



# Émissions de gaz à effet de serre au sens du Protocole de Kyoto

## Perspectives d'émissions pour 2010

### Table des matières

Résumé.....	2
Dioxyde de carbone.....	3
Méthane.....	8
Oxyde nitreux.....	10
Gaz synthétiques.....	11
Ensemble des gaz à effet de serre au sens du Protocole de Kyoto.....	12
Bibliographie.....	16

## Résumé

Ce rapport présente un aperçu de l'évolution des émissions de gaz à effet de serre en Suisse jusqu'à l'an 2010. Pour cela, il tient compte des mesures mises en œuvre avant la fin 2004. Les effets de la taxe sur le CO<sub>2</sub>, du centime climatique ou d'autres mesures prévues ne sont pas pris en compte. L'objectif de cet état des lieux est en effet de montrer quel serait l'écart par rapport à l'objectif sans ces différentes mesures.

Le rapport présente l'évolution la plus probable (scénario de référence), ainsi que d'autres évolutions possibles sur la base d'une analyse de sensibilité. Pour les émissions de CO<sub>2</sub> au sens de la loi sur le CO<sub>2</sub> – qui constituent plus des trois quarts des émissions de gaz à effet de serre – on s'est appuyé sur les résultats des travaux concernant les perspectives en matière d'énergie (Prognos 2005). Pour le reste des émissions, diverses sources ont été utilisées (conventions, prévisions concernant le nombre d'animaux de rente et le volume de déchets, perspectives concernant les gaz synthétiques, etc.). Le scénario de référence part de l'hypothèse qu'aucune centrale thermique à énergie fossile n'entrera en service en Suisse avant 2012.

L'évolution des émissions la plus probable est résumée dans le tableau ci-dessous. Les valeurs des émissions pour les années 1990 et 2000 ont été tirées du dernier inventaire des gaz à effet de serre (publié le 15 avril 2005).

Tab. 1: Émissions de gaz à effet de serre au sens du Protocole de Kyoto (valeurs exprimées en millions de tonnes CO<sub>2eq</sub>)

	1990	2000	2010 <sup>1)</sup>
Dioxyde de carbone	44,37	43,66	43,45
dont combustibles (sans correction en fonction du climat)	23,83	22,18	22,11
carburants	15,46	16,86	16,69
autres (CO <sub>2</sub> non énergétique)	5,08	4,62	4,65
Méthane	4,45	3,74	3,45
Oxyde nitreux	3,34	3,19	2,88
Gaz synthétiques	0,28	0,67	0,99
<b>Total</b>	<b>52,45</b>	<b>51,26</b>	<b>50,77</b>
<b>Objectif selon le Protocole de Kyoto</b>			<b>48,25</b>

<sup>1)</sup> Seules les mesures mises en œuvre avant la fin 2004 sont prises en compte.

Entre 1990 et 2010, le total des émissions de gaz à effet de serre recule de 3,2 %. Cette évolution est essentiellement due aux reculs constatés pour les combustibles et pour les procédés industriels, ainsi que pour les émissions de méthane et d'oxyde nitreux. Il faut en revanche s'attendre à une croissance en ce qui concerne les gaz synthétiques et les émissions de CO<sub>2</sub> liées aux carburants.

L'écart par rapport à l'objectif selon le Protocole de Kyoto (- 8 %) se monte à 2,5 millions de tonnes d'équivalents CO<sub>2</sub>.

L'analyse de sensibilité permet d'estimer les incertitudes qui affectent ces prévisions.

# 1. Dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>)

## 1.1 Émissions de CO<sub>2</sub> énergétique au sens de la loi sur le CO<sub>2</sub>

L'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> énergétique au sens de la loi sur le CO<sub>2</sub> est reprise telle quelle du rapport de Prognos (2005). Les principaux indicateurs économiques et démographiques utilisés par cette étude sont présentés dans le tableau 2 ci-dessous:

Tab. 2: Principaux indicateurs économiques et démographiques tirés de Prognos (2005), scénario de référence

	2000	2005	2010
Population, en millions de personnes	7,24	7,47	7,54
Croissance moyenne du PIB jusqu'à l'année de référence (% par année)		1,75	1,32
Indice de la production industrielle (1990 = 100)	127	129	139
Surface de référence énergétique (millions de m <sup>2</sup> )			
Logements	416	444	472
Services	140	147	155

En se fondant sur les travaux de l'AIE, on a établi un scénario avec des prix constants – en valeur réelle – pour le pétrole brut sur le marché mondial (soit 30 \$/bbl). Le prix des autres agents énergétiques est extrapolé à partir de cette valeur.

Les hypothèses et le cadre de politique énergétique utilisés partent de l'idée d'une continuité dans ce domaine.

- On suppose que le programme SuisseÉnergie, l'un des plus importants instruments de la politique énergétique suisse, sera maintenu dans son ampleur actuelle.
- On part de l'hypothèse que les conventions passées avec les milieux économiques permettront de réduire les émissions de CO<sub>2</sub> de 0,3 million de tonnes entre 2000 et 2010 (0,7 million de tonnes entre 1990 et 2010).
- Dans le domaine des normes techniques et du droit de la construction, on part de l'idée que l'état de la technique progressera modérément, en particulier pour les nouvelles constructions. On suppose une adaptation des normes concernant la qualité des bâtiments (consommation spécifique d'énergie de chauffage dans les nouvelles constructions et valeurs indicatrices pour les assainissements énergétiques), qui devrait permettre d'améliorer l'efficacité de 10 % en dix ans.
- En ce qui concerne les véhicules à moteur, on pose l'hypothèse réaliste selon laquelle la convention prévoyant une réduction annuelle de 3 % de la consommation spécifique des nouvelles voitures ne sera pas respectée et que, jusqu'en 2012, la diminution se limitera à 1,5 % par année. On ne tient pas compte d'une éventuelle réglementation favorisant les véhicules efficaces du point de vue énergétique, ni d'une éventuelle réduction du prix des biocarburants ou du gaz utilisé comme carburant. La percée des carburants diesel observée ces dernières années devrait se poursuivre.
- Par ailleurs, on suppose une légère tendance à recourir au gaz naturel comme carburant ainsi qu'aux carburants biologiques, même en l'absence d'incitation.

Pour une discussion complète concernant le cadre hypothétique, on se référera à l'étude originale (Prognos 2005). Des informations complémentaires sont également disponibles dans Prognos (2004). En parallèle au scénario de référence, on y effectue des analyses de sensibilité qui permettent de prévoir l'évolution du CO<sub>2</sub> en se fondant sur diverses hypothèses pour les principaux indicateurs.

On ne tient pas compte des effets d'une taxe sur le CO<sub>2</sub> ou d'un centime climatique. Le but de cet état des lieux est en effet de montrer quel serait l'écart par rapport à l'objectif en l'absence de ces mesures.

Par ailleurs, le scénario de référence part de l'hypothèse qu'aucune centrale thermique à énergie fossile n'entrera en service en Suisse avant 2012.

### 1.1.1 Combustibles

Le Protocole de Kyoto, contrairement à la loi sur le CO<sub>2</sub>, ne permet pas de corriger les variations dues au climat lors du calcul des émissions liées aux combustibles. Dans le cas de la loi, cette correction permet de neutraliser l'influence des hivers plus ou moins froids. Par conséquent, dans les études de Prognos (2004 et 2005), les valeurs publiées sont toutes corrigées en fonction du climat, c'est-à-dire qu'elles sont converties pour une année normale avec un nombre de degrés-jours unifiés de chauffage de 3588.

Dans le cadre de la présente étude, la correction climatique admise par la loi sur le CO<sub>2</sub> doit être annulée afin de répondre aux exigences du Protocole de Kyoto. Ce sont donc les émissions réelles qui sont utilisées pour les années 1990 et 2000. Concernant la période de prévision (2008 à 2012), il est nécessaire d'établir des hypothèses sur les températures hivernales. Comme référence, on reprend le nombre moyen de degrés-jours unifiés de chauffage pour les années 1980 à 2002, soit 3468.

Avec ces hypothèses, l'évolution des émissions de CO<sub>2</sub> provenant des combustibles est la suivante:

Tab. 3: Émissions de CO<sub>2</sub> (millions de tonnes) issues de la consommation de combustibles

	1990	2000	2010
<b>CO<sub>2</sub> issu des combustibles</b>	<b>23,83<sup>1</sup></b>	<b>22,18<sup>2</sup></b>	<b>22,11<sup>3</sup></b>

L'évolution présentée dans le tableau 3 est fortement influencée par les températures des mois d'hiver des années concernées. Comme 1990, l'an 2000 s'est illustré par des mois d'hiver particulièrement doux, ce qui fait que les émissions de CO<sub>2</sub> dues aux combustibles ont été faibles ces années-là. On ne peut toutefois pas s'attendre à des hivers aussi doux durant les années 2008 à 2012<sup>4</sup>. Cela signifie que des températures hivernales plus basses suffiraient à provoquer une hausse des émissions par rapport à 1990 ou 2000. Le tableau 3 ne présente donc qu'un très faible recul des émissions entre 2000 et 2010. En valeurs corrigées en fonction du climat, en revanche, on observerait une nette diminution des émissions<sup>5</sup>.

Pour permettre d'estimer l'influence des températures hivernales, le tableau 4 présente les valeurs de la première période d'engagement en fonction de différents scénarios de température. Si, durant la période 2008 à 2012, les hivers étaient aussi froids qu'au milieu des années 1980, les émissions liées

<sup>1</sup> Émissions réelles (nombre de degrés-jours unifiés de chauffage = 3203): différent des valeurs des études Prognos, qui ont été corrigées en fonction du climat.

<sup>2</sup> Émissions réelles (nombre de degrés-jours unifiés de chauffage = 3081): différent des valeurs des études Prognos, qui ont été corrigées en fonction du climat.

<sup>3</sup> Émissions prévisibles pour un nombre de degrés-jours unifiés de chauffage de 3468; cette valeur diffère de celle prévue par Prognos, qui se basait sur une série temporelle normée à 3588 degrés-jours.

<sup>4</sup> Jusqu'ici, on n'a jamais mesuré, pour une période de cinq années consécutives, des mois d'hiver aussi doux qu'en 1990 ou en 2000. On doit donc s'attendre à un nombre moyen de degrés-jours unifiés de chauffage plus élevé pour les années 2008 à 2012. On en a tenu compte dans le scénario de référence en choisissant un nombre de degrés-jours de 3468 pour l'année 2010, qui est utilisée ici pour représenter l'ensemble de la période 2008 à 2012.

<sup>5</sup> Si l'on convertissait les valeurs de 1990 et de 2000 en utilisant un nombre de degrés-jours unifiés de chauffage de 3468 – comme le fait le présent rapport pour l'année 2010 – on obtiendrait les émissions suivantes: 25,1 millions t en 1990, 23,9 millions t en 2000 et 22,1 millions t en 2010. Ainsi, en valeurs corrigées en fonction du climat, le recul prévu entre 2000 et 2010 est plus important que celui mesuré entre 1990 et 2000, contrairement à ce que présente le tableau 3. Le Protocole de Kyoto ne permet toutefois pas de corriger les données en fonction du climat.

aux combustibles seraient supérieures de 1,1 million de tonnes à ce que prévoit le scénario de référence. Selon le Protocole de Kyoto (mais pas selon la loi sur le CO<sub>2</sub>), ces émissions devraient être compensées ailleurs. En revanche, si les températures étaient aussi douces durant cette période de cinq ans qu'elles l'ont été en 1990, les émissions dues aux combustibles seraient de 1,1 million de tonnes inférieures à ce que prévoit le scénario de référence. Et si, grâce à cela, l'objectif de Kyoto était dépassé, les émissions évitées pourraient être reportées sur la période d'engagement suivante ou vendues sur le marché du CO<sub>2</sub>.

Tab. 4: Variation des émissions de CO<sub>2</sub> dues à la consommation de combustibles pour les années 2008 à 2012 en fonction de différentes températures hivernales moyennes (T<sub>h</sub>) durant cette période

Température hivernale moyenne 2008-2012 (T <sub>h</sub> )	Nombre de degrés-jours unifiés de chauffage	Écart des émissions de CO <sub>2</sub> par rapport au scénario de référence (millions de tonnes)
T <sub>h</sub> comme en 1990	3203	-1,1
T <sub>h</sub> comme la moyenne pour 1990 à 2002	3343	-0,5
<b>T<sub>h</sub> comme la moyenne pour 1980 à 2002 (référence)</b>	<b>3468</b>	<b>0,0</b>
T <sub>h</sub> comme pour l'année normée des études Prognos	3588	+0,5
T <sub>h</sub> comme durant la période 1983-1987 (années froides)	3733	+1,1

### 1.1.2 Carburants

Les perspectives concernant les émissions de CO<sub>2</sub> dues à la consommation de carburants (Tableau 5) sont reprises de Prognos (2005). La loi sur le CO<sub>2</sub> ne prévoit pas que les données concernant les carburants soient corrigées en fonction du climat. Celles-ci peuvent donc être reprises telles quelles pour les perspectives d'émissions au sens du Protocole de Kyoto.

Tab. 5: Émissions de CO<sub>2</sub> (millions de tonnes) issues de la consommation de carburants

	1990	2000	2010
<b>CO<sub>2</sub> issu des carburants</b>	<b>15,46</b>	<b>16,86</b>	<b>16,69</b>

### 1.1.3 Analyses de sensibilité

L'étude de Prognos (2004) présente différentes analyses de sensibilité afin de voir comment les évolutions possibles des principaux indicateurs économiques influenceraient les émissions de CO<sub>2</sub>. Ces analyses montrent de quelle manière les émissions évolueraient pour différentes modifications plausibles des conditions générales d'ici à 2010. Les résultats suivants sont obtenus pour les combustibles et les carburants ainsi que pour l'ensemble des émissions de CO<sub>2</sub> énergétique au sens de la loi sur le CO<sub>2</sub> (Tableau 6):

Tab. 6: Écart des émissions de CO<sub>2</sub> énergétique par rapport au scénario de référence, pour divers scénarios concernant l'évolution des principaux indicateurs économiques (voir Prognos 2004 pour les détails)

	Écart des émissions de CO <sub>2</sub> en 2010 par rapport au scénario de référence (millions de tonnes)		
	Combustibles	Carburants	Total
Scénario « CO <sub>2</sub> élevé » (croissance de l'économie et des transports plus élevée, ainsi qu'augmentation plus forte de la surface chauffée, prix de l'énergie plus bas)	+0,4	+0,8	+1,1

Scénario « CO <sub>2</sub> bas » (croissance de l'économie et des transports plus faible, ainsi qu'augmentation réduite de la surface chauffée, prix de l'énergie plus élevés)	-0,5	-0,7	-1,2
---	------	------	------

Les scénarios présentés dans les tableaux 4 et 6 peuvent en bonne partie être additionnés. En effet, le climat et le cadre économique sont pratiquement indépendants l'un de l'autre (exception: des hivers froids dans toute l'Europe pourraient provoquer une pénurie d'huile de chauffage et une hausse des prix).

## 1.2 Émissions de CO<sub>2</sub> non énergétique

Les émissions de CO<sub>2</sub> non énergétique ne sont pas concernées par la loi sur le CO<sub>2</sub>, mais elles sont prises en compte dans le cadre du Protocole de Kyoto. Elles sont dues en particulier à la production de ciment et à l'incinération des déchets.

### 1.2.1 Émissions de CO<sub>2</sub> géogène dues à la production de ciment

Le volume de ces émissions de CO<sub>2</sub> est largement dépendant de la quantité de clinker produite. La baisse constatée entre 1990 et 2000 peut ainsi être attribuée au recul de cette production. Selon la convention passée avec Cemsuisse, il ne faut toutefois pas s'attendre à ce que cette diminution se poursuive. On peut partir de l'idée que la quantité de clinker produite restera plus ou moins stable. Pour l'année 2010, on utilise donc la valeur moyenne des années 2000 à 2003.

Tab. 7: Émissions de CO<sub>2</sub> géogène (millions de tonnes) de la production de ciment

	1990	2000	2010
<b>Émissions de CO<sub>2</sub> géogène de la production de ciment</b>	<b>2,52</b>	<b>1,69</b>	<b>1,67</b>

a) Le CO<sub>2</sub> émis lors de la production de ciment en raison de la combustion d'agents énergétiques fossiles est attribué aux combustibles (chap. 1.1.1).

### 1.2.2 Incinération des déchets

Une bonne partie des composants des déchets sont d'origine fossile (pour la Suisse, on suppose qu'environ 40 % sont d'origine fossile et 60 % d'origine biologique). Le CO<sub>2</sub> d'origine fossile issu de l'incinération des déchets en UIOM ou en cimenterie doit être inscrit à l'inventaire des gaz à effet de serre. Le volume de ces émissions dépend de la quantité de déchets incinérés. Entre 1990 et 2000, la quantité totale de déchets urbains n'a que peu varié. Mais la quantité de déchets incinérés a augmenté, si bien que les émissions de CO<sub>2</sub> se sont elles aussi accrues. Actuellement, il n'est plus permis de mettre des déchets combustibles en décharge. On ne doit toutefois pas s'attendre à ce que les quantités incinérées augmentent encore. On part donc de l'hypothèse que les quantités de CO<sub>2</sub> émises par l'incinération des déchets resteront constantes à l'avenir.

Tab. 8: Émissions de CO<sub>2</sub> (millions de tonnes) dues à l'incinération des déchets

	1990	2000	2010
<b>CO<sub>2</sub> issu de l'incinération des déchets</b>	<b>1,84</b>	<b>2,08</b>	<b>2,09</b>

### 1.2.3 Autres sources de CO<sub>2</sub>

L'industrie de l'acier et l'industrie chimique émettent également du CO<sub>2</sub>. Ce chapitre inclut en outre les émissions des raffineries. La hausse constatée entre 1990 et 2000 peut d'ailleurs principalement être attribuée à une consommation propre plus élevée dans les raffineries. Les émissions industrielles ne devraient croître que légèrement à l'avenir. Les capacités des raffineries ne devraient pas augmenter.

Tab. 9: Autres émissions de CO<sub>2</sub> (millions de tonnes)

	1990	2000	2010
<b>Émissions de CO<sub>2</sub> provenant d'autres sources</b>	<b>0,72</b>	<b>0,85</b>	<b>0,89</b>

## 2. Méthane (CH<sub>4</sub>)

Les émissions de méthane sont liées avant tout à l'agriculture, aux décharges et, dans une faible mesure, à la combustion et à la distribution d'agents énergétiques fossiles.

### 2.1 Agriculture

L'élevage bovin est responsable de plus de 90 % des émissions de méthane de l'agriculture. C'est donc principalement l'évolution des effectifs de bovins qui déterminera les futures émissions de méthane. Le scénario de référence est repris du rapport de l'OFEFP (1998) « Methan-Emissionen der schweizerischen Landwirtschaft » (Émissions de méthane de l'agriculture suisse), avec un calibrage basé sur les valeurs effectives de l'année 2003. L'évolution constatée est due à une nouvelle diminution du nombre de bovins, qui ne sera cependant pas aussi marquée qu'entre 1990 et 2000. Le recul des effectifs de bovins entre 2000 et 2003 confirme cette hypothèse.

Tab. 10: Émissions de méthane de l'agriculture (millions de tonnes de CO<sub>2eq</sub>)

	1990	2000	2010
<b>Méthane émis par l'agriculture</b>	<b>3,22</b>	<b>2,93</b>	<b>2,86</b>

Analyses de sensibilité:

Si l'on part de l'hypothèse que l'effectif de bovins reste constant entre 2000 et 2010, les émissions de méthane augmentent d'un peu moins de 0,1 million de tonnes de CO<sub>2eq</sub> par rapport au scénario de référence.

Si l'on suppose un recul de 10 % du nombre de bovins, entre 2000 et 2010, les émissions de méthane reculent de 0,2 million de tonnes de CO<sub>2eq</sub> par rapport au scénario de référence.

### 2.2 Déchets

Les décharges sont des sources importantes de méthane. En revanche, si l'on incinère les déchets, les émissions de méthane sont quasiment nulles (mais c'est du CO<sub>2</sub> qui est émis). L'interdiction de mettre en décharge les déchets urbains, les boues d'épuration et d'autres déchets combustibles – en vigueur en Suisse depuis 2000 – va en grande partie supprimer la mise en décharge de déchets organiques. Mais il convient de préciser que les décharges existantes continueront à produire du méthane, dans des quantités chaque année moins importantes. Les processus d'émission du méthane par les décharges sont illustrés dans un « modèle des décharges » de l'OFEFP (division Air, RNI, sécurité). Ce modèle a été complètement renouvelé en 2004 sur la base des consignes du GIEC. C'est lui qui a fourni les données nécessaires pour prévoir l'évolution présentée dans le tableau 11. En raison de l'interdiction de la mise en décharge, on peut s'attendre à un net recul des émissions de méthane dans ce domaine.

Tab. 11: Émissions de méthane des décharges (millions de tonnes de CO<sub>2eq</sub>), y compris de petites quantités issues d'autres formes de valorisation des déchets

	1990	2000	2010
<b>Méthane des décharges</b>	<b>0,74</b>	<b>0,44</b>	<b>0,24</b>

## 2.3 Autres sources de méthane

Du méthane est émis en petites quantités lors de la combustion d'agents énergétiques fossiles, dans le cadre de la distribution du gaz naturel, ainsi qu'en lien avec certains procédés industriels. Entre 1990 et 2000, les pertes de gaz naturel sur le réseau suisse de distribution ont légèrement reculé, et cette évolution devrait se poursuivre. Dans le domaine des transports, on s'attend également à une diminution en raison de l'amélioration de la technologie des catalyseurs. Une légère hausse est par contre attendue en ce qui concerne les émissions provenant des processus de combustion et des procédés industriels. Dans l'ensemble, l'évolution prévue est celle présentée dans le tableau 12.

Tab. 12: Émissions de méthane d'autres sources (millions de tonnes de CO<sub>2eq</sub>)

	1990	2000	2010
<b>Méthane provenant d'autres sources</b>	<b>0,48</b>	<b>0,37</b>	<b>0,35</b>

### 3. Oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O)

Les sols auxquels on apporte des engrais émettent de grandes quantités d'oxyde nitreux (aussi appelé protoxyde d'azote). Mais celui-ci a également d'autres sources: catalyseurs de voitures, valorisation des déchets ainsi que procédés industriels.

#### 3.1 Agriculture

Les émissions d'oxyde nitreux d'origine agricole sont dues à l'utilisation d'engrais minéraux, à l'utilisation et au stockage d'engrais de ferme et – indirectement – aux cours d'eau dont la teneur en azote est excessive. Elles dépendent essentiellement du nombre d'animaux et de la quantité d'engrais minéraux utilisée. Jusqu'à la fin des années 1990, c'est en particulier l'utilisation d'engrais minéraux qui a fortement reculé. Depuis lors, on constate une stabilisation. On peut s'attendre à ce que la Politique agricole 2011 incite à une nouvelle réduction. L'utilisation d'engrais de ferme devrait quant à elle décroître en raison de la diminution du nombre d'animaux. Le recours à de nouvelles techniques d'entreposage et d'épandage devrait aussi réduire légèrement les émissions.

Le scénario de référence est repris du rapport de la FAL (2000), avec un calibrage basé sur les valeurs effectives de l'année 2003.

Tab. 13: Émissions d'oxyde nitreux provenant des sols agricoles (millions de tonnes de CO<sub>2eq</sub>)

	1990	2000	2010
<b>Oxyde nitreux provenant de l'agriculture</b>	<b>2,86</b>	<b>2,57</b>	<b>2,35</b>

#### 3.2 Transports

L'introduction du catalyseur pour les voitures de tourisme a augmenté les émissions d'oxyde nitreux des véhicules à moteur. Les nouvelles technologies sont toutefois beaucoup plus efficaces, si bien que le N<sub>2</sub>O émis est moindre. Ces prochaines années, on peut donc prévoir un recul de ces émissions. Les valeurs présentées dans le tableau 14 proviennent du modèle de trafic utilisé pour calculer les émissions de polluants atmosphériques (OFEFP 2004, complété avec les émissions off-road).

Tab. 14: Émissions d'oxyde nitreux des transports (millions de tonnes de CO<sub>2eq</sub>)

	1990	2000	2010
<b>Oxyde nitreux provenant des transports</b>	<b>0,10</b>	<b>0,19</b>	<b>0,09</b>

#### 3.3 Autres sources d'oxyde nitreux

Un grand nombre de sources émettent de petites quantités d'oxyde nitreux: incinération des déchets, procédés industriels, combustion d'énergie fossile, stations d'épuration des eaux, produits domestiques, etc.. On suppose que ces émissions augmenteront légèrement jusqu'en 2010, mais pas autant qu'entre 1990 et 2000.

Tab. 15: Émissions d'oxyde nitreux provenant d'autres sources (millions de tonnes de CO<sub>2eq</sub>)

	1990	2000	2010
<b>Oxyde nitreux provenant d'autres sources</b>	<b>0,39</b>	<b>0,43</b>	<b>0,45</b>

## 4. Gaz synthétiques

Le Protocole de Kyoto mentionne les groupes des HFC (hydrofluorocarbones) et des PFC (hydrocarbures perfluorés) ainsi que l'hexafluorure de soufre (SF<sub>6</sub>) parmi les gaz ayant un effet sur le climat. Le grand groupe des chlorofluorocarbones (CFC, HCFC), qui sont aussi des gaz synthétiques influençant fortement le climat, n'est pas concerné par le Protocole de Kyoto, parce que ces gaz sont déjà réglementés par le Protocole de Montréal.

### 4.1 HFC

Les HFC remplacent les CFC et les HCFC – qui ont été en bonne partie interdits – dans des applications très diverses (fluides frigorigènes, produits employés pour le gonflement de la mousse, gaz propulseurs). L'inventaire des gaz à effet de serre doit en présenter les émissions actuelles dues à la consommation, aux fuites, aux dégazages, etc. Comme on n'utilisait pratiquement pas de HFC en 1990 et que leur consommation n'a commencé à augmenter qu'avec l'interdiction des chlorofluorocarbones, on constate une forte croissance entre 1990 et 2000. À l'avenir, on peut toutefois s'attendre à une croissance réduite, grâce à l'entrée en vigueur, en 2003, de la modification de l'ordonnance sur les substances. La prévision pour 2010 se fonde sur des modèles de calcul (voir Carbotech 2005). Comme l'évolution des technologies visant à remplacer ces substances peut difficilement être prédite, le chiffre retenu pour 2010 est passablement incertain (jusqu'à ± 50 %).

Tab. 16: Émissions de HFC (millions de tonnes de CO<sub>2eq</sub>)

	1990	2000	2010
<b>Émissions de HFC</b>	<b>0,00</b>	<b>0,41</b>	<b>0,73</b>

### 4.2 PFC

Les PFC sont issus de la production d'aluminium et sont aussi utilisés comme produits de nettoyage dans le cadre de la fabrication de semi-conducteurs. Contrairement aux HFC, les PFC ont enregistré un léger recul de leurs émissions entre 1990 et 2000, en raison de l'évolution de la production d'aluminium. On ne s'attend pas à de grands changements dans l'utilisation des PFC (prévisions de Carbotech 2005).

Tab. 17: Émissions de PFC (millions de tonnes de CO<sub>2eq</sub>)

	1990	2000	2010
<b>Émissions de PFC</b>	<b>0,10</b>	<b>0,07</b>	<b>0,10</b>

### 4.3 SF<sub>6</sub>

Le SF<sub>6</sub> est employé en grandes quantités dans les installations à haute tension. Il provient également de la production d'aluminium et de magnésium. On s'attend à ce que ses émissions restent constantes dans le domaine des installations à haute tension et à ce qu'elles diminuent dans la production d'aluminium et de magnésium (prévisions de Carbotech 2005).

Tab. 18: Émissions de SF<sub>6</sub> (millions de tonnes de CO<sub>2eq</sub>)

	1990	2000	2010
<b>Émissions de SF<sub>6</sub></b>	<b>0,18</b>	<b>0,20</b>	<b>0,16</b>

## 5. Ensemble des gaz à effet de serre au sens du Protocole de Kyoto

### 5.1 Scénario de référence

En partant des chiffres mentionnés précédemment, on obtient la vue d'ensemble ci-dessous en ce qui concerne l'évolution des différents gaz ainsi que de l'ensemble des gaz à effet de serre entre 1990 et 2010 (Tableaux 19 et 20). L'évolution présentée est celle qui apparaît la plus probable (scénario de référence).

Tab. 19: Émissions de gaz à effet de serre au sens du Protocole de Kyoto  
(valeurs absolues en millions de tonnes de CO<sub>2eq</sub>)

	1990	2000	2010 <sup>1)</sup>
Dioxyde de carbone	44,37	43,66	43,45
dont combustibles (sans correction en fonction du climat)	23,83	22,18	22,11
carburants	15,46	16,86	16,69
autres (CO <sub>2</sub> non énergétique)	5,08	4,62	4,65
Méthane	4,45	3,74	3,45
Oxyde nitreux	3,34	3,19	2,88
Gaz synthétiques	0,28	0,67	0,99
<b>Total</b>	<b>52,45</b>	<b>51,26</b>	<b>50,77</b>
<b>Objectif selon le Protocole de Kyoto</b>			<b>48,25</b>

<sup>1)</sup> Seules les mesures mises en œuvre avant la fin 2004 sont prises en compte.

Tab. 20: Émissions de gaz à effet de serre au sens du Protocole de Kyoto  
(évolution relative, 1990 = 100 %)

	1990	2000	2010 <sup>1)</sup>
Dioxyde de carbone		98,4 %	97,9 %
dont combustibles (sans correction en fonction du climat)		93,1 %	92,8 %
carburants		109,0 %	107,9 %
autres	100 %	91,0 %	91,5 %
Méthane		84,1 %	77,5 %
Oxyde nitreux		95,3 %	86,3 %
Gaz synthétiques		241 %	354 %
<b>Total</b>	<b>100 %</b>	<b>97,7 %</b>	<b>96,8 %</b>

<sup>1)</sup> Seules les mesures mises en œuvre avant la fin 2004 sont prises en compte.

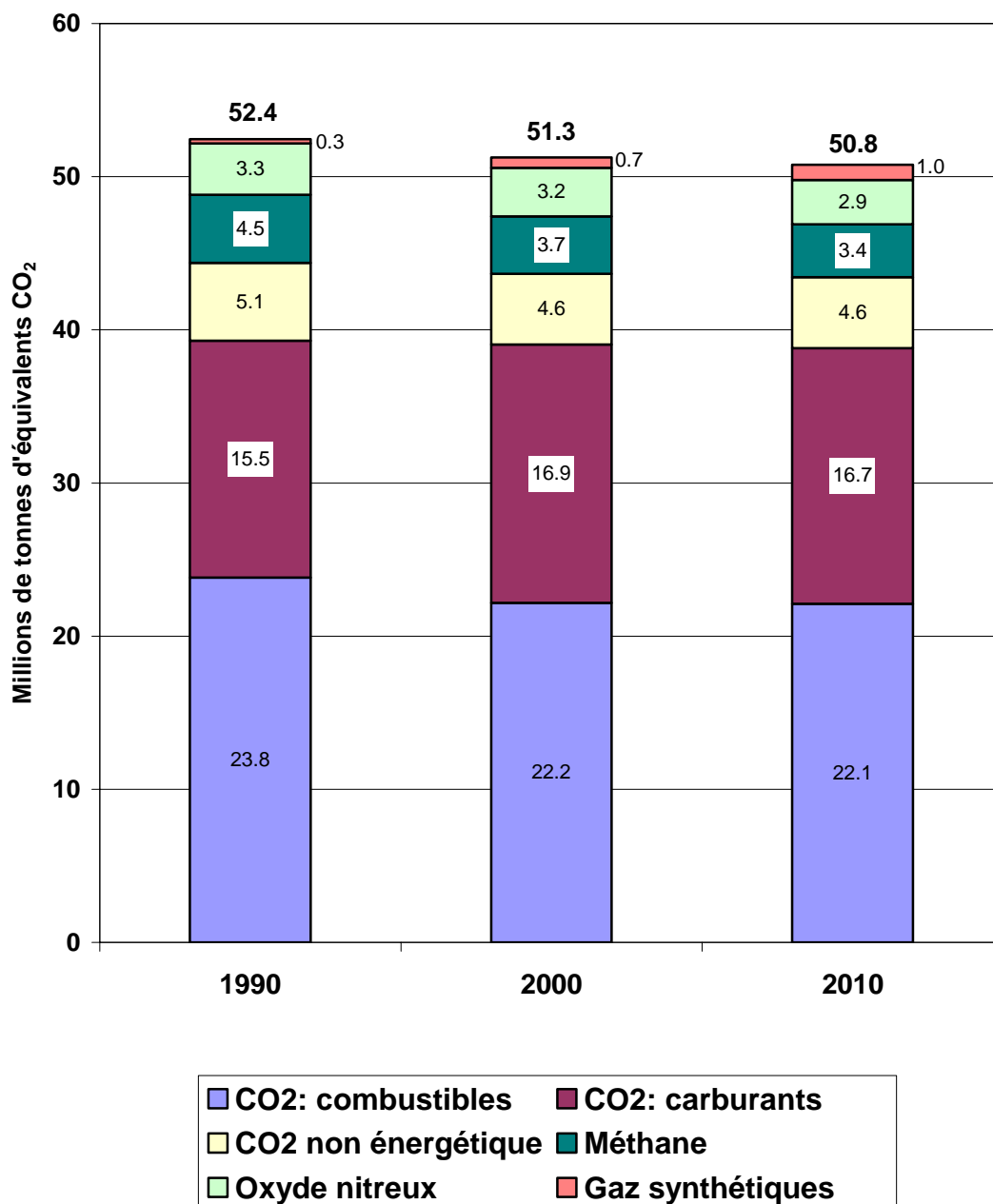


Figure 1: Scénario de référence pour l'évolution des émissions de gaz à effet de serre au sens du Protocole de Kyoto entre 1990 et 2010, en millions de tonnes d'équivalents CO<sub>2</sub>.

## 5.2 Écart par rapport à l'objectif

Dans le cadre du Protocole de Kyoto, la Suisse doit réduire ses émissions de gaz à effet de serre de 8 % par rapport à 1990 pendant la première période d'engagement (2008 à 2012). Selon le scénario de référence, 50,77 millions de tonnes de CO<sub>2eq</sub> seront émis chaque année en Suisse durant cette période, alors que l'objectif fixé dans le Protocole de Kyoto est de 48,25 millions de tonnes. L'écart par rapport à l'objectif est ainsi de 2,5 millions de tonnes de CO<sub>2eq</sub> (Tableau 21).

Tab. 21: Écart par rapport à l'objectif selon le Protocole de Kyoto pour la première période d'engagement de 2008 à 2012 (en millions de tonnes de CO<sub>2eq</sub>)

	2010 <sup>1)</sup>
<b>Émissions totales de gaz à effet de serre (scénario de référence)</b>	<b>50,77</b>
<b>Objectif selon le Protocole de Kyoto (92 % de 1990)</b>	<b>48,25</b>
<b>Écart par rapport à l'objectif</b>	<b>2,52</b>

<sup>1)</sup> Seules les mesures mises en œuvre avant la fin 2004 sont prises en compte. L'année 2010 est utilisée ici pour représenter l'ensemble de la période 2008 à 2012.

La mise en œuvre de l'arrêté du Conseil fédéral du 23 mars 2005 ainsi que d'autres mesures planifiées permettent de combler l'écart par rapport à l'objectif.

## 5.3 Analyses de sensibilité

Le scénario de référence présenté dans ce rapport repose sur un grand nombre d'hypothèses portant sur différents facteurs: modifications du cadre économique et démographique, évolution de la politique énergétique, développement technique, comportement des consommateurs d'énergie, conditions climatiques durant la période d'engagement. Ces hypothèses présentent forcément des incertitudes plus ou moins importantes. Les analyses de sensibilité permettent de savoir quelle serait l'évolution si les conditions générales étaient différentes de celles admises pour le scénario de référence.

Le but des analyses de sensibilité est de déterminer une marge à l'intérieur de laquelle les émissions suisses de gaz à effet de serre devraient évoluer jusqu'à la période 2008-2012.

L'analyse tient compte des effets suivants:

- influence de l'évolution des principaux indicateurs économiques sur les émissions de CO<sub>2</sub> énergétique selon Prognos 2004 (Tableau 6);
- influence des températures hivernales pendant la première période d'engagement de 2008 à 2012 (Tableau 4);
- influence de l'évolution des effectifs de bovins sur les émissions de méthane de l'agriculture;
- influence de l'évolution des émissions de HFC.

La sensibilité de l'évolution des gaz à effet de serre en Suisse telle qu'elle est présentée dans le tableau 22 résulte de la combinaison de tous ces effets (en supposant qu'ils s'additionnent). La marge à l'intérieur de laquelle se situent les résultats correspond à environ  $\pm 4\%$  de l'ensemble des gaz à effet de serre.

Il convient de souligner que les scénarios qui sont proches des limites extérieures de la marge d'évolution sont relativement peu probables, mais restent possibles. Pour la planification et la mise en œuvre de mesures, c'est le scénario le plus probable qui doit être pris en compte.

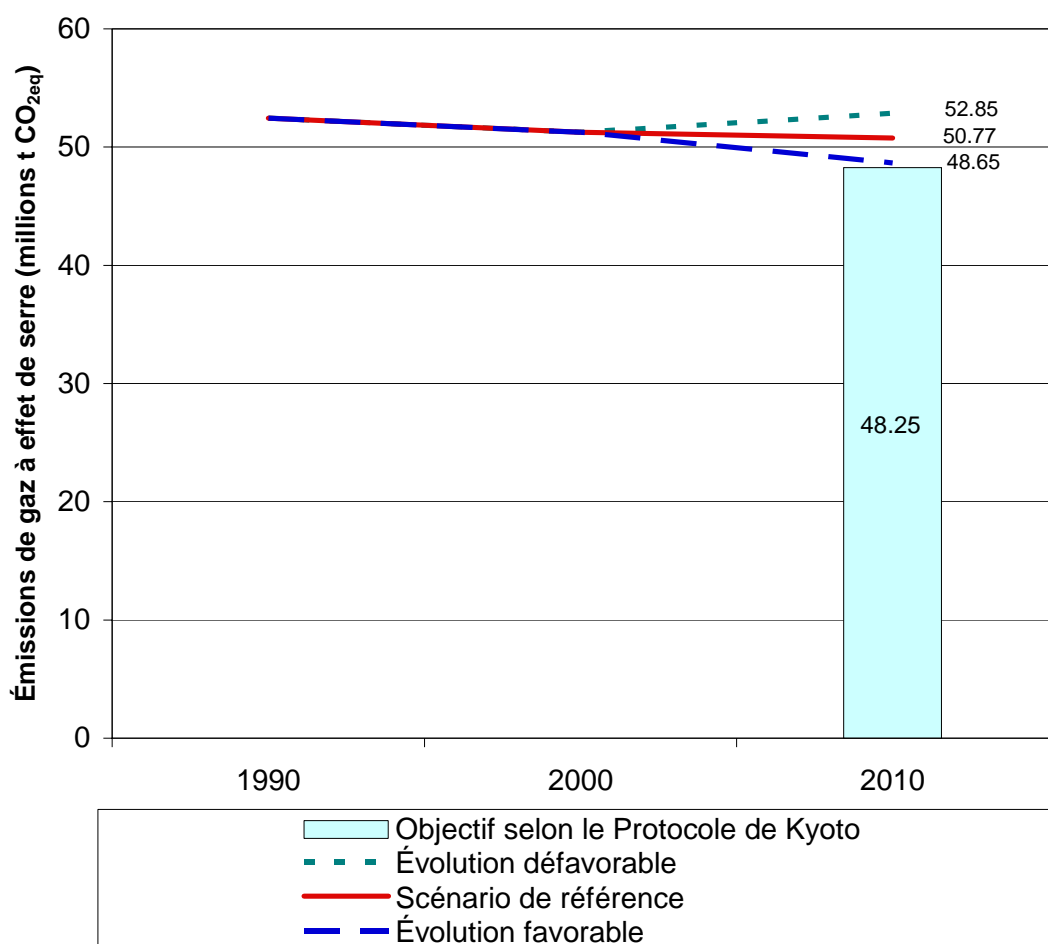
Si les émissions évoluent moins favorablement, l'écart par rapport à l'objectif s'accroît. Il est alors nécessaire à la Suisse d'acheter des certificats étrangers.

Dans une situation favorable, les émissions sont inférieures à ce que prévoit l'objectif de Kyoto et des droits d'émission (« assigned amount units ») peuvent être reportés sur la période d'engagement suivante ou vendus sur le marché international.

Tab. 22: Gaz à effet de serre: sensibilité à l'évolution des conditions générales

Sensibilité	Écart des émissions de gaz à effet de serre en 2008-2012 par rapport au scénario de référence (millions de tonnes)
<p>Combinaison « défavorable »</p> <p>Croissance de l'économie et des transports plus élevée, ainsi qu'augmentation plus forte de la surface chauffée, prix de l'énergie plus bas, hivers froids en 2008-2012 (nombre de degrés-jours unifiés de chauffage = 3588), aucune diminution des effectifs de bovins, croissance plus élevée des HFC</p>	+ 2,08
<p>Combinaison « favorable »</p> <p>Croissance de l'économie et des transports plus faible, ainsi qu'augmentation réduite de la surface chauffée, prix de l'énergie plus élevés, hivers doux en 2008-2012 (nombre de degrés-jours unifiés de chauffage = 3343), nouvelle réduction marquée des effectifs de bovins, croissance plus faible des HFC (substitution accrue grâce à l'évolution technologique)</p>	- 2,12

Figure 2: Sensibilité de l'évolution des gaz à effet de serre



## Bibliographie

- Carbotech (2005): Swiss Greenhouse Gas Inventory 2003: PFCs, HFCs and SF6 Emissions. Rapport interne destiné à l'OFEFP.
- DETEC (2004): Mesures requises pour atteindre les objectifs de réduction des émissions fixés dans la loi sur le CO<sub>2</sub>. Consultation portant sur quatre variantes, 20 octobre 2004.  
(<http://www.environnement-suisse.ch/imperia/md/content/buwalcontent/folder/04-10-20co2/vernehmlassungsbericht.pdf>)
- FAL (2000) - Schmid M., Neftel A., Fuhrer J.: Lachgasemissionen aus der Schweizer Landwirtschaft. Les Cahiers de la FAL n° 33.
- FAL (2003) - Leifeld J., Bassin S., Fuhrer J.: Carbon stocks and carbon sequestration potentials in agricultural soils in Switzerland. Les Cahiers de la FAL n° 44.
- Infras (2003): CO<sub>2</sub>-Abgabe / Klimarappen bei Treibstoffen. (Carburants: la taxe sur le CO<sub>2</sub> et le « centime climatique » – en allemand avec résumé en français )  
(<http://www.environnement-suisse.ch/imperia/md/content/oekonomie/klima/politik/38.pdf>)
- OFEFP (1998): Methan-Emissionen der schweizerischen Landwirtschaft. Cahier de l'environnement n° 298.
- OFEFP (2004): Émissions polluantes du trafic routier de 1980 à 2030. Cahier de l'environnement n° 355.
- Prognos (2002): Standortbestimmung CO<sub>2</sub>-Gesetz. CO<sub>2</sub>-Perspektiven und Sensitivitäten. Stand: Oktober 2002, Basel. (Loi sur le CO<sub>2</sub>. Le point de la situation – en allemand avec résumé en français)  
(<http://www.environnement-suisse.ch/imperia/md/content/oekonomie/klima/fakten/31.pdf>)
- Prognos (2003): CO<sub>2</sub>-Abgabe bei Brennstoffen, Basel, Mai 2003. (Taxe sur le CO<sub>2</sub>: combustibles – en allemand avec résumé en français.)  
(<http://www.environnement-suisse.ch/imperia/md/content/oekonomie/klima/politik/40.pdf>)
- Prognos (2004): Aufdatierung der Standortbestimmung CO<sub>2</sub>-Gesetz. CO<sub>2</sub>-Perspektiven und Sensitivitäten. Stand: März 2004, Basel. (Loi sur le CO<sub>2</sub>. Le point de la situation: mise à jour – en allemand avec résumé en français)  
(<http://www.environnement-suisse.ch/imperia/md/content/oekonomie/klima/fakten/33.pdf>)
- Prognos (2005): Energieperspektiven 2035, Bundesratsvarianten zur Umsetzung des CO<sub>2</sub>-Gesetzes. Arbeitspapier zu Modellrechnungen auf der Basis der neuen Referenzentwicklung der Energieperspektiven des BfE. März 2005  
(<http://www.energie-suisse.ch/imperia/md/content/statistikperspektiven/31.pdf>)