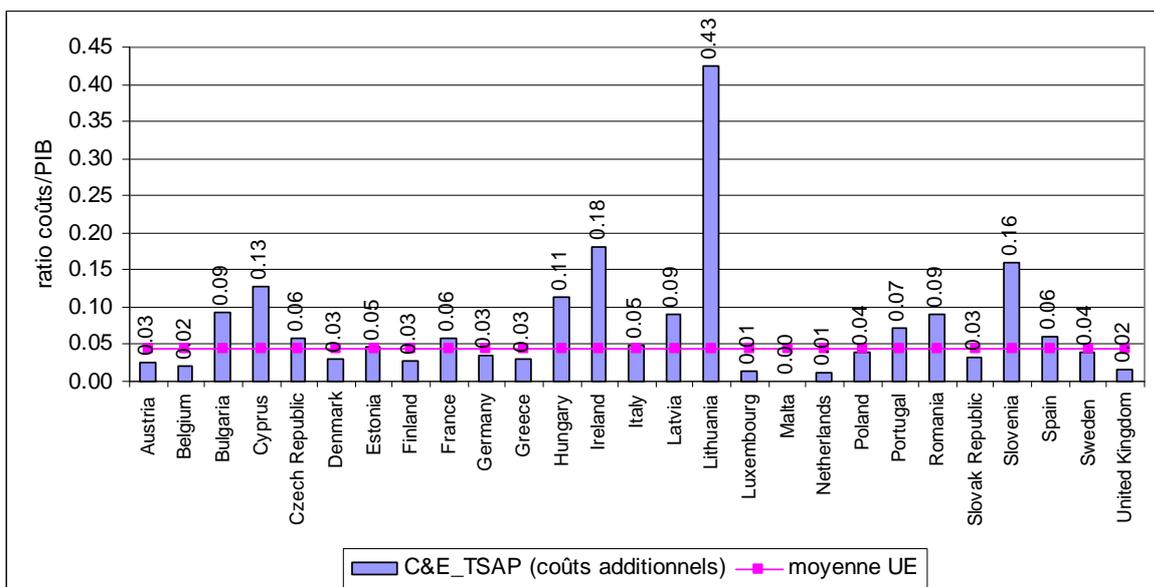


Figure 43 : Coûts additionnels de réduction du NH₃, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

3.3.6 COV

On rappelle que pour les COV, les coûts négatifs présents dans un certain nombre de pays s'expliquent par des mesures comme l'utilisation de peinture sans solvants ou de revêtements à faible teneur en solvants, qui permettent de réaliser des économies. Alors que l'introduction de nouvelles Directives européennes dans la 'baseline' CP par rapport à la 'baseline' CLE avait engendré une réduction d'émissions des COV en France (cf. partie 3.1.5) le Tableau 31 montre également une réduction de coûts pour le passage du scénario CLE au scénario CP. La version 'à moindre coût' de la 'baseline' (scénario LC) réduit ces coûts davantage.

Tableau 31 : Coûts de réduction des COV en 2020 selon les cinq scénarios, pour les pays UE27, en M€/an

COV millions €/an	2020				
	C&E-CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR
Austria	78	54	53	53	358
Belgium	180	168	167	167	349
Bulgaria	-12	-12	-13	-13	100
Cyprus	0	0	0	0	11
Czech Republic	31	31	28	28	670
Denmark	12	12	11	11	314
Estonia	-5	-5	-5	-5	17
Finland	-51	-51	-52	-52	156
France	1 009	1 002	998	998	4 051
Germany	1 165	963	953	953	3 093
Greece	-62	-62	-64	-64	180
Hungary	-6	-6	-7	-7	132
Ireland	56	56	56	56	160
Italy	-325	-325	-327	-327	946
Latvia	-25	-25	-26	-26	106
Lithuania	-42	-42	-42	-42	134
Luxembourg	2	2	2	2	10
Malta	-2	-2	-2	-2	8
Netherlands	371	371	367	367	829
Poland	-127	-127	-135	-135	529
Portugal	-19	-19	-20	-20	165
Romania	-35	-35	-42	-42	849
Slovak Republic	-46	-46	-47	-47	181
Slovenia	8	8	8	8	44
Spain	24	254	251	251	2 003
Sweden	34	23	22	22	301
United Kingdom	557	557	543	543	2 864
EU-27	2 771	2 742	2 675	2 675	18 558

De plus, le scénario optimisé (TSAP) n'introduit pas de coûts additionnels, c'est à dire le respect des objectifs de la TSAP en 2020 n'exige pas de mesures supplémentaires pour réduire les émissions des COV dont les coûts seraient attribués aux COV par rapport au scénario LC. Les mêmes tendances pour les coûts s'appliquent aussi à l'Europe à 27.

La mise en place de toutes les technologies prises en compte dans le modèle GAINS (scénario MRR) engendrerait des coûts additionnels par rapport au scénario LC qui s'élèveraient en France à 3,1 milliards d'euros/an en 2020 et en Europe à 15,9 milliards d'euros/an (Tableau 32).

Tableau 32 : Coûts additionnels de réduction des COV par rapport à la 'baseline' LC, en 2020, en M€/an

coûts additionnels par rapport à LC, COV millions €/an	2020	
	TSAP-LC	MRR-LC
Austria	0	305
Belgium	0	182
Bulgaria	0	113
Cyprus	0	11
Czech Republic	0	642
Denmark	0	303
Estonia	0	21
Finland	0	208
France	0	3 053
Germany	0	2 140
Greece	0	244
Hungary	0	139
Ireland	0	104
Italy	0	1 273
Latvia	0	132
Lithuania	0	176
Luxembourg	0	8
Malta	0	10
Netherlands	0	463
Poland	0	664
Portugal	0	185
Romania	0	891
Slovak Republic	0	228
Slovenia	0	36
Spain	0	1 752
Sweden	0	280
United Kingdom	0	2 321
EU-27	0	15 883

3.3.6.1 SCENARIO CLE

Avec l'Allemagne, la France est le pays qui rencontre les coûts les plus élevés de réduction des COV dans les trois variantes du scénario 'baseline' (cf. partie 3.3.1). Lorsqu'on exprime ces coûts en termes de ratio de coûts / PIB, la France se situe également au dessus de la moyenne européenne (Graphique 44 pour le scénario CLE).

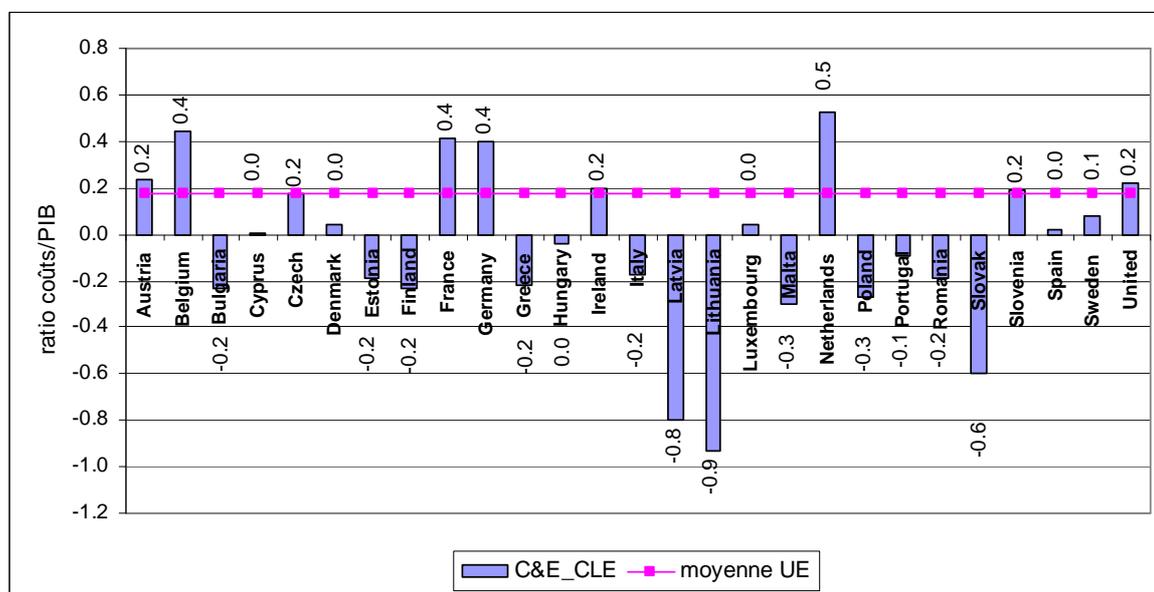


Figure 44 : Coûts de réduction des COV correspondant au scénario CLE, 2020, ratio coûts/PIB

3.3.6.2 SCENARIOS LC ET OPTIMISE

La France se situe également au dessus de la moyenne européenne lorsqu'on considère le ratio de coûts / PIB pour le scénario LC (Graphique 45). En ce qui concerne les coûts totaux du scénario optimisé, ils sont les mêmes que pour le scénario LC, car il n'y a pas de mesures supplémentaires à la 'baseline' imposées pour respecter les objectifs de la TSAP.

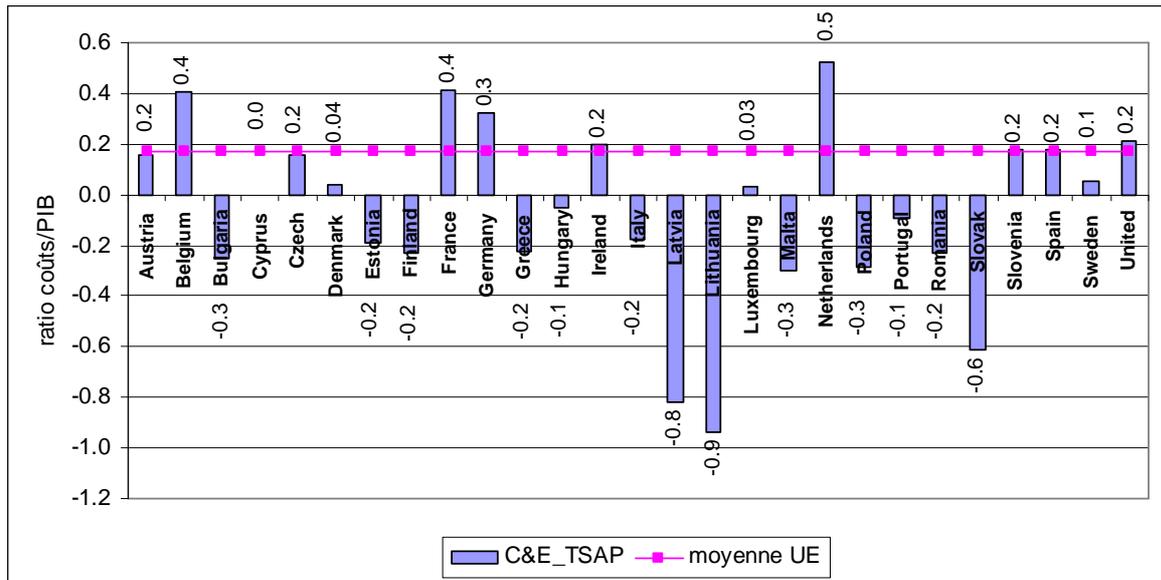


Figure 45 : Coûts de réduction des COV correspondant aux scénarios LC et optimisé, 2020, ratio coûts/PIB

3.4 COÛTS A LA TONNE EVITEE – SCENARIO OPTIMISE PAR RAPPORT AU SCENARIO LC

Ici sont présentés les coûts additionnels à la tonne évitée du scénario optimisé (TSAP) par rapport au scénario LC.

Tableau 33 : Coûts par kg évité des cinq polluants NEC, scénario optimisé par rapport au scénario LC, UE27, 2020, en €/kg

Coûts par kg de polluant réduit	2020, €/kg/an				
	NOx	SO2	PM _{2,5}	COV	NH3
TSAP-LC					
Austria	1.1	0.0	0.6	0.0	1.7
Belgium	0.6	0.6	2.2	0.0	2.2
Bulgaria	0.4	0.2	0.3	0.0	0.8
Cyprus	0.0				2.7
Czech Republic	0.8	0.6	1.1	0.0	1.2
Denmark	0.7	0.6	0.6	0.0	4.7
Estonia	0.4	0.0	0.1	0.0	0.9
Finland	0.6	0.0	0.3		3.0
France	0.6	0.6	0.8	0.0	1.2
Germany	1.1	1.1	0.8	0.0	0.8
Greece	0.3	0.0	0.1	0.0	1.2
Hungary	0.5	0.4	0.5	0.0	0.7
Ireland	0.6	0.5	1.2		5.8
Italy	0.8	0.6	0.6	0.0	1.5
Latvia	0.5	0.0	0.2	0.0	0.8
Lithuania	0.6	0.4	0.1	0.0	2.9
Luxembourg	0.0	1.0	1.7	0.0	1.9
Malta	0.2				0.0
Netherlands	0.7	0.0	1.2		1.9
Poland	0.7	0.5	0.6	0.0	0.4
Portugal	0.4	0.3	0.4	0.0	1.6
Romania	0.5	0.4	0.3	0.0	0.5
Slovak Republic	0.7	0.6	0.5	0.0	0.7
Slovenia	0.8	0.5	0.3	0.0	2.0
Spain	0.5	0.5	0.5	0.0	1.5
Sweden	0.6		0.2		3.3
United Kingdom	0.6	0.5	1.5	0.0	1.3
EU-27	0.7	0.5	0.6	0.0	1.2

Source : Données GAINS. Calculs : INERIS

Pour les polluants NOx, PM_{2,5}, SO₂ et NH₃ ces résultats sont présentés de façon graphique ci-après. Il n'y a pas de coûts additionnels pour les COV.

Etant donné que GAINS vise une répartition des objectifs de réduction d'émissions qui minimise les coûts globaux à travers l'Europe, c'est-à-dire une répartition coût-efficace de ces réductions, on aurait pu s'attendre à ce que les coûts à la tonne évitée se trouvent à peu près au même niveau, par polluant, pour tous les Etats membres. Le fait que ceci n'est pas complètement le cas (cf. Tableau 33) pourrait en partie s'expliquer par le fait qu'il s'agit, dans GAINS, d'une optimisation multi polluants. C'est-à-dire l'optimisation choisit les technologies les plus coût-efficaces en prenant en compte leurs coûts et leurs effets sur chaque polluant concerné par une technologie donnée. A la demande des pays l'IASA publie néanmoins les coûts par polluant, c'est-à-dire il attribue, *ex post* à l'optimisation, les coûts de chaque technologie à un seul polluant donné, même si la technologie en question a un effet également sur d'autres polluants. Cette attribution des coûts à des polluants individuels se base donc sur des choix nécessairement arbitraires et elle ne reflète pas nécessairement le niveau de coût-efficacité des répartitions de mesures additionnelles à travers les pays.

3.5 NOx

Pour la réduction des émissions de NOx, les coûts à la tonne évitée en France se situent légèrement en-dessous de la moyenne européenne (Graphique 46). Ce sont notamment l'Allemagne et l'Autriche pour qui ce ratio est comparativement élevé.

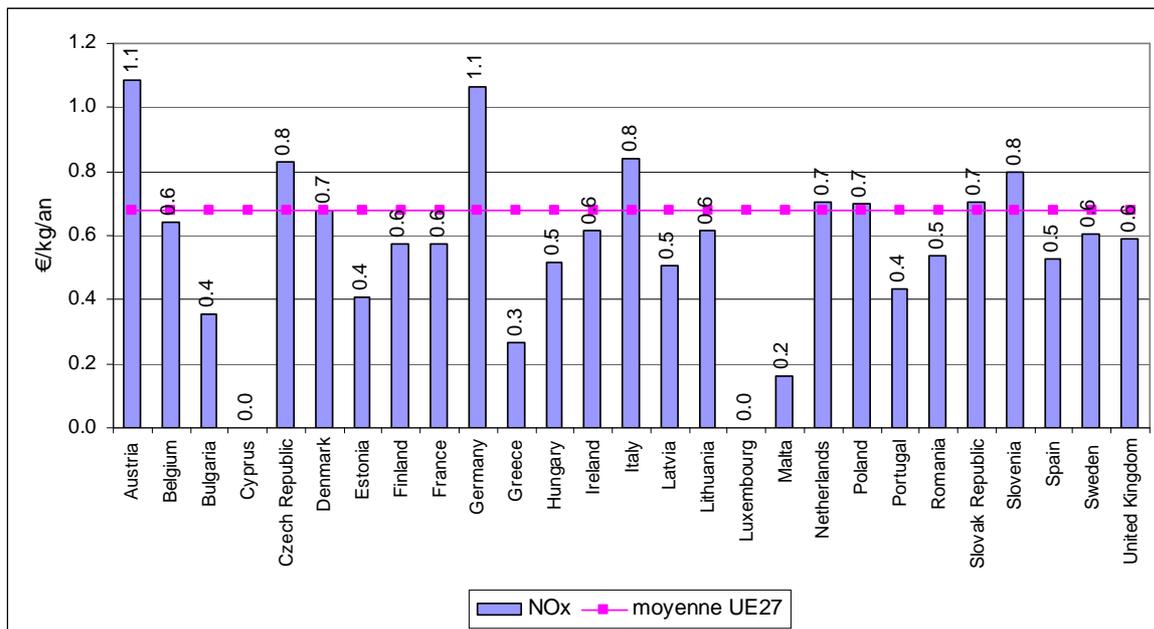


Figure 46 : Coûts par kg de NOx réduit, scénario optimisé par rapport au scénario LC, UE27, 2020, en €/kg

3.6 PM_{2,5}

En ce qui concerne les PM_{2,5}, les coûts à la tonne évitée en France se situent au dessus de la moyenne européenne (Graphique 47). Des pays avec des ratios comparativement élevés sont notamment la Belgique, le Luxembourg et le Royaume-Uni.

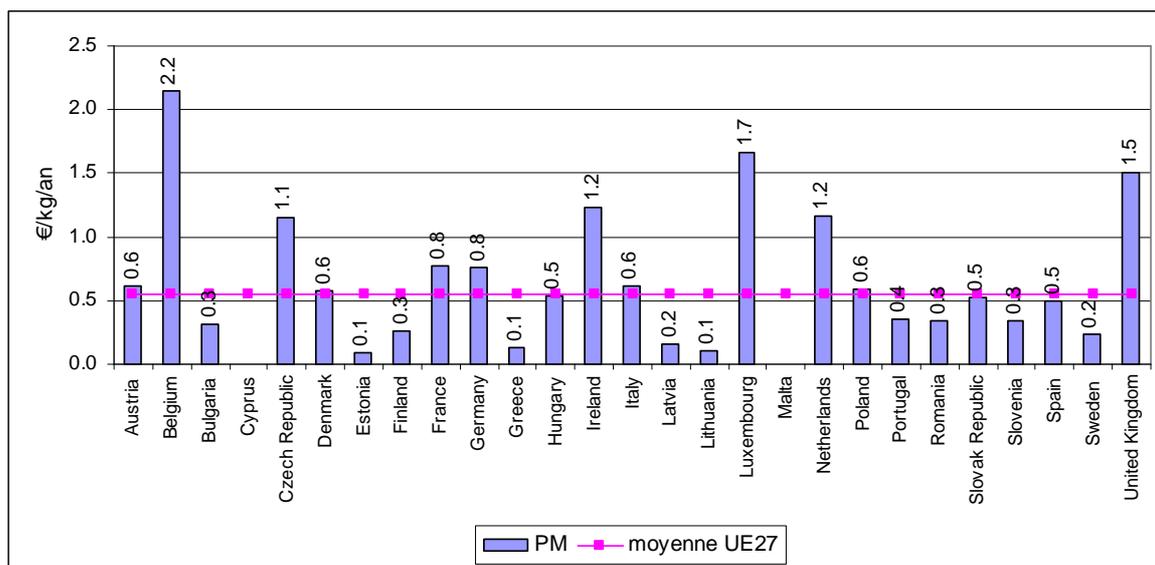


Figure 47 : Coûts par kg de $PM_{2.5}$ réduit, scénario optimisé par rapport au scénario LC, UE27, 2020, en €/kg

3.7 SO₂

En ce qui concerne le SO₂, les coûts à la tonne évitée en France se situent légèrement au dessus de la moyenne européenne (Graphique 48). Ici ce sont notamment l'Allemagne et le Luxembourg qui rencontrent des ratios comparativement élevés.

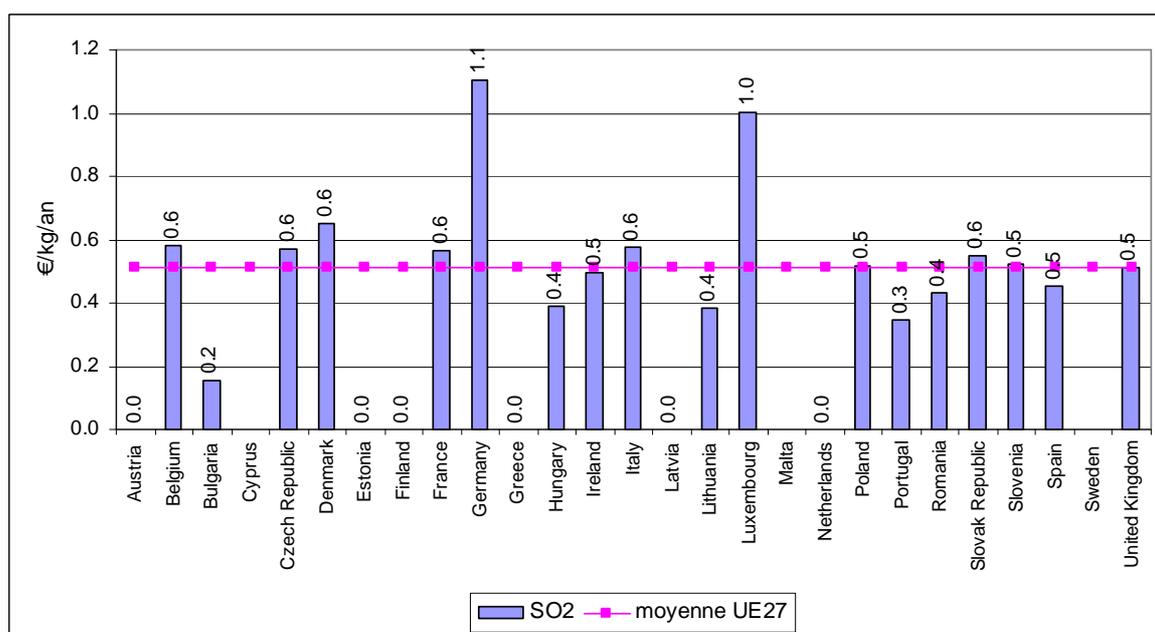


Figure 48 : Coûts par kg de SO₂ réduit, scénario optimisé par rapport au scénario LC, UE27, 2020, en €/kg

3.8 NH₃

Concernant le NH₃, les coûts à la tonne évitée en France coïncident avec la moyenne européenne (Graphique 49). L'Irlande, le Danemark, la Suède, la Finlande, la Lettonie et Chypres montrent des ratios largement au dessus de la moyenne sur l'UE-27.

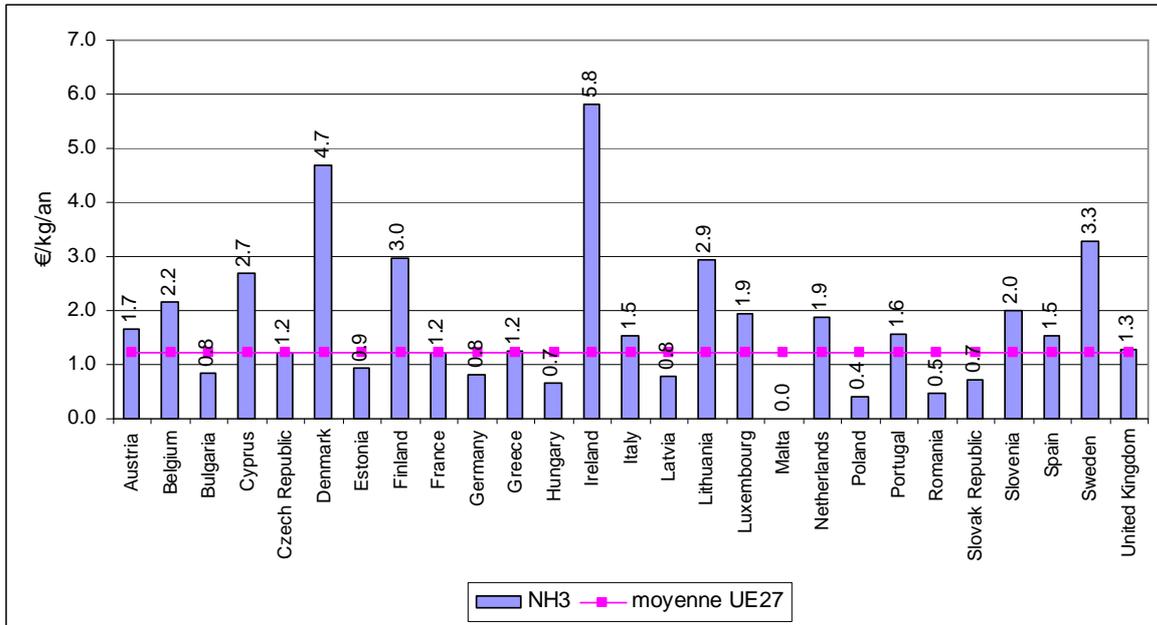


Figure 49 : Coûts par kg de NH₃ réduit, scénario optimisé par rapport au scénario LC, UE27, 2020, en €/kg

4. LES MESURES EXPLIQUANT LA PLUS GRANDE PARTIE DES COÛTS ET DES RÉDUCTIONS D'ÉMISSIONS POUR LA FRANCE

Les modifications entre les scénarios CLE, LC et TSAP en termes de taux d'application de différentes mesures de réduction d'émissions sont ici analysées en détail pour la France.

Dans les parties suivantes sont résumées en introduction, en forme de tableaux, les répartitions de coûts et d'émissions à travers les différents secteurs de l'économie selon la nomenclature CORINAIR SNAP 1 pour chaque scénario. Les différences entre les couples de scénarios CLE et LC, et LC et TSAP y sont également présentées. Ceci permet d'identifier les secteurs pour lesquels les scénarios prévoient des modifications en termes de mesures avec des impacts importants sur les coûts et les émissions.¹⁵ L'analyse détaillée des mesures se focalisera sur les mesures ayant les impacts les plus importants sur ces deux variables.

¹⁵ A titre d'information, en annexe la répartition des coûts et des émissions (par polluant et scénario) sur les différents secteurs est présentée pour six pays européens (la France, l'Allemagne, l'Italie, la Pologne, l'Espagne et le Royaume Uni). Ceci permet de comparer la situation de la France à celle des autres grands pays européens. Toutefois, il est difficile d'en tirer des conclusions, car les résultats dépendent de la structure sectorielle de chaque pays. Cette présentation se limite à des tableaux et graphiques, qui ne sont pas commentés.

4.1 NOx

Concernant les mesures prises contre les émissions des NOx le passage du scénario CLE au scénario LC introduit des modifications plus importantes, aussi bien en termes de réduction d'émissions qu'en termes de coûts, que le passage du scénario LC au scénario optimisé (cf. Tableaux 34 et 35).

Tableau 34 : Répartition d'émissions de NOx en France entre secteurs selon les différents scénarios, et réductions d'émissions, 2020, en kT

NOx, kT/an		2020					variation entre scénarios: réductions d'émissions, 2020	
Nr.	Snap codes	C&E_CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR	différence entre LC et CLE	différence entre optimisé et LC
1	Combustion in energy and transformation industries	37	30	30	29	22	-7	-2
2	Non-industrial combustion plants	83	83	83	83	56	0	0
3	Combustion in manufacturing industry	165	116	116	88	60	-49	-28
4	Production processes	60	35	35	30	20	-25	-5
7	Road transport	221	184	184	184	184	-37	0
8	Other mobile sources and machinery	93	93	93	93	93	0	0
9	Waste treatment and disposal	1	1	1	0	0	0	-1
	Total	660	541	541	507	435	-119	-34

Les modifications de 'baseline' (scénario LC par rapport au scénario CLE) conduisent à des réductions d'émissions de NOx de 119 kT par rapport à CLE, pour des coûts supplémentaires de 161 millions d'euros/an en 2020, qui sont repartis sur les secteurs 'transport routier', 'combustion dans l'industrie manufacturière', 'procédés' et 'combustion dans des industries d'énergie et de transformation'.

Les réductions d'émissions supplémentaires et les coûts additionnels dus aux nouveaux plafonds correspondant au scénario optimisé sont plus faibles : - 34 kT de NOx/an en 2020 pour des coûts additionnels de 20 millions d'euros/an. Ceci concerne au premier lieu le secteur 'combustion dans l'industrie manufacturière', et également les 'procédés' et la 'combustion dans des industries d'énergie et de transformation'.

Tableau 35 : Répartition de coûts de réduction d'émissions de NOx en France entre secteurs selon les différents scénarios, et coûts additionnels, 2020, en M€/an

NOx, M€/an		2020					variation entre scénarios: coûts additionnels, 2020	
Nr.	Snap codes	C&E_CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR	différence entre LC et CLE	différence entre optimisé et LC
1	Combustion in energy and transformation industries	11	24	24	25	53	13	1
2	Non-industrial combustion plants					399	0	0
3	Combustion in manufacturing industry	20	62	61	78	202	42	17
4	Production processes	37	64	64	66	95	27	2
7	Road transport	4 384	4 463	4 463	4 463	4 463	79	0
8	Other mobile sources and machinery	676	676	676	676	676	0	0
	Total	5 126	5 288	5 287	5 307	5 887	161	20

4.1.1 LES MESURES LES PLUS CHERES DANS CLE

Dans le scénario CLE, les mesures du secteur transport représentent 80% des coûts. Nous en donnons donc ci-après quelques détails.

Dans GAINS, pour déterminer les coûts d'utilisation de carburants dans le secteur du transport il faut analyser l'activité exprimée en PJ. En général, le passage d'une norme Euro à une autre est neutre en termes de ces coûts variables. C'est pourquoi nous ne reportons pas les coûts variables dans la liste ci-après. Pour l'analyse des coûts d'investissement des différentes mesures, l'activité est exprimée en nombre de véhicules, et le passage d'une norme à une autre n'est généralement pas neutre vis-à-vis de ces coûts.

- L'application de la norme Euro 5 pour les véhicules utilitaires légers, et notamment les voitures et petits bus essence à moteurs à 4 temps, à 84 % de l'activité de 15,6 millions véhicules, coûte 638 millions d'euros/an en 2020.
- L'application des normes Euro 4, 5 et 6 pour les véhicules utilitaires légers, et notamment les voitures et petits bus diesel à moteurs à 4 temps, à 14, 28 et 54 % respectivement de l'activité de 16,4 millions mille véhicules, coûte 142, 416 et 970 millions d'euros/an respectivement en 2020.
- L'application des normes Euro 5 et 6 pour les véhicules utilitaires légers, et notamment les camions aux moteurs diesel à 4 temps, à 30 et 54 %

respectivement de l'activité de 7406 milles véhicules, coûte 187 et 437 millions d'euros/an en 2020 respectivement.

- Les coûts liés à l'application de la norme Euro V aux véhicules utilitaires lourds, notamment les poids lourds diesel, à 90 % de l'activité de 730 milles véhicules s'élèvent à 759 millions d'euros/an en 2020.
- Dans le secteur « autre transport », l'application de la mesure 'contrôle stage 3B' aux sources mobiles utilisant du fioul ou du diesel dans les secteurs de l'agriculture et de la construction à 26 % de l'activité de 842 milles de véhicules compte pour 172 millions d'euros/an en 2020. L'application de la mesure 'contrôle stage 4' à 48 % de l'activité compte pour 361 millions d'euros/an en 2020.

Au total, ces mesures comptent pour 4081 des coûts de 5126 millions d'euros/an du scénario CLE en 2020.

4.1.2 PASSAGE DU SCENARIO CLE AU SCENARIO LC ET AU SCENARIO OPTIMISE

Le Tableau 36 liste les modifications entre les différents scénarios en termes de mesures appliquées qui expliquent la plus grande partie des coûts additionnels et des réductions d'émissions. Concernant le passage du scénario CLE au scénario LC, il présente les mesures comptant pour des coûts de 158 sur 161 millions d'euros/an (ou 111 des 119 kT de réduction d'émission).

L'introduction de la norme EURO VI pour les véhicules utilitaires lourds dans la 'baseline' conduit à des changements de répartition des taux d'application des normes EURO V et VI dans le scénario LC par rapport au scénario CLE dont les coûts additionnels nets s'élèvent à 114 millions d'euros/an en 2020. Le fait que les coûts additionnels nets du secteur transport routier dans le scénario LC par rapport au scénario CLE soient inférieurs à ces 114 millions d'euros s'explique par d'autres changements de répartition entre les taux d'application de mesures. En particulier, une réduction du taux d'application de la norme EURO 6 et une augmentation du taux d'application de la norme EURO 5 pour les véhicules utilitaires légers conduit à des économies. Ces mesures ne faisaient pas partie de la 'baseline' lors des analyses CAFE.

Concernant la combustion de gaz naturel dans l'industrie, c'est l'introduction de la SCR qui compte le plus pour les coûts additionnels entre les scénarios CLE et LC. Concernant la combustion d'autres combustibles dans l'industrie c'est notamment la mesure 'modification de combustion' dont le taux d'application est augmentée.

L'application de la SCR dans les nouvelles aciéries électriques explique une part importante des coûts dans le secteur de la production et de la transformation de l'énergie.

Concernant les procédés industriels, c'est notamment l'augmentation du taux d'application de la mesure 'contrôle de NOx stage 2 (parfois jusqu'à 100 % des capacités) et en partie également de la mesure 'contrôle de NOx stage 1' qui augmentent les coûts entre CLE et LC.

Les mesures 'stage 1', 'stage 2', ... ne font pas référence à une technologie ou mesure spécifique. Différentes mesures ou combinaisons de mesures peuvent correspondre à un niveau de 'stage' donné. Dans une version future de ce rapport, un examen plus approfondi du modèle GAINS permettra de vérifier l'hypothèse

que 'Stage 1' pourrait correspondre à l'application de mesures primaires, 'Stage 2' à la réduction non catalytique sélective (SNCR) ou à une combinaison de plusieurs mesures primaires, et 'Stage 3' à la réduction catalytique sélective (SCR).

Tableau 36 : Les modifications de mesures les plus importantes pour les coûts et émissions dans le passage du scénario CLE au scénario LC et du scénario LC au scénario optimisé ; réduction des NOx

NOx					coûts/économies				émissions			
					passage de CLE à LC		passage de LC à optimisé		passage de CLE à LC		passage de LC à optimisé	
secteur	activité	capacité	mesure	Δ taux d'application	Δ coût, M euros/an, 2020	coûts / économies nets, M euros/an, 2020	Δ coût, M euros/an, 2020	coûts / économies nets, M euros/an, 2020	Δ émissions, kt, 2020	Δ émissions net, kt, 2020	Δ émissions, kt, 2020	Δ émissions net, kt, 2020
industrie	combustion de gaz naturel dans des chaudières	133 PJ	'modification de combustion dans des chaudières et fours industrielles à l'huile et au gaz'	réduction de 60 à 7,5 %	-3,5	18,4			-3,5	-5,1		
			'no control'	réduction de 40 à 0 %					-5,3			
			'modification de combustion et réduction sélective non catalytique dans des chaudières et fours industrielles à l'huile et au gaz'	augmentation de 0 à 93 %	21,9			3,7				
	combustion de fioul lourd dans des chaudières	112,8 PJ	'modification de combustion dans des chaudières et fours industrielles à l'huile et au gaz'	augmentation de 60 à 100 %	2	2			4,5	-4,5		
			'no control'	réduction de 40 à 0 %					-9			
	combustion des bio combustibles dans des chaudières	72,3 PJ	'modification de combustion dans des chaudières et fours industrielles de combustibles solides'	augmentation de 0 à 100 %	3,5	3,5			6,9	-6,9		
			'no control'	réduction de 100 à 0 %					-13,7			
	autre combustion, gaz naturel	346 PJ	'modification de combustion dans des chaudières et fours industrielles à l'huile et au gaz'	augmentation de 60 à 90 %	2,9	2,9			6,2	-6,2		-2,1
				augmentation de 90 à 100 %			1	1				2,1
				'no control'	réduction de 40 à 10 %					-12,5		
	autre combustion, fioul	53 PJ	'modification de combustion dans des chaudières et fours industrielles à l'huile et au gaz'	augmentation de 0 à 100 %			1,5	1,5			4	-4
				'no control'	réduction de 100 à 0 %							-8
nouvelles centrales d'électricité	utilisant du charbon de type 1	41,7 PJ	'réduction catalytique sélective'	augmentation de 0 à 90 %	7,4	7,4			1,1	-4,5		
				'no control'	réduction de 100 à 10 %					-5,7		
Procédés industriels	production du ciment	24,6 millions de tonnes	'contrôle des NOx stage 1'	réduction de 90 à 40 %	-3,1	2,5		10,1	-19,1	-6,4		-12,6
				réduction de 40 à 0 %				-2,5			-15,2	
				'contrôle des NOx stage 2'	augmentation de 10 à 60 %	5,6				12,7		
				réduction de 60 à 40 %				-2,2			-5,1	
	production de chaux	3,4 millions de tonnes	'contrôle des NOx stage 1'	augmentation de 0 à 50%	0,4	0,4		3	3,7	-2,4		-7,3
				réduction de 50 à 0%				-0,4			-3,7	
				'contrôle des NOx stage 3'	augmentation de 0 à 100 %				3,5		2,4	
				'no control'	réduction de 100 à 50 %					-6,1		-6,1
	production de pétrole brut et d'autres produits, input aux raffineries de pétrole	83 millions de tonnes	'contrôle des NOx stage 2'	augmentation de 0 à 100 %	27,4	27,4			16,6	-24,9		
				'no control'	réduction de 100 à 0 %					-41,5		
	installations d'agglomération	24,4 millions de tonnes	'contrôle des NOx stage 1'	augmentation de 0 à 50 %	1,5	8,2			7,3	-12,2		
				'contrôle des NOx stage 2'	augmentation de 0 à 50 %	6,7				4,9		
'no control'				réduction de 100 à 0 %					-24,4			
production de fonte brute dans des hauts fourneaux	16,4 millions de tonnes	'contrôle des NOx stage 2'	augmentation de 0 à 100 %			1,8	1,8			2	-3	
			'no control'	réduction de 100 à 0 %							-4,9	
Véhicules utilitaires lourds	bus, utilisant du diesel	44,2 milles de véhicules (ou 18 PJ)	'EURO V'	réduction de 88 à 35 %	-27	6,9			-2	-1,6		
				'Euro VI'	augmentation de 0 à 53 %	33,9				0,4		
	camions, utilisant du diesel	730,3 milles de véhicules (ou 489 PJ)	'EURO V'	réduction de 90 à 40 %	-419	107,3			-50	-40		
				'Euro VI'	augmentation de 0 à 49 %	526,5				10		
Véhicules utilitaires légers	voitures et petits bus, utilisant du diesel	16446 milles de véhicules (ou 534 PJ)	'EURO VI'	réduction de 54 à 47 %	-125,7	-19,9			-1,9	2,4		
				'Euro V'	augmentation de 28 à 35 %	105,8				4,3		
	camions commerciaux légers (moteurs à 4 temps), utilisant du diesel	7406 milles de véhicules (ou 356 PJ)	'EURO VI'	réduction de 54 à 47 %	-56,6	-9			-1,3	1,6		
				'Euro V'	augmentation de 28 à 35 %	47,6				2,8		
Somme						158		17		-111	-29	
Δ total entre les scénarios						161		20		-119	-34	

Concernant le passage du scénario LC au scénario optimisé, le Tableau 36 contient des mesures qui représentent des coûts additionnels de 17 sur 20 millions d'euros/an en 2020 et pour 29 sur 34 kT d'émissions de NOx réduites en 2020.

La tendance à augmenter le taux d'application de la mesure 'modification de combustion' concernant la 'combustion dans l'industrie' se poursuit dans le passage du scénario LC au scénario optimisé.

Dans le secteur des 'procédés industriels' on constate en partie des modifications inversant celles du passage du scénario CLE au scénario LC (réduction de la mesure 'contrôle stage 2' dans la production du ciment et de la mesure 'contrôle stage 1' dans la production de chaux). En général par contre, il y a une évolution vers des mesures plus efficaces en termes de réduction des émissions.

Le réalisme de l'hypothèse d'une augmentation de taux d'applications de mesures à des pourcentages élevés, parfois 100%, à l'horizon 2020, devrait être évalué avec des experts sectoriels.

4.2 PM_{2,5}

4.2.1 LES MESURES LES PLUS CHERES DANS CLE

Les mesures qui représentent environ les ¾ des 2166 millions d'euros/an en 2020 du scénario CLE sont les suivantes :

- Pour le chauffage au bois dans le secteur résidentiel / commercial l'utilisation de 'chaudières améliorées' et de 'nouvelles chaudières' dans 65 et 20 % respectivement de l'activité de 287 PJ explique des coûts de 439 et 1042 millions d'euros/an en 2020 respectivement.
- L'application de la mesure 'bonne pratiques niveau 1' dans les petites entreprises dans le secteur des procédés' à 50 % de l'activité de 63,6 millions personnes coûte 141 millions d'euros/an en 2020.

4.2.2 PASSAGE DU SCENARIO CLE AU SCENARIO LC ET AU SCENARIO OPTIMISE

Les émissions augmentent et les coûts baissent entre le scénario CLE et le scénario LC, ainsi qu'entre le scénario CLE et le scénario CP

Pourtant, l'introduction de nouvelles réglementations dans la 'baseline' devrait plutôt augmenter les coûts et réduire les émissions.

Plus précisément (cf. Tableaux 37 et 38) :

- Dans le secteur des 'procédés' les émissions augmentent entre CLE et LC de 64 à 80 kT/an en 2020, et les coûts baissent de 321 à 309 millions d'euros/an.
- Dans le secteur 'combustion dans l'industrie manufacturière' la situation est encore plus surprenante : ici non seulement les émissions augmentent (de 9 à 10 kT/an en 2020), mais également les coûts (de 124 millions d'euros/an dans CLE via 126 millions d'euros/an dans CP à 125 millions d'euros/an dans LC). Toutefois, ces modifications sont légères, et tout dépend de la façon dont les coûts se retrouvent affectés par l'IIASA aux PM, donc cette hausse n'est pas forcément significative.

Tableau 37 : Répartition des émissions de PM_{2,5} en France entre secteurs selon les différents scénarios, et réductions d'émissions, 2020, en kT

PM2,5, kT/an		2020					variation entre scénarios: réductions d'émissions, 2020	
Nr.	Snap codes	C&E_CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR	différence entre LC et CLE	différence entre optimisé et LC
1	Combustion in energy and transformation industries	1	1	1	1	0	0	-1
2	Non-industrial combustion plants	102	102	102	101	17	0	-1
3	Combustion in manufacturing industry	9	10	10	8	7	1	-2
4	Production processes	64	80	80	59	57	16	-21
5	Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0	0
7	Road transport	13	13	13	13	13	-1	0
8	Other mobile sources and machinery	6	6	6	6	6	0	0
9	Waste treatment and disposal	10	10	10	8	8	0	-3
10	Agriculture	5	5	5	5	5	0	0
	Total	211	227	227	200	113	16	-27

Le passage du scénario LC au scénario optimisé introduit des mesures qui réduisent les émissions de 27 kT/an et qui augmentent les coûts de 21 millions d'euros/an en 2020. Les secteurs concernés sont tout d'abord les 'procédés', mais également la 'combustion dans l'industrie manufacturière', le 'traitement des déchets', les 'installations non-industrielles de combustion' et la 'combustion dans des industries d'énergie et de transformation'.

Tableau 38 : Répartition de coûts de réduction d'émissions de PM_{2,5} en France entre secteurs selon les différents scénarios, et coûts additionnels, 2020, en M€/an

PM2,5, M€/an		2020					variation entre scénarios: coûts additionnels, 2020	
Nr.	Snap codes	C&E_CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR	différence entre LC et CLE	différence entre optimisé et LC
1	Combustion in energy and transformation industries	32	32	32	33	41	0	1
2	Non-industrial combustion plants	1 665	1 665	1 664	1 665	6 542	-1	1
3	Combustion in manufacturing industry	124	126	125	130	151	1	5
4	Production processes	321	311	309	323	532	-11	14
5	Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	3	3	3	3	3	0	0
9	Waste treatment and disposal				1	1	0	1
10	Agriculture	22	22	22	22	202	0	0
	Total	2 166	2 158	2 155	2 176	7 472	-10	21

Le Tableau 39 résume les mesures responsables de la plus grande partie d'économies ou de coûts, et d'augmentations ou de réductions d'émissions entre les trois scénarios. Concernant le passage du scénario CLE au scénario LC, il reprend des mesures comptant pour 9,2 des 10 millions d'euros d'économies par an en 2020, et pour 15,8 kT des 16 kT d'émissions supplémentaires. Concernant le passage du scénario LC au scénario optimisé, le tableau montre des mesures comptant pour 19,4 sur 21 millions d'euros de coûts additionnels, et pour 25 sur 27 kT d'émissions réduites en 2020.

Concernant le passage du scénario CLE au scénario LC, et dans le secteur des procédés industriels, c'est souvent la réduction du taux d'application d'une mesure plus efficace en termes de réduction d'émissions (par exemple 'précipitateurs électrostatiques à deux champs', 'dépoussiéreur à haute efficacité', 'bonnes pratiques niveau 2') en faveur d'une augmentation d'une mesure moins efficace en termes de réduction d'émissions (par exemple 'précipitateurs électrostatiques à un champ', 'cyclone', 'bonnes pratiques niveau 1') qui explique la baisse des coûts (économies) et l'augmentation des émissions constatées. Le modèle GAINS choisit donc des mesures moins efficaces dans l'optimisation entre CLE et LC.

Dans le passage du scénario LC au scénario optimisé, ces tendances sont souvent inversées et le fonctionnement logique de l'optimisation pour respecter des contraintes plus fortes semble rétabli : augmentation du taux d'application de la mesure 'dépoussiéreur à haute efficacité' au détriment des mesures 'précipitateurs électrostatiques à un champ' et 'cyclone'. Certaines augmentations de 0 à 100% peuvent par contre sembler peu réalistes.

Ce fonctionnement du modèle GAINS pourrait s'expliquer *a priori* par le but de l'optimisation dans la construction du scénario LC (cf. chapitre 2) qui est différent du but de l'optimisation pour définir des nouveaux plafonds nationaux d'émissions. Le scénario LC ajuste les mesures de la 'baseline' afin de mettre les pays sur un pied égalitaire pour l'optimisation des nouveaux plafonds, et afin de ne pas restreindre les mesures disponibles dans cette optimisation. Pour le scénario optimisé, l'optimisation finale vise d'atteindre les nouveaux objectifs pour la santé et l'environnement à moindre coût global.

Dans le secteur des 'déchets' le scénario optimisé supprime la mesure 'combustion des déchets résidentiels à ciel ouvert'. Celle-ci étant interdite en France, la mesure devrait s'appliquer, du moins en partie, dans la 'baseline'. Il convient à vérifier s'il s'agit également des déchets verts pour lesquels la combustion à ciel ouvert n'est pas encore interdite.

Enfin, le passage de 0 à 100% pour les filtres à graisse chez les ménages est contestable.

Tableau 39 : Les modifications de mesures les plus importantes pour les coûts et émissions dans le passage du scénario CLE au scénario LC et du scénario LC au scénario optimisé ; réduction des PM_{2,5}

PM _{2,5}					coûts/économies				émissions					
secteur	activité	capacité	mesure	Δ taux d'application	passage de CLE à LC		passage de LC à optimisé		passage de CLE à LC		passage de LC à optimisé			
					Δ coût, M euros/an, 2020	coûts / économies nets, M euros/an, 2020	Δ coût, M euros/an, 2020	coûts / économies nets, M euros/an, 2020	Δ émissions, kt, 2020	Δ émissions net, kt, 2020	Δ émissions, kt, 2020	Δ émissions net, kt, 2020		
Nouvelles centrales	utilisation du charbon type 1, pulvérisé	41,7 PJ	précipitateur électrostatique à 1 champ	augmentation de 60 à 80 %	1,3	-0,02		1	0,16	0,01		-0,5		
				réduction de 80 à 0 %								-0,6		
			dépoussiéreur à haute efficacité	augmentation de 0 à 20 %	1,5			-5,2		0,02				
				augmentation de 20 à 100 %				6,2				0,09		
	dépoussiéreur électrostatique à 2 champs		réduction de 49 à 0 %	-2,9				-0,18						
Industrie	combustion dans des chaudières, utilisant du fioul lourd	112,8 PJ	gestion économique (good housekeeping)	réduction de 100 à 78 %	-0,6			4,7		-0,18	-0,18			
			dépoussiéreur à haute efficacité	augmentation de 0 à 22 %	5,3					0,003				
	autre combustion, utilisant du charbon type 1, pulvérisé	15,7 PJ	précipitateur électrostatique à 1 champ	réduction de 100 à 0 %				-2,8	0,5			-0,4		
			dépoussiéreur à haute efficacité	augmentation de 0 à 100 %				3,4				0,05		
Procédés industriels	convertisseur d'acier à l'oxygène	14,9 millions de tonnes	précipitateur électrostatique à 1 champ	augmentation de 0 à 49 %	22,2			-5,5		9,5	5,4	2,5	-4,6	
				réduction de 49 à 0 %									-5,4	
			précipitateur électrostatique à 2 champs	réduction de 44 à 0 %	-24,4			-22,2			-2,7			
			dépoussiéreur à haute efficacité	réduction de 55 à 49 %	-3,4						-0,1		0,8	
				augmentation de 49 à 99 %					31,7					
	fonte (fonderie de fonte grise)	2,5 millions de tonnes		précipitateur électrostatique à 1 champ	augmentation de 0 à 50 %	4,1			-3,6		1,7	0,9	2,1	-0,8
					réduction de 50 à 0 %									-0,9
				bonnes pratiques niveau 1	augmentation de 0 à 99 %	10,8						2		
				dépoussiéreur à haute efficacité	réduction de 100 à 50 %	-5,8						-0,1		
				augmentation de 50 à 100 %					5,8			0,1		
		bonnes pratiques niveau 2		réduction de 99 à 0 %	-12,6					-0,7				
	production de verre (verre plat, soufflé, verre de conditionnement)	3,7 millions de tonnes		précipitateur électrostatique à 1 champ	augmentation de 0 à 99 %	1,5			-0,3		0,6	0,2	0,1	-0,2
					réduction de 99 à 0 %									-0,2
				précipitateur électrostatique à 2 champs	réduction de 99 à 0 %	-1,8			-1,5			-0,1		
				dépoussiéreur à haute efficacité	augmentation de 0 à 99 %						2,1			0,03
	production de fibres de verre, de gypse, de PVC et d'autres produits	6,2 millions de tonnes		cyclone	augmentation de 60 à 65 %	0,1			-0,1		2,6	0,3	0,27	-4,2
				réduction de 65 à 0 %									-4,1	
précipitateur électrostatique à 1 champ				réduction de 35 à 30 %	-0,2						-0,03			
dépoussiéreur à haute efficacité				réduction de 30 à 0 %							-1,3		-0,2	
			augmentation de 0 à 95 %					5,6			0,1			
fonte brute, hauts fourneaux	16,4 millions de tonnes		cyclone	réduction de 10 à 7 %	-0,2			-2,1		0,2	-0,06	0,04	-0,1	
				réduction de 7 à 0 %									-0,1	
			précipitateur électrostatique à 2 champs	réduction de 10 à 0 %	-1						-0,3			
			dépoussiéreur à haute efficacité	réduction de 59 à 0 %	-6,7						-0,01			
	précipitateur électrostatique à 1 champ		augmentation de 20 à 92 %	5,8						0,1				
			augmentation de 92 à 99 %						0,5		0,01			
installations d'agglomération	24,4 millions de tonnes		précipitateur électrostatique à 1 champ	augmentation de 0 à 50 %	3,5			-1,9		1,4	0,5	1,2	-0,4	
				réduction de 50 à 0 %									-0,5	
			bonnes pratiques niveau 1	augmentation de 0 à 99 %	6,7						1,5			
			précipitateur électrostatique à 2 champs	réduction de 50 à 0 %	-4,3						-0,3			
	bonnes pratiques niveau 2		réduction de 99 à 0 %	-7,9						-0,5				
	dépoussiéreur à haute efficacité		augmentation de 49 à 99 %					4,9			0,1			
aciérie électrique	7,5 millions de tonnes		cyclone	augmentation de 0 à 10 %	0,2			-0,2		0,2	4	3,9	-3,9	
				réduction de 10 à 0 %									-4	
			dépoussiéreur à haute efficacité	réduction de 99 à 89 %	-0,4						-0,1			
			augmentation de 89 à 99 %					0,4			0,1			
production d'engrais	5,3 millions de tonnes		cyclone	augmentation de 0 à 9 %	0,07			-0,1		-0,1	6	5,9	-5,9	
				réduction de 9 à 0 %									-6	
			dépoussiéreur à haute efficacité	réduction de 99 à 90 %	-0,2						-0,1			
			augmentation de 90 à 99 %								0,1			
pétrole brut et autres produits, inputs aux raffineries de pétrole	82,9 millions de tonnes		précipitateur électrostatique à 1 champ	réduction de 40 à 0 %					-1	0,7			-0,2	
				réduction de 59 à 0 %									-0,2	
			dépoussiéreur à haute efficacité	augmentation de 0 à 99 %						3,6			0,1	
secteur commercial / résidentiel	chaudières moyennes (< 50 MW), utilisant du charbon type 1	3,6 PJ	cyclone automatique	réduction de 60 à 30 %					-0,1	0,6			-0,3	
			dépoussiéreur automatique à haute efficacité	augmentation de 0 à 70 %						0,7			0,01	
			'no control'	réduction de 40 à 0 %									-0,5	
secteur résidentiel	friture de viande, préparation d'aliments, BBQ	63,3 millions de personnes	filtres dans des cuisines/ménages	augmentation de 0 à 100 %					0,5	0,5			4,3	
			'no control'	réduction de 100 à 0 %									-4,8	
déchets	combustion des déchets résidentiels à ciel ouvert	0,4 millions de tonnes	no control'	réduction de 100 à 0 %									-2,2	
Somme													-9,2	
Δ total entre les scénarios														-10
														21
														16
														-25
														-27

4.3 SO₂

4.3.1 LES MESURES LES PLUS CHERES DANS CLE

Les mesures listées ci-après expliquent 1119 sur les 1408 millions d'euros/an en 2020 des coûts du scénario CLE :

- L'utilisation de 'gasoil à basse teneur en soufre – stage 2 (0,045 % S)' dans les secteurs résidentiel / commercial / services / agriculture dans 65 % de l'activité de 360 PJ coûte 108 millions d'euros/an en 2020.
- Les coûts de l'utilisation de 'gasoil à basse teneur en soufre – stage 3 (0,001 % S)' par des poids lourds diesel dans 100 % de l'activité de 488 PJ s'élèvent à 358 millions d'euros/an en 2020.
- Pour les véhicules utilitaires légers, et notamment les voitures et petits bus diesel l'utilisation de 'gasoil à basse teneur en soufre – stage 3 (0,001 % S)' dans 100 % de l'activité de 534 PJ coûte 392 millions d'euros/an en 2020.
- L'application de la même mesure à 100 % de la capacité de 356 PJ des véhicules utilitaires légers, et notamment des camions commerciaux légers diesel compte pour 261 millions d'euros/an en 2020.

4.3.2 PASSAGE DU SCENARIO CLE AU SCENARIO LC ET AU SCENARIO OPTIMISE

Concernant la réduction du SO₂, la prise en compte de nouvelles Directives européennes dans la 'baseline' (scénario LC par rapport à scénario CLE) est plus importante en termes de réduction d'émissions et de coûts que les mesures additionnelles prévues dans le scénario optimisé (TSAP) pour respecter les objectifs de la TSAP en 2020 (cf. Tableaux 40 et 41).

Tableau 40 : Répartition d'émissions de SO₂ en France entre secteurs selon les différents scénarios, et réductions d'émissions, 2020, en kT

SO ₂ , kT/an		2020					variation entre scénarios: réductions d'émissions, 2020	
Nr.	Snap codes	C&E_CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR	Différence entre LC et CLE	différence entre optimisé et LC
1	Combustion in energy and transformation industries	32	32	32	23	20	0	-9
2	Non-industrial combustion plants	33	33	33	33	23	0	-1
3	Combustion in manufacturing industry	138	73	73	63	51	-65	-10
4	Production processes	104	45	45	41	39	-59	-5
7	Road transport	1	1	1	1	1	0	0
8	Other mobile sources and machinery	3	3	3	2	2	0	-1
9	Waste treatment and disposal	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0	0
	Total	312	188	188	162	135	-124	-25

C'est probablement l'introduction, dans la 'baseline' de la nouvelle proposition de Directive IPPC pour les grandes installations industrielles qui explique la réduction (entre les scénarios LC et CLE) des émissions des secteurs 'combustion dans l'industrie manufacturière' et 'procédés de production' de 65 et 59 kT/an respectivement. Les coûts correspondant à ces réductions d'émissions s'élèvent à 95 et 46 millions d'euros/an en 2020 respectivement.

Les réductions d'émissions supplémentaires et les coûts additionnels dus aux nouveaux plafonds correspondant au scénario optimisé sont plus faibles : - 25 kT de SO₂/an en 2020 pour des coûts additionnels de 14 millions d'euros/an. Ceci concerne au premier lieu les secteurs 'combustion dans l'industrie manufacturière' et 'combustion dans des industries d'énergie et de transformation'. D'autres secteurs concernés par des mesures additionnelles sont les 'procédés', les 'installations non-industrielles de combustion' et les 'autres sources mobiles'.

Tableau 41 : Répartition de coûts de réduction d'émissions de SO₂ en France entre secteurs selon les différents scénarios, et coûts additionnels, 2020, en M€/an

SO ₂ , M€/an		2020					variation entre scénarios: coûts additionnels, 2020	
Nr.	Snap codes	C&E_CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR	différence entre LC et CLE	Différence entre optimisé et LC
1	Combustion in energy and transformation industries	54	55	55	60	98	1	5
2	Non-industrial combustion plants	121	121	121	121	170	0	1
3	Combustion in manufacturing industry	82	177	177	183	226	95	6
4	Production processes	22	67	67	70	73	46	2
7	Road transport	1 025	1 025	1 025	1 025	1 025	0	0
8	Other mobile sources and machinery	105	105	105	105	108	0	1
Total		1 408	1 549	1 549	1 564	1 699	141	14

Les modifications en termes de mesures appliquées entre le scénario CLE et le scénario LC qui expliquent la plus grande partie des coûts additionnels (138 sur 141 millions d'euros/an en 2020) et des réductions d'émissions (-119 sur -124 kT/an en 2020) sont résumées dans le Tableau 42. On y retrouve également les modifications en termes de mesures appliquées entre le scénario LC et le scénario optimisé qui expliquent la plus grande partie des coûts additionnels (13 sur 14 millions d'euros/an en 2020) et des réductions d'émissions (-22 sur -25 kT/an en 2020).

Concernant le passage du scénario CLE au scénario LC, dans la combustion dans l'industrie, les coûts supplémentaires et les réductions d'émissions s'expliquent notamment par une augmentation de la mesure 'désulfuration humide de gaz' au détriment de l'utilisation de 'combustibles à basse teneur' en soufre.

Concernant le secteur des 'procédés industriels', les modifications consistent notamment en une augmentation des mesures 'contrôle de SO₂ stage 2 » et/ou 'contrôle de SO₂ stage 3 » et une réduction (dans la plupart des cas) des mesures 'contrôle de SO₂ stage 1 » et/ou 'contrôle de SO₂ stage 2 ».

Tableau 42 : Les modifications de mesures les plus importantes pour les coûts et émissions dans le passage du scénario CLE au scénario LC et du scénario LC au scénario optimisé ; réduction des SO₂

SO2					coûts/économies				émissions			
secteur	activité	capacité	mesure	Δ taux d'application	passage de CLE à LC		passage de LC à optimisé		passage de CLE à LC		passage de LC à optimisé	
					Δ coût, M euros/an, 2020	coûts / économies nets, M euros/an, 2020	Δ coût, M euros/an, 2020	coûts / économies nets, M euros/an, 2020	Δ émissions, kt, 2020	Δ émissions net, kt, 2020	Δ émissions, kt, 2020	Δ émissions net, kt, 2020
Industrie	combustion de charbon du type 1 dans des chaudières	21,4 PJ	désulfuration humide de gaz	augmentation de 2 à 95 %	20,6	21,5			2	-10,8		
			injection de chaux	augmentation de 0 à 5 %	1,3				0,3			
			charbon à basse teneur en soufre (0,6% S)	réduction de 16 à 0 %	-0,3				-1,5			
	combustion de fioul lourd dans des chaudières	113 PJ	no control	réduction de 82 à 0 %						-11,6		
			désulfuration humide de gaz	augmentation de 0 à 100 %	115	56,2			23,4	-28,7		
			fioul à basse teneur en soufre (0,6% S)	réduction de 85 à 0 %	-58,5				-28,7			
			no control	réduction de 15 à 0 %					-23,4			
procédés industriels	production de ciment	24,6 millions de tonnes	contrôle de SO2 stage 2	augmentation de 0 à 80 %	11	11			3	-7		
			no control	réduction de 100 à 20 %					-10			
	production d'autres métaux non-ferreux	0,3 millions de tonnes	contrôle de SO2 stage 2	réduction de 80 à 0 %	-7,4	3,2		1,8	-6,4	-2,1		-3,7
			no control	augmentation de 0 à 20 %							1,6	
			contrôle de SO2 stage 3	augmentation de 0 à 80 %	10,6				4,3			
	production de pâte et de papier	2,5 millions de tonnes	no control	réduction de 80 à 0 %	-3	6			-7	-8,5		
			contrôle de SO2 stage 1	réduction de 30 à 0 %					-6,1			
			contrôle de SO2 stage 2	augmentation de 0 à 30 %	2				1,8			
	production de pétrole brut et d'autres produits, input dans des raffineries de pétrole	83 millions de tonnes	contrôle de SO2 stage 3	augmentation de 0 à 70 %	7				2,8			
			no control	réduction de 80 à 0 %	-4,6	22,7			-31,5	-31,5		
			contrôle de SO2 stage 3	augmentation de 0 à 100 %	27,4				-15,6			
	agglomération	24,4 millions de tonnes	contrôle de SO2 stage 1	réduction de 70 à 30 %	-2,1	3,8		4,9	-9,8	-14,2		-7,8
no control			réduction de 30 à 0 %							-7,3		
contrôle de SO2 stage 2			augmentation de 0 à 70 %	5,8				10,3				
no control			réduction de 70 à 0 %					-5,8			-10,3	
contrôle de SO2 stage 3			augmentation de 0 à 100 %					12,2			9,8	
acide sulfurique	4 millions de tonnes	contrôle de SO2 stage 1	réduction de 70 à 0 %	-6	12,4			-5,6	-6,7			
		no control	réduction de 30 à 0 %					-4,8				
		contrôle de SO2 stage 2	augmentation de 0 à 30 %	4				1,4				
		contrôle de SO2 stage 3	augmentation de 0 à 70 %	14				2,2				
cokerie	3,9 millions de tonnes	no control	réduction de 30 à 0 %		1,2			-7	-9,9			
		contrôle de SO2 stage 1	réduction de 70 à 0 %	-0,6				-8				
		contrôle de SO2 stage 2	augmentation de 0 à 30 %	0,4				2				
production de chaux	3,4 millions de tonnes	no control	réduction de 100 à 0 %					1,4		-2,9	-2	
		contrôle de SO2 stage 2	augmentation de 0 à 100 %							0,9		
combustion	production de fioul lourd autre que dans des centrales	42,6 PJ	fioul à basse teneur en soufre (0,6 % S)	augmentation de 85 à 100 %			4,9	4,9			1,9	-8,6
			no control	réduction de 15 à 0 %							-10,6	
Somme						138		13		-119		-22
Δ total entre les scénarios						141		14		-124		-25

Les mesures 'stage 1', 'stage 2', ... ne font pas référence à une technologie ou mesure spécifique. Différentes mesures ou combinaisons de mesures peuvent correspondre à un niveau de 'stage' donné. 'Stage 1' pourrait par exemple faire référence à l'utilisation d'un combustible à basse teneur en soufre (ce qui pourrait également correspondre à une substitution d'un combustible par le gaz), mais il pourrait aussi s'agir de 'l'injection de chaux'. La mesure 'stage 2' pourrait faire référence à la mesure FGD (désulfuration de gaz).

Concernant le passage du scénario LC au scénario optimisé, la tendance vers l'application des mesures de type 'stage' plus élevé est poursuivie.

L'hypothèse faite pour la 'production de chaux' du passage d'un taux d'application de 0 à 100% dans le scénario optimisé de la mesure 'contrôle de SO₂ stage 2' (sans passer par le 'stage1') n'est peut être pas réaliste.

Enfin, l'augmentation du taux d'application de la mesure 'fioul à basse teneur en soufre' à 100 % des capacités dans la 'production de fioul lourd autre que dans des centrales' (secteur SNAP 'combustion dans des industries d'énergie et de transformation') est également une mesure représentant une partie importante des coûts additionnels et des réductions d'émissions.

4.4 COV

4.4.1 LES MESURES LES PLUS CHERES DANS CLE

Les coûts de 970 millions d'euros sur les coûts totaux du scénario CLE de 1009 millions d'euros/an en 2020 sont expliqués par les mesures suivantes :

- Dans le secteur de la production d'automobiles, l'application des mesures 'modification de procédés, substitution, adsorption et incinération' à 85 % de la capacité de 4020 milles véhicules coûte 247 millions d'euros/an en 2020.
- Concernant l'utilisation d'encre d'impression dans des nouvelles installations de flexographie et de rotogravure l'application des mesures 'utilisation d'encres à base d'eau et incinération' à 80% de la capacité de 85 kT d'encre coûte 105 millions d'euros/an en 2020.
- Concernant les applications industrielles de peinture utilisant des procédés en continue l'application de la combinaison de mesures 'utilisation de peintures améliorées à base de solvants (50 %) avec une efficacité d'application de 70% et oxydation thermique' à 35 % de la capacité de 82 kT explique des coûts d'un montant de 321 millions d'euros/an en 2020.
- Concernant les applications industrielles de peinture l'application de la combinaison de mesures 'utilisation de peintures améliorées à base de solvants (45 %) avec une efficacité d'application de 65% et oxydation thermique' à 10 % de la capacité de 139 kT explique des coûts d'un montant de 102 millions d'euros/an en 2020.
- Concernant l'utilisation de solvants dans l'industrie pharmaceutique l'application de la combinaison de diverses mesures primaires et secondaires (entre autres incinération thermique, adsorption par le carbone, condensation) à 80 % des capacités de 398 kT de solvants coûte 195 millions d'euros/an en 2020.

4.4.2 PASSAGE DU SCENARIO CLE AU SCENARIO LC

Le scénario optimisé n'introduit pas de mesures supplémentaires pour la réduction des COV. Tous les changements dans les mesures prises ont lieu dans le passage de la 'baseline' initiale CLE à la 'baseline' LC (cf. Tableaux 43 et 44) et se traduisent par une baisse des émissions et des coûts.

Tableau 43 : Répartition des émissions de COV en France entre secteurs selon les différents scénarios, et réductions d'émissions, 2020, en kT

COV, kT/an		2020					variation entre scénarios: réductions d'émissions, 2020	
Nr.	Snap codes	C&E_CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR	Différence entre LC et CLE	Différence entre optimisé et LC
1	Combustion in energy and transformation industries	7	7	7	7	7	0	0
2	Non-industrial combustion plants	175	175	175	175	30	0	0
3	Combustion in manufacturing industry	7	7	7	7	7	0	0
4	Production processes	91	91	91	91	64	-0.1	0
5	Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	38	38	38	38	34	0	0
6	Solvent and other product use	324	324	324	324	233	-0.3	0
7	Road transport	62	55	55	55	55	-6.4	0
8	Other mobile sources and machinery	46	46	46	46	46	0	0
9	Waste treatment and disposal	13	13	13	13	12	0.0	0
	Total	762	756	756	756	489	-7	0

C'est du secteur du 'transport routier' que provient la quasi totalité des réductions d'émissions entre le scénario CLE et le scénario LC, tandis que les réductions de coûts se font dans le secteur des 'solvants'. Des légères réductions d'émissions sont à constater également dans les secteurs 'solvants' et 'procédés'.

Tableau 44 : Répartition de coûts de réduction d'émissions de COV en France entre secteurs selon les différents scénarios, et coûts additionnels, 2020, en M€/an

COV, M€/an		2020					variation entre scénarios: coûts additionnels, 2020	
Nr.	Snap codes	C&E_CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSAP	C&E_MRR	différence entre LC et CLE	différence entre optimisé et LC
4	Production processes	1	1	1	1	177	0	0
5	Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	51	51	51	51	77	0	0
6	Solvent and other product use	957	950	946	946	3 797	-11	0
9	Waste treatment and disposal	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0	0
	Total	1 009	1 002	998	998	4 051	-11	0

Les modifications en termes de taux d'application de mesures qui expliquent la plus grande partie des économies (-10 sur -11 millions d'euros/an en 2020) et des réductions d'émissions (-6 sur -7 kT/an en 2020) entre les scénarios CLE et LC sont décrites dans le Tableau 45.

Les coûts de la mesure qui explique la plus grande partie des réductions d'émissions, soit l'introduction de VUL 'EURO VI' en remplacement partiel des VUL 'EURO V', ne sont pas affectés aux COV. Ceci explique le manque de correspondance directe entre les mesures responsables de la plus grande partie des économies et celles responsables de la plus grande partie des réductions d'émissions de COV.

Les mesures conduisant à des économies dans le scénario LC par rapport au scénario CLE s'appliquent dans deux activités en lien avec des solvants : des 'installations de dégraissage' et des 'applications industrielles de peinture'.

Pour les 'installations de dégraissage' c'est le remplacement, en partie de la mesure 'procédés de nettoyage à base d'eau' par 'l'utilisation de solvants dans des dégraisseurs fermés' qui réduit les coûts de 2,5 millions d'euros/an en 2020. Dans les 'applications industrielles de peinture' c'est notamment la réduction du taux d'application de la mesure 'oxydation thermique' qui réduit les coûts dans le scénario LC par rapport au scénario CLE. De plus, la teneur en solvants de peintures est réduite.

Tableau 45 : Les modifications de mesures les plus importantes pour les coûts et émissions dans le passage du scénario CLE au scénario LC ; réduction des COV

COV				coûts/économies		émissions		
secteur	activité	capacité	mesure	Δ taux d'application	passage de CLE à LC		passage de CLE à LC	
					Δ coût, M euros/an, 2020	coûts / économies nets, M euros/an, 2020	Δ émissions, kT, 2020	Δ émissions net, kT, 2020
Industrie	utilisation de peinture, applications industrielles de peinture	92 kT	"utilisation de peintures actuelles basées sur des solvants (contenu en solvants 60%) avec une efficacité d'application de 65%"	augmentation de 13,6 à 14,2%	-1,4	-7,5	0,2	-0,2
			"utilisation de peintures actuelles basées sur des solvants (contenu en solvants 60%) avec une efficacité d'application de 65% et oxydation thermique"	réduction de 28 à 0%	-60		-1,9	
			"utilisation de peintures améliorées basées sur des solvants (55%) avec une efficacité d'application de 65%"	augmentation de 0 à 27%	53,9		1,5	
Utilisation de solvants	nouvelles installations de dégraissage	135 kT	"utilisation de solvants chlorés dans des dégraisseurs fermés"	augmentation de 36 à 49,5%	11,4	-2,5	0,6	0
			"procédés de nettoyage basés sur de l'eau"	réduction de 45 à 32,4%	-13,9		(*) ^a	
			"no control"	réduction de 11,5 à 10,6 %			-0,6	
Véhicules utilitaires lourds	camions, diesel	488 PJ	EURO V	réduction de 90 à 40%			-8,8	-6,2
			EURO VI	augmentation 0 à 50%			2,6	
Somme						-10		-6
différence totale entre les scénarios						-11		-7

(*) Absence d'information dans le tableau d'émissions de l'IIASA.

4.5 NH₃

4.5.1 LES MESURES LES PLUS CHERES DANS LC

Il convient d'abord de définir certaines expressions et mesures utilisées dans le modèle GAINS concernant l'agriculture.

Systèmes liquides	fait généralement référence à un mode d'élevage générant du lisier. Ce sont, pour les bovins, des effluents de l'étable, qui sont captés en permanence pour les bovins élevés en étable, ou pendant la traite
Systèmes solides	fait généralement référence à un mode d'élevage générant du fumier, lequel peut être mélangé avec de la paille
Aliments à basse teneur en azote	par exemple l'alimentation multi-phases et l'utilisation d'acides aminés synthétiques pour les porcs et poules. Concernant les vaches laitières le remplacement de l'herbe et de l'herbe d'ensilage par du maïs
Adaptation des bâtiments d'élevage	amélioration du design et de la construction des sols (bovins, porcs, volaille), arrosage des sols, contrôle climatique (porcs et volaille) et systèmes secs et humides de fumier (volaille)
Basse application d'ammoniac	Dans la version 'à haute efficacité' de cette mesure il s'agit a priori de l'incorporation immédiate du fumier ou lisier dans le sol lors de l'épandage, dans la versions 'à basse ou moyenne efficacité' il s'agit, entre autres, d'une dilution du lisier

Les mesures dans le scénario CLE qui expliquent des coûts de 82 sur 102 millions d'euros/an en 2020 sont les suivantes :

- L'application à 55 % de la capacité de 1374 kT N de la mesure 'techniques d'absorption et de stripping' dans la production d'engrais coûte 26 millions d'euros/an en 2020.
- Dans l'élevage de poules l'application des mesures 'aliments à basse teneur en azote et adaptation des bâtiments d'élevage' à 30 % de la capacité de 172 millions d'animaux coûte 23 millions d'euros/an en 2020.
- Dans l'élevage des porcs, systèmes liquides l'application des mesures 'aliments à basse teneur en azote, adaptation des bâtiments d'élevage et basse application d'ammoniac' et de la mesure 'adaptation des bâtiments d'élevage' à 5 % et 4% respectivement de la capacité de 13 millions d'animaux explique des coûts s'élevant à 21 et 12 millions d'euros/an en 2020 respectivement.

4.5.2 PASSAGE DU SCENARIO LC AU SCENARIO OPTIMISE

Contrairement au cas des COV, tout changement dans les mesures prises contre les émissions des NH₃ a lieu dans le passage de la 'baseline' LC au scénario optimisé (cf. Tableaux 46 et 47). Il n'y a pas de différences entre les deux versions de la 'baseline'.

Tableau 46 : Répartition des émissions de NH₃ en France entre secteurs selon les différents scénarios, et réductions d'émissions, 2020, en kT

NH3, kT/an		2020					variation entre scénarios: réductions d'émissions, 2020	
Nr.	Snap codes	C&E_CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSA P	C&E_MRR	différence entre LC et CLE	différence entre optimisé et LC
1	Combustion in energy and transformation industries	1	1	1	1	1	0	0
2	Non-industrial combustion plants	4	4	4	4	3	0	0
3	Combustion in manufacturing industry	0	1	1	1	1	0	0
4	Production processes	6	6	6	6	3	0	0
7	Road transport	2	2	2	2	2	0	0
8	Other mobile sources and machinery	0	0	0	0	0	0	0
9	Waste treatment and disposal	17	17	17	17	17	0	0
10	Agriculture	620	620	620	506	351	0	-114
	Total	650	650	650	536	379	0	-114

C'est d'ailleurs uniquement dans le secteur de l'agriculture que le scénario optimisé introduit des mesures supplémentaires qui réduisent les émissions de 114 kT/an en 2020, pour un coût additionnel de 138 millions d'euros/an.

Tableau 47 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de NH₃ en France entre secteurs selon les différents scénarios, et coûts additionnels, 2020, en M€/an

NH3, M€/an		2020					variation entre scénarios: coûts additionnels, 2020	
Nr.	Snap codes	C&E_CLE	C&E_CP	C&E_LC	C&E_TSA P	C&E_MRR	différence entre LC et CLE	différence entre optimisé et LC
4	Production processes	26	26	26	26	48	0	0
10	Agriculture	76	76	76	214	1 449	0	138
	Total	102	102	102	240	1 497	0	138

Les modifications en termes de taux d'applications de mesures qui expliquent les coûts additionnels de 138 millions d'euros/an en 2020 dans le scénario optimisé par rapport au scénario LC ainsi que la quasi totalité des réductions d'émissions de 114 kT/an en 2020 sont listées dans le Tableau 48.

Dans 'l'agriculture' c'est notamment la mesure 'basse application d'ammoniac' dont l'application augmente dans le scénario optimisé par rapport à la 'baseline'. La mesure 'adaptation de bâtiments d'élevage' compte également entre les mesures additionnelles, tandis que l'application de la mesure 'aliments à basse teneur en azote' reste stable :

- Dans 'l'élevage des vaches laitières, systèmes solides', l'application de la mesure 'basse application d'ammoniac à haute efficacité' (LNA) passe de 0 % dans le scénario LC à 90% dans le scénario TSAP.
- Dans 'l'élevage des poules pondeuses' la mesure 'aliments à basse teneur en azote' (LNF) reste stable avec un taux d'application de 59%. La mesure 'adaptation des bâtiments d'élevage' (SA) passe d'un taux de 59 % dans le scénario LC à un taux de 90 % dans le scénario TSAP ; et la mesure 'basse application d'ammoniac' (LNA) passe de 0 % dans le scénario LC à 100% dans le scénario TSAP.
- Dans 'l'élevage d'autres volailles' la mesure 'aliments à basse teneur en azote' (LNF) reste stable à un taux d'application de 30% des capacités ; la mesure 'adaptation des bâtiments d'élevage' (SA) passe d'un taux de 30% dans le scénario LC à un taux d'application de 52 % dans le scénario TSAP. La mesure 'basse application d'ammoniac' (LNA) passe de 0%, dans le scénario LC à 100% dans le scénario TSAP, dont 48 % sembleraient concerner la mesure 'basse application d'ammoniac à haute efficacité'.
- Dans 'l'élevage des porcs, systèmes solides', la mesure 'basse application d'ammoniac à haute efficacité' passe de 0 % dans le scénario LC à 95 % dans le scénario optimisé.
- Pour les 'vaches laitières, systèmes solides, production de lait au dessus d'un seuil de 3000 millions de tonnes', la mesure 'basse application d'ammoniac à

haute efficacité' passe de 0 % dans le scénario LC à 90 % dans le scénario optimisé.

Tableau 48 : Les modifications de mesures les plus importantes pour les coûts et émissions dans le passage du scénario LC au scénario optimisé ; réduction du NH₃

NH ₃	secteur	activité	capacité	mesure	Δ taux d'application	coûts/économies		émissions	
						passage de LC à		passage de LC à	
						Δ coût, M euros/an, 2020	coûts / économies nets, M euros/an, 2020	Δ émissions, kt, 2020	Δ émissions net, kt, 2020
agriculture	vaches laitières, systèmes solides	3 M animaux	'basse application d'ammoniac, haute efficacité'	augmentation de 0 à 90%	48,7	48,7	33	-18	
			no control'	réduction de 100 à 10 %			-51		
	élevage de poules pondeuses	55,4 M animaux	'aliments à basse teneur en azote et adaptation des bâtiments d'élevage'	réduction de 18 à 0%	-3,1	11,4	-2	-8,5	
			'adaptation des bâtiments d'élevage '	réduction de 41 à 0%	-5		-5,8		
			'aliments à basse teneur en azote '	réduction de 41 à 0%	-2		-6,8		
			'aliments à basse teneur en azote et basse application d'ammoniac'	augmentation de 0 à 10%	1,2		1,1		
			'aliments à basse teneur en azote, adaptation des bâtiments d'élevage et basse application d'ammoniac'	augmentation de 0 à 49%	12,1		2,4		
			'adaptation des bâtiments d'élevage et basse application d'ammoniac'	augmentation de 0 à 41%	8,1		2,5		
	élevage d'autres volailles	172 M animaux	'aliments à basse teneur en azote et adaptation des bâtiments d'élevage'	réduction de 30 à 0%	-23	39,0	-11	-28,6	
			'basse application d'ammoniac , haute efficacité'	augmentation de 0 à 48%	13		22,4		
			'aliments à basse teneur en azote, adaptation des bâtiments d'élevage et basse application d'ammoniac'	augmentation de 0 à 30%	31		5		
			'adaptation des bâtiments d'élevage et basse application d'ammoniac'	(augmentation de 0 à 22%)	18,6		4		
			no control'	réduction de 70 à 0%			-48,7		
	élevage de porcs, systèmes solides	3,3 M animaux	'basse application d'ammoniac, haute efficacité'	augmentation de 0 à 95%	8,2	8,2	11,5	-5,7	
no control'			réduction de 100 à 5 %			-17			
vaches laitières, systèmes solides, production de lait au dessus du seuil de 3000	12697 millions de tonnes au dessus du seuil	no control'	réduction de 100 à 10 %			-50,1	-17,9		
		'basse application d'ammoniac, haute efficacité'	augmentation de 0 à 90%			32,2			
l'utilisation d'engrais	urée	225 kT d'azote	"substitution d'urée"	augmentation 0 à 100%	30,9	30,9	6	-35	
			no control'	réduction de 100 à 0 %			-41		
Somme							138		-114
Δ total entre les scénarios							138		-114

Concernant la mesure 'basse application d'ammoniac à haute efficacité' il s'agit a priori de l'incorporation immédiate du fumier dans le sol lors de l'épandage. Cette mesure pourrait avoir des effets négatifs, nécessitant d'un labour supplémentaire, et donc une consommation de fioul supplémentaire qui affecterait les émissions de CO₂, des PM_{2,5}, ... Il est à clarifier avec l'IIASA si ces effets sont pris en compte dans le modèle GAINS.

Concernant 'l'élevage des porcs, systèmes solides', la validité de l'hypothèse d'une application de cette mesure à 95% des capacités doit être évaluée.

Une autre mesure importante aussi bien pour la réduction des émissions que pour les coûts additionnels est la substitution complète de l'urée dans l'utilisation d'engrais d'ici 2020 (le taux d'application passe de 0 % dans le scénario LC à 100 % dans le scénario optimisé). La possibilité technique (dispose-t-on d'urée en quantité significative, quelle en est l'utilisation actuelle ?) doit encore être vérifiée.

Concernant l'activité de 'production de lait' (cf. plus haut), les coûts de la mesure 'basse application d'ammoniac à haute efficacité' ne sont pas attribués au NH₃.

C'est également le cas des mesures de 'modification de combustion dans des chaudières et fours à l'huile et au gaz', par exemple dans la combustion industrielle, mais ici les effets sur la réduction d'émissions de NH₃ sont faibles et ne sont pas indiqués dans le Tableau 48.

5. CONCLUSIONS

Les scénarios que l'IIASA a optimisés sous la contrainte d'un respect, en 2020, des objectifs de la Stratégie Thématique sur l'Air conduisent à des coûts additionnels de 193 millions d'euros/an en 2020 pour la France et de 1,49 milliards d'euros/an en 2020 pour l'UE27. Par rapport aux coûts totaux de la 'baseline', 10,1 milliards d'euros/an en 2020 pour la France et 80 milliards d'euros/an en 2020 pour l'Europe, ces coûts additionnels ne représentent pas une somme très élevée. Il faut néanmoins noter que ce fait s'explique en partie par l'introduction, dans la 'baseline', de plusieurs Directives européennes qui faisaient partie du scénario optimisé sous l'analyse CAFE. Une partie des coûts additionnels a donc été transférée dans la 'baseline'.

Pour la France les coûts additionnels du scénario optimisé par rapport à la 'baseline' (représentant 100% des coûts) s'élèvent à 15% dans l'analyse CAFE, à 3,2 % dans les scénarios IIASA de 2007 et à 1,9 % dans les scénarios actuels. Pour l'UE27 les pourcentages respectifs s'élèvent à 11 %, 2,7 % et 1,9 %. Toutefois, on ne peut pas attribuer la totalité de ces différences à l'introduction de nouvelles directives dans la 'baseline'. Les scénarios d'activité (agricole et surtout énergétique) ont également été modifiés ce qui a un impact sur les mesures de réduction d'émissions disponibles et nécessaires pour atteindre les objectifs de la TSAP, et l'Europe a reçu deux nouveaux pays membres. Enfin, d'autres modifications des données d'entrée et des évolutions méthodologiques ont également eu lieu depuis les analyses du programme CAFE. Une analyse beaucoup plus détaillée de toutes les modifications ayant eu lieu serait nécessaire pour déterminer en détail la modification des coûts de la 'baseline' et des coûts additionnels qui est due à la prise en compte des nouvelles politiques dans la 'baseline'.

Les polluants dont la réduction est la plus coûteuse en France sont, par ordre décroissant, les NO_x, les PM_{2,5} et le SO₂, aussi bien dans les différentes versions de la 'baseline' que dans le scénario optimisé

Il faut noter que cette répartition des coûts peut subir un biais dû à l'allocation des coûts de mesures de réduction d'émissions à des polluants individuels. Lorsqu'une technologie affecte plusieurs polluants, ses coûts totaux sont attribués au polluant 'principal'. Notamment, lorsqu'une mesure réduit, entre autres, les émissions des NO_x, les coûts de cette mesure sont attribués aux seuls NO_x. La deuxième priorité est donnée aux particules. L'analyse menée a d'ailleurs montré que les forts pourcentages de coûts totaux attribués aux NO_x s'expliquent parce que les coûts des mesures concernant les sources mobiles sont affectés aux NO_x.

Concernant les coûts additionnels correspondant au scénario optimisé, par contre, c'est le polluant NH₃ dont la réduction est la plus coûteuse, suivie, de loin, par celle des PM_{2,5} et des NO_x. Pour le NH₃, la France supporte même les coûts additionnels (scénario TSAP par rapport à LC) les plus élevés en Europe, qui représentent 25% de la somme de ces coûts à travers l'UE27. Le scénario optimisé ne comprend pas de mesures additionnelles pour la réduction des COV.

Une comparaison de la position de la France avec la moyenne sur l'Europe en termes de coûts et de coûts additionnels ainsi que de niveaux d'émissions et de réductions d'émissions, exprimés en ratio sur le PIB, donne l'image suivante :

- Ces valeurs sont inférieures à la moyenne européenne, dans tous les scénarios, dans les cas des NOx et du SO₂,
- Les coûts absolus et le niveau d'émissions des PM_{2,5} sont supérieurs à la moyenne européenne dans les scénarios CLE, LC et optimisé. Par contre, pour le scénario optimisé la réduction supplémentaire d'émission demandée est inférieure et les coûts additionnels sont égaux à cette moyenne,
- Dans le cas du NH₃, les émissions sont supérieures à la moyenne sur l'UE27 dans tous les scénarios. Les réductions d'émissions et les coûts additionnels du scénario optimisé le sont également. Les coûts totaux par contre restent inférieurs à la moyenne européenne dans les scénarios CLE, LC et TSAP,
- Pour les COV ce sont les émissions qui sont inférieures à la moyenne européenne dans les scénarios CLE, LC et TSAP, tandis que les coûts sont supérieurs. Le scénario optimisé ne conduit pas à des coûts additionnels,
- Les coûts totaux de réduction des 5 polluants NEC sont inférieurs à la moyenne européenne dans tous les scénarios, et c'est également le cas des coûts additionnels.

Dans les cas où la variable 'coûts / PIB' se situe au dessus de la moyenne européenne, la différence avec cette moyenne est en général faible, sauf pour les COV.

Les secteurs de l'économie ayant des coûts de réduction d'émissions les plus importants dans les 'baselines' CLE et LC (en ordre décroissant par polluant) sont les suivants :

- NOx : transport routier, suivi de loin par les autres sources mobiles,
- PM_{2,5} : installations non-industrielles de combustion, suivi de loin par les procédés,
- SO₂ : transport routier,
- COV : l'utilisation de solvants et d'autres produits,
- NH₃ : agriculture.

Pour chacun des polluants, les secteurs de l'économie qui contribuent le plus aux coûts additionnels du scénario optimisé par rapport au scénario LC sont, par ordre décroissant, les suivants :

- NH₃ : agriculture,
- PM_{2,5} : procédés industriels (par contre, l'augmentation des coûts par rapport à la 'baseline' CLE est faible),
- NOx : combustion dans l'industrie manufacturière,
- SO₂ : combustion dans l'industrie manufacturière, combustion dans des industries d'énergie et de transformation.

Les mesures, par polluant, responsables des principales variations des coûts entre le scénario LC et le scénario optimisé en France sont :

- NH₃ : Les coûts additionnels s'expliquent par l'augmentation du recours à des mesures qui consistent par exemple en
 - l'incorporation immédiate du fumier ou du lisier dans le sol lors de l'épandage,
 - une dilution du lisier ou en un arrosage en pluie,
 - l'amélioration du design et de la construction des sols ou un contrôle climatique des étables,
 - la suppression des engrais à base d'urée.
- PM_{2,5} : Les coûts additionnels s'expliquent souvent par l'augmentation du recours à des mesures plus efficaces en termes de réduction des PM_{2,5}.
- NOx : Les coûts additionnels sont notamment dus à l'application des mesures 'contrôle des NOx stage 2' et/ou 'contrôle des NOx stage 3' dans les activités 'production du ciment', 'production de chaux' et 'production de fonte brute dans des hauts fourneaux'.
- SO₂ : Les coûts additionnels dans le secteur des 'procédés' sont notamment dus aux mesures type 'stage' plus élevé ; dans la 'production du fioul lourd autre que dans des centrales' c'est la mesure 'fioul à basse teneur en soufre' qui augmente les coûts.

Les mesures se trouvant dans les scénarios GAINS pour la France appellent un certain nombre de remarques ou de besoins d'investigations supplémentaires, que nous résumons ci-après :

- Certaines évolutions de taux d'application de mesures sont inversées entre le passage du scénario CLE au scénario LC et le passage du scénario LC au scénario optimisé. Cette situation a été constatée pour les NOx aussi bien que pour le SO₂ et les PM_{2,5}. Il conviendra d'évaluer si les mesures finalement proposées dans le scénario optimisé correspondent à la réalité des mesures appliquées, planifiées ou imaginables, en France à l'horizon 2020. Pour les PM_{2,5} ce fait explique qu'en France dans le passage du scénario CLE au scénario LC les coûts baissent et les émissions augmentent, ce qui représente un cas unique parmi les pays européens.
- Une analyse détaillée des mesures dans le scénario CP devrait être menée du moins pour les PM_{2,5}, afin d'éclaircir, si possible, ce qui explique l'augmentation des émissions et la baisse des coûts observés dans le passage du scénario CLE au scénario CP, pour les particules.
- Le réalisme d'hypothèses d'augmentation de taux d'applications de mesures à des pourcentages élevés, parfois 100%, à l'horizon 2020, devra être évalué (NOx, SO₂).
- Les mesures techniques présentes derrière la notion de 'stage' pour la réduction du SO₂ et des NOx demandent à être mieux identifiées.
- L'hypothèse d'une application de la mesure 'incorporation immédiate du fumier dans le sol lors de l'épandage' à un taux de 95% dans l'élevage des porcs est-

elle réaliste en France ? Il faudra clarifier avec l'IIASA si les effets négatifs potentiels de cette mesure (consommation de fioul du au labour supplémentaire avec augmentation correspondante de certains polluants) sont pris en compte dans le modèle GAINS.

- Une mesure importante aussi bien pour la réduction des émissions que pour les coûts additionnels est la substitution complète de l'urée dans l'utilisation d'engrais d'ici 2020 (le taux d'application passe de 0 % dans le scénario LC à 100 % dans le scénario optimisé). La possibilité technique (dispose-t-on d'urée en quantité significative, quelle en est l'utilisation actuelle ?) doit encore être vérifiée.

Lorsque les scénarios de l'IIASA seront stabilisés, c'est-à-dire au moment où la proposition de Directive NEC révisée sera publiée par la Commission européenne et qu'il sera sûr que cette proposition correspond aux scénarios modélisés dans le 6^{ème} rapport d'analyses NEC (Amann et al, 2008), des analyses complémentaires pourraient être envisagées.

Les mesures se trouvant dans les différents scénarios de l'IIASA, y compris dans la 'baseline' CLE, pourront être analysées, par rapport à leur degré de réalité, avec des experts sectoriels. Les mesures les plus importantes en termes de coûts pourront être analysées par rapport à leur ratio coût-efficacité. Toutefois, une telle analyse est difficile lorsqu'il s'agit de technologies multi polluants.

Les scénarios de sensibilité modélisés par l'IIASA pourraient également faire l'objet d'une analyse pour la France. Enfin, une analyse de la situation de la France par rapport aux autres pays, en se basant sur les variables coûts, coûts additionnels, émissions et réductions d'émissions exprimées en ratio sur la population pourrait être comparée avec celle présentée dans le présent rapport et qui est basée sur des ratios sur le PIB.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Amann, M.; Bertok, I.; Cabala, R.; Cofala, J.; Heyes, C.; Gyarmas, F.; Klimont, Z.; Schöpp, W.; et Wagner, F. (2005a): 'A final set of scenarios for the Clean Air For Europe (CAFE) programme', CAFE Scenario Analysis Report Nr. 6, juin 2005, Laxenburg/Autriche.
- Amann, M.; Bertok, I.; Cabala, R.; Cofala, J.; Heyes, C.; Gyarmas, F.; Klimont, Z.; Schöpp, W.; et Wagner, F. (2005a): 'A further emission control scenario for the Clean Air For Europe (CAFE) programme', CAFE Scenario Analysis Report Nr. 7, octobre 2005, Laxenburg/Autriche.
- Amann, M.; Asman, W.; Bertok, I.; Cofala, J.; Heyes, C.; Klimont, Z.; Schöpp, W.; et Wagner, F. (2007a): 'Updated Baseline Projections for the Revision of the Emission Ceilings Directive of the European Union', NEC Scenario Analysis Report Nr. 4, juin 2007, Laxenburg/Autriche.
- Amann, M.; Asman, W.; Bertok, I.; Cofala, J.; Heyes, C.; Klimont, Z.; Schöpp, W.; et Wagner, F. (2007b): 'Cost-effective Emission Reductions to meet the Environmental Targets of the Thematic Strategy on Air Pollution under Different Greenhouse Gas Constraints', NEC Scenario Analysis Report Nr. 5, juin 2007, Laxenburg/Autriche.
- Amann, M.; Bertok, I.; Cofala, J.; Heyes, C.; Klimont, Z.; Rafaj, P.; Schöpp, W. et Wagner, F. (2008) : 'NEC Scenario Analysis Report Nr. 6 - National Emission Ceilings for 2020 based on the 2008 Climate & Energy Package', IIASA, juillet 2008, Laxenburg/Autriche.
- CEC (2008a): 'Impact assessment', document accompanying the package of implementation measures for the EU's objectives on climate change and renewable energy for 2020. Commission of the European Communities, Brussels.
- CEC (2008b): 'Annex to the impact assessment', document accompanying the package of implementation measures for the EU's objectives on climate change and renewable energy for 2020. Commission of the European Communities, Brussels.
- COM (2007) 844 final : 'Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on industrial emissions (integrated pollution prevention and control)', Commission of the European Communities, Brussels/Belgium.
- COM (2007) 851 final : 'Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on type-approval of motor vehicles and engines with respect to emissions from heavy duty vehicles (Euro VI) and on access to vehicle repair and maintenance information', Commission of the European Communities, Brussels/Belgium.
- COM (2008) 30 final : '20 20 by 2020. Europe's climate change opportunity', Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, , Commission of the European Communities, Brussels/Belgium.
- GAINS-online Europe : <http://www.iiasa.ac.at/rains/gains-online.html?sb=9>

7. LISTE DES ANNEXES

Repère	Désignation	Nombre de pages
Annexe A	La répartition des émissions à travers les secteurs de l'économie – grands pays européens	21
Annexe B	La répartition des coûts à travers les secteurs de l'économie – grands pays européens	17

7.1 ANNEXE A : LA REPARTITION DES EMISSIONS A TRAVERS LES SECTEURS DE L'ECONOMIE – GRANDS PAYS EUROPEENS

L'annexe A montre la répartition des émissions pour la France par polluant et par secteur de l'économie en comparaison avec les autres pays européens. L'accent est mis sur les scénarios CLE, LC et TSAP. La répartition des émissions pour réduire les 5 polluants NEC à travers les secteurs de l'économie selon la nomenclature CORINAIR SNAP 1 est présentée pour les 6 plus grands pays de l'UE et pour la moyenne sur l'UE27.

7.1.1.1 NOx

7.1.1.2 SCENARIO CLE

Tableau 49 : Répartition des émissions de NOx entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, kT/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	37	322	120	133	125	147	1 285
2	Non-industrial combustion plants	83	104	71	72	30	92	647
3	Combustion in manufacturing industry	165	129	137	80	182	113	1 202
4	Production processes	60	20	9	8	29	19	248
7	Road transport	221	237	203	105	220	150	1 694
8	Other mobile sources and machinery	93	96	211	71	185	160	1 254
9	Waste treatment and disposal	1	1	2	0	0	2	8
10	Agriculture	0	0	5	0	2	0	11
Total		660	908	758	470	772	683	6 348

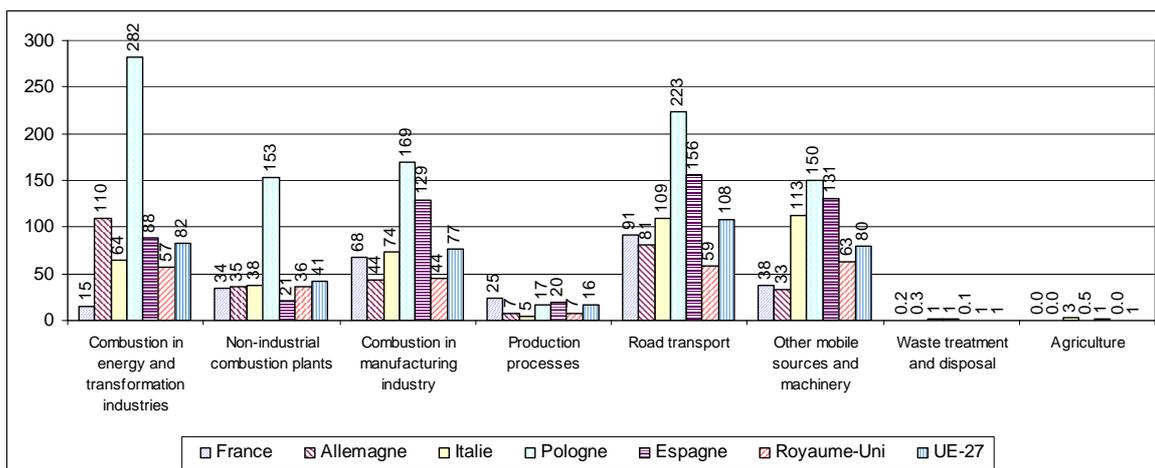


Figure 50 : Répartition des émissions de NOx entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.1.3 SCENARIO LC

Tableau 50 : Répartition des émissions de NOx entre secteurs dans le scénario LC, 2020, kT/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	30	287	90	119	118	137	1 136
2	Non-industrial combustion plants	83	104	71	72	30	92	647
3	Combustion in manufacturing industry	116	117	136	71	170	88	1 063
4	Production processes	35	20	9	8	29	19	223
7	Road transport	184	165	176	82	187	117	1 343
8	Other mobile sources and machinery	93	96	211	71	185	160	1 254
9	Waste treatment and disposal	1	1	2	0,5	0,2	2	8
10	Agriculture	0	0	5	0,2	2	0	11
	Total	541	790	700	424	719	615	5 684

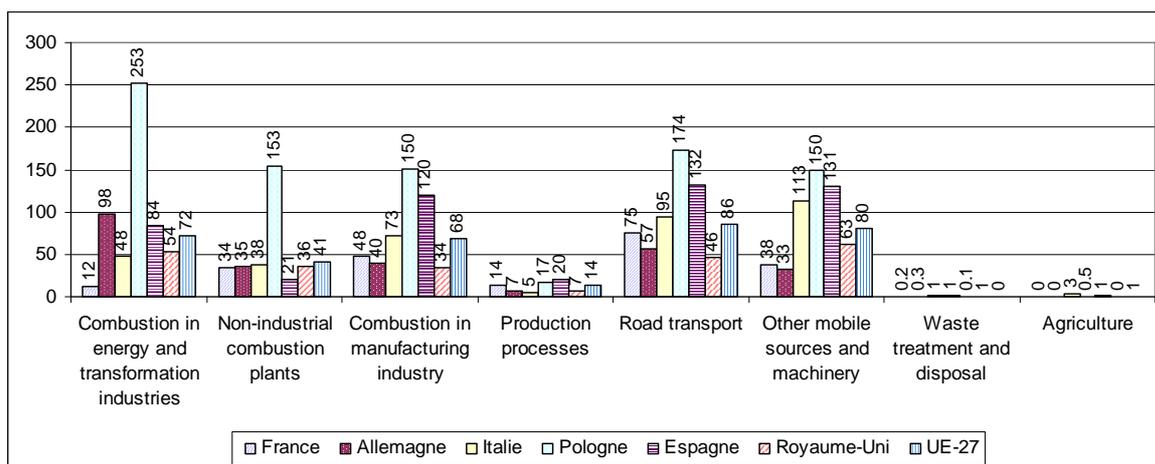


Figure 51 : Répartition des émissions de NOx entre secteurs dans le scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.1.4 SCENARIO OPTIMISE

Tableau 51 : Répartition des émissions de NOx entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, kT/an

Snap codes	France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1 Combustion in energy and transformation industries	29	252	87	115	101	122	1 030
2 Non-industrial combustion plants	83	104	71	72	29	92	644
3 Combustion in manufacturing industry	88	75	93	43	101	47	695
4 Production processes	30	20	9	8	22	14	188
7 Road transport	184	165	176	82	187	117	1 343
8 Other mobile sources and machinery	93	96	211	71	185	160	1 254
9 Waste treatment and disposal	0.0	0.3	1	0.0	0.0	1	4
Total	507	711	648	391	625	554	5 158

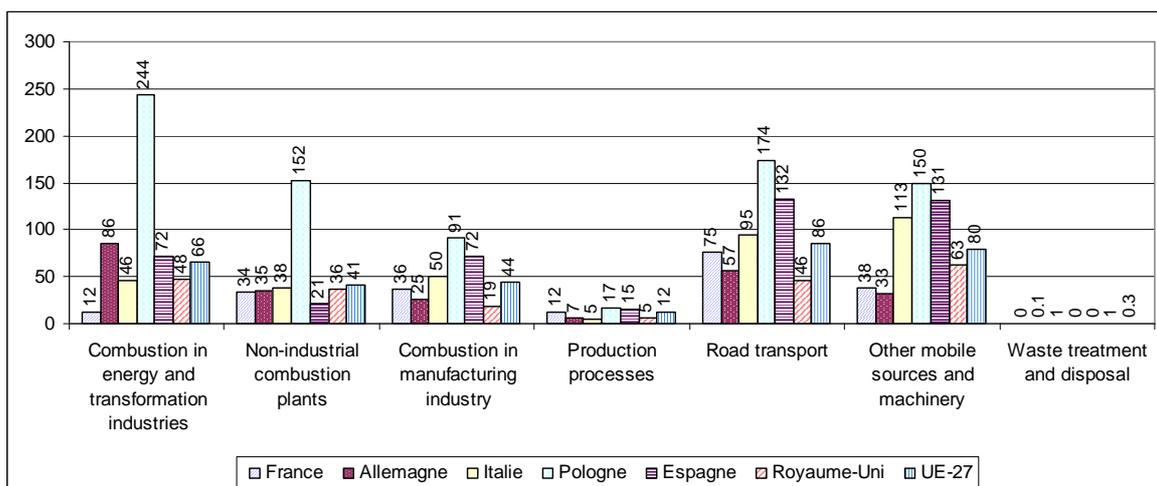


Figure 52 : Répartition des émissions de NOx entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, ratio émissions/PIB

Tableau 52 : Répartition des réductions d'émissions de NOx entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, kT/an

Snap codes	France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1 Combustion in energy and transformation industries	-2	-35	-3	-4	-17	-16	-106
2 Non-industrial combustion plants	0	0	0	-1	0	0	-3
3 Combustion in manufacturing industry	-28	-42	-43	-28	-69	-40	-368
4 Production processes	-5	0	0	0	-7	-5	-35
9 Waste treatment and disposal	-1	0	-1	0	0	0	-4
10 Agriculture	0	0	-5	0	-2	0	-11
Total	-34	-78	-52	-34	-95	-61	-526

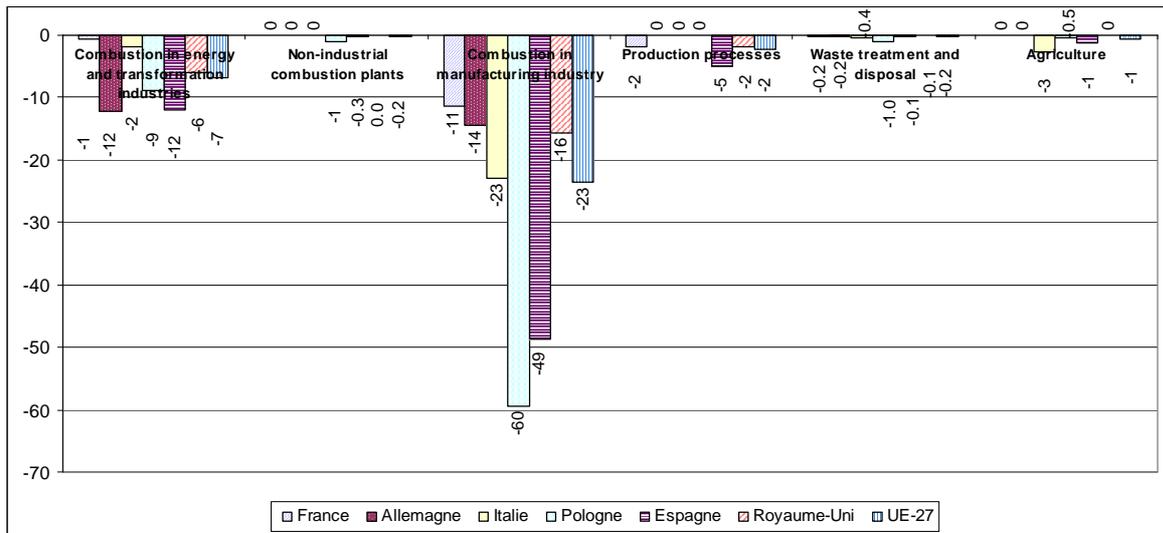


Figure 53 : Répartition des réductions d'émissions de NOx entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.2 PM_{2,5}

7.1.2.1 SCENARIO CLE

Tableau 53 : Répartition des émissions de PM_{2,5} entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, kT/an

Snap codes	France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1 Combustion in energy and transformation industries	1	17	3	15	10	5	103
2 Non-industrial combustion plants	102	17	14	112	18	7	464
3 Combustion in manufacturing industry	9	12	18	8	18	8	128
4 Production processes	64	24	21	8	17	11	268
5 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	0.1	1	0.1	2	0.2	1	5
7 Road transport	13	15	13	6	12	9	95
8 Other mobile sources and machinery	6	6	14	4	10	8	70
9 Waste treatment and disposal	10	13	12	7	6	11	85
10 Agriculture	5	4	16	4	10	3	78
Total	211	107	109	166	101	62	1 298

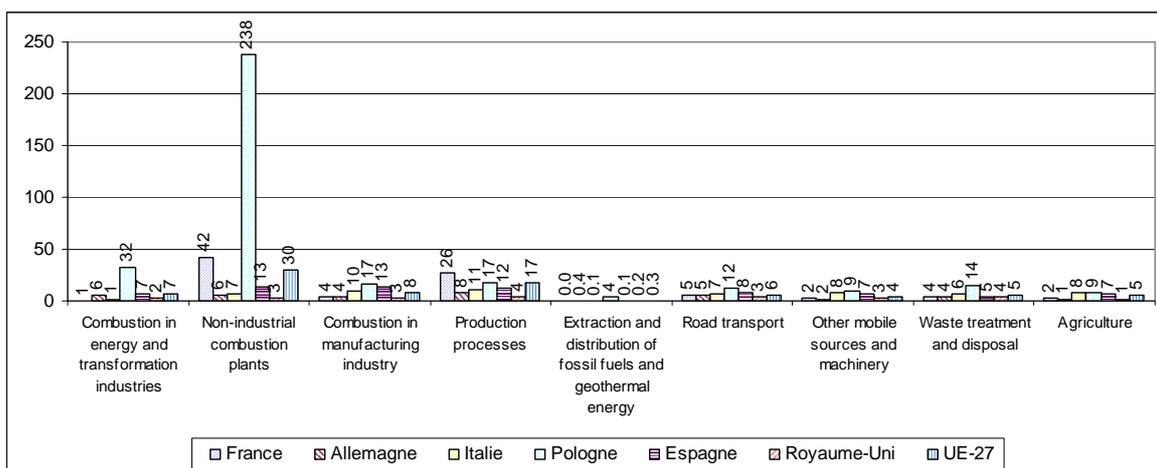


Figure 54 : Répartition des émissions de PM_{2,5} entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.2.2 SCENARIO LC

Tableau 54 : Répartition des émissions de PM_{2,5} entre secteurs dans le scénario LC, 2020, kT/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	1	17	2	10	10	4	69
2	Non-industrial combustion plants	102	16	14	112	14	7	460
3	Combustion in manufacturing industry	10	12	18	7	18	7	122
4	Production processes	80	24	21	8	17	11	284
5	Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	0.1	1	0.1	2	0.2	1	5
7	Road transport	13	14	13	5	11	9	91
8	Other mobile sources and machinery	6	6	14	4	10	8	70
9	Waste treatment and disposal	10	13	12	7	6	11	84
10	Agriculture	5	4	16	4	10	3	78
	Total	227	106	108	160	96	60	1 263

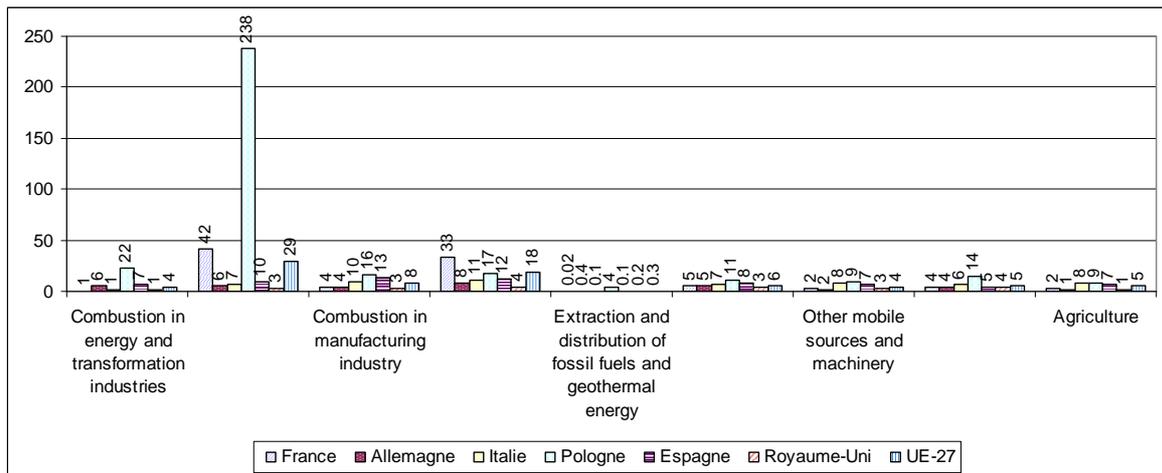


Figure 55 : Répartition des émissions de PM_{2,5} entre secteurs dans le scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.2.3 SCENARIO OPTIMISE

Tableau 55 : Répartition des émissions de PM_{2,5} entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, kT/an

Snap codes	France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1 Combustion in energy and transformation industries	1	17	2	10	5	3	59
2 Non-industrial combustion plants	101	14	13	75	13	6	409
3 Combustion in manufacturing industry	8	11	17	7	18	5	98
4 Production processes	59	20	15	5	13	9	174
5 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	0.1	1	0.1	2	0.2	1	5
7 Road transport	13	14	13	5	11	9	91
8 Other mobile sources and machinery	6	6	14	4	10	8	70
9 Waste treatment and disposal	8	10	8	4	5	9	64
10 Agriculture	5	4	4	3	5	3	37
Total	200	97	85	117	81	52	1 006

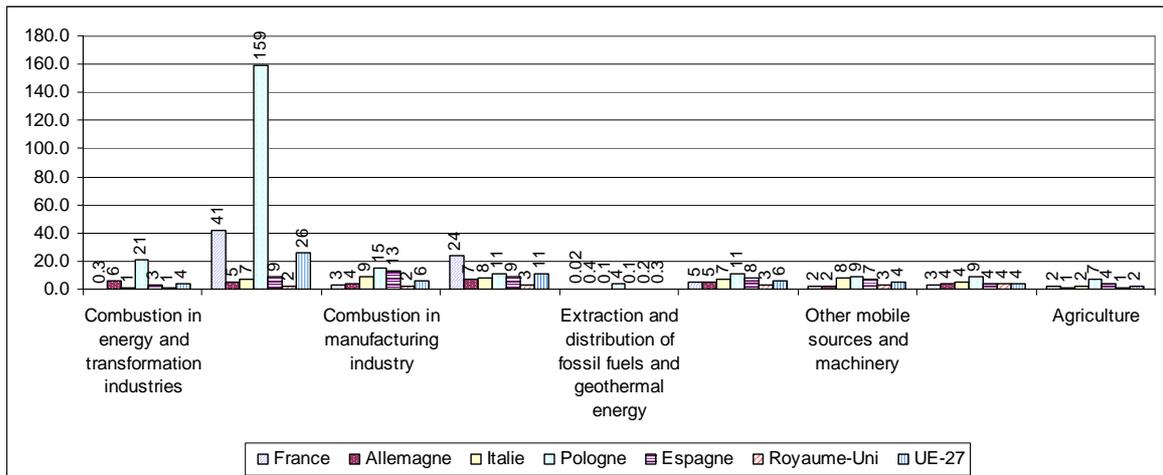


Figure 56 : Répartition des émissions de $PM_{2,5}$ entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, ratio émissions/PIB

Tableau 56 : Répartition des réductions d'émissions de $PM_{2,5}$ entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, kT/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	-1	0	-0.2	-1	-5	-1	-10
2	Non-industrial combustion plants	-1	-3	-1	-37	-1	-2	-51
3	Combustion in manufacturing industry	-2	-1	-1	-0.3	-0.4	-2	-24
4	Production processes	-21	-3	-6	-3	-4	-2	-111
9	Waste treatment and disposal	-3	-2	-3	-2	-1	-1	-21
10	Agriculture	0	0	-12	-1	-5	0	-41
Total		-27	-9	-23	-43	-15	-8	-256

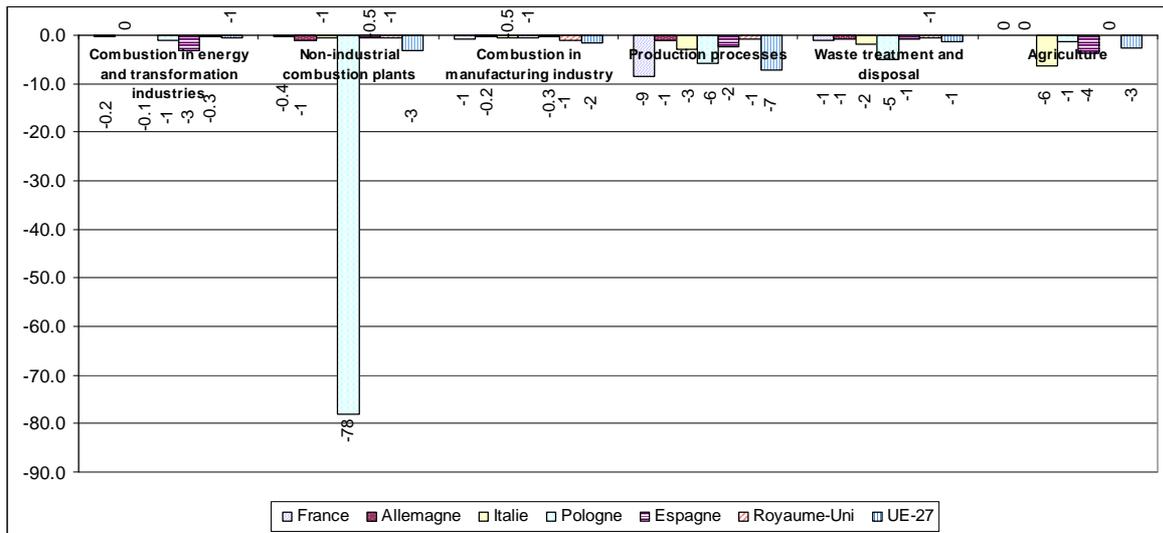


Figure 57 : Répartition des réductions d'émissions de PM_{2,5} entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.3 SO₂

7.1.3.1 SCENARIO CLE

Tableau 57 : Répartition des émissions de SO₂ entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, kT/an

Snap codes	France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1 Combustion in energy and transformation industries	32	242	58	200	111	120	1 120
2 Non-industrial combustion plants	33	39	10	193	11	16	427
3 Combustion in manufacturing industry	138	66	108	86	110	92	1 020
4 Production processes	104	76	57	89	137	28	751
7 Road transport	1	4	1	0.3	2	4	15
8 Other mobile sources and machinery	3	2	57	1	11	5	101
9 Waste treatment and disposal	0.2	1	1	0.2	0.1	1	6
10 Agriculture	0	0	2	0.1	0.8	0	5
Total	312	429	294	570	383	266	3 445

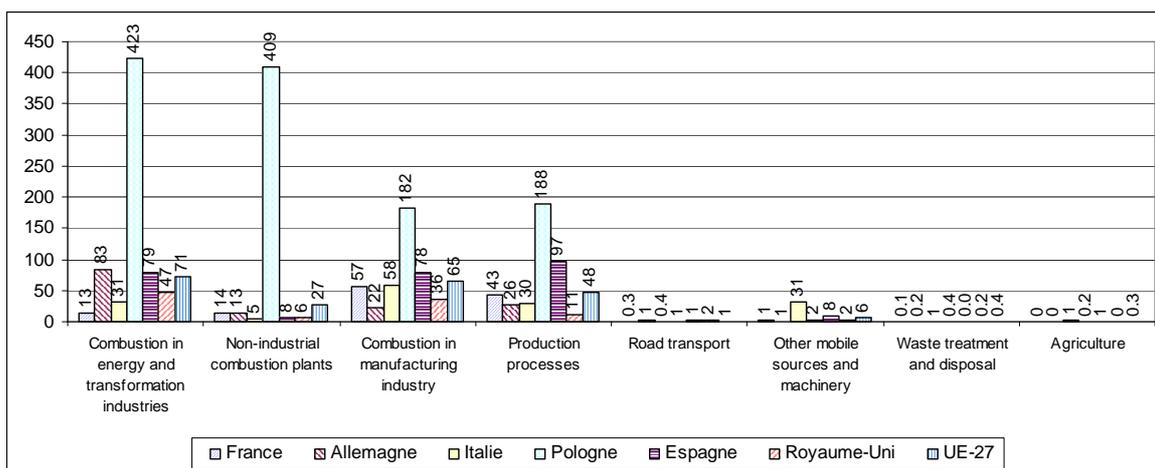


Figure 58 : Répartition des émissions de SO₂ entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.3.2 SCENARIO LC

Tableau 58 : Répartition des émissions de SO₂ entre secteurs dans le scénario LC, 2020, kT/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	32	228	54	159	110	93	917
2	Non-industrial combustion plants	33	39	10	193	11	16	427
3	Combustion in manufacturing industry	73	57	108	55	89	63	764
4	Production processes	45	76	57	89	137	28	692
7	Road transport	1	1	1	0.3	2	4	11
8	Other mobile sources and machinery	3	2	57	1.1	11	5	101
9	Waste treatment and disposal	0.2	1	1	0.2	0.1	1	6
10	Agriculture	0	0	2	0.1	1	0	5
	Total	188	403	290	498	361	210	2 924

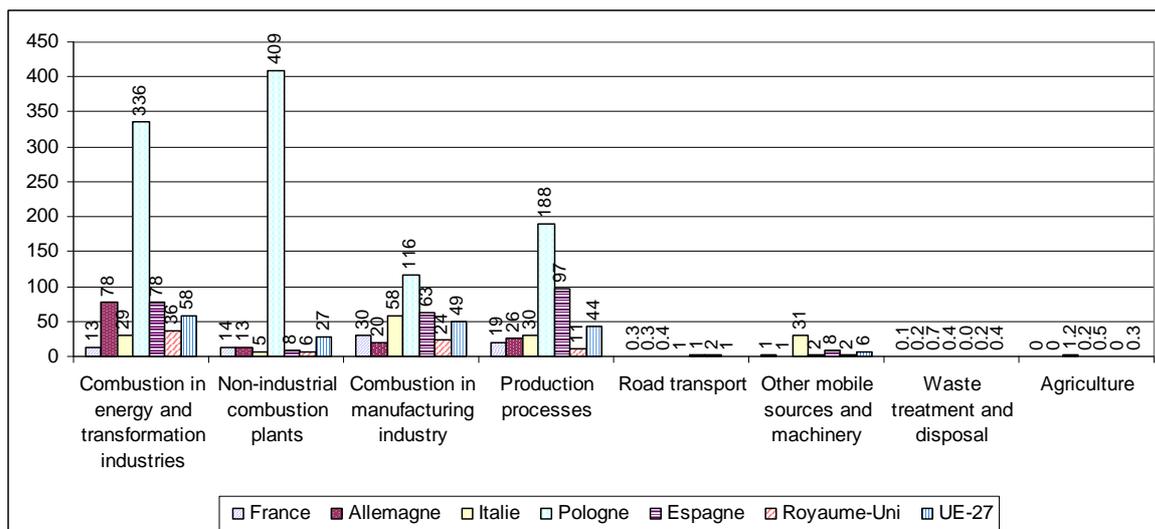


Figure 59 : Répartition des émissions de SO₂ entre secteurs dans le scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.3.3 SCENARIO OPTIMISE

Tableau 59 : Répartition des émissions de SO₂ entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, kT/an

Snap codes	France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1 Combustion in energy and transformation industries	23	220	54	131	75	89	811
2 Non-industrial combustion plants	33	36	10	112	9	12	317
3 Combustion in manufacturing industry	63	51	99	35	78	42	621
4 Production processes	41	76	44	49	96	24	528
7 Road transport	1	1	1	0.3	2	4	11
8 Other mobile sources and machinery	2	2	15	1	4	3	42
9 Waste treatment and disposal	0	0.3	1	0	0	1	4
Total	162	386	224	327	263	175	2 336

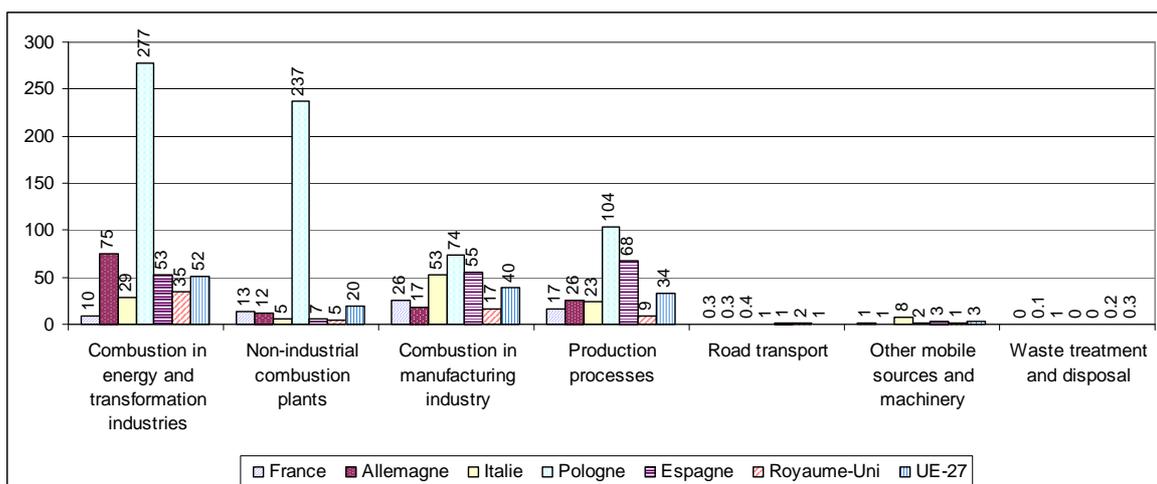


Figure 60 : Répartition des émissions de SO₂ entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, ratio émissions/PIB

Tableau 60 : Répartition des réductions d'émissions de SO₂ entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, kT/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	-9	-9	0	-28	-35	-4	-105
2	Non-industrial combustion plants	-1	-2	0	-81	-2	-4	-110
3	Combustion in manufacturing industry	-10	-7	-9	-20	-11	-20	-144
4	Production processes	-5	0	-13	-40	-41	-4	-164
8	Other mobile sources and machinery	-1	0	-42	0	-8	-1	-59
9	Waste treatment and disposal	-0.2	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1	-0.03	-2
10	Agriculture	0	0	-2	-0.1	-1	0	-5
	Total	-25	-18	-66	-170	-97	-35	-588

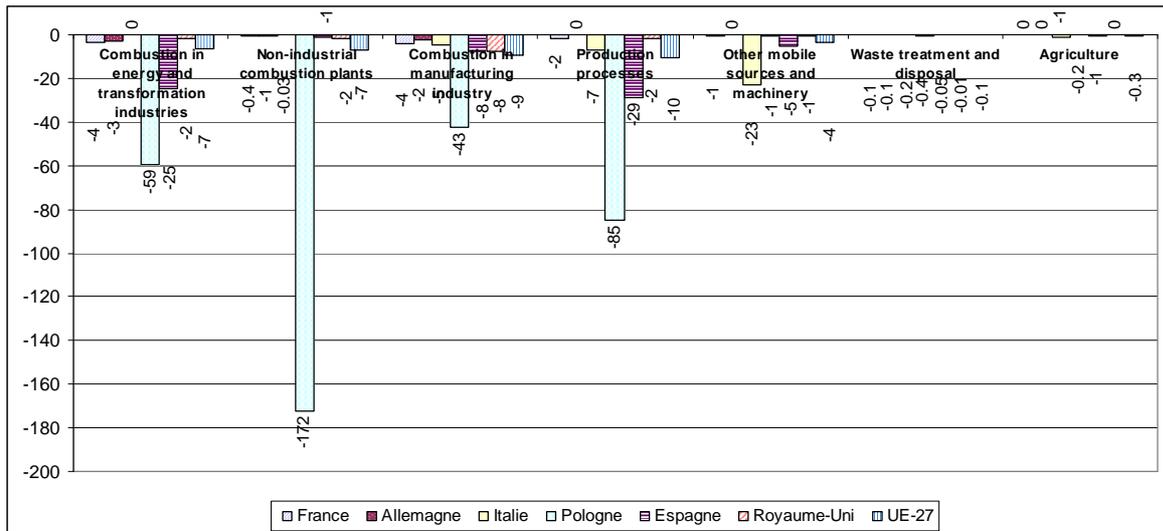


Figure 61 : Répartition des réductions d'émissions de SO₂ entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.4 NH₃

7.1.4.1 SCENARIO CLE

Tableau 61 : Répartition des émissions de NH₃ entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, kT/an

Snap codes	France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1 Combustion in energy and transformation industries	1	3	1	2	2	1	17
2 Non-industrial combustion plants	4	3	1	4	1	1	21
3 Combustion in manufacturing industry	0	0	0	0	1	0	4
4 Production processes	6	11	0	3	13	5	64
7 Road transport	2	4	3	1	2	2	20
8 Other mobile sources and machinery	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	1.1
9 Waste treatment and disposal	17	11	18	13	28	23	175
10 Agriculture	620	562	366	290	324	235	3 459
Total	650	594	389	313	370	267	3 763

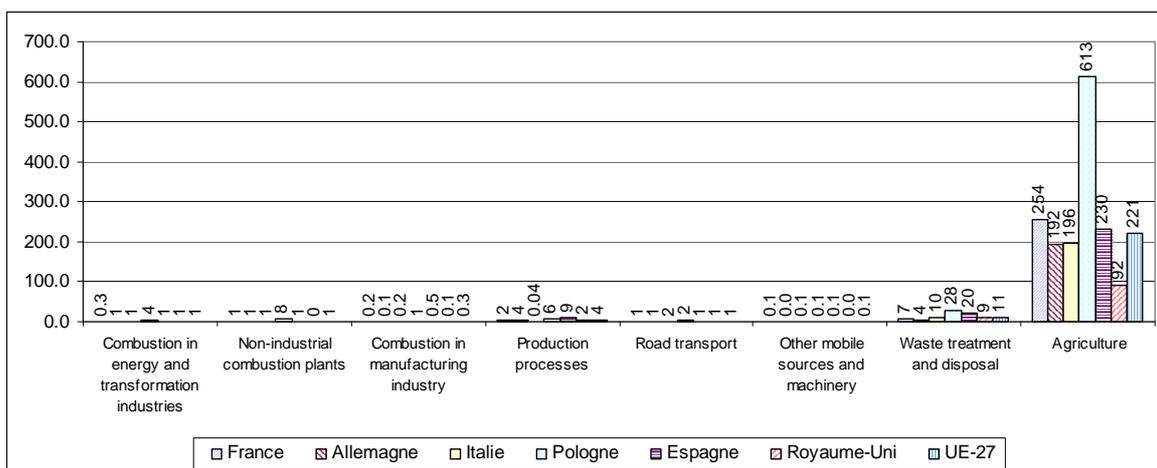


Figure 62 : Répartition des émissions de NH₃ entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.4.2 SCENARIO LC

Tableau 62 : Répartition des émissions de NH₃ entre secteurs dans le scénario LC, 2020, kT/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	1	4	2	2	2	2	19
2	Non-industrial combustion plants	4	3	1	4	1	1	21
3	Combustion in manufacturing industry	1	1	0.4	1	1	1	6
4	Production processes	6	11	0.1	3	13	5	64
7	Road transport	2	4	3	1	2	2	20
8	Other mobile sources and machinery	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	1
9	Waste treatment and disposal	17	11	18	13	28	23	175
10	Agriculture	620	533	366	290	306	235	3 402
	Total	650	566	390	313	353	268	3 709

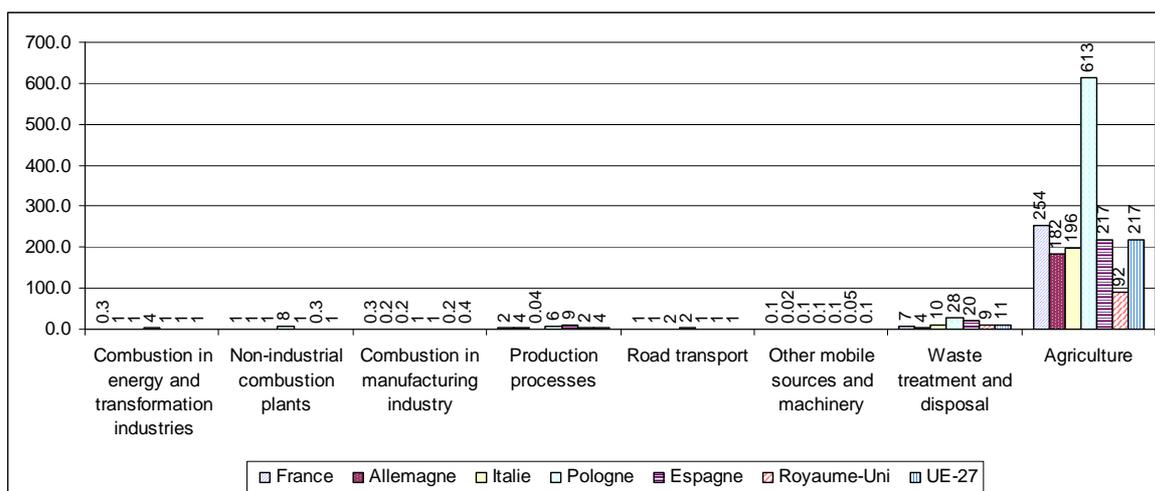


Figure 63 : Répartition des émissions de NH₃ entre secteurs dans le scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.4.3 SCENARIO OPTIMISE

Tableau 63 : Répartition des émissions de NH₃ entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, kT/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	1	4	2	2	2	2	20
2	Non-industrial combustion plants	4	3	1	4	1	1	21
3	Combustion in manufacturing industry	1	1	0	0	1	1	5
4	Production processes	6	11	0	3	13	5	64
7	Road transport	2	4	3	1	2	2	20
8	Other mobile sources and machinery	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	1
9	Waste treatment and disposal	17	11	18	13	28	23	175
10	Agriculture	506	411	307	244	251	204	2 833
	Total	536	444	331	267	297	236	3 139

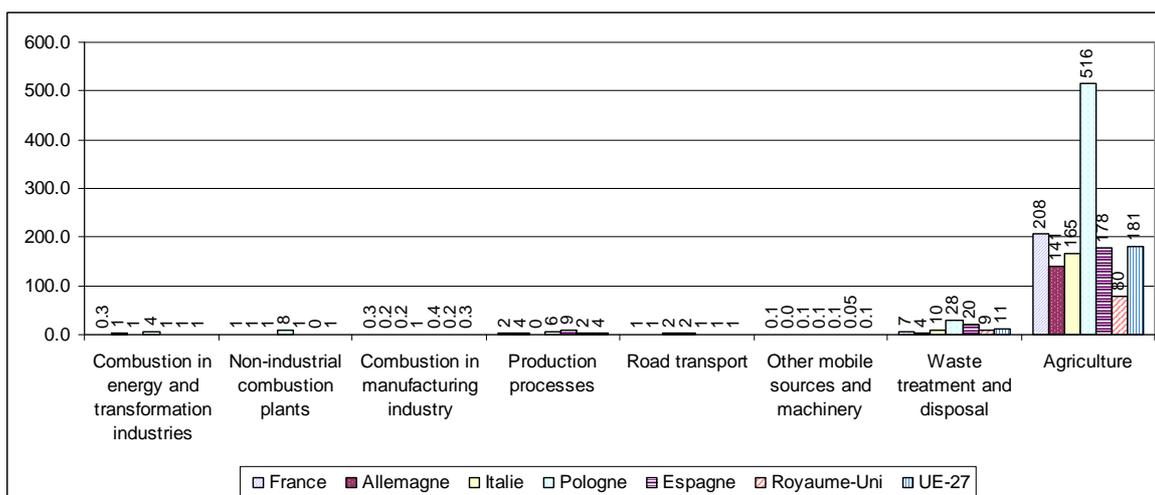


Figure 64 : Répartition des émissions de NH₃ entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, ratio émissions/PIB

Tableau 64 : Répartition des réductions d'émissions de NH₃ entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, kT/an

Snap codes	France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1 Combustion in energy and transformation industries	0	0.4	-0.02	-0.02	-0.05	-0.03	0.1
3 Combustion in manufacturing industry	0	0	0	0	0	0	-1
10 Agriculture	-114	-122	-59	-46	-55	-31	-569
Total	-114	-121	-59	-46	-55	-31	-570

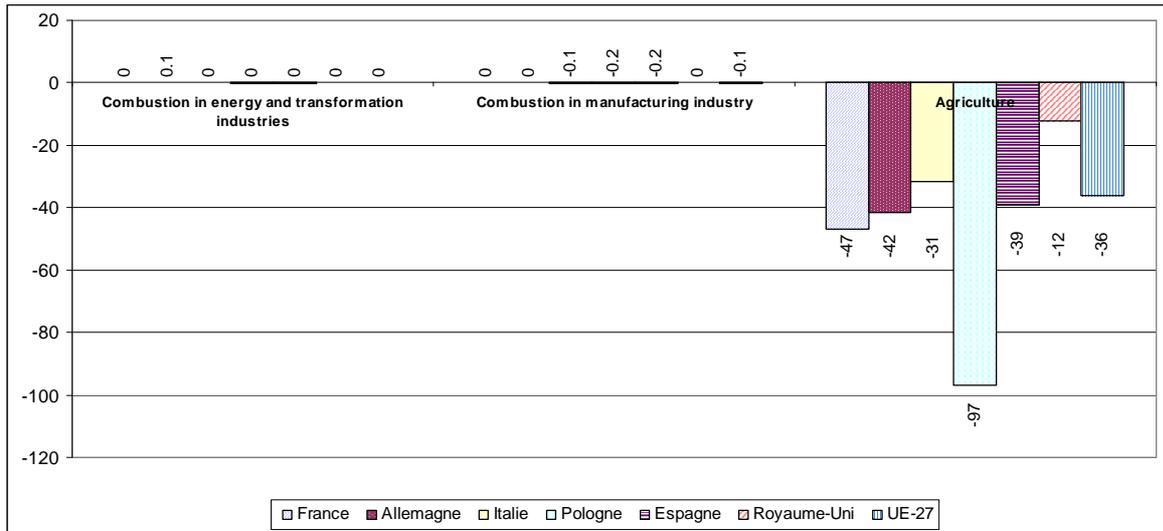


Figure 65 : Répartition des réductions d'émissions de NH_3 entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.5 COV

7.1.5.1 SCENARIO CLE

Tableau 65 : Répartition des émissions de COV entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, kT/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	7	14	7	20	15	14	138
2	Non-industrial combustion plants	175	36	26	111	30	18	787
3	Combustion in manufacturing industry	7	6	6	4	7	4	59
4	Production processes	91	112	72	78	212	176	1 121
5	Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	38	20	57	15	75	257	561
6	Solvent and other product use	324	563	338	87	377	251	2 636
7	Road transport	62	59	65	25	51	51	472
8	Other mobile sources and machinery	46	48	90	22	39	64	419
9	Waste treatment and disposal	13	17	11	0	31	27	112
10	Agriculture	0	0	12	1	12		77
	Total	762	875	684	364	850	862	6 381

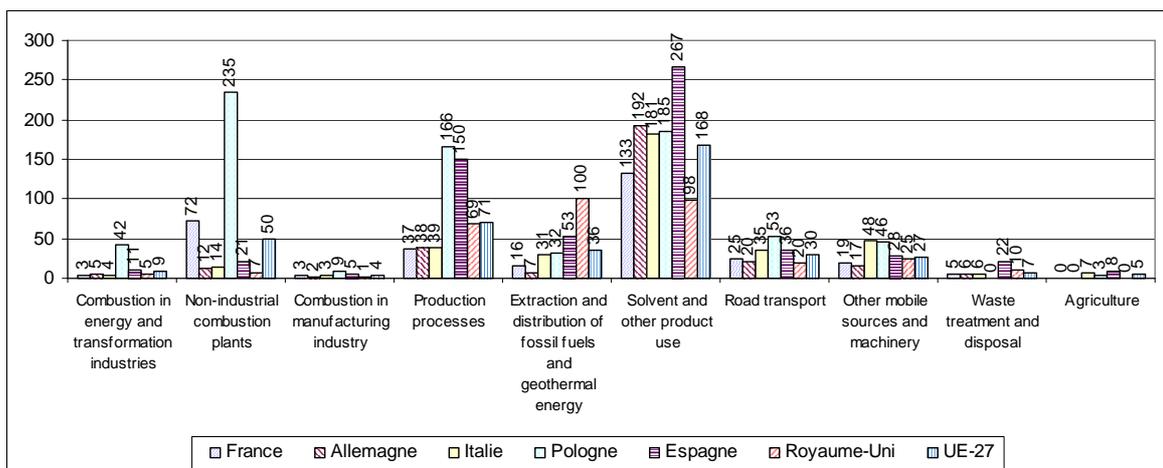


Figure 66 : Répartition des émissions de COV entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.5.2 SCENARIO LC

Tableau 66 : Répartition des émissions de COV entre secteurs dans le scénario LC, 2020, kT/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	7	14	7	20	15	14	138
2	Non-industrial combustion plants	175	36	26	111	18	18	776
3	Combustion in manufacturing industry	7	6	6	4	7	4	59
4	Production processes	91	112	72	78	124	176	1 032
5	Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	38	20	57	15	72	257	558
6	Solvent and other product use	324	562	338	87	301	251	2 556
7	Road transport	55	53	62	22	45	46	423
8	Other mobile sources and machinery	46	48	90	22	39	64	419
9	Waste treatment and disposal	13	17	11	0	29	27	109
10	Agriculture	0	0	12	1	12	0	77
	Total	756	867	681	361	662	855	6 146

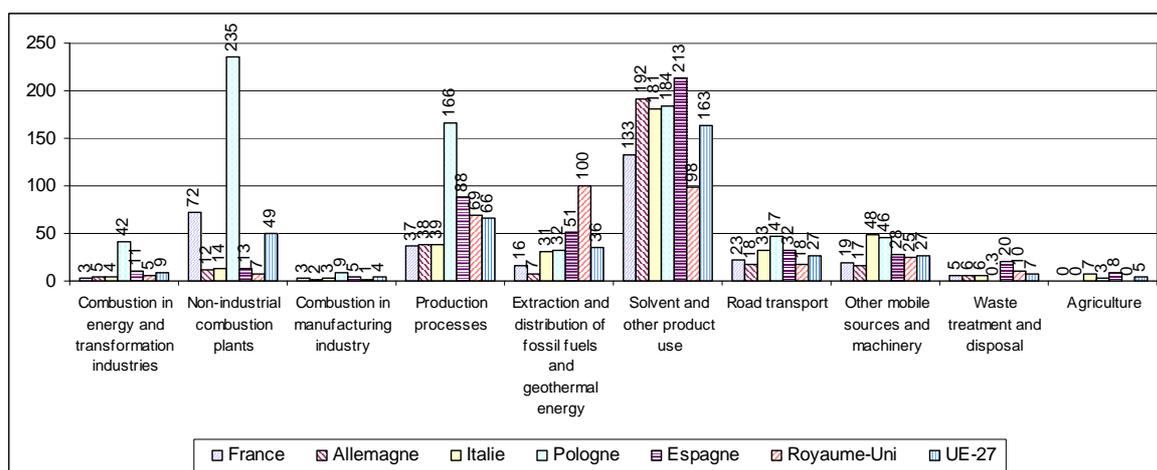


Figure 67 : Répartition des émissions de COV entre secteurs dans le scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

7.1.5.3 SCENARIO OPTIMISE

Tableau 67 : Répartition des émissions de COV entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, kT/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	7	14	7	20	15	14	138
2	Non-industrial combustion plants	175	34	25	110	18	18	769
3	Combustion in manufacturing industry	7	6	6	4	7	4	59
4	Production processes	91	112	72	78	124	176	1 032
5	Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	38	20	57	15	72	257	558
6	Solvent and other product use	324	562	338	87	301	251	2 556
7	Road transport	55	53	62	22	45	46	423
8	Other mobile sources and machinery	46	48	90	22	39	64	419
9	Waste treatment and disposal	13	17	11	0	29	27	109
10	Agriculture	0.0	0.0	1	0.1	2	0.0	10
Total		756	865	669	358	652	855	6 072

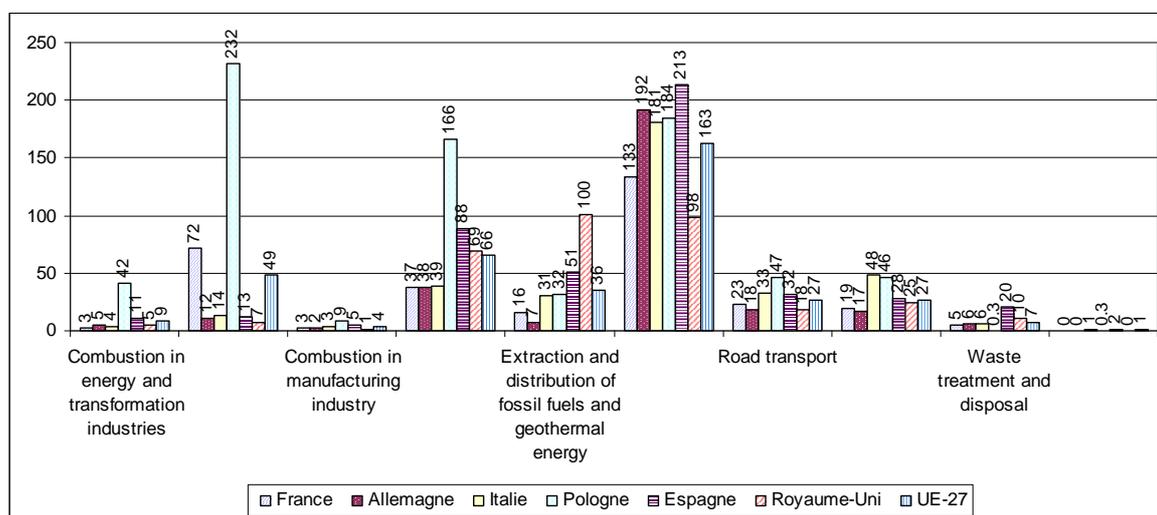


Figure 68 : Répartition des émissions de COV entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, ratio émissions/PIB

Tableau 68 : Répartition des réductions d'émissions de COV entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, kT/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
2	Non-industrial combustion plants	0	-2	-1	-1	0	-0.2	-7
10	Agriculture	0	0	-11	-1	-10	0	-67
Total		0	-2	-12	-3	-10	-0.2	-74

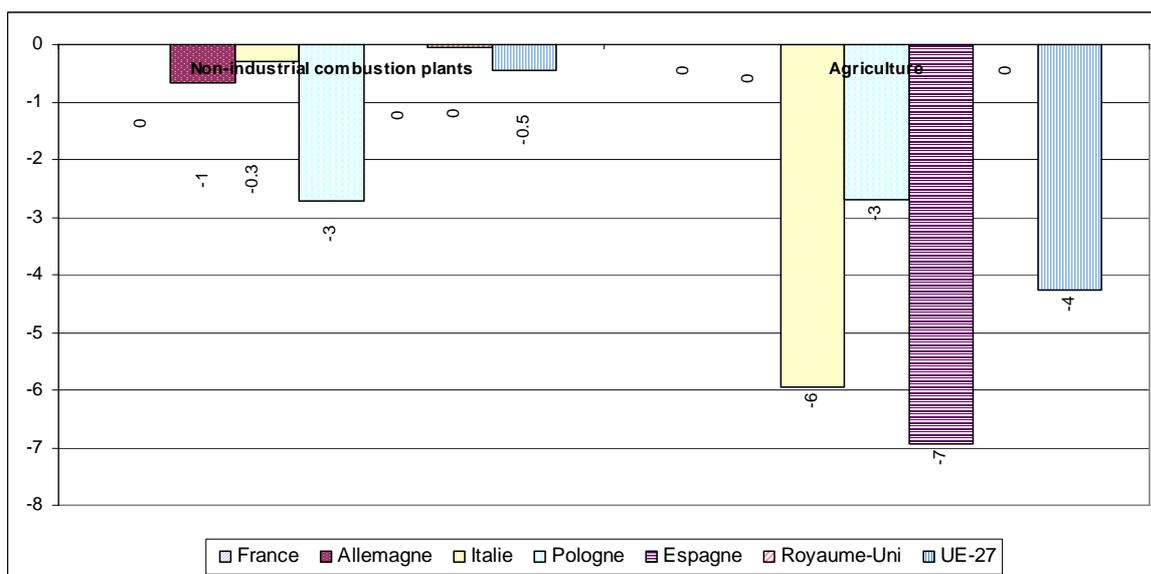


Figure 69 : Répartition des réductions d'émissions de COV entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio émissions/PIB

7.2 ANNEXE B : LA REPARTITION DES COÛTS A TRAVERS LES SECTEURS DE L'ÉCONOMIE – GRANDS PAYS EUROPEENS

L'annexe B montre la répartition des coûts pour la France par polluant et par secteur de l'économie en comparaison avec les 6 plus grands pays de l'UE et la moyenne sur l'UE27. L'accent est mis sur les scénarios CLE, LC et TSAP.

7.2.1 NOx

7.2.1.1 SCENARIO CLE

Tableau 69 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de NOx entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	11	540	193	256	156	145	1 606
2	Non-industrial combustion plants		653	103			14	967
3	Combustion in manufacturing industry	20	74	62	23	21	9	292
4	Production processes	37	97	36	3	3	3	338
7	Road transport	4 384	5 778	5 135	3 393	4 182	2 826	35 759
8	Other mobile sources and machinery	676	333	593	980	810	787	5 750
	Total	5 126	7 474	6 121	4 655	5 171	3 783	44 711

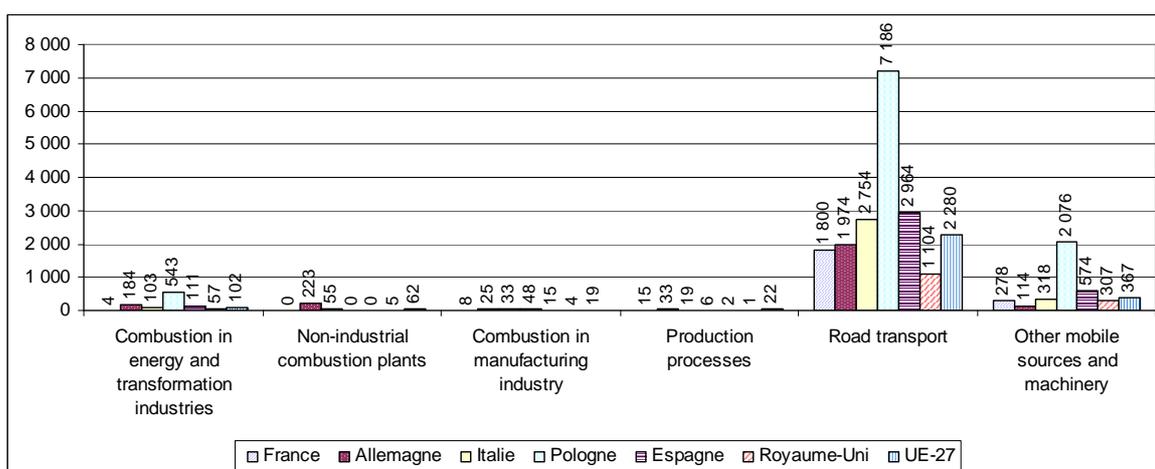


Figure 70 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de NOx entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, ratio coûts/PIB

7.2.1.2 SCENARIO LC

Tableau 70 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de NOx entre secteurs dans le scénario LC, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	24	688	287	305	170	217	2 157
2	Non-industrial combustion plants		653	103			14	971
3	Combustion in manufacturing industry	61	131	66	42	56	74	601
4	Production processes	64	97	36	3	3	3	365
7	Road transport	4 463	5 962	5 244	3 606	4 347	2 895	37 091
8	Other mobile sources and machinery	676	333	593	980	810	787	5 750
	Total	5 287	7 864	6 328	4 935	5 386	3 989	46 934

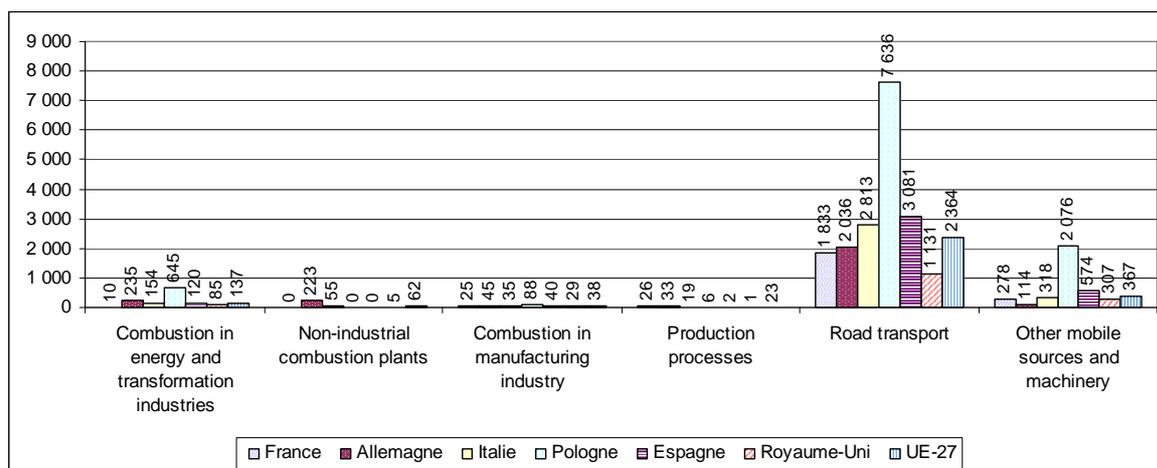


Figure 71 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de NOx entre secteurs dans le scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

7.2.1.3 SCENARIO OPTIMISE

Tableau 71 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de NOx entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	25	738	288	306	177	224	2 247
2	Non-industrial combustion plants		653	103	1	0	14	974
3	Combustion in manufacturing industry	78	165	108	63	92	100	843
4	Production processes	66	97	36	3	9	5	386
7	Road transport	4 463	5 962	5 244	3 606	4 347	2 895	37 091
8	Other mobile sources and machinery	676	333	593	980	810	787	5 750
Total		5 307	7 947	6 372	4 959	5 436	4 024	47 290

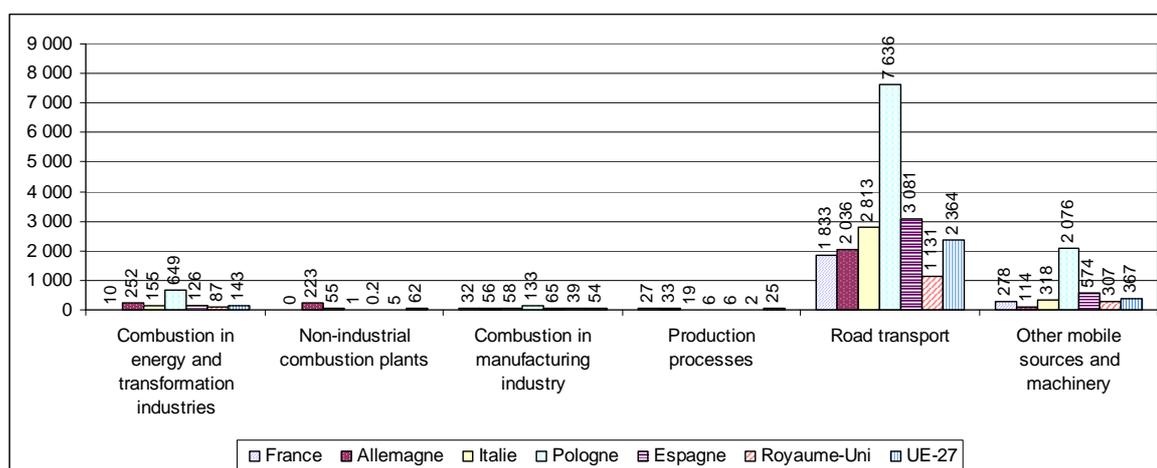


Figure 72 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de NOx entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, ratio coûts/PIB

Tableau 72 : Répartition des coûts additionnels de réduction d'émissions de NOx entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	1	50	1	2	8	7	91
2	Non-industrial combustion plants	0	0	0	1	0	0	2
3	Combustion in manufacturing industry	17	33	42	21	36	26	242
4	Production processes	2	0	0	0	6	3	21
	Total	20	83	44	24	50	36	356

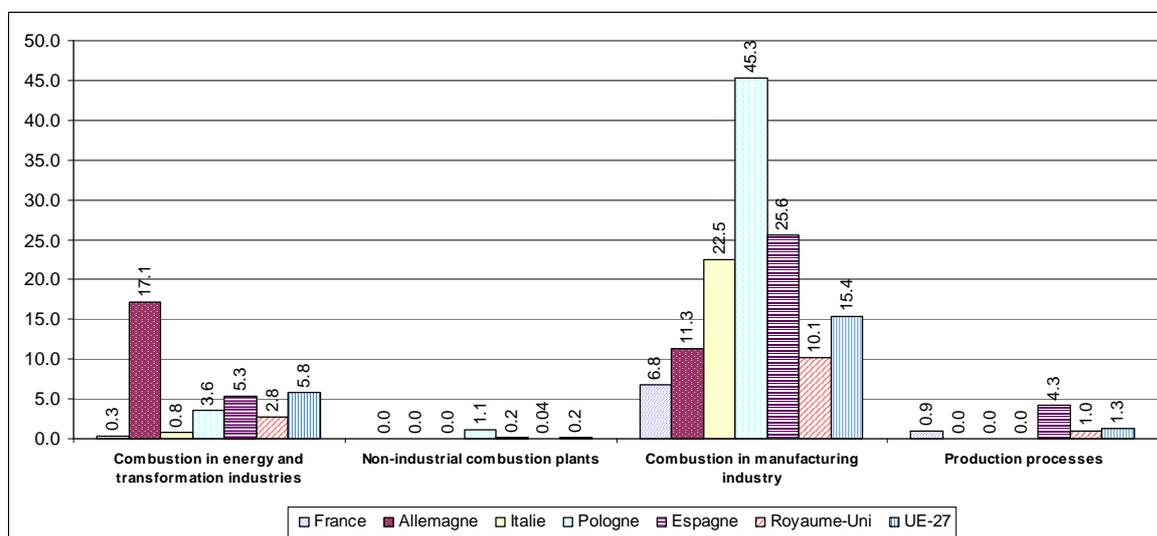


Figure 73 : Répartition des coûts additionnels de réduction d'émissions de NOx entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

7.2.2 PM_{2,5}

7.2.2.1 SCENARIO CLE

Tableau 73 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de PM_{2,5} entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	32	724	75	419	215	132	2 379
2	Non-industrial combustion plants	1 665	479	250	390	114	41	4 700
3	Combustion in manufacturing industry	124	166	151	70	147	61	1 075
4	Production processes	321	628	276	160	167	331	2 683
5	Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	3	76	6	106	11	31	310
9	Waste treatment and disposal							0.1
10	Agriculture	22	17	12	8	13	9	127
	Total	2 166	2 091	769	1 153	666	604	11 274

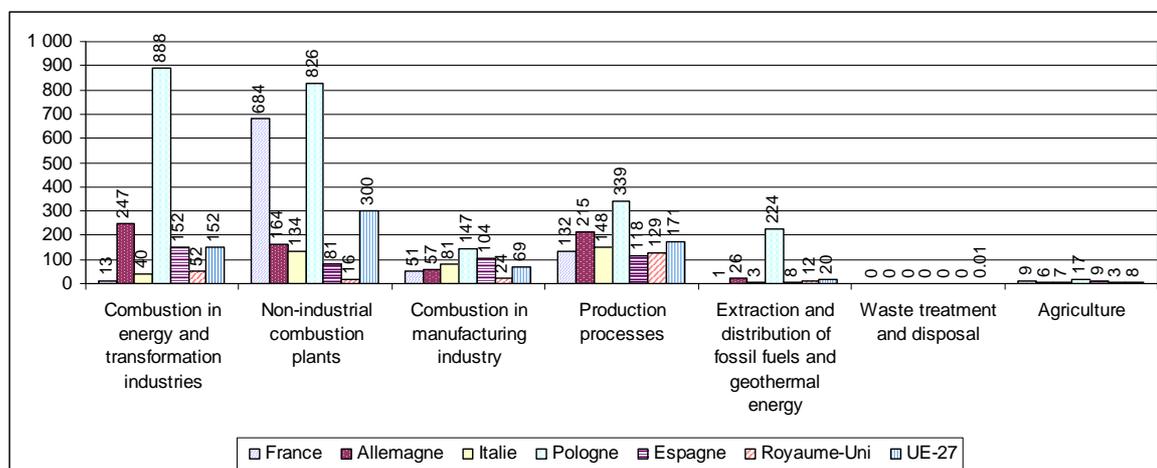


Figure 74 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de PM_{2,5} entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, ratio coûts/PIB

7.2.2.2 SCENARIO LC

Tableau 74 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de $PM_{2,5}$ entre secteurs dans le scénario LC, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	32	726	76	423	214	135	2 401
2	Non-industrial combustion plants	1 664	479	249	390	157	41	4 741
3	Combustion in manufacturing industry	125	166	150	73	146	63	1 094
4	Production processes	309	628	275	160	167	330	2 671
5	Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	3	76	6	106	11	31	310
9	Waste treatment and disposal							0.1
10	Agriculture	21.8	16.7	12	8	13	8.5	127
	Total	2 155	2 092	769	1 161	707	609	11 344

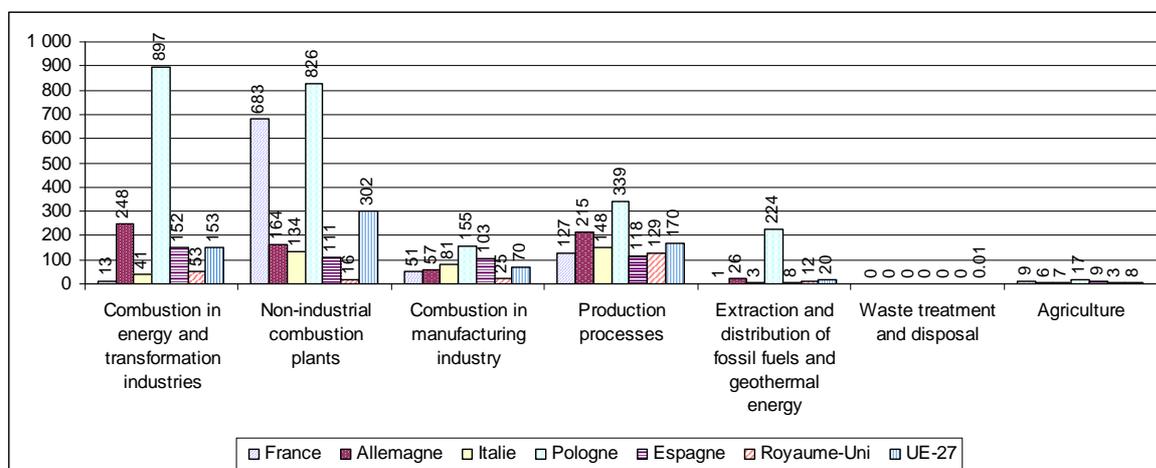


Figure 75 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de $PM_{2,5}$ entre secteurs dans le scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

7.2.2.3 SCENARIO OPTIMISE

Tableau 75 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de PM_{2,5} entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	33	726	77	424	218	136	2 412
2	Non-industrial combustion plants	1 665	481	252	413	157	43	4 783
3	Combustion in manufacturing industry	130	168	152	74	146	70	1 127
4	Production processes	323	630	282	161	169	332	2 718
5	Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	3	76	6	106	11	31	310
9	Waste treatment and disposal	1	1	1	0.6	1	1	7
10	Agriculture	22	17	13	8.1	13	9	130
	Total	2 176	2 099	783	1 187	715	621	11 486

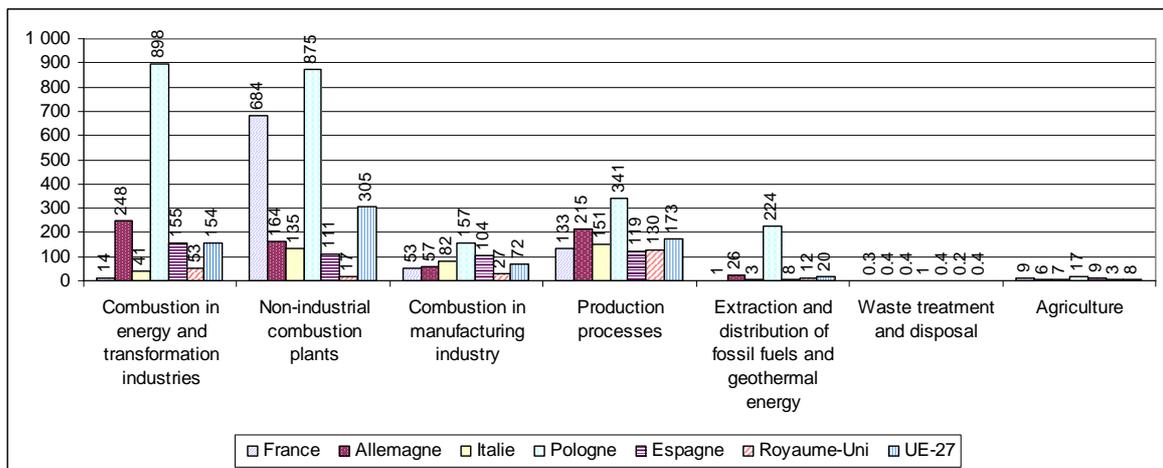


Figure 76 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de PM_{2,5} entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, ratio coûts/PIB

Tableau 76 : Répartition des coûts additionnels de réduction d'émissions de PM entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	1	0	1	1	5	1	11
2	Non-industrial combustion plants	1	2	3	23	0	2	43
3	Combustion in manufacturing industry	5	2	2	1	0	7	32
4	Production processes	14	2	7	1	2	1	46
9	Waste treatment and disposal	1	1	1	1	1	1	6
10	Agriculture	0	0	1	0	0	0	3
	Total	21	7	14	26	8	12	142

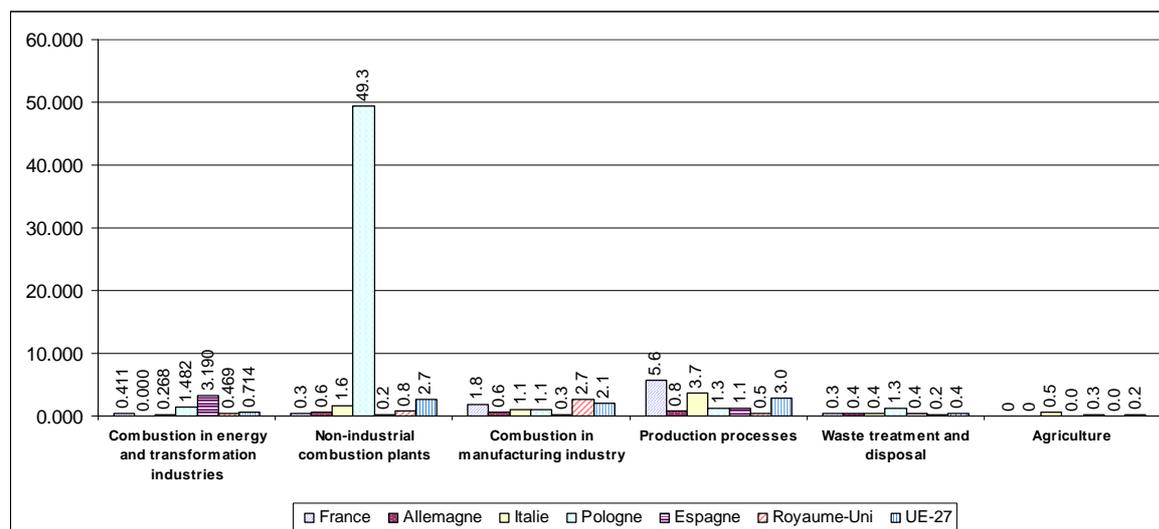


Figure 77 : Répartition des coûts additionnels de réduction d'émissions de PM entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

7.2.3 SO₂

7.2.3.1 SCENARIO CLE

Tableau 77 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de SO₂ entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	54	2 078	284	864	427	383	5 218
2	Non-industrial combustion plants	121	160	108	58	40	10	825
3	Combustion in manufacturing industry	82	152	157	41	48	34	743
4	Production processes	22	135	19	31	49	11	564
7	Road transport	1 025	777	1 283	409	1 078	16	6 758
8	Other mobile sources and machinery	105	80	228	110	233	115	1 289
Total		1 408	3 381	2 079	1 512	1 874	568	15 397

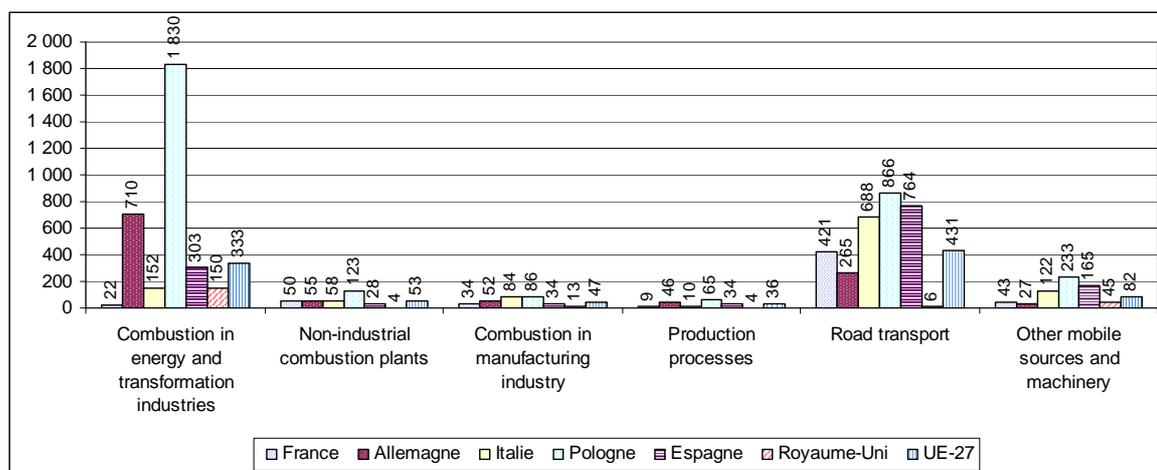


Figure 78 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de SO₂ entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, ratio coûts/PIB

7.2.3.2 SCENARIO LC

Tableau 78 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de SO₂ entre secteurs dans le scénario LC, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	55	2 120	269	884	419	385	5 341
2	Non-industrial combustion plants	121	160	108	58	40	10	825
3	Combustion in manufacturing industry	177	178	150	88	81	100	1 106
4	Production processes	67	135	19	30	49	11	608
7	Road transport	1 025	777	1 283	409	1 078	16	6 758
8	Other mobile sources and machinery	105	80	228	110	233	115	1 289
Total		1 549	3 450	2 057	1 579	1 898	636	15 927

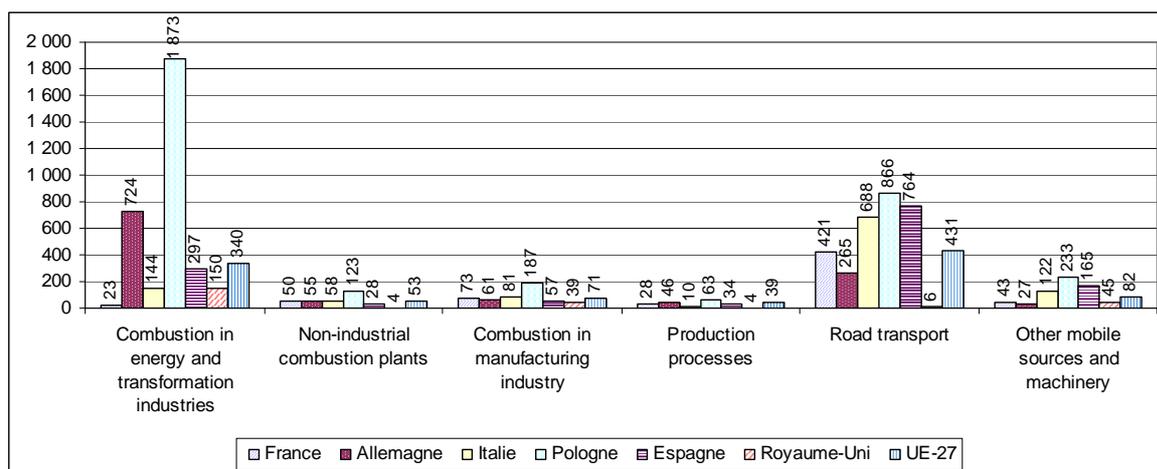


Figure 79 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de SO₂ entre secteurs dans le scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

7.2.3.3 SCENARIO OPTIMISE

Tableau 79 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de SO₂ entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	60	2 127	269	899	436	387	5 396
2	Non-industrial combustion plants	121	161	108	94	41	13	876
3	Combustion in manufacturing industry	183	190	155	101	85	110	1 186
4	Production processes	70	135	27	54	65	13	688
7	Road transport	1 025	777	1 283	409	1 078	16	6 758
8	Other mobile sources and machinery	105	80	253	110	237	115	1 324
Total		1 564	3 469	2 095	1 667	1 942	654	16 228

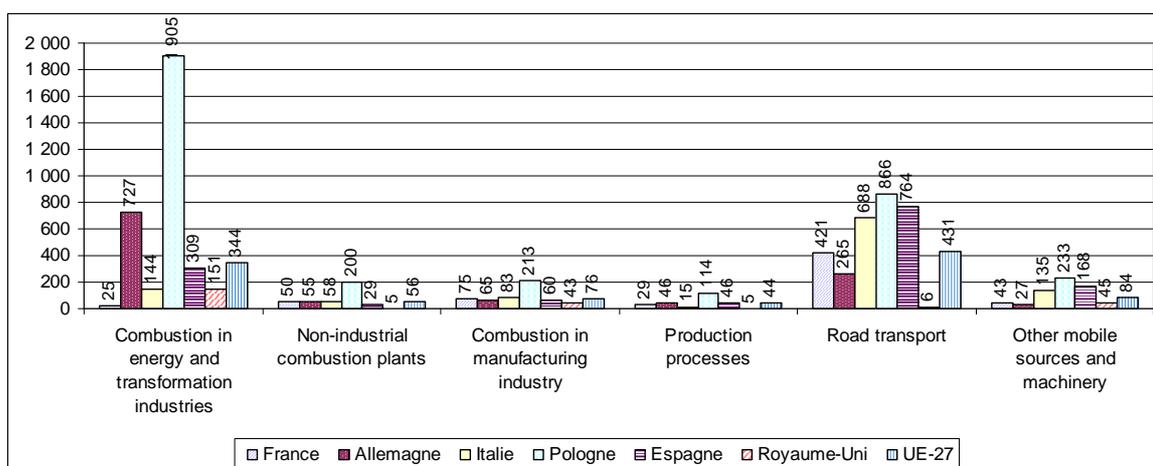


Figure 80 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de SO₂ entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, ratio coûts/PIB

Tableau 80 : Répartition des coûts additionnels de réduction d'émissions de SO₂ entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
1	Combustion in energy and transformation industries	5	7	0	15	17	2	56
2	Non-industrial combustion plants	1	1	0	36	1	2	51
3	Combustion in manufacturing industry	6	11	5	12	5	10	80
4	Production processes	2	0	9	24	17	2	80
8	Other mobile sources and machinery	1	0	25	0	4	1	35
Total		14	20	38	88	44	18	301

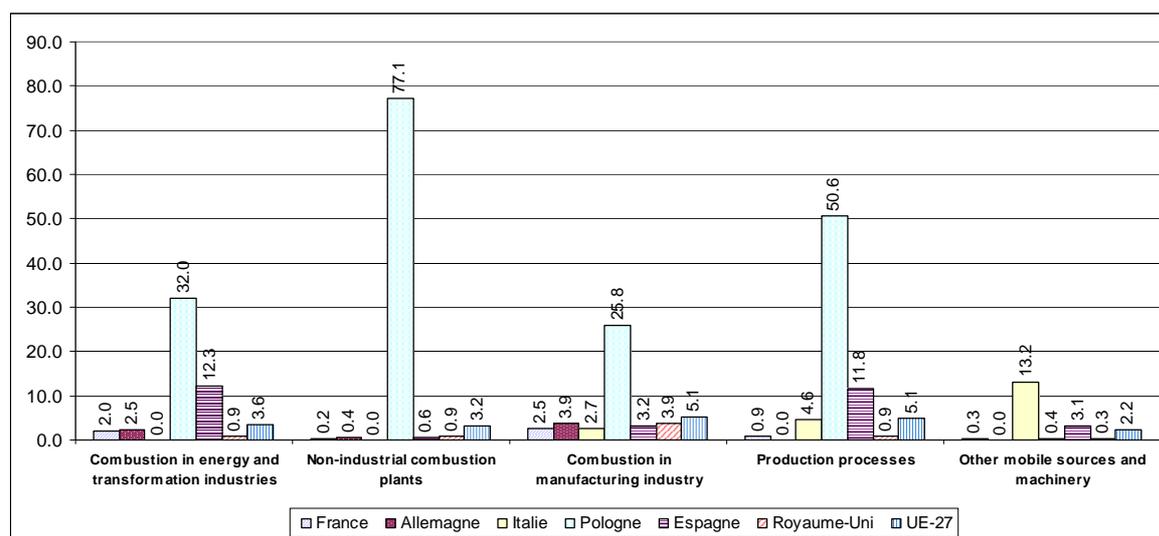


Figure 81 : Répartition des coûts additionnels de réduction d'émissions de SO₂ entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

7.2.4 NH₃

7.2.4.1 SCENARIO CLE

Tableau 81 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de NH₃ entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
4	Production processes	26	9	9			4	96
10	Agriculture	76	288	198	140	325	110	2 669
	Total	102	297	208	140	325	114	2 765

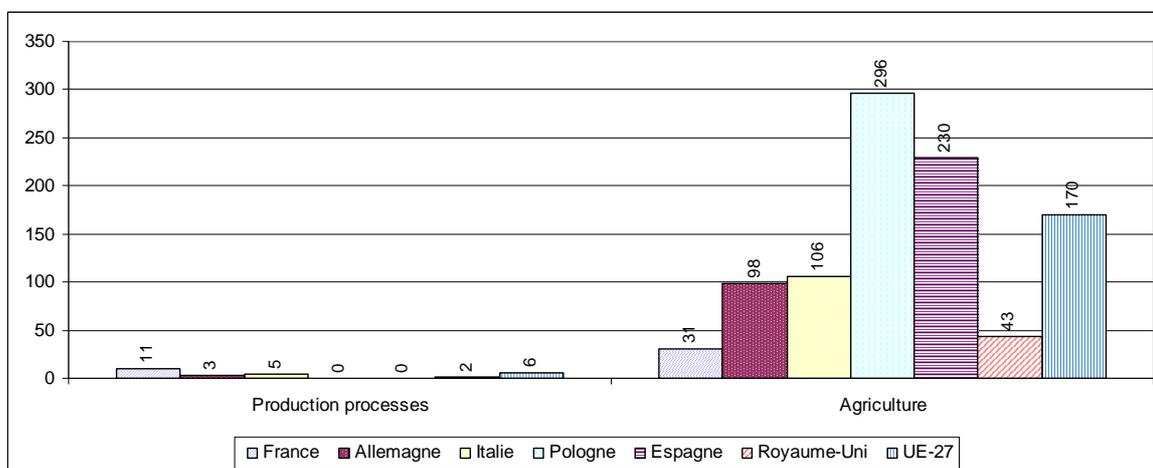


Figure 82 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de NH₃ entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, ratio coûts/PIB

7.2.4.2 SCENARIO LC

Tableau 82 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de NH₃ entre secteurs dans le scénario LC, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
4	Production processes	26	9	9			4	96
10	Agriculture	76	499	198	140	379	110	2 987
	Total	102	508	208	140	379	114	3 083

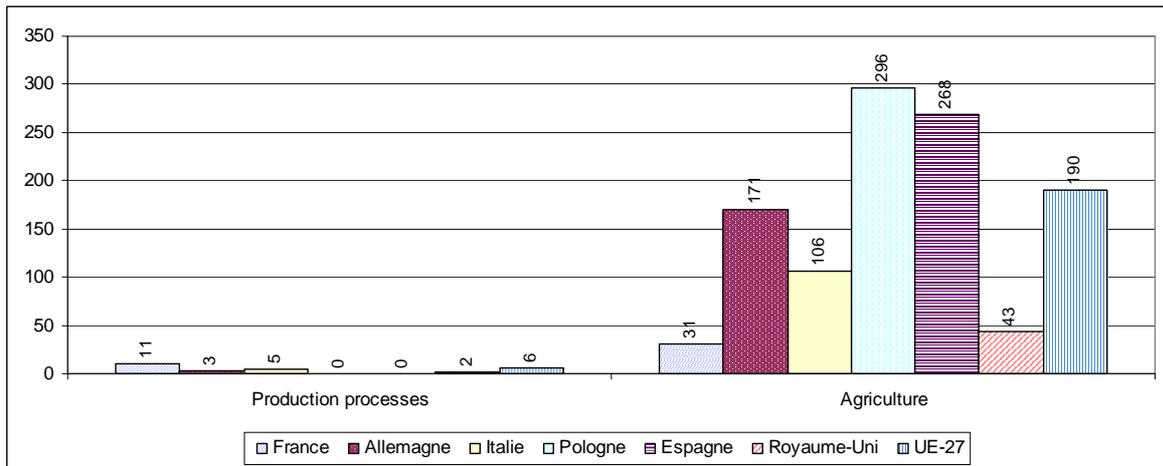


Figure 83 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de NH₃ entre secteurs dans le scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

7.2.4.3 SCENARIO OPTIMISE

Tableau 83 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de NH₃ entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
4	Production processes	26	9	9			4	96
10	Agriculture	214	599	288	159	464	150	3 677
	Total	240	609	297	159	464	154	3 773

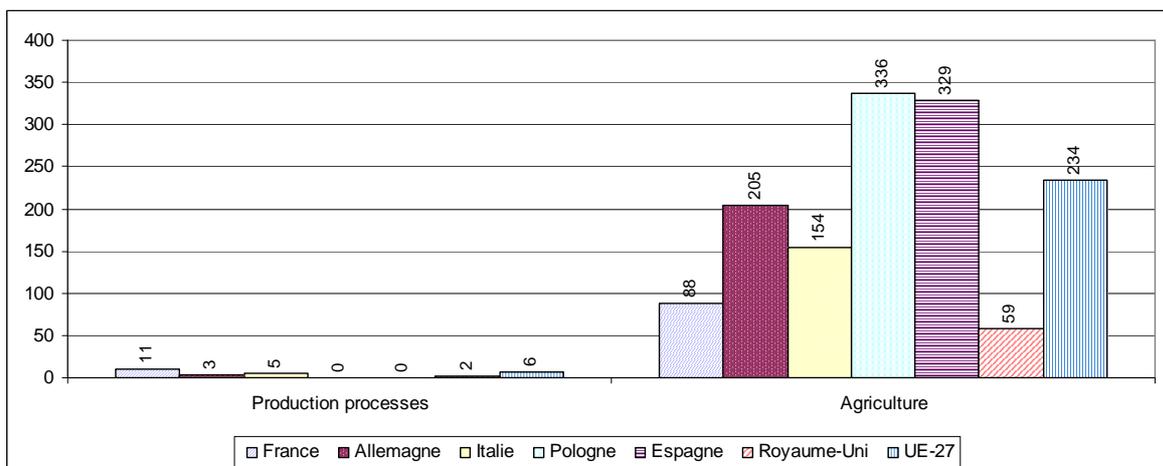


Figure 84 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de NH₃ entre secteurs dans le scénario optimisé, 2020, ratio coûts/PIB

Tableau 84 : Répartition des coûts additionnels de réduction d'émissions de NH₃ entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, M€/an

Snap codes	France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
10 Agriculture	138	100	89	19	86	40	690
Total	138	100	89	19	86	40	690

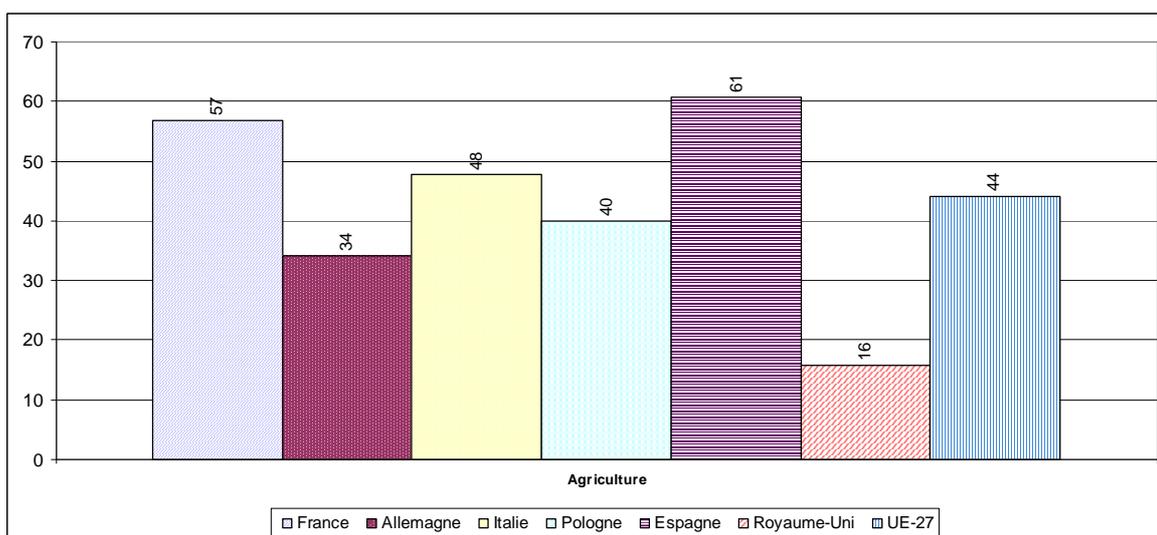


Figure 85 : Répartition des coûts additionnels de réduction d'émissions de NH₃ entre secteurs, scénario optimisé par rapport au scénario LC, 2020, ratio coûts/PIB

7.2.5 COV

7.2.5.1 SCENARIO CLE

Tableau 85 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de COV entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, M€/an

Snap codes	France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
4 Production processes	1	7	11	-1	9	9	336
5 Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	51	142	104	11	17	67	572
6 Solvent and other product use	957	1 015	-440	-138	-2	482	1 863
Total	1 009	1 165	-325	-127	24	557	2 771

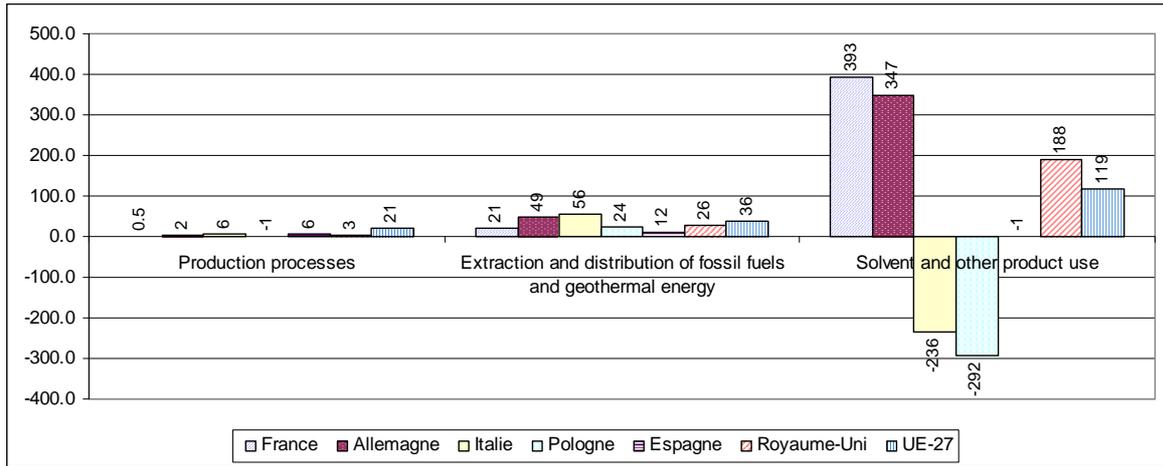


Figure 86 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de COV entre secteurs dans le scénario CLE, 2020, ratio coûts/PIB

7.2.5.2 SCENARIOS LC ET OPTIMISE

Tableau 86 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de COV entre secteurs dans le scénario LC et le scénario optimisé, 2020, M€/an

Snap codes		France	Allemagne	Italie	Pologne	Espagne	Royaume-Uni	UE-27
4	Production processes	1	7	11	-1	15	8	340
5	Extraction and distribution of fossil fuels and geothermal energy	51	142	104	11	17	67	572
6	Solvent and other product use	946	804	-442	-146	218	467	1 762
9	Waste treatment and disposal					1		1
	Total	998	953	-327	-135	251	543	2 675

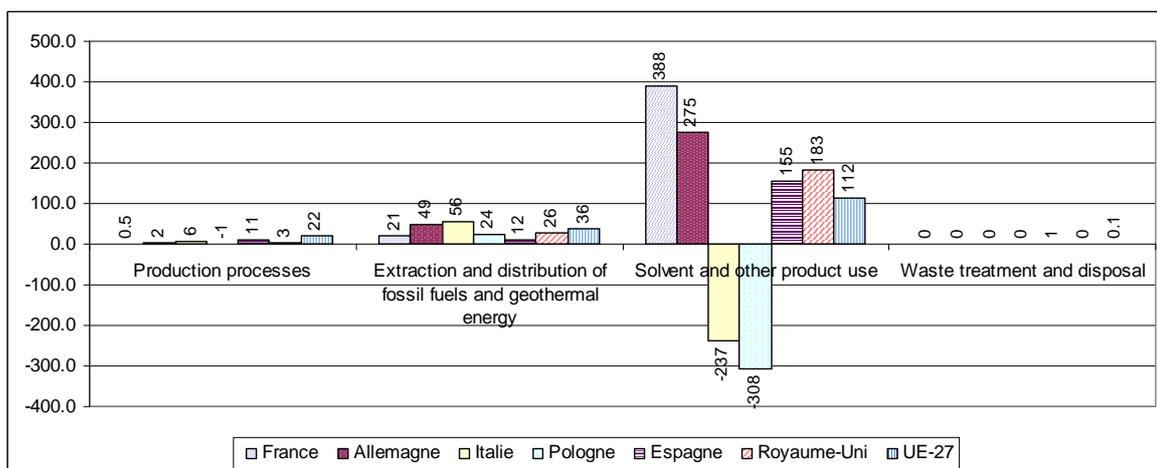


Figure 87 : Répartition des coûts de réduction d'émissions de COV entre secteurs dans le scénario LC et le scénario optimisé, 2020, ratio coûts/PIB