

Etat de l'Environnement wallon

Etudes - Expertises

Les changements climatiques

Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l'élaboration du
Rapport analytique 2006-2007 sur l'état de l'environnement wallon

Ce Rapport est réalisé sous la responsabilité exclusive de son auteur et n'engage pas la Région wallonne

GUNS André
PERRIN Dominique

Cellule Air/DPA
DGRNE

Décembre 2005

André Guns est Ingénieur agronome (ULB), DEA en Sc. agronomiques (FSAGx). Il est Attaché à la Cellule Air de la DGRNE et chargé de l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre de la Région wallonne et de divers autres aspects de la mise en oeuvre du Protocole de Kyoto.

Dominique Perrin est Ingénieur agronome, Docteur en Environnement et Collaborateur scientifique à la Faculté universitaire des Sciences agronomiques de Gembloux. Il est en charge de la coordination des politiques et mesures pour réduire les émissions de gaz à effet de serre et s'adapter aux changements climatiques.

Erreur ! Signet non défini.

1. LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES.....	4
1.1. L'EFFET DE SERRE.....	4
1.2. CHANGEMENTS CLIMATIQUES OBSERVES.....	7
1.3. CE QUI EST PROJETE POUR LE 21E SIECLE.....	10
2. LA CAUSE : LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE	11
2.1. LA RESPONSABILITE HUMAINE.....	11
2.2. ÉMISSIONS MONDIALES DE GAZ A EFFET DE SERRE.....	13
2.3. ÉMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE EN REGION WALLONNE.....	15
2.3.1. Répartition des émissions.....	15
2.3.2. Évolution des émissions totales de GES.....	16
2.3.3. Le passage du charbon au gaz naturel dans les centrales électriques.....	19
2.3.4. Les causes de la diminution des émissions de l'industrie.....	20
2.3.5. Le potentiel de réduction dans le secteur résidentiel.....	23
2.3.6. Le développement du secteur tertiaire.....	24
2.3.7. La croissance continue du transport routier.....	25
2.3.8. La diminution des émissions de l'agriculture.....	26
2.3.9. Les forêts permettent actuellement de stocker le carbone.....	27
2.3.10. La valorisation du méthane produit par les déchets.....	29
3. CONSÉQUENCES EN RÉGION WALLONNE	30
3.1. CLIMAT EN REGION WALLONNE AU 21E SIECLE.....	30
3.2. AUGMENTATION DES VAGUES DE CHALEUR ET DES INONDATIONS.....	31
3.3. MUTATION ANNONCEE DE L'AGRICULTURE ET DES ECOSYSTEMES.....	31
3.4. EFFETS SUR LA SANTE HUMAINE.....	32
4. LES RÉPONSES.....	33
4.1. REPONSE INTERNATIONALE.....	33
4.1.1. Engagement à court terme : Le Protocole de Kyoto.....	33
4.1.2. La nécessité d'objectifs à long terme plus ambitieux.....	34
4.2. VERS PLUS D'ACTIONS CONCRETES EN REGION WALLONNE.....	35
4.3. LA REGION WALLONNE DOIT S'ADAPTER AU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	37
ENJEUX ET PERSPECTIVES	38
REFERENCES.....	40

Leurs effets devenant perceptibles pour une proportion croissante de l'humanité, les changements climatiques dus aux émissions massives de gaz à effet de serre deviennent au fil des ans une préoccupation centrale en matière d'environnement. Phénomène mondial, les changements climatiques auront des conséquences majeures sur les écosystèmes et la biodiversité, l'accès à l'eau, l'agriculture, l'urbanisme et les zones habitables, l'économie, et bien d'autres activités humaines. Ce phénomène concerne aussi la Région wallonne, qui s'est engagée à des réductions de ses émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du Protocole de Kyoto.

Après une présentation générale du phénomène et de ses conséquences, ce chapitre analyse la situation en Région wallonne, en termes d'émissions, de mesures de réduction des émissions et d'adaptation aux changements climatiques.

1. Les changements climatiques

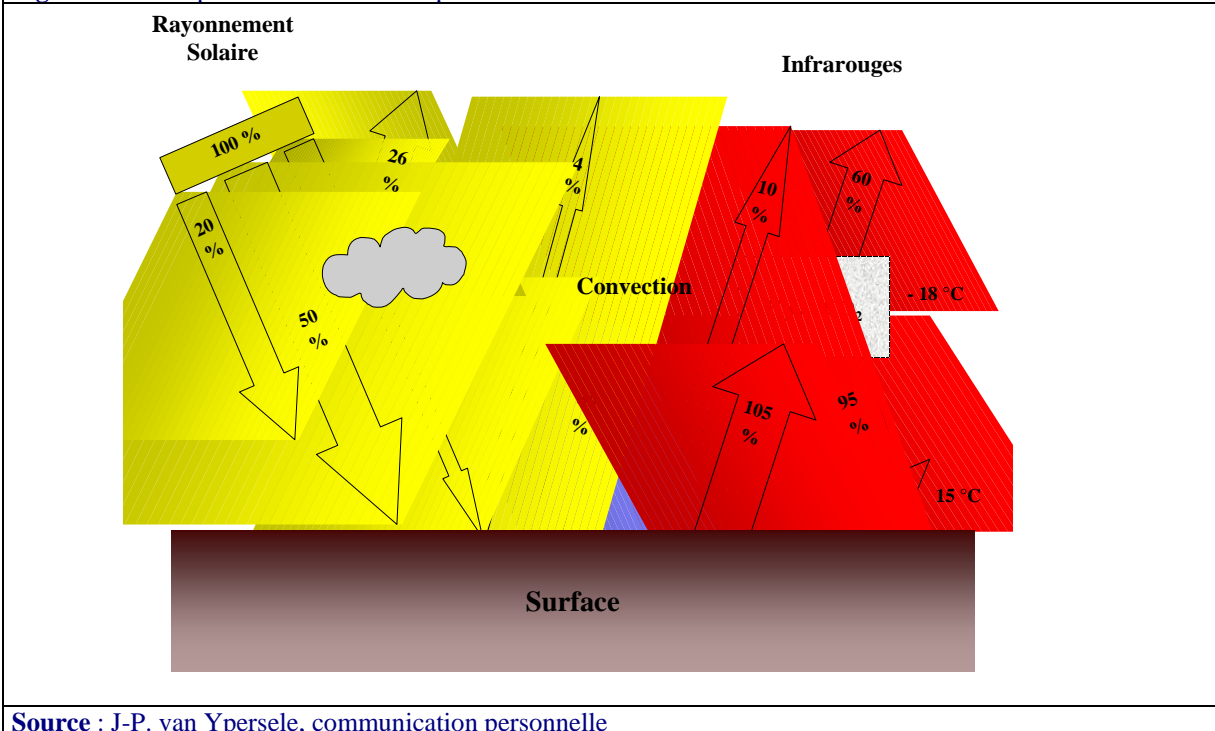
1.1. L'effet de serre

En moyenne, environ la moitié du rayonnement solaire reçu en haute atmosphère arrive effectivement au niveau du sol. Par la suite, ce rayonnement converti en chaleur est en majorité émis vers l'atmosphère sous forme de rayonnement infrarouge thermique. Cependant l'atmosphère retient une grande partie de ce rayonnement et émet à son tour ce même type de rayonnement vers le sol et vers l'espace. Ce phénomène constitue l'effet de serre [→ Fig AIR 1-1].

Encart :

- Les références complètes utilisées dans ce chapitre se trouvent dans le dossier scientifique disponible sur internet.

Fig AIR 1-1 : Représentation schématique de l'effet de serre



Source : J-P. van Ypersele, communication personnelle

Depuis longtemps, l'effet de serre existe de manière naturelle et contribue aux climats terrestres. Il est lié à la présence dans l'atmosphère de nuages, de particules solides, de vapeur d'eau et d'autres gaz (principalement le dioxyde de carbone, le méthane, le protoxyde d'azote et l'ozone)ⁱ. Les gaz qui absorbent le rayonnement infrarouge avant de le restituer vers la surface, sont appelés gaz à effet de serre (GES). Grâce à ces GES, la température moyenne sur la terre est d'environ +15 °C au lieu de -17 °C en l'absence d'effet de serre gazeux. Les activités humaines provoquent des émissions supplémentaires de GES, responsables d'un effet de serre additionnelⁱⁱ. Ce sont ces émissions anthropiques qui sont discutées dans le présent chapitre.

Encart : Gaz à effet de serre, forçage radiatif et CO₂-équivalent

Les **gaz à effet de serre** (GES) les plus importants sont la vapeur d'eau (H₂O), le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) et le protoxyde d'azote (N₂O). Les émissions de vapeur d'eau sont essentiellement naturelles et font partie intégrante du système climatique, elles ne sont donc pas concernées par le Protocole de Kyoto qui prend en compte le CO₂, le CH₄, le N₂O et trois types de gaz fluorés : les hydrofluorocarbones (HFC), les perfluorocarbones (PFC) et l'hexafluorure de soufre (SF₆). Il existe d'autres GES qui n'ont pas été retenus par le Protocole de Kyoto, notamment parce qu'ils étaient déjà sous le couvert d'autres protocoles (par exemple le Protocole de Montréal pour d'autres substances halogénées)... (voir AIR 2).

Le **forçage radiatif** est une mesure de l'influence d'un facteur sur le bilan thermique du système sol-atmosphère (il est exprimé en W/m²). Il quantifie l'importance du facteur en question comme mécanisme potentiel des changements climatiques. Un forçage positif a tendance à réchauffer la surface de la planète ; c'est par exemple le cas lorsque la concentration d'un GES augmente (GIEC, 2001).

Le **Potentiel de Réchauffement Global** (PRG) est un indice servant à évaluer la contribution relative au réchauffement de la planète d'une émission dans l'atmosphère d'un kilogramme d'un gaz à effet de serre particulier,

par comparaison avec l'émission d'un kilogramme de dioxyde de carbone, compte tenu de leurs durées de vie et de leurs pouvoirs radiatifs respectifs. Par exemple, pour un horizon de temps de 100 ans, le méthane a un PRG de 21, ce qui signifie qu'un kilogramme de méthane provoque le même effet de serre que 21 kg de CO₂. Des valeurs révisées, dont les ordres de grandeur sont comparables à celles données dans le tableau 1, ont été approuvées par le GIEC. Les valeurs reprises ici sont celles qui seront d'application jusque 2012 dans le cadre de la mise en oeuvre du Protocole de Kyoto. Elles servent notamment à exprimer les émissions de GES en poids de **CO₂-équivalent** (éq CO₂) pour permettre de sommer les émissions des différents GES.

Tableau AIR 1-1 : Potentiel de Réchauffement Global des gaz à effet de serre

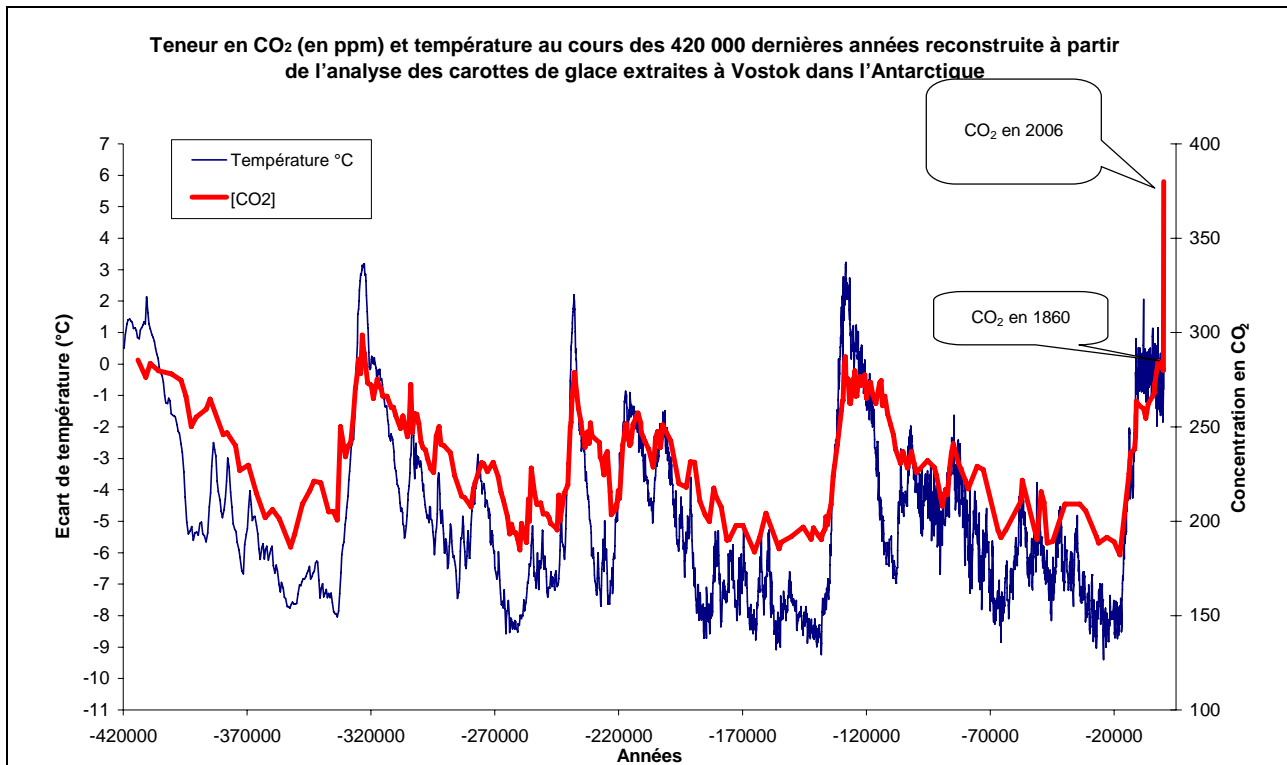
Gaz à effet de serre	Durée de vie dans l'atmosphère	Potentiel de Réchauffement Global (horizon de 100 ans)
CO ₂ (dioxyde de carbone)	100 – 150 ans	1
CH ₄ (méthane)	12 ans	21
N ₂ O (protoxyde d'azote)	114 ans	310
Gaz fluorés (HFC, PFC, SF ₆)	Quelques mois à 50 000 ans	500-23 900

Source : GIEC, 2001.

L'effet de serre naturel a été fortement amplifié depuis le début de l'ère industrielle (milieu du 19e siècle). L'usage croissant de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) lié au développement industriel et technologique a en particulier entraîné une augmentation de 36 % du CO₂ dans l'atmosphère. Sa concentration actuelle (380 ppmvⁱⁱⁱ en 2006, soit 0,038 % en volume) n'avait encore jamais été atteinte au cours des 420 000 dernières années et probablement pas non plus au cours des 20 millions d'années précédentes (GIEC, 2001).

Sous-article : Température et CO₂ durant les périodes glaciaires

Il est possible de reconstituer l'évolution des températures et de la concentration en CO₂ depuis 420 000 ans grâce à des forages dans les glaces de l'Antarctique. La concentration en CO₂ était de l'ordre de 190 ppmv durant les périodes glaciaires et de 280 ppmv pendant les périodes chaudes interglaciaires. Durant l'interglaciaire dans lequel nous nous trouvons, la concentration du CO₂ a augmenté de 280 ppmv avant l'ère industrielle à 380 ppmv actuellement. A la fin de la dernière période glaciaire, il y a 20 000 ans environ, la température moyenne planétaire était de 5°C inférieure à la température actuelle (écart 0 = température des années 1990-2000), le niveau de la mer était plus bas de 120 m et des glaciers de plusieurs milliers de mètres d'épaisseur couvraient le nord de l'Europe et de l'Amérique.



Source : Petit et al., 2000^{iv} .

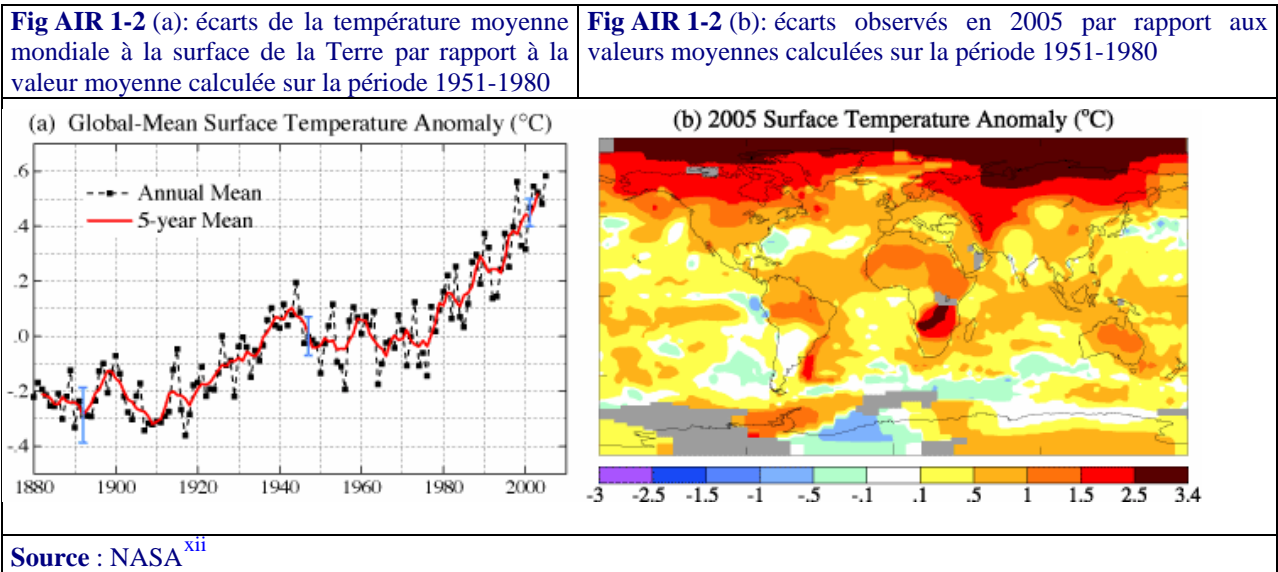
La concentration de CO₂ dans l'atmosphère a varié durant les 420 000 dernières années, avec une amplitude de l'ordre de 90 ppmv. Le rythme des variations du climat (essentiellement liées au changement de la forme de l'orbite terrestre et de la position de la terre sur celle-ci) était de quelques degrés en 5 000 à 10 000 ans^v. En l'absence de politique mondiale de protection du climat, le GIEC projette une fourchette de concentrations de CO₂ de 540 à 970 ppm à l'horizon 2100.

En 2006, la concentration de CO₂ est de 380 ppmv. Cette augmentation spectaculaire entre le début de la révolution industrielle et l'époque actuelle (soit en moins de 200 ans) est de même amplitude que les différences de concentration observées entre les périodes glaciaires et les périodes interglaciaires au cours des 420 000 dernières années (soit en 100 000 ans environ). Les modèles de simulation actuels projettent^{vi} à l'horizon 2100 des concentrations de 540 à 970 ppmv en l'absence d'un scénario de politique de protection du climat (GIEC, 2001). Le rythme et l'ampleur de cette perturbation sont donc sans commune mesure avec les évolutions naturelles mesurées dans les glaces par le passé. L'inertie du système climatique (réchauffement progressif des océans, fonte lente des glaciers...) et sa complexité (rétroactions^{vii} positives et négatives, qui accélèrent ou ralentissent l'évolution des températures) font qu'un nouvel équilibre entre concentration de CO₂ et température ne sera pas atteint avant plusieurs siècles, même dans l'hypothèse d'une stabilisation des émissions (GIEC, 2001).

1.2. Changements climatiques observés

Les observations effectuées dans le monde entier mettent en évidence une augmentation de la température moyenne à la surface du globe. En 2001, le GIEC écrivait "La température moyenne à la surface du globe a augmenté de 0,6 °C depuis la fin du 19e siècle". En 2005, l'augmentation observée est de 0,7° C par rapport à cette même période^{viii}. En Europe, la température moyenne a augmenté de 0,95°C^{ix} au cours du 20e siècle.

Par ailleurs, selon les dernières mesures de la NASA, les 5^oannées les plus chaudes jamais observées, depuis que les températures sont mesurées, sont par ordre décroissant : 2005, 1998^x, 2002, 2003, 2004 [→ Fig AIR 1-2].^{xi} L'évolution des températures est très variable d'un point de vue géographique). [→ Fig AIR 1-2]. Par rapport à la période 1951-1980, on observe en 2005 des variations allant d'un réchauffement de plus de 3°C dans certaines zones arctiques à un refroidissement de -1°C dans quelques zones de l'hémisphère sud.



Encart : le GIEC

Le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat (GIEC ou IPCC en anglais^{xiii}) a été créé en 1988 par l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). Ce groupe qui associe plusieurs centaines de scientifiques a pour mandat d'évaluer, sans parti pris et de façon méthodique, claire et objective, les meilleures informations d'ordre scientifique, technique et socioéconomique dont on peut disposer à l'échelle du globe. Il publie des rapports d'évaluation, qui fournissent des informations scientifiques, techniques et socioéconomiques sur les changements climatiques, leurs causes, leurs incidences et les mesures qui pourraient être prises pour y faire face; des rapports spéciaux centrés sur une problématique (aviation, séquestration du CO₂...) et des rapports méthodologiques, qui décrivent les méthodologies d'inventaire des émissions nationales de gaz à effet de serre, utilisées par les Parties (pays signataires) à la CCNUCC (Convention Cadre de Nations Unies sur le Changement Climatique, UNFCCC en anglais). Le prochain rapport d'évaluation sera publié en 2007.

De nombreuses conséquences du réchauffement décrit ci-avant sont d'ores et déjà observables aux échelles mondiale ou continentale (GIEC, 2001). Elles sont détaillées dans les rapports du GIEC^{xiv}. Ces phénomènes étant difficiles à observer et à mesurer, le GIEC précise le degré de probabilité associé à ces changements (il est de 90 à 99 % pour ceux présentés ci-dessous) :

- hausse de 5 à 10 % des précipitations aux latitudes moyennes et hautes de l'hémisphère Nord depuis 1900 ;
- recul des glaciers de montagne durant le 20e siècle [→ Fig AIR 1-3]. Dans les Alpes, la perte représente 5 à 10 % de la masse totale de glace ;
- réduction de l'étendue de la couverture neigeuse au printemps dans l'hémisphère Nord : depuis 1987, l'étendue est inférieure de 10 % par rapport à la moyenne de 1966-1986 ;
- augmentation du niveau moyen des mers de 20 cm observé durant le 20e siècle.

L'évolution des précipitations est plus difficile à mettre en évidence. Il est probable^{xv} que les régions continentales situées entre 10°N et 30°N aient connu au 20e siècle une réduction moyenne des précipitations, alors que l'on observe généralement dans les régions situées au-delà de 30°N une augmentation moyenne des précipitations.

Parmi les changements observés, on peut aussi mentionner le dégel du pergélisol, le gel tardif et la dislocation précoce de la glace sur les rivières et les lacs, l'allongement de la période de végétation aux latitudes moyennes à élevées, la progression en altitude ou le déplacement vers les pôles des aires de distribution géographique d'un certain nombre d'espèces végétales et animales, la régression de certaines populations végétales et animales et la précocité de la floraison des arbres, de l'apparition des insectes et de la ponte des oiseaux.

Il apparaît de plus en plus clairement que certains systèmes sociaux et économiques ont subi les effets de l'accroissement récent de la fréquence des inondations et des sécheresses dans certaines zones [→ Fig AIR 1-4]. Cependant, ces systèmes sont également sensibles à l'évolution de facteurs socioéconomiques tels que les déplacements de populations ou les changements d'affectation des sols, et l'influence respective des facteurs climatiques et des facteurs socioéconomiques est généralement difficile à quantifier.

Fig AIR 1-3 : Glacier de l'Alaska Bay National Park (1941 ; 2001)



USGS / 1941



USGS / Bruce Molnia

Photo du glacier de l'Alaska Bay National Park montrant les changements du Riggs Glacier dans le Muir Inlet et la croissance de la végétation depuis 1941, quand le glacier avait 660 m d'épaisseur.

Source : U.S. Geological Survey, Bruce Molnia^{xvi}.

Fig AIR 1-4 : Assèchement de l'Amazonie en octobre 2005.



GREENPEACE



GREENPEACE

Le fleuve Amazone est réduit à un filet d'eau. Son lit exposé au soleil renforce les conditions de sécheresse. En juillet 2006, il y a eu des inondations dans le bassin amazonien.

Source : Copyright Greenpeace / Alberto Cesar Aroujo. Revente interdite

1.3. Ce qui est projeté pour le 21e siècle

Selon le GIEC (2001), "le réchauffement d'origine anthropique sera probablement de l'ordre de 0,1 à 0,2 °C sur dix ans au cours des prochaines décennies". Le réchauffement planétaire observé au cours des dernières décennies présente déjà une telle tendance.

En l'absence de politique mondiale de protection du climat, la température moyenne globale à la surface devrait augmenter d'une valeur comprise entre 1,4 à 5,8 °C, entre 1990 et 2100^{xvii} (GIEC, 2001). Pour simuler le comportement humain dans le futur, on a établi une gamme de 35

scénarios socio-économiques contrastés, allant d'un monde axé sur une croissance économique rapide avec une forte intensité d'utilisation des combustibles fossiles, à un monde où l'accent est mis sur le développement durable. Ces scénarios conduisent à une fourchette de concentrations de CO₂ de 540 à 970 ppm à l'horizon 2100, par rapport à 380 ppm en 2006.

Des changements climatiques mineurs peuvent avoir des effets bénéfiques pour certaines régions et certains secteurs, mais il est probable que ces effets diminuent avec l'augmentation des changements climatiques. Par contre, il est probable que l'ampleur et la gravité d'un grand nombre d'effets néfastes observés augmentent avec l'importance des changements climatiques. En ce qui concerne les projections à l'échelle régionale, les effets néfastes devraient prédominer pour une grande partie du monde (GIEC, 2001).

Selon des projections effectuées à l'aide de modèles ou déduites d'autres études, les répercussions les plus fâcheuses du changement climatique seront les suivantes (GIEC, 2001) :

- une réduction générale des rendements potentiels des cultures dans la plupart des régions tropicales et subtropicales pour la plupart des élévations projetées de la température ;
- une réduction générale, à quelques écarts près, des rendements potentiels des cultures dans la plupart des régions des latitudes moyennes pour une augmentation de la température moyenne annuelle de plus de quelques degrés Celsius ;
- une diminution des disponibilités en eau pour les populations de nombreuses régions, particulièrement dans les zones subtropicales ;
- une augmentation du nombre de personnes exposées à des maladies à transmission vectorielle (p.ex. le paludisme) ou à des maladies hydriques (p.ex. le choléra) et de la mortalité due aux agressions thermiques ;
- une augmentation généralisée du risque d'inondation de nombreux établissements humains touchant des dizaines de millions de personnes due à la fois à l'augmentation des épisodes de fortes précipitations et à l'élévation du niveau de la mer ;
- une augmentation de la demande d'énergie à des fins de climatisation en raison de la hausse des températures estivales.

2. La cause : les émissions de gaz à effet de serre

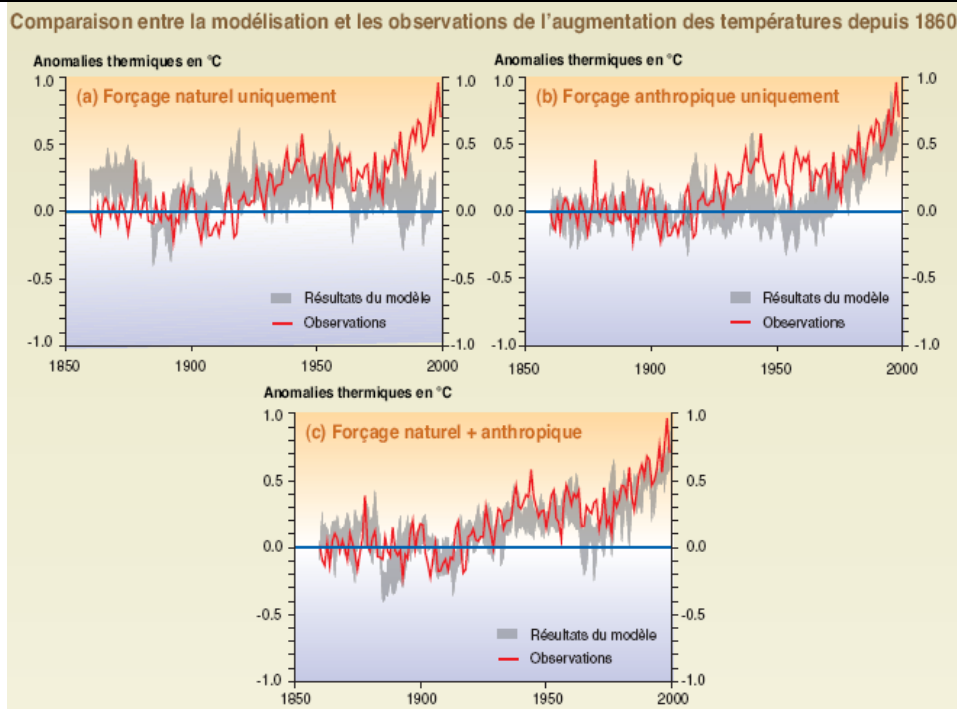
2.1. La responsabilité humaine

Selon le dernier rapport du GIEC (2001)^{xviii}, la majeure partie du réchauffement observé ces 50 dernières années est imputable aux activités humaines.

Les modèles climatiques actuels tiennent compte des principaux forçages connus qui peuvent influencer le climat : le forçage d'origine humaine, aussi appelé anthropique, lié aux émissions de gaz à effet de serre, mais aussi les forçages naturels, liés à la variation du rayonnement solaire et de l'activité volcanique. Le soleil possède un cycle d'activité de 11 ans, qui peut faire varier la

température globale de l'ordre de 0,1°C. Le rayonnement solaire varie aussi à long terme, en fonction de certaines modifications de l'orbite et de l'inclinaison de la Terre. Ces phénomènes cycliques, qui ont des périodes allant de 13 000 à 80 000 ans et se répercutent plus ou moins vite sur le climat terrestre, ont engendré le cycle des glaciations et des réchauffements naturels sur les dernières centaines de milliers d'années.

Fig AIR 1-5 : Comparaison des températures observées avec les simulations établies par un modèle soumis à trois types de forçages : a) forçage naturel uniquement, b) forçage d'origine humaine (anthropique) uniquement, c) forçage naturel + d'origine humaine (anthropique)



Source : GIEC, 2001

Cette figure compare les observations réelles de température aux résultats de différents modèles^{xix} climatiques, qui simulent soit le forçage naturel (variations solaires et volcanisme), soit le forçage anthropique (d'origine humaine : émissions de gaz à effet de serre et déboisement), soit la combinaison des deux forçages. [→ Fig AIR 1-5] Elle montre que le forçage naturel diminue depuis 1950 et ne permet pas d'expliquer la tendance au réchauffement observée au cours des trente dernières années récentes. La correspondance la plus étroite avec les observations est obtenue en incluant à la fois les facteurs d'origine humaine et les facteurs naturels.

Encart : Une vérité dérangeante ?

Les médias et les autorités politiques évoquent fréquemment les incertitudes scientifiques par rapport aux changements climatiques. Cet argument est parfois utilisé pour justifier le fait de ne pas s'engager dans des mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Or les conclusions des rapports d'évaluation du GIEC qui rassemble des milliers de scientifiques issus du monde entier et donc non liés à des intérêts particuliers, expriment un consensus sur l'origine humaine des changements

actuellement observés. L'actuelle administration américaine avait demandé à l'Académie nationale des Sciences américaine une lecture critique de ces rapports. Cette académie a confirmé point par point la validité scientifique des conclusions du GIEC^{xx}.

En 2005, une étude récente^{xxi} a aussi examiné les 928 articles les plus récents relatifs aux changements climatiques publiés dans des revues scientifiques soumises à révision par les pairs (*peer-reviewed* en anglais, signifie revu et accepté par les pairs, c'est-à-dire d'autres experts scientifiques dans ce domaine; c'est la démarche de validation appliquée pour toutes les publications scientifiques reconnues, quel que soit le domaine). Aucun de ces articles ne remettait en question la position de consensus exprimée par le GIEC, c'est-à-dire la réalité des changements climatiques d'origine humaine. Par contre, l'existence de tentatives de censure ou de déformation des informations par certaines personnes liées à des intérêts particuliers a déjà été mise en évidence par les médias^{xxii}.

"Quelques sceptiques invétérés cherchent encore à semer le doute. Ils doivent être pris pour ce qu'ils sont : décalés, à court d'arguments et dépassés. En fait, le consensus scientifique ne devient pas seulement plus complet, mais aussi plus alarmant. Un grand nombre de chercheurs, connus pour leur circonspection, déclarent désormais que les tendances au réchauffement se rapprochent dangereusement d'un point de non-retour." Koffi Annan, Secrétaire Général de Nations-Unies, novembre 2006^{xxiii}

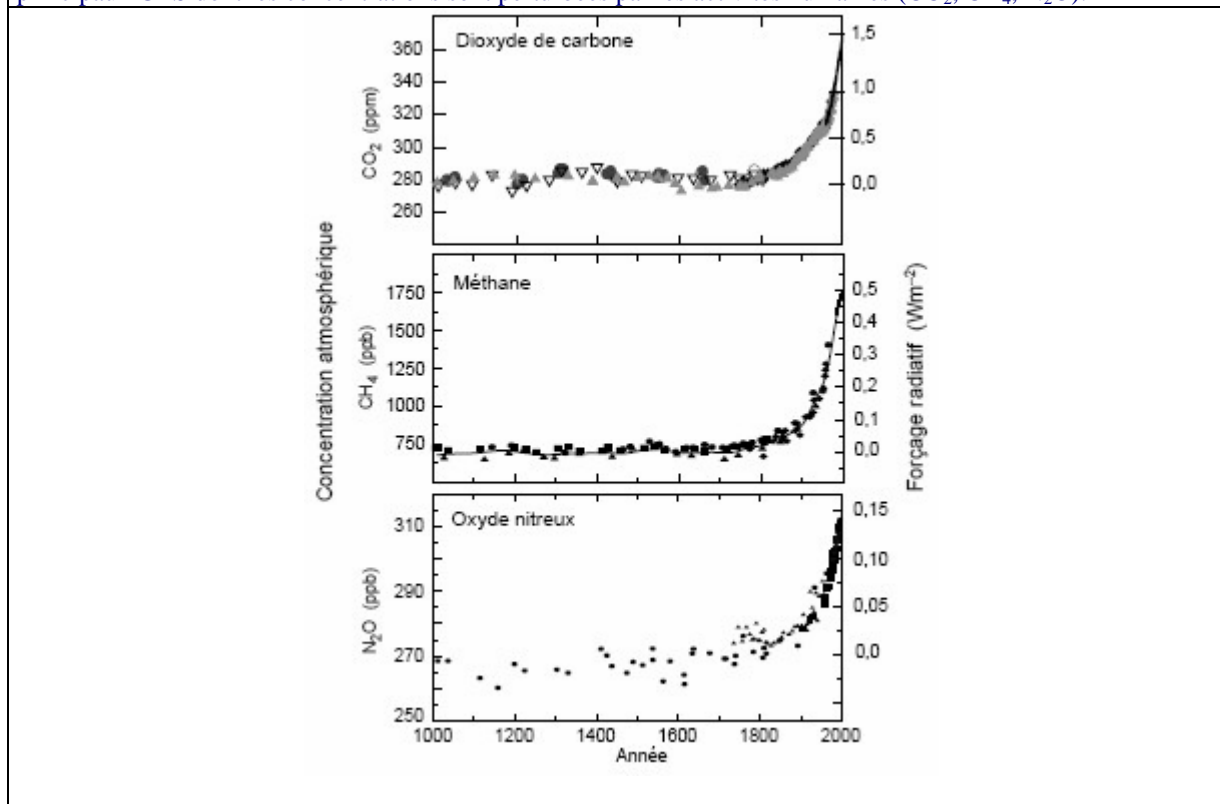
2.2. Emissions mondiales de gaz à effet de serre

Au cours des 20 dernières années, environ les trois quarts des émissions anthropiques de CO₂ dans l'atmosphère au niveau mondial sont dus à la combustion des combustibles fossiles tels que charbon, pétrole et gaz naturel. Le reste est imputable, pour l'essentiel, aux modifications de l'utilisation des sols, et plus particulièrement à la déforestation, qui conduit à la libération brusque et massive de CO₂ issu du carbone stocké dans les écosystèmes.

En 2005, les émissions annuelles mondiales de gaz à effet de serre d'origine humaine s'élevaient à 23,3 milliards de tonnes éq CO₂/an. Ces émissions augmentent d'année en année, dans les pays industrialisés et dans les pays émergents. Pour l'ensemble des pays industrialisés^{xxiv}, qui remettent annuellement un inventaire dans le cadre de la CNUCCC, les émissions ont diminué de 3,3 % de 1990 à 2004. Ceci est essentiellement dû à la prise en compte dans ce calcul des anciens pays du bloc de l'est, où le déclin industriel a amené une diminution de 37 % des émissions depuis 1990. Dans les autres pays industrialisés, les émissions ont augmenté en moyenne de 11 % sur la même période et en Belgique de 1,4 %.

Suite à ces émissions, auxquelles s'ajoute la contribution grandissante des pays émergents, tels que la Chine, l'Inde ou le Brésil, la concentration en CO₂ de l'atmosphère augmente actuellement d'environ 2 ppm/an. [→ Fig AIR 1-6]

Fig AIR 1-6 : Évolution de l'an 1000 à l'an 2000 de la concentration atmosphérique planétaire des trois principaux GES dont les concentrations sont perturbées par les activités humaines (CO₂, CH₄, N₂O).



Source : GIEC, 2001

Encart : Emissions de gaz à effet de serre : quelques ordres de grandeur

Émissions mondiales (2005) : 23,3 milliards de tonnes éq CO₂/an

Émissions de la Belgique (2004) : 148 millions de tonnes éq CO₂/an

Émissions de la Région wallonne (2004) : 51,8 millions de tonnes éq CO₂/an

Émissions moyennes d'une maison en Région wallonne : 5,2 tonnes éq CO₂/an

Émissions moyennes d'une voiture en Région wallonne : 3,7 tonnes éq CO₂/an

Emissions par habitant en 2000^{xxv}

Pays industrialisés : 14,1 tonnes éq CO₂/an.hab

Pays non-industrialisés (sans les émissions liées à la déforestation) : 3,3 tonnes éq CO₂/an.hab

Etats-Unis : 24,5 tonnes éq-CO₂/an.hab

Région wallonne : 15,9 tonnes éq CO₂/an.hab

Belgique : 14,5 tonnes éq CO₂/an.hab

Allemagne : 12,3 tonnes éq CO₂/an.hab

Royaume-Uni : 11,1 tonnes éq CO₂/an.hab

Union Européenne (25) : 10,5 tonnes éq CO₂/an.hab

Brésil (sans les émissions liées à la déforestation) : 5 tonnes éq CO₂/an.hab

Brésil (avec les émissions liées à la déforestation) : 13 tonnes éq CO₂/an.hab

Inde : 1,9 tonnes éq CO₂/an.hab

2.3. Emissions de gaz à effet de serre en Région wallonne

2.3.1. Répartition des émissions

En 2004, la Wallonie a émis 51,8 millions de tonnes éq CO₂, soit 35 % des émissions annuelles de la Belgique. Les figures ci-après présentent la répartition des émissions totales de GES par type de gaz et entre les principaux secteurs [→ Fig AIR 1-7, Fig AIR 1-8].

Le CO₂, qui représente 86 % des émissions totales de gaz à effet de serre, est principalement émis lors des processus de combustion, et il est plus particulièrement lié à l'industrie, aux transports, au chauffage résidentiel, aux industries de production d'électricité et au tertiaire. Le CH₄, qui représente 5 % des émissions totales, provient à 80 % de l'agriculture, à 8 % du secteur des déchets et à 5 % des réseaux de distribution de gaz naturel (compresseurs et fuites), le reste provenant de l'ensemble des processus de combustion. Le N₂O représente 8 % des émissions totales et est principalement émis par l'agriculture (62 %), l'industrie chimique (23 %) et les transports (8 %). Enfin, les gaz fluorés représentent 0,9 % des émissions totales et sont émis lors de la fabrication et l'utilisation de certains produits (réfrigération, mousses isolantes...).

Fig AIR 1-7 : Répartition des émissions de GES par type de gaz en Région wallonne (poids en éq CO₂, année 2004)

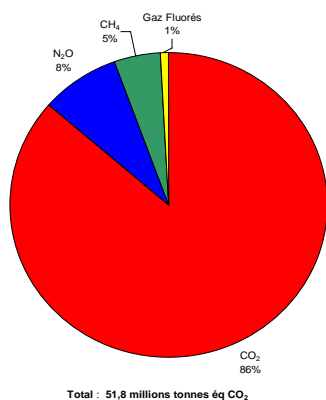
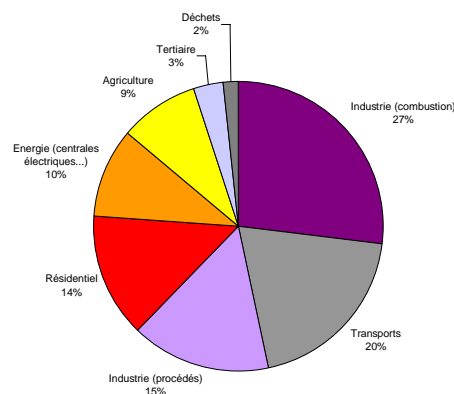


Fig AIR 1-8 : Répartition des émissions de GES par secteur d'activités en Région wallonne (année 2004)



Source : MRW -DGRNE- Cellule Air

2.3.2 Évolution des émissions totales de GES

Encart : les années de référence

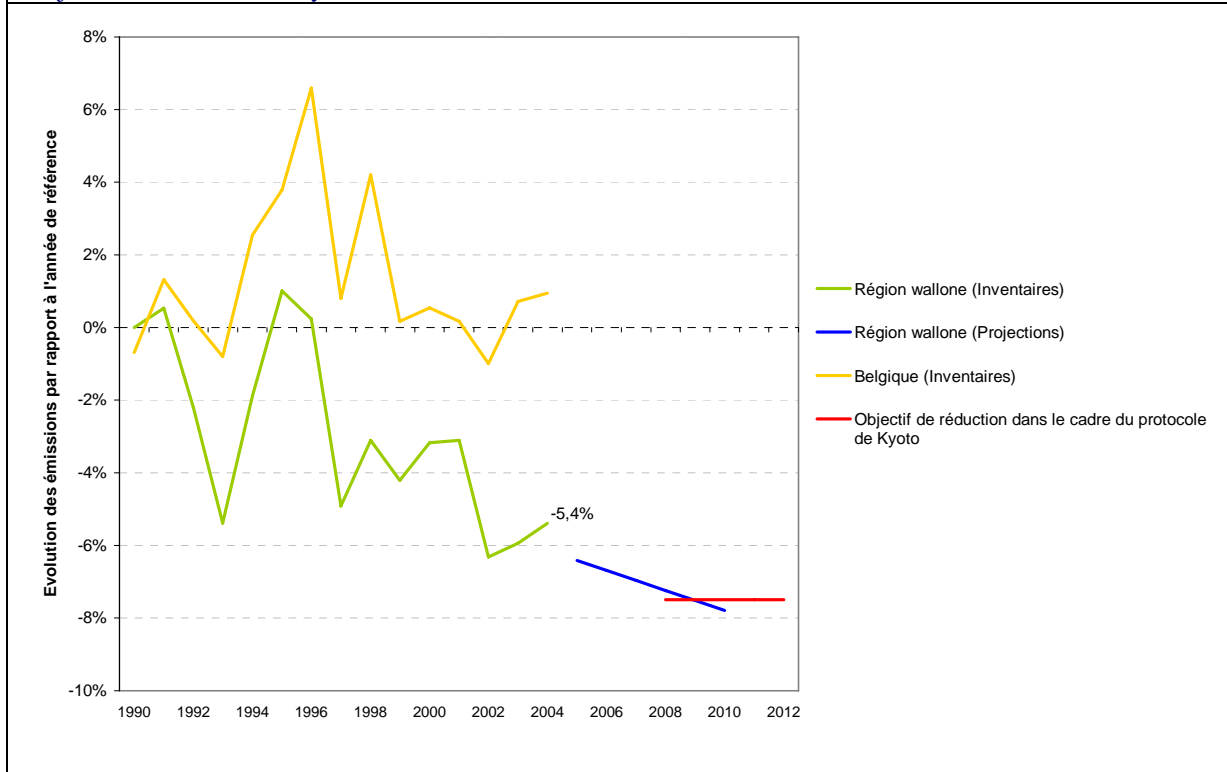
Année de référence au sens du Protocole de Kyoto :

1990 pour CO₂, CH₄ et N₂O ;

1995 pour les gaz fluorés.

Sur la base des dernières estimations disponibles, les émissions anthropiques de GES en Wallonie ont diminué de 5,4 % entre 1990 et 2004. Cette évolution est en phase avec l'objectif de réduction de la Région dans le cadre du Protocole de Kyoto (diminution de 7,5 % durant la période 2008-2012 par rapport aux émissions de l'année de référence^{xxvi}). [→ Fig AIR 1-9]

Fig AIR 1-9 : Evolution des émissions de gaz à effet de serre en Belgique et Région wallonne par rapport l'objectif de réduction de Kyoto



Source : MRW -DGRNE- Cellule Air, novembre 2006 ; Rapport national d'Inventaire (avril 2006)

Par ailleurs, la forte variabilité interannuelle des émissions est généralement due à la conjonction de plusieurs facteurs. On peut cependant mentionner quelques événements dont l'impact sur les émissions annuelles s'est avéré significatif :

- 1992-1993 : arrêt d'une centrale électrique et diminution de la production dans les industries chimiques et sidérurgiques;
- 1995 : augmentation de la production industrielle;

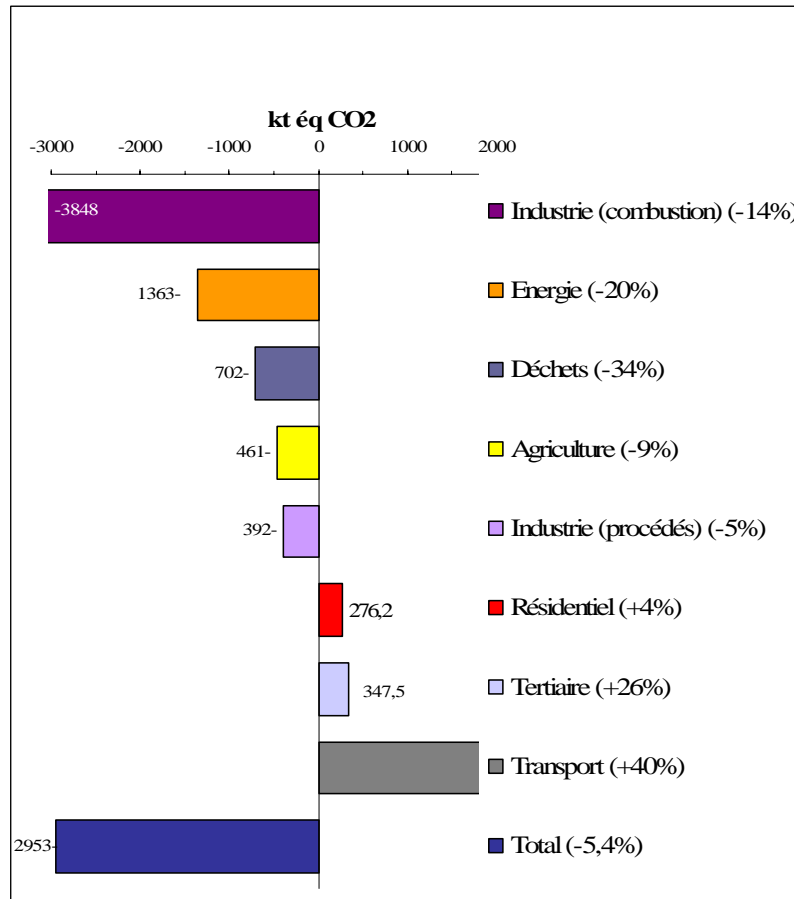
- 1996 : année froide (besoins en chauffage élevés), mais augmentation limitée des émissions suite à la fermeture d'un haut-fourneau;
- 1997 : fermetures d'une cokerie, de haut-fourneaux et d'autres outils sidérurgiques ;
- à partir de 2001 : développement de la combustion de biomasse en cimenterie et de la récupération du méthane dans les CET;
- 2002 : arrêt d'un haut-fourneau et d'une cokerie.

Les projections les plus récentes des émissions wallonnes à l'horizon 2008-1012, utilisées pour le rapportage international, ont été réalisées sur la base du modèle EPM (Energy/Emissions Projection Model). EPM est un modèle de simulation technico-économique, de type « *bottom-up*^{xvii} ».

Selon ces projections de l'évolution future des émissions de gaz à effet de serre, les mesures programmées devraient permettre à la Région wallonne d'atteindre son objectif de réduction sans devoir acheter plus d'unités d'émission provenant des mécanismes flexibles que ceux qui ont déjà été acquis.

L'évolution globale est cependant le résultat de tendances très différentes selon les secteurs [→ Fig AIR 1-10]. Les secteurs de l'industrie et de la production d'électricité sont à l'origine d'une réduction des émissions totales de près de 11 %, mais la croissance des émissions liées au transport a par contre provoqué une augmentation des émissions globales de près de 6 %.

Fig AIR 1-10 : Evolution des émissions de GES par secteur d'activité en Région wallonne (kt éq CO₂, entre 1990 et 2004)



Source : MRW -DGRNE- Cellule Air

Encart : Les inventaires d'émission

Dans le cadre du Protocole de Kyoto, 6 gaz à effet de serre sont pris en compte (CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC et SF₆). Le GIEC a défini des méthodologies d'inventaire uniformisées pour tous les pays qui ont ratifié la *Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques* (CCUNCC) et le *Protocole de Kyoto* (PK), afin d'assurer la comparabilité des résultats. Les émissions de GES sont globalement calculées en multipliant une variable d'activité (consommation des différents combustibles, volume de production...) par un facteur d'émission. Les facteurs d'émission proviennent soit de méthodologies standardisées et approuvées internationalement, soit d'études ciblées ou de mesures aux cheminées qui sont réalisées afin de disposer de facteurs reflétant mieux les conditions locales. Pour certains secteurs comme les transports, l'agriculture, la foresterie ou les déchets, des modèles spécifiques sont utilisés pour estimer les émissions.

Les incertitudes sur l'inventaire sont calculées au niveau belge. L'incertitude est de 3,6 % pour le CO₂, 24 % pour le CH₄ et 91 % pour le N₂O. En effet, le CH₄ et le N₂O sont en bonne partie émis via des processus biologiques, nettement plus difficiles à évaluer que les émissions de CO₂, généralement liées à une combustion directe. Ceci étant, comme le CO₂ représente 86 % des émissions de la Belgique, l'incertitude globale sur les émissions reste acceptable.

Les méthodologies^{xxviii} et/ou les facteurs d'émissions sont régulièrement améliorés, lorsque de meilleures données ou des méthodologies plus précises sont disponibles. La réalisation des inventaires d'émission est donc un processus dynamique et les inventaires des années précédentes peuvent être révisés. Les chiffres d'émissions varient donc parfois de façon sensible d'une publication à l'autre. Dans le cadre du Protocole de Kyoto, l'inventaire "définitif" des émissions depuis 1990 devra être remis en 2007. Il sera utilisé pour effectuer la comparaison avec les émissions de la période 2008-2012 et mesurer ainsi la conformité par rapport aux engagements. L'inventaire belge, qui est constitué de la somme des inventaires des 3 régions, est contrôlé chaque année par un groupe international d'experts indépendants dans le contexte de la Convention Cadre des Nations Unies sur le Changement Climatique (CCNUCC). Ces experts vérifient notamment la validité des méthodologies, des facteurs d'émissions et le caractère complet de l'inventaire.

2.3.3. Le passage du charbon au gaz naturel dans les centrales électriques

Médaille : secteur "énergie"

Emissions 2004 : 5 168 kt éq CO₂

Evolution 1990-2004 : - 20 %

Contribution aux émissions totales en 2004 : 10 %

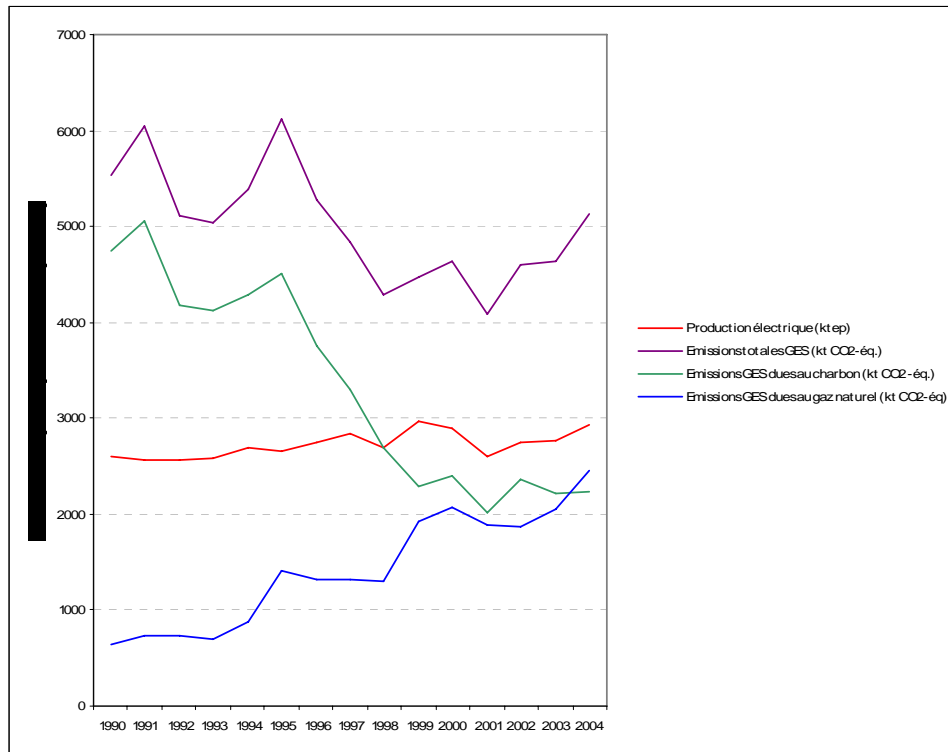
La principale source d'émissions du secteur énergie est la production d'électricité et de chaleur dans les centrales électriques : elle représente 95 % des émissions de GES en 2004. Les émissions liées aux activités des cokeries, qui représentaient encore 18 % des émissions du secteur énergétique en 1990, ont chuté de 80 % en raison de la fermeture définitive de 4 sites en 1993, 1997 et 2002.

La production d'électricité (centrales thermiques hors nucléaire) a augmenté de 5 % sur la période 1990-2004, mais les émissions ont diminué en raison du remplacement progressif du charbon par le gaz naturel, ainsi que des améliorations technologiques, comme le développement des Turbines Gaz-Vapeur qui présentent un rendement nettement supérieur [→ Fig AIR 1-11]. Une partie de la production électrique wallonne étant exportée, il n'y a pas de lien absolu entre production et consommation finale. La libéralisation progressive du marché va probablement accentuer cette tendance.

Enfin, il est à noter que l'électricité produite est consommée dans différents secteurs abordés ci-dessous, en particulier l'industrie, les transports ferroviaires, le résidentiel et le tertiaire. Ces

secteurs sont donc indirectement responsables d'une partie des émissions regroupées ici dans le secteur des industries de l'énergie.

Fig AIR 1-11 : Émissions de gaz à effet de serre en Région wallonne issues du secteur de la production publique d'électricité et de chaleur, par rapport à la production électrique nette (hors nucléaire)



Source : MRW -DGRNE- Cellule Air ; Cellule Etat de l'environnement

2.3.4. Les causes de la diminution des émissions de l'industrie

Médaille : secteur « industrie »

Emissions 2004 : 21 782 kt éq CO₂, dont 13 867 kt éq CO₂ pour le sous-secteur "combustion" et 7 915 kt éq CO₂ pour le sous-secteur « procédés industriels »

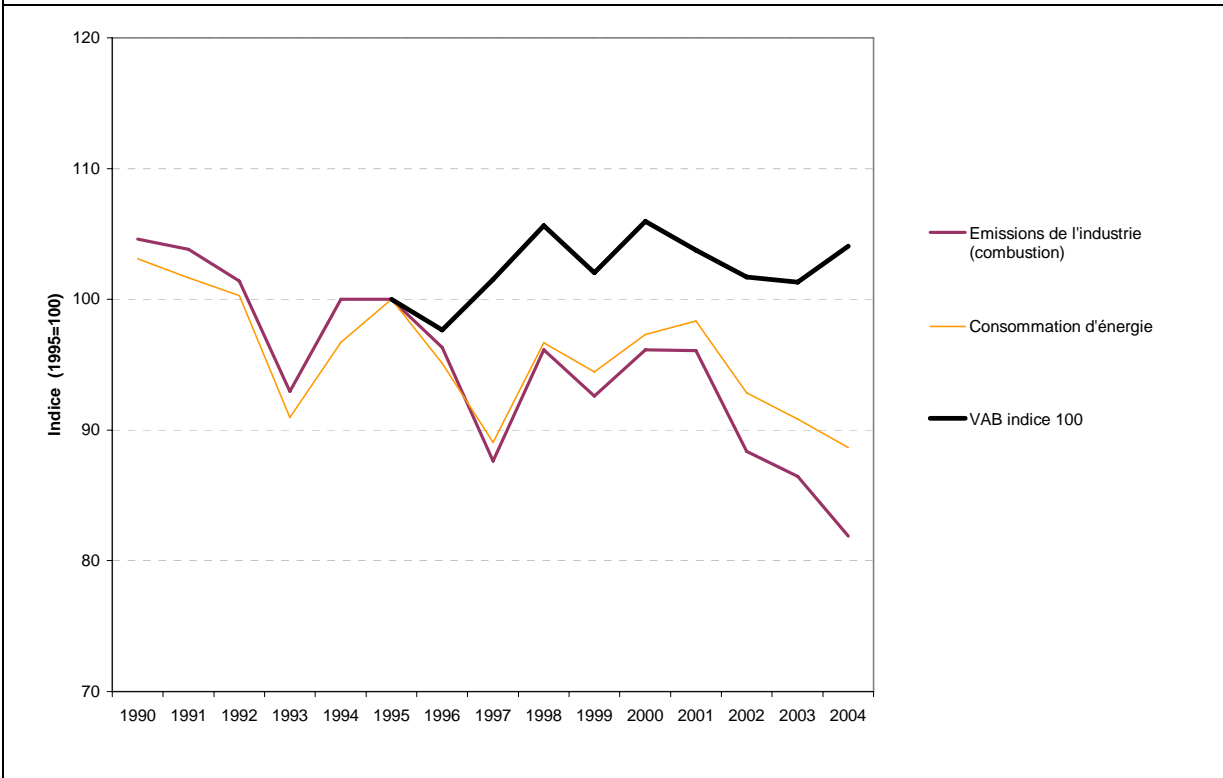
Evolution 1990-2004 : - 14 %

Contribution aux émissions totales en 2004 : 42 %

Une distinction est opérée dans les inventaires entre les émissions liées à la combustion et celles des « procédés industriels », qui désignent la part des émissions industrielles qui ne proviennent pas de l'utilisation de combustibles fossiles, mais de la libération de gaz à effet de serre contenus dans la matière première.

Emissions de combustion

Fig AIR 1-12 : Evolution de l'indice de consommation d'énergie, de la valeur ajoutée et des émissions de GES liées à la combustion dans le secteur industriel wallon



Source : MRW –DGRNE- Cellule Air ; Cellule Etat de l'environnement

La première cause de la diminution des émissions de combustion est la fermeture de plusieurs sites sidérurgiques depuis 1990. Les émissions de l'industrie métallurgique (51 % des émissions du secteur) ont ainsi diminué de 31 %.

A consommation énergétique égale, les émissions de gaz à effet de serre diminuent et plus particulièrement depuis 2001. Cela s'explique notamment par :

- le recours plus fréquent au gaz naturel, associé à une réduction de l'utilisation des combustibles liquides et solides, observés dans tous les secteurs.
- les cimenteries (30 % des émissions totales de l'industrie), qui utilisent de plus en plus de combustibles de substitution, tels que les déchets de scierie imprégnés, les déchets animaux, les pneus... Ces combustibles représentent actuellement 34 % de leur consommation d'énergie, contre 7 % en 1990. Les émissions liées à la combustion de la fraction "biomasse" de ces combustibles ne sont pas comptabilisées dans les émissions nettes^{xxx} du secteur.

Alors que la valeur ajoutée a augmenté de 4 % entre 1995 et 2004 ; la consommation primaire d'énergie^{xxx} a diminué de plus de 11 % durant la même période [→ Fig AIR 1-12]. Ce découplage de la valeur ajoutée et de la consommation d'énergie est imputable à différents facteurs :

- Dans l'industrie métallurgique, de nombreux sites fonctionnent avec des fours électriques depuis 1990. Ceci explique une baisse apparente de la consommation d'énergie à valeur ajoutée égale. Cette industrie représente 46 % de la consommation d'énergie du secteur, et a donc un impact significatif sur la tendance globale. Dans l'ensemble, la consommation d'électricité du secteur industriel a augmenté de 29 % depuis 1990.
- Dans le secteur de la chimie, le découplage s'explique par une utilisation plus rationnelle de l'énergie et par la production de produits à forte valeur ajoutée, comme les produits pharmaceutiques.
- Le secteur de l'alimentation et des boissons est celui qui présente la plus forte croissance de valeur ajoutée par rapport à la consommation d'énergie. Dans les industries sucrières, par exemple, certains produits à forte valeur ajoutée, comme l'inuline et le fructose, ont été développés récemment.
- Les usines de production de ciment et de chaux représentent 30 % de la consommation énergétique du secteur manufacturier. Depuis 1990, la production totale de ciment et de chaux a augmenté de 4 %, tandis que la consommation énergétique diminuait de 7 %. Cette évolution est liée au mode de production : la voie sèche, qui demande considérablement moins d'énergie, remplace graduellement la voie humide. Elle est actuellement utilisée pour 73 % de la production, contre 61 % en 1990.

Procédés industriels

En 2004, les émissions de gaz à effet de serre dues aux procédés industriels provenaient essentiellement de la transformation de produits minéraux (67 % de la décarbonation^{xxxii} des minéraux pour la production de ciment et de chaux) et de l'industrie chimique (20 % de la production d'acide nitrique et d'ammoniac, produisant du N₂O et du CO₂). La sidérurgie représente 12 % des émissions (décarburation de la fonte dans les aciéries et décarbonation d'additifs à l'agglomération).

Les émissions liées aux procédés industriels ont diminué de 5 % depuis 1990, essentiellement en raison d'une baisse de la production en sidérurgie. A l'exception de l'industrie chimique, où des améliorations de procédés sont envisageables, les autres émissions de procédés sont directement liées à la quantité produite et ne présentent donc plus de potentiel de réduction.

Encart : Gaz fluorés

Emissions 2004 : 454 kt éq CO₂

Evolution 1990-2004 : + 262 %

Contribution aux émissions totales: 0,9 %

Les émissions des 3 types de gaz fluorés qui sont réglementés par le Protocole de Kyoto (HFC, PFC, SF₆) représentent 0,9 % des émissions totales de gaz à effet de serre en 2004 en Région wallonne. Les HFC représentent 97 % des émissions de gaz fluorés et le SF₆ seulement 3 %. Les émissions de PFC sont négligeables.

Dans les inventaires, une distinction est opérée entre les «émissions de production», qui résultent du processus de production, et les «émissions de consommation», qui correspondent aux émissions observées lors de l'utilisation ou du démantèlement des équipements et des produits existants. Selon une estimation de la répartition sectorielle des émissions, la première source de HFC est le tertiaire (57 %), suivie du résidentiel et du transport (15 % chacun) et les 13 % restant étant attribués à l'industrie.

La consommation croissante de HFC est directement liée à la mise en œuvre du protocole de Montréal et du Règlement européen 2037/2000, qui interdit l'utilisation de substances destructrices d'ozone, telles que les CFC, les HCFC et les halons. Ces derniers, utilisés précédemment, sont aujourd'hui en partie remplacés par les HFC dans les installations de réfrigération et de conditionnement d'air, la production de mousses isolantes, certains aérosols et dispositifs d'extinction. Le remplacement des CFC se fait aussi via d'autres gaz non fluorés, tels que l'ammoniac pour la réfrigération ou le pentane et le CO₂ pour les mousses isolantes.

Par ailleurs, on constate une réduction des émissions de SF₆ générées par la production de double vitrage acoustique, pour laquelle on utilise aujourd'hui des technologies alternatives (vitrages d'épaisseurs différentes ou insertion d'un feuilletage). Les émissions de SF₆ liées à la consommation devraient toutefois augmenter dans les années à venir, suite au démantèlement des doubles vitrages acoustiques installés depuis 1975.

2.3.5. Le potentiel de réduction dans le secteur résidentiel

Médaillon : secteur résidentiel

Emissions 2004 : 7 135 kt éq CO₂

Evolution 1990-2004 : + 4 %

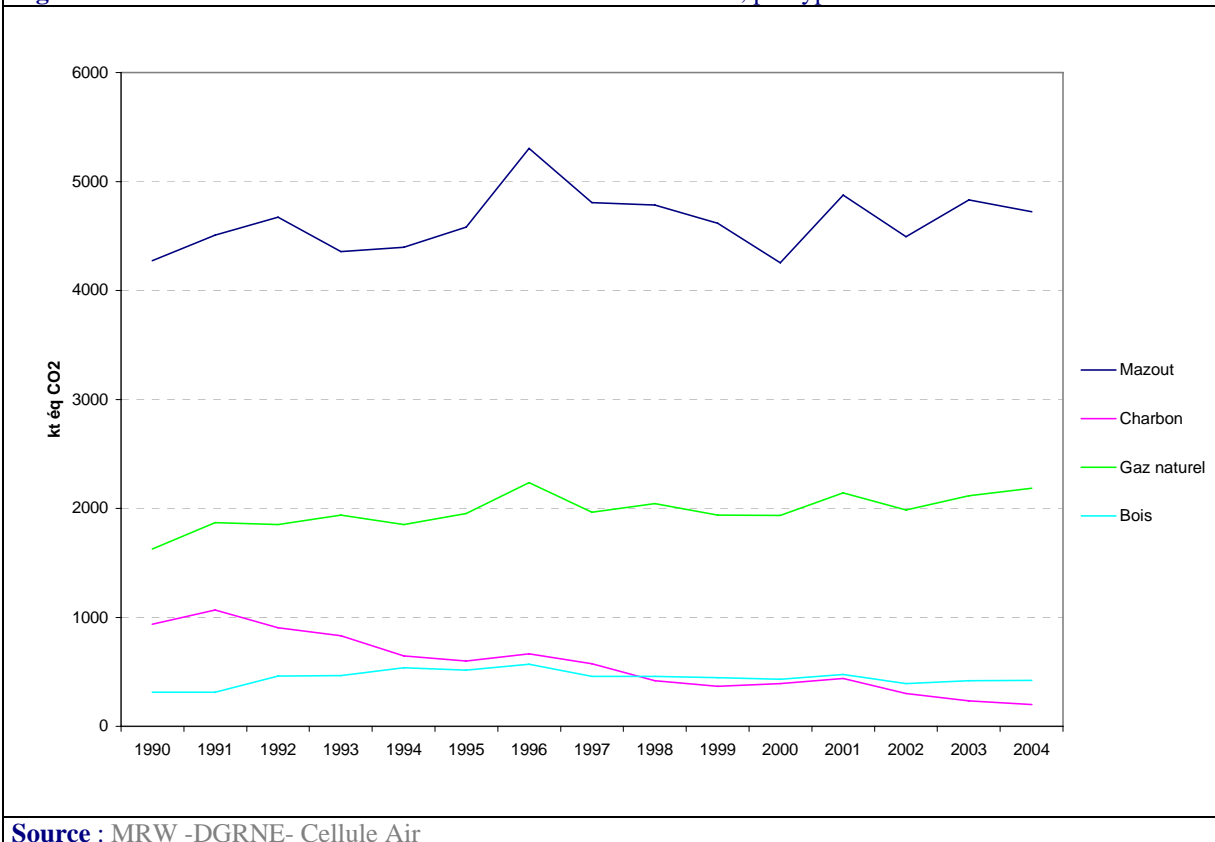
Contribution aux émissions totales en 2004 : 14 %

Le chauffage des bâtiments représente trois quarts de la consommation de combustibles fossiles du secteur résidentiel. Alors que la consommation d'énergie du secteur a augmenté de 10 % entre 1990 et 2004, les émissions n'ont augmenté que de 4 % durant la même période, en raison de l'utilisation croissante du gaz naturel et de la biomasse, dont les consommations respectives ont augmenté de 30 et 35 %. Le gaz naturel émet proportionnellement moins de CO₂ que le mazout et, surtout, que le charbon. Les émissions liées au charbon, de moins en moins utilisé, ont chuté de 79 % de 1990 à 2004, mais les émissions liées au mazout ont augmenté de 10 %. Le mazout représente encore 59 % de l'énergie consommée dans le secteur résidentiel. Le réseau de distribution du gaz ne couvrant pas les zones rurales à faible densité de population (voir ENER), le passage vers le gaz naturel dans le secteur résidentiel est plus modéré que dans les autres secteurs. Enfin, il est à noter que la consommation d'électricité du secteur a augmenté de 41 % depuis 1990. Cette augmentation se répercute dans le secteur de la production d'énergie.

Les variations annuelles sont également liées au climat. Ceci est particulièrement clair pour l'année 1996, année froide assortie d'une hausse marquée des consommations et donc des émissions dues au chauffage.

Malgré l'augmentation des émissions, un large potentiel de réduction reste disponible pour ce secteur. En effet, outre les mesures de rénovation et de respect des normes d'isolation qui pourraient avoir un impact important (68 % des logements wallons sont potentiellement concernés par les primes à la rénovation), un quart à un tiers de la consommation énergétique des ménages dépendrait des comportements (habitudes de chauffage et d'éclairage, caractéristiques de l'équipement électroménager...) ^{xxxii}. (voir MEN)

Fig AIR 1-13 : Emissions de GES dans le secteur résidentiel wallon, par types de combustibles



Source : MRW -DGRNE- Cellule Air

2.3.6 Le développement du secteur tertiaire

Médaille : secteur tertiaire

Emissions 2004 : 1 695 kt eq CO₂

Evolution 1990-2004 : + 26 %

Contribution aux émissions totales en 2004 : 3 %

Dans le secteur tertiaire, les émissions de GES ont augmenté de 26 % entre 1990 et 2004. L'une des principales raisons est la croissance de ce secteur : le nombre d'employés de ce secteur a augmenté de 21 % en Belgique depuis 1990. (voir ENTR)

Il est à noter que la consommation d'électricité de ce secteur a augmenté de 45 % entre 1990 et 2004, soit deux fois plus vite que l'emploi (DGTRE-ICEDD, 2005), mais que ces émissions sont comptabilisées dans les émissions du secteur énergie (voir ENER). Cette hausse s'explique essentiellement par le développement des technologies de l'information, la multiplication des zones réfrigérées et le recours accru aux systèmes de conditionnement d'air.

Malgré sa faible importance relative (3 % des émissions totales), ce secteur a un impact non négligeable sur la tendance globale, puisqu'il a induit une hausse des émissions totales de 0,7 % entre 1990 et 2004.

2.3.7. La hausse continue du transport routier

Médaille : : secteur transport

Emissions 2004 : 10 153 kt éq CO₂

Evolution 1990-2004 : + 40 %

Contribution aux émissions totales en 2004 : 20 %

Les émissions liées au transport ont augmenté de 40 % depuis 1990. Elles représentaient 13 % des émissions totales de GES de la Région wallonne en 1990 et 20 % en 2004. Cette évolution est liée au transport routier, qui représente 91 % des émissions totales de ce secteur, les 9 % restants se partageant entre le transport ferroviaire, le transport fluvial et l'aviation de plaisance^{xxxiii}. L'influence prédominante du secteur routier sur l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre s'observe aussi à l'échelle européenne (+21 % de 1990 à 2001), mais de façon plus limitée qu'en Région wallonne.

Le transport routier est devenu la deuxième source d'émission de gaz à effet de serre en Région wallonne et constitue le premier facteur d'augmentation des émissions. En valeur absolue, la hausse des émissions de CO₂ occasionnées par le transport routier entre 1990 et 2004 est la plus élevée de toutes les sources d'émissions (+ 2 593 kt éq CO₂). [→ Fig AIR 1-14]

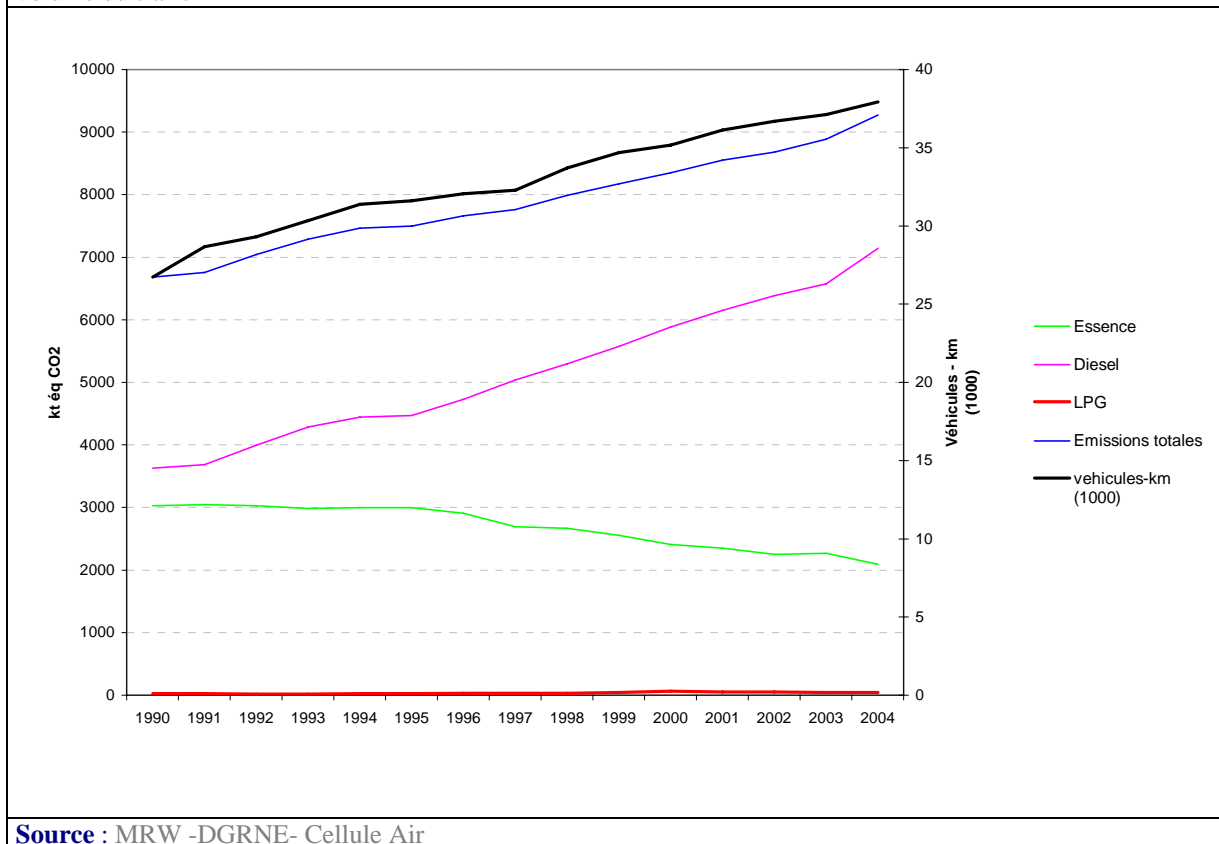
Dans le secteur du transport routier, la plupart des indicateurs sont à la hausse en Région wallonne : le nombre de voitures a augmenté de 31 % entre 1990 et 2004, parallèlement au trafic (véhicule/km), qui a augmenté de 39 % durant cette même période. Le nombre de camionnettes a augmenté de 84 %, tandis que le nombre de camions est resté stable. En 2004, les camionnettes et les camions représentent respectivement 5 % et 30 % des émissions du transport routier.

Les voitures diesel connaissent une popularité croissante et particulièrement marquée ces dernières années. Leur nombre a plus que doublé entre 1990 et 2004 (+139 %), tandis que celui des moteurs à essence baissait légèrement (- 3 %) au cours de la même période. Cette évolution se reflète dans les émissions respectives liées à ces deux carburants. Le diesel émet 7% de CO₂ de plus que l'essence pour produire une quantité d'énergie donnée, mais comme la consommation spécifique moyenne des moteurs diesel est de l'ordre de 12 % inférieure, une voiture équipée d'un moteur diesel émet globalement moins de gaz à effet de serre par kilomètre qu'une voiture à essence. Le nombre de voitures roulant au LPG a quadruplé depuis 1990 mais ne représente que 1,9 % du parc automobile en 2004, contre 0,6 % en 1990.

La cylindrée moyenne des moteurs a augmenté depuis 1995. Elle reflète d'une part le passage au diesel et, de l'autre, le succès croissant des monovolumes, des voitures de loisirs et des véhicules tout terrain. L'âge et le poids moyen des véhicules ont également augmenté. L'amélioration du rendement énergétique des véhicules ne permet pas de compenser les effets de ces différents facteurs sur la consommation globale d'énergie des transports routiers.

Les émissions de N₂O liées au transport ont plus que doublé entre 1990 et 2004. Ce phénomène résulte en partie de l'introduction des pots catalytiques (dont l'usage sur tous les véhicules à essence est obligatoire en Belgique depuis 1993), mais aussi du vieillissement de la première génération de ces dispositifs, qui accroît leurs émissions de N₂O. À noter enfin que, même si les incertitudes sont élevées pour les émissions de N₂O, elles ne représentent qu'environ 3 % des émissions totales de GES liées au transport routier. (voir TRANSP)

Fig AIR 1-14 : Émissions de GES liées au transport routier en Région wallonne, par type de combustibles, et volume du trafic



2.3.8 La diminution des émissions de l'agriculture

Médaillon : secteur agriculture

Emissions 2004 : 4 637 kt eq CO₂

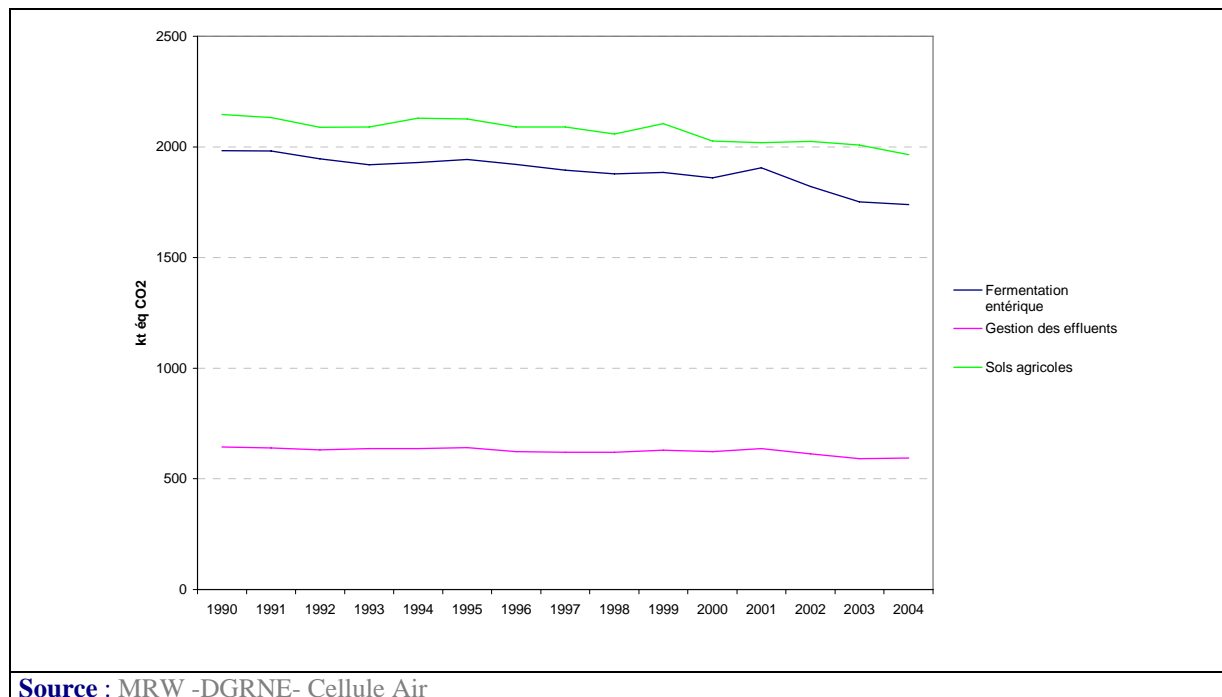
Evolution 1990-2004 : -9 %

Contribution aux émissions totales en 2004 : 9 %

Les émissions de gaz à effet de serre du secteur agricole ne proviennent pas de phénomènes de combustion, mais de processus biologiques produisant du CH₄, du N₂O ou du CO₂.

40 % de ces émissions sont des émissions de CH₄ issues de la fermentation entérique, imputables majoritairement aux bovins. Elles ont diminué de 12 % depuis 1990, en raison principalement d'une réduction générale du cheptel, mais aussi du passage des vaches laitières aux vaches allaitantes, ce qui constitue une tendance générale au sein de l'UE due à la politique agricole commune. Ces dernières émettent moins de méthane que les vaches laitières, pour lesquelles une forte productivité est recherchée). [→ Fig AIR 1-15]

Fig AIR 1-15 : Émissions de GES liées au secteur agricole en Région wallonne



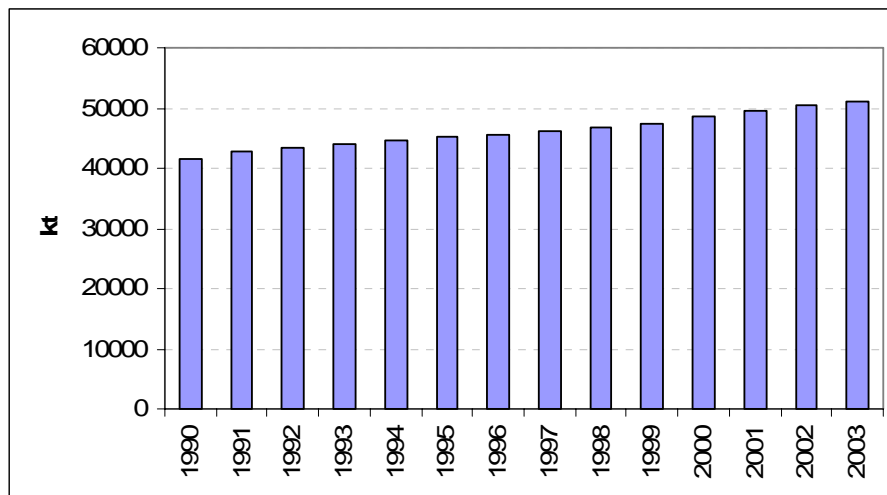
En 2004, 14 % des émissions du secteur sont des émissions de CH₄ et de N₂O liées à la gestion des effluents, en particulier les pertes lors du stockage. Elles proviennent essentiellement des bovins (84 %), et dans une moindre mesure des porcins (11 %) et des volailles (5 %). L'évolution des émissions reflète la diminution du cheptel bovin. (voir AGR)

Près de la moitié (46 %) des émissions agricoles provient des émissions de N₂O à partir du sol. Celles-ci ont diminué de 9 % entre 1990 et 2004 en raison, d'une part, des plus petites quantités d'engrais minéraux épandus et, d'autre part, de la diminution du cheptel, qui amène une réduction des quantités d'azote excrétées directement lors du pâturage et du volume d'effluents à épandre après stockage.

2.3.9. Les forêts permettent actuellement de stocker du carbone

La Figure ci-après [→ Fig AIR 1-16] indique l'évolution des stocks de carbone contenus dans les arbres (biomasse sur pied). L'absorption annuelle nette de CO₂ correspond à la différence entre l'accroissement biologique des peuplements forestiers (la croissance des arbres) et le carbone exporté par les prélèvements (les récoltes, sans considérer le stockage long terme dans les produits du bois, tel que les meubles, les matériaux de construction ...). En 2003, cela représentait 4,5 % des émissions totales de CO₂. Cependant, en raison des règles de comptabilité du protocole de Kyoto, la réduction qui pourrait être prise en considération durant la période d'engagement 2008-2012 est nettement plus faible (0,2 %).

Fig AIR 1-16 : Evolution du stock de carbone dans la biomasse de la forêt wallonne



Source : Perrin, 2005^{xxxiv}

Cette augmentation des stocks de carbone dans la biomasse est représentative de la forte productivité actuelle des forêts wallonnes. Cette croissance du matériel sur pied s'explique par la conjonction de facteurs. Une première raison est la tendance à capitaliser le matériel sur pied, particulièrement en feuillus. A l'heure actuelle, seul 50 % de l'accroissement biologique des feuillus est prélevé. Cela résulte de la difficulté d'écouler les bois récoltés, eu égard notamment aux exigences de la demande en bois de tranchage de haute qualité, à l'inondation du marché par les bois français suite aux tempêtes de 1999 et à l'importation de bois étranger moins cher. Une deuxième raison est la sélection des meilleures provenances en essences résineuses pour le reboisement, qui a conduit à une augmentation de la production et de la qualité du bois. Troisièmement, la politique de conservation de la nature, dont la directive européenne Natura 2000 est une des composantes, conduit également à préserver les stocks de biomasse. (voir RES FORI)

A moyen terme, cette augmentation devrait néanmoins se ralentir sous l'effet des bonnes pratiques sylvicoles. En particulier, les pessières font l'objet de mesures qui visent à rajeunir les très vieux peuplements, à substituer les épicéas présents sur des stations peu favorables (sols hydromorphes ou en basses altitudes notamment) par des essences plus adaptées et à la réduction progressive des densités de peuplements ; l'objectif étant d'atteindre les 32 m²/ha en forêt soumise. Des mesures viennent également d'être prises en forêt soumise afin de récolter les chênes et les hêtres plus tôt (sous le seuil de 240 cm de circonférence pour le chêne et 220 cm pour le hêtre), et de favoriser la régénération naturelle. Les effets de ces mesures conduiront à une diminution du stock de carbone, qui se produira progressivement dans les prochaines années.

En 2012, le modèle prédit un stock de carbone de 55,7 MtC, soit 116,0 tC/ha. Ainsi, au terme de la première période d'engagement du Protocole de Kyoto, le stock de C dans la biomasse serait en augmentation de 18,3 % par rapport au stock de 2000. L'accroissement net annuel est la différence entre l'accroissement biologique des peuplements et la quantité de biomasse prélevée

par les récoltes de bois. Exprimée en tonnes de carbone, c'est cette valeur que la Belgique doit rapporter au Secrétariat de la CCNUCC.

Encart : Puits de carbone et comptabilisation des émissions dans le cadre du Protocole de Kyoto

Selon les règles de rapportage du Protocole de Kyoto, certaines émissions ne sont pas comptabilisées dans le cadre des engagements de réduction. Il s'agit par exemple des émissions dues au trafic aérien et maritime international, pour lequel des règles d'attribution des émissions doivent encore être élaborées, mais aussi des émissions de CO₂ liées à la combustion de biomasse, comme par exemple celles émises par une chaudière au bois, dans la mesure où cette biomasse est renouvelée et que le carbone émis est donc restocké par la suite dans les écosystèmes.

Dans le même ordre d'idées, le carbone stocké dans la végétation peut être décompté des émissions nettes. Ce sont les « puits de carbone », du moins si le pays peut prouver que ce stockage est induit par les activités humaines, comme par exemple la plantation d'une nouvelle forêt ou une gestion particulière de la forêt existante, ou certaines modifications dans les pratiques agricoles. Comme il est difficile d'effectuer cette distinction de façon scientifique, il a été décidé pour la période 2008-2012 de fixer un plafond absolu par pays, basé sur la prise en compte d'un pourcentage assez faible de leur potentiel total de stockage, ce qui représenterait *in fine* pour la Région wallonne 0,2 % de ses émissions. Le pays doit aussi s'engager à faire un suivi précis et à long terme des parcelles concernées afin d'assurer le caractère durable du stockage. La Commission Nationale Climat, qui associe les Régions et le fédéral pour la mise en œuvre de la politique climatique, a décidé en 2006 de ne pas recourir aux activités de gestion forestière ou agricole pour atteindre les objectifs de réduction de la Belgique durant la période 2008-2012.

On gardera ici à l'esprit que, compte tenu de la gestion durable de la forêt en Wallonie, le fait que la Belgique ait décidé de ne pas comptabiliser ce puits de CO₂ dans le cadre du Protocole de Kyoto ne diminue en rien le stockage effectif de carbone dans la biomasse, représentant près de 3 % des émissions annuelles de CO₂ de la Région.

2.3.10. La valorisation du méthane produit par les déchets

Médaille : secteur des déchets

Emissions 2004 : 815 kt éq CO₂

Evolution 1990-2004 : -34 %

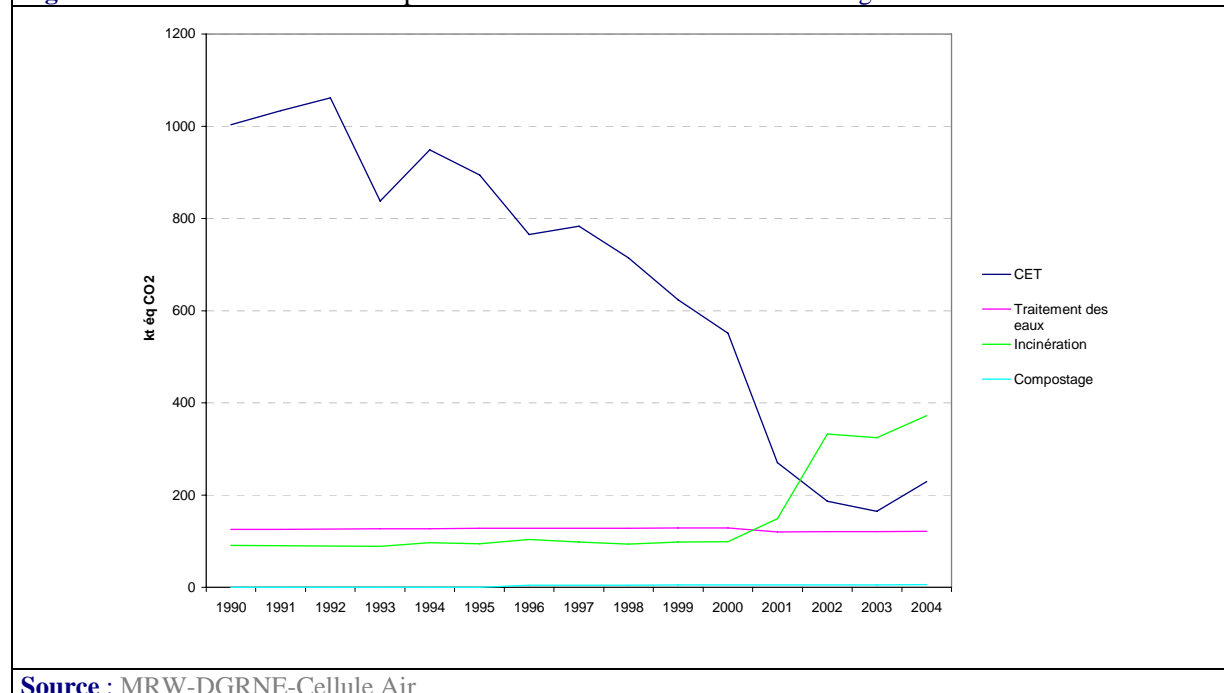
Contribution aux émissions totales en 2004 : 2 %

Les émissions de gaz à effet de serre provenant de la gestion des déchets représentaient 2 % des émissions régionales en 2004, contre 2,3 % en 1990. Cette baisse est due à la réduction des émissions de CH₄ en provenance des centres d'enfouissement technique, qui représentent actuellement 31 % de l'ensemble des émissions du secteur. Dans les CET, la récupération du biogaz - qui selon sa richesse en méthane est soit éliminé en torchère soit valorisé dans des moteurs à gaz - s'est largement développée depuis 1990 et constitue le principal facteur explicatif de la tendance observée dans le secteur. La quantité de matière organique mise en décharge, dont la fermentation produit le biogaz, diminue suite au développement du tri des déchets et à la mise en œuvre progressive l'Arrêté du Gouvernement wallon du 18 mars 2004 qui interdit la mise en CET des matières organiques à partir de 2010. Les émissions nettes^{xxxv} du secteur des déchets ont ainsi baissé de 34 %.

Les 69 % restants d'émissions de gaz à effet de serre se répartissent entre trois sources différentes : le CO₂ provenant de l'incinération des déchets, les émissions de CH₄ et de N₂O lors du traitement des eaux usées et le CH₄ produit lors du compostage. Les émissions liées à l'incinération suivent l'évolution du tonnage incinéré, qui a augmenté de 71 % entre 2001 et 2004.

La Figure ci-après donne l'évolution entre 1990 et 2004 des émissions des principales composantes du secteur des déchets. [→ Fig AIR 1-17]

Fig AIR 1-16 : Emissions de GES provenant du secteur des déchets en Région wallonne



Source : MRW-DGRNE-Cellule Air

3. Conséquences en Région wallonne

3.1. Climat en Région wallonne au 21e siècle

Sur la base du 3e rapport sur les changements climatiques du GIEC publié en 2001 et de l'étude réalisée par Marbaix et van Ypersele^{xxxvi} en 2004, les changements climatiques les plus probables attendus en Région wallonne durant le 21e siècle sont les suivants :

- une augmentation importante des températures d'ici à 2050, tant en été qu'en hiver. Vers 2100, la hausse des températures moyennes par rapport à la fin du 20e siècle serait comprise entre 1 et 5 °C en hiver et entre 1,5 et 7 °C en été ;
- une hausse de 3 à 30 % des précipitations hivernales d'ici la fin du 21e siècle (rares sont les prévisions inférieures à 10 %) et une évolution des précipitations estivales comprise entre un statu quo et une baisse pouvant atteindre environ 50 % ;
- une disparition progressive des hivers froids et de la couverture neigeuse associée.

A l'échelle de la Belgique, il est également prévu une augmentation du niveau des océans de 14 à 93 cm. On notera que même sous l'hypothèse d'une réduction drastique des émissions de gaz à effet de serre, le niveau des mers continuerait à monter durant les siècles à venir à l'échelle du globe, avec une élévation de 4 à 8 m d'ici l'an 3000, suite à la fonte des glaces et à la dilatation des masses d'eau océanique.

3.2. Augmentation des vagues de chaleur et des inondations

Il est difficile de se prononcer sur l'évolution future des phénomènes météorologiques extrêmes (tempêtes, inondations, vagues de chaleur, sécheresses, tornades...). La rareté de ce type de phénomènes, ainsi que la difficulté d'obtenir des séries de données de qualité suffisante pour le passé, ne permet généralement pas non plus de se prononcer sur les tendances actuelles d'évolution de ces phénomènes. Considérés de façon isolée, ils peuvent difficilement être attribués de façon indéniable au changement climatique planétaire en cours.

Ainsi, il reste délicat d'interpréter la canicule de l'été 2003, prise isolément, comme un indice significatif de changement climatique. Cependant, si une vague de chaleur intense isolée n'est pas une signature irréfutable de l'évolution climatique, le retour plus régulier de vagues de chaleur de ce type le serait déjà plus. Pour l'avenir, on notera à cet égard que, selon certaines projections du GIEC, une augmentation considérable de la probabilité de vagues de chaleur intenses est prévue pour nos régions au cours du 21^e siècle. D'ici 2100, le type d'événement extrême que nous avons connu durant l'été 2003 pourrait se produire un été sur deux. Il est à noter que l'été 2006 (juin-juillet-août) est le quatrième été le plus chaud jamais enregistré en Belgique, après 2003, 1976 et 1947. Les températures des mois de juillet et septembre 2006 sont les plus chaudes jamais enregistrées par l'IRM pour ces deux mois de l'année^{xxxvii}. L'automne 2006 est la saison la plus chaude jamais enregistrée. Avec une température moyenne de 13,9 °C, elle dépasse de 3,5 °C la normale saisonnière de 10,4 °C et bat largement le record précédent, qui datait de 2005 (12,3 °C)^{xxxviii}.

Par ailleurs, par rapport aux années 1970 et, de manière moins marquée, par rapport aux années 1980, la fréquence des inondations a déjà augmenté en Belgique depuis une quinzaine d'années^{xxxix}. (Voir EAU2) Des inondations majeures ont été enregistrées en 1995, 1998, 2002, 2003 et 2005. L'augmentation annoncée des précipitations hivernales pourrait conduire à un risque encore accru de subir de grandes crues en cette période de l'année. En été, dans le cas des pluies orageuses, l'augmentation future de la fréquence et de l'intensité des pluies intenses, simulée par certains modèles, pourrait contribuer à rehausser encore le niveau de risque^{xl}. Il est aussi à noter que certaines pratiques d'aménagement du territoire et de construction contribuent largement à amplifier le problème des inondations locales (notamment via une réduction de la perméabilité des sols et la construction de bâtiments dans des zones inondables).

3.3. Mutation annoncée de l'agriculture et des écosystèmes

La hausse des températures conduira à des modifications dans la structure de l'agriculture wallonne. Néanmoins, pour autant que cette augmentation de température reste limitée, le caractère annuel de la plupart des spéculations agricoles permettrait une mutation et adaptation rapide aux changements climatiques. Dans les faits, le réchauffement risque de diminuer le rendement d'une série de cultures existantes. L'augmentation de la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère aura aussi des conséquences positives sur la quantité de biomasse produite et ainsi compenser partiellement l'effet négatif de l'augmentation de la température.

En ce qui concerne les écosystèmes forestiers belges, diverses études scientifiques ont montré que l'enrichissement en CO₂ stimulera, dans un premier temps du moins, la croissance forestière^{xli}. Cependant, à moyen terme, cette augmentation de croissance induite par les niveaux de CO₂ sera limitée, d'une part, par la fertilité du sol et, d'autre part, par la sécheresse relative induite par l'augmentation des températures et la modification du régime des précipitations. Par exemple, lors de l'été 2003, la majorité des forêts européennes a vu sa croissance diminuer sévèrement alors que la dégradation de la matière organique s'est accélérée. Durant quelques semaines, les forêts sont alors devenues des sources nettes de CO₂.

La diminution attendue de la fréquence des hivers froids jouera en défaveur du développement de deux de nos essences principales : l'épicéa et le hêtre. Celles-ci ont besoin d'une période de repos de la végétation accompagnée de faible température.

Bien que le lien direct avec les changements climatiques ne soit pas avéré, il faut également signaler l'invasion récente des peuplements de hêtres par des insectes xylophages (scolytes), qui a eu pour conséquence de détruire plus de 10 % du volume de bois sur pied. Le changement climatique pourrait favoriser une extension de l'aire de répartition des insectes nuisibles vers le Nord. Ces dernières années, certains épisodes climatiques exceptionnels, tels que des tempêtes ou de longues périodes de sécheresse, ont aussi lourdement affecté les massifs forestiers. Les implications de tels événements ponctuels sont d'autant plus marquées que les peuplements sont affaiblis. (voir RES FOR3)

La biodiversité des écosystèmes naturels ou semi-naturels est également vulnérable aux changements climatiques. En raison de la migration des espèces animales et végétales vers le Nord, le nombre d'espèces méridionales recensées par région est en hausse (ce qui a déjà été observé dans certains cas en Belgique), tandis que le nombre d'espèces nécessitant un climat plus froid aura tendance à diminuer^{xlii}. L'arrivée d'espèces adaptées à un climat plus chaud sera une source de concurrence avec les espèces locales préexistantes.

Le changement climatique entraîne par ailleurs des perturbations complexes de l'équilibre des écosystèmes, en raison par exemple de la rupture de certaines chaînes alimentaires à la suite d'évolutions au sein des espèces. Des efforts ont été entrepris afin d'établir une classification (encore partielle à l'heure actuelle) des espèces répertoriées en Belgique, en fonction de leurs "exigences climatiques". Une certaine protection des espèces les plus menacées est envisageable sous la forme d'une réduction des contraintes d'ordre non climatique sur les écosystèmes, par exemple via la création de réserves naturelles et des couloirs de migration. Ce processus a cependant ses limites. Davantage de recherches et d'observations seront nécessaires pour pouvoir mieux évaluer la vulnérabilité potentiellement élevée du milieu naturel.

3.4. Effets sur la santé humaine

Il est indéniable que les canicules ont de lourdes répercussions négatives dans notre région. Par exemple, la vague de chaleur de l'été 2003 a eu des conséquences importantes en terme de santé publique. Ainsi, le nombre de décès supplémentaires en Belgique par rapport à la moyenne a été estimé à quelques 1 300 individus dans la tranche d'âge des 65 ans et plus^{xliii}, soit 19 % de décès

en plus durant les premières semaines d'août. Cet impact s'explique aussi partiellement par le manque d'expérience de la région dans ce domaine.

Étant donné que les vagues de chaleur engendrent généralement de fortes concentrations d'ozone, il faudra réaliser des études complémentaires afin d'évaluer l'importance respective de ces deux facteurs sur la santé. Néanmoins, la hausse des températures devrait également réduire la prévalence de certaines maladies hivernales (par exemple les maladies cardiovasculaires), même si aucune étude détaillée n'est disponible à ce propos pour la Belgique. (voir SANTE)

4. Les réponses

4.1. Réponse internationale

4.1.1. Engagement à court terme : Le Protocole de Kyoto

La première réaction internationale au changement climatique fut la création du GIEC par les Nations Unies en 1988, afin de disposer d'une évaluation objective du phénomène. En 1992, la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changement Climatiques (CCNUCC) dresse les bases de la politique internationale. Les pays industrialisés reconnaissent d'une part leur responsabilité actuelle et historique en matière d'émissions de GES, et, d'autre part, se fixent pour objectif la stabilisation des concentrations de ces gaz dans l'atmosphère. Cette convention a conduit, en 1997, au Protocole de Kyoto (PK) qui fixe un objectif chiffré de réduction des émissions durant une période de cinq ans, de 2008 à 2012. Au cours de cette période, les émissions de GES devront diminuer en moyenne de 5,2 % par rapport aux émissions de l'année de référence, ceci pour les 33 pays industrialisés qui ont ratifié le Protocole. L'ensemble des modalités d'application du PK ont été formellement adoptées à Montréal en décembre 2005, suite à l'entrée en vigueur du Protocole en février 2005, et l'on discute actuellement des nouveaux engagements envisagés après 2012.

Dans ce contexte international, les politiques et mesures belges visant à réduire les émissions de GES sont élaborées à différents niveaux de pouvoir, en fonction de la répartition des compétences entre l'État fédéral et les Régions. Chaque niveau de pouvoir fixe ses priorités en la matière. L'effort de réduction des émissions de gaz à effet de serre de la Belgique est de -7,5 % pour la période 2008-2012 (par rapport aux émissions de l'année de référence) et a été réparti entre les trois Régions et l'Etat fédéral en 2004, prenant en compte les spécificités de développement socio-économiques des entités belges. L'objectif de la Région wallonne est identique à l'objectif belge, les Régions flamandes et bruxelloises, dont les émissions ont augmenté depuis 1990, recevront une aide de l'Etat fédéral pour atteindre leur objectif. Un nouvel organe de coordination a été mis en place en 2002 afin d'harmoniser les politiques menées par les 4 gouvernements : la Commission Nationale Climat. La préparation des politiques et mesures nationales en matière de changement climatique s'appuie sur les plans établis par les autorités fédérales et régionales, mais aussi sur les directives et règlements européens en la matière.

[Encart : Commerce de permis d'émission](#)

Pour atteindre l'objectif de réduction des émissions de GES, le Protocole de Kyoto permet le recours à des mécanismes de flexibilité, qui peuvent être utilisés en supplément des mesures et politiques internes des états.

Comme le changement climatique est un problème mondial, indépendant du pays où ont été émis les gaz à effet de serre, le principe de ces mécanismes de flexibilité est de réaliser les efforts de réduction à un autre endroit (où les réductions sont moins chères ou plus simples à réaliser), tout en gardant le même objectif global de réduction. C'est le même principe qui sous-tend la mise en place du système *Emission Trading* au niveau européen.

L'expression "permis de polluer" est largement médiatisée. Or, lorsque les "permis de polluer" n'existaient pas, aucune limite d'émission de GES n'était fixée à aucun niveau. L'existence de ces permis signifie que les émissions sont maintenant comptabilisées et que la responsabilité en est attribuée à un pays ou une entreprise. Dès lors, même si le système qui se met actuellement en place est encore largement améliorable, il correspond malgré tout à une étape vers un plus grand contrôle environnemental.

Dans le cadre du Protocole de Kyoto, chaque pays industrialisé peut recourir à trois types de mécanismes de flexibilité :

Commerce d'unités : achat d'unités d'émission de GES aux autres pays industrialisés ayant signé le protocole. Un pays qui diminue ses émissions au-delà de son objectif chiffré peut vendre ses unités excédentaires sur le marché. C'est par exemple le cas de certains anciens pays de l'Est dont le secteur industriel s'est effondré après 1990. Dans le cadre du système européen d'échange de quotas d'émissions, le prix de la tonne de CO₂ se situe entre 12 et 16 euros en novembre 2006.

Mécanismes pour un Développement Propre (MDP ou *Clean Development Mechanism*, CDM) : la mise en oeuvre d'un projet qui vise à réduire les émissions de GES par rapport à un niveau de référence, correspondant aux émissions de GES qui auraient eu lieu en l'absence du projet. Ainsi, la création d'un parc d'éoliennes, la captation des émissions de méthane d'une décharge ou la construction d'une unité de biométhanisation peuvent constituer des projets MDP. Les projets de séquestration du carbone, via le boisement de terres dégradées, peuvent également être reconnus mais font l'objet de règles spécifiques. Le projet doit être réalisé dans un pays sans engagement de réduction I (pays qualifié de non industrialisé au sens du PK, mais ceci inclut par exemple l'Inde et la Chine) et doit contribuer au développement durable du pays hôte.

Mise en œuvre conjointe (MOC, ou Joint Implementation, JI) : Comparable au MDP, la différence essentielle étant qu'il concerne un projet réalisé dans un pays ayant un engagement de réduction dans le cadre du protocole de Kyoto.

4.1.2. La nécessité d'objectifs à long terme plus ambitieux

L'objectif ultime de la CCNUCC est de "stabiliser les concentrations de gaz à effet de serre dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. Il conviendra d'atteindre ce niveau dans un délai suffisant pour que les écosystèmes puissent s'adapter naturellement aux changements climatiques, que la production alimentaire ne

soit pas menacée et que le développement économique puisse se poursuivre d'une manière durable."

Selon Conseil de l'UE (2004), pour réaliser cet objectif ultime de la CNUCCC, l'augmentation de la température mondiale annuelle moyenne en surface ne doit pas dépasser 2 °C par rapport aux niveaux de l'époque préindustrielle. En effet, selon les travaux du GIEC (2001), une stabilisation des températures à +2 °C par rapport à la température préindustrielle permettrait probablement de maintenir les effets des changements climatiques à des niveaux supportables pour l'homme et les écosystèmes. Rappelons que la température moyenne annuelle au niveau mondial a déjà augmenté d'un tiers de cette valeur limite (0,7 °C en 2005).

En 2005, le Conseil Environnement de l'UE a réaffirmé cette position et l'a traduite sous forme d'objectifs de réduction des émissions globales et de concentration de CO₂ à ne pas dépasser.

Le Conseil, reconnaissant que la recherche scientifique récente indique qu'il est improbable qu'une stabilisation des concentrations de GES au-delà de 550 ppm éq-CO₂ soit compatible avec l'objectif de 2 °C, a conclu qu'une stabilisation des concentrations bien au-dessous de 550 ppm CO₂ peut être nécessaire.

En conséquence, le Conseil Environnement de l'UE (11 mars 2005) a conclu que: « l'Union européenne espère pouvoir bientôt examiner avec d'autres parties des stratégies applicables pour atteindre les réductions requises des émissions et pense que, dans ce contexte, il faudrait envisager pour le groupe des pays développés des pistes de réduction de l'ordre de 15 à 30 % d'ici 2020 et de 60 à 80 % d'ici 2050, comparées aux objectifs de base envisagés dans le protocole de Kyoto ».

Les réductions exigées par le protocole de Kyoto pour 2008-2012 sont donc un premier pas modeste, mais fondamental, vers des réductions bien plus importantes des émissions globales. Ces réductions ne pourront être réalisées qu'en recourant à l'ensemble des technologies actuellement disponibles^{xliv}, telles que l'utilisation accrue de la biomasse, l'amélioration de l'efficacité énergétique, le développement des énergies renouvelables, le piégeage et la séquestration géologique du carbone^{xlv} dans les situations où cette technique serait applicable sans risques inconsidérés, la lutte contre la déforestation.

4.2. Vers plus d'actions concrètes en Région wallonne

A l'échelle de la Région wallonne, diverses politiques et mesures ont d'ores et déjà été mises en œuvre afin de limiter les émissions de gaz à effet de serre, dans le cadre global de la CCNUCC et le Protocole de Kyoto.

Le 19 juillet 2001, le gouvernement wallon a adopté le *Plan d'action de la Région wallonne en matière de changements climatiques* qui fixe les balises de la politique climatique régionale. D'autre part, le *Plan Air-Climat* wallon, dont la publication est prévue en 2007, assure l'intégration des politiques et mesures « climat » dans le cadre général des politiques régionales environnementales et non-environnementales. Quelques politiques et mesures récentes issues de ces deux plans méritent d'être soulignées.

Tout d'abord, le système européen d'échange de droits d'émission a été mis sur pied en 2004, en application de la directive 2003/87/CE. Pour la première période 2005-2007, la Région a octroyé à 128 entreprises des quotas d'émissions de GES, sur la base d'audits énergétiques effectués dans chacune d'elles. Les incitations en vue de réduire les émissions industrielles de GES ont été renforcées par la possibilité de conclure des accords sectoriels volontaires (dits accords de branche), par lesquels, les principaux secteurs industriels s'engagent à améliorer leur efficacité énergétique. Le second plan d'allocation des quotas portera sur la période 2008-2012 et fera donc partie intégrante de la politique climatique de la Région dans le cadre du Protocole de Kyoto. Rappelons ici que l'industrie représente 45 % des émissions régionales de GES. (voir ENTR)

Deuxièmement, le Plan wallon pour la gestion durable de l'énergie (18 décembre 2003) a défini une série d'approches en vue d'intensifier la politique d'utilisation rationnelle de l'énergie (URE) et de développer des sources d'énergie renouvelables (SER). L'URE est encouragée par des subventions diverses (audits énergétiques...) ou par une déduction fiscale des investissements (isolation des maisons, remplacement des anciennes chaudières, ...). Ce plan a également pour but de produire 8 % d'électricité et 12 % de chaleur à partir des SER d'ici 2010. À cette fin, l'électricité «verte» est encouragée à travers l'attribution d'un quota minimum de certificats de SER à chaque fournisseur d'énergie («certificats verts»). (voir ENER)

Troisièmement, des mesures structurelles ont récemment été prises dans le secteur des transports, telles que l'amélioration des transports publics ou le système multimodal de transport de marchandises. Enfin, deux instruments législatifs sont entrés en vigueur dans les secteurs de l'agriculture et de la sylviculture : certains arrêtés ont été adoptés en application du décret relatif au permis d'environnement (11 mars 1999) et l'arrêté du gouvernement wallon relatif à la gestion durable de l'azote en agriculture (10 octobre 2002). Bien que conçus pour répondre aux problèmes de l'excès de nitrates dans les eaux souterraines et de surface, ces deux mesures ont pour effet indirect une réduction des émissions de N₂O. Dans le secteur des déchets, la mise en œuvre du Plan Déchets a conduit à une diminution de la quantité totale de déchets mis en centres d'enfouissement technique (CET) et de leur contenu en matière organique. Cela a pour effet une diminution des quantités de matière organique mises en CET, dont la fermentation produit du méthane. Ce plan encourage également la récupération du biogaz des CET, laquelle a connu un développement significatif depuis 1993, avec pour résultat une diminution substantielle des émissions nettes de méthane provenant des CET. (voir DEC)

Selon l'évolution actuelle des émissions, la Région wallonne a actuellement accompli plus de 70 % de son engagement par des réductions internes des émissions. Le recours aux mécanismes de flexibilité est envisagé qu'en supplément de ces réductions internes. En outre, la Région prépare la mise en œuvre d'ici 2010 de mesures internes additionnelles.

Ces mesures, centrées sur l'amélioration de l'efficacité énergétique, l'utilisation de combustibles plus propres et le recours aux meilleures techniques disponibles, sont détaillées dans les différents plans (Plan Air, Plan Energie, Plan National Climat). Elles visent, par exemple, à favoriser l'URE, à optimiser l'efficacité énergétique, à promouvoir le recours au biocarburant ou encore à stimuler l'utilisation de modes de transport moins polluants. La Région wallonne devrait également bénéficier des effets des mesures envisagées au niveau fédéral (fermeture progressive des centrales électriques alimentées au charbon, concrétisation du RER, révision de la fiscalité

automobile...) ainsi que de l'application de plusieurs directives européennes (énergies renouvelables, cogénération, limitation de l'usage des gaz fluorés...).

Vu le caractère extrêmement transversal du Plan Air-Climat dont la publication est prévue en 2007, plusieurs politiques et mesures qui s'y intègrent directement ou indirectement sont détaillées dans les chapitres sectoriels. Des indicateurs sont également en cours d'élaboration afin de pouvoir assurer une évaluation régulière et objective de la mise en œuvre du plan.

4.3. La Région wallonne doit s'adapter au changement climatique

Bien que des effets positifs des changements climatiques ne soient pas exclus (stimulation de la croissance chez les plantes, diminution du recours au chauffage en hiver...), de nombreux impacts devraient être néfastes. La stratégie d'adaptation la plus efficace concerne donc les politiques, les pratiques et les projets susceptibles de limiter les dommages et/ou de créer des opportunités associées au changement climatique.

Au niveau mondial lors de la réunion des instances de la CCNUCC à Buenos Aires en décembre 2004, les pays signataires (appelés *Parties à la convention*) se sont engagés à développer un programme de travail quinquennal structuré sur les aspects scientifiques, techniques et socioéconomiques des impacts, de la vulnérabilité et de l'adaptation au changement climatique. Au niveau européen, jusqu'ici, les considérations liées à l'adaptation aux changements climatiques n'ont pas été intégrées à grande échelle dans les politiques environnementales (biodiversité, protection des eaux de surface...) ou autres (politique agricole commune). Néanmoins, plusieurs programmes de recherche évaluant les implications des impacts potentiels du changement climatique ont été planifiés ou sont sur le point d'être lancés, au niveau européen et belge (fédéral et régional).

A l'échelle de la Région wallonne, les informations actuellement disponibles laissent à penser que les voies d'eau et l'exploitation forestière seront partiellement vulnérables, même dans le cas d'une hausse de la température régionale moyenne inférieure à 3 °C (par rapport à l'ère préindustrielle) en été d'ici 2100. Les ressources en eau, les risques d'inondations et la santé humaine pourraient également devenir des sources de préoccupation dans le cadre de ce scénario, bien qu'une plus grande incertitude règne en la matière. Avec une hausse des températures supérieure ou égale à 3 °C, les écosystèmes et les forêts seront vraisemblablement sujets à de sérieuses menaces, tandis que les sécheresses et les vagues de chaleur seront une source de préoccupation majeure en matière de santé. Les mesures d'adaptation existantes sont concentrées sur la gestion des risques de crues des voies d'eau et le secteur forestier.

Ainsi, le système intégré de gestion hydrologique WACONDAH (WATER CONTROL DATA FOR Hydrology and water management) a été mis au point pour que la Direction des Etudes hydrologiques et statistiques (D.212) du MET puisse jouer de manière efficace son rôle dans la gestion des crues. La D.212 dispose des données provenant d'un réseau dense d'appareils de mesure de paramètres hydrologiques en temps réel. A l'aide de ces mesures, le système WACONDAH, qui intègre également des prévisions météorologiques, permet de connaître en

temps réel l'état des eaux et de prévoir l'évolution des débits et des niveaux d'eau dans le but, notamment, de l'annonce de crues. WACONDAH permet également de disposer de données pour la conception d'ouvrages d'art hydrauliques ou l'aide à l'établissement de zones d'inondations et donc, à l'aménagement du territoire.

Depuis une quinzaine d'années, les administrations régionales responsables de la gestion forestière ont surtout contribué à favoriser le remplacement des résineux, tels que l'épicéa et le pin sylvestre, par d'autres essences mieux adaptées aux hivers doux et pluvieux, comme le Douglas. Des incitants réglementaires et financiers sont utilisés, en particulier sous la forme de subsides accordés aux plantations qui suivent un guide des espèces adaptées au climat actuel. *In fine*, ce sont les peuplements forestiers les moins adaptés à leur milieu naturel qui seront les premiers touchés par les changements climatiques. Ainsi, les pratiques sylvicoles visent à favoriser les essences les mieux adaptées aux conditions locales (actuelles) du milieu, ce qui constitue une première étape dans l'adaptation aux changements futurs. La diversification des essences et la conservation d'écosystèmes peu modifiés par l'homme contribuent également à améliorer la capacité d'adaptation des forêts aux changements. Bien que la réglementation n'en tienne pas encore explicitement compte, l'évolution future du climat est de plus en plus prise en considération dans les choix de plantations. Le renforcement de mesures visant à limiter les chablis est également envisagé (éclaircies, diminution de la densité des peuplements...).

Enjeux et perspectives

" Le changement climatique est la plus grande faillite de l'économie de marché que le monde ait jamais connue. Les preuves scientifiques sont maintenant accablantes : le changement climatique constitue une menace planétaire grave et exige une réponse mondiale de toute urgence. Nos actions aujourd'hui et au cours des décennies à venir pourraient engendrer des risques de perturbations majeures pour l'activité économique et sociale, sur une échelle semblable aux perturbations associées aux grandes guerres et à la dépression économique de la première moitié du XX^e siècle. Et il sera difficile, pour ne pas dire impossible, de faire machine arrière.

La maîtrise du changement climatique est la stratégie favorable à la croissance pour le plus long terme et elle peut se faire d'une façon qui n'impose pas de limite aux aspirations à la croissance des pays riches ou pauvres. Plus tôt l'on adoptera une action efficace, moins le coût en sera élevé."

Sir Nicholas Stern, Economiste en chef et Vice-président de la Banque Mondiale de 2000 à 2003, chef des Services économiques du Gouvernement britannique.

La réalité des changements climatiques fait partie du présent et plus seulement d'un lointain futur. Chacun peut aujourd'hui constater l'augmentation progressive des événements climatiques exceptionnels, tant par leur fréquence que leur intensité. Les sécheresses, inondations, vagues de chaleur ou orages violents vont se multiplier dans les prochaines décennies. Dans le futur, le nombre des réfugiés climatiques dépassera probablement de loin celui des réfugiés politiques. Selon certaines estimations, d'ici 2050, deux cents millions de personnes pourraient être

déplacées de façon permanente en raison de la hausse du niveau de la mer, d'inondations plus fortes et de sécheresses plus intenses.

Au niveau scientifique, aucun doute ne subsiste sur l'origine des changements climatiques actuels. Il est en majorité dû aux émissions massives de gaz à effets de serre, qui proviennent essentiellement de notre consommation de combustible. La fin annoncée du pétrole ne résoudra pas le problème, sachant que les réserves actuelles de charbon sont nettement supérieures à l'ensemble du pétrole consommé durant l'ère industrielle. C'est un changement radical et rapide de nos sociétés en matière de production et de consommation d'énergie qui est nécessaire pour envisager un futur qui nous serait acceptable. Cela passe autant par la mise en place d'accords internationaux et de politiques sectorielles par les gouvernements, que par la remise en question de nos habitudes au quotidien.

En Région wallonne, les émissions ont diminué de 5,4 % durant la période 1990-2004. Dans le cadre du Protocole de Kyoto, la Région wallonne s'est engagée à une réduction des émissions de -7,5% durant la période 2008-2012. Selon les dernières projections disponibles, elle devrait respecter cet engagement, majoritairement via des réductions internes des émissions. Les principales causes des réductions observées depuis 1990 sont : le remplacement du charbon par le gaz naturel, tant dans l'industrie que dans les centrales électriques et le secteur résidentiel; les fermetures d'entreprises dans le secteur sidérurgique; les améliorations de l'efficacité énergétique et des procédés dans l'industrie, et enfin la récupération et la valorisation du méthane dans les centres d'enfouissement techniques.

Certaines mesures récentes dans le domaine de l'énergie, telles que l'encouragement des énergies renouvelables via les certificats verts ou les incitatifs financiers à l'isolation des bâtiments, auront un impact significatif sur les émissions dans les prochaines années. Par contre l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre liées au transport routier est continue depuis 1990 et ne semble pas se ralentir. C'est la première cause d'augmentation des émissions en Région wallonne. Les émissions des secteurs tertiaire et résidentiel augmentent également, malgré l'existence d'un important potentiel de réduction.

Selon l'Union Européenne et de nombreux experts, une réduction des émissions mondiales de 60 à 80 % à l'horizon 2050 serait nécessaire pour maintenir les effets des changements climatiques à des niveaux supportables pour l'homme et les écosystèmes. La Région wallonne devra donc aussi envisager des mesures de réduction des émissions nettement plus ambitieuses dans les années qui viennent, pour assumer sa part de l'effort mondial à accomplir.

Références

- Glossaire du GIEC : <http://www.greenfacts.org/fr/dossiers/changement-climatique/toolboxes/glossary.htm>
- Site de vulgarisation de J.-M. Jancovici: www.manicore.com
- Rapports du GIEC (IPCC) : www.ipcc.ch
- Site de la CNUCCC : www.unfccc.int
- Site de scientifiques travaillant sur le climat : www.realclimate.org
- Impacts des changements climatiques en Belgique :Marbaix et van Ypersele, www.greenpeace.be
- <http://www.sternreview.org.uk>
- Rapport Stern : <http://www.sternreview.org.uk>

Les Rapports sur “l’état de l’environnement wallon” sont établis par la Direction générale des Ressources naturelles et de l’Environnement (DGRNE) du Ministère de la Région wallonne, en étroite collaboration avec les universités et les centres de recherche francophones de Wallonie et de Bruxelles (Art. 5 du Décret du 21 avril 1994 relatif à la planification en matière d’environnement dans le cadre du développement durable).

Le 31 mai 2002, le Gouvernement wallon a adopté une convention -cadre pour financer la mise en place d’une coordination inter-universitaire, fondée sur une équipe scientifique permanente et sur un réseau d’expertise. Cette convention-cadre a été passée avec le Centre d’Etude du Développement Durable (CEDD) de l’Institut de Gestion de l’Environnement et d’Aménagement du Territoire (IGEAT) de l’Université Libre de Bruxelles (ULB). L’équipe scientifique est pluridisciplinaire et travaille avec la DGRNE qui assure la coordination générale. Les chercheurs comme les experts scientifiques sont issus de différentes universités.

<http://mrw.wallonie.be/dgrne/eww/>

Manière de référencer les dossiers scientifiques

GUNS, A., PERRIN, D. 2006. *Les changements climatiques*. Dossier scientifique réalisé dans le cadre de l’élaboration du Rapport analytique 2006-2007 sur l’Etat de l’Environnement wallon. Rapport final de Convention MRW-DGRNE. Namur. 42p.

ⁱ F.Denhez, Atlas de la menace climatique, Editions autrement, 2005.

ⁱⁱ Pour plus d’informations consultez : <http://www.atmosphere.mpg.de/enid/2tv.html>

ⁱⁱⁱ ppm=ppmv : parties par million en volume, avec 1 ppm = 1 cm³ de gaz par m³ d’air.

ppb = ppbv : parties par milliard en volume, avec 1 ppb = 1 mm³ de gaz par m³ d’air.

^{iv} Petit, J.R., D. Raynaud, C. Lorius, J. Jouzel, G. Delaygue, N.I. Barkov, and V.M. Kotlyakov. 2000. Historical isotopic temperature record from the Vostok ice core. + J.M. Barnola, D. Raynaud, C. Lorius and N. I. Barkov .Historical CO2 Record from the Vostok Ice Core. In Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. <http://cdiac.esd.ornl.gov/trends/trends.htm>

^v Jancovici, www.manicore.com

^{vi} **Prévision du climat**

La prévision du climat est le résultat d’une tentative visant à décrire ou à estimer au mieux l’évolution effective du climat dans l’avenir, que ce soit à l’échelle de la saison, de l’année ou à plus long terme.

Projection climatique

Projection de la réaction du système climatique à des [scénarios d’émissions ou de concentration](#) de gaz à effet de serre et d’[aérosols](#), ou à des [scénarios de forçage radiatif](#), souvent fondés sur des simulations effectuées à l’aide de [modèles](#)

climatiques. Les projections climatiques se distinguent des prévisions du climat en ce sens que les projections climatiques sont fonction des scénarios d'émissions, de concentration ou de forçage radiatif utilisés, qui reposent sur des hypothèses concernant, par exemple, l'évolution socio-économique et technologique à venir. Or, ces hypothèses peuvent se réaliser ou non et sont donc sujettes à une forte incertitude.

^{vii} Exemple de **rétroaction positive** : les glaces de mer réfléchissent une plus forte proportion du rayonnement solaire incident que la surface de la mer (autrement dit, elles ont un *albédo* plus élevé, ce qui entraîne une perte d'énergie en surface). C'est pourquoi toute réduction des glaces de mer, induite par un réchauffement initial de cause quelconque, se traduit par une rétroaction positive (amplification du phénomène) sur le réchauffement climatique aux latitudes élevées. De nombreux processus climatiques qui entraînent des rétroactions positives ou négatives sont connus et sont plus ou moins bien modélisés, selon les cas. (GIEC, 2001).

^{viii} http://www.metoffice.com/research/hadleycentre/CR_data/Monthly/Hadplot_globe.gif)

^{ix} www.eea.eu.int

^x En 1998, le phénomène climatique El Nino a contribué à l'élévation de la température moyenne.

^{xi} Le Hadley Center mentionne 1998 comme année la plus chaude (suivie de 2005) car il ne prend pas en compte dans ses moyennes les températures mesurées dans les zones polaires.

^{xii} <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/2005/>

^{xiii} www.ipcc.ch

^{xiv} <http://www.ipcc.ch/pub/un/giecg1.pdf>

^{xv} « probable » signifie un degré de probabilité de 66 à 90 % selon la terminologie du GIEC

^{xvi} <http://sfgate.com/cgi-bin/object/article?o=5&f=/c/a/2004/12/17/MNGARADH401.DTL>

^{xvii} Il faut noter que la fourchette des réchauffements calculée par les modèles climatiques s'explique à la fois par la sensibilité différente des modèles à une augmentation des GES et par les scénarios d'émissions de GES retenus pour les calculs.

^{xviii} Un nouveau rapport est en préparation et sera publié en 2007.

^{xix} La complexité des processus du système climatique ne permet pas d'extrapoler l'évolution passée ou d'employer des méthodes statistiques ou toute autre technique purement empirique aux fins de projection. Par contre, les modèles climatiques peuvent servir à simuler les réactions du système climatique à différents scénarios. Ces modèles climatiques globaux sont fondés sur des lois physiques représentées par des équations mathématiques, résolues au moyen d'une grille tridimensionnelle couvrant l'ensemble du globe. Pour simuler le climat, il faut représenter dans des sous-modèles les principaux éléments du système climatique (atmosphère, océan, terres émergées, cryosphère et biosphère) ainsi que les processus qui se manifestent dans ces divers éléments et entre eux (notamment les différentes rétroactions positives ou négatives).

^{xx} National Academy of Sciences Committee on the Science of Climate Change, *Climate Change Science: An Analysis of Some Key Questions* (National Academy Press, Washington, DC, 2001).

^{xxi} Roger A. Pielke, Jr.; and Naomi Oreskes (13 May 2005) *Science* **308** (5724), 952.

^{xxii} *Courrier International*, Hors série, oct-nov-déc 2006.

^{xxiii} discours prononcé à Nairobi lors de la 12e Conférence des Parties au Protocole de Kyoto le 15 novembre 2006.

http://www.un.org/webcast/unfccc/2006/statements/061115annan_e.pdf

^{xxiv} les chiffres cités ici sont téléchargeables sur le site www.unfccc.int

^{xxv} http://pdf.wri.org/navigating_numbers_chapter4.pdf

^{xxvi}

^{xxvii} Les modèles de simulation « bottom-up » expliquent les consommations énergétiques et les émissions de GES à partir d'une représentation détaillée des sources d'émissions et des principaux facteurs déterminants de l'évolution de la demande d'énergie. Etant donné que le modèle EPM intègre dans ses estimations la pénétration des techniques de production modernes en cherchant à optimiser secteur par secteur les coûts de réduction des émissions, les estimations obtenues correspondent à un scénario de type « moindre coût » (least cost).

Depuis juin 2005, un nombre limité de modifications ont été introduites par la DGRNE afin de mieux refléter certains développements récents, notamment au niveau industriel. Les mécanismes flexibles introduits dans les projections sont liés à la participation de la Région Wallonne au fond multilatéral « CDCF » de la Banque Mondiale.

^{xxviii} Les méthodologies et leurs modifications sont expliquées de façon détaillée dans le *Rapport National d'Inventaire belge*, auquel la Région wallonne contribue, et qui est envoyé chaque année à la CCNUCC (http://unfccc.int/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/items/3734.php)

^{xxix} En matière d'utilisation de biomasse, notons aussi que les secteurs du papier et de la pâte à papier utilisent depuis toujours une partie du bois brut comme combustible.

^{xxx} La consommation primaire représente l'utilisation directe de combustibles. La consommation d'électricité est par exemple une consommation secondaire : l'énergie est utilisée par le consommateur final, mais les émissions liées à la production d'électricité sont imputées au secteur des industries de l'énergie. Actuellement, il n'est pas possible de répartir les émissions du secteur électrique entre les consommateurs finaux.

^{xxx}ⁱ La décarbonatation consiste à "extraire" le CO₂ contenu dans le carbonate de calcium, en vue de produire de la chaux, qui est elle-même une matière première pour la production de ciment.

^{xxx}ⁱⁱ MRW, DGATLP, CPDT, 2005. Protocole de Kyoto : aménagement du territoire, mobilité et urbanisme.

^{xxx}ⁱⁱⁱ Le transport aérien international n'est actuellement pas comptabilisé dans le cadre du Protocole de Kyoto, en raison des difficultés de méthodologie que pose l'attribution des émissions à un pays précis (détermination de la nationalité de la compagnie, des pays de décollage et d'atterrissage, ...)

^{xxx}^{iv} D. Perrin (2005) « Flux de respiration de sols forestiers : analyse et modélisation à différentes échelles spatiales et temporelles ». Thèse de doctorat, Gembloux. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques, 164 p., 35 tab., 62 fig.

^{xxx}^v Comme dans les autres secteurs les émissions de CO₂ provenant de la biomasse ne sont pas comptabilisées dans les émissions nettes. Dans le cas des déchets ceci concerne la part organique des déchets incinérés, mais aussi le CO₂ issu de la combustion du méthane produit par la fermentation dans les CET, dans la mesure où ce méthane provient d'un processus biologique et est converti en CO₂ dès son captage. Le méthane produit lors du compostage est par contre comptabilisé.

^{xxx}^{vi} Marbaix P. et van Ypersele J.-P. (Eds), Impacts des changements climatiques en Belgique, étude financée par Greenpeace, Bruxelles, 2004, 44pp., disponible sur <http://www.greenpeace.be> et <http://www.climate.be/impacts>

^{xxx}^{vii} http://www.meteo.be/francais/index.php?menu=Menu1_3_3

^{xxx}^{viii} http://www.meteo.be/francais/index.php?menu=Menu1_3_3

^{xxx}^{ix} <http://voies-hydrauliques.wallonie.be/xsl/hydro/sethy.html>

^{xl} d'Ieteren et al, 2004, Effets du changement climatique en Belgique, Impacts potentiels sur les bassins hydrographiques et la côte maritime. CESE-ULB et ECOLAS, étude financée par l'IRGT/KINT, disponible sur www.irgt-kint.be

^{xli} Laitat *et al*, 2002, Etude de la séquestration du carbone par les forêts selon l'affectation des terres. Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux. Etude financée par le Ministère Wallon de l'Agriculture.

^{xlii} Hambuckers, 2005, Effect of climate warming on biodiversity in Belgium. Submitted to Biodiversity and Conservation Journal

^{xliii} 4^e Communication Nationale de la Belgique sur les Changements Climatiques.

^{xliv} *Stabilization Wedges : Solving the Climate Problem for the next 50 years with current Technologies*, S. Pacala et R. Socolow, Science, vol 305, pp 968- 972, 13 août 2004; <http://www.sternreview.org.uk>

^{xliv} http://arch.rivm.nl/env/int/ipcc/pages_media/SRCCS-final/IPCC%20F.pdf