

PROGRAMME NATIONAL

DE REDUCTION PROGRESSIVE DES EMISSIONS

DE POLLUANTS ATMOSPHERIQUES (SO₂, NO_x, COV, NH₃)

EN APPLICATION DE LA DIRECTIVE 2001/81/CE DU 23 OCTOBRE 2001

PREMIER RAPPORT

Luxembourg, en novembre 2003

TABLE DES MATIERES

I	CONTEXTE	3
	I.1 La directive 2001/81/CE sur les plafonds d'émission nationaux	
	I.2 Les effets négatifs sur l'environnement des polluants concernés	
II	SCENARIO DE REFERENCE	5
	II.1 Approche méthodologique	
	II.2 Données et hypothèses	
	II.3 Données d'émission résultant du scénario de référence	
III	POTENTIEL DE REDUCTION	14
	III.1 Méthodologie	
	III.2 Catégories de mesures	
	III.3 Potentiel de réduction des NO _x	
	III.4 Potentiel de réduction des COV	
IV	EVOLUTION DES EMISSIONS ENTRE 1990 ET 2010	29
V	CONCLUSIONS	35

I CONTEXTE

I.1 La directive 2001/81/CE sur les plafonds d'émission nationaux

D'importantes zones de l'Union européenne sont exposées à des dépôts de substances acidifiantes et eutrophisantes à des niveaux qui ont des effets néfastes sur l'environnement. Il s'agit du dioxyde de soufre (SO₂), des oxydes d'azote (NO_x) et de l'ammoniac (NH₃). D'autre part, les composés organiques volatils (COV), à côté des NO_x, contribuent à la formation excessive d'ozone troposphérique. Les valeurs de référence de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) en matière de protection de la santé humaine et de la végétation contre la pollution photochimique sont largement dépassées dans tous les États membres.

L'un des objectifs du cinquième programme européen d'action pour l'environnement était le non-dépassement des charges et niveaux critiques d'acidification dans la Communauté et le respect des valeurs de référence de l'OMS.

Etant donné le caractère transfrontière de la pollution à l'origine de l'acidification, de l'eutrophisation des sols et de la formation de l'ozone au sol, sa réduction exigeait une action coordonnée au niveau international et communautaire.

Les Etats membres de l'Union européenne ont signé le protocole de Göteborg du 1^{er} décembre 1999 à la Convention de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (ONU-CEE) sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance afin de diminuer l'acidification, l'eutrophisation et l'ozone au sol.

Comme il n'était techniquement pas envisageable d'atteindre à l'horizon 2010 les objectifs correspondant aux valeurs de référence établies par l'OMS, il a été décidé de prévoir des objectifs environnementaux intermédiaires pour la pollution liée à l'acidification et à l'ozone au sol.

La directive 2001/81/CE du Parlement Européen et du Conseil du 23 octobre 2001 fixant des plafonds d'émission nationaux pour certains polluants atmosphériques, appelée "la directive" par la suite, a été transposée en droit luxembourgeois par un règlement grand-ducal du 8 novembre 2002.

La directive sur les plafonds d'émission nationaux attribue à chaque Etat membre un ensemble de plafonds nationaux pour les émissions de dioxyde de soufre, d'oxydes d'azote, de composés organiques volatils et d'ammoniac, ayant pour objectif d'atteindre l'essentiel des objectifs environnementaux intermédiaires suivants :

- les zones présentant des dépôts de polluants acides à des niveaux critiques seront réduites d'au moins 50 % par rapport à 1990 ;
- les concentrations d'ozone au sol dépassant le niveau critique pour la santé humaine diminueront de deux tiers par rapport à la situation de 1990. Une limite absolue est aussi fixée. Les dépassements de la valeur guide de l'Organisation Mondiale de la Santé ne se produiront pas plus de 20 jours par an ;
- les concentrations d'ozone au sol dépassant le niveau critique pour les cultures et la végétation semi-naturelle diminueront d'un tiers par rapport à 1990. Une limite absolue est également fixée.

Ces objectifs et ces plafonds ont été établis compte tenu de la faisabilité technique et des coûts et avantages des mesures envisageables, notamment pour éviter des coûts excessifs aux différents Etats membres.

Ces plafonds d'émission laissent aux Etats membres une marge de manoeuvre pour déterminer comment s'y conformer. Les Etats membres sont responsables de la mise en oeuvre de mesures permettant de respecter ces plafonds. A cet effet, ils sont tenus d'élaborer des programmes de réduction progressive de leurs émissions nationales annuelles.

I.2 Les effets négatifs sur l'environnement des polluants concernés

Les émissions à l'atmosphère de dioxyde de soufre (SO₂), d'oxydes d'azote (NO_x), de composés organiques volatils (COV) et d'ammoniac (NH₃), qui peuvent se propager sur de longues distances, sont responsables des phénomènes d'acidification, d'eutrophisation et de formation d'ozone troposphérique.

Le dépôt de polluants acides (SO₂, NO_x et NH₃) sur la végétation, les eaux de surface, les sols, les bâtiments et les monuments entraîne une réduction de l'alcalinité des lacs et des fleuves et a de graves effets sur la vie biologique. Par exemple, l'acidification a eu pour conséquence de détruire les populations de poissons dans des milliers de lacs et de cours d'eau en Scandinavie. Elle rend également vulnérable aux sécheresses, aux maladies et aux insectes nuisibles, de nombreuses forêts.

Les effets de l'ozone troposphérique sur la santé dépendent des concentrations, des durées d'exposition et de la sensibilité des personnes touchées. Ils peuvent consister en une diminution des fonctions respiratoires, l'irritation des yeux, du nez et de la gorge, la toux, des douleurs au niveau de la poitrine, de l'asthme chez les personnes sensibles. Il y a aussi une augmentation, en fréquence et en gravité, des symptômes chez les personnes victimes de problèmes respiratoires chroniques.

L'apport d'azote dans les sols est crucial pour la nutrition des plantes. Toutefois, les plantes ont des besoins variés en la matière. Le dépôt de composants azotés tels que le NO_x et NH₃ de l'atmosphère modifie les écosystèmes terrestres et aquatiques, altérant ainsi les végétaux et la biodiversité.

II SCENARIO DE REFERENCE

Dans le contexte du programme national de réduction progressive des émissions de dioxyde de soufre (SO₂), d'oxydes d'azote (NO_x), de composés organiques volatils (COV) et d'ammoniac (NH₃), une analyse de la pollution atmosphérique par ces polluants a été réalisée par le Ministère de l'Environnement en collaboration avec Econotec Consultants de Liège (Belgique). Un scénario de référence a été développé. Sur la base du scénario de référence, le potentiel de réduction des émissions a été établi. Le potentiel de réduction indique des mesures efficaces pouvant être prises afin de réduire les émissions en vue du respect des plafonds d'émission.

Le scénario de référence est un scénario de type BAU ("business as usual"), c'est-à-dire représentant l'évolution attendue des émissions en l'absence de toute nouvelle politique de la part des pouvoirs publics, mais en prenant en compte l'impact des mesures de réduction déjà décidées.

Pour chaque polluant, le niveau de désagrégation envisagé et l'effort consacré à chaque catégorie de sources ont été déterminés en fonction de l'importance et de l'évolution future des émissions concernées. En outre, la priorité a été donnée aux émissions de NO_x et de COV, les deux polluants pour lesquels les plafonds de la directive sont apparus comme réellement contraignants.

II.1 Approche méthodologique

Le scénario de référence a été construit au moyen du modèle EPM (Emissions Projection Model), un modèle de prévision de la demande d'énergie et des émissions des principaux polluants atmosphériques, qui couvre les différents secteurs concernés (industrie, résidentiel et tertiaire, transports).

EPM est un modèle de simulation technico-économique, de type « bottom-up », c'est-à-dire expliquant les consommations énergétiques et les émissions à partir de variables d'activité exprimées en unités physiques, contenant une représentation détaillée des sources d'émissions et des principaux facteurs déterminants de l'évolution de la demande d'énergie et des différents types d'émissions.

Cette option méthodologique est basée sur le constat qu'il n'existe pas de relations simples et homogènes entre les consommations énergétiques et des variables d'activité macro-économiques exprimées en valeur monétaire.

Une consommation énergétique est exprimée comme le produit d'une variable d'activité (par exemple un tonnage de production) et d'une consommation spécifique (par exemple en GJ/tonne de production). Un niveau d'émission est quant à lui exprimé soit comme le produit d'une consommation énergétique par un facteur d'émission en g/GJ, soit comme le produit d'une variable d'activité par un facteur d'émission en kg/tonne de production.

Dans un premier temps, les consommations énergétiques et les émissions sont calculées pour une année de référence, en l'occurrence 2000, servant de base aux prévisions. Ces consommations et émissions sont ensuite projetées dans le futur, sur base d'hypothèses relatives à l'évolution des différents facteurs (variables d'activité, consommations spécifiques, parts de marché de combustibles, facteurs d'émission).

On distingue deux catégories d'émissions : les émissions liées à des consommations énergétiques (comme par exemple les émissions provenant d'une chaudière industrielle) et les émissions process (comme par exemple les émissions provenant d'un four à arc en sidérurgie).

Les émissions liées à des consommations énergétiques sont fonction non seulement d'une variable d'activité, mais aussi des combustibles concernés.

Les émissions du scénario de référence liées à une consommation d'énergie sont calculées, comme suit :

- pour chaque secteur, les consommations de combustibles de l'année de référence sont agrégées ;
- dans un premier temps, on calcule les consommations futures pour le total des combustibles, en appliquant aux valeurs de l'année de référence une évolution de variable d'activité et une évolution de consommation spécifique ;
- la consommation future par combustible est obtenue en appliquant à la consommation de combustibles les 'parts de marché' des différents vecteurs énergétiques ;
- on applique aux consommations énergétiques par vecteur le facteur d'émission correspondant.

L'évolution des variables d'activité et des consommations spécifiques est exogène et exprimée en taux de croissance annuels moyens (en %/an), par période d'une ou plusieurs années.

Les parts de marché futures des combustibles sont également exogènes ; elles sont propres à chaque secteur. Le modèle utilise comme valeurs par défaut celles de l'année de référence.

L'évolution des consommations spécifiques permet de tenir compte du progrès technique et du renouvellement des installations, qui conduisent de manière naturelle à une baisse des consommations spécifiques, même si aucune politique spécifique de réduction n'était mise en oeuvre.

Les émissions process sont obtenues à partir de l'évolution des variables d'activité et de l'évolution d'un facteur d'émission process (ce dernier prenant en compte l'impact de mesures de réduction déjà prises ou décidées).

II.2 Données et hypothèses

Pour estimer les émissions de l'année de référence, on est parti des données de l'inventaire d'émission 2000, qui fournit un ensemble de variables d'activités et de facteurs d'émission.

Pour calculer le scénario de référence, il a fallu estimer l'évolution future (entre 2000 et 2010) des variables d'activité, des facteurs d'émission, des consommations spécifiques et des parts de marché des combustibles. L'approche suivie pour estimer ces évolutions et les principales hypothèses faites sont présentées ci-dessous.

Evolution des variables d'activité

Afin d'estimer l'évolution des variables d'activité, la logique suivante a été adoptée :

- priorité a été donnée aux informations spécifiques qui ont pu être obtenues en ce qui concerne l'évolution attendue des variables d'activité (ceci concerne surtout les sources d'émissions les plus importantes dans l'industrie, par exemple une augmentation de la production de verre plat suite à la reconstruction programmée d'un four) ;
- lorsque ce type de donnée n'est pas disponible, une perspective d'évolution a été estimée sur base de l'évolution observée de la variable d'activité considérée ;
- à défaut d'information sur l'évolution récente de la variable d'activité utilisée, la croissance a été estimée sur base de l'évolution observée d'une variable associée représentative, par exemple la valeur ajoutée du secteur.

Evolution des facteurs d'émission

Pour l'évolution des facteurs d'émissions il a été tenu compte :

- des mesures de réduction des émissions prévues sur des sites de production industriels ;
- de la mise en oeuvre des législations existantes, essentiellement :
 - le règlement grand-ducal du 4 juin 2001 portant application de la directive 1999/13/CE du 11 mars 1999 relative aux solvants organiques ;
 - le règlement grand-ducal du 21 février 2000 concernant la teneur en soufre de certains combustibles liquides (portant application de la directive 1999/32/CE du 26 avril 1999) ;
 - la directive 2000/25/CE relative aux tracteurs agricoles et forestiers ;
 - le règlement grand-ducal du 16 octobre 1996 relatif à la distribution d'essence.

Dans les autres cas, le facteur d'émission a été maintenu constant, ce qui, compte tenu du progrès technique, peut-être considéré comme une hypothèse conservatrice, c'est-à-dire tendant plutôt à surestimer les émissions qu'à les sous-estimer.

Evolution des consommations spécifiques

Pour les installations stationnaires, à l'exception de quelques installations clairement identifiées, une réduction de la consommation spécifique de combustible de 0,5% par an a été considérée, afin de prendre en considération l'amélioration naturelle résultant du renouvellement des équipements. Pour les consommations d'électricité, une stabilité des consommations spécifiques a généralement été supposée, considérant que l'amélioration due au renouvellement des équipements est compensée par une extension des usages de l'électricité.

Dans les transports, il a été tenu compte des accords passés entre la Commission européenne et les constructeurs européens, japonais et coréens sur des objectifs de réduction du niveau moyen d'émission de CO₂ (en g CO₂/km) des nouvelles voitures mises sur le marché.

Evolution des « parts de marché » des combustibles

On a tenu compte des informations disponibles pour certaines installations (p. ex. pour la production de clinker), relatives à l'évolution des « parts de marché » des combustibles utilisés.

Pour le transport routier de personnes, une pénétration accrue du diesel a été prise en compte.

Pour les secteurs résidentiel et tertiaire, on a supposé que la consommation de combustibles solides resterait constante, alors que les consommations des autres combustibles (gasoil et gaz naturel) sont en croissance. L'évolution des parts de marché des combustibles s'en déduit.

Dans les autres cas, les mêmes parts de marché qu'en 2000 ont été gardées.

II.3 Données d'émission résultant du scénario de référence

Les valeurs d'émission du tableau ci-dessous résultent de la modélisation des émissions par EPM pour l'année 2010, l'année de référence étant l'an 2000. Ces données du scénario de référence sont présentées par code SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution).

Code SNAP - Catégorie de sources d'émissions	NOx			SO2			COV			NH3		
	2000 (t)	2010 (t)	00-10	2000 (t)	2010 (t)	00-10	2000 (t)	2010 (t)	00-10	2000 (t)	2010 (t)	00-10
01 Combustion in energy and transformation industry	176	1.276	623%	1	12	1119%	88	224	154%			
02 Non-industrial combustion plants	969	1.195	23%	932	672	-28%	397	411	3%			
03 Combustion in manufacturing industry	5.524	4.524	-18%	1.295	1.209	-7%	110	125	14%			
04 Production processes	649	934	44%	213	235	10%	863	781	-10%			
05 Extraction and distribution of fossil fuels							581	345	-41%			
06 Solvent and other product use							3.097	2.827	-9%	1	1	1%
07 Road transport	6.837	4.834	-29%	287	66	-77%	3.832	1.527	-60%	177	275	55%
08 Other mobile sources and machinery	1.475	1.369	-7%	67	59	-11%	645	771	19%			
09 Waste treatment and disposal	285	39	-86%	86	79	-8%	10	9	-8%	26	57	122%
10 Agriculture							156	156	0%	5.255	5.174	-2%
Total	15.915	14.170	-11%	2.881	2.331	-19%	9.780	7.178	-27%	5.459	5.507	1%

Les valeurs reprises sont les émissions de l'année de référence (2000), celles de 2010 et l'évolution 2000-2010.

Evolution 2000-2010 globale par polluant

Emissions de NO_x

Globalement, les émissions diminuent de 11% par rapport à l'an 2000. L'évolution diffère toutefois fortement selon le secteur.

Un secteur qui devrait connaître une croissance importante de ses émissions est celui de la production d'électricité, pour les raisons suivantes :

- la mise en fonctionnement en 2002 d'une unité de production Turbine-gaz-vapeur de 380 MW (868 tonnes de NO_x en 2010) ;
- la poursuite de la mise en œuvre, depuis 1995, d'unités de cogénération, dont les émissions de NO_x passeraient de 584 tonnes en 2000 à 1 037 tonnes en 2010.

Dans le secteur des transports, les émissions de NO_x diminuent globalement d'ici 2010, du fait de l'introduction progressive de techniques d'abattement sur les véhicules.

Emissions de SO₂

Les émissions de SO₂ baissent globalement de 10%. Celles liées à la combustion de combustibles fossiles devraient diminuer fortement à l'horizon 2010, suite à la réduction de la teneur en soufre des combustibles liquides, imposée par la législation européenne.

Dans le secteur industriel, les émissions de SO₂ sont peu liées à la combustion, mais plutôt au soufre contenu dans les matières premières. Elles devraient demeurer stables entre 2000 et 2010.

Emissions de COV

Les émissions de COV diminuent en moyenne de 27%. Cette baisse est essentiellement due au transport routier, grâce à la pénétration dans le parc de véhicules de voitures équipées de pots catalytiques et à l'installation de canisters de charbon actif dans les tubulures des réservoirs à essence.

Emissions de NH₃

Les émissions de NH₃ sont presque totalement issues des déjections animales des cheptels (bovins : 4,3 kt, porcins : 0,4 kt). La faible décroissance des émissions de NH₃ à l'horizon 2010 correspond à une réduction du cheptel de bovins, estimée par extrapolation de la tendance observée depuis 1990.

Evolution 2000-2010 par activité

Combustion en production d'énergie (SNAP 01)

Les émissions estimées en 2000 proviennent uniquement des unités de cogénération à moteur.

La croissance à l'horizon 2010 est très importante, suite à la mise en fonctionnement en 2002 de l'unité de production Turbine-gaz-vapeur et à la poursuite de la mise en œuvre de nouvelles unités de cogénération.

Combustion non-industrielle (SNAP 02)

Il s'agit ici de la combustion dans les secteurs résidentiel et tertiaire.

La réduction des émissions de SO₂ à l'horizon 2010 est due à la réduction de la teneur en soufre des combustibles, imposée par la directive 1999/32/CE.

La croissance des émissions de NO_x est liée à celle des consommations d'énergie dans ce secteur. Celle des émissions de COV est beaucoup plus faible, du fait qu'une partie importante de ces émissions provient de la combustion de bois, qui a été supposée constante entre 2000 et 2010.

Combustion dans l'industrie (SNAP 03)

La réduction des émissions de NO_x et de SO₂ s'explique principalement par la mise en œuvre prévue de mesures de réduction complémentaires sur les fours à verre.

La croissance des émissions de COV est surtout liée à la croissance du secteur de la production d'aluminium. Les émissions concernées sont très faibles par rapport aux émissions totales.

Procédés de production (SNAP 04)

La croissance importante des émissions de NO_x est liée à l'augmentation de la production d'acier dans les fours à arc, ainsi qu'à la mise en fonctionnement récente (après 2000) de l'unité de recyclage de sous-produits de l'industrie sidérurgique (Primorec).

L'évolution des émissions de SO₂ est égale à celle de la croissance attendue de la production d'acier dans les fours à arc.

Les émissions globales de COV sont en déclin, car l'augmentation des émissions des fours à arc en sidérurgie est plus que compensée par une réduction des émissions dans la chimie.

Distribution de combustibles fossiles (SNAP 05)

La réduction prévue des émissions de COV résulte de l'application de la réglementation relative à la distribution d'essence (Règlement grand-ducal du 16 octobre 1996).

Cette réduction est légèrement compensée par une augmentation des émissions de gaz naturel provenant des réseaux de transport et de distribution, suite à la croissance des consommations de gaz naturel.

Utilisation de solvants (SNAP 06)

Alors que certaines sources voient leurs émissions augmenter suite à une croissance attendue des niveaux d'activité, on observe à l'horizon 2010 une réduction globale de 9% des émissions de COV liée à l'utilisation de solvants, essentiellement suite à l'application du règlement grand-ducal du 4 juin 2001 portant application de la directive 1999/13/CE du 11 mars 1999 relative à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certaines activités et installations.

Transports routier (SNAP 07)

Les émissions du transport routier sont en forte baisse, du fait de l'introduction progressive de techniques d'abattement embarquées sur les véhicules.

Cette baisse est relativement plus marquée pour les émissions de COV, qui – outre la pénétration des pots catalytiques et l'installation de canisters de charbon actif dans les tubulures des réservoirs à essence – sont aussi influencées par la pénétration accrue des voitures au diesel.

Les émissions de SO₂ diminuent fortement, suite à la réduction de la teneur en soufre des combustibles liquides imposée par la législation européenne.

Il y a par ailleurs des émissions d'ammoniac, qui sont faibles, mais en croissance.

Transports non routiers et autres moteurs à combustion (SNAP 08)

La croissance attendue des émissions de NO_x suite à l'augmentation du trafic aérien (+179 tonnes) est plus que compensée par la réduction des émissions provenant des locomotives diesel (-152 tonnes) (due à la réduction du transport ferroviaire par locomotives diesel) et par la réduction attendue des émissions provenant des engins agricoles et forestiers (-133 tonnes), si bien qu'on obtient une réduction globale de 7%.

La réduction des émissions de SO₂ est liée à la réduction de la teneur en soufre du gasoil utilisé en agriculture et par les locomotives diesel. Cette réduction est toutefois en partie compensée par l'augmentation du trafic aérien.

La croissance des émissions de COV est surtout due à la croissance du trafic aérien.

Traitement de déchets (SNAP 09)

La forte réduction des émissions de NO_x est due à la remise en fonctionnement d'un dispositif d'abattement de type SCR (réduction catalytique sélective), qui avait été détruit lors d'un incendie en 1996.

La croissance des émissions de NH₃ est liée au fait qu'à l'horizon 2010, en application de la réglementation européenne, la totalité des eaux usées devrait être épurée.

Agriculture (SNAP 10)

La faible décroissance des émissions de NH₃ à l'horizon 2010 correspond à une réduction du cheptel de bovins, estimée par extrapolation de la tendance observée depuis 1990.

Comparaison avec les plafonds de la directive

Le tableau ci-dessous compare les émissions 2010 avec les plafonds d'émissions de la directive européenne.

Comparaison avec les plafonds d'émission 2010	NOx (t)	SO2 (t)	COV (t)	NH3 (t)
Scénario de référence	14.170	2.331	7.178	5.507
Plafonds d'émission	11.000	4.000	9.000	7.000

A l'horizon 2010, les niveaux d'émission estimés de SO₂, COV et de NH₃ sont inférieurs aux plafonds d'émission.

Par contre, le niveau d'émission de NO_x est nettement supérieur au plafond.

Attirons l'attention sur le fait que dans ce genre de comparaison, il faut garder à l'esprit l'incertitude inhérente à ce type de projections, qui sont liées à un ensemble d'hypothèses.

III POTENTIEL DE REDUCTION

Le potentiel de réduction est évalué sous la forme d'une courbe de coût marginal. Cette courbe de coût donne le niveau de réduction des émissions par rapport au scénario de référence en 2010.

Les courbes de coût ont été établies pour les émissions de NO_x et de COV. Le scénario de référence a en effet confirmé que les émissions de SO₂ et NH₃ se situent à des niveaux bien inférieurs aux plafonds de la directive (respectivement 60% et 79% des niveaux définis dans la directive). Dans le contexte de la directive, il n'existe donc au Luxembourg pas de besoin de réduction direct pour les émissions de dioxyde de soufre et d'ammoniac.

III.1 Méthodologie

Pour chaque polluant, la courbe de coût a été obtenue en appliquant la démarche suivante :

- 1° Identification des mesures envisageables permettant de réduire les niveaux d'émission du scénario de référence (2010).
- 2° Mise au point des données relatives aux coûts, aux performances et à l'applicabilité des mesures au Luxembourg.
- 3° Identification des combinaisons de mesures envisageables (par exemple une réduction des émissions de NO_x par utilisation de brûleurs « low NO_x » suivie d'un abattement des NO_x par réduction chimique).
- 4° Identification des mesures ou combinaisons de mesures « efficaces » (définies comme celles situées sur la courbe de coût marginal du secteur).
- 5° Evaluation du coût marginal des mesures ou combinaisons de mesures efficaces et construction de la courbe de coût marginal par polluant.

Il est à remarquer qu'il y a des secteurs pour lesquels une partie du potentiel de réduction est déjà supposée exploitée dans le scénario de référence. Ceci concerne en particulier les secteurs soumis à la directive européenne sur les solvants¹. Il va de soi que seul le potentiel supplémentaire doit être pris en compte. On suppose que les mesures exploitées dans le scénario de référence sont celles de moindre coût.

Les mesures de réduction d'émissions envisageables diffèrent selon les polluants considérés. Elles peuvent généralement se classer en grandes catégories :

- Les *mesures primaires*, qui modifient les procédés de combustion ou de fabrication. On peut notamment citer :

¹ Directive 1999/13/CE du Conseil du 13 mars 1999 relative à la réduction des émissions de composés organiques volatils dues à l'utilisation de solvants organiques dans certaines activités et installations.

- Les mesures de bonne gestion, consistant à économiser des combustibles ou des produits ou à éviter leur émission à l'atmosphère (ce type de mesure sera précisé ultérieurement).
 - La substitution de produits ou de techniques. La substitution de produits consiste à effectuer la même opération mais en changeant de produit. La substitution de technique consiste à modifier le procédé afin de ne plus recourir au produit qui est source d'émissions (par exemple décaper certains métaux par sablage au lieu de les dégraisser à l'aide de solvants).
 - La modification des conditions de combustion, par exemple pour minimiser la formation des NO_x à la combustion.
- Les *mesures secondaires*, de capture et d'abattement, qui consistent à épurer les effluents chargés de polluants en aval de la source d'émissions.

Caractéristiques des mesures

Chaque mesure individuelle est caractérisée par les paramètres suivants :

Efficacité technique : taux de réduction d'émissions (%) ;

Applicabilité: émissions pour lesquelles la mesure est applicable divisées par les émissions totales de la source dans le scénario de référence² ;

Coût unitaire : somme du coût d'investissement annualisé et des frais annuels d'exploitation et de maintenance, exprimée en €/t d'émissions évitées.

Pour calculer le potentiel, on fait le produit de l'efficacité technique et de l'applicabilité, ce que nous appelons l'*efficacité réelle*.

Les coûts annuels sont calculés en effectuant la somme du coût d'investissement annualisé et des coûts d'exploitation. L'annualisation des coûts d'investissement est obtenue par application de la formule suivante :

$$\text{Coût d'investissement annualisé} = \text{Coût d'investissement} \cdot \frac{i}{1-(1+i)^{-n}}$$

où :

i : taux d'actualisation,
n : durée de vie de l'équipement.

² Exemple : soit un secteur comportant trois installations qui génèrent un flux primaire contenant 1000 tonnes de polluant par an (avant un éventuel abattement), tel que :

- une de ces installations est déjà équipée d'un dispositif de réduction dont le taux d'abattement est de 80 % ;
- une autre installation n'est pas équipée d'un dispositif d'abattement mais pourrait l'être ;
- la troisième installation n'est pas équipée d'un dispositif d'abattement et ne pourra pas l'être (par exemple par manque de place).

L'applicabilité de la mesure pourra être calculée comme le rapport entre les émissions non abattues mais pouvant l'être et les émissions totales = 1000/(1000 + 1000 + 200) = 0,476, soit 47,6 %.

Le calcul des annuités de coût d'investissement nécessite une hypothèse sur la durée de vie économique des équipements et le choix d'un taux d'actualisation.

On considère une durée de vie moyenne de 15 ans (entre 10 et 20 ans, suivant l'installation concernée) pour l'ensemble des mesures et un taux d'actualisation de 8%, représentatif du coût du capital pour l'investisseur.

Combinaisons de mesures

Différents cas de figure peuvent se présenter. Les mesures de réduction peuvent soit être prises isolément, soit être utilisées en combinaison (à titre d'exemple, les émissions de NO_x d'une installation de combustion peuvent être réduites d'abord en modifiant l'alimentation en air ou en combustible du brûleur, puis en dénitrifiant les fumées de combustion). Certaines mesures s'excluent mutuellement et ne peuvent donc pas être combinées (par exemple une destruction catalytique et une incinération des COV).

Il convient donc non seulement de considérer l'effet de chaque mesure isolément, mais d'envisager l'impact de la combinaison de mesures entre elles.

Chaque combinaison de mesures est considérée comme une nouvelle mesure à part entière. Son efficacité et son coût unitaire sont recalculés en tenant compte dans chaque cas de la part des émissions sur laquelle les différents composants de la mesure agissent.

L'efficacité globale de la combinaison de mesures peut se révéler inférieure à la somme des efficacités de chacune des composantes. Le coût unitaire de la combinaison est calculé en combinant les coûts unitaires et les efficacités réelles des mesures individuelles qui la composent.

Considérons à titre d'exemple les mesures A et B. Le coût unitaire de A est inférieur à celui de B, soit parce que son coût total est inférieur, soit parce que la réduction d'émissions qu'elle permet est supérieure. A sera donc préférée à B et produira une certaine réduction d'émissions.

Après mise en œuvre de la mesure A, 3 situations sont possibles :

1. la mesure B devient inutile ou impossible à appliquer: Elle est abandonnée;
2. la mesure B agit sur une autre fraction des émissions et est donc applicable: Son efficacité réelle et son coût unitaire restent inchangés ;
3. la mesure B permet une réduction d'émissions supplémentaire, mais elle porte sur les émissions résiduelles qui subsistent après la mise en œuvre de A (ou sur une fraction de ces émissions résiduelles). Dès lors, le coût unitaire de la combinaison (A + B) sera supérieur au coût unitaire original de la seule mesure B.

La mesure (A + B) présente donc un coût unitaire distinct et un surcoût à la tonne de polluant non émis par rapport à celui de la mesure A déjà appliquée. Ce surcoût est le coût marginal de (A + B) par rapport à A. D'une manière générale, le coût marginal est le coût de réduction d'une unité supplémentaire d'émission, par rapport à une situation à coût minimal.

Pour chaque catégorie de sources d'émissions, tous les coûts marginaux sont calculés par itérations successives, par ordre de coûts unitaires croissants. Pour chaque mesure, son coût marginal est déterminé par rapport au coût de la mesure qui lui est directement inférieure.

Le coût marginal de la mesure la moins chère est égal à son coût unitaire. La deuxième mesure dans le classement est la mesure qui présente la différence de coût la moins grande par rapport à la première mesure, et ainsi de suite.

Dans la suite de ce rapport, le terme *mesure** en italique avec une astérisque sera utilisé pour signifier qu'il s'agit soit d'une mesure individuelle, soit d'une combinaison de mesures.

Identification des mesures efficaces

Pour un secteur donné, les *mesures** « efficaces » sont celles qui présentent le meilleur rapport coût-efficacité. Seules ces mesures sont retenues. Elles diffèrent selon le niveau de réduction requis pour le secteur. Cette sélection est effectuée en construisant des courbes de coût sectorielles, qui permettent de repérer les mesures ou combinaisons de mesures présentant le meilleur rapport coût efficacité.

Potentiel de réduction des émissions

Une fois qu'on a identifié les mesures efficaces et calculé le coût marginal et le potentiel marginal de chacune, on peut calculer le potentiel de réduction global pour chaque polluant, sous la forme d'une courbe de coût marginal.

Cette courbe est obtenue en classant les *mesures** efficaces par ordre de coût marginal croissant et en traçant, en fonction du niveau cumulé de réduction des émissions le coût marginal.

Cette courbe permet de visualiser simplement le niveau de réduction qui peut être obtenu en fonction du coût.

III.2 Catégories de mesures

Mesures COV

En examinant les mesures de réduction d'émissions de COV, et surtout leur applicabilité, il faut distinguer les émissions directes, dues à des effluents de procédés qui peuvent être captés et traités, des émissions diffuses, qui s'échappent à l'atmosphère soit par des fuites ou des défauts d'étanchéité des installations concernées, soit parce que les produits qui contiennent des COV sont eux-mêmes utilisés dans des ambiances non confinées.

Les mesures de réduction d'émissions peuvent être classées en 4 grandes catégories :

1. *Mesures de bonne gestion*

Ces mesures consistent à limiter les émissions de COV par l'inspection régulière de vannes et joints des installations qui contiennent les produits concernés, et des plans de gestion de solvants, afin d'éviter au mieux l'évaporation des composés volatils au stockage ou à la manipulation des produits. Parmi les mesures de bonne gestion, nous classons également l'emploi de techniques permettant de réduire les consommations de produits contenant des COV.

2. *Substitution de techniques*

Ces mesures consistent à remplacer des techniques de nettoyage ou des procédés industriels utilisant des produits contenant des COV par des techniques alternatives qui n'ont pas recours à ces produits, pour autant que la qualité obtenue puisse être considérée comme équivalente.

3. *Substitution de produits*

Ces mesures envisagent le remplacement de produits contenant des COV par d'autres qui en contiennent moins ou pas du tout. Ici aussi, une équivalence de qualité ou de service rendu par ces produits doit être garantie.

4. *Techniques d'abattement*

Ces mesures nécessitent le captage des effluents contenant des COV, l'éventuelle concentration de ces COV, puis leur traitement. Elles sont donc principalement envisageables pour réduire les émissions directes.

Parmi les techniques d'abattement employées, citons :

- l'adsorption sur charbon actif ou autres substances adsorbantes ; ce procédé permet de concentrer les COV, mais nécessite une désorption et, *in fine*, soit une récupération des COV pour un éventuel recyclage, soit une destruction ultérieure, par exemple, par incinération, opérations qui peuvent être exécutées sur place ou prises en charge par des firmes spécialisées ;
- l'oxydation thermique (incinération), opération qui nécessite parfois une concentration préalable des COV captés, mais qui peut se révéler peu consommatrice d'énergie, dans la

mesure où les COV brûlés peuvent auto-entretenir la combustion ; l'oxydation thermique peut être catalytique ou non ;

- la décomposition biologique des COV ; l'effluent chargé passe à travers un lit bactérien qui se nourrit des COV qu'il contient. Ce dispositif est peu onéreux, et s'auto-entretient. Il est notamment utilisé pour éliminer des odeurs nauséabondes, mais ne connaît finalement qu'un nombre limité d'applications, vu d'une part son encombrement, d'autre part la difficulté de réglage de son efficacité dans le cas de flux variables en débit et en composition.

Mesures NO_x

La réduction des émissions de NO_x procède de deux approches :

- par des mesures dites primaires, minimiser la formation de NO_x durant la combustion ;
- par des mesures secondaires, épurer les fumées de combustion.

Mesures primaires

Les mesures de type primaire tentent de créer des conditions de combustion (richesse de mélange, température de flamme) minimisant la formation de NO_x. Elles consistent notamment en :

- l'augmentation de l'excès d'air ;
- l'étagement de l'injection d'air et/ou de combustible dans le foyer ;
- la recirculation des fumées dans la zone de flamme.

Ces différents procédés, parfois combinés, sont en particulier destinés à limiter la température de flamme et donc la formation de NO thermique. Ce sont les mêmes principes qui régissent le développement de brûleurs à bas NO_x (Low- NO_x burners).

Ces mesures présentent des taux de réduction de l'ordre de 30 à 50%, à des coûts modérés.

Mesures secondaires

Il existe deux grands types de procédés de dénitrification des fumées :

Procédé SNCR	Réduction sélective non catalytique ;
Procédé SCR	Réduction sélective catalytique.

En raison d'un effet d'échelle, ces techniques d'épuration ne se conçoivent généralement que pour de grandes installations industrielles.

Le procédé SCR consiste à faire réagir les NO_x avec de l'ammoniac sur un catalyseur. La réaction a lieu entre 250 et 450°C. Les coûts d'investissement et d'exploitation sont élevés, mais on obtient des taux de réduction excédant 90%. La technique est déjà répandue dans certains pays en centrales électriques et commence à connaître des applications dans d'autres secteurs (incinération de déchets, fours à verre, cimenterie, ...). La conception de

l'installation est souvent délicate : encombrement, localisation adéquate des catalyseurs, examen des pertes de charge et risques de contamination du catalyseur.

Le procédé SNCR présente un coût beaucoup moins élevé, mais un taux de réduction moindre, entre 50 et 60%. La réaction de dénitrification utilise aussi un agent réducteur (urée, méthane ou NH_3 , le plus souvent). Elle s'effectue à haute température (entre 800 et 1200 °C) et produit des émissions de NH_3 , car la réaction nécessite un ratio NH_3/NO_x supérieur à la stoechiométrie, ce qui peut conduire à la formation de sulfates d'ammonium dans la phase de refroidissement des fumées et donc à des dépôts sur les surfaces d'échange situées en aval.

Applicabilité des mesures

Les mesures primaires s'appliquent à l'ensemble des installations de combustion. Les mesures secondaires ne sont considérées que pour des installations industrielles de grande taille. Lors de la mise en oeuvre de différentes mesures de réduction, des échanges d'information et d'expérience entre les acteurs concernés devraient permettre de préciser les possibilités de la réalisation pratique des mesures et les coûts y afférents.

• *Mesures SO_2*

En ce qui concerne la réduction des émissions de SO_2 il existe deux types de mesures :

- la réduction de la teneur en soufre des combustibles ;
- la désulfuration des fumées.

III.3 Potentiel de réduction des NO_x

La courbe de coût marginal est présentée à la page suivante. Les mesures qui présentent un potentiel de réduction important y sont repérées.

Le tableau ci-dessous présente les principales données relatives à cette courbe: Pour chaque mesure, il indique l'activité concernée avec son code SNAP, les émissions du scénario de référence, le potentiel de réduction, le niveau cumulé de réduction, le coût unitaire et le coût marginal.

Potentiel de réduction des émissions de NO_x

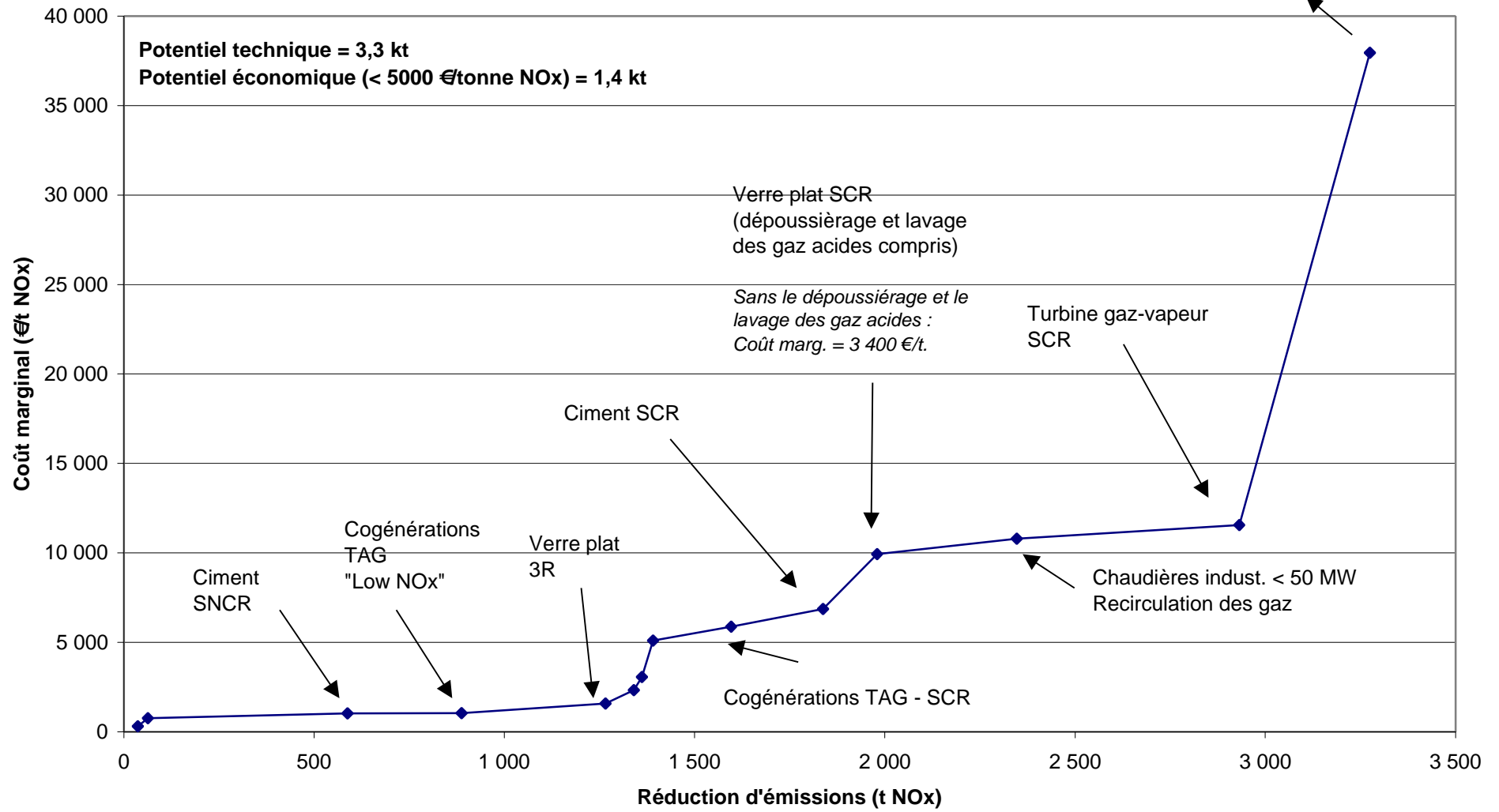
SNAP	Activité	Mesure	Emiss. 2010 Sc. réf. (t)	Ré-duc-tion (t)	Réd. cu-mulée (t)	Coût uni-taire (€/kg)	Coût mar-ginal (€/kg)
02 01 03	Comm/Institutions combustion (gasoil)	low Nox burner	303	36	36	0,3	0,3
02 01 03	Comm/Institutions combustion (nat. gas)	low Nox burner	274	26	63	0,8	0,8
03 03 11	Cement	SNCR	1.008	525	588	1,0	1,0
03 01 04	Power plants gas turbines - cogen. (other)	low Nox burner	541	300	888	1,0	1,0
03 03 14	Flat glass	3R	946	378	1.266	1,6	1,6
01 01 03	Power plants gas turbines - cogen. (Ceduco)	SCR	89	74	1.340	2,3	2,3
02 02 02	Residential (nat. Gas)	low Nox burner	274	21	1.361	3,1	3,1
02 02 02	Residential (gasoil)	low Nox burner	303	29	1.391	5,1	5,1
03 01 04	Power plants gas turbines - cogen. (other)	Low Nox & SCR	541	205	1.596	3,0	5,9
03 03 11	Cement	SCR	1.008	242	1.838	2,9	6,9
03 03 14	Flat glass	SCR	946	142	1.980	3,8	9,9
03 01 03	Industrial boilers < 50 MW	Flue gas recirc	1.224	367	2.347	10,8	10,8
01 01 03	Power plants gas turbines - TGV	SCR	868	585	2.932	11,5	11,5
03 01 03	Industrial boilers < 50 MW	Low Nox & recirc	1.224	343	3.274	23,9	38,0

Le scénario de référence a mis en évidence des émissions de NO_x en 2010 à un niveau nettement supérieur au plafond de la directive européenne (14,2 kt dans le scénario de référence, dont 4,8 kt pour les transports routiers, pour un plafond de 11 kt).

On constate que l'écart à combler est de 3,2 kt, et cet écart pourrait être comblé avec l'ensemble du potentiel technique du secteur industriel, estimé à 3,3 kt. Toutefois ceci impliquerait de mettre en œuvre toutes les mesures, y compris les plus coûteuses. A côté des mesures du secteur industriel, d'autres mesures sont envisageables par exemple dans le secteur des transports et dans les secteurs domestique, commercial et institutionnel. Ces potentiels devraient être identifiés de manière plus précise.

Courbe de coût marginal NOx

Chaudières indust. < 50 MW
Low NOx et Recirculation des gaz



Autres mesures envisageables

Mesures complémentaires sur les sources stationnaires

Dans le scénario de référence, il subsiste des émissions importantes de sources stationnaires pour lesquelles nous n'avons pas pris en compte de mesure de réduction. Il s'agit principalement des fours à arc, des fours de réchauffage et du procédé Primorec en sidérurgie, ainsi que des petites installations de cogénération à moteur. Techniquement, il devrait être possible de réduire ces émissions, ne fût-ce qu'au moyen d'un procédé end-of-pipe, mais nous n'avons pas connaissance de technologies déjà disponibles à cet effet.

Transport routier

Plusieurs catégories de mesures peuvent être envisagées :

- Réduction de la teneur en soufre des carburants : Il s'agirait d'une réduction de la teneur en soufre au delà des 50 ppm prévus par la réglementation européenne à partir de 2005³. L'instauration d'une limite à 10 ppm est actuellement en discussion au niveau européen. Si cette mesure n'est pas décidée, il pourrait être envisagé d'encourager la consommation d'un carburant à 10 ppm plutôt qu'à une teneur plus élevée (éventuellement par voie fiscale). Une mesure incitative fiscale pour l'introduction de diesel à 10 ppm en soufre existe dans certains Etats membres de l'Union européenne. Le passage d'une teneur en soufre de 50 à 10 ppm pourrait permettre de réduire les émissions de NO_x et de COV aussi bien pour les voitures essence que pour les diesel.
- Glissement du diesel vers l'essence : Un tel glissement, dont il faut remarquer qu'il aurait aussi d'autres effets environnementaux (réduction des émissions de particules, mais augmentation de celles de COV et de CO₂), pourrait être favorisé par une réduction de la différence de fiscalité entre les deux carburants concernés.
- Valeurs limites d'émission plus strictes : Au niveau de l'Union européenne, le Luxembourg pourrait proposer de réduire davantage les valeurs limites d'émission de NO_x pour certains types de véhicules (p. ex. les poids lourds).
- Réduction globale de la mobilité du transport routier, par exemple par une taxation des carburants ou du kilométrage parcouru, ou via l'aménagement du territoire. La voie d'une plus forte taxation des carburants a cependant ses limites si les pays voisins ne modifient pas leur niveau de taxation. Elle pourrait toutefois être envisagée au niveau européen. En revanche, la taxation du kilométrage parcouru est une option qui trouve un intérêt croissant dans plusieurs pays en ce qui concerne le transport de marchandises. En Suisse, par exemple, les poids lourds doivent payer une redevance calculée sur la base de la distance parcourue. En ce qui concerne les mesures d'aménagement du territoire, dans la

³ Directive 98/70/CE du Parlement européen et du Conseil du 13 octobre 1998 concernant la qualité de l'essence et des carburants diesel et modifiant la directive 93/12/CE du Conseil.

mesure où elles porteraient essentiellement sur la localisation de nouveaux bâtiments, leur impact possible à horizon 2010 ne serait que négligeable.

- Transfert modal (vers les transports en commun, le vélo ou la marche) : L'impact de ce type de transfert sur les émissions de NO_x est toutefois très limité, comme le montrent les résultats d'une étude à ce sujet pour la Région wallonne. Pour pouvoir estimer l'impact d'un tel transfert modal sur les émissions de NO_x au Luxembourg, la situation luxembourgeoise devrait être analysée.
- Mesures comportementales (comportement des conducteurs au volant, respect des limites de vitesse, augmentation de la pression des pneus, comportement à l'achat des véhicules). Ici aussi, l'impact de ce type de mesure sur les émissions de NO_x est limité.

Il est à remarquer que la réduction de la mobilité et le transfert modal sont des mesures qui sont surtout envisagées pour d'autres motivations, à savoir principalement réduire la congestion du trafic, et, bien que dans une moindre mesure, réduire les émissions de CO₂.

Engins agricoles

Il s'agit ici essentiellement des tracteurs. Lorsqu'on consulte les études réalisées à l'étranger, on constate que jusqu'à présent les émissions de ces engins, ainsi que les mesures de réduction envisageables, restent mal connues. Ce n'est que depuis l'an 2000 qu'une directive européenne régleme nte ces émissions, qui se limite aux nouveaux équipements. Il pourrait être envisagé d'accélérer le renouvellement de ces engins (comme aux Etats-Unis) ou d'imposer une norme plus stricte à l'achat des véhicules neufs.

Transport aérien

Il s'agit ici des émissions au décollage et à l'atterrissage (cycle LTO landing and take-off) ; il pourrait être fait en sorte que les avions atterrissant au Luxembourg émettent moins de NO_x. Deux possibilités à cet effet seraient :

- soit de réglementer (par exemple en interdisant certains modèles d'avions, comme cela se fait pour le bruit dans certains aéroports) ;
- soit de moduler la taxe d'aéroport en fonction du niveau de pollution. Ceci se fait en Suisse (Genève et Zürich) depuis 1997 et en Suède depuis 1998. Une enquête effectuée en l'an 2000 par l'Association des compagnies aériennes régionales européennes a toutefois montré que l'impact de cette mesure sur le comportement des compagnies aériennes restait limité (INERIS, 2002).

Economies de combustibles

En général, si on réduit les consommations de combustibles, on réduit les émissions de NO_x; mais l'impact est encore une fois limité, car du même ordre que la réduction des consommations énergétiques. Et des économies de combustibles sont déjà prises en compte dans le scénario de référence, tant pour les installations stationnaires (amélioration des consommations spécifiques de 0,5% par an dans le cas général) que pour le transport routier (en particulier: accords européens avec les constructeurs automobiles).

Promotion des sources d'énergie renouvelables

Dans le cas des sources d'énergie renouvelables (sauf biomasse) exploitées pour la production d'électricité, cette mesure n'aurait de sens que si elle conduisait à un remplacement de production d'électricité à partir d'énergies fossiles.

III.4 Potentiel de réduction des COV

La courbe de coût marginal est présentée à la page suivante. Comme dans le cas des NO_x, les mesures qui présentent un potentiel de réduction important y sont repérées.

Comme pour les NO_x, le tableau ci-dessous présente les principales données relatives à cette courbe : pour chaque mesure, il indique l'activité concernée avec son code SNAP, les émissions du scénario de référence, le potentiel de réduction, le niveau cumulé de réduction, le coût unitaire et le coût marginal.

Potentiel de réduction des émissions de COV

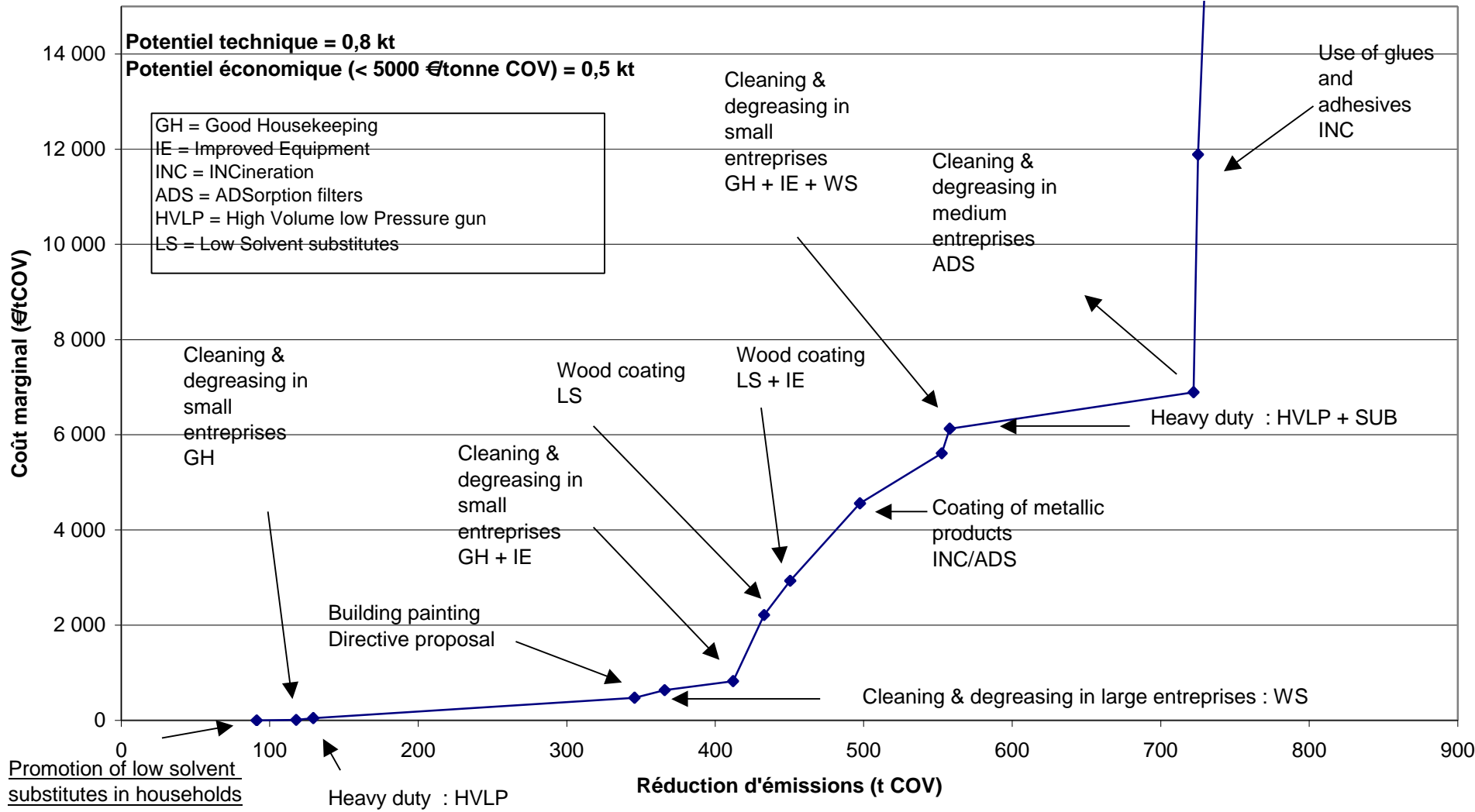
SNAP	Activité	Mesure	Emiss. 2010 Sc. réf. (t)	Ré- duc- tion (t)	Réd. cu- mulée (t)	Coût uni- taire (€/kg)	Coût mar- ginal (€/kg)
60408	Use of solvent in households	Promotion of LS	1.023	91	91	0,00	0,00
60201	Cleaning and degreasing small entr	GH	177	27	118	0,01	0,01
60108	Heavy duty coatings	HVLP	63	12	129	0,05	0,05
60103	Buildings painting	Directive proposal	613	216	346	0,00	0,48
60201	Cleaning and degreasing large entr	WS	34	20	366	0,63	0,63
60201	Cleaning and degreasing small entr	GH+IE	177	46	412	0,53	0,83
60107	Wood coating small entrep	IE	42	21	433	2,21	2,21
60107	Wood coating small entrep	LS+IE	42	18	451	2,54	2,93
60108	Coating of metallic products	INC/ADS	62	47	498	4,56	4,56
60201	Cleaning and degreasing small entr	WS+GH+IE	177	55	552	2,61	5,61
60108	Heavy duty coatings	HVLP+SUB	63	6	558	2,02	6,13
60201	Cleaning and degreasing med entr	ADS	177	164	722	6,90	6,90
60405	Uses of glues and adhesives	INC	52	3	725	11,89	11,89
60201	Cleaning and degreasing small entr	WS+GH+IE+ADS	177	41	766	11,48	43,89

Dans ce tableau, les mesures considérées sont généralement mentionnées par une abréviation correspondant au terme anglo-saxon. La signification de ces abréviations est la suivante :

HVLP	Pistolet de peinture haut volume basse pression ^(*) (High Volume Low Pressure spray gun)
GH	Mesures de bonne gestion (Good Housekeeping)
PRM	Mesures primaires (PRimary Measures)
SUB	Produits de substitution (SUBstitution of products)
IE	Meilleurs équipements (Improved Equipement)
LS	Produits de substitution à basse teneur en solvant (Low Solvent)
INC	Incinération (INCineration)
ADS	Filtres à adsorption sur charbon actif (ADSorption filters)

^(*) Technique utilisant un grand volume d'air sous une faible pression (0,7 bar), ce qui mène à la formation de gouttelettes de peinture d'une taille plus importante et donc à une augmentation du taux de transfert de l'application.

Courbe de coût marginal COV



Dans le scénario de référence les émissions de COV se situent à un niveau inférieur au plafond de la directive (7,2 kt dans le scénario de référence, pour un plafond de 9 kt).

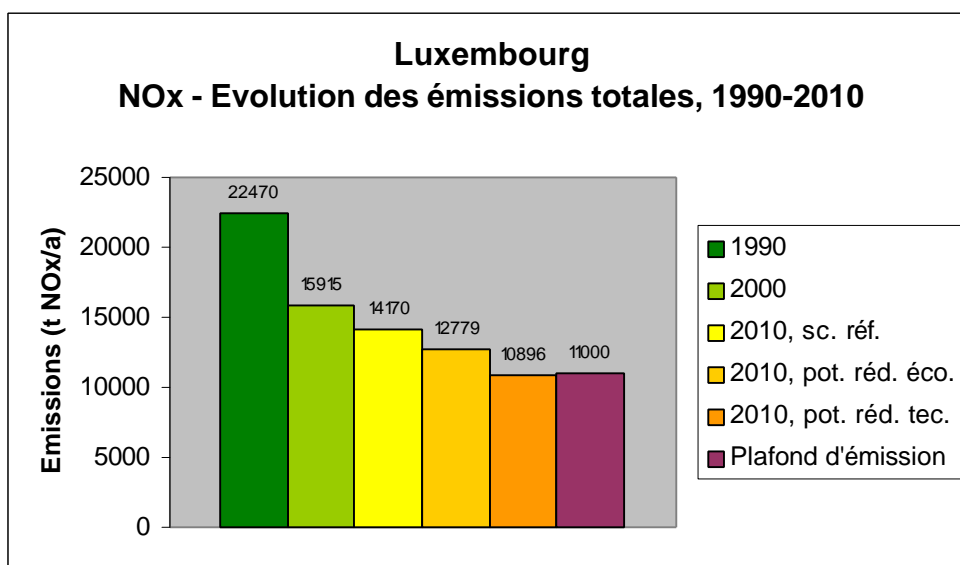
En ce qui concerne la contribution des mesures au potentiel de réduction, on peut faire les remarques suivantes :

- Les mesures caractérisées par les coûts marginaux les plus faibles sont celles portant sur la teneur en solvant des produits (cf. proposition de directive de l'UE relative à certains produits à solvants), la substitution par des produits ne contenant pas de solvants et l'adoption de mesures de bonne gestion dans l'industrie.
- Les mesures correspondant à l'amélioration d'équipements existants apparaissent à des coûts marginaux plus élevés, mais inférieurs à 5000 €/ tonne de COV.
- Les mesures « end of pipe » sont celles qui présentent les coûts marginaux les plus élevés, généralement bien au-delà de 5000 €/ tonne de COV (à l'exception du revêtement de produits métalliques dans l'industrie).

IV EVOLUTION DES EMISSIONS ENTRE 1990 ET 2010

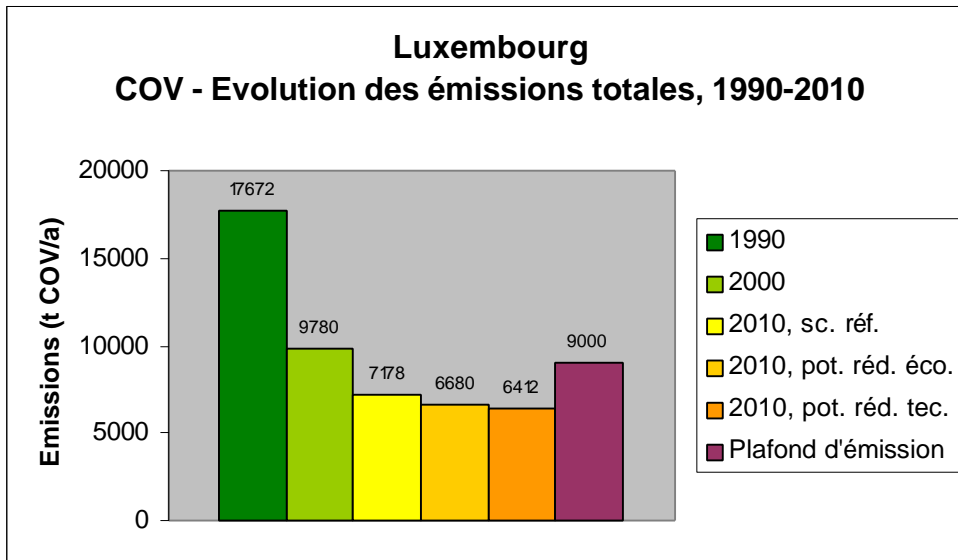
Les graphiques ci-dessous résument l'évolution des émissions atmosphériques des quatre types de polluants entre 1990 et 2010 au Luxembourg.

Les 4 premiers graphiques montrent d'une part des données d'inventaire d'émission de 1990 et de 2000 (totaux nationaux). Pour les NO_x et les COV, les graphiques renseignent d'autre part quels niveaux d'émission sont réalisables d'ici 2010 par la mise en pratique des mesures du potentiel de réduction économique et du potentiel de réduction technique. Pour chacun des quatre polluants, le plafond d'émission national est représenté.



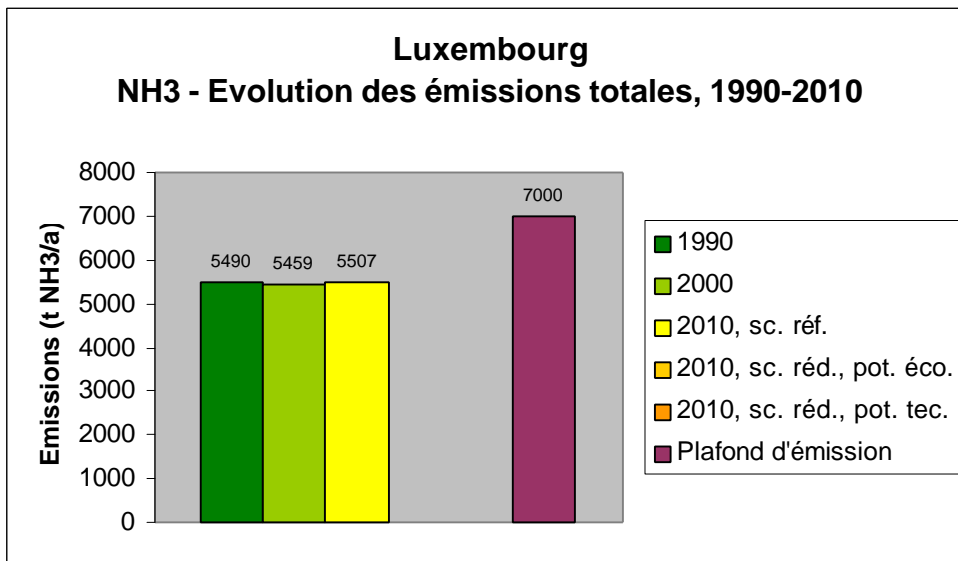
Graphique 1: Emissions de NO_x en 1990, 2000 et 2010 (avec plafond)

Les deux premières colonnes reprennent des données d'inventaire d'émission. Les colonnes en troisième, quatrième et cinquième position de gauche représentent les résultats des projections d'émission (scénario de référence, potentiel de réduction économique, potentiel de réduction technique). La dernière colonne indique la valeur du plafond d'émission national pour les NO_x.



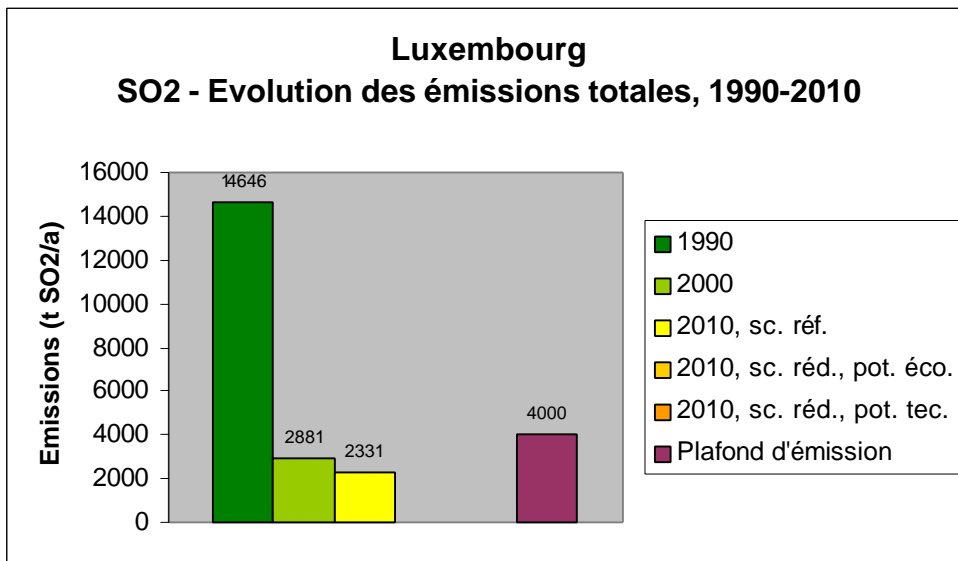
Graphique 2: Emissions de COV en 1990, 2000 et 2010 (avec plafond)

Le graphique 2 représente des informations similaires pour les COV que le graphique 1 pour les NO_x. Les valeurs d'émission de COV ne comprennent pas les émissions biogènes.



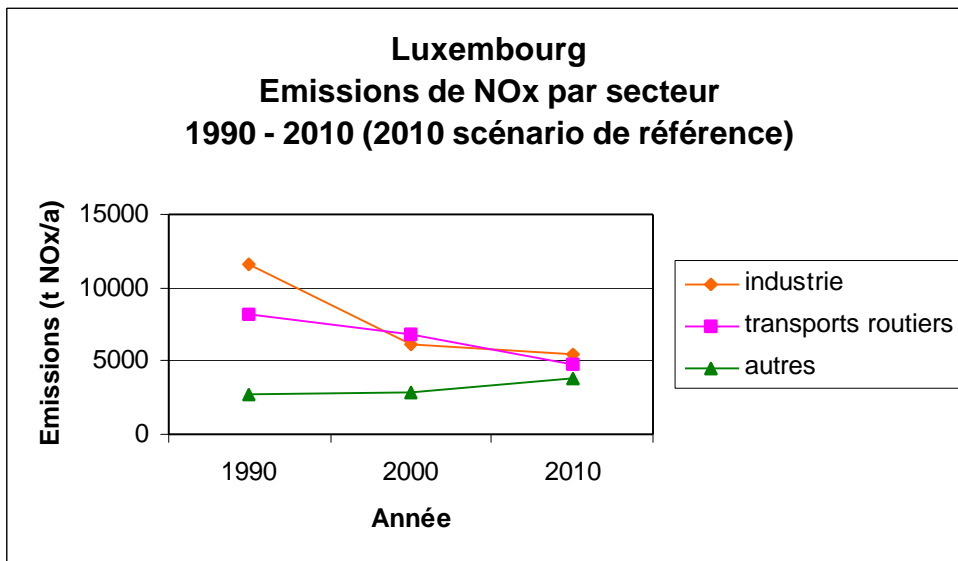
Graphique 3: Emissions de NH₃ en 1990, 2000 et 2010 (avec plafond)

Comme le niveau d'émission de NH₃ se situe déjà aujourd'hui en-dessous du plafond d'émission, et comme d'autre part les émissions de NH₃ ne vont très probablement pas augmenter de manière significative jusqu'en 2010, le potentiel de réduction n'a pas été évalué.

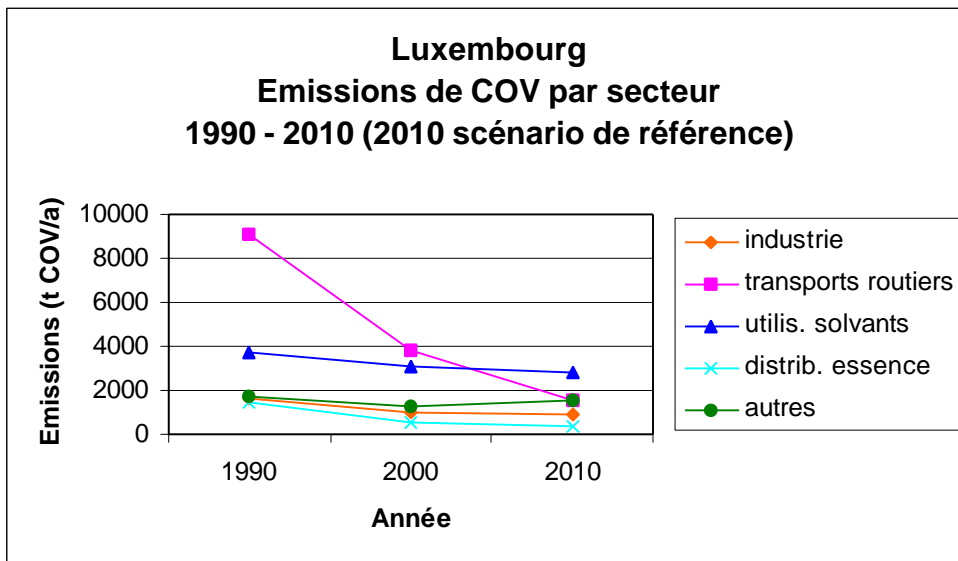


Graphique 4: Emissions de SO₂ en 1990, 2000 et 2010 (avec plafond)

Comme le niveau d'émission de SO₂ se situe déjà aujourd'hui en-dessous du plafond d'émission, et comme d'autre part les émissions de SO₂ ne vont très probablement pas augmenter de manière significative jusqu'en 2010, le potentiel de réduction n'a pas été évalué.



Graphique 5: Emissions de NO_x dans le secteur industriel et dans le secteur des transports routiers



Graphique 6: Emissions de COV dans les 4 secteurs les plus importants (transports routiers, industrie, utilisation de solvants organiques et distribution d'essences)

V CONCLUSIONS

L'analyse a principalement consisté :

- d'une part à construire un scénario de référence ("business as usual") des émissions de NO_x, COV, SO₂ et NH₃ à l'horizon 2010 ;
- d'autre part à évaluer, sous la forme d'une courbe de coût marginal, le potentiel de réduction et les coûts correspondant à l'application de mesures techniques aux sources d'émission stationnaires de NO_x et de COV.

Remarquons que ces résultats ont été obtenus à partir d'un ensemble de données et hypothèses qui sont inévitablement affectées d'une certaine marge d'incertitude. Ils constituent des informations basées sur la meilleure information disponible au moment de la confection de ce rapport.

Le scénario de référence pour 2010 montre des émissions qui sont globalement en baisse par rapport à l'an 2000, de 11% pour les NO_x, 19% pour le SO₂, 27% pour les COV et 1% pour le NH₃. En règle générale, les évolutions sont toutefois très contrastées d'un secteur à l'autre.

Seuls les NO_x présentent un dépassement du plafond de la directive européenne, mais il s'agit d'un dépassement substantiel (émissions de 14,2 kt pour un plafond de 11 kt, soit un dépassement de 3,2 kt). Pour les autres polluants, en revanche, ces émissions demeurent en deçà du plafond de la directive.

Le seul potentiel de réduction du secteur industriel, évalué à 3,3 kt NO_x, permet de combler l'écart entre le niveau d'émission projeté dans le scénario de référence et le plafond d'émission de la directive. Au niveau de réduction requis, de 3,2 kt, le coût marginal de réduction dépasse 35 €/kg NO_x, un coût très élevé en comparaison avec ce qui est considéré comme acceptable dans des pays avancés en matière de protection de l'environnement. Lors de la mise en oeuvre de différentes mesures de réduction, des échanges d'information et d'expérience entre les acteurs concernés devraient permettre de préciser les possibilités de la réalisation pratique des mesures et les coûts y afférents.

Un certain nombre d'autres mesures envisageables ont été identifiées pour ce polluant, sans toutefois avoir fait l'objet d'une quantification.

D'une manière générale, des possibilités de réduction supplémentaires pourraient être identifiées dans le secteur des transports ou bien dans le domaine des bâtiments par exemple. Ces potentiels supplémentaires devront être précisés dans des études ultérieures. D'autre part, à moyen et à long terme, des changements technologiques, comme par exemple le passage vers le combustible hydrogène, permettront sans doute de limiter davantage certaines émissions.