

République Française

Seconde Communication Nationale à la Convention Cadre sur le Changement Climatique

Novembre 1997

RESUME ANALYTIQUE

I. CIRCONSTANCES NATIONALES

La politique énergétique menée par la France depuis le premier choc pétrolier a déjà permis de réduire très sensiblement les émissions de CO₂ et donc la contribution de la France à l'effet de serre. Cette politique s'est notamment appuyée sur les éléments suivants :

- la définition de réglementations strictes visant à favoriser les économies d'énergie. La réglementation thermique de l'habitat constitue à cet égard un exemple illustratif ;
- l'utilisation de la fiscalité. Le niveau élevé des taxes sur les carburants supérieur à celui pratiqué par la plupart des pays de l'annexe 1, a fortement contribué par le passé à limiter les émissions de CO₂. Par ailleurs, de nombreuses incitations fiscales visant à améliorer l'efficacité énergétique ont été mises en place dès 1974, notamment dans l'industrie et l'habitat ;
- un important programme de sensibilisation aux économies d'énergie et à l'efficacité énergétique. La France dispose depuis 1974, pour mettre en oeuvre ces actions, d'une Agence pour les économies d'énergie qui a agi sur la demande finale et auprès des industriels, constituant au fil des ans un pôle de compétence et d'expertise ;
- le développement d'un parc nucléaire important qui permet de réduire les émissions de CO₂ non seulement en France mais également dans les autres Etats membres de l'Union européenne.

Compte tenu de l'intensité des efforts déjà accomplis et des résultats obtenus, le coût des mesures nouvelles susceptibles d'être prises en France sera souvent plus élevé que dans les autres pays de l'Union européenne ou de l'OCDE. C'est pourquoi la France estime indispensable que le coût, par tonne de carbone évitée, des actions de réduction des émissions retenues dans les programmes nationaux soit d'un niveau voisin pour les divers pays de l'annexe I de manière à respecter le principe d'efficacité économique et le principe pollueur payeur.

II. INVENTAIRE DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Le tableau suivant récapitule les émissions de l'ensemble des gaz à effet de serre. Cet inventaire a été établi à partir de l'inventaire CORINAIR transposé dans le format GIEC.

**Tableau récapitulatif
des émissions de gaz à effet de serre de la France**

	Emissions 1990 (en Mt)	Emissions 1995 (en Mt)	Evolution 1990/95 (%)
CO₂			
Emissions tous secteurs	378	385	1.8
Utilisation d'énergie	357	364	2
Autres émissions	21	21	0
CO₂ - Absorption par les sols et les forêts	-33	-47	42
CO₂ - Emissions totales nettes	345	338	-1.9
(Soutes internationales - pour mémoire)	17.5	16.8	-4
CH₄	3.02	2.84	-5.7
N₂O	0.182	0.173	-4.5
CO₂ + CH₄ + N₂O (Mt équivalent CO₂)	465	451	-3
NO_x	1.91	1.78	-6.9
COV	3.15	2.77	-12.2
CO	11.35	9.47	-16.6
SO₂	1.35	1.05	-22.3

(*) Pouvoir de réchauffement global (PRG) sur 100 ans, d'après GIEC 1995.

1. Emissions de CO₂

Rapportées par habitant et par point de P.I.B., les émissions totales nettes de dioxyde de carbone de la France sont particulièrement basses pour un pays industrialisé : 6.07 tonnes de CO₂ par habitant et 0.053 tonne de CO₂ par millier de FF, en 1990. La répartition par secteur des émissions de CO₂ dues à la combustion d'énergie fossile était la suivante en 1990 :

Emissions de CO₂ dues à la combustion d'énergie fossile en 1990

Secteur émetteur	Emissions brutes	Proportion par rapport aux émissions totales
Energie (Production et Transformation)	82 Mt	23 %
Industrie	50 Mt	14 %
Transports	125 Mt	35 %
Résidentiel / Tertiaire	90 Mt	25 %
Agriculture	10 Mt	3%
TOTAL	356 Mt	100 %

L'évolution des émissions nettes de CO₂ sur la période 1990/1995 s'explique par:

- l'évolution de l'activité économique, en particulier la récession de 1993, qui a entraînée une chute des émissions brutes de CO₂, notamment celles liées à l'utilisation d'énergie fossile, cette même année ;
- l'amélioration sensible de la disponibilité du parc nucléaire d'EDF depuis 1992, qui permet, toutes choses égales par ailleurs, un moindre recours au parc thermique classique centralisé ;
- la poursuite de la progression des émissions du secteur des transports, conformément à la tendance observée sur longue période, même si le rythme semble s'infléchir quelque peu ;
- la croissance relativement forte des émissions des DOM/TOM (+25% sur 1990/1995), même si elles restent d'un niveau relativement faible (environ 3 MtC/an en 1995).
- la progression forte de l'absorption nette de carbone par les forêts, sous l'effet conjugué de l'accroissement de la production annuelle de biomasse et de la baisse des prélèvements, l'année 1990 correspondant à un niveau anormalement élevé de récolte de bois d'oeuvre.

Par ailleurs, il convient de citer également des éléments aléatoires comme la variabilité du climat, qui affecte la demande de chauffage, ainsi que le niveau de productibilité hydraulique.

2. Emissions de CH₄

Les données mentionnées pour les émissions de méthane et de protoxyde d'azote restent relativement imprécises, notamment compte tenu des incertitudes afférentes aux techniques d'évaluation de ces émissions dans l'agriculture et dans les décharges.

Les émissions de méthane se sont élevées en 1990 à environ **3 millions de tonnes**, provenant à plus de 55 % des activités agricoles, 25 % des activités d'élimination de déchets, et plus particulièrement de leur mise en décharge, et pour plus de 15 %, d'émissions fugitives lors de l'extraction et de la distribution des combustibles, les émissions restantes se produisant lors de leur utilisation. Les émissions de méthane correspondent environ à 12 % des émissions de gaz à effet de serre direct, exprimées en équivalent CO₂.

Les émissions de méthane de l'agriculture sont relativement stables sur la période 1990/1995, la hausse sur les émissions liées à la gestion des déjections animales étant compensée par la baisse des émissions dues aux fermentations entériques.

Depuis 1970, la France a sensiblement réduit ses émissions dues à la production de charbon et à la distribution de gaz, compte tenu de la fermeture de nombreuses mines depuis les années 70 et des investissements affectés à l'amélioration des réseaux de distribution de gaz.

Par contre, l'augmentation du volume des déchets putrescibles mis en décharge, a contribué au cours des années 80 à un accroissement notable des émissions de méthane de ce secteur. La politique de suppression des décharges décidée en 1992 n'a pu encore faire sentir ses effets et les émissions continuent leur progression sur 1990/1995.

3. Emissions de N₂O

Les émissions de N₂O se sont élevées en 1990 à environ **180 000 tonnes**, provenant à 50% de procédés industriels, et à 30 % de l'utilisation des engrais en agriculture.

L'évolution des émissions sur 1990/1995 est assez peu marquée. A noter la baisse des émissions de N₂O de l'agriculture, liée à la baisse des épandages d'engrais, notamment dans le secteur des grandes cultures.

4. Emissions de HFC, PFC et SF₆

Un inventaire des émissions de ces gaz à effet de serre permettant de déterminer avec précision les quantités émises en France devrait être réalisé au cours de l'année 1997.

Certaines indications peuvent toutefois être tirées de la consommation annuelle française de produits susceptibles d'en entraîner :

- **HFC 134 - A** : 416 tonnes à partir d'aérosols, 166 tonnes à partir de mousses, 1250 tonnes dans la réfrigération et la climatisation ;
- **HFC 143 - A et 125** (réfrigération commerciale) : 165 tonnes ;
- **HFC 23** (agents extincteurs) : 4,1 tonnes.

Cette consommation correspond à des émissions annuelles *potentielles* de 0.81 Mt d'équivalent carbone fossile.

Des indications peuvent également être données sur un PFC émis dans la production d'aluminium, par l'effet d'anode : le **CF₄**. Les émissions de ce gaz étaient évaluées par PECHINEY à 308 tonnes en 1990, soit environ 0.43 Mt d'équivalent carbone fossile.

Enfin le volume de **SF₆** acheté annuellement pour remplacer les quantités de gaz échappé des matériels de transport et de distribution d'électricité est égal à 5,9 tonnes, correspondant à une émission probable 0.04 Mt d'équivalent carbone fossile.

5. Précurseurs d'ozone troposphérique et SO₂

Les émissions d'oxydes d'azote, de composés organiques volatils, de monoxyde de carbone et de SO₂ sont estimées respectivement à environ 1,9 million de tonnes, 3.1 millions de tonnes, 11 et 1.35 millions de tonnes en 1990. L'utilisation d'énergie fossile constitue de loin la principale source d'émissions de ces gaz, sauf pour les émissions de COV, où une partie également importante des émissions provient de l'utilisation de solvants.

L'ensemble de ces émissions sont en baisse sensible sur la période 1990/1995 (entre -7 et -22% selon les composés considérés).

III. DESCRIPTION DES POLITIQUES ET MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

1. Réduction des émissions de CO₂

1.1. Bâtiments

La France mène dans ce secteur une politique vigoureuse de maîtrise de l'énergie depuis le premier choc pétrolier qui s'appuie sur des mesures réglementaires visant les bâtiments neufs et des mesures incitatives visant les bâtiments existants.

1.1.1. Bâtiments neufs

La France a pris dès 1974, en association étroite avec les professionnels de la construction, l'initiative de réglementations imposant aux constructions neuves des exigences d'isolation thermique. Le caractère peu réversible des choix faits dans le domaine de la

construction neuve a incité la France à progresser encore et à anticiper dès à présent la croissance progressive des contraintes qui seront mises en place pour prévenir l'effet de serre.

- **La réglementation thermique habitat va être renforcée** à partir du 1/1/1999 par un relèvement de ses exigences correspondant au gain énergétique obtenu en substituant un double vitrage faiblement émissif à un double vitrage ordinaire. Cette mesure représente une réduction de 5 à 10% des besoins de chauffage.
- **La réglementation thermique du secteur tertiaire, très en retrait par rapport à la réglementation habitat, va être renforcée avec un objectif une réduction de 25% de la consommation énergétique.** Elle sera effective avant le 1/4/1998 pour les bâtiments non climatisés et avant le 1/6/2000 pour les bâtiments climatisés.

1.1.2. Information des usagers

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/1996 a décidé de l'obligation de fournir une estimation normalisée du montant annuel des frais de consommation d'énergie des logements ou locaux à usage tertiaire proposés à la vente ou à la location.

1.1.3. Bâtiments existants

A partir du premier choc pétrolier de 1973, la France a développé une vigoureuse politique de maîtrise de l'énergie dans le domaine des bâtiments existants et des améliorations substantielles ont ainsi été apportées. Cependant, des interventions rentables au titre de la maîtrise de l'énergie restent à effectuer et cette politique sera poursuivie **par des mesures portant sur l'information des usagers, la réglementation et la normalisation des performances des équipements neufs et par des incitations aux travaux de maîtrise de l'énergie.**

1.1.4. Développement de l'utilisation du bois dans la construction

La France a décidé d'engager une action pour développer l'utilisation du bois dans la construction, qui comporte trois volets:

- le développement des actions de promotion du bois dans la construction ;
- la levée des facteurs de blocage à une utilisation plus large du bois dans la construction par des actions de recherche, de développement et de vulgarisation ad hoc ;
- le développement d'une stratégie de l'offre de produits ou de semi-produits industriels s'appuyant sur le secteur du sciage.

L'objectif est de stocker ainsi 0.35 MtC supplémentaires à l'horizon 2010, par rapport à 1990.

1.2. Industrie

Des concertations avec les entreprises des branches les plus consommatrices d'énergie sont en cours en vue d'aboutir à la signature d'engagements volontaires qui permettent d'exploiter une part significative d'un gisement potentiel d'économie de carbone fossile estimé à 5 MtC sur la base du niveau d'activité de 1990. **A ce jour, des engagements volontaires ont été signés avec six partenaires (branches ou industriels), correspondant à une réduction de 1,2 MtC/an de leurs émissions en 2000 par rapport à 1990.**

Parallèlement, la politique d'aides publiques à la maîtrise de l'énergie dans l'industrie, comprenant des aides financières (soutien à la recherche développement, aides à la démonstration pour des investissements exemplaires), et des incitations fiscales (amortissement exceptionnel, exonération ou réduction de l'assiette de diverses impôts indirects), sera poursuivie.

1.3. Transports

1.3.1. Transports de marchandises (hors utilitaires légers)

Les actions engagées par la France dans ce secteur sont de trois types :

- actions techniques sur les véhicules afin de réduire les consommations spécifiques des poids lourds ;
- actions institutionnelles portant sur l'organisation du transport routier de marchandises, le respect de la réglementation sociale, et la tarification ;
- effort de stabilisation des parts modales grâce, d'une part, au développement du transport intermodal avec un effort particulier sur le transport combiné rail-route et, d'autre part, à l'amélioration du réseau fluvial.

1.3.2. Transports de voyageurs et utilitaires légers

La France entend promouvoir **la réduction du niveau moyen, dans l'Union Européenne, des consommations spécifiques des véhicules neufs**. La France s'associe pleinement aux Conclusions du Conseil du 25 juin 1996 affichant l'objectif d'un niveau moyen d'émissions de CO₂ pour les voitures neuves commercialisées dans l'Union européenne de 120 gCO₂ par km à atteindre en 2005 ou, au plus tard, en 2010. Conformément aux conclusions du Conseil, cet objectif devra être atteint dans le cadre d'accords volontaires avec l'industrie automobile. C'est dans ce contexte que les constructeurs automobiles français, Renault et PSA Peugeot Citroën, ont pris l'engagement volontaire de ramener les émissions de CO₂ des véhicules neufs qu'ils commercialisent au sein de l'Union européenne à moins de 150 gCO₂/km en 2005. En supposant que l'objectif de 120 gCO₂/km soit atteint en France en 2010 et que la consommation des utilitaires légers suive une évolution parallèle on obtient à une réduction d'émissions de l'ordre de 4.5 MtC/an.

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/1996 aura un impact important sur les émissions polluantes du transport routier et, en particulier, sur les émissions de CO₂. Parmi les mesures décidées dans le cadre de cette loi, on notera en particulier :

- des mesures visant à favoriser le développement du véhicule électrique et des autres véhicules alternatifs fonctionnant au gaz de pétrole liquéfié ou au gaz naturel. Outre l'extension de l'amortissement exceptionnel dont bénéficient les véhicules électriques aux autres véhicules alternatifs, aux équipements spécifiques et aux cyclomoteurs électriques, les principales mesures sont l'exonération ou la réduction de la taxe sur les véhicules de société pour les véhicules électriques ou autres véhicules alternatifs ainsi que l'obligation qu'ont les divers gestionnaires publics de flottes de véhicules d'acquérir dans une proportion minimale de 20% de tels véhicules lors du renouvellement de leur flotte ;
- l'obligation pour toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants d'élaborer de plans de déplacements urbains. Ces plans de déplacements urbains, établis et mis en oeuvre par l'autorité compétente pour l'organisation des transports urbains de l'agglomération concernée, définissent les principes de l'organisation des transports de personnes et de marchandises, de la circulation et du stationnement. Les orientations des plans de déplacements urbains portent en particulier sur la diminution du trafic automobile, le développement des modes de transports économes et les moins polluants, l'aménagement et l'exploitation du réseau de voirie, l'organisation du stationnement, le transport et la livraison des marchandises, etc.

Enfin, **le développement des trains à grande vitesse** permet d'offrir, pour les déplacements interurbains, une alternative efficace énergétiquement à l'usage de l'automobile ou de l'avion. Il conduit de plus à substituer de l'énergie électrique à de l'énergie fossile.

1.4. Production d'électricité

La singularité de la France en matière de production d'électricité, liée à la place du nucléaire dans le parc de production, réduit considérablement sa marge de manoeuvre pour maîtriser l'évolution de ses émissions futures. ***D'ici 2010, la réduction de la pointe de demande d'électricité et la substitution de l'électricité à de l'énergie fossile pour des usages non saisonniers peuvent permettre de limiter les émissions de CO₂.*** Ainsi :

- ***EDF proposera une nouvelle tarification modulée dans le temps*** (tarif "TEMPO" qui comporte 6 plages horaires à prix distincts au cours de l'année) qui devrait permettre une réduction des consommations d'électricité de pointe et un gain de 0,35 MtC/an en 2000 ;
- ***Une action de maîtrise de la demande d'électricité***, initiée en 1993 et ***portant de manière privilégiée sur les demandes saisonnières ou la demande dans des départements non raccordés au réseau métropolitain*** (Corse et départements d'Outre-mer), pourrait conduire à des réductions supplémentaires d'émissions de 0.5 MtC par an à l'horizon 2010 ;
- ***EDF s'attachera à promouvoir les applications performantes de l'électricité dans l'industrie ;***
- ***La promotion de la maîtrise de la demande de l'électricité et des énergies renouvelables dans les zones rurales peu denses*** est assurée depuis 1995 par la mise en place d'une tranche spécifique dans le cadre du FACE (Fonds d'amortissement des charges d'électrification) ; d'un montant initial de 100 MF à sa création en 1995, cette tranche a été reconduite à hauteur de 100 MF en 1996 puis en 1997.

1.5. Développement du stock de carbone lié à la forêt

La France poursuivra sa politique d'aide publique au boisement (aide à la plantation complétée par une prime de compensation de revenu), avec, comme objectif, un rythme de 10 à 12 000 ha par an de boisements aidés sur la décennie 1990/2000. Cette politique contribuera à l'accroissement du rythme d'augmentation du stock de carbone dans la forêt française à horizon 2000.

1.6. Changement d'affectation des terres

La réforme de la Politique Agricole de 1992 devait mettre un frein au mouvement de conversion de prairies ou forêts en terres arables, qui était une conséquence de la politique agricole suivie depuis les années soixante. En fait, un tel changement n'a pas été observé jusqu'à ce jour et des travaux de modélisation entrepris récemment concluent que l'avantage économique lié à l'intensification reste suffisamment fort pour la conversion de prairies ou forêts en terres arables se poursuive jusqu'à l'horizon 2000. Il est donc hautement improbable que la réduction des émissions de carbone du sol, estimée à 2 MtC par an en 1995, qui devait en résulter, intervienne à l'horizon 2000.

1.7. Energies nouvelles et renouvelables

L'ensemble des mesures prises dans ce domaine (***développement de l'énergie éolienne, développement du bois énergie, notamment par le lancement d'un "Plan bois énergie" qui vise la structuration, dans un certain nombre de régions pilote, d'une véritable filière bois-énergie pour le chauffage collectif, développement de la biomasse agricole à***

usage énergétique, utilisation énergétique des déchets) pourrait permettre un gain d'environ 1.2 MtC/an en 2000.

2. Autres gaz à effet de serre

L'évolution des émissions de ces gaz résultera pour l'essentiel de mesures prises à divers titres dans le cadre de la politique de l'environnement (loi sur les déchets qui impose la suppression de la mise en décharge de déchets banals, loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, actions réglementaires concernant la protection des eaux contre la pollution par les nitrates) ou de politiques sectorielles (notamment politique agricole commune).

Des mesures réglementaires spécifiques seront néanmoins mises en oeuvre pour limiter les émissions de CH₄ des décharges existantes et les émissions de N₂O des ateliers industriels les plus fortement émetteurs. Les investissements qui seront ainsi réalisés sur les ateliers d'acide adipique, d'acide nitrique et d'acide glyoxylique, devraient réduire les émissions de N₂O du secteur industriel de 78 milliers de tonnes de N₂O d'ici à l'an 2000.

IV. ACTIVITES EXECUTEES CONJOINTEMENT

La France a décidé fin 1996 de créer un dispositif de recensement et d'instruction des projets susceptibles d'être considérés comme des activités de mise en oeuvre conjointes au titre de la phase pilote (décision CP5/1996).

V. PROJECTIONS ET ESTIMATIONS DES EFFETS DES MESURES

1. Emissions de CO₂ liées à l'énergie

Un premier ensemble d'éléments présentés ci dessous s'appuient sur les résultats quantitatifs produits à ce jour par le groupe de prospective "Energie 2010-2020, qui met en oeuvre un stratégie "mixte", s'appuyant aussi bien sur des modélisations du secteur énergétique français que sur des informations sectorielles fines associées à des jugements d'experts.

Dans le scénario "sans mesures", on observe une augmentation sensible de la consommation énergétique, tirée par la croissance économique, et ce malgré une amélioration de l'efficacité énergétique globale. La progression de la consommation d'électricité est plus rapide que celle de la demande énergétique finale, et on assiste également à une pénétration accrue du gaz naturel au sein du sous-ensemble "énergies fossiles". La consommation énergétique augmente ainsi respectivement de 17%, 33% et 50 % sur les périodes 1990/2000, 1990/2010 et 1990/2020, alors que la croissance des émissions de CO₂ liées à l'énergie s'établit respectivement à 5% et 24 % sur les périodes 1990/2000 et 1990/2010. En 2020, les émissions de CO₂ devraient être supérieures de 46 à 71% à la référence 1990, en fonction de l'évolution de la composition du parc de production électrique, notamment la place de la filière nucléaire dans la production d'électricité de base.

Dans le scénario "avec mesures", la croissance des émissions de CO₂ est réduite de manière significative; la prise en compte de l'impact des mesures décrites en amont dans le rapport devrait permettre de maintenir les émissions en 2000 à leur niveau de 1990, et de contenir la hausse respectivement à 11% et dans une fourchette de 25 à 50% sur les périodes 1990/2010 et 1990/2020. L'impact global des mesures s'en déduit immédiatement: il est respectivement égal à 5.2, 13.1 et 20.8 MtC/an en 2000, 2010 et 2020.

Il convient de souligner que ces projections sont fortement conditionnées par les hypothèses formulées sur un ensemble de paramètres clés: croissance économique, prix d'importation des différentes énergies fossiles, évolution du comportement des agents en matière de maîtrise de l'énergie...

Ainsi des études économiques suggèrent que la croissance potentielle de la France pour la période 1994/2015 s'élèverait à 2.6 % / an dans le scénario le plus probable; par ailleurs, on constate que l'amélioration de l'efficacité énergétique enregistrée en moyenne sur la période 1984/1996 est voisine de 0.5% / an, alors que les hypothèses sectorielles retenues pour le scénario « sans mesures » décrit précédemment conduisent *a posteriori* à une amélioration de l'efficacité énergétique de 0.65 %/an en moyenne sur la période 1990/2020.

Si on se fonde sur ces dernières hypothèses, qui semblent également plausibles, notamment compte de la faible croissance attendue des prix mondiaux de l'énergie (i.e. amélioration de l'efficacité énergétique limitée à 0.5 %/an et croissance économique de 2.6% / an), les émissions de CO2 liées à l'énergie de la France pourraient être respectivement supérieures de 4.5%, 9.5 % et 15% par rapport aux niveaux affichés plus haut pour les échéances 2000, 2010 et 2020.

Impact des mesures dans le secteur énergétique

Mt C/an	1990 (observé)	1995 (observé)	2000	2010	2020
Scénario sans mesures	100.9	-			
* hypothèse basse			106.2	120.1	138.5 / 164.8
* hypothèse haute			111.0	131.5	159.3 / 189.5
Scénario avec mesures	100.9	99.4			
* hypothèse basse			100.8	107.6	119.0/145.3
* hypothèse haute			105.8	118.4	138.5/168.7
Impact des mesures	-	-	5.2	13.1	20.8

Total France pour les années 1990,1995 et 2000

France métropolitaine pour les années 2010 et 2020

2. Emissions de CO2 non liées à l'énergie

Les émissions de CO2 non liées à la consommation d'énergie comprennent:

- les émissions des procédés industriels;
- les émissions liées à l'incinération des déchets inorganiques;
- les émissions liées aux changements d'affectation des terres.

L'évolution la plus significative concerne le stockage de carbone dans la biomasse forestière, qui devrait augmenter fortement sur la période 1990/2010 (de près de 10 MtC/an), compensant ainsi la hausse des émissions dans le secteur de l'incinération des déchets (+2.6 MtC/an sur 1990/2010).

3. Autres gaz à effet de serre

Les évolutions les plus significatives qui devraient être enregistrées sur la période 1990/2020, sont la baisse forte des émissions de CH4 des décharges, qui devraient quasiment s'annuler en 2020, ainsi que celle des émissions de N2O de certains procédés industriels.

Ainsi, dans le scénario «avec mesures» les émissions agrégées de CH₄ et N₂O devraient passer de 26.3 Mt éq C / an en 1990 à 18.4 Mt éq C / an en 2020, soit une baisse de 30%.

Evolution des émissions de CH₄ et N₂O

Mt équivalent C / an	1990	1995	2000	2010	2020
TOTAL CH ₄ (sans mesures)	12.9	-	13.2	13.9	14.6
TOTAL CH ₄ (avec mesures)	12.9	12.9	12	10.1	9.6
TOTAL N ₂ O (sans mesures)	13.4	-	12.5	15.9	20.4
TOTAL N ₂ O (avec mesures)	13.4	12.1	7	7.9	8.8

PRG (Pouvoir de réchauffement global) sur 100 ans, GIEC 1995

VI. EVALUATION DE LA VULNERABILITE ET MESURES D'ADAPTATION

Depuis 1993, la France développe des études et recherches sur la régionalisation des effets du changement climatique, l'objectif visé étant de :

- construire des scénarios plausibles d'évolution des caractéristiques climatiques en France (y compris les DOM-TOM) au cours du siècle prochain ;
- évaluer les incidences possibles de ces changements sur les ressources en eau, l'agriculture, la sylviculture, les zones côtières, ..., ainsi que leurs conséquences socio-économiques directes ou indirectes ;
- évaluer la vulnérabilité des régions les plus sensibles et proposer des mesures d'adaptation possibles.

Ces études ont permis d'identifier un ensemble de risques potentiels, qui ont conduit les services ou organismes compétents à réfléchir à la mise en place de mesures de précaution, telles que: meilleure gestion des ressources en eau, limitation des cultures intensives, réduction de la densité des peuplements forestiers sensibles au stress hydrique, choix d'essences forestières résistant à la sécheresse pour les nouvelles plantations dans les zones vulnérables, etc. ... Ces efforts seront poursuivis et amplifiés dans l'avenir.

VII. COOPERATION INTERNATIONALE ET MECANISMES FINANCIERS

1. La coopération avec les pays en développement

1.1. L'aide française au développement

Il convient d'encourager le financement par les pays riches d'actions spécifiquement destinées à réduire les émissions de gaz à effet de serre des pays pauvres, mais il est certainement aussi important de chercher à accélérer le processus de développement de ces pays : en effet, l'évolution démographique est, à très long terme, le facteur majeur des émissions futures de gaz à effet de serre et si le développement n'est pas une condition suffisante à la maîtrise de la démographie, il constitue néanmoins une condition nécessaire.

La France est l'un des pays les plus généreux en matière d'aide publique au développement (APD). Elle devient en 1995 le deuxième pays donateur en volume d'aide fourni, avec 8,4 milliards de dollars. Elle est en première position des 7 pays les plus industrialisés (G7) en part de Produit Intérieur Brut (PIB) consacré à l'aide publique. La France a consacré 0,55 % de son PIB à son effort d'APD en 1995, la moyenne des pays du CAD se situant à 0,27 %.

Les versements nets de la France au titre de l'aide bilatérale ont été de 32 milliards de francs en 1995, soit l'équivalent de 76 % du total de son APD.

Dans le domaine de l'environnement et du développement durable, l'action de la France est guidée par les principes exprimés en 1992 lors du Sommet de Rio, inscrivant l'évolution de notre planète dans une perspective de développement durable. Dans ce cadre, le développement économique et social doit être associé à une gestion à long terme de l'environnement local et global, dans le but d'éviter toute action irréversible. Ces préoccupations trouvent des applications particulièrement sensibles dans les pays en développement. En Afrique notamment, contrairement à ce qui se passe dans nos sociétés industrialisées, les ressources naturelles (sous-sols, sols, végétation, eaux continentales et marines) constituent l'essentiel de la base productive. L'enjeu est donc, parallèlement à une diversification des économies, de promouvoir des formes de gestion des ressources qui en assurent la pérennité.

Cette action poursuit notamment les objectifs suivants :

- appuyer le développement durable des pays partenaires dans les secteurs d'activité où les enjeux du long terme sont particulièrement importants, notamment dans les situations où l'action humaine peut entraîner des dégradations irréversibles,
- soutenir la prise en compte des critères environnementaux dans les projets bi et multilatéraux d'aide au développement, et la mise en place d'une politique sectorielle de l'environnement dans les institutions françaises et internationales d'aide au développement.

L'ensemble des instruments de l'aide française s'est doté progressivement de moyens d'évaluation environnementale; la part des projets réalisés dans des secteurs environnementaux est croissante. A titre d'exemple, en 1995, les opérations environnementales engagées par la Caisse Française de Développement (CFD) dans les Etats étrangers représentent un montant de 1.65 milliards de francs, soit 28 % des engagements. En 1995, après trois ans d'expérimentation, un dispositif environnemental a été intégré dans le cycle du projet à la CFD.

Le volume des ressources financières allouées par la France au titre de l'aide multilatérale a été de 10 milliards de francs en 1995.

La France participe à l'ensemble du dispositif multilatéral d'aide au développement. Elle montre dans toutes les enceintes internationales en charge d'instruments multilatéraux la même détermination pour donner à l'aide multilatérale les moyens financiers, institutionnels et opérationnels indispensables à la conduite d'une aide efficace.

En particulier, la France est attachée au principe du partage équitable du fardeau, pierre angulaire du système multilatéral; elle soutient la mise en place de ressources financières suffisantes auprès des institutions financières internationales, la mise en oeuvre de réformes

institutionnelles lorsqu'elles s'avèrent nécessaires, et la définition par ces institutions de stratégies opérationnelles conformes aux objectifs de développement durable, de concentration de l'effort sur les pays les moins avancés, de lutte contre la pauvreté, de respect de l'environnement.

S'agissant de la protection de l'environnement, la France soutient un renforcement des activités et des financements des organisations multilatérales axées sur la gestion durable des ressources naturelles ainsi qu'une meilleure intégration des préoccupations environnementales dès la conception des projets de développement.

1.2. L'aide française pour la protection de l'environnement mondial et la prévention du changement climatique

La France a été à l'origine de la création du Fonds pour l'Environnement Mondial, qui finance les surcoûts correspondant à la préservation de l'environnement planétaire dans les projets de développement. Créé à titre pilote en 1990 et restructuré en 1994, le FEM a été doté de 2 milliards de dollars pour la période 1994-1997. La France, avec 807 MF, est le quatrième contributeur au FEM. A ce jour, 47 % des financements du FEM ont financé des projets concernant l'effet de serre.

La France a créé en 1994, en complément à sa dotation au FEM, le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM), doté de 440 MF sur la même période. Le portefeuille du FFEM comporte 44 projets, traduisant une capacité d'engagement de 202 MF. 51 % des financements sont, à ce jour, orientés sur l'effet de serre, dans le cadre de 21 projets. Ces financements complètent les mesures et les projets d'aide et de coopération menés par les partenaires de l'aide française pour lutter contre l'effet de serre.

Enfin, l'aide française joue un rôle particulièrement important dans le domaine forestier, particulièrement en Afrique centrale qui comprend à la fois le financement de projets d'appui et d'investissement par la CFD et le Ministère de la Coopération et la mise en oeuvre de programmes de coopération scientifique (CIRAD, ORSTOM).

2. La coopération avec les pays en transition vers l'économie de marché

2.1. La sécurisation du nucléaire

La France, en étroite liaison avec l'Allemagne, a joué un rôle moteur dans la coopération menée par la Communauté internationale, depuis près de quatre années, en faveur de l'amélioration de la sûreté nucléaire dans les pays d'Europe Centrale et Orientale et de l'ancienne URSS. La France consent ainsi un effort financier de 360 MF (pour 1993/1996) au fonds international pour la sûreté nucléaire à l'Est géré par la BERD, et de 150 MF pour les actions de coopération bilatérale.

Cette coopération concerne essentiellement la sûreté dans la conduite de l'exploitation, l'amélioration des dispositifs techniques et le renforcement des régimes réglementaires des centrales nucléaires. L'objectif poursuivi par ces actions est d'éviter un nouvel accident aux conséquences directes graves et qui pourrait par contrecoup freiner le développement du nucléaire, même là où il est conçu et exploité de façon fiable, et de préserver une production d'électricité non génératrice de CO₂, qui évite aujourd'hui l'émission de 60 MtC par an dans les pays concernés

2.2. Economies d'énergie et réduction des fuites de gaz naturel

Dans l'ensemble des pays de l'Est, on estime à environ 30 % le gisement des économies d'énergie possibles par la mise en oeuvre des pratiques en usage à l'Ouest. Les actions financées sur fonds français en bilatéral sont souvent une première étape d'un montage dont le relais est assuré par des financements multilatéraux (Banque mondiale, BERD, programmes communautaires PHARE et TACIS). Néanmoins, pour que ces diverses actions soient vraiment efficaces, il faut que les utilisateurs d'énergie de ces pays soient sensibilisés à la maîtrise de l'énergie et cette sensibilisation passe en priorité en Russie par l'alignement rapide des prix des combustibles sur les cours mondiaux.

Une active coopération se développe aussi dans le domaine du gaz naturel sous l'impulsion de Gaz de France qui s'est, en particulier attaché, depuis 1991 à convaincre ses partenaires, à travers diverses opérations (formation, démonstration,...) de l'efficacité des techniques de distribution par réseaux en polyéthylène.

VIII. CONTRIBUTION FRANCAISE A LA RECHERCHE SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES GLOBAUX

1. Changements climatiques globaux

La recherche au niveau international s'est d'abord structurée dans le domaine des aspects physiques, chimiques et biologiques permettant d'étudier l'évolution du climat résultant des activités humaines, en créant le Programme Mondial de Recherche sur le Climat (PMRC) puis le Programme International Géosphère-Biosphère (PIGB). En 1995 le Conseil International des Unions Scientifiques (CIUS) a décidé de parrainer avec le Conseil International des Sciences Sociales (CISS) le programme international sur les Dimensions Humaines du Changement Global (PIDH) qui doit redéfinir ses objectifs.

L'organisation française des recherches s'était calquée sur le modèle international mais, pour mieux marquer le fait que l'évolution du climat et de l'environnement global est le résultat des interactions de toutes les composantes du système Terre, elle les avait regroupées dans un programme unique qui était le PIGB français comprenant donc la participation nationale au PMRC et au PIGB. L'évolution actuelle de ce programme tient compte de l'évolution internationale et dans sa nouvelle composition, le Comité Scientifique du nouveau Programme de Recherches sur le Changement Global (ex-PIGB) inclut des représentants des sciences humaines, c'est-à-dire recouvre les 3 grands programmes internationaux.

L'ensemble des programmes relevant de l'Environnement a connu récemment une restructuration importante au sein du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Cette structure inclut des aspects de l'Environnement local qui ne concernent pas le Changement Global.

2. Recherches sur la réduction des émissions

L'ADEME a pour mission d'animer et d'orienter la recherche technologique dans les domaines des énergies nouvelles et renouvelables et de la maîtrise de l'énergie dans l'industrie, les transports et la construction. Près d'un milliard de francs de crédits ont été consacrés à ces actions sur budget de l'agence de 1990 à 1996.

Par ailleurs, l'Institut National de la Recherche Agronomique assure la coordination d'un programme de recherche sur les niveaux et conditions des émissions (ou de stockage) de gaz à effet de serre liées aux activités du secteur rural, auquel participent divers organismes de

recherche publics. Ce programme a permis, sur la période 1992/1994, de mettre en oeuvre des moyens publics de l'ordre de 17 millions de francs. D'ici à l'an 2000, il est envisagé d'affecter des financements publics à hauteur de 9 millions de francs par an à ce programme.

INTRODUCTION

La confirmation des menaces qui pèsent sur le climat du fait de l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre, en particulier du CO₂ (Second rapport d'évaluation du GIEC, 1995) conduit le gouvernement français à poursuivre sa politique de lutte contre les émissions de gaz à effet de serre, en application du principe de précaution.

Cet engagement des autorités françaises se traduit notamment par une participation active aux travaux internationaux, en particulier dans le cadre de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques et de la négociation d'un protocole ou d'un autre instrument juridique visant l'adoption à Kyoto, fin 1997, de mesures appropriées pour la période située au-delà de l'an 2000.

L'engagement de prendre les politiques et mesures pour limiter les émissions de CO₂ et d'autres gaz à effet de serre non réglementés par le protocole de Montréal, qui figure à l'article 4 paragraphe 2 de la Convention, sera exécuté dans l'ensemble de l'Union européenne, par l'Union et ses Etats membres agissant dans le cadre de leurs compétences respectives. Les initiatives qui relèvent aujourd'hui du niveau communautaire sont en effet particulièrement importantes et efficaces dans de nombreux domaines tels que les transports, la fiscalité sur les carburants, diverses réglementations (notamment en matière d'environnement) et la politique agricole commune. En sus de son engagement en tant que Partie à la Convention, l'Union européenne s'est elle-même assignée, en 1990, un objectif de stabilisation de ses émissions de CO₂ au niveau de 1990, d'ici l'an 2000. La France, pour sa part, s'est engagée à ce que ses émissions de CO₂ ne dépassent pas 2 tonnes de carbone (7,33 T CO₂) par habitant et par an en 2000.

La première Communication nationale de la France à la Convention Climat a été achevée en février 1995. Les analyses conduites à cette occasion suggéraient que les politiques et mesures inscrites dans le programme français de prévention du changement climatique permettraient à la France de ramener ses émissions globales de gaz à effet de serre (CO₂, CH₄ et N₂O) en 2000 à leur niveau de 1990. Les évolutions observées sur la période 1990/1995, ainsi que les conclusions des nouvelles projections présentées au chapitre V de ce document, laissent penser que ces prévisions devraient se réaliser. En conséquence, la seconde communication nationale comporte relativement peu de changements par rapport à la première sur l'aspect "politiques et mesures".

En mars 1997, les Ministres européens de l'Environnement ont proposé une réduction de 15% des émissions de gaz à effet de serre des pays industrialisés en 2010 par rapport à 1990, ainsi qu'une répartition interne de l'effort jusqu'à une réduction des émissions européennes de 10%. Cette répartition reconnaît les particularités de la situation française - dont le niveau particulièrement bas de ses émissions de gaz à effet de serre par habitant ou par unité d'activité économique en 1990 : l'effort demandé à la France est la stabilisation de ses émissions entre 1990 et 2010.

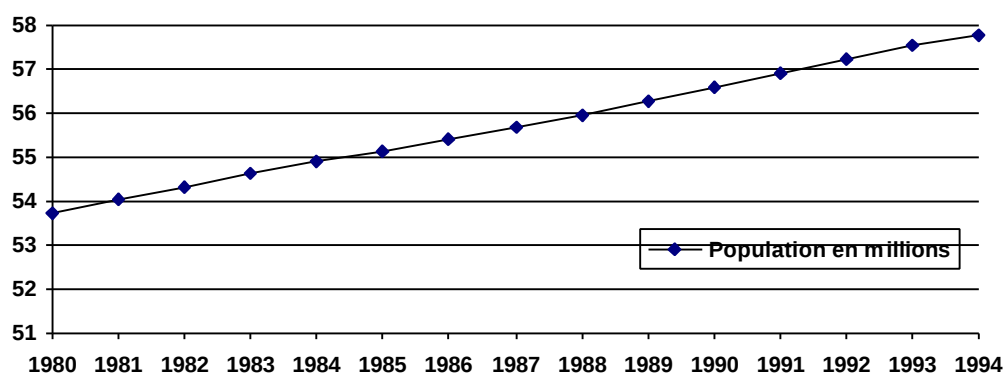
Par ailleurs, les Ministres concluaient également qu'à plus long terme la répartition des objectifs de réduction entre pays industrialisés devra être telle qu'elle conduise finalement à une convergence des niveaux d'émissions sur la base d'indicateurs appropriés. La France s'efforcera de défendre ce principe dans les négociations internationales en cours et à venir, afin d'assurer la nécessaire équité de la répartition internationale de l'effort planétaire de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

I. CIRCONSTANCES NATIONALES

1. Profil démographique

La population française est passée de 50,5 millions d'habitants en 1970 à 58,3 millions en 1996. La figure 1 montre l'évolution de la population française de 1980 à 1994. La croissance de la population en 1995 était légèrement inférieure à 0,5%. En 2025, la France devrait compter 64 millions d'habitants.

Figure 1 : Evolution de la population française (source : INSEE)



La densité de la population française est très proche de la moyenne de l'Europe des 15 : elle est de 106 habitants au kilomètre carré. Cette densité moyenne cache cependant de fortes disparités. La population est surtout concentrée dans les grands foyers urbains et industriels (région parisienne, Rhône-Alpes, Basse-Seine, agglomération Marseillaise), autour des anciens bassins miniers (Nord et Est) et sur la côte méditerranéenne. Le recensement de 1990 a mis en évidence le développement des grandes agglomérations de plus de 200 000 habitants, qui se développent plus vite que les villes de taille moyenne.

2. Profil géographique

La France est un vaste pays, à l'échelle européenne. Sa superficie (550 000 km²) est la plus importante de l'Europe des 15. Ses caractéristiques géographiques sont donc diverses.

Située entre l'Atlantique et la Méditerranée, la France compte environ 3200 km de côtes. Pays d'altitude moyenne, où les plaines et collines occupent 2/3 du territoire, elle possède cependant deux barrières montagneuses à l'Est et au Sud : les Alpes et les Pyrénées. Le point culminant de la France est le Mont-Blanc (4807m) dans les Alpes, à la frontière avec l'Italie. Le Massif Central, massif d'origine hercynienne situé au centre du pays, joue le rôle de pôle de dispersion des eaux en 4 grands bassins principaux : la Seine au Nord, la Loire au Nord-Ouest, le Rhône à l'Est et la Garonne au Sud-Ouest.

Le territoire français est profondément marqué par l'espace agricole et la forêt, qui représentent 80% du territoire national. Cependant, entre 1982 et 1990, l'emprise du paysage urbain s'est nettement accrue : +23,5% pour les surfaces bâties, +17% pour les surfaces non bâties et +9,7% pour les routes et parkings.

3. Profil climatique

Le climat de la France est exposé à trois influences majeures : océanique, continentale et méditerranéenne.

La façade Ouest subit l'influence océanique : les contrastes thermiques sont peu accusés entre été et hiver.

Rennes 1961-1990	
Température moyenne (°C)	11,4
Précipitations - Cumul annuel (mm)	648,8
Insolation - Cumul annuel (h)	1851,2
Gelée - Nombre annuel (jours)	38,6

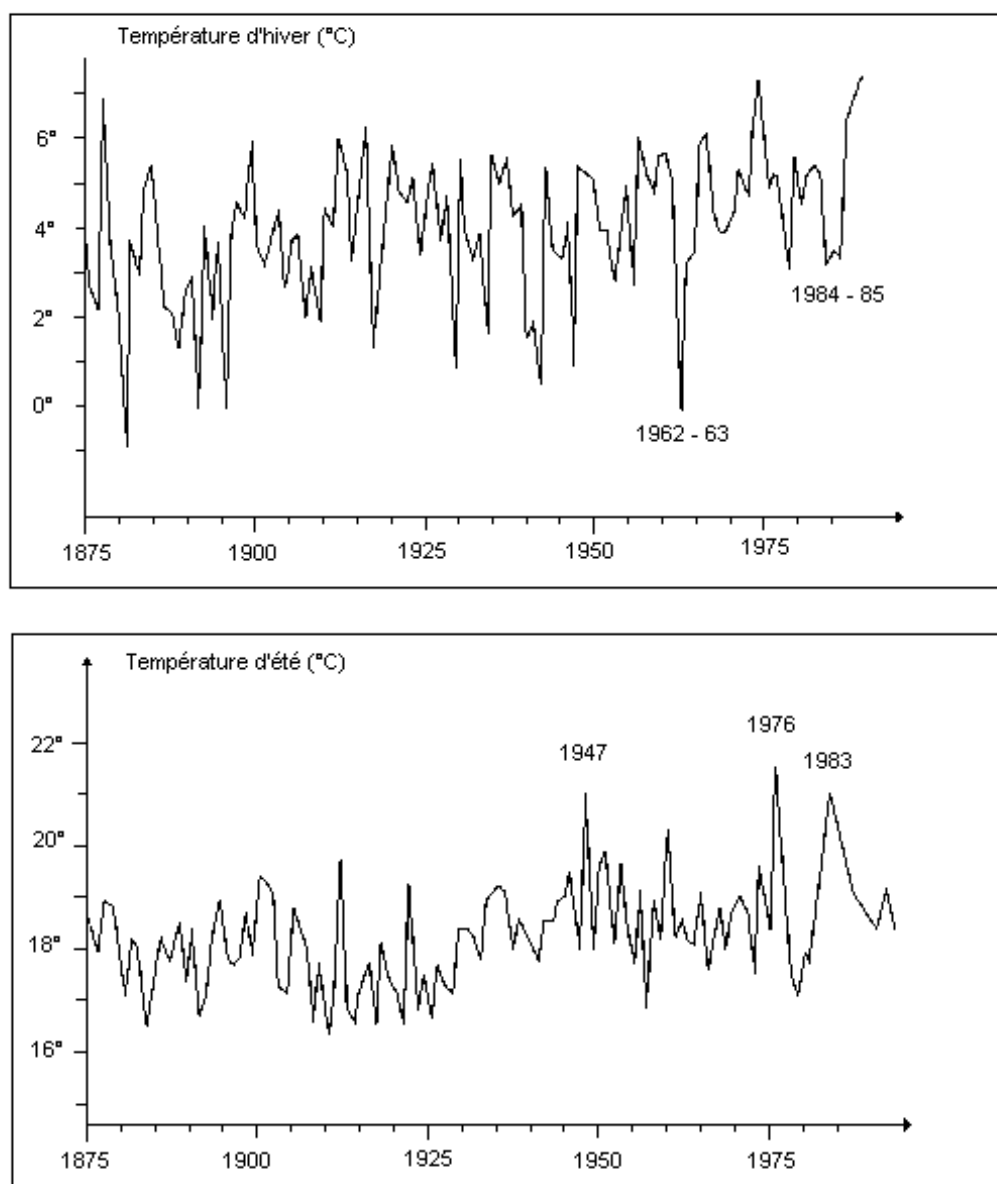
La tendance continentale prédomine sur la partie Est de la France : les hivers y sont rudes et les étés sont chauds et connaissent des orages fréquents.

Nancy 1961-1990	
Température moyenne (°C)	9,6
Précipitations - Cumul annuel (mm)	759,3
Insolation - Cumul annuel (h)	1651,5
Gelée - Nombre annuel (jours)	79,4

Le climat méditerranéen correspond aux côtes sud-est de la France : il est caractérisé par des étés secs et chauds et des hivers doux. D'abondantes précipitations se produisent au printemps et en automne.

Marignane 1961-1990	
Température moyenne (°C)	14,8
Précipitations - Cumul annuel (mm)	544,4
Insolation - Cumul annuel (h)	2835,5
Gelée - Nombre annuel (jours)	25,8

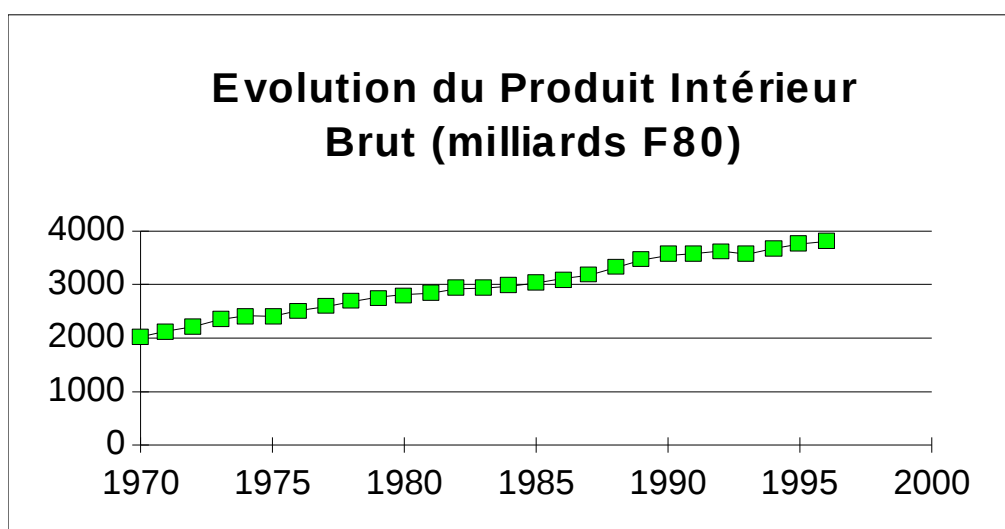
Figure 2 : Températures relevées à Paris-Montsouris depuis 1875 (source : Météo France)



4. Profil économique

L'évolution du PIB de la France de 1970 à 1995 est retracé dans la figure 3. La croissance annuelle a été égale à de 2.7% en moyenne sur cette période. Le PIB par habitant était de 127 628 francs en 1994.

Figure 3



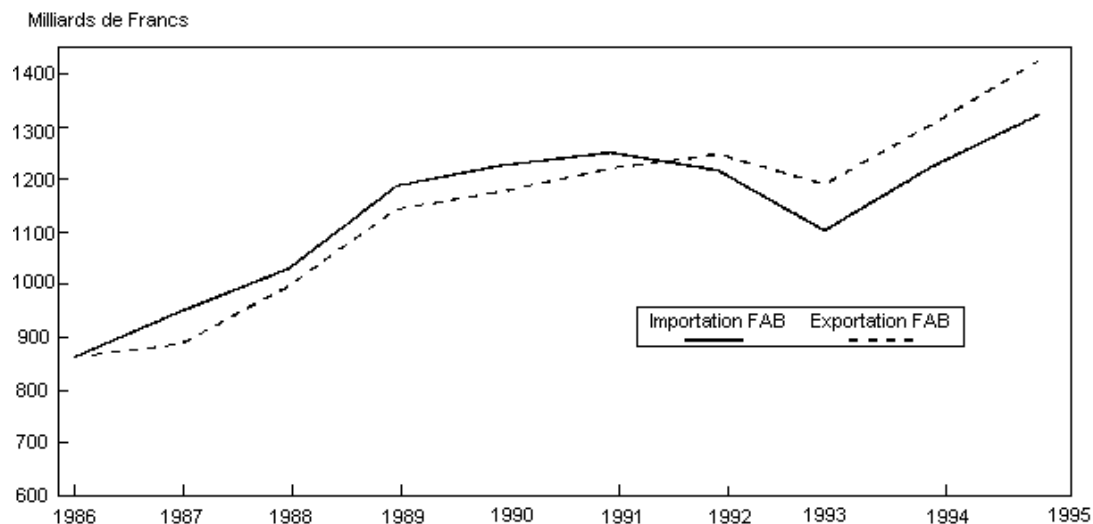
Ce sont les services marchands qui contribuent le plus au PIB, avec 19,6% du total. En fait, environ 63% du PIB provient du secteur tertiaire (services marchands, commerce, location immobilière, transports et télécommunications...). Le secteur secondaire est principalement représenté par l'industrie des biens intermédiaires, l'industrie des biens d'équipement professionnel et l'industrie des biens de consommation (entre 4 et 5% du PIB chacun).

4.1. Commerce extérieur

Depuis 1986, le commerce extérieur de la France a globalement augmenté, même si la récession de 1992-1993 a fait fléchir les chiffres du commerce extérieur. Depuis 1991, le solde du commerce extérieur de la France est devenu excédentaire.

Les biens d'équipement professionnels, les produits chimiques et les biens de consommation représentent à la fois les principales importations et les principales exportations de la France. Au niveau de la balance du commerce extérieur, ce sont les produits de l'agriculture et les produits des industries agro-alimentaires qui représentent le plus gros solde positif. En revanche, le commerce extérieur de la France est largement déficitaire pour les produits énergétiques. En 1995, 63,6% du commerce extérieur de la France était réalisé avec les 15 partenaires de l'Union Européenne.

Figure 4 : Commerce extérieur de la France, échanges FAB/FAB
(source : Ministère de l'Economie et des Finances)



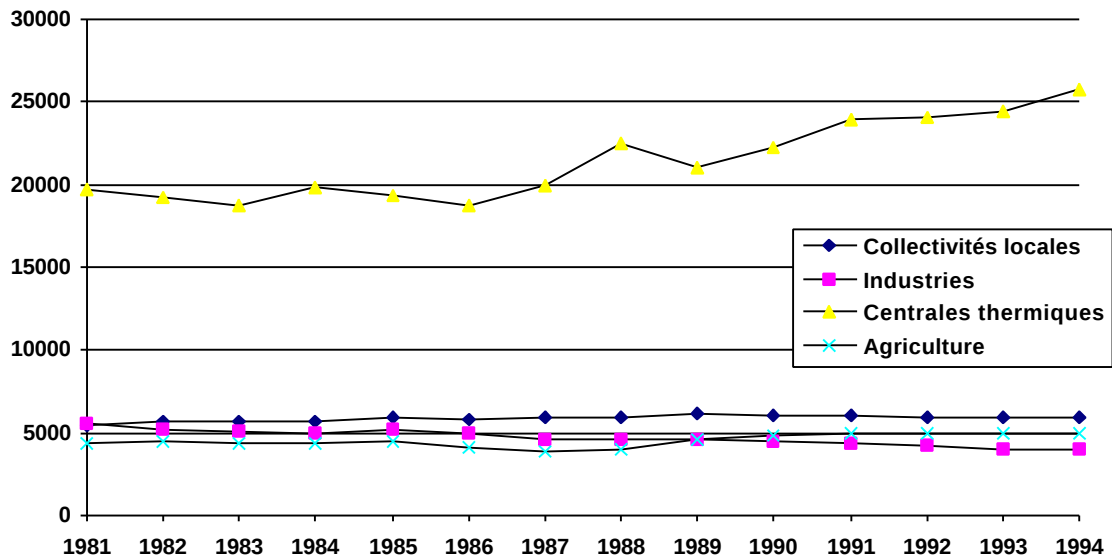
4.2. Utilisation des ressources naturelles

La surface agricole utilisée (SAU) a régressé de 7% entre 1970 et 1995. La structure d'utilisation des terres agricoles a également évolué, principalement vers une diminution des prairies (surfaces toujours en herbe) et une augmentation des surfaces consacrées aux céréales et aux oléo-protéagineux. Les surfaces toujours en herbe régressent de 41 à 31% de la SAU de 1970 à 1995 alors que dans le même temps les céréales et oléo-protéagineux passent de 35 à 44% de la SAU.

Les concours publics à l'agriculture se sont élevés à 71,6 milliards de francs en 1995, principalement dirigés vers la régularisation des marchés et l'orientation des productions (77% du total).

Les surfaces agricoles irriguées ont augmenté de 539 000 ha en 1970 à 1 620 000 ha en 1995. Bien plus que l'agriculture, ce sont les centrales thermiques qui ont le plus augmenté leurs prélèvements d'eau. Ceci est dû en majeure partie au développement de la production d'électricité d'origine nucléaire.

Figure 5 : Prélèvements d'eau totaux par usage
(en millions de mètres cube, source : Ministère de l'Environnement)



5. Profil énergétique

De 1973 à 1995, la production nationale d'énergie primaire a augmenté de 178%, grâce essentiellement à la croissance très élevée de la production d'électricité d'origine nucléaire (+2436%). En 1995, l'énergie nucléaire représentait 72% de la production primaire, alors qu'elle en représentait 8% en 1973. En contrepartie, la baisse de la production a été forte dans le gaz naturel (-57%) et le charbon, (-68%). La production hydraulique a été très stable. L'énergie d'origine géothermique ou éolienne reste marginale dans le bilan global énergétique français.

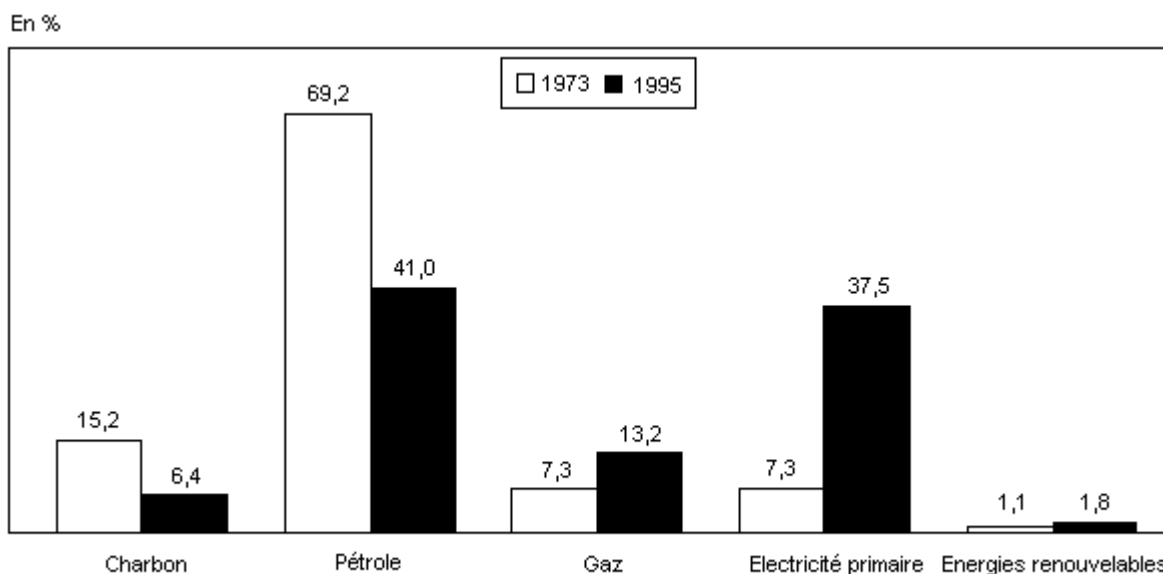
Ces changements dans la structure de la production ont fait passer le taux d'indépendance énergétique de la France de 22,5% en 1973 à 51,4% en 1994.

La consommation d'énergie primaire a progressé en France de 25,3% entre 1973 et 1995. La contribution des quatre sources majeures d'énergie dans la consommation a suivi l'évolution des modes de production avec une baisse de 47,5% pour le charbon et une hausse de 547% pour la consommation électrique. Désormais, la consommation électrique est du même ordre de grandeur que la consommation pétrolière. Ces deux sources représentent près de 80% de la consommation nationale. Malgré la forte baisse de la production nationale, le gaz naturel représentait en 1995 13,2% de la consommation avec une progression de 128% depuis 1973.

Le secteur des transports a connu une forte augmentation de la consommation d'énergie (+49%). Il représente plus du quart de la consommation nationale et dépasse désormais le secteur industriel (non compris la sidérurgie). Le secteur résidentiel et tertiaire

reste avec 45% le premier consommateur d'énergie. Il a enregistré une croissance de près de 50%. La consommation du secteur industriel est restée stable, mais a vu sa part diminuer. Il représente moins du tiers de la consommation nationale.

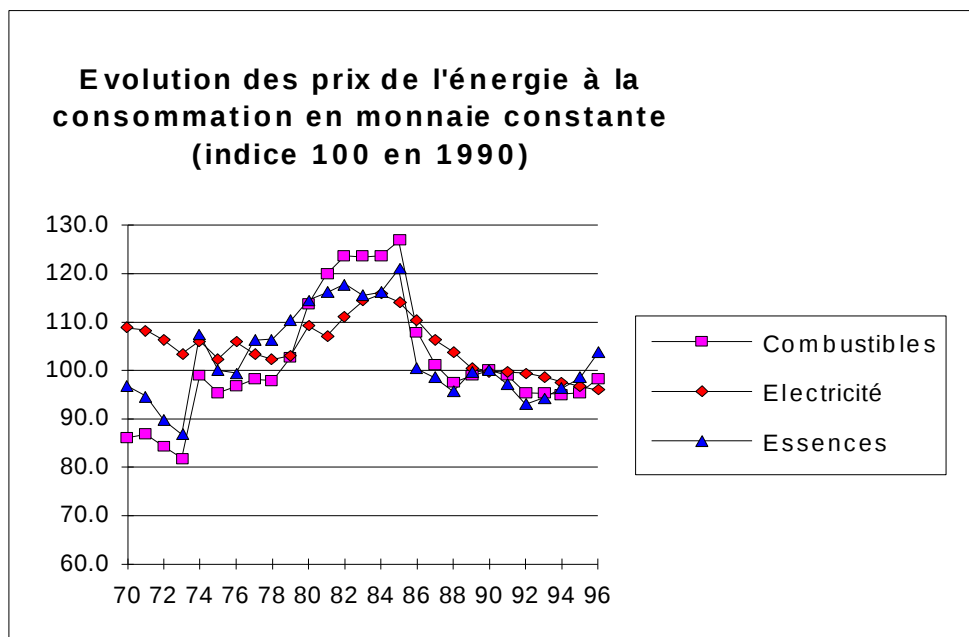
Figure 6 : Répartition par type d'énergie de la consommation française
(source : Observatoire de l'Energie, hors bois/énergie en dehors des circuits commerciaux)



L'intensité énergétique finale a fortement décru en France depuis le premier choc pétrolier (-32% entre 1973 et 1992); environ 40% de cette évolution s'explique par une modification structurelle de l'économie française, qui s'oriente progressivement vers des activités moins intensives en énergie. Cette évolution structurelle au niveau de la production nationale a été accompagnée par une évolution similaire au niveau de la consommation nationale: si on calcule l'intensité énergétique en "économie fermée" (en réintégrant dans les consommations d'énergie et le PIB nationaux, les consommations d'énergie ou les valeurs ajoutées industrielles induites ou évitées par le commerce extérieur), on n'observe quasiment pas de différence avec la valeur obtenue en "économie ouverte" (+4% par rapport à cette dernière) et sur la période 1973 -1992 ces deux indicateurs se sont rapprochés jusqu'à quasiment s'égaliser. *Les gains réalisés par la France en matière d'efficacité énergétique sur la période 1973/1992 ne sont donc pas dues à une "exportation" de ses activités fortement consommatrices d'énergie.*

En ce qui concerne les prix de l'énergie, on peut voir sur la figure 7 qu'ils ont fortement augmenté depuis 1973, date du premier choc pétrolier. Ce n'est qu'à partir de 1985 que les prix ont pu diminuer et se stabiliser.

Figure 7



6. Profil social

En ce qui concerne le logement, la surface moyenne par personne a augmenté de 21,9 m² en 1970 à 34,1 m² en 1992. En même temps que les logements deviennent en moyenne plus spacieux, plus confortables et moins anciens, ils abritent des ménages de plus en plus petits, soit 2,1 personnes en 1992 contre 3,1 en 1970.

En 1993, plus des trois quart des ménages (78%) disposaient d'au moins une voiture. Ce pourcentage a augmenté très lentement au cours des années récentes, alors que le multi-équipement en automobiles a progressé assez nettement : 27,5% des ménages possédait au moins deux voitures en 1993, alors qu'ils n'étaient que 18% en 1981.

Pour les déplacements à moins de 80 km, un jour de semaine, la voiture particulière est utilisée dans 63,5% des cas (donnée 1994), alors qu'en 1982, elle n'était utilisée que dans 48,7% des cas. L'usage des transports en commun a peu évolué, passant de 8,5% en 1982 à 9% en 1994. C'est la marche à pied et l'usage des deux roues qui ont fait les frais du développement de l'usage des véhicules particuliers (-52% pour les deux roues, -32% pour la marche à pied).

Pour le transport de marchandises, le trafic du transport routier s'est élevé en 1993 à 115,3 milliards de tonnes par kilomètre. Les principaux produits transportés sont les machines, véhicules et objets manufacturés (30,8 milliards de tonnes par kilomètre) et les denrées alimentaires et fourrages (26,8 milliards de tonnes par kilomètre).

Le trafic ferroviaire s'est élevé en 1993 à 43,6 milliards de tonnes par kilomètre dont 11,6 milliards de tonnes par kilomètre de machines, véhicules et objets manufacturés.

Figure 8 : Evolution des transports intérieurs (base 100 en 1970, source : DAEI/SES, INSEE)

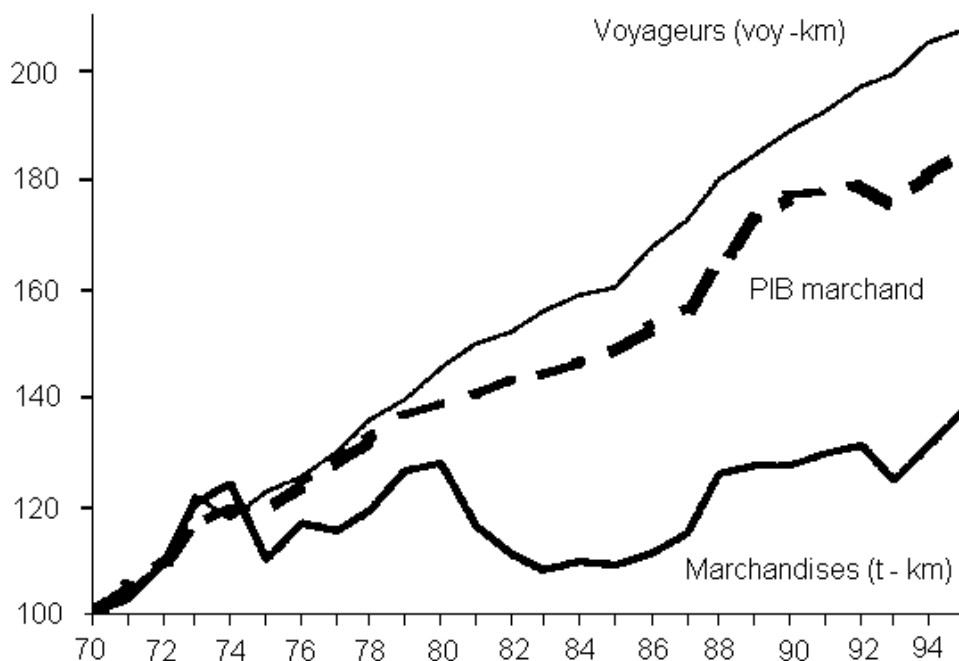


Tableau 1 : Evolution des transports intérieurs de voyageurs
(en milliards de voyageurs-kilomètres, sources : SNCF, RATP, DGAC, DAEI/SES)

	1991	1992	1993	1994	1995	1995
	%	%	%	%	%	niveau
Véhicules particuliers	2,3	3,0	2,1	3,4	2,0	664,3
Autobus, cars	3,9	-2,6	0,5	1,5	-4,9	40,5
Transports ferroviaires	-2,2	1,1	-6,1	0,5	-6,5	64,5
Transports aériens	-0,3	2,8	1,1	2,8	1,1	12,3
Ensemble	1,9	2,5	1,2	3,0	0,9	781,6

7. Institutions publiques et organisation administrative

La France est une République, disposant d'un régime considéré comme présidentiel. Le Président de la République nomme le Premier Ministre et les membres du gouvernement, sur proposition de ce dernier. C'est le gouvernement (17 ministres de plein exercice à ce jour) qui "détermine et conduit la politique de la nation".

Le parlement (Assemblée Nationale, chambre basse ; Sénat, chambre haute) détient le pouvoir législatif. Cependant, en pratique, le gouvernement exerce une grande influence sur le processus législatif (projets de lois, possibilité de légiférer par ordonnances...).

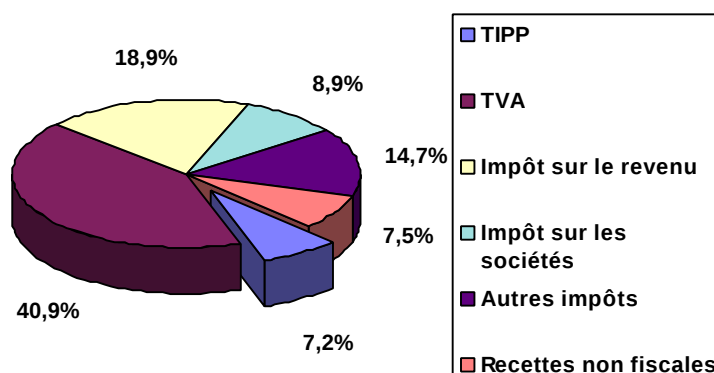
La France est un pays de forte tradition centralisatrice. Cependant, dans les années 1982 -1983 ont été mises en place des lois de décentralisation accordant davantage de pouvoirs aux collectivités locales (en France métropolitaine : 22 régions, 95 départements et 36 560 communes). Du fait de la petite taille des communes et de leur nombre élevé, les pouvoirs publics encouragent celles-ci à se regrouper pour faire face à leurs attributions. Par exemple, le regroupement de communes est fréquent dans le cadre de la gestion des déchets, la distribution d'eau, l'assainissement, les transports urbains, etc.

7.1. Domaine de l'énergie

La principale taxe sur l'énergie en France est la taxe intérieure sur les produits pétroliers (TIPP). Elle représentait, en 1996, 148.9 milliards de francs, soit 10.9 % des recettes du budget de l'Etat.

Début 1997, la part des différents droits et taxes dans le prix de vente du carburant Super représentait 77,4%. Pour le gasoil, cette part se situait à 67,4%. Cet écart de taxation, et donc de prix, entre le super et le gasoil encourage d'ailleurs le développement des moteurs diesel dans le parc automobile français.

Figure 9 : Répartition des recettes du budget de l'Etat en 1993



En ce qui concerne l'électricité et le gaz naturel, ces activités sont fortement marquées par les effets de la loi de nationalisation du 8 avril 1946.

Pour l'électricité, cette loi a transféré à Electricité de France (EDF) la gestion de la production, du transport et de la distribution d'électricité (sauf quelques rares exceptions, EDF contrôle, par exemple, 94% de la production et 96% des livraisons d'électricité).

Les gaz combustibles ont fait l'objet d'un transfert similaire, au profit de Gaz de France (GDF). Cependant, aujourd'hui, GDF assure essentiellement le transport, le stockage,

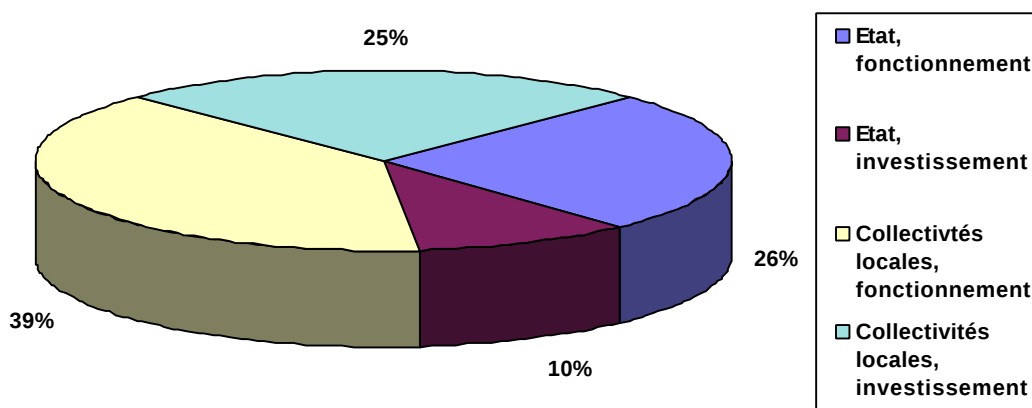
la commercialisation et la distribution de gaz en France. La production est assurée en France par 4 entreprises principales : Elf-Aquitaine, Esso-Rep, Eurafrep et Coparex.

7.2. Domaine des transports

En 1995, les administrations publiques ont consacré 204 milliards de francs aux transports, soit environ 8% de leurs dépenses, contre 10% en 1970. On assiste à un certain désengagement de l'Etat dans le domaine, au profit des collectivités territoriales, à la suite des lois de décentralisation.

35% des dépenses de l'Etat en matière de transport sont consacrées au fonctionnement du transport ferroviaire et 29% à la route. Dans ce dernier domaine, la dépense se répartit à peu près à part égale entre investissement et fonctionnement.

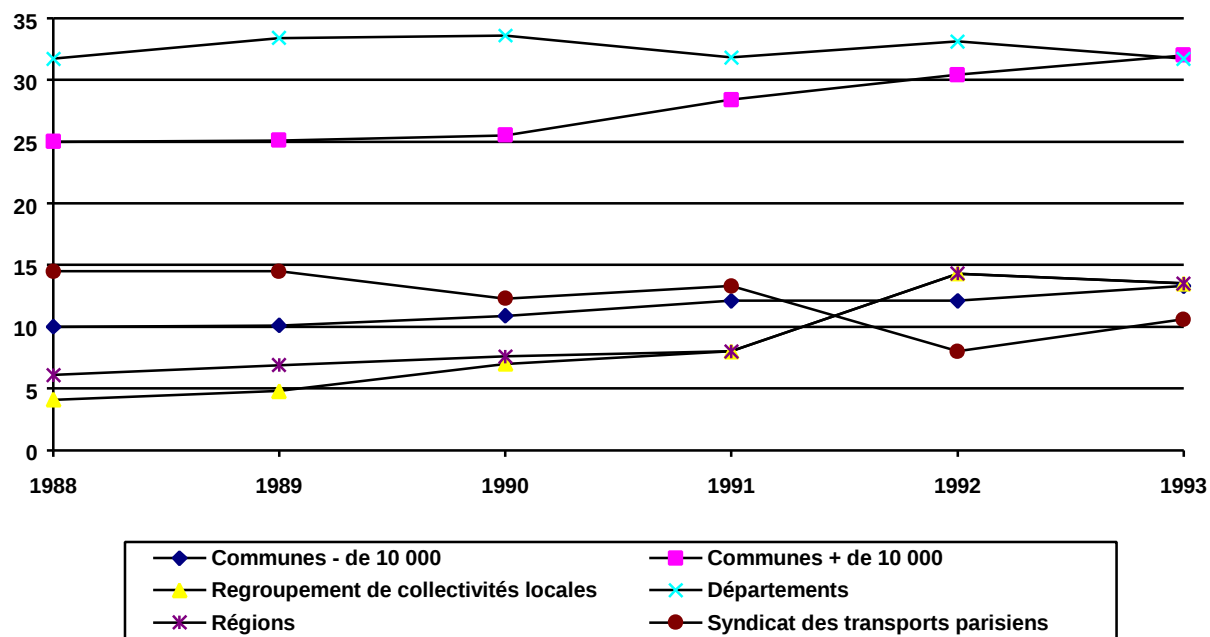
Figure 10 : Répartition des dépenses de transport en 1993 (source : INSEE, DAEI/SES)



Le premier domaine d'intervention des collectivités locales dans le domaine des transports reste les infrastructures routières (65% des dépenses, pour moitié en investissement et pour moitié en fonctionnement) puis celui des transports en commun urbains (35%, dont 20% d'investissement et 80% de fonctionnement).

Les régions, dont le rôle s'est accru avec les lois de décentralisation, commencent à investir dans les grandes infrastructures routières et ferroviaires dans le cadre de contrats passés avec l'Etat et la SNCF (principalement les Trains Express Régionaux - TER - et même le TGV dans le cadre du TGV-Est), car ces opérations sont effectuées au titre du développement économique. De même, les grandes agglomérations de province, confrontées au problème de la congestion urbaine, se sont fortement engagées dans les transports collectifs.

Figure 11 : Dépenses de transport des administrations publiques locales
(en milliards de francs, source : INSEE, DAEI/SES)



8. Emissions de gaz à effet de serre

La politique énergétique menée par la France depuis le premier choc pétrolier a déjà permis de réduire très sensiblement les émissions de CO₂ et donc la contribution de la France à l'effet de serre. Cette politique s'est notamment appuyée sur les éléments suivants :

- la définition de réglementations strictes visant à favoriser les économies d'énergie. La réglementation thermique de l'habitat constitue à cet égard un exemple illustratif.
- l'utilisation de la fiscalité. Le niveau élevé des taxes sur les carburants, supérieur à celui pratiqué par la plupart des pays de l'annexe 1, a fortement contribué par le passé à limiter les émissions de CO₂. Par ailleurs, de nombreuses incitations fiscales visant à améliorer l'efficacité énergétique ont été mises en place dès 1974, notamment dans l'industrie et l'habitat.
- un important programme de sensibilisation aux économies d'énergie et à l'efficacité énergétique. La France dispose depuis 1974, pour mettre en oeuvre ces actions, d'une Agence pour les économies d'énergie qui a agi sur la demande finale et auprès des industriels, constituant au fil des ans un pôle de compétence et d'expertise.
- le développement d'un parc nucléaire important qui permet de réduire les émissions de CO₂ non seulement en France mais également dans les autres Etats membres de l'Union européenne.

Compte tenu de l'intensité des efforts déjà accomplis et des résultats obtenus, le coût des mesures nouvelles susceptibles d'être prises en France, sera souvent plus élevé que dans les autres pays de l'Union européenne ou de l'OCDE. C'est pourquoi la France estime indispensable que le coût, par tonne de carbone évitée, des actions de réduction des émissions retenues dans les programmes nationaux soit d'un niveau voisin pour les divers pays de l'annexe I de manière à respecter le principe d'efficacité économique et le principe pollueur payeur.

Les graphiques ci contre représentent l'évolution sur longue période des émissions de CO₂ liées à l'utilisation d'énergie fossile. *De manière précise, il s'agit des émissions de CO₂ liées à l'utilisation d'énergie fossile de la France métropolitaine, corrigées des variations climatiques et intégrant les sources internationales.* Bien que non totalement conformes à la méthodologie préconisée par le GIEC, ces courbes fournissent tout de même une bonne indication des tendances de long terme des émissions françaises de CO₂.

Figure 12

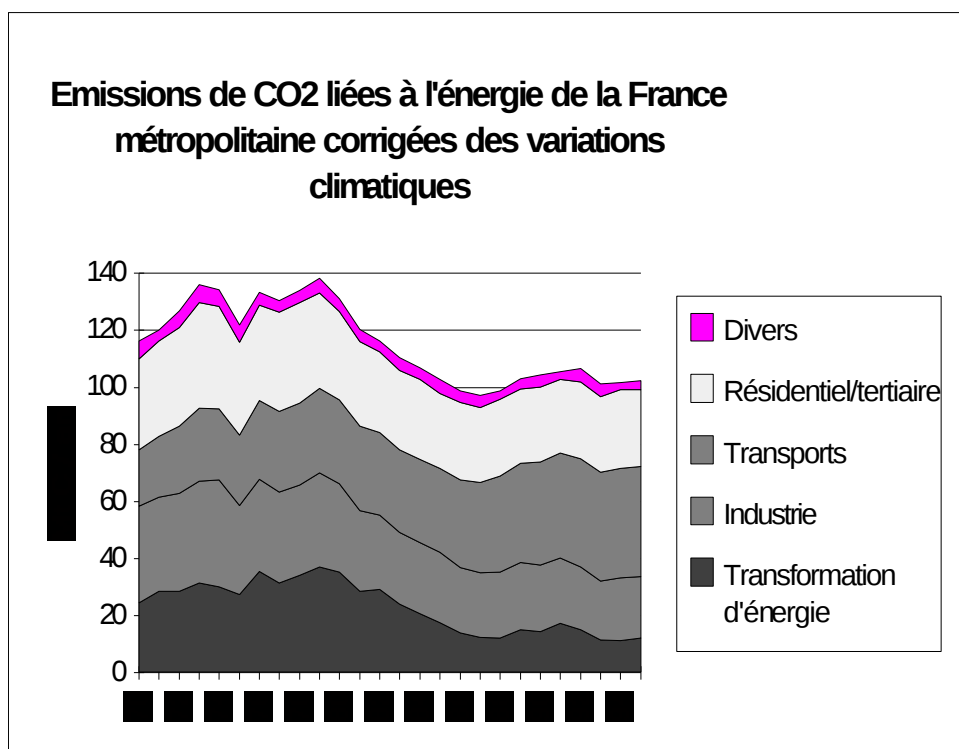


Figure 13

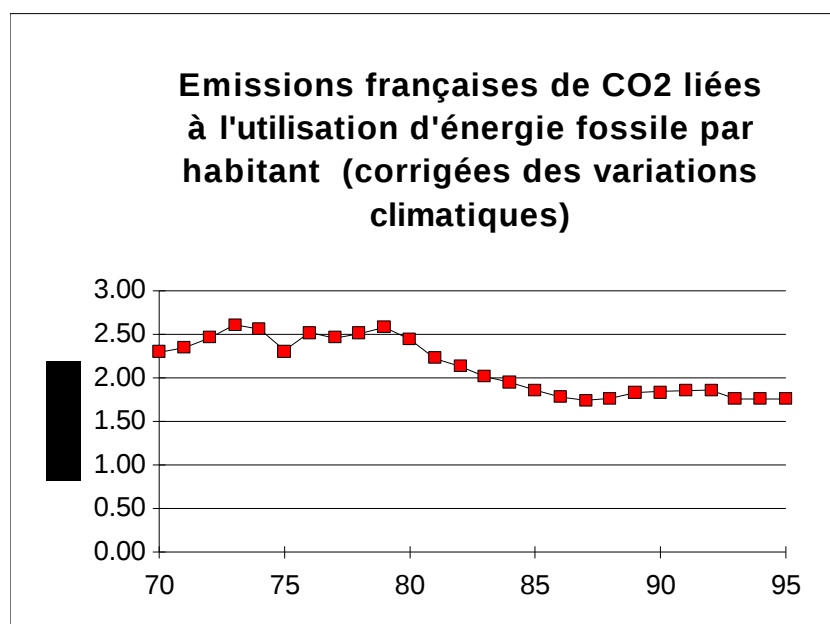
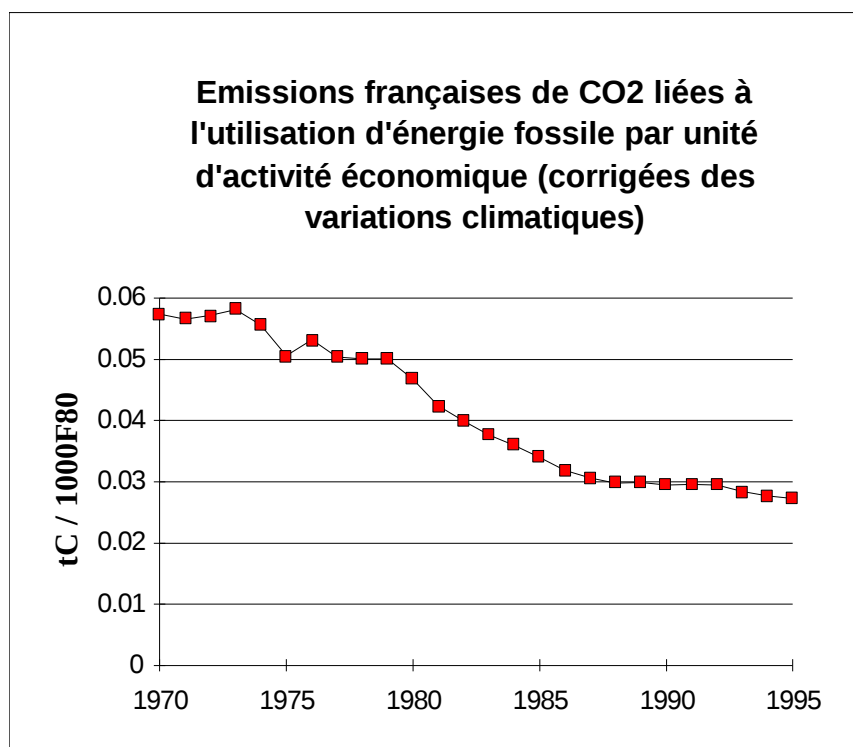


Figure 14



II. INVENTAIRE DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

Préambule

Ce chapitre présente les principaux résultats de l'inventaire des émissions de gaz à effet de serre pour la période 1990/1995. Il concerne les gaz suivants:

- CO₂, CH₄ et N₂O pour ce qui concerne les gaz à effet de serre directs;
- NO_x, CO, COV pour ce qui concerne les gaz à effet de serre indirects.

Conformément aux recommandations de la Convention, les émissions de SO₂ sont également fournies. En revanche, les informations sur les HFC, PFC et SF₆ restent fragmentaires à ce stade; elles seront complétées dans les prochains inventaires. L'inventaire détaillé est donné dans un document annexé à celui-ci.

En fait, la France a été amenée à réaliser deux inventaires distincts, l'un relatif à la métropole et l'autre relatif aux départements et territoires d'outre-mer (DOM/TOM), même si, pour l'instant, les émissions des DOM/TOM représentent moins de 2% des émissions totales de la France.

Les estimations des émissions sont rapportées conformément aux recommandations du GIEC publiées en 1995. Elles sont déterminées, dans un premier temps, au moyen du système CORINAIR mis en place au niveau européen puis traduites au format GIEC au moyen d'une interface ad hoc. Depuis 1994, date du premier inventaire, plusieurs éléments nouveaux (amélioration de certaines données disponibles, modifications méthodologiques, ...) sont intervenus qui ont nécessité une révision des estimations établies à cette époque (pour plus de détails, voir le rapport du CITEPA). *En conséquence, les nouvelles estimations présentées ci-après annulent et remplacent toutes les estimations précédentes.*

Le tableau suivant présente les émissions agrégées de l'ensemble des gaz à effet de serre pour les années 1990 et 1995:

Tableau récapitulatif
des émissions de gaz à effet de serre de la France

	Emissions 1990 (en Mt)	Emissions 1995 (en Mt)	Evolution 1990/95 (%)
CO₂			
Emissions tous secteurs	378	385	1.8
Utilisation d'énergie	357	364	2
Autres émissions	21	21	0
CO₂ - Absorption par les sols et les forêts	-33	-47	42
CO₂ - Emissions totales nettes	345	338	-1.9
(Soutes internationales - pour mémoire)	17.5	16.8	-4
CH₄	3.02	2.84	-5.7
N₂O	0.182	0.173	-4.5
CO₂ + CH₄ + N₂O (Mt équivalent CO₂)	465	451	-3
NO_x	1.91	1.78	-6.9
COV	3.15	2.77	-12.2
CO	11.35	9.47	-16.6
SO₂	1.35	1.05	-22.3

(*) Pouvoir de réchauffement global (PRG) sur 100 ans, d'après GIEC 1995.

1. Emissions de CO₂

La source la plus importante de CO₂ en France, comme dans la plupart des pays industrialisés, est la combustion d'énergie fossile. En revanche, la désagrégation sectorielle est singulière du fait de la faible part du secteur énergétique ((Production et Transformation), compte tenu de la structure du parc de production électrique dominé par la filière nucléaire.

Emissions de CO₂ dues à la combustion d'énergie fossile en 1990

Secteur émetteur	Emissions brutes	Proportion par rapport aux émissions totales
Energie (Production et Transformation)	82 Mt	23 %
Industrie	50 Mt	14 %
Transports	125 Mt	35 %
Résidentiel / Tertiaire	90 Mt	25 %
Agriculture	10 Mt	3%
TOTAL	356 Mt	100 %

Figure 15 : Evolution des émissions de CO₂ (* 1000 Gg) de 1990 à 1995, pour la France entière (Métropole et DOM-TOM)



L'évolution des émissions nettes de CO₂ sur la période 1990/1995 est décrite dans les graphiques ci contre. Elle s'explique par :

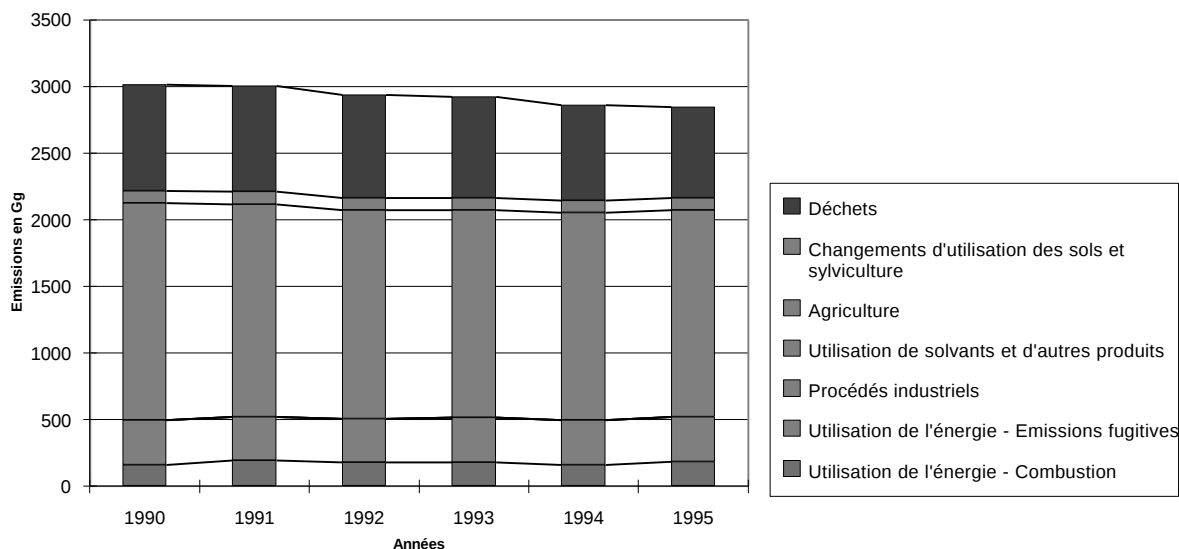
- l'évolution de l'activité économique, en particulier la récession de 1993, qui a entraînée une chute des émissions brutes de CO₂, notamment celles liées à l'utilisation d'énergie fossile, cette même année;
- l'amélioration sensible de la disponibilité du parc nucléaire d'EDF depuis 1992, qui permet, toutes choses égales par ailleurs, un moindre recours au parc thermique classique centralisé;
- la poursuite de la progression des émissions du secteur des transports, conformément à la tendance observée sur longue période, même si le rythme semble s'infléchir quelque peu;
- la croissance relativement forte des émissions des DOM/TOM (+25% sur 1990/1995), même si elles restent d'un niveau relativement faible (environ 3 Mt C/an en 1995);
- la progression forte de l'absorption nette de carbone par les forêts, sous l'effet conjugué de l'accroissement de la production annuelle de biomasse et de la baisse des prélèvements, l'année 1990 correspondant à un niveau anormalement élevé de récolte de bois d'oeuvre.

Par ailleurs, il convient de citer également des éléments aléatoires comme la variabilité du climat, qui affecte la demande de chauffage, ainsi que le niveau de productibilité hydraulique.

2. Emissions de méthane

Les données mentionnées pour les émissions de méthane et de protoxyde d'azote restent relativement imprécises, notamment compte tenu des incertitudes afférentes aux techniques d'évaluation de ces émissions dans l'agriculture et dans les décharges.

Figure 16 : Evolution des émissions de CH₄ (en Gg) de 1990 à 1995, pour la France entière (métropole et DOM-TOM)



Les émissions de méthane se sont élevées en 1990 à environ **3 millions de tonnes**, provenant à plus de 55 % des activités agricoles, 25 % des activités d'élimination de déchets, et plus particulièrement de leur mise en décharge, et pour plus de 15 %, d'émissions fugitives lors de l'extraction et de la distribution des combustibles, les émissions restantes se produisant lors de leur utilisation. Les émissions de méthane correspondent à environ 13 % des émissions de gaz à effet de serre direct (CO₂, CH₄ et N₂O), exprimées en équivalent CO₂ moyennant un pouvoir de réchauffement global (PRG) sur 100 ans (GIEC, 1995)

L'évolution des émissions de méthane sur 1990/1995 est consignée dans le graphique ci contre.

Les émissions de méthane de l'agriculture sont relativement stables sur la période 1990/1995, la hausse sur les émissions liées à la gestion des déjections animales étant compensée par la baisse des émissions dues aux fermentations entériques.

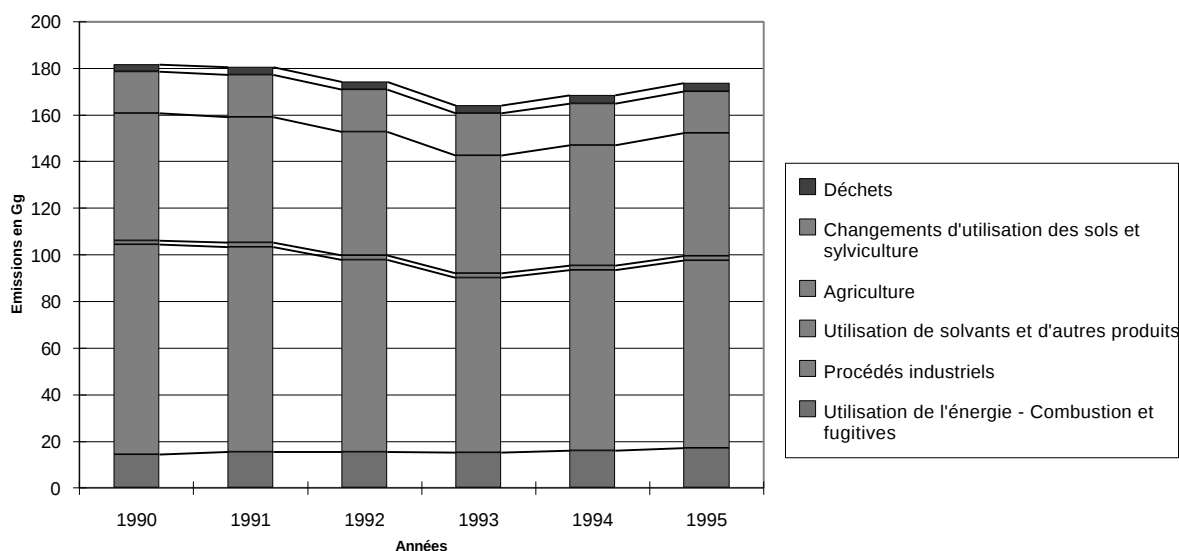
Depuis 1970, la France a sensiblement réduit ses émissions dues à la production de charbon et à la distribution de gaz, compte tenu de la fermeture de nombreuses mines depuis les années 70 et des investissements affectés à l'amélioration des réseaux de distribution de gaz.

Par contre, l'augmentation du volume des déchets putrescibles mis en décharge, a contribué au cours des années 80 à un accroissement notable des émissions de méthane de ce secteur. La politique de suppression des décharges décidée en 1992 n'a pu encore faire pleinement sentir ses effets en 1995.

3. Emissions de protoxyde d'azote

Les émissions de N₂O se sont élevées en 1990 à environ **180 000 tonnes**, provenant à 50% de procédés industriels, et à 30 % de l'utilisation des engrais en agriculture.

Figure 17 : Evolution des émissions de N₂O (en Gg) de 1990 à 1995, pour la France entière (Métropole et DOM-TOM)



De même que pour le méthane, les séries temporelles disponibles pour ce polluant sont limitées. On peut souligner la relative stagnation des émissions du secteur industriel, due principalement à la stabilité des principales activités concernées, à l'exception de la production d'acide nitrique, où la baisse de production a été globalement compensée par des rejets plus importants causés par des installations de dénitrification.

L'évolution des émissions sur 1990/1995 est assez peu marquée, comme en atteste le graphique ci contre. A noter la baisse des émissions de N₂O de l'agriculture, liée à la baisse des épandages d'engrais, notamment dans le secteur des grandes cultures.

4. Emissions de HFC, PFC et SF₆

Les HFC et PFC sont des substituts des HCFC et des CFC. Un inventaire des émissions de ces gaz à effet de serre permettant de déterminer avec précision les quantités émises en France devrait être réalisé au cours de l'année 1997.

Certaines indications peuvent toutefois être tirées de la consommation annuelle en France de produits susceptibles d'en contenir (chiffres sur la consommation française tirée des statistiques européennes des producteurs) :

- **HFC 134 - A** : 416 tonnes à partir d'aérosols, 166 tonnes à partir de mousses, 1250 tonnes dans la réfrigération et la climatisation.

- **HFC 143 - A et 125** (réfrigération commerciale) : 165 tonnes

- **HFC 23** (agents extincteurs) : 4,1 tonnes

Cette consommation correspond à des émissions annuelles *potentielles* de 0.81 Mt d'équivalent carbone fossile. L'inventaire en cours fournira un éclairage sur les émissions effectives.

Des indications peuvent également être données sur un PFC émis dans la production d'aluminium, par l'effet d'anode : le CF₄. Les émissions de ce gaz étaient évaluées par PECHINEY à 308 tonnes en 1990, soit 1 570 800 tonnes équivalent CO₂. Dans l'engagement volontaire de réduction des émissions de gaz à effet de serre du 13 mai 1996, PECHINEY prévoit pour 2000 de réduire les émissions de CF₄ à 115 tonnes par an soit 586 500 tonnes équivalent carbone.

Le SF₆ est un gaz isolant utilisé de façon prépondérante dans les matériels de puissance électrique (transport, distribution) plus particulièrement dans les transformateurs.

Selon les informations données par l'Union internationale des producteurs et distributeurs d'électricité, le parc des installations de transport et de distribution d'électricité géré par EDF contient les quantités suivantes:

- 183 tonnes de SF₆ dans les installations de distribution;
- 505 tonnes dans le transport;

Le volume de SF₆ acheté annuellement pour remplacer les quantités de gaz échappé des matériels (matériels destinés au transport) représente 5,9 tonnes, soit 0.04 Mt d'équivalent carbone fossile.

5. Gaz à effet indirect, précurseurs d'ozone troposphérique

Les émissions d'oxydes d'azote, de monoxyde de carbone et de composés organiques volatils en 1995 sont en baisse sensible par rapport à 1990 (cf. tableau précédent).

Pour ces trois gaz, on observe, durant la période considérée, une baisse des émissions dans le secteur du transport routier, due à l'application des directives européennes, et à l'équipement croissant des véhicules à essence en pots catalytiques. Cette baisse est de 7 % pour les NOX, 27 % pour le CO et 19% pour les COV. Le secteur des transports représente, en 1995, de l'ordre de 60 % des émissions de NOX et de CO, et de l'ordre de 40 % des émissions de COV.

En ce qui concerne les **oxydes d'azote**, les émissions augmentent dans le secteur commercial, institutionnel et résidentiel (+ 9%), baissent dans ceux de la production

d'électricité et de chaleur (-18%) et de l'industrie (-10 %, émissions liées à l'utilisation de l'énergie dans l'industrie et aux procédés industriels).

Les principales émissions de **monoxyde de carbone** proviennent, outre du secteur des transports, des secteurs résidentiel (1,7 million de tonnes en 1995 liées à la combustion du bois et de la biomasse) ainsi que de l'industrie (1,1 million de tonnes, provenant de l'industrie sidérurgique ainsi que de l'utilisation de certaines houilles). L'incinération des déchets entraîne l'émission de 0.23 million de tonnes de CO.

Parmi les sources majeures d'émissions de **composés organiques volatils** on peut citer l'utilisation des solvants: les émissions représentent de l'ordre de 0.6 millions de tonnes en 1995, et sont en diminution de 22% par rapport à 1990. Les émissions de COV provenant de la combustion représentent 1,5 millions de tonnes (dont 1 million dans les transports) et sont en diminution de 13 % par rapport à 1990.

6. Dioxyde de soufre (SO₂)

Les émissions de SO₂ sont évaluées à 1 million de tonnes en 1995 en France métropolitaine et sont en diminution de 22 % par rapport à 1990. Ce mouvement de baisse s'observe en particulier pour les émissions de dioxyde de soufre liées à la consommation énergétique; seule l'activité d'incinération des déchets connaît une augmentation des émissions de SO₂ pendant cette période. Cette réduction globale des émissions de SO₂ s'inscrit dans un mouvement de baisse observé depuis plus d'une dizaine d'années en France (de 60% entre 1980 et 1990). Il devrait se poursuivre en application des engagements du protocole d'Oslo du 14 juin 1994, une réduction des émissions à 0.87 millions de tonnes est prévue pour 2000, à 0.77 millions de tonnes pour 2005 et à 0.74 millions de tonnes pour l'année 2010.

III. DESCRIPTION DES POLITIQUES ET MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS NETTES DE GAZ A EFFET DE SERRE

1. Emissions de CO2 (sources et puits)

Les mesures ci-dessous concernent d'une part la réduction des émissions liées à l'utilisation d'énergie fossile et d'autre part la gestion des stocks de carbone liés à la biomasse et à la matière organique du sol. Toutes les données chiffrées relatives à ces émissions ou variations de stock sont exprimées en tonnes de Carbone.

La loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie confirme l'importance accordée à la lutte contre le changement de climat en France, notamment en plaçant les émissions anthropiques de gaz à effet de serre parmi les pollutions atmosphériques devant être combattues par l'ensemble de mesures qu'elle contient (article 2).

A titre illustratif, on peut citer différentes mesures relatives à l'utilisation rationnelle de l'énergie permettant d'intensifier les efforts accomplis dans ce domaine (titre II) ainsi qu'un certain nombre de dispositions concernant les transports (plans de déplacements urbains, incitations fiscales pour les véhicules moins polluants), et de dispositions visant expressément les émissions de gaz carbonique concernant notamment à l'intérieur du code de la route (article L. 8 A de ce code : construction, entretien et réparation des véhicules).

1.1. Bâtiments

Compte tenu de la structure du parc de production d'électricité (voir chapitre 5), le chauffage des locaux est responsable de la quasi intégralité des émissions de CO2 (directes et indirectes) du secteur des bâtiments. Par ailleurs, une part importante de l'énergie utilisée à cet effet est de l'énergie électrique (de l'ordre de 30% de l'énergie consommée en 1995), dont, en raison du suréquipement nucléaire, le contenu en CO2 fossile est faible à ce jour et le restera au moins jusqu'au milieu de la prochaine décennie.

La France mène dans le secteur des bâtiments une politique vigoureuse de maîtrise de l'énergie depuis le premier choc pétrolier qui s'appuie sur des mesures réglementaires visant les bâtiments neufs et des mesures incitatives visant les bâtiments existants.

1.1.1. Bâtiments neufs

La France a pris dès 1974, en association étroite avec les professionnels de la construction, l'initiative de réglementations imposant aux constructions neuves des exigences d'isolation thermique. Ces réglementations ont été régulièrement renforcées et, dans l'habitat, leur contenu a été élargi dans le sens d'une approche globale du bâtiment prenant en compte à la fois les performances thermiques du bâti et celles des équipements de chauffage et d'eau chaude sanitaire.

L'adoption de ces réglementations a permis de réduire de moitié la consommation spécifique moyenne des logements construits à partir de 1975. Aujourd'hui, on évalue à environ 15% de la consommation totale de chauffage observée dans le secteur résidentiel

l'économie d'énergie de chauffage résultant de la mise en oeuvre de la réglementation thermique habitat.

Le caractère peu réversible des choix faits dans le domaine de la construction neuve lié à la longue durée de vie des bâtiments, ainsi que leur impact progressif et à long terme au rythme des constructions nouvelles, a incité la France à progresser encore et à anticiper dès à présent la croissance progressive des contraintes qui seront mises en place pour prévenir l'effet de serre.

1.1.1.1. Résidentiel neuf

Les exigences de la réglementation thermique actuelle sont en application depuis le 1/1/1989. Elles avaient été élaborées en 1985 en cherchant à minimiser le coût global actualisé lié à l'énergie (un surcoût d'investissement permettant d'obtenir une réduction de consommation énergétique et donc de coût de fonctionnement).

Afin d'intégrer les progrès liés au développement des vitrages peu émissifs dans la réglementation, les solutions techniques proposées aux professionnels ont été modifiées en 1996. Le renforcement de la réglementation thermique visant à relever ses exigences d'un niveau correspondant au gain énergétique obtenu en substituant un double vitrage faiblement émissif à un double vitrage ordinaire, initialement prévu au 1/1/1997, a été reporté au 1/1/1999. Un gain de 5 à 10 % des besoins de chauffage des logements neufs est attendu des ces mesures.

Effets attendus

Compte tenu d'un rythme annuel de construction de 270 000 logements neufs et d'une consommation moyenne de chauffage par logement, pour la réglementation actuelle, de 0,7 tep par an, une économie de 7,5% (en moyenne) sur les besoins de chauffage des logements neufs conduirait à un gain de 16 000 tep par an pour les bâtiments mis en service chaque année à partir de 1999. Il convient de noter que l'effet d'un relèvement des exigences de la réglementation est cumulatif ; son impact à long terme est donc bien supérieur à son impact à court terme.

1.1.1.2. Tertiaire neuf

La réglementation thermique actuellement en vigueur dans le secteur tertiaire neuf (bâtiments autres que d'habitation) est moins contraignante que celle applicable aux logements neufs depuis le 1/1/1989. Sa révision est en cours, avec pour objectif de gagner 25% en efficacité énergétique, mais il s'agit d'un travail difficile compte tenu de la grande diversité des conditions d'exploitation liée aux nombreux usages différents des locaux du secteur non-résidentiel.

Afin d'inciter dès à présent les professionnels à concevoir des bâtiments plus performants au plan énergétique que ne l'exige l'actuelle réglementation, des guides sectoriels ont été élaborés par l'ADEME et l'Association des Ingénieurs en Climatologie, Ventilation et Froid. La publication de ces huit guides (hôtellerie, bureaux, santé et enseignement, commerces, loisirs, industrie et agriculture) s'est étalée entre 1992 et 1997.

Compte tenu de la nécessaire concertation avec les organisations professionnelles, la mise en vigueur de la nouvelle réglementation a dû être retardée. Pour les bâtiments non climatisés (77% des mises en chantier aujourd'hui), cette nouvelle réglementation sera publiée avant le 1/6/1998 pour application au 1/4/1999. La réglementation concernant les bâtiments climatisés sera publiée avant le 1/6/1999 pour application au 1/6/2000.

Effets attendus

En prenant l'hypothèse d'un maintien des mises en chantier au niveau actuel, on estime qu'un gain de consommation unitaire de 25% par rapport à la réglementation en vigueur conduit à un gain d'énergie de 60 000 tep par an pour les bâtiments mis en service chaque année à partir de 1999. Comme pour les logements neufs, cette mesure a un effet cumulatif qui croît dans le temps.

1.1.2. Information des usagers

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/1996 a décidé de l'obligation de fournir une estimation normalisée du montant annuel des frais de consommation d'énergie des logements ou locaux à usage tertiaire proposés à la vente ou à la location. Un décret devra préciser les règles d'élaboration de cette estimation. Il n'est pas possible à ce stade d'évaluer l'impact de cette mesure, qui concerne aussi bien les bâtiments neufs que les bâtiments existants, en termes d'émissions de CO₂.

1.1.3. Bâtiments existants

Le secteur résidentiel et tertiaire compte 27 millions de logements, dont 22 millions de résidences principales occupées à titre permanent, et 720 millions de m² de locaux tertiaires chauffés. La majeure partie de ce patrimoine, 75% dans l'habitat et environ 65% dans le tertiaire, a été construite avant l'entrée en vigueur des premières réglementations thermiques des bâtiments datant de 1975.

A partir du premier choc pétrolier de 1973, la France a développé une vigoureuse politique de maîtrise de l'énergie dans le domaine des bâtiments existants et des améliorations substantielles ont ainsi été apportées. Trois types d'actions ont été lancés.

- des aides à la décision destinées à inciter les maîtres d'ouvrage à réaliser des travaux d'économie d'énergie,
- une politique réglementaire et de normalisation sur les composants
- des aides à l'investissements qui ont recouvert plusieurs modalités d'intervention dont des subventions directes et des incitations fiscales.

On estime que les investissements de maîtrise de l'énergie sur les logements construits avant 1975 qui ont été réalisés du fait de ces mesures ont permis de réaliser des économies d'énergie de chauffage représentant environ 10% de leur consommation totale de chauffage. Cependant, des interventions rentables au titre de la maîtrise de l'énergie restent à effectuer et

la maîtrise des consommations énergétiques et des émissions de CO₂ du secteur des bâtiments existants se poursuivra dans les trois directions indiquées ci-dessus.

1.1.3.1. Incitations aux travaux de maîtrise de l'énergie.

Divers dispositifs d'incitation financière à l'amélioration de l'habitat existant seront mobilisés de façon à privilégier les réalisations les plus efficaces au regard de la lutte contre l'effet de serre. La part de ces financements publics qui a été consacrée à la maîtrise de l'énergie peut être évaluée à 2,5 milliards de francs en 1992. Ces dispositifs sont les suivants :

- Réductions d'impôt : des réductions de l'impôt sur le revenu ont été instaurées du 1/1/1990 au 31/12/1995 pour des travaux d'isolation thermique, de régulation de chauffage, de changement de chaudière ou dans certains cas de mise en place d'un insert concernant les résidences principales achevées avant le 1/1/1982. Cette mesure a été reconduite en 1996.
- Prime à l'amélioration de l'habitat : cette subvention de l'Etat a pour objet d'aider les ménages à revenus modestes à améliorer les logements de plus de 20 ans dont ils sont propriétaires et qui constituent leur résidence principale.
- Primes de l'Agence Nationale pour l'Amélioration de l'Habitat (ANAH) : cette prime a pour objet d'aider l'amélioration des logements loués par des propriétaires privés et achevés depuis plus de 15 ans.
- Prime à l'amélioration de logements à usage locatif et à occupation sociale (PALULOS) : cette prime a pour objet d'aider les organismes contribuant au logement des personnes défavorisées à améliorer les logements locatifs de plus de 15 ans à finalité sociale dont ils sont propriétaires ou gestionnaires.

1.1.3.2. Bâtiments de l'Etat

Les bâtiments de l'Etat consomment chaque année 2,25 millions de tep et connaissent une dépense énergétique annuelle de 3 milliards de francs.

Le Premier Ministre a demandé par circulaire du 24 janvier 1991 à chaque ministère de mettre en oeuvre un programme d'économies d'énergie dans les bâtiments placés sous son autorité. Ces actions sont coordonnées au niveau national par un groupe de hauts fonctionnaires chargés de l'énergie dans chaque ministère.

L'objectif actuel est de mettre en oeuvre en priorité, à partir de 1995, les investissements dont le temps retour est inférieur à 6 ans afin que les bâtiments de l'Etat deviennent une référence en matière énergétique, tant en construction neuve qu'en réhabilitation et exploitation de bâtiments existants. Cette action constitue une priorité de l'ADEME qui y a consacré 3,2 millions de francs en 1996.

Les consommations énergétiques des bâtiments existants de l'Etat pourraient ainsi être réduites de 12 % environ soit une réduction des émissions de 200 000 tonnes de carbone par an en 2000.

1.1.3.3. Taxation des combustibles du secteur résidentiel/tertiaire au titre de l'effet de serre.

Au titre de l'approche fiscale de lutte contre l'effet de serre, la France a proposé à ses partenaires de l'Union Européenne d'instaurer une taxation des combustibles utilisés dans le secteur résidentiel et tertiaire.

Le taux minimum d'accise déjà existant pour le fioul domestique devrait être relevé progressivement et un taux minimum d'accise devrait être instauré sur le gaz naturel, le gaz de pétrole liquéfié et les charbons destinés aux usages résidentiel et tertiaire. Les combustibles utilisés pour la production d'électricité destinée aux usages résidentiel et tertiaire se verraient également appliquer des taux minimum de taxe.

Effets attendus de l'ensemble des mesures visant les bâtiments existants

Pour les logements construits avant 1975, l'ADEME a estimé que les économies d'énergies qu'il serait rentable de réaliser dans l'hypothèse d'un prix du pétrole de 20 dollars par baril, d'une taxation éventuelle de 70 ecus par tonne de carbone et d'un taux d'actualisation de 8% s'élèvent à environ 5,5 millions de tep par an dans le secteur résidentiel et vraisemblablement à 2,4 millions de tep par an dans le secteur non-résidentiel. Le coût d'investissement total pour la mise en oeuvre de ces 5,5+ 2,4 millions de tep par an serait voisin de 150 milliards de francs.

L'ensemble des mesures indiquées en 1.1.2. devrait faciliter de ce gisement de maîtrise de l'énergie. Il convient de noter que les prix des énergies joueront également un rôle déterminant pour inciter à la réalisation de ces investissements de maîtrise de l'énergie.

1.1.4. Développement de l'utilisation du bois dans la construction

En 1990, la consommation française de bois sous forme de sciages et de panneaux s'élevait à 14.7 millions de m³, soit environ 0.27 m³ par habitant et par an. L'essentiel de ce bois est issu de la forêt française; en 1990, moins de 10% de ce bois était importé (la plus grande partie du bois importé provient de l'exploitation de forêts gérées de manière durable).

Sur les 14.7 millions de m³, on peut considérer que 12 millions de m³ environ sont destinés à des emplois durables (ameublement et construction), ce qui représente une immobilisation à long terme de 2 millions de tonnes de carbone par an, dont environ 80% dans le bâtiment et 20% dans l'ameublement. En 1995, la consommation française de bois sous forme de sciages et de panneaux avait baissé de 7% par rapport à 1990.

Une analyse prospective de la consommation française de bois ayant montré qu'il existait des perspectives de développement significatif dans la construction, une action dans ce domaine a donc été lancée en 1993; elle comportait les quatre volets suivants:

1. le développement des actions de promotion du bois dans la construction. Cette tâche a été confiée au Comité national pour le développement du bois (CNDB);

2. la levée des facteurs de blocage à une utilisation plus large du bois dans la construction par des actions de recherche, de développement et de vulgarisation ad hoc, menée par le Centre technique du bois et de l'ameublement (CTBA);
3. le développement d'une stratégie de l'offre de produits ou de semi-produits industriels s'appuyant sur le secteur du sciage
4. la mise en place d'un outil permanent de suivi délivrant des éléments d'observation fiables des marchés et de l'évolution de l'usage du bois dans la construction (tableau de bord des produits bois, observatoire des entreprises de la construction bois)

Mesures mises en oeuvre

Une partie des crédits publics destinés à financer des "réalisations exemplaires" dans le secteur du logement locatif aidé est dédiée à des opérations mettant en oeuvre le matériau bois et dans lesquelles celui-ci est utilisé au mieux de ses potentialités pour répondre aux enjeux techniques de la filière (rapidité, qualité, organisation de chantier, ...).

De nouvelles actions de recherche sur le bois dans la construction ont déjà été lancées entre 1990 et 1994. Cet effort a été amplifié par la mise en oeuvre, en 1996, d'un programme de recherche pluriannuel pour structurer la recherche dans ce domaine.

En 1993, l'ensemble de ces actions, portant aussi bien sur la promotion de l'utilisation du bois matériau que sur la recherche, a bénéficié de crédits publics à hauteur de 53 millions de francs.

Les administrations territoriales de l'Etat ont, par ailleurs, été invitées à veiller à ce que le bois ne soit pas pénalisé, notamment que:

- les plans d'occupation des sols ne comprennent pas d'interdiction injustifiée du bois en revêtement extérieur,
- les cahiers des charges des maîtres d'ouvrage publics envisagent de façon équilibrée l'ensemble des solutions techniques,
- le bois ne soit pas écarté du fait de ses propriétés combustibles dès lors que les dispositions de la réglementation sur la résistance au feu des ouvrages sont respectées.

Enfin, dans le cadre de la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/96, il a été décidé qu'un décret fixera les conditions dans lesquelles certaines constructions neuves devront comporter une quantité minimale de matériaux en bois avant le 1er janvier 2000.

Effets attendus

Un développement significatif de l'usage du bois dans la construction ne peut être obtenu qu'à long terme: il suppose en effet une modification profonde des habitudes de

consommation, ainsi que la structuration d'une filière suffisamment puissante pour parvenir à s'imposer sur un marché très concurrentiel dominé par de grands groupes industriels.

Les effets attendus, à l'horizon 2010, de la politique précédemment décrite restent conformes à ce qui avait été annoncé dans la première communication nationale de la France.

Elle devrait permettre de stocker 0.35 millions de tonnes de carbone supplémentaires par an (dont 25% liés au développement du bois en structure et 75% liés aux décors, agencements et menuiseries), soit une augmentation de 17.5% par rapport au niveau de 1990.

Par ailleurs, l'émission d'un volume du même ordre de grandeur de carbone fossile pourra être évitée grâce à la réduction des consommations de matériaux (béton, acier, PVC) dont la production consomme beaucoup d'énergie fossile.

1.2. Industrie

Depuis 1973, la France s'est engagée dans un processus de maîtrise des consommations d'énergie qui s'est traduit en particulier par une réduction des émissions de CO₂ à usage industriel de 38 % entre 1973 et 1990, alors que, sur cette même période, la valeur ajoutée de l'industrie augmentait de 24%.

Par ailleurs, il convient de noter que plus des trois quarts des émissions du CO₂ industriel sont le fait de quelques branches dont l'énergie est un élément important du prix de revient : métaux non ferreux, sidérurgie, matériaux de constructions, raffinage, papiers cartons, verre, agro-alimentaire, chimie. Ces branches sont elles-mêmes concentrées en un millier d'entreprises environ représentant 17 % de la valeur ajoutée de l'industrie. Ceci justifie, compte tenu des risques de délocalisation, que la France souhaite que les actions concernant l'industrie soient harmonisées dans un cadre géographique adéquat et que la France entende dispenser les combustibles spécifiquement industriels d'une taxation du CO₂ au titre de l'effet de serre au seul niveau communautaire.

1.2.1. Des engagements volontaires

Pour éclairer les actions à mener, l'ADEME a fait procéder à des études destinées à fournir une première approche technico-économique systématique, par branche et par type d'action, du gisement potentiel d'économies d'énergies fossiles dans les usages industriels.

Elle a ainsi exploré un domaine d'actions qui représente jusqu'à 20 % de réduction potentielle des émissions de CO₂ par économie d'énergie fossile ou par substitutions entre énergies, soit environ 5 Millions de t de C sur la base du niveau d'activité de 1990.

Ce gisement prend en compte des temps de retour supérieurs à ceux aujourd'hui appliqués dans l'industrie, qui sont de l'ordre de 1 à 3 ans, et sa mise en oeuvre effective suppose que soient saisies toutes les opportunités qui seront progressivement ouvertes par le renouvellement des plates-formes de production, avec adoption de nouvelles technologies dont la faisabilité technico-économique n'est pas encore définitivement acquise dans tous les cas.

Ce gisement potentiel est important, mais il ne pourra être pleinement exploité que si on sait créer, au plan international, les conditions qui permettent cette exploitation sans introduire de distorsions de concurrence : il conviendra de traiter de cette question difficile dans l'esprit de l'article 4 du Protocole de Montréal sur les CFC.

La France, pour sa part, a engagé en 1995 des concertations avec les entreprises des branches les plus consommatrices d'énergie en vue d'aboutir à la signature d'engagements volontaires sur la maîtrise de leurs émissions de gaz à effet de serre. A ce stade, des engagements volontaires ont été signés avec six partenaires (branches ou industriels), sur la base des objectifs suivants:

	Emissions 1990 Mt éq carbone (PRG sur 100 ans)	Emissions 2000 Mt éq carbone	Evolution 1990/2000 (%)	Evolution des émissions spécifiques (%)
Groupe PECHINEY (aluminium)	0.78	0.515	-34	
* dont CO2	0.35	0.355	+2	-19
* dont CF4	0.43	0.16	-63	-73
Industrie cimentier	1.8	1.35	-25	-10
Fabricants de chaux grasses et magnésiennes	0.24		-5 à 5	-5
Fédération française de l'acier	7.1	6.4	-10	-15
Industrie du verre d'emballage	0.53	0.5 en 1999 0.47 en 2005	-5 sur 1990/1999 -10 sur 1990/2005	-18 sur 1990/1999 -27 sur 1990/2005
3 Suisses France	0.03		-5	-25

Des négociations sont en cours avec le syndicat général des fondeurs de France. Dans d'autres branches (chimie, papier et agro-alimentaire) des échanges ont eu lieu, sans qu'ils se soient encore traduits par un processus d'accord.

1.2.2. Mesures d'accompagnement

Dès 1974 la France a imposé la réalisation d'audits énergétiques périodiques dans les établissements industriels consommant plus de 300 Tep/an par des experts agréés par l'administration.

Ce dispositif, qui a anticipé les recommandations de la directive SAVE, est actuellement en cours de refonte : l'objectif est d'inciter plus efficacement les industriels à saisir les opportunités favorables pour faire progresser l'efficacité énergétique.

Les aides à la maîtrise de l'Energie dans l'industrie se résument aujourd'hui comme suit

a) Aides financières de l'ADEME

- Soutien à la Recherche -Développement.

Les projets aidés portent principalement sur des procédés industriels (sidérurgie, fonderie, métaux non ferreux, chimie, papiers), des techniques génériques (échangeurs de chaleur, énergies radiantes, séchage, broyage, pompes à chaleur). En outre l'ADEME attribue une dizaine de bourses de recherche (doctorats) par an sur ces sujets.

- Aide à la décision, sous forme notamment de subventions en cas de recours à un consultant extérieur, de comptage de l'énergie, ou d'actions sectorielles.
- Aides à la démonstration pour des investissements exemplaires

De 1990 à 1993 le total de ces interventions a été de 398 millions de francs dont 132 MF pour la R et D et 45 MF provenant des régions.

Par ailleurs, en application du Contrat d'objectifs signé en 1995 entre l'Etat et l'ADEME, des mesures d'aides collectives à la décision au moyen d'appels publics à propositions seront mises en oeuvre. Enfin, pour compléter l'action de l'ADEME dans ce domaine, des aides individuelles régionales en faveur des PMI (Petites et Moyennes Industries) vont être prochainement introduites par l'ouverture des Fonds régionaux d'aide au conseil, aux aspects de maîtrise de l'énergie.

b) Incitations fiscales

- Amortissement exceptionnel, sur douze mois à compter de leur mise en service, de divers matériels destinés à économiser l'énergie ou à produire de l'électricité par cogénération.
- Réduction de 50% ou de 100% de l'assiette de la taxe professionnelle ou de la taxe foncière sur les propriétés bâties, sur les matériels ayant fait l'objet d'un amortissement exceptionnel conformément à la mesure évoquée cidessus ;
- Exonération des accises sur le gaz et le fuel lourd consommés pour la cogénération.
- Les Sociétés Agréées pour le Financement des Economies d'Energie (SOFERGIE) bénéficient, dans certains cas, d'une exonération d'impôts sur les bénéfices et plus-values qu'elles réalisent à l'occasion d'opérations de crédit-bail et de location de matériels destinés à économiser l'énergie.

Ces incitations fiscales font actuellement l'objet d'un examen dans le cadre du dispositif d'évaluation de la politique de maîtrise de l'énergie ; on se prononcera sur leur pérennité ou leur aménagement éventuel à l'issue de cet exercice courant 1997.

1.3. Transports

1.3.1. Transports de marchandises (hors utilitaires légers)

Dans le passé, les progrès techniques qui ont pu être faits sur la conception des véhicules et l'augmentation de leur taille moyenne ont freiné la croissance des émissions résultant de la croissance du trafic; on estime ainsi que la consommation moyenne des poids lourds est passée de 34,7 l/100km en 1985 à 33,6 l/100km en 1995, soit une baisse moyenne annuelle de 0,3%. En l'absence de mesures correctrices, les émissions de CO₂ du transport de marchandises continueraient cependant à croître à un rythme soutenu. Les actions engagées par la France dans ce secteur sont de trois types :

- actions techniques sur les véhicules afin de réduire les consommations spécifiques des poids lourds,
- actions institutionnelles portant sur l'organisation du transport routier de marchandises, le respect de la réglementation sociale, et la tarification,
- effort de stabilisation des parts modales grâce, d'une part, au développement du transport intermodal avec un effort particulier sur le transport combiné rail-route et, d'autre part, à l'amélioration du réseau fluvial.

On doit noter que ces actions relèvent dans une grande mesure d'initiatives à prendre au niveau de l'Union européenne.

1.3.1.1. Dispositions techniques relatives aux poids lourds

Le parc français de poids lourds associe à la fois des véhicules anciens n'effectuant souvent qu'un kilométrage restreint (30 000 km par an), et des véhicules récents équipés de moteurs de plus en plus puissants et effectuant un kilométrage important (100 000 km par an). Vétusté et augmentation de la puissance sont deux facteurs d'accroissement de la consommation.

Une puissance suffisante est nécessaire à une bonne insertion du véhicule dans le trafic routier et contribue ainsi à la fois à la sécurité et à la fluidité de ce trafic. Cependant, même si la consommation énergétique moyenne (rapport de la consommation globale mesurée sur le kilométrage total parcouru) des poids lourds a diminué de près de 20% depuis 1970, certaines motorisations paraissent aujourd'hui excessives. L'opportunité de limiter la puissance massique de ces véhicules devrait être examinée au niveau communautaire.

Par ailleurs, comme indiqué au paragraphe 1.3.2.1.2 relatif au contrôle technique des véhicules en service, un arrêté du 5 juillet 1994 a étendu à compter du 1er janvier 1996 l'obligation de remise en état des véhicules soumis à visite technique (comme les poids lourds et les bus), lorsqu'ils sont défectueux en matière d'émissions polluantes.

1.3.1.2. Actions institutionnelles

Dans le but de rétablir de meilleures conditions d'exercice de la profession, diverses mesures ont été arrêtées en décembre 1993, en concertation avec les professionnels du transport routier de marchandises :

- renforcement des conditions d'accès à la profession ;
- action de la France pour promouvoir au niveau communautaire la création d'un chronotachygraphe inviolable ;
- relèvement des sanctions en cas de non respect des règles relatives au temps de conduite et de repos.

Ces mesures ont été mises en oeuvre comme prévu. La libération du cabotage au sein de l'Union européenne prévue au 1/7/1998 devrait s'accompagner d'une harmonisation plus complète des conditions de travail de ce secteur dans les différents Etats membres. La suppression de ces distorsions de concurrence a été demandée par la France dans un mémorandum déposé en 1989 destiné à transformer la réglementation sur la durée de conduite pour en faire une réglementation sur la durée de travail des chauffeurs routiers.

De même, les taux minimum d'accises actuels sur les carburants, fixés au niveau de la CEE, doivent être progressivement relevés pour couvrir les coûts relatifs au changement de climat, et, plus généralement, ceux liés aux effets externes des transports.

Plusieurs pays de l'Union, dont la France, ont fait un effort important dans le sens d'un relèvement de leurs accises : en France, l'accise sur le gazole est aujourd'hui supérieure de 45% au taux minimum communautaire à la suite des relèvements intervenus depuis 1990. Il importe que les taux minimum communautaires soient relevés afin de ne pas introduire de distorsions de concurrence dans le transport routier ni de délocalisation d'achat du carburant. Il convient en outre de programmer clairement ces relèvements afin de permettre aux entreprises de s'adapter à cette évolution tarifaire dans une perspective de moyen et long terme.

1.3.1.3. Développement du transport intermodal de marchandises

L'objectif est de développer les transports intermodaux alternatifs à la route là où ils peuvent se révéler pertinents et plus particulièrement :

- le transport combiné rail-route (conteneurs et caisses mobiles) pour les acheminements à longue distance
- le service d'autoroute ferroviaire (navette) sur des axes à forte concentration de trafic ou pour le franchissement d'obstacles géographiques (traversées alpines en particulier)

Le transport combiné rail-route, malgré les efforts déployés par les Etats européens et les opérateurs ferroviaires, ne représente encore qu'une assez faible part des trafics. En France le trafic du transport combiné rail-route (12,2 milliards de tonnes.km en 1996) a cru de 41%

entre 1991 et 1995 et de 20% entre 1995 et 1996. Il représente aujourd'hui, en tonnes.km, 13% du trafic au-delà de 500 km.

La France est un pays de transit et on estime que le trafic marchandises de transit continuera à croître au rythme annuel voisin de 4.5% et sera responsable de plus du quart de l'accroissement des trafics marchandises terrestres tous modes en France entre 1990 et 2000. Alors que c'est sur le trafic longue distance, et en particulier sur le trafic international, que le transport combiné peut être compétitif, la situation des divers pays de l'Union Européenne montre la limite des politiques nationales qui sont mises en oeuvre : dans le cas des pays situés à la périphérie de l'Union on constate que 92% des chargements terrestres espagnols et portugais à destination des autres Etats membres et 83% des chargements italiens et grecs sont routiers.

L'objectif retenu à l'horizon 2000, en matière de transport combiné, est le doublement en volume par rapport à la situation de 1990 (+7 G tonnes.km). En particulier, les efforts consentis pour le développement des infrastructures visent à faire en sorte que le développement du transport combiné ne soit pas entravé par un manque de capacité..

Aspects institutionnels

Pour favoriser le transport combiné rail-route dans le trafic international, la directive communautaire 91/440/CEE a prévu de permettre l'accès des infrastructures ferroviaires des Etats membres au transport combiné international. La France a transcrit en droit national cette directive. La loi du 13 février 1997 portant création de l'établissement public "Réseau ferré de France", chargé de l'aménagement et de la mise en valeur de l'infrastructure ferroviaire, marque une étape décisive pour la mise en oeuvre de cette directive.

Il importe également d'assurer, du point de vue technique, une véritable inter-opérabilité des réseaux communautaires. La France souhaite pour cela que l'Union Européenne se donne les moyens de mettre en cohérence les règlements, spécifications techniques et normes relatives aux caractéristiques actuelles des infrastructures, du matériel roulant et des moyens logistiques.

Recherche et développement

Une aide conséquente à la recherche et au développement a été apportée au transport intermodal dans le cadre du PREDIT (Programme de recherche et de développement pour l'innovation et la technologie dans les transports terrestres) sur la période 1990-1994. Il a été décidé en 1995 d'engager un nouveau PREDIT pour la période 1996-2000 qui prévoit un programme d'environ 400 MF pour le transport intermodal de marchandises.

Développement des infrastructures

La mise au gabarit B+ des principales lignes fret se poursuit. Le financement consacré depuis 1985 à cette mise au gabarit est de 250 millions de francs ; 700 millions de francs supplémentaires sont prévus d'ici à 2000.

De nouvelles plates-formes d'échanges seront aménagées entre 1994 et 2000 sur quatre des dix sites principaux qui structurent actuellement le transport combiné en France (Bordeaux, Lille, Lyon et Marseille). La participation de l'Etat et des Régions aux investissements correspondants sera de 100 millions de francs par an, ce qui représente plus du

triplement par rapport à la période 1989-1993 (30 millions de francs par an). Cet effort sera complété par l'équipement du chantier Paris Nord Est et par la remise à niveau des autres terminaux participant à l'effet de réseau.

S'agissant des autoroutes ferroviaires, la récente mise en service d'Eurotunnel montre que les technologies sont maintenant disponibles. Les études d'avant projet sommaire de la ligne à grande vitesse Lyon-Turin qui vont être lancées concerneront également le trafic fret. La mise en service d'une autoroute ferroviaire entre Ambérieu et Turin et, dans un premier temps, d'un service de navettes sous le tunnel de base franco-italien seront ainsi étudiées.

Concernant le développement du réseau fluvial, les projets en cours (Niffer-Mulhouse, dragage de la Saône, Bray-Nogent) permettront de maintenir certains trafics qui, sinon, auraient basculé sur la route.

Aides à l'équipement des transporteurs

Conformément au règlement communautaire 1107/70/CEE modifié, l'Etat, l'ADEME et EDF ont mis en place en 1990 un programme pour inciter les entreprises de transport à l'acquisition de matériels combinables. Ce dispositif est destiné à favoriser l'accession des petites et moyennes entreprises de transport à la technique du transport combiné rail-route : les entreprises de transport routier souhaitant accéder à la technique du transport combiné ou augmenter leur trafic dans ce domaine ont accès à des financements du matériel nécessaire (semi-remorques rail-route, caisses mobiles rail-route éventuellement couplées avec leur châssis, engins bimodaux) par crédit-bail à des niveaux de loyers attractifs en échange de la réalisation d'objectifs de trafics en transport combiné. Un système de pénalité sous forme de renchérissement du loyer en cas d'objectifs non atteints est mis en place.

La procédure sera poursuivie en y affectant les crédits nécessaires pour accompagner la demande des transporteurs. Le total des aides engagées depuis 1990 s'élevaient au total, fin 1996, à 17 millions de francs, pour un investissement total de 102 millions de francs.

Effets attendus

Les actions entreprises au niveau français, en ce qui concerne le transport de marchandises, n'auront d'effet que si elles sont relayées à l'échelon communautaire par une politique plus équilibrée d'imputation des coûts des transports (coûts d'infrastructures, de congestion, d'insécurité, d'environnement), par un meilleur respect des règles sociales et de sécurité et par des aides plus fortes à l'investissement.

Dans ces conditions, et moyennant une poursuite de cette politique volontariste au delà de 2000 sur la période 2000/2020, l'impact de l'ensemble des mesures concernant le transport de marchandises augmenterait de 0.35 Mt C /an en 2000 à 1.6 Mt C/an en 2020.

1.3.2. Transports de voyageurs et utilitaires légers

Les émissions de CO₂ des véhicules particuliers ont crû au rythme annuel de 1,6% entre 1990 et 1995 et celles des utilitaires légers de 2,9%. Ces taux de croissance sont plus faibles que ceux des circulations (exprimées en véhicules.km) : 2,5 et 3% respectivement. Ces chiffres traduisent une baisse de la consommation moyenne du parc due en partie aux baisses de consommation des véhicules neufs conçus avant le contre choc pétrolier de 1985.

Après une longue période de décroissance, initiée dès le premier choc pétrolier et qui s'est prolongée jusqu'à la fin des années 1980, la consommation conventionnelle moyenne des véhicules neufs, essence ou diesel, commercialisés en France, est orientée à nouveau à la hausse. Cette remontée est particulièrement forte sur les consommations urbaines, en liaison avec une augmentation de la masse et de la puissance moyennes des véhicules d'environ 10% sur la période 1985-1993. On constate que les véhicules restent optimisés pour un usage interurbain sur autoroute alors même que près de 50% de l'énergie consommée par les transports routiers l'est en milieu urbain et que, sur les quinze dernières années, la consommation d'énergie des transports en ville a cru quatre fois plus vite que celle du transport interurbain.

Les mesures qu'entend prendre la France et qui auront un impact significatif sur les émissions de CO₂ du transport de voyageurs sont de plusieurs types :

- au niveau de l'optimisation technique des véhicules particuliers et des utilitaires légers, il s'agit de réduire les consommations spécifiques des véhicules et d'inciter les automobilistes à porter leur choix vers les véhicules économes, de faciliter le développement d'un véhicule spécifiquement urbain et de promouvoir les véhicules alternatifs.
- au niveau des déplacements urbains, il convient d'inciter les collectivités locales à promouvoir une meilleure organisation des déplacements.
- au niveau des déplacements interrégionaux, il s'agit de développer une offre de transport, les trains à grande vitesse, permettant de substituer de l'énergie électrique aux énergies fossiles .

1.3.2.1. Optimisation technique des véhicules

1.3.2.1.1. Réduction des consommations spécifiques des véhicules neufs

Les mesures à prendre en ce domaine doivent être coordonnées au niveau de l'Union européenne. La France s'associe pleinement aux Conclusions du Conseil du 25 juin 1996 affichant l'objectif d'un niveau moyen d'émissions de CO₂ pour les voitures neuves commercialisées dans l'Union européenne de 120 gCO₂ par km à atteindre en 2005 ou, au plus tard, en 2010.

Conformément aux conclusions du Conseil, cet objectif devra être atteint dans le cadre d'accords volontaires avec l'industrie automobile. C'est dans ce contexte que les constructeurs automobiles français, Renault et PSA Peugeot Citroën, ont pris l'engagement volontaire de ramener les émissions de CO₂ des véhicules neufs qu'ils commercialisent au sein de l'Union européenne à moins de 150 gCO₂/km en 2005.

D'autre part, le nouveau PREDIT verra l'effort de recherche concernant la consommation des véhicules maintenu sur la période 1996-2000. Environ 2 milliards de francs de programmes seront engagés pour les véhicules économes. L'amélioration du cycle carburant-moteur-dépollution, les travaux sur les matériaux et l'allègement des véhicules, l'accent mis sur les systèmes de propulsion non conventionnels, la conception de projets de démonstrateurs à faible consommation sont les principales actions envisagées sur ce thème.

Effets attendus

En supposant que l'objectif de 120 gCO₂/km soit atteint en France en 2010 et que la consommation des utilitaires légers suive une évolution parallèle on obtient à terme une réduction d'émissions de l'ordre de 4.7 MtC/an.

1.3.2.1.2. Contrôle technique des véhicules en service

Sur un parc français des voitures particulières et commerciales estimé à 24 millions, la part des véhicules de plus de 4 ans est estimée à 62,5%.

Une visite technique a été rendue obligatoire à compter du 31 décembre 1985 lors de toute mutation d'un véhicule de plus de 5 ans et de moins de 3,5 tonnes. Un contrôle technique périodique a été rendu applicable à l'ensemble de ces véhicules, qu'il y ait ou non mutation, à compter du 1er janvier 1992. Ce contrôle, réalisé dans des centres agréés, porte sur 52 points définis par arrêté du 18 juin 1991 parmi lesquels figure le contrôle des émissions de monoxyde de carbone (essence) et de fumées (diesel).

Le contrôle technique est obligatoire tous les deux ans pour tous les véhicules de plus de 4 ans depuis le 1er janvier 1995. Un arrêté du 5 juillet 1994 rend obligatoire la remise en état des véhicules reconnus défectueux en matière d'émissions polluantes lors du contrôle technique, à compter du :

- 1er octobre 1994 pour les véhicules à essence sans catalyseur;
- 1er janvier 1996 pour les véhicules diesel;
- 1er janvier 1997 pour les véhicules à essence avec catalyseur.

Effets attendus

Le contrôle technique semble avoir eu un impact positif sur le réglage des véhicules à essence puisque le taux de non conformité constaté qui dépassait 50% lors des campagnes de contrôle gratuit parrainées par l'ADEME au début des années 1990, n'est que de 25% lors du contrôle obligatoire actuel.

Une réduction moyenne de 10% de la consommation et des émissions polluantes sur les 50% de véhicules à essence non conformes en 1990 peut ainsi être espérée.

1.3.2.1.3. Prime pour le retrait des véhicules de plus de dix ans

Une prime de 5 000 F pour le remplacement par un véhicule neuf d'un véhicule de plus de 10 ans destiné à être détruit a été mise en place début février 1994 jusqu'à fin juin 1995. Du 1er octobre 1995 au 30 septembre 1996 lui a succédé une "prime qualité automobile" liée au remplacement de véhicules de plus de 8 ans.

Par rapport au renouvellement naturel du parc, on estime que ces primes ont incité au remplacement de près d'un million de véhicules anciens supplémentaires pendant leur durée d'application. Son impact sur les émissions de CO₂ est important à court terme (plusieurs dizaines de milliers de tonnes de carbone par an).

1.3.2.1.4. Développement d'un véhicule spécifiquement urbain

Le trafic urbain tient une place croissante dans la circulation automobile alors que les véhicules sont optimisés pour rouler à 130 km/h sur autoroutes ; le tiers des 14 000 km que parcourt en moyenne un véhicule léger se situe en milieu urbain, ce qui équivaut à la moitié de la consommation en carburants.

Une meilleure fluidité ainsi que de moindres émissions polluantes doivent être recherchées grâce à un véhicule spécifiquement urbain caractérisé par une limitation des dimensions, de la puissance, de la vitesse et des émissions polluantes et de bruit et un allègement corrélatif des exigences de sécurité passive actuellement déterminées par la vitesse de circulation sur routes et autoroutes. Afin de définir le cahier des charges d'un tel véhicule, le gouvernement français a mis en place un groupe de travail associant tous les acteurs concernés.

Ce groupe examine les mesures réglementaires nécessaires au niveau communautaire, les mesures fiscales au niveau national et les mesures relatives à la police de la circulation au niveau des agglomérations qui pourraient faciliter l'ouverture d'un marché suffisamment large pour que le prix d'un tel véhicule soit compétitif. Ses conclusions devraient être disponibles début 1998.

Effets attendus

En France, le marché annuel de voitures particulières neuves est aujourd'hui de 2 millions de véhicules. Il n'est pas possible de quantifier dès aujourd'hui la part de ce marché que pourrait occuper le véhicule spécifiquement urbain sachant que les constructeurs ne créeront un tel produit que lorsque les conditions seront réunies pour en assurer un développement rapide.

Au mieux, peut-on se fixer un objectif de l'ordre de 1% du marché pour le véhicule spécifiquement urbain d'ici à l'an 2000. Un tel résultat ne pourra être obtenu que dans la mesure où une politique volontariste sera conduite simultanément dans tous les Etats de la Communauté, contribuant ainsi à la création d'un véritable marché communautaire du véhicule spécifiquement urbain.

1.3.2.1.5. Promotion du véhicule électrique et des autres véhicules alternatifs

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/96 a pris un certain nombre de mesures visant à favoriser le développement du véhicule électrique et des autres véhicules alternatifs fonctionnant au gaz de pétrole liquéfié ou au gaz naturel. Outre l'extension de l'amortissement exceptionnel dont bénéficient les véhicules électriques aux autres véhicules alternatifs, aux équipements spécifiques et aux cyclomoteurs électriques, les principales mesures sont l'exonération ou la réduction de la taxe sur les véhicules de société pour les véhicules électriques ou autres véhicules alternatifs ainsi que l'obligation qu'ont les divers gestionnaires publics de flottes de véhicules d'acquérir dans une proportion minimale de 20% de tels véhicules lors du renouvellement de leur flotte.

Ces mesures complètent les mesures existantes, destinées à favoriser l'acquisition de véhicules électriques (prime de 5000 F de l'Etat en vigueur jusqu'au 31/12/1998 avec un

plafond de 10 000 véhicules) ou l'utilisation d'autres véhicules alternatifs (baisse du taux d'accise sur le GPL carburant). Elles accompagnent le soutien aux travaux de recherche sur de tels véhicules.

Effets attendus

Le parc français de véhicules électriques reste aujourd'hui marginal, proche des 3000 véhicules.

L'objectif visé à terme est une diffusion grand public, qui, en dépit des efforts faits par les deux grands constructeurs français en liaison avec les pouvoirs publics et les autres partenaires, en est encore au démarrage. Un véritable essor du véhicule électrique et des autres véhicules alternatifs demandera quelques années et est envisagé pour l'an 2000 : la substitution de 100 000 véhicules électriques, 300 000 véhicules au GPL et 3000 véhicules au gaz naturel à des véhicules thermiques classiques permettrait une économie de quelques dizaines de milliers tonnes de carbone au minimum. Au delà de 2000, un véritable développement du véhicule électrique pourrait être enregistré dans la mesure où l'on espère que cette première opération de diffusion à grande échelle aidera les constructeurs à surmonter les obstacles économiques qui, à ce stade, limitent encore l'adoption par le grand public du véhicule électrique.

1.3.2.2. Déplacements urbains

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/96 rend obligatoire pour toutes les agglomérations de plus de 100 000 habitants l'élaboration de plans de déplacements urbains. Ces plans de déplacements urbains, établis et mis en oeuvre par l'autorité compétente pour l'organisation des transports urbains de l'agglomération concernée, définissent les principes de l'organisation des transports de personnes et de marchandises, de la circulation et du stationnement.

Les orientations des plans de déplacements urbains portent en particulier sur la diminution du trafic automobile, les développement des modes de transports économes et les moins polluants, l'aménagement et l'exploitation du réseau de voirie, l'organisation du stationnement, le transport et la livraison des marchandises, etc.

Effets attendus

Il est très difficile de chiffrer a priori l'impact des mesures qui seront prises par les collectivités locales dans le cadre des plans de déplacements urbains. Il devrait rester marginal en 2000, mais pourrait dépasser 1 MtC/an à l'horizon 2020.

1.3.2.3. Développement du réseau de Trains à Grande Vitesse

Après l'ouverture de la première ligne de TGV en 1981, la France s'est engagée à poursuivre la réalisation d'un réseau ferroviaire à grande vitesse en adoptant dès 1991 le schéma directeur national des liaisons ferroviaires à grande vitesse.

Ce schéma comprend environ 4700 km de lignes nouvelles à grande vitesse dont 1260 km étaient en service en 1995 :

- TGV Sud-Est entre Paris et Valence
- TGV Atlantique
- TGV Nord-Europe et liaison transmanche
- Interconnexion en Ile de France

D'ici à l'an 2000, le TGV Méditerranée sera achevé jusqu'à Marseille et la première phase du TGV Est sera engagée de Paris à la vallée de la Moselle.

D'autre part, l'Etat encourage la recherche et le développement notamment au travers du PREDIT. 445 millions de francs ont été affectés spécifiquement aux grandes vitesses ferroviaires entre 1990 et 1994 avec, en particulier, le programme de TGV de nouvelle génération. Cet effort sera poursuivi dans le cadre du nouveau PREDIT : environ 500 millions de francs seront engagés pour la grande vitesse ferroviaire.

Le développement du réseau TGV permet de substituer, pour les trafics "grande vitesse" (autoroutiers, aériens ou ferroviaires) de l'électricité d'origine non thermique (nucléaire ou hydraulique) à des combustibles fossiles. Son impact sur les émissions de gaz à effet de serre est donc favorable.

Les dépenses d'infrastructures pour le réseau grande vitesse ont été de 33,3 milliards de francs pour les années 1990 à 1995 soit 5,5 milliards par an. Le coût des futurs TGV Méditerranée et TGV Est est estimé à 48 milliards de francs.

Effets attendus

Les prévisions de trafic de la SNCF conduisent à estimer que la mise en service des TGV Méditerranée et Est devrait conduire à détourner de l'air respectivement 1,8 et 0,7 milliards de voyageurs.km par an. Le détournement de la route serait lui de 0,7 et 0,3 milliards de voyageurs.km par an.

On estime que cela conduira en 2000 à substituer de l'énergie électrique non polluante pour l'effet de serre à 130 000 tep par an consommées en aérien et 30 000 tep par an consommées sur la route. Le gain estimé en terme d'émission de CO₂ est donc d'environ 130 000 tonnes de carbone par an.

1.4. Electricité

La singularité de la France en matière de production d'électricité réduit considérablement sa marge de manoeuvre pour maîtriser l'évolution de ses émissions futures.

Le recours au nucléaire, qui a été mis en oeuvre en France plus que dans aucun autre pays, supprime toute émission de CO₂. On peut évaluer l'économie en émissions de CO₂ due à la production nucléaire française de 378 TWh en 1996 à 117 MtC qui auraient été émis par les centrales au charbon et 59 MtC par les centrales à cycle combiné au gaz

La production thermique classique d'EDF est passée de 30,4 TWh en 1993 à 12,6 TWh en 1994, puis est remontée à 17,4 TWh en 1995 et à 21,2 TWh en 1996. La hausse de 1995 s'explique surtout par les contraintes réglementaires sur la température maximale de rejet d'eau des centrales nucléaires, qui ont imposé l'arrêt de certaines tranches durant l'été 1995.

En 1996, la nouvelle hausse peut s'expliquer par la baisse de la productibilité hydraulique, déjà intervenue en 1995, et une hausse de la demande nationale.

La production thermique classique hors EDF est, quant à elle, stabilisée autour de 20 TWh. Le développement actuel de la production autonome par cogénération n'a pas encore d'effet sensible dans le bilan de production national.

Les émissions de CO₂ du secteur électrique étaient d'environ 10 MtC en 1990. Compte tenu de la moindre utilisation du parc thermique classique d'EDF, due à un meilleur taux de disponibilité du parc nucléaire, ces émissions sont passées à 7 MtC en 1993 et 1994. Du fait de la remontée de la production thermique classique, ces émissions ont atteint 7,9 MtC en 1995 et 8,6 MtC en 1996.

Compte tenu de la place occupée par les filières nucléaire et hydraulique (plus de 90% de la production d'électricité est à contenu nul en carbone, voir chapitre sur les circonstances nationales), la France n'a plus guère de possibilités de réduire ses émissions de CO₂ en agissant sur l'outil de production de l'électricité lui-même; elle entend néanmoins poursuivre la limitation des émissions de ce secteur par deux moyens principalement:

- agir sur la demande d'électricité pour aplatir la courbe de charge
- développer la pénétration de l'électricité en substitution à de l'énergie fossile partout où cela peut économiser du CO₂.

1.4.1. Investissements dans de nouvelles centrales nucléaires

Six nouvelles tranches REP 1.300 MW ont été mises en service entre 1990 et 1994 et quatre tranches REP 1.450 MW sont actuellement en construction, voire déjà raccordées pour certaines, avec une mise en service industriel prévue avant l'an 2000. Le programme d'équipement nucléaire pour 1990-2000 porte donc sur l'installation de 13.600 MW au total.

A titre illustratif, le fonctionnement en base de ces dix tranches, avec une disponibilité de 82 % et un taux d'utilisation de 85 %, correspond à une production annuelle d'environ 84 TWh, sans émission de CO₂. La même production à partir de centrales fonctionnant au charbon, ou de centrales à cycle combiné au gaz, provoquerait respectivement l'émission de 25 ou 12,5 MtC/an.

Le programme d'équipement en moyens de production d'EDF a entériné le net ralentissement du rythme d'engagement de nouvelles tranches nucléaires, compte tenu de la faible croissance de la consommation intérieure d'électricité, de la disponibilité élevée du parc nucléaire, du développement de la production autonome (et en particulier de la cogénération), et de l'allongement de la durée de vie prévue pour les tranches thermiques classiques au charbon.

Compte tenu de l'évolution prévisible de l'équilibre entre l'offre et la demande d'électricité, la mise en service de nouvelles tranches nucléaires n'apparaît pas nécessaire avant 2010.

1.4.2. Exportations d'électricité

Les exportations d'électricité connaissent un développement soutenu depuis 1990 (voir tableau ci dessous). Le solde des échanges d'électricité avec les autres pays est ainsi passé de 46 TWh en 1990 à 69 TWh en 1996, soit une augmentation de 50 % par rapport à 1990. Le gain correspondant en termes d'émission de CO₂ peut être estimé à 6 MtC/an, en supposant que les exportations françaises d'électricité se substituent principalement à une production à partir de charbon à l'étranger.

ANNEE	EXPORTATION S (TWh)	IMPORTATIONS (TWh)	SOLDE DES ECHANGES (TWh)
1990	52,4	6,7	45,8
1991	58,7	5,5	53,2
1992	58,5	4,7	53,8
1993	65,1	3,7	61,4
1994	66,9	3,7	63,2
1995	73,0	3,0	70,0
1996	72,6	3,6	69,0

Les contrats actuellement passés permettront de maintenir ces exportations autour de 70 TWh à l'horizon 2000. Toutefois, compte tenu de la surcapacité de production dans la plupart des pays riverains de la France, de la concurrence accrue entre producteurs étrangers due à l'ouverture du marché intérieur de l'électricité et des difficultés rencontrées dans la construction de nouvelles lignes d'interconnexion, le solde exportateur ne pourra probablement pas être maintenu à ce niveau au-delà de l'an 2000. Un volume de 50 à 55 TWh semble plus réaliste à l'horizon 2010.

1.4.3. Développement de la cogénération

Depuis le début des années 90, on assiste à un renouveau de la cogénération en France, avec le développement quasi exclusif de turbines à combustion et de moteurs à gaz, alors que le parc ancien se compose, pour l'essentiel, de turbines à vapeur. La puissance installée s'élevait à 3.2 GW au 1/1/1994, dont 2.4 GW de turbines à vapeur.

Ce développement est rendu possible par une disposition réglementaire, qui impose à EDF une obligation de rachat de l'électricité produite par des installations de cogénération de taille inférieure à 8 MW. Au delà de cette limite, il faut une autorisation ministérielle; le Ministère de l'Industrie s'est engagé à accepter ce type de projets jusqu'à une puissance cumulée de 1 GW en l'an 2000. Le tarif de rachat est fixé en référence au coût évité pour EDF dans l'hypothèse d'un parc de production à l'équilibre (soit au coût marginal de long terme).

Une étude réalisée par l'ADEME évalue le potentiel économique de la cogénération en France, dans les secteurs de l'industrie et du tertiaire (hors réseaux de chaleur), entre 5 et 10 GW, selon qu'on se fonde sur un temps de retour de l'investissement de 5 ou 12 ans. Cette capacité viendrait s'ajouter aux installations existantes.

Compte tenu du dispositif en place, les perspectives de développement de la cogénération sont estimées à 6 GW sur la période 1995 / 2020. Il est probable qu'en raison de la modulation saisonnière du tarif de rachat, ces équipements fonctionneront pour l'essentiel au cours de l'hiver tarifaire et que l'électricité ainsi produite se substituera pour une bonne part à

de l'électricité d'origine thermique classique. L'impact prévisible en terme de réduction d'émissions de CO₂ est consigné ci dessous:

	2000	2010	2020
Capacités nouvelles de cogénération (GW)	1.5	4	6
Production électrique (TWh/an)	9	24	30
Impact CO ₂ (MtC/an)	1.6 (*)	1 (**)	1.2 (**)

(*) substitution à des centrales à charbon.

(**) substitution à des centrales à cycle combiné au gaz

1.4.4. Réduire les pointes de la courbe de charge.

La réduction des pointes de demande et tout particulièrement de la pointe saisonnière hivernale est activement recherchée car elle permet de diminuer encore davantage le temps d'utilisation du parc de centrales thermiques.

Cette réduction des pointes sera recherchée à la fois par économie d'électricité et par déplacement dans le temps de certaines consommations.

Dans ce but, EDF a développé une tarification sophistiquée et vient en particulier d'instaurer un tarif basse tension dit "tarif TEMPO" qui comporte six plages horaires à prix distincts au cours de l'année et contribuera au lissage de la courbe de charge annuelle avec notamment une réduction de la pointe d'hiver et un moindre recours au parc thermique classique. Environ 70 000 abonnements ont été contractés à ce jour, ce qui représente moins d'un tiers de l'objectif annoncé pour 1996. Des efforts commerciaux sont mis en oeuvre pour rattraper le retard et atteindre le million de foyers abonnés vers l'an 2000. A cet horizon, le tarif TEMPO représenterait 5,4 TWh/an en termes de consommations d'électricité; la réduction de consommation en période de pointe pourrait atteindre 1,5 TWh/an, soit une réduction d'émission de l'ordre de 0,35 MtC/an. En 2010, l'impact de cette mesure peut être estimé à 0.5 MtC/an.

Par ailleurs, l'accord de coopération dans le domaine de la maîtrise de la demande d'électricité (MDE), signé en février 1993 entre EDF et l'ADEME pour une durée de 3 ans, a été renouvelé en 1996. Il permettra de généraliser à l'échelle nationale un certain nombre d'actions pilotes menées au niveau régional (diffusion de lampes basse consommation, promotion des usages performants de l'électricité dans l'industrie, etc...). Les réductions d'émission résultant de cette politique seraient au maximum de 0.5 MtC/an à l'horizon 2010.

1.4.5. Substitution d'électricité à des combustibles fossiles chez le consommateur final

Le Contrat de plan pour 1997 à 2000 a reconduit, pour EDF, une priorité commerciale visant à promouvoir les applications performantes de l'électricité dans l'industrie.

1.4.6. Effets pervers de la péréquation des tarifs de l'électricité

La péréquation des tarifs de l'électricité basse tension sur l'ensemble du territoire national masque les disparités de coûts de production et de distribution de l'électricité et conduit à ce que l'électricité soit vendue en dessous de son coût réel, d'une part dans les régions isolées où cette électricité est essentiellement d'origine fossile (Corse et départements d'Outre-mer, "DOM" dans la suite du texte), d'autre part dans les zones rurales peu denses, alors qu'elle est vendue au dessus de son coût réel dans les zones urbaines.

Cette situation a deux conséquences qui méritent d'être corrigées :

- d'une part l'électricité bénéficie d'un avantage artificiel face aux énergies nouvelles et renouvelables qui auraient, dans les zones rurales, les DOM et en Corse, des niches de rentabilité de nature à en faciliter le développement efficace. Les énergies nouvelles et renouvelables concernées sont aussi bien celles qui peuvent produire de l'électricité que celles qui peuvent se substituer à elle.
- d'autre part la péréquation des prix de l'électricité suscite un surcroît de consommation par rapport à ce qui résulterait d'une tarification au coût réel de fourniture. Ceci se traduit dans les zones isolées, qui ne sont pas connectées au réseau métropolitain alimenté pour l'essentiel par des productions nucléaires et hydrauliques, par un surcroît d'émission de CO₂ évalué à 0,15 millions de tonnes de carbone.

La promotion de la maîtrise de la demande de l'électricité et des énergies renouvelables dans les zones rurales peu denses est assurée depuis 1995 par la mise en place d'une tranche spécifique dans le cadre du FACE (Fonds d'amortissement des charges d'électrification). D'un montant initial de 100 MF à sa création en 1995, cette tranche a été reconduite à hauteur de 100 MF en 1996 puis en 1997.

En 1995, les projets retenus s'élevaient, pour la maîtrise de la demande d'électricité (MDE), à 5,5 MF et, pour les énergies nouvelles et renouvelables (ENR), à 63,2 MF, soit un total de 68,7 MF. En 1996, les projets représentaient 5,3 MF pour la MDE et 23,8 MF pour les ENR, soit 29,1 MF au total. Sur ces années, il s'agissait principalement d'équipements photovoltaïques (85 %), les équipements éoliens et hydrauliques représentant respectivement 13,5 % et 1,5 %. Au stade actuel, l'impact de ces projets en terme de réduction des émissions de carbone fossile demeure limité.

Dans les DOM, où l'électricité est, pour une bonne part, produite à partir de combustibles fossiles, l'ADEME et EDF ont diffusé près d'un million de lampes basse consommation au début des années 90. Ces deux opérateurs ont également été chargés d'y conduire un plan de diffusion de 20 000 chauffe-eau solaires; les ventes enregistrées 1996 (un peu plus de 5000 unités) montrent que l'objectif devrait être atteint en l'an 2000. Ces deux

actions devraient permettre de réduire les émissions de carbone fossile des DOM d'environ 11 000 t C / an à horizon 2000.

Par ailleurs est intervenu en 1996 le lancement d'un label expérimental ayant pour objectif de promouvoir, dans ces départements, la conception de logements à architecture "bioclimatique" en vue d'éviter ou de minimiser le recours à la climatisation artificielle; ces logements devraient en outre faire appel à des solutions performantes pour la production d'eau chaude sanitaire.

1.5. Développement du stock de carbone lié à la forêt

1.5.1. Evolution de la politique de boisement

Amorcée depuis le début du siècle dernier, l'extension de la surface boisée en France métropolitaine s'est, au cours d'une première période, effectuée à un rythme modeste: d'environ 7 millions d'hectares en 1830, on était passé à 11 millions d'hectares plus d'un siècle plus tard (en 1945), avec des phases d'accroissement suivies de phases de stagnation (en particulier dans l'entre-deux guerres). Avec la création du Fonds Forestier National (FFN) en 1947 a été donné un nouvel élan au développement de la forêt, sa superficie passant à près de 15 millions d'hectares en 1990, ce qui conduit à un taux global de boisement d'environ 27 %.

L'extension de la forêt française a ainsi été d'environ 63 000 ha par an depuis 1945, cet accroissement comprenant l'extension naturelle (évolution spontanée des friches) et le boisement (plantation de terres non forestières). Le FFN a aidé en moyenne au boisement de 21 000 ha par an sur cette période, passant d'un rythme élevé dans les années cinquante (30 000 ha par an) à environ 10 000 ha par an au cours de la décennie 80.

En 1993, la France s'était fixé comme objectif d'augmenter progressivement le rythme annuel de boisements aidés jusqu'à un niveau de 30 000 ha/an en 1998. En 1994 et 1995, 12 000 ha et 11 000 ont ainsi respectivement été aidés. En raison de difficultés budgétaires, l'objectif d'augmentation du rythme annuel de boisements aidés a finalement été abandonné et on table à présent sur le maintien d'un rythme de 10 000 à 12 000 ha /an jusqu'à la fin de la décennie.

1.5.2. Mesures mises en oeuvre

La politique d'aides publiques au développement de la forêt concerne à la fois le reboisement de terres forestières (ce qui constitue notamment un encouragement à l'amélioration qualitative des forêts existantes et à la reconstitution des forêts détruites par les cataclysmes), ainsi que l'extension de la surface forestière (boisement).

Le dispositif d'aide à l'investissement initial est complété, depuis 1994, par le versement d'une prime destinée à compenser la perte de revenu de l'exploitant agricole ou du propriétaire. Les dépenses correspondantes sont prises en charge par le budget communautaire à hauteur de 50% dans le cadre des mesures d'accompagnement de la réforme de la politique agricole commune.

Ce dispositif est complété par différents avantages fiscaux (exonération partielle de la taxe sur le foncier non bâti et de l'impôt sur les successions notamment).

1.5.3. Impact en terme de stockage de carbone¹

Une forêt en croissance permet de stocker durablement du carbone dans la biomasse aérienne et souterraine des arbres. Lorsque la forêt est implantée sur une ancienne terre agricole, il se produit également une accumulation de carbone dans la matière organique du sol.

En 1990 la production annuelle de biomasse forestière s'établissait à environ 56 millions de tonnes de matière sèche, correspondant à la fixation de 28 millions de tonnes de carbone. Compte tenu des quantités de bois récoltées, l'augmentation du stock de carbone contenu dans la biomasse forestière s'élevait à 12 millions de tonnes par an en 1990. En 1994, compte de la baisse de la récolte et de la progression de la production biologique par rapport à 1990, l'augmentation du stock de carbone contenu dans la biomasse forestière s'élevait à 14.3 millions de tonnes par an.

Simultanément, il y a eu une augmentation mal connue du carbone stocké chaque année dans le sol, sans doute comprise entre 1 et 2 millions de tonnes (des travaux en cours permettront de préciser ce point, voir partie VIII-2-2-2).

Compte tenu notamment de la politique de boisement décrite ci-dessus, le stockage annuel net de carbone dans la forêt française devrait passer d'un rythme annuel de 12 millions de tonnes de carbone par an en 1990 à 17 millions de tonnes de carbone par an en 2000, sous l'effet conjugué de l'accroissement de la production annuelle de biomasse (+2.7 million de tonnes de carbone par an) et de la baisse des prélèvements (-2.3 million de tonnes de carbone par an), l'année 1990 correspondant à un niveau anormalement élevé de récolte de bois d'oeuvre.

Par ailleurs, du fait de l'augmentation de la surface forestière d'environ 110 000 ha à horizon 2000, il convient d'ajouter, à ce volume stocké dans la biomasse, un montant faible, sans doute inférieur à 0.10 millions de tonnes par an, pour tenir compte du stockage de carbone dans le sol².

Le coût du boisement des terres agricoles, rapporté à la tonne de carbone stocké dans la biomasse forestière et dans le sol, est en moyenne de 370 F/t.

1.5.4. La défense des forêts contre les incendies

En moyenne sur la dernière décennie, quelques 4700 feux ont parcouru chaque année 31 000 ha de forêts, landes, maquis et garrigues. Avec deux feux sur trois, le Sud méditerranéen constitue la zone la plus exposée, mais le risque est également élevé dans le sud-ouest et dans l'ouest du pays les années de grande sécheresse.

¹ Les évaluations présentées dans cette partie se rapportent à l'ensemble "bois et forêts" et "peupleraies"; elles ignorent l'ensemble "surfaces boisées hors forêts", qui ne représente qu'une faible part de la production annuelle de biomasse forestière et pour lequel peu d'informations fiables, notamment en terme d'évolution, sont disponibles.

² Cette estimation ignore l'impact de l'extension naturelle des surfaces boisées, dont on peut penser qu'elle s'effectuera à un rythme comparable à celui observé sur la période passée récente (+50 000 ha/an), compensant quasiment les évolutions en sens inverse de la forêt vers l'ensemble "friches, landes" ou les usages artificialisés du sol.

La politique de défense des forêts contre les incendies comprend:

* des actions de prévention, avec trois volets:

- la sensibilisation du public aux risques d'apports accidentels de sources de chaleur en forêt,
- la surveillance des départs de feux au moyen de postes fixes et grâce à la réalisation de patrouilles,
- la réalisation et l'entretien d'infrastructures pour l'aménagement des massifs forestiers: voirie, points d'eaux, zones débroussaillées, coupures stratégiques,...

L'essentiel des moyens budgétaires est mobilisé par les deux derniers volets.

* la constitution de moyens de lutte contre les incendies et leur mise en oeuvre par les équipes de sapeurs-pompiers des collectivités locales concernées (au nombre de 27 000 hommes), appuyées par un dispositif national comprenant une force d'intervention aérienne (28 avions bombardiers d'eau) et une force d'intervention terrestre de 1700 hommes.

En ce qui concerne les départements à risque, l'effort financier de l'Etat se situait en 1995 à un niveau supérieur à celui de l'Union européenne (13 ECU/ha/an pour la France contre 6.5 ECU/ha/an pour la moyenne communautaire). Il permet, sur moyenne période, de limiter les destructions annuelles à 0.29% des surfaces forestières à risque, contre 1.08% pour la moyenne communautaire.

1.6. Emissions de carbone liées à des changements d'affectation des terres

Evolution du mode d'utilisation des terres

La tendance lourde de diminution des terres agricoles au profit de la forêt, des sols "sans usage" (landes, friches) et des usages artificialisés du sol, devrait se poursuivre au cours de la décennie 90 (-120 000 ha/an sur longue période).

Par ailleurs, les incitations publiques gouvernant l'affectation des terres au sein de la surface agricole ont été modifiées.

Avant 1993, la politique agricole commune (PAC), par le biais notamment d'un mécanisme de soutien des prix payés aux producteurs, a fortement encouragé l'intensification de la production agricole, ainsi que la transformation, en terres arables, de surfaces en herbe (prairies permanentes et temporaires) et, dans une moindre mesure, de surfaces forestières (le défrichement de surfaces forestières s'est poursuivi jusqu'à récemment dans certaines régions, même si au niveau national on a assisté à une forte augmentation nette des surfaces boisées).

La réforme de la PAC devait mettre un frein à ces évolutions:

- d'une part, on pensait qu'il n'existait plus d'incitation forte à augmenter les surfaces consacrées aux grandes cultures (ces nouvelles terres ne pourraient pas bénéficier des aides à l'hectare versées aux productions de grandes cultures qu'au prix d'une réduction du niveau moyen de l'aide à l'hectare et de l'imposition d'un gel exceptionnel l'année suivante),
- d'autre part, l'élevage bovin ne serait plus incité à intensifier la production en réduisant les surfaces en herbe et en les remplaçant par des fourrages cultivés ou d'autres productions végétales (les aides octroyées, notamment dans le secteur de la viande bovine, sont plafonnées en fonction du nombre d'animaux par hectare de surface fourragère, à un niveau cependant relativement élevé, et les surfaces en maïs fourrage reste en dehors du dispositif).

En conséquence, il semblait raisonnable de tabler sur la disparition des conversions de prairies ou forêts en terres arables. En fait, un tel changement n'a pas été observé jusqu'à ce jour et des travaux de modélisation entrepris récemment concluent que l'avantage économique lié à l'intensification reste suffisamment fort pour la conversion de prairies ou forêts en terres arables se poursuive jusqu'à l'horizon 2000. Au delà, il est prudent d'attendre les résultats des réflexions en cours sur une nouvelle étape dans l'évolution de la politique agricole commune.

Enfin la politique agricole commune comprend à présent un mécanisme de mise en jachère obligatoire d'une partie de la superficie en grandes cultures, ce qui affectera l'évolution de la matière organique des sols touchés par cette mesure.

Impact en matière d'émissions de gaz à effet de serre

Il est à présent jugé hautement improbable que les modifications dans l'utilisation des terres explicitées dans l'annexe 3, interviennent d'ici à l'an 2000; la diminution des émissions annuelles de carbone à hauteur de 2 millions de tonnes par rapport à 1990 ne devrait pas avoir lieu à cet horizon. Il n'est pas exclue qu'elle intervienne plus tard au cours de la période 2000/2020.

1.7. Energies nouvelles et renouvelables

Les énergies renouvelables représentent en France, en 1990, 22 % de la production nationale d'énergie primaire avec une production de 22,9 millions de Tep, dont 12,9 millions de Tep d'électricité hydraulique. En 1995, la production d'énergies renouvelables s'élève à 29 millions de TEP, dont 17 millions de Tep d'électricité hydraulique.

Présentant ainsi un réel intérêt en terme énergétique, en terme économique, et sous certaines conditions en terme environnemental, le développement de ces énergies est encouragé dans différents domaines.

1.7.1. Développement de l'utilisation de l'énergie éolienne

En 1996 la France a lancé un plan pour le développement de l'énergie éolienne. L'objectif est la mise en place, d'ici 2005, d'une capacité de production d'électricité d'origine éolienne comprise entre 250 et 500 MW, en fonction de l'intérêt économique présenté par les projets qui seront identifiés. La procédure suivie est celle de l'appel d'offres, chaque opérateur

potentiel annonçant, en particulier, le prix de rachat de l'électricité qu'il juge nécessaire pour rendre viable son projet.

En 1993 et 1994, deux centrales d'une puissance de 2,2 et 3 MW ont été installées respectivement à Port la Nouvelle et Dunkerque. D'ici fin 1997, le dépouillement des deux premières tranches de l'appel d'offres devrait conduire à sélectionner des projets correspondant à une puissance totale installée d'environ 50 MW.

Compte tenu de la taille et structure du parc national de production d'électricité, l'impact en terme de réduction d'émissions de CO₂ restera limité à l'horizon 2005 (inférieur à 50 000 tC/an).

1.7.2. Développement de l'utilisation du bois-énergie

Avec plus de 10 millions de TEP, le bois se situe à la 3ème place de la production nationale d'énergie.

Le bois est, pour plus de 80% utilisé pour le chauffage individuel près du quart des maisons individuelles l'emploient comme moyen de chauffage de base et un autre quart comme chauffage d'appoint. Cette consommation traditionnelle, bien que assez mal connue (parce que, pour l'essentiel, s'exerçant en dehors des circuits commerciaux), semble assez stable sur les dix dernières années, avec toutefois une substitution assez marquée entre les modes traditionnels (cuisinières et poêles dans les maisons anciennes) et des modes nouveaux (foyer fermé dans les maisons neuves, notamment en complément du chauffage électrique).

La consommation pour le chauffage collectif et le tertiaire est un fait récent et représente de l'ordre de 0.1 millions de TEP par an; elle concerne environ 200 chaufferies collectives mises en place avec le concours de l'ADEME au cours des dix dernières années.

Enfin l'industrie du bois et la papeterie consomment un peu plus de 1 million de TEP par an de déchets et sous-produits du bois.

La ressource supplémentaire disponible se compose:

- d'un gisement à bas coût compris entre 0.2 et 0.4 millions de TEP/an sous forme de sous-produits ou déchets du bois;
- d'un gisement, à un coût de mobilisation plus élevé, de bois à récolter en forêt pouvant représenter jusqu'à 3 millions de TEP/an (cette mobilisation se ferait dans le respect d'un mode de gestion durable de la ressource);
- de bois issu de haies et de taillis à courte rotation pouvant être implantés à proximité des lieux de consommation, par exemple sur la jachère "grandes cultures" instaurée par la PAC;

En outre, grâce au renouvellement constant des matériels de combustion, l'amélioration progressive des performances énergétiques du parc d'équipements, permettrait d'augmenter la contribution effective, en terme d'économies d'énergies fossiles, du gisement actuellement exploité (à horizon 2015, ce processus pourrait libérer entre 1 et 2 millions de TEP de bois dans le parc de logements chauffés au bois en 1990, soit une réduction potentielle de la consommation d'énergies fossiles de même ampleur).

Deux types d'actions spécifiques ont été décidés par ailleurs pour conforter la place du bois-énergie dans l'approvisionnement énergétique de la France:

- Il est convenu de corriger la pénalisation du bois-énergie qui résulte de la sous-tarification (liée à la péréquation) de l'électricité basse tension dans les zones peu denses (voir partie III -1-4-6),
- Un "Plan bois énergie" a été mis en place par lequel, l'Etat et les collectivités locales dans un certain nombre de régions pilote, entendent créer les conditions nécessaires à la structuration d'une véritable filière bois-énergie pour le chauffage collectif, en jouant à la fois sur l'offre (approvisionnement en bois, installation et maintenance des équipements de combustion) et la demande (notamment dans le patrimoine immobilier public).

Mesures mises en oeuvre

Dans le cadre du Plan bois énergie, le développement de l'utilisation du bois dans des chaufferies collectives est encouragé par la prise en charge, par le budget public (Etat plus collectivités locales plus éventuellement budget européen), de tout ou partie:

- des études de faisabilité,
- des équipements nécessaires à la filière d'approvisionnement (récolte, stockage, conditionnement),
- du surcoût des investissements en chaufferies, par rapport aux solutions concurrentes,
- de l'animation, la formation et l'évaluation.

L'aide apportée est ajustée au cas par cas en fonction du contexte local, afin de rendre la solution biomasse attractive par rapport à la solution énergie fossile concurrente.

Le budget public prévu pour la période 1995 - 1998, s'élève à 148 millions de francs.

Par ailleurs, la France a obtenu l'inscription du bois énergie (produits non transformés) sur la liste des produits pouvant bénéficier du taux réduit de TVA, annexée à la sixième directive européenne. Cette mesure doit, d'une part, faciliter le développement du bois énergie et, d'autre part, favoriser l'insertion de l'approvisionnement destiné au chauffage individuel dans les circuits commerciaux. A ce titre, elle devrait assainir une activité économique (abattage, transport, façonnage du bois) qui, en France, représente de l'ordre de 25 000 emplois. Un premier pas a été réalisé dans ce sens à l'occasion de la loi de finances 1997 qui prévoit un taux de TVA réduit pour le bois de chauffage à usage domestique.

Impact en termes d'émissions

La forêt française étant gérée de manière durable, le carbone émis lors de la combustion de bois ne doit pas être pris en considération. En revanche, la combustion du bois génère des gaz à effet de serre (GES) autres que le CO₂, tels que CH₄, N₂O, qui réduisent la contribution positive de l'usage du bois en matière d'effet de serre.

Le renouvellement du parc avec des appareils plus performants, en réduisant ces émissions de CH₄ et de N₂O, devrait sensiblement augmenter la contribution du bois-énergie à la lutte contre l'effet de serre dans l'avenir; néanmoins, compte tenu de la durée de vie des équipements, cette évolution sera nécessairement lente.

Globalement, on peut estimer que, dans les circonstances actuelles, l'utilisation des 10 millions de TEP de bois permet d'éviter l'émission d'environ 5 millions de tonnes de carbone fossile.

Les mesures présentées ci dessus, ainsi que le développement de la tarification TEMPO (qui augmente l'intérêt économique de l'association bois/électricité) devraient permettre de maintenir ce niveau de consommation de bois dans le chauffage individuel en l'an 2000, voire l'augmenter après 2000.

Le Plan Bois énergie prévoit d'aider à la réalisation de près de 250 chaufferies collectives dans treize départements ou régions, représentant une consommation prévisible de bois de 70 000 TEP. Ceci permettra d'éviter à terme l'émission d'environ 55 000 tonnes de carbone fossile, tout en générant plus de 260 emplois, essentiellement situés en zone rurale. Au 1er janvier 1997, 39 installations, d'une puissance totale de 46 MW pour une consommation annuelle de 12 500 TEP, avaient été mises en place.

Mais le véritable enjeu se situe à long terme: il s'agit de promouvoir une structuration de la filière qui lui permettra, en cas de modification significative du contexte énergétique, de se développer fortement. Une étude prospective conclut que, compte tenu de la ressource disponible et notamment de sa répartition géographique, et en fonction de l'évolution du prix pour l'utilisateur final de l'énergie fossile (taxation du carbone fossile), la consommation de bois dans le secteur collectif et industriel est susceptible de tripler à horizon 2020, passant de 1 à 3 millions de TEP par an.

1.7.3. Développement de la production de biomasse agricole à usage énergétique

La production d'énergie à faible contenu en carbone fossile est une des voies privilégiées qui permettra à terme de satisfaire l'objectif ultime de la Convention sur le Climat. Par ailleurs, la France possède un secteur agricole dynamique et performant, qui est particulièrement touché par la crise de débouchés sur les marchés alimentaires mondiaux.

Pour relever ce double défi, il a été mis en place le groupement scientifique Agriculture pour la Chimie et l'Energie (AGRICE) chargé de coordonner les diverses actions de recherche menées au niveau national. Son programme de travail est organisé autour des trois axes suivants:

- les biocarburants (avec, à court terme, les filières ester méthylique de colza et éthanol à partir de plantes glucidiques, à moyen terme, les filières éthanol obtenu

par hydrolyse de la cellulose ou hydrocarbures obtenus par hydrogénation d'huiles de pyrolyse flash),

- la filière des plantes lignocellulosiques (taillis à courte rotation, plantes herbacées, céréales "plantes entières"), débouchant sur des biocombustibles (il s'agit de biomasse brute brûlée directement en chaudière, le cas échéant de vecteurs d'énergie plus élaborés comme des suspensions charbon végétal fuel ou des huiles de pyrolyse flash stabilisées),
- les filières non alimentaires et non énergétiques (biopolymères, écoproduits dans le domaine des détergents,...), qui permettront de déplacer une partie du carbone fossile utilisé dans la chimie organique.

Parallèlement, la France s'est lancée dans une expérimentation à échelle industrielle de la production et de la distribution de biocarburants :

- L'éthanol produit à partir de betterave sucrière et de céréales est utilisé pour la production d'éthyle tertio butyle éther (ETBE), qui est un composé qui enrichit l'indice d'octane et peut être utilisé en mélange jusqu'à 15 % dans le supercarburant: en 1996, on a ainsi produit 55 000 tonnes d'éthanol carburant (pour 122 000 t d'ETBE), à horizon 2000, cette production devrait passer à 110 000 t/an ;

- L'ester méthylique de colza est utilisé, d'une part, en mélange à hauteur de 5% dans le gazole distribué en station service ainsi que le fuel domestique, et, d'autre part, à un taux plus élevé, dans des flottes captives, notamment d'autobus municipaux; la production d'ester pour 1996 s'élève à 224 000 tonnes, à horizon 2000, on prévoit une production de 400 000 t/an.

Mesures mises en oeuvre

AGRICE dispose, depuis 1994, d'un montant annuel d'environ 40 millions de francs de crédits incitatifs publics, abondés à hauteur de 25 à 35 millions de francs par an par les organisations professionnelles agricoles.

Le coût des biocarburants étant beaucoup plus élevé que celui des carburants pétroliers, au prix actuel du pétrole, leur vente a été rendue possible par une exonération de la taxe intérieure sur les produits pétroliers.

Le niveau de défiscalisation est plafonné à 230 F/hl pour l'ester méthylique de colza et à 329.50 F/hl pour l'éthanol, ce qui représenterait, à horizon 2000, une perte de recettes fiscales pour l'Etat de 1500 millions de francs par an. Ces exonérations ont représenté un total de 1200 millions de francs en 1996. Les recherches entreprises dans le cadre d'AGRICE devraient faire baisser ce coût de moitié en l'espace de 10/15 ans.

Résultats attendus

L'expérimentation menée dans le secteur des carburants automobiles évitera l'émission de 270 000 t de carbone fossile à horizon 2000; cette estimation tient compte des utilisations d'énergie fossile intervenant au cours du processus de production des biocarburants.

Ces mesures ont été entreprises essentiellement pour des raisons de politique agricole; elles ne sont pas rentables du seul point de vue de la lutte contre l'effet de serre. En effet, si leur coût était imputé à la seule lutte contre l'effet de serre, il s'élèverait à 40 000 F/t C évité pour la composante éthanol et 3900 F/t C pour la composante ester (ce coût est particulièrement élevé dans le cas de l'éthanol parce que le schéma de production s'appuie sur des installations existantes non optimisées du point de vue énergétique).

Il est probable qu'une production de biomasse combustible (notamment sur la jachère obligatoire "grandes cultures" mise en place dans le cadre de la réforme de la politique agricole commune), utilisés soit pour le chauffage collectif soit pour la production de vapeur dans l'industrie, sera effective à l'horizon 2000; néanmoins, son impact quantitatif restera limité à cette échéance. Le coût de cette action devrait être inférieur à 500 F/t C évité.

1.7.4. L'utilisation énergétique des déchets

La loi du 13 juillet 1992 modifie la gestion des déchets (ménagers et industriels banals) par une promotion accrue du recyclage et de la valorisation. Les déchets qui ne feront l'objet ni d'une valorisation matière ni d'une valorisation agricole seront préférentiellement et majoritairement incinérés avec récupération d'énergie. La production d'énergie primaire devrait ainsi passer d'environ 1 MTEP/an en 1990 à plus de 3 MTEP/an en 2002.

Malgré les progrès réalisés dans la dépollution des fumées d'incinération, progrès qui éliminent tout risque réel, on rencontre des difficultés psychologiques fortes pour faire accepter par l'opinion publique l'implantation des incinérateurs assez près des lieux urbanisés pour pouvoir valoriser directement la chaleur produite comme il eut été souhaitable. Des efforts d'information seront faits avec les collectivités locales concernées pour permettre le raccordement d'incinérateurs à des chauffages urbains. En effet, lorsque la valorisation énergétique ne peut se faire que par la production d'électricité, elle réduit le besoin en électricité nucléaire mais n'a pas d'impact sur les émissions de CO₂ dans le contexte actuel.

Au total, on peut estimer que les réductions d'émissions de CO₂ dues à la valorisation de l'énergie produite lors de l'incinération des déchets, pourraient passer de 0.55 millions de tonnes de carbone en 1990 à 0.75 millions de tonnes de carbone en 2000 (poursuite de la tendance à l'augmentation de la part de l'énergie issue des déchets dans l'alimentation des réseaux de chaleur existants).

Dans les DOM, la mise en oeuvre d'une stratégie de valorisation énergétique de la bagasse dans des centrales électriques mixtes bagasse/charbon performantes (deux unités de 55 et 60 MWe installées en 1992 et 1995) permettra de réduire les émissions de CO₂ fossile d'environ 100 000 t C/an à l'horizon 2000.

1.7.5. L'énergie hydraulique

L'énergie hydraulique, qui est la plus importante de nos sources actuelles d'énergie renouvelables, présente une grande valeur au plan de l'effet de serre, notamment quand elle est

utilisée à la satisfaction des besoins d'électricité de pointe à la place de l'électricité produite à partir de combustibles fossiles.

Mais l'énergie hydraulique est également contestée en raison de certaines atteintes qu'elle porte par ailleurs à l'environnement ou parce qu'elle est en concurrence avec d'autres usages de l'eau.

D'ici à l'an 2000, la France s'attachera à préserver les économies de CO₂ que permet l'hydraulique mais ne peut espérer les accroître de façon significative.

2. Emissions de méthane

2.1. Emissions de méthane du secteur agricole

Les émissions de méthane du secteur agricole proviennent essentiellement de deux sources, la fermentation entérique des ruminants et la fermentation anaérobie des déjections de divers élevages.

Les déterminants de ces émissions restent assez mal connus. Les actions volontaristes pour réduire les émissions par unité produite ne pourront intervenir qu'au terme des recherches en cours (voir chapitre VIII).

2.1.1. Evolution de l'activité dans le secteur de l'élevage

L'évolution de l'agriculture française entre 1990 et 2000 sera marquée par la réforme de la politique agricole commune (PAC), qui s'est étalée sur la période 1993/1996, et les accords du GATT (cycle de l'Uruguay Round), qui se mettront en place sur la période 1995/2000 et se traduiront par une réduction des soutiens aux exportations à destination du marché mondial.

Les prévisions des niveaux de production animale pour 2000 ont été réestimées à l'aide du modèle MAGALI de simulation de l'agriculture française, complété par des jugements d'experts.

Au total, on prévoit, pour la période 1990/2000, les taux moyens annuels d'évolution suivants pour les productions de:

- lait 0 %,
- viande bovine 0 %,
- viande porcine +2.7 %,
- volaille +3.4 %

à comparer aux évolutions moyennes annuelles constatées sur 1990/1995, :

- lait -0.5%,
- viande bovine -0.4%,
- viande porcine +4.3 %,
- volaille +4.9 %

Ainsi les volumes de production de viande porcine et de volaille devraient continuer à croître sur la période 1996/2000, mais à un rythme plus faible que sur la période 1990/1995.

2.1.2 Impact en terme d'émissions de CH₄

2.1.2.1 fermentation entérique des ruminants

* Les émissions de méthane dues à la production laitière³ peuvent être évaluées à 660 milliers de tonnes en 1990. La poursuite de l'intensification de la production conduira à une baisse des émissions unitaires de méthane par litre de lait produit par rapport au niveau de 1990 estimée à 15%: les émissions pour 2000 devraient être égales à 600 milliers de tonnes.

Cette estimation ne prend pas en compte les retombées éventuelles des travaux de recherches sur les déterminants des émissions dues à la fermentation entérique des ruminants, décrits dans le chapitre VIII; les émissions pourraient donc être inférieures aux chiffres ci dessus.

* Les émissions de méthane dues à la production de viande bovine peuvent être évaluées à 660 milliers de tonnes en 1990.

Un certain rééquilibrage au profit de formes de production plus extensives⁴, et la réduction du nombre de veaux issus du troupeau laitier se traduiront par une augmentation des émissions unitaires moyennes de méthane (par kg de viande produite) de l'ordre de 10 %.

Les émissions totales seraient voisines de 740 milliers de tonnes de méthane en 2000.

* Globalement, l'évolution entre 1990 et 2000 des émissions de méthane liées à la fermentation entérique des bovins serait égale à 1340 milliers de tonnes de méthane, soit une quasi stagnation par rapport à 1990.

2.1.2.2. fermentation anaérobie des déjections

En 1990, les émissions de méthane résultant de la fermentation anaérobie des déjections animales ont été estimées à 180 milliers de tonnes.

La poursuite de l'amélioration des rendements des productions animales conduira mécaniquement à une baisse des quantités de déjections par unité de produit. La production de méthane associée dépendra de l'évolution du mode de gestion de ces déjections.

³ vaches laitières plus génisses de souche

⁴ On a observé une augmentation de 9.5% du rendement laitier sur la période 1990/1995, soit une poursuite des tendances à moyen terme.

⁵ L'impact négatif en terme d'émissions de méthane de l'extensification de la production de viande bovine est contrebalancée par une évolution favorable en terme de stockage de carbone dans les terres dont la production végétale assure l'alimentation du troupeau bovin: proportion plus élevée de prairies et plus faible de terres accueillant des fourrages cultivés, moindre intensification des prairies. Cette composante est appréhendée dans la partie § III-1-6- .

Un programme important de maîtrise des pollutions locales d'origine agricole a été mis en place début 1994; il vise à améliorer les conditions de production dans les élevages intensifs vis à vis de l'environnement local et en particulier de la protection des eaux (lutte contre la pollution azotée). Il facilitera la réalisation d'un ensemble d'investissements au niveau des exploitations agricoles, en vue notamment d'augmenter les capacités de stockage des déjections (de l'ordre de +30 à + 50 %) pour permettre de mieux gérer leur épandage.

Cette évolution aura pour conséquence prévisible une augmentation de l'ordre de 40% de la durée moyenne de stockage et un accroissement sans doute équivalent des émissions de méthane. Des travaux de recherche sont en cours pour fournir les éléments techniques nécessaires à l'inclusion, dans ce programme centré sur les pollutions locales, d'une réduction des émissions de méthane (voir chapitre VIII).

Par ailleurs, il est vraisemblable que, dans les zones significativement excédentaires en déjections par rapport aux capacités d'absorption des sols, on assiste à la construction d'unités de traitement des déjections; les quantités concernées, dont l'estimation n'a cependant pu être faite, ne seront plus soumises à un stockage de longue période; il y aura alors une diminution des émissions de méthane. Les chiffres présentés ci dessous ne tiennent pas compte de ce facteur probable de diminution des émissions de méthane dont l'importance n'a pu être chiffrée.

Enfin la diminution relative des élevages intensifs de viande bovine réduira en priorité le volume de déjections dont le pouvoir méthanogène est le plus élevé au sein de cette filière.

L'évolution des émissions de méthane dues aux déjections de l'élevage est résumée dans le tableau suivant: globalement, on observe une augmentation possible de 28% de ces émissions entre 1990 et 2000, soit + 50 milliers de tonnes de méthane.

	Emissions de méthane en 1990 (milliers de t)	Evolution de la production animale (% sur la décennie)	Evolution du volume unitaire de déjections (% sur la décennie)	Impact du mode de gestion des déjections (% sur la décennie)	Emissions de méthane en 2000 (milliers de t)
Bovins, dont:	95				114
* lisiers	53	-5	0	40	70
* fumiers, au champ...	42	+5	0	0	44
porcs	45	30	-8	40	76
Volaille (dont oeufs)	23	39	-10	40	38
total	178				228 (+ 28%)

2.1.2.3 évolution globale

L'évolution prévisible à horizon 2000 de l'activité du secteur de l'élevage pourrait conduire à une légère augmentation des émissions de méthane: l'estimation par excès des émissions s'établit en effet à 70 milliers de tonnes de méthane.

émissions de méthane de l'élevage (milliers de tonnes)	1990	2000	évolution 1990 / 2000
fermentation entérique	1320	1340	+ 20
fermentation des déjections	180	230	+ 50
TOTAL	1520	1570	+ 70

2.2. Emissions de méthane des décharges

En 1990, sur 20,5 millions de tonnes environ d'ordures ménagères produites, un peu plus de 50 % étaient envoyées en décharge, 9 millions de tonnes étaient incinérées et un million de tonnes compostées.

La quantité de déchets industriels assimilables à des ordures ménagères représente 40 millions de tonnes en 1990, dont 25 % sont mis en décharge collective, avec les ordures ménagères, et une partie, non évaluée mais faible, est stockée en décharge interne, l'essentiel du reste de ces déchets étant recyclé ou valorisé, notamment en agriculture.

Au total, on peut estimer à une vingtaine de millions de tonnes les déchets assimilables à des ordures ménagères mis en décharge en 1990.

2.2.1. Suppression de la mise en décharge de déchets banals

La loi du 13 Juillet 1992 a pour objectif de modifier radicalement la gestion des déchets, notamment par une promotion accrue du recyclage et de la valorisation; ainsi elle n'autorisera en l'an 2002 que la mise en décharge de déchets dits "ultimes", c'est-à-dire de déchets dont on a exploité la part recyclable et valorisable, en utilisant les meilleurs procédés techniques à un coût économiquement acceptable. Ceci implique notamment :

- que les déchets entreposés seront peu, voire pas putrescibles, supprimant les émissions de méthane à la source ;
- que les déchets qui ne feront l'objet ni d'une valorisation matière, ni d'une valorisation agricole, seront préférentiellement et majoritairement incinérés avec récupération d'énergie.

2.2.1.1. Impact de la mesure

Les émissions actuelles de l'ensemble des décharges anciennes et en activité présentes en France ont été évaluées à 0,46 millions de tonnes de méthane en 1990, avec la "méthode cinétique du 1er ordre", en se fondant sur une décomposition progressive des déchets sur un horizon de 30 ans. Dans ce contexte, le "passé" a un impact déterminant sur les émissions actuelles, et toute action de réduction des tonnages mis en décharge ne prend pleinement sa mesure qu'à moyen/long terme.

La mise en oeuvre de la loi du 13 Juillet 1992 devrait entraîner à partir du 1er Juillet 2002 la suppression des émissions de méthane des déchets nouvellement produits.

En conséquence, on peut estimer les émissions *potentielles* de méthane des décharges à 0,80 millions de tonnes en 2000, soit une augmentation de 0.22 millions de tonnes/an, malgré une baisse de 35 % des déchets mis en décharges annuellement depuis 1990. Ultérieurement, on aurait une baisse progressive à 0,52 million de tonnes en 2010, 0,23 million de tonnes en 2020. Ces émissions devraient disparaître en quasi-totalité en 2030.

2.2.1.2. Coûts liés à la mise en oeuvre de la loi du 13 juillet 1992

La réalisation des unités d'incinération ou de compostage, nécessaires pour l'application de la loi du 13 Juillet 1992 a un coût très élevé: en première approximation (évaluation en cours dans le cadre de la révision des directives européennes sur les déchets municipaux), les coûts d'investissements d'ici à 2002 pour modernisation et extension du parc d'usines de traitement des déchets seraient compris entre 40 et 50 milliards de francs.

Ces dépenses doivent être engagées par les collectivités locales concernées. Un fonds de modernisation de la gestion des déchets a été mis en place pour les aider à mettre en oeuvre cette loi. Ce fonds est alimenté par une taxe, dont le montant initial était de 20 F par tonne de déchets mis en décharge et qui est passée à 35 F/t en 1997 (ce montant devrait passer à 40 F/t en 1998); les recettes de ce fonds devraient s'élever à 780 MF en 1997.

2.2.2. Récupération de méthane sur les décharges existantes

En 1996, 72 décharges représentant un tonnage annuel de 5,4 millions de tonnes par an de déchets (soit environ 25% du volume total mis en décharge) déclarent capter le biogaz et le brûler en torchère.

Un arrêté ministériel en cours de préparation rendra obligatoire, au plus tard mi-1999, la récupération du méthane émis par des décharges encore en activité. Par ailleurs, l'ADEME a mis en place un programme d'aide à la remise en état des décharges en cours de fermeture qui intègre, sur les sites qui le justifient, le volet "émissions de méthane". On peut ainsi faire l'hypothèse que l'ensemble des décharges encore en activité ou ayant cessé leur activité après 1995, seront progressivement équipées d'un dispositif de captage de biogaz à l'horizon 2000. En se fondant sur un rendement de récupération de 80%, on estime que cette action entraînera une diminution des émissions de CH₄ de respectivement 0.40, 0.41 et 0.20 millions de tonnes par an en 2000, 2010 et 2020.

Coût de la mesure

En se fondant sur un coût d'investissement moyen du dispositif de captage de 1.4 MF / hectare de décharge, le coût par m³ de méthane capté s'élèverait à 0.35 F, soit environ 90 F/t éq C (PRG sur 100 ans, d'après GIEC 1995)

2.3. Fuites des réseaux de gaz naturel :

De manière générale, les fuites de gaz naturel sont très faibles, et il est pratiquement impossible de les chiffrer avec précision, car elles restent inférieures au seuil de mesure des compteurs.

Il semble néanmoins acquis que les niveaux de fuite sont très différents selon le mode de transport ou de distribution utilisé:

- On considère que les fuites du transport de gaz sont pratiquement nulles;

- Pour les réseaux de distribution, on considère deux types de fuites:

- . les fuites linéiques, proportionnelles à la longueur des réseaux, et dont les niveaux unitaires sont très différents en fonction du type de canalisation (acier soudé, polyéthylène ou fontes cassantes, ces dernières constituant le point faible des réseaux de distribution)

- . les fuites singulières, essentiellement liées à divers aléas et incidents d'exploitation pouvant donner lieu à un dégagement de méthane, et qui sont encore plus mal connues.

Gaz de France (GDF) poursuit une politique active de rénovation de son réseau de distribution. Celui-ci comptait en 1990 une longueur totale de 114.000 km, dont 17.000 km de fontes grises. GDF a procédé au remplacement de 9.000 km de cet ancien réseau entre 1990 et 1995, et a l'intention de poursuivre l'effort de renouvellement de cet ancien réseau sur la période 1995 - 2010. Par ailleurs, l'amélioration constante des procédures de gestion des incidents d'exploitation a pour conséquence une diminution des fuites singulières de méthane.

Ces actions sont motivées par le souci premier d'améliorer la sécurité, mais elles contribuent utilement à lutter contre l'effet de serre.

On table donc sur une réduction significative des fuites liées aux réseaux de distribution sur la période 1990 / 2010, malgré une progression sensible de la consommation de gaz naturel sur la même période .

	1990	1995	2005	2010
Niveau de fuites (kt CH ₄ /an)	100	84	76	73
Impact de la mesure (kt CH ₄ /an) (*)	-	33	64	76

(*) en supposant qu'en l'absence de la mesure aurait été maintenu le niveau unitaire de fuite constaté en 1990.

2.4. Production de méthane par les mines de charbon (grisou)

La majeure partie des dégagements de CH₄ liés à l'exploitation passée ou présente des mines de charbon françaises est captée et valorisée thermiquement. On peut estimer qu'en 1996, les émissions non captées de grisou en France ont représenté moins de 20% du total des émissions.

Compte tenu de la réduction programmée de la production charbonnière française, qui doit conduire à la cessation de toute production en 2005, et des contraintes susceptibles de s'appliquer aux structures minières après cette date (maintien d'exhaure, ...), les émissions de grisou non captées peuvent, à ce jour, être approximativement évaluées à respectivement 50, 29 et 14 milliers de tonnes aux horizons 2000, 2005 et 2010.

3. Emissions de protoxyde d'azote

3.1. Mesures de réduction dans le secteur industriel

L'ensemble des installations visées par ce paragraphe rejettent des quantités de protoxyde d'azote relativement importantes en 1990 dépendant directement des procédés utilisés ; leurs émissions seront réduites fortement d'ici à l'an 2000.

Mais, dans le même temps, les efforts entrepris pour réduire les émissions de NO_x dans d'autres installations risquent de déboucher sur un accroissement de leurs émissions de protoxyde d'azote. Ce phénomène devra être limité par des technologies appropriées. De telles technologies sont toutefois déjà prévues, voire mises en oeuvre pour les secteurs de production d'acide adipique. Les effets attendus sur les émissions de NO_x sont précisés au paragraphe 4.

3.1.1. Acide adipique

L'activité de production d'acide adipique est celle qui émet le plus de protoxyde d'azote. Elle est pratiquée sur un seul site en France. En 1990, les émissions étaient estimées à 55 350 tonnes. En 1995, elles pouvaient être évaluées à 56 600 tonnes. Conformément à un arrêté préfectoral du 23 août 1993, des installations assurant le traitement des effluents gazeux, qui permettront de réduire de 50 000 tonnes par an les émissions de N₂O, seront mises en place d'ici fin 1997. Une réduction significative des émissions de NO_x interviendra parallèlement.

3.1.2. Acide nitrique

En 1990, les émissions des ateliers d'acide nitrique s'élevaient à 25 600 tonnes de protoxyde d'azote et 16.100 tonnes d'oxydes d'azote, hors protoxyde.

Compte tenu du contexte économique de cette activité, des unités ont été fermées depuis. Les émissions de protoxyde d'azote des unités existantes se sont élevées en 1995 à environ 13.600 tonnes.

Les émissions de dioxyde d'azote sont depuis 1993 limitées, pour les installations nouvelles d'acide nitrique, à 1,3 kg par tonne d'acide nitrique 100% produite et les émissions de protoxyde d'azote à 7 kg par tonne d'acide nitrique produite.

Pour les unités existantes, des arrêtés préfectoraux seront pris d'ici à 1998 qui préciseront les délais de mise en oeuvre et les objectifs à atteindre pour chacune d'entre elles.

On estime qu'en l'an 2000 les émissions des ateliers d'acide nitrique devraient s'élever à 9000 tonnes de protoxyde d'azote.

3.1.3. Acide glyoxylique et glyoxal

Ces produits sont fabriqués sur deux sites en France. Les émissions en 1990 pour cette production peuvent être estimées à 9.000 tonnes. En 1995, ces émissions s'élevaient à environ 8.500 tonnes.

La société exploitant ces deux sites doit, en application d'un arrêté préfectoral du 6 juin 1996 concernant le site situé dans le département de l'Oise, mettre en place un dispositif de traitement par catalyseur permettant de réduire les rejets de N₂O à moins de 285 tonnes par an avant le 31 décembre 1997, ce qui devrait aboutir à une réduction de 95% de ses émissions. Pour l'autre site, l'interruption d'activité de l'une des unités de production et l'examen de mesures de réduction sur l'autre unité devraient également aboutir à limiter les rejets de protoxyde d'azote de plus de 90% .

3.1.4. Evolution globale

Au niveau de ces trois activités industrielles, les émissions de protoxyde d'azote provenant des procédés industriels étaient estimées à 90 000 tonnes en 1990 et 80 400 tonnes en 1995. Les mesures prévues devraient aboutir pour l'an 2000 à des émissions de: 6600 tonnes pour l'acide adipique, 9 000 tonnes pour l'acide nitrique, et 500 tonnes pour l'acide glyoxylique, soit un total de 16 100 tonnes correspondant à une baisse de 82% par rapport à 1990.

3.2. Emissions de protoxyde d'azote du secteur agricole

L'évolution des émissions de N₂O est supposée proportionnelle à celle des utilisations d'engrais azotés; le GIEC recommande de considérer aussi bien les engrais minéraux que les engrais organiques (pour l'essentiel déjections animales). Ceci étant, des travaux ponctuels réalisés en France montrent la grande dépendance du niveau de ces émissions des conditions pédoclimatiques et des types de cultures considérées (on observe un facteur de 1 à 10 pour un même niveau de fertilisation azoté). Il convient donc de garder à l'esprit la grande incertitude qui entache les estimations quantitatives présentées ci dessous.

Les utilisations d'engrais azotés évolueront sous l'effet combiné de plusieurs facteurs:

- la mise en place du dispositif de jachère obligatoires appliquant aux surfaces de grandes cultures dans le cadre de la réforme de la politique agricole commune, conduira à une baisse mécanique des utilisations d'engrais, résultant de la baisse des surfaces cultivées. A noter que ce niveau n'est pas connu pour l'an 2000 et qu'il a fluctué entre 5 et 15% sur la période 1992/1996. Par ailleurs, il convient de considérer que, à l'horizon 2000, environ un tiers des surfaces concernées par la jachère devraient être utilisées pour des productions non alimentaires dont les besoins de fertilisation azotée sont similaires à ceux des cultures conventionnelles.

- la tendance à la désintensification de la production de grandes cultures résultant du découplage partiel entre l'aide publique accordée et le niveau effectif de production réalisé, est une autre conséquence attendue de la réforme de la politique agricole commune. Elle devrait se traduire par une baisse des niveaux moyens d'engrais azotés par unité de surface pour les grandes cultures.

- la directive européenne sur les nitrates vise une réduction sensible de la pollution azotée dans les zones dites vulnérables, qui devraient concerner environ 10 millions d'hectares en France; elle aura, en particulier, pour conséquence la limitation réglementaire des apports d'azote organique à 210 unités par hectare avant la fin de la décennie, puis à 170 unités par hectare après l'an 2000 (dans les zones d'élevage intensif ces niveaux sont souvent dépassés). Dans de nombreux départements particulièrement touchés par la pollution des eaux par les nitrates, une réglementation locale s'appuyant sur le code national de bonne conduite est en train de se mettre en place, avec pour objectif à terme d'aligner les normes d'épandage sur les capacités d'absorption des cultures dans les différentes régions. On a estimé dans certaines régions, que les utilisations totales d'engrais azoté en 1990, dont 40% sont des engrais minéraux, étaient supérieures de près de 35% aux exportations potentielles des cultures. Cette évolution sera favorisée par la diminution des rejets par unité d'animal, de l'ordre de 5% pour les porcs et les volailles, obtenue grâce à l'application de nouvelles normes alimentaires et à l'amélioration de l'efficacité alimentaire en résultant.

- les retombées positives du programme "fertimieux", mis en place en 1991, qui s'emploie à faire évoluer les comportements des agriculteurs et de leurs conseillers afin de prévenir la pollution diffuse des eaux par les nitrates; cet objectif doit être notamment atteint grâce à la prescription de conseils adaptés à une gestion optimale de l'azote (optimisation des apports d'engrais et des épandages d'effluents d'élevage, gestion de l'interculture,...).

En 1996, environ 24 000 agriculteurs, correspondant à une surface agricole de l'ordre de 1.3 millions d'hectares, localisés dans 46 départements, essentiellement dans les zones vulnérables, participaient à ce programme.

Au total, on devrait assister à un recul significatif de l'utilisation des engrais azotés, en particulier dans les zones d'élevage, et affectant en priorité les engrais minéraux.

⁶ On s'attend, en outre, à un accroissement de l'utilisation de sous-produits divers (notamment des boues de stations d'épuration)

La tendance à la limitation des consommations d'azote minéral est apparente dans les statistiques à partir de 1990: elle a été particulièrement brutale en 1993 (-15% par rapport à 1992, -18% par rapport à 1990). On a assisté à une remontée sur 1993/1996, mais le niveau atteint en 1996 reste inférieur de 10% à celui de 1990.

Une estimation de l'impact quantitatif de ces différents facteurs à horizon 2000 est proposée dans le tableau ci-dessous. On peut tabler sur une baisse de 14% des utilisations totales de fertilisants azotés (minéraux et organiques) qui se traduirait par une baisse équivalente en pourcentage des émissions de N₂O, soit 7 500 tonnes de N₂O.

Engrais azotés (millions de tonnes de N)	Niveau 1990	Impact jachère (2)	Impact d'une moindre intensification (3)	Impact Directive Nitrates (4)	Impact "fertimieux" (5)	Niveau 2000
azote minéral total	2.65	-	-	-0.31	-0.02	2.11
azote organique total (1)	1.15	-	-	-	-	1.15
dont azote sur grandes cultures (1)	1.7	-0.11	-0.1	-	-	
Emissions de N₂O (1000t)	59.7					52.2 (-14%)

(1) estimation

(2) taux de jachère de 10% dont le tiers en cultures énergétiques

(3) élasticité prix (relatif de l'engrais par rapport à celui du produit agricole) del'utilisation d'engrais azoté de 0.2.

(4) -20% de l'azote total dans les zones d'élevage intensif (Bretagne, Pays de Loire, Basse-Normandie) et -10% dans les autres zones vulnérables

(5) -10% de l'azote total (sur 1 million d'hectares), en sus de l'effet (4)

4. Ozone troposphérique - lutte contre les gaz précurseurs

L'ozone troposphérique est de plus en plus souvent considéré comme le "troisième" gaz à effet de serre, dans l'ordre des contributions au réchauffement du climat, après le dioxyde de carbone et le méthane.

La distribution spatiale et temporelle de l'ozone dans la troposphère est contrôlée par plusieurs processus, dont notamment la production photochimique qui résulte de l'oxydation de constituants précurseurs d'origine naturelle ou anthropique - méthane, monoxyde de carbone, composés organiques volatils - en présence d'oxydes d'azote et de rayonnement solaire.

D'après un rapport de l'Académie des Sciences française ("Ozone et propriétés oxydantes de la troposphère", Octobre 1993), l'ozone a augmenté d'un facteur supérieur à 4

depuis la fin du siècle dernier, dans les latitudes moyennes de l'Hémisphère Nord. Par ailleurs, aux mêmes latitudes la combinaison des augmentations des concentrations de fond, avec des pointes plus localisées, amènent à se préoccuper des impacts de l'ozone tant sur la santé que sur la végétation.

C'est la raison pour laquelle, la France a pris plusieurs engagements internationaux dans la cadre de la Convention concernant la pollution atmosphérique transfrontière au sein de la Commission Economique pour l'Europe des Nations Unies :

- réduction des émissions d'oxydes d'azote de 30 % entre 1987 et 1998 ;
- réduction des émissions de composés organiques volatils de 30 % entre 1988 et 1999;

Des réductions de l'ordre de 30 % seront réalisées entre 1990 et 2000. Les moyens de réduction déjà adoptés ou envisagés sont explicités ci-dessous.

4.1. Mesures nationales et européennes en matière de transports

Les dispositions de la directive européenne consolidée du 26 juin 1991 ont imposé de nouvelles normes d'émissions à toutes les voitures particulières neuves à compter du 1er janvier 1993, qui ont conduit à la mise en place sur les véhicules à essence d'un pot catalytique et d'un petit canister pour la récupération des hydrocarbures évaporés lors de l'utilisation du véhicule. Une nouvelle directive du 23 mars 1994 a sévéré les valeurs limites d'émission des voitures particulières neuves à compter du 1er janvier 1997, imposant ainsi la mise en place d'un pot d'oxydation sur les véhicules diesel.

Une nouvelle directive est en cours d'examen par le conseil et le parlement européens. Elle prévoit deux nouvelles étapes de réduction des émissions des voitures particulières en 2001 et 2005.

Pour les véhicules de plus de 3,5 tonnes, la directive "camion propre" du 1er octobre 1991 a fixé deux séries de valeurs applicables aux camions neufs à partir du 1er octobre 1993 puis du 1er octobre 1996. Elle renforce les dispositions déjà existantes. Les petits utilitaires sont réglementés par une directive du 28 juin 1993 applicable à tous les véhicules neufs à partir du 1er octobre 1994. Cette directive a été complétée par une nouvelle directive du 8 octobre 1996 applicable au 1er octobre 1997 ou 1998 selon les catégories de véhicules .

Une nouvelle proposition de directive relative aux petits utilitaires est d'ores et déjà disponible et une proposition relative aux poids lourds le sera dans les mois à venir . Les directives correspondantes devraient entrer en vigueur en l'an 2000.

Enfin, deux directives relatives l'une aux engins mobiles non routiers et l'autre aux véhicules deux et trois roues devraient être adoptées dans les prochaines semaines.

Toutes ces directives permettront de réduire de manière déterminante les émissions de CO et de COV et, dans une moindre mesure de NOX dues aux transports.

En France, les primes au remplacement d'un véhicule, voiture particulière ou petit utilitaire ancien (de plus de huit ans) par un véhicule neuf, mises en place de février 1994 à juin 1995 pour la première et de octobre 1995 à septembre 1996 pour la seconde, ont permis

d'anticiper le renouvellement de 1 700 000 véhicules, contribuant ainsi à une réduction supplémentaire des émissions.

4.2. Mesures de réduction des COV

4.2.1. Transports

Voir ci-dessus

4.2.2. Utilisation des solvants

On distingue les utilisations industrielles et les utilisations domestiques des solvants.

Parmi les utilisations industrielles, certaines comme l'imprimerie, le prélaquage, l'industrie automobile et le nettoyage à sec, font l'objet de réglementations nationales spécifiques concernant les rejets de solvants à l'atmosphère, soit respectivement les instructions techniques du 5 avril 1988, du 25 août 1988, du 11 juin 1987 puis du 3 juillet 1995 et arrêté-type n° 251. Pour les installations non déjà couvertes par une réglementation nationale spécifique, les dispositions applicables aux installations industrielles principales émettrices sont données par l'arrêté ministériel du 1er mars 1993 déjà cité au paragraphe 3.1.2. Ces mesures devraient réduire les émissions d'environ 38 % en l'an 2000.

Les autres utilisations de solvants se retrouvent principalement dans les peintures pour le bâtiment, les peintures pour le grand public et les usages domestiques des solvants. On prévoit que l'évolution technique des peintures favorisera la pénétration des peintures à plus basse teneur en solvants. Pour le grand public et le bâtiment, les peintures à l'eau représentent entre 45 et 50 % de la consommation totale de ces secteurs en 1990. Des mesures d'encouragement, notamment de type écolabel, large information du public, dont la mise en oeuvre doit être poursuivie, permettent de prévoir l'augmentation de leur consommation d'ici à 2000.

Enfin, une proposition de directive communautaire relative à l'utilisation de solvants dans l'industrie et couvrant chacune des activités utilisatrices est en cours d'examen par le conseil et le parlement européens. Cette mesure devrait aboutir à une réduction importante des émissions à la fois des installations nouvelles et des installations existantes.

4.2.3. Procédés industriels

La réduction attendue dans ce secteur n'a pu faire l'objet d'un chiffrage précis. Cependant l'application de l'arrêté ministériel du 1er mars 1993, aux installations nouvelles dès 1994 et progressivement à échéance de 5 ans aux installations existantes lorsque leurs rejets sont substantiels, devrait amener une réduction au moins de moitié des rejets de COV dans les secteurs de la chimie et de l'industrie pétrolière et une réduction de l'ordre de 20 % de l'ensemble de l'industrie.

4.2.4. Extraction et distribution des produits pétroliers

La mise en application des directives sur la récupération des hydrocarbures tout au long de la chaîne de distribution de l'essence réduira les émissions de COV dans ce secteur. Compte tenu des échéances proposées au niveau communautaire, la plupart des dépôts et des stations-service devraient être équipés pour la récupération des vapeurs d'essence avant la fin du siècle. Cette action devrait conduire à une baisse des émissions de 32 %.

La loi du 30 décembre 1996 sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie a par ailleurs rendu obligatoire d'ici fin 1998 la récupération des vapeurs d'essence au niveau du poste de distribution pour toutes les stations-service d'un débit annuel de plus de 3000 m3.

4.2.5. Autres secteurs

On retrouve ici les secteurs de la combustion, de l'agriculture et du traitement des déchets. La contribution au niveau global des deux derniers secteurs est faible, on retient l'hypothèse d'une stabilisation de leurs émissions d'ici à l'an 2000; pour la combustion, les gains à attendre sont difficilement quantifiables car les émissions évolueront selon les types de combustibles consommés; le développement du gaz est un facteur favorable qui devrait permettre de réduire les émissions. On admettra, pour tous ces autres secteurs, une stabilisation des émissions au niveau de 1990, soit 345.000 tonnes.

4.2.6. Bilan

Les mesures décrites ci-dessus devraient permettre de réduire d'environ 30% (soit environ 780 000 tonnes) les émissions de COV en France entre 1990 et 2000 :

SECTEUR	EMISSIONS COV 1988 - 1990	EMISSIONS COV 2000
Transports routiers	1 100 kt	550 kt (- 51 %)
Autres sources mobiles	100 kt	100 kt (=)
Utilisation industrielle de solvants	400 kt	250 kt (- 38 %)
Usages domestiques des solvants	240 kt	200 kt (- 17 %)
Procédés industriels	85 kt	70 kt (- 20 %)
Extraction de pétrole et distribution des produits pétroliers	140 kt	100 kt (-32 %)
Divers	345 kt	345 kt (=)
TOTAL	2 400 kt	1 615 kt (- 32 %)

4.3. Réduction des émissions de NOx

Les émissions de NOx, précurseur de la production d'ozone troposphérique, présentent à ce titre un impact indirect sur l'effet de serre. Les mesures décrites ci-dessous ont été prises pour des considérations de pollutions locales et régionales - Convention de Genève notamment. Les impacts indirects sur les émissions de protoxyde d'azote ont été évoqués au paragraphe 3.

4.3.1. Transports

Les directives européennes, applicables à tous les véhicules neufs à essence, mentionnées dans le paragraphe précédent visent notamment la réduction des émissions d'oxydes d'azote. Sur la base de ces dispositions, les réductions attendues d'oxydes d'azote seront de l'ordre de 35 % :

Transports routiers	
Emissions de NOx 1990	Emissions de NOx 2000
1 038 kt	671 kt (-35%)

4.3.2. Production d'électricité

L'équipement des centrales thermiques à flamme par des brûleurs bs NOx est d'ores et déjà programmé d'ici à l'an 2000. Compte tenu, par ailleurs, des évolutions attendues sur le taux de fonctionnement des centrales thermiques en France d'ici à l'an 2000, on peut prévoir une réduction sensible des émissions par rapport à leur niveau de 1990.

4.3.3. Industrie

Des dispositions ont d'ores et déjà été prises par le biais de textes réglementaires nationaux (arrêté ministériel du 1er Mars 1993, arrêté ministériel "verreries", arrêté ministériel "cimenteries"), imposant de réduire les émissions d'oxydes d'azote. Il est prévu, de parachever cet édifice réglementaire visant les procédés, par la mise en oeuvre de dispositions de réduction des émissions à toutes les installations de combustion. Les résultats attendus sont :

	Emissions NOx 1990	Prévisions NOx 2000
Combustion dans l'industrie + Chauffage urbain	77.700 tonnes	54.400 tonnes
Procédés énergétiques	83.500 tonnes	41.500 tonnes
Procédés non énergétiques	30.800 tonnes	14.800 tonnes

La dernière ligne prend en particulier en compte une réduction des émissions de NOx de 16.000 tonnes, accompagnant la mise en place des procédés de réduction des émissions de protoxyde d'azote.

D'autres mesures seront prises notamment dans les deux autres grands secteurs émetteurs : autres sources mobiles (avions, deux roues, tracteurs,...) et chaudières individuelles dans les secteurs résidentiel et tertiaire qui émettaient à eux seuls en 1990, 218.000 tonnes de dioxyde d'azote en vue d'y obtenir la réduction de 70.000 tonnes supplémentaires afin d'atteindre l'objectif prévu par la déclaration de SOFIA.

4.4. Réduction des émissions de CO

Les principales émissions de monoxyde de carbone proviennent des secteurs des transports, et dans une moindre mesure de l'habitat et du tertiaire. La mise en oeuvre du pot catalytique 3 voies sur les véhicules à essence, et du pot d'oxydation sur les véhicules diesel permet une réduction des émissions de monoxyde de carbone de plus de 1 million de tonnes, soit une réduction supérieure à 10 %, par rapport aux émissions totales françaises.. Compte tenu du scénario évoqué ci-dessus, les émissions de monoxyde de carbone des véhicules particuliers, des véhicules utilitaires légers et des poids lourds seraient réduites respectivement de 65 %, 40 % et 40 %. Ainsi, les réductions attendues des émissions de CO peuvent donc être évaluées à 750.000 tonnes entre 1990 et 2000, soit encore 60 %, pour le secteur des transports, qui est aujourd'hui le principal secteur émetteur (plus de 70 % des émissions anthropiques totales). On estime de façon conservatoire qu'il y aura stagnation des émissions dans les autres secteurs.

5. Politiques et mesures ayant pour effet d'augmenter les émissions de gaz à effet de serre

5.1. Secteur énergétique

Depuis le milieu des années 70, la France a eu un réel souci de réduire sa dépendance à l'égard des énergies fossiles et a en conséquence développé une stratégie publique globale visant à aller dans cette direction. A ce jour les politiques ayant tendance à augmenter les émissions de gaz à effet de serre sont extrêmement limitées et sont soit amenées à disparaître dans un avenir proche soit complétées par des mesures correctrices visant à en atténuer les effets négatifs.

On peut citer de manière plus précise:

* la politique charbonnière:

La production nationale de charbon bénéficie de soutiens à la production visant à compenser le surcoût de production du charbon français par rapport au charbon importé. La conséquence première de cette politique est une substitution de charbon national à du charbon importé; cette politique ne pousse toutefois pas à l'augmentation de la consommation globale de charbon, son impact en terme d'émissions de CO₂ est donc nul. Par ailleurs, EDF est également soumise à une contrainte d'absorption d'une quantité minimale de charbon français; bien que cette quantité soit inférieure aux besoins moyens d'EDF, il est déjà arrivé, sur le passé récent, que cette contrainte soit active et se traduise in fine par un déplacement d'électricité nucléaire par de l'électricité thermique. Compte tenu des perspectives d'évolution de l'industrie charbonnière française, qui correspond à la cessation de toute activité à l'horizon 2005, il est désormais fort peu probable que cette situation puisse de nouveau être observée.

* la péréquation de la tarification de l'électricité basse tension

La péréquation des tarifs de l'électricité basse tension sur l'ensemble du territoire national masque les disparités de coûts de production et de distribution de l'électricité et conduit à ce que l'électricité soit vendue en dessous de son coût réel, d'une part dans les régions isolées où cette électricité est essentiellement d'origine fossile (Corse et départements d'Outre-mer, DOM), d'autre part dans les zones rurales peu denses. L'objectif visé au travers de cette disposition est un aménagement harmonieux du territoire, grâce à l'expression de la solidarité nationale à l'égard de zones souffrant de handicaps "naturels". Cependant, les Pouvoirs publics sont conscients de certains effets pervers de cette politique et ont en conséquence développé des politiques et mesures visant à les atténuer; ces politiques et mesures sont décrites dans la partie consacrée au secteur électrique.

5.2 Secteur des transports

Les transports routiers contribuent de manière importante et croissante aux émissions de CO₂ des transports. Il est clair que si beaucoup de mesures publiques, nécessaires à divers titres dans le cadre de la politique des transports, ont également pour effet de réduire la contribution de ce secteur aux émissions de gaz à effet de serre, certaines autres ont pour effet d'augmenter cette contribution.

La loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30 décembre 1996 identifie clairement cette responsabilité des transports dans la pollution de l'air et vise à infléchir dans un sens plus favorable à la lutte contre l'effet de serre certaines mesures prises dans le cadre de la politique des transports.

Diverses études ont été conduites en France sur la couverture par les transports routiers de l'ensemble des coûts qu'ils occasionnent à la collectivité, et donc sur la subvention implicite à cette activité. S'il semble que globalement l'activité transport couvre ses coûts en France, certains segments du transport routier ne couvrent probablement pas l'intégralité de leurs coûts (automobiles en agglomération, transport routier de marchandises, automobiles diesel). A cet égard, la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/96 indique que la fiscalité des énergies fossiles doit viser un traitement équilibré entre les différents types de carburants au regard d'objectifs incluant, en particulier, l'incidence de cette fiscalité sur l'environnement. Elle prévoit qu'un rapport portant sur l'évolution passée de la fiscalité des énergies fossiles et comportant une projection sur ces orientations futures sera soumis par le gouvernement au parlement à échéances régulières.

Un rapport de la cellule de prospective du ministère de l'environnement ("Pour une politique soutenable des transports") indique un certain nombre d'autres dispositions réglementaires ou fiscales qui peuvent avoir pour effet d'augmenter les émissions de gaz à effet de serre de la France.

IV. ACTIVITES EXECUTEES CONJOINTEMENT

La France a décidé fin 1996 de créer un dispositif de recensement et d'instruction des projets susceptibles d'être considérés comme des activités de mise en oeuvre conjointes au titre de la phase pilote (décision CP5/1996). Il est actuellement trop tôt pour fournir une première liste d'activités mais il est utile de préciser que:

- ces activités sont ouvertes à tous les pays signataires de la Convention sur le changement climatique, y compris les Parties non visées à l'annexe 1;
- l'application des critères d'éligibilité se fera projet par projet en privilégiant une approche dynamique de l'additionnalité, en s'attachant à prendre en compte la situation relative du pays bénéficiaire du projet et en privilégiant un objectif de promotion de technologies innovantes et performantes de prévention du changement climatique;
- le dispositif institutionnel retenu en France combine des compétences scientifiques et techniques et des compétences en matière d'instruction de projets d'investissement dans des pays tiers;
- la mise en oeuvre conjointe, dans sa phase pilote, est perçue comme un moyen très efficace de mobiliser le secteur privé sur les enjeux de la Convention climat et du risque lié à l'effet de serre additionnel d'origine anthropique.

V. PROJECTIONS ET ESTIMATIONS DES EFFETS DES MESURES

1. Emissions de CO2

1.1. Emissions de CO2 liées à la consommation d'énergie

La France a l'habitude de lancer, environ tous les cinq ans, un important exercice de prospective portant sur le secteur énergétique. Cet exercice est réalisé sous l'égide du Commissariat général du Plan et vise à confronter la totalité des points de vue exprimés par les secteurs ministériels, les grands opérateurs énergétiques, les milieux associatifs, les experts ... L'administration s'appuie largement sur les conclusions de ces groupes de prospective pour établir ses propres prévisions énergétiques, qui sont un point de passage obligé pour produire des prévisions d'émissions de CO2.

Le groupe de prospective "Energie 2010-2020" a été lancé mi-1996 et ses conclusions sont attendues pour le début de l'année 1998, alors que l'exercice précédent, qui s'intitulait "Energie 2010", s'était achevé en 1991. Les éléments présentés dans la première communication nationale de la France s'appuyaient sur ces derniers travaux, qui avaient été actualisés sommairement afin de prendre en compte certaines évolutions récentes.

Les éléments présentés ci dessous s'appuient sur les résultats quantitatifs produits à ce jour par le groupe "Energie 2010-2020"; il s'agit donc de résultats préliminaires, synthétisant les meilleures informations disponibles à ce jour, mais qui sont susceptibles d'évoluer à la lumière des travaux qui se poursuivront tout au long de l'année 1997. Le cas échéant, la France pourrait être amenée à présenter une version actualisée de ses projections d'émissions au début de l'année 1998, qui s'appuierait sur les conclusions définitives du groupe "Energie 2010-2020".

Le groupe "Energie 2010-2020" met en oeuvre une stratégie "mixte", s'appuyant aussi bien sur des modélisations du secteur énergétique français que sur des informations sectorielles fines associées à des jugements d'experts.

De manière plus précise, les réflexions du groupe s'appuient sur les simulations réalisées avec les modèles suivants:

- * le modèle DIVA, qui, pour un taux de croissance global de l'économie française, fournit une vision cohérente de la répartition de cette croissance par branche d'activité, à un niveau assez fin,
- * le modèle technico-économique MEDEE, qui simule l'évolution de la demande finale énergétique française sur une base fortement désagrégée,
- * le modèle d'équilibre partiel du secteur énergétique MIDAS,
- * des modèles plus spécifiques tels que celui de l'Institut français du pétrole décrivant le secteur du raffinage européen, ou celui d'EDF décrivant le secteur de la production électrique nationale.

Les hypothèses formulées sur les principales variables utilisées dans l'exercice de projection sont consignées dans le **tableau ci dessous**.

Valeurs des principales variables et paramètres utilisés dans l'exercice de projection

	1990	1994	2000	2010	2020
Prix mondial du pétrole (US\$90 /baril)	23	14	17	24	24
Prix intérieur de l'énergie (indice en francs constants) (*)					
* électricité	100	94	90	90	90
* combustibles	100	95	98	100	100
* carburants	100	97	102	109	110
PIB marchand (GF 80)					
* agriculture	149	142	155	180	209
* industrie	1071	1042	1142	1371	1639
* services	1676	1752	2068	2673	3455
* total	2896	2936	3365	4224	5303
Population (millions)	56.6	57.8	59.4	61.7	63.4
Consommation des véhicules personnels neufs (indice) (*)	100	100	98	97	96
Consommation des véhicules utilitaires (indice) (*)	100	100	100	100	100
Trafics Véhicules Personnels (GVkm/an)	325		381	452	508
Trafics Poids lourds (Gt.km/an)	177	-	216	284	373
* dont transit	23	-	37	58	90
Construction de logements neufs (milliers/an)	280	270	270	240	220
Evolution du parc du secteur tertiaire (millions m2)	690 (année 1992)	-	766	875	1000
Demande d'énergie finale (MTEP/an) (*)					
* combustibles	117	-	133	148	169
* électricité	71	-	88	102.5	115

(*) scénario "sans mesures"

La croissance de la population se poursuit à un rythme voisin de 0.4% / an à l'horizon 2020, avec une poursuite de la diminution de la taille moyenne des ménages.

La croissance économique pour la période 1994/2020 est prise égale à 2.3% / an, avec une poursuite de la tendance à la tertiarisation de l'économie française.

Le contexte énergétique est supposé caractérisé par une croissance modérée du prix international du pétrole. Le prix du gaz est supposé indexé sur le prix du pétrole, bien que d'autres évolutions soient tout à fait possibles (par exemple l'émergence d'une "bulle" gazière dans la zone européenne). Dans le scénario de référence, on ne suppose pas d'augmentation de la pression fiscale sur les produits énergétiques, en raison du niveau déjà élevé de la fiscalité de l'énergie en France, si on se réfère à la situation prévalant dans les autres pays industrialisés.

Dans le scénario "sans mesures", on observe une augmentation sensible de la consommation énergétique, tirée par la croissance économique, et ce malgré une amélioration de l'efficacité énergétique globale. La progression de la consommation d'électricité est plus rapide que celle de la demande énergétique finale, et on assiste également à une pénétration accrue du gaz naturel au sein du sous-ensemble "énergies fossiles". En conséquence, aussi longtemps que la filière nucléaire continue à dominer le parc de production électrique national,

on peut s'attendre à un rythme d'augmentation des émissions de CO₂ liées à l'énergie fossile plus faible que celui de la consommation énergétique.

Dans le secteur électrique, une surestimation de la croissance des consommations électriques au début des années 80 avait conduit à un suréquipement en installations nucléaires, dont la résorption devrait intervenir au cours de la période de projection. En prenant en compte le relèvement sensible du taux de disponibilité des centrales nucléaires, intervenu depuis 1992, on estime à présent que cette résorption devrait être complète vers 2007.

Les centrales nucléaires seront donc progressivement ré affectées à la production d'électricité en base, la semi base étant couverte par la remise en service de centrales thermiques à flamme, dont la rentabilité économique est meilleure pour de telles durées annuelles de fonctionnement. On devrait donc assister à une remontée des émissions de CO₂ du secteur électrique entre 1995 et 2010, à priori plus rapide que celle de la consommation d'électricité.

Au delà de cet horizon il devient pertinent de se poser la question du renouvellement du parc de production nucléaire existant dont les conséquences en terme d'émissions de CO₂ sont considérables. Dans un contexte d'ouverture croissant à la concurrence des systèmes électriques européens, la compétitivité relative des filières de production apparaît comme un facteur déterminant de la composition future du parc de production électrique. L'étude «coûts de référence de la production électrique», réalisée en 1997 par le Ministère de l'Industrie, montre que si le nucléaire reste aujourd'hui une option solide pour la production d'électricité de base, cette filière peut néanmoins être sérieusement concurrencée par les cycles combinés au gaz, notamment si les prix du gaz se maintiennent à un niveau durablement bas. A ce stade, compte tenu notamment de l'incertitude sur la durée de vie des installations nucléaires existantes et de celle sur l'évolution future du prix du gaz, il a été jugé préférable d'évaluer les émissions de CO₂ du secteur électrique à l'horizon 2020 dans deux configurations sensiblement différentes:

- la première se fonde sur un maintien de la compétitivité du nucléaire pour la production d'électricité de base et sur une durée de vie moyenne des centrales nucléaires existantes de 40 ans;

- la seconde suppose que le cycle combiné au gaz devient la solution la plus économique pour la production d'électricité de base à l'horizon 2020 et que la durée de vie moyenne des centrales nucléaires existantes est limitée à 30 ans.

Les résultats consignés dans le tableau ci dessous confirment les enjeux associés à l'évolution de la composition du parc de production électrique à l'horizon 2020: le différentiel d'émissions de CO₂ entre les deux scénarios envisagés est estimé à 26 MtC/an, soit de l'ordre du quart des émissions totales de CO₂ de la France en 1990.

Les émissions de CO₂ du secteur du raffinage augmentent sur la période 1990/2020, principalement comme conséquence de l'évolution des spécifications des carburants automobiles, qui conduit à une augmentation de la consommation énergétique dans les raffineries.

En ce qui concerne les secteurs consommateurs d'énergie, on assiste à une croissance forte des consommations énergétiques du secteur des transports, aussi bien dans le domaine des voyageurs (en raison de l'accroissement du revenu disponible des ménages) que dans celui des marchandises, notamment comme conséquence du développement des échanges commerciaux intraeuropéens. Le développement du secteur tertiaire conduit à une augmentation sensible des consommations d'électricité spécifique dont l'impact en terme d'émissions de CO₂ devrait rester faible dans le contexte français, du moins jusqu'en 2010. Les

secteurs domestique et industriel ne connaissent qu'une croissance modérée des émissions de CO₂, les décisions passées en matière d'amélioration de l'efficacité énergétique (réglementation thermique, investissements d'économie d'énergie) continuant à produire leurs effets et à compenser une partie de la croissance des activités.

Globalement la consommation énergétique augmente respectivement de 17%, 33% et 50 % sur les périodes 1990/2000, 1990/2010 et 1990/2020, alors que la croissance des émissions de CO₂ liées à l'énergie s'établit respectivement à 4% et 22 % sur les périodes 1990/2000 et 1990/2010. En 2020, les émissions de CO₂ devraient être supérieures de 40 à 67% à la référence 1990, en fonction de l'évolution de la composition du parc de production électrique.

Dans le scénario "avec mesures", la croissance des émissions de CO₂ est réduite de manière significative; la prise en compte de l'impact des mesures décrites en amont dans le rapport devrait permettre de maintenir les émissions en 2000 à leur niveau de 1990, et de contenir la hausse respectivement à 9% et dans une fourchette de 21 à 47% sur les périodes 1990/2010 et 1990/2020.

***Projections des émissions de CO₂ liées à l'énergie
(Scénario "sans mesures")***

Mt C / an	1990 (observé)	1995 (observé)	2000	2010	2020
Consommation de combustible: Energie (production et transformation)	15.4	12.5	12.3	19.8	24 / 50.3
Consommation de combustible: Industrie	23.2	21.6	20.9	22	23.4
Consommation de combustible: Transports	31.4	34.1	38.6	45.7	56
Consommation de combustible: Résidentiel	18.7	18.4	19.9	20.7	21.6
Consommation de combustible: Tertiaire	7.6	7.5	8.5	9.4	11
Consommation de combustible: Divers	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4
Consommation de combustible: TOTAL	98.6	96.4	102.6	120.1	138.5 / 164.8

(France métropolitaine, hors sources internationales)

Projections des émissions de CO₂ liées à l'énergie

(Scénario "avec mesures")

Mt C / an	1990 (observé)	1995 (observé)	2000	2010	2020
Consommation de combustible: Energie (production et transformation)	15.4	12.5	10.4	16.9	19.8 / 46.1
Consommation de combustible: Industrie	23.2	21.6	19.8	20.6	22
Consommation de combustible: Transports	31.4	34.1	37.4	39.3	45.4
Consommation de combustible: Résidentiel	18.7	18.4	19.4	19.6	19.7
Consommation de combustible: Tertiaire	7.6	7.5	7.9	8.8	9.8
Consommation de combustible: Divers	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4
Consommation de combustible: TOTAL	98.6	96.4	97.2	107.6	119 / 145.3

(France métropolitaine, hors soutes internationales)

Les projections d'émissions des secteurs de consommation d'énergie présentés dans ce chapitre sont déduites des projections de la demande finale énergétique fournies par le modèle MEDEE; celles-ci sont fondées sur des évolutions calculées à partir d'un niveau de référence (année 1992) estimé par le modèle, qui présente une ventilation sectorielle légèrement différente de celle observée en 1992. Pour corriger ce biais, les prévisions pour les années 2000, 2010 et 2020 sont obtenues en appliquant aux valeurs sectorielles observées en 1992 les variations relatives 1992/2000, 1992/2010 et 1992/2020 calculées à l'aide de MEDEE.

Par ailleurs, les modèles du système énergétique français s'appuient sur les statistiques énergétiques officielles, qui sont notamment corrigées des variations climatiques; les données pour les années 1990 et 1995, consignées dans les tableaux ci-dessous, cohérentes avec cette approche, sont de ce fait légèrement différentes des données d'inventaires fournies dans un chapitre précédent de ce rapport.

Les évolutions décrites ci dessus ne concernent que la France métropolitaine. Il n'existe pas, à ce jour, de prévisions énergétiques à long terme pour les DOM/TOM. Sur la période 1990/1995, les émissions de CO₂ liées à l'énergie des DOM/TOM ont été estimées dans le cadre du travail effectué sur les inventaires d'émissions de gaz à effet de serre. On observe une croissance de ces émissions à un rythme voisin de 4.7% par an sur cette même période. A ce stade, on retiendra comme scénario de référence le prolongement de cette tendance jusqu'en 2000; le scénario avec mesures s'obtient en déduisant les impacts des mesures décrits en amont dans ce rapport. Il n'est pas possible, à ce stade, de fournir des éléments chiffrés pour les DOM/TOM pour la période au delà de 2000.

Enfin il convient de rappeler à ce stade que les projections présentées ci dessus sont fortement conditionnées par les hypothèses formulées sur un ensemble de paramètres clés: croissance économique, prix d'importation des différentes énergies fossiles, évolution du

comportement des agents en matière de maîtrise de l'énergie... la fourchette d'incertitude sur les émissions de CO₂ que la France pourrait connaître en 2000, 2010 ou 2020, reste considérable, pour une politique donnée de maîtrise de ces émissions.

Ainsi des études économiques suggèrent que la croissance potentielle de la France pour la période 1994/2015 s'élèverait à 2.6 % / an dans le scénario le plus probable; par ailleurs, on constate que l'amélioration de l'efficacité énergétique enregistrée en moyenne sur la période 1984/1996 est voisine de 0.5% / an, alors que les hypothèses sectorielles retenues pour le scénario «sans mesures» décrit précédemment conduisent *a posteriori* à une amélioration de l'efficacité énergétique de 0.65 %/an en moyenne sur la période 1990/2020. Si on se fonde sur ces dernières hypothèses, qui semblent également plausibles, notamment compte de la faible croissance attendue des prix mondiaux de l'énergie (i.e. amélioration de l'efficacité énergétique limitée à 0.5 %/an et croissance économique de 2.6% / an), les émissions de CO₂ liées à l'énergie de la France seraient respectivement supérieures de 4.5%, 9.5 % et 15% par rapport aux niveaux affichés plus haut pour les échéances 2000, 2010 et 2020.

Les évolutions des émissions de CO₂ liées à l'énergie sont synthétisées dans le tableau ci-dessous. L'impact global des mesures s'en déduit immédiatement: il est respectivement égal à 5.2, 13.1 et 20.8 MtC/an en 2000, 2010 et 2020.

Le tableau ci dessous synthétise les résultats des projections sur les émissions de CO₂ énergétique; deux scénarios sont finalement présentés: une hypothèse basse, qui est la projection décrite en détail dans cette section, et une hypothèse haute, qui correspond aux hypothèses formulées ci dessus pour la croissance du PIB (2.6%/an) et l'amélioration de l'intensité énergétique (0.5%/an). Les fourchettes indiquées pour l'année 2020 correspondent respectivement aux deux options retenues en matière de composition du parc de production électrique.

Impact des mesures dans le secteur énergétique

Mt C/an	1990 (observé)	1995 (observé)	2000	2010	2020
Scénario sans mesures	100.1	-			
* hypothèse basse			106.2	120.1	138.5 / 164.8
* hypothèse haute			111.0	131.5	159.3 / 189.5
Scénario avec mesures	100.1	99.4			
* hypothèse basse			100.8	107.6	119.0/145.3
* hypothèse haute			105.8	118.4	138.5/168.7
Impact des mesures	-	-	5.2	13.1	20.8

Total France pour les années 1990,1995 et 2000

France métropolitaine pour les années 2010 et 2020

1.2. Emissions de CO₂ non liées à la consommation d'énergie

Les émissions de CO₂ non liées à la consommation d'énergie comprennent:

- les émissions des procédés industriels;

- les émissions liées à l'incinération des déchets inorganiques;
- les émissions liées aux changements d'affectation des terres.

Les projections concernant les procédés industriels se fondent directement sur des projections des activités émettrices retenues dans l'exercice de projection de la demande énergétique précédemment évoqué.

Les émissions liées à l'incinération des déchets inorganiques sont déterminés par l'évolution de la production de déchets à l'horizon 2020 et de leur composition, ainsi que par le contexte réglementaire influant sur leur mode d'élimination (voir chapitre sur les "politiques et mesures"). Dans le scénario "sans mesures", on fait l'hypothèse que la part de déchets incinérés reste constante sur la période 1990/2020.

L'évolution des émissions liées aux changements d'affectation des terres a été estimée pour la seule France métropolitaine; l'évolution en cours dans les DOM/TOM restant mal cernée sur le plan quantitatif, même si les Experts estiment que celle-ci ne devrait pas être significative à l'horizon 2000/2010.

L'évolution de la production de la forêt française (France métropolitaine), présentée ci dessous, a été extrapolée à partir des tendances observées sur le passé. Une méthodologie plus sophistiquée est en cours de développement; celle-ci devrait permettre de mieux prendre en compte les divers facteurs, souvent mal connus, qui influencent la production biologique de la forêt; par exemple:

- aujourd'hui, la forêt française se situe dans une phase d'augmentation de sa production annuelle; or, au delà d'une certaine phase d'accumulation, compte tenu du vieillissement des arbres, la production devrait reculer; il est cependant problématique de prévoir quand cette inflexion aura lieu car cette phase de "maturation " pourrait être avancée ou retardée en fonction des conditions environnementales futures (renforcement de l'effet de serre notamment);
- plusieurs tendances de la gestion forestière (raccourcissement des durées de révolution, fréquence accrue des coupes d'éclaircies) devraient contribuer à augmenter la production; d'autres facteurs qui pourraient renforcer ces tendances, tels la substitution des essences autochtones par des essences plus productives et/ou génétiquement améliorées, dépendent de l'évolution des pratiques en matière de gestion forestière(en particulier, on mesure mal les éventuelles conséquences de l'actuel débat sur la "gestion durable " des forêts);
- l'augmentation d'un tiers de la teneur en CO₂ de l'air depuis un siècle est probablement partiellement à l'origine de l'accroissement constaté de la productivité forestière, sur la même période, dans une grande partie de l'Europe. Cet effet devrait se poursuivre, mais on ignore avec quelle intensité; en outre, il pourrait être atténué par les effets de la réduction des émissions de polluants azotés (pollution automobile et d'origine agricole), qui stimulent la croissance des arbres; enfin, l'évolution de la production à long terme est également tributaire de l'évolution de la pluviométrie, qui reste très incertaine en l'état actuel des connaissances (ainsi, une fréquence plus élevée de sécheresses d'intensité accrue pourrait remettre en cause cette tendance).

Ceci étant, les Experts jugent hautement improbable une inflexion de tendance à l'horizon 2010; en revanche, ils jugent prudent de ne pas se prononcer sur l'échéance 2020 en l'absence

⁷ On table sur une augmentation de 35% sur 1990/2020, soit une inflexion notable par rapport aux évolutions observées sur la période 1960/1990.

d'une description plus fine du comportement de la forêt sous l'influence de ces divers paramètres.

Projections des émissions de CO2 non liées à l'énergie

Mt C/an	1990	1995	2000	2010	2020
Procédés industriels (scénario unique)	4.5	4.3	3.9	4	4.1
<i>Incinération des déchets (sans mesures)</i>	<i>0.5</i>	<i>-</i>	<i>0.6</i>	<i>0.65</i>	<i>0.7</i>
Incinération des déchets (avec mesures)	0.5	1	1.7	3.1	3.5
Changement d'affectation des terres et forêts (scénario unique) (*)	-9.6	-11.6	-14.6	-17.7	-
<i>TOTAL (sans mesures)</i>	<i>-4.6</i>	<i>-</i>	<i>-14.1</i>	<i>-17</i>	<i>-</i>
TOTAL (avec mesures)	-4.6	-6.3	-9	-10.6	-

(*) Les projections ne concernent que les sous-catégories « bois et forêts » et « peupleraies » (cf. note de bas de page P.66) ainsi que les changements d'affectation des terres indiqués dans la section III 1.6. et l'annexe III.

2. Emissions de CH4

Les projections présentées ci dessous ne sont pas exhaustives dans la mesure où certaines catégories ou secteurs ont été omis; elles couvrent néanmoins les principales catégories émettrices et se fondent sur les informations chiffrées fournies dans la partie sur les politiques et mesures. Dans certains secteurs, un seul scénario est présenté.

L'évolution du secteur agricole, notamment du secteur de l'élevage, au delà de l'an 2000, est difficile à prévoir; elle dépendra de manière déterminante de l'évolution de la Politique agricole commune et des conclusions du prochain volet de négociations multilatérales. Néanmoins, il est permis de penser que les émissions de CH4 n'évolueront que faiblement au delà de 2000 en l'absence de politiques volontaristes de prévention touchant ce secteur, qui ne sont pas arrêtées à ce jour; on supposera donc la constance des émissions de CH4 de l'agriculture sur la période 2000/2020.

Dans le secteur des déchets, deux scénarios sont présentés: le premier ("sans mesures") suppose une continuité dans les pratiques en matière d'élimination des déchets; le

⁸ De manière plus précise, on suppose que le pourcentage de déchets mis en décharge, d'une part, et la fraction du gaz de décharge capté, d'autre part, conservent leurs valeurs de 1990 sur la période 1990/2020.

second ("avec mesures") reprend les éléments fournis dans la partie sur les politiques et mesures.

En ce qui concerne les émissions fugitives de combustibles, on a construit un scénario "sans mesures" reposant sur l'hypothèse que le taux de fuite du réseau de distribution de gaz naturel reste constant sur la période 1990/2020 au niveau de la valeur observée en 1990. Le scénario "avec mesures" a été décrit dans la partie sur les politiques et mesures.

Enfin il n'est présenté qu'un seul scénario d'évolution des émissions des mines de charbon.

Projections des émissions de CH4

Mt CH4/an	1990	1995	2000	2010	2020
Agriculture (scénario unique)	1.52	1.44	1.52	1.52	1.52
Emissions des décharges (sans mesures)	0.46	-	0.56	0.68	0.76
Emissions des décharges (avec mesures)	0.46	0.56	0.40	0.10	0.02
Emissions fugitives de combustibles (sans mesures)	0.11	-	0.13	0.14	0.15
Emissions fugitives de combustibles (avec mesures)	0.11	0.085	0.085	0.10	0.115
Emissions des mines de charbon (scénario unique)	0.2	0.2	0.05	0.015	0
TOTAL (sans mesures)	2.26	-	2.30	2.43	2.54
TOTAL (avec mesures)	2.26	2.26	2.11	1.76	1.67

Mt équivalent C / an	1990	1995	2000	2010	2020
TOTAL (sans mesures)	12.9	-	13.2	13.9	14.6
TOTAL (avec mesures)	12.9	12.9	12	10.1	9.6

PRG (Pouvoir de réchauffement global) sur 100 ans, GIEC 1995

3. Emissions de N2O

Les projections présentées ci dessous ne sont pas exhaustives dans la mesure où certaines catégories ou secteurs ont été omis; elles couvrent néanmoins les principales catégories émettrices et se fondent sur les informations chiffrées fournies dans la partie sur les politiques et mesures. Dans certains secteurs, un seul scénario est présenté.

Les projections d'émissions de N₂O dans les secteurs des transports et de l'industrie se fondent respectivement sur des projections de l'évolution des trafics routiers (en considérant les différents types de motorisation et le rythme de diffusion du pot catalytique) et des activités industrielles concernées, développées dans l'exercice de projection de la demande énergétique précédemment évoqué. Le scénario "sans mesures" pour les procédés industriels maintient le niveau d'émissions par unité de produit constant au niveau observé en 1990, alors que le scénario "avec mesures" reprend les impacts décrits dans la partie sur les politiques et mesures.

Par ailleurs, on a supposé que les émissions de N₂O de l'agriculture restaient constantes sur la période 2000/2020. La relative méconnaissance des déterminants des émissions diffuses de N₂O par les terres agricoles rend difficile tout exercice de prévision détaillé; on peut néanmoins penser que les problèmes de pollution diffuse des eaux par les nitrates pourraient conduire les agriculteurs à durablement maîtriser la fertilisation azotée.

Projections des émissions de N₂O

1000t N ₂ O/an	1990	1995	2000	2010	2020
Agriculture	60	55	52	52	52
<i>Procédés industriels (sans mesures)</i>	<i>90</i>	<i>77</i>	<i>77</i>	<i>112</i>	<i>162</i>
Procédés industriels (avec mesures)	90	77	14	21	30
Transports	4	6.6	14	18	19
TOTAL (sans mesures)	-	-	143	182	233
TOTAL (avec mesures)	154	138.6	80.3	90.8	101.1

Mt équivalent C / an	1990	1995	2000	2010	2020
TOTAL (sans mesures)	13.4	-	12.5	15.9	20.4
TOTAL (avec mesures)	13.4	12.1	7	7.9	8.8

PRG (Pouvoir de réchauffement global) sur 100 ans, GIEC 1995

4. Emissions de HFC, PFC ET SF₆

Il n'a pas été possible, dans le cadre de cette communication, de fournir de projections pour les émissions de HFC, PFC et SF₆.

VI. EVALUATION DE LA VULNERABILITE ET MESURES D'ADAPTATION

Depuis 1993, la France développe des études et recherches sur la régionalisation des effets du changement climatique, l'objectif visé étant de :

- construire des scénarios plausibles d'évolution des caractéristiques climatiques en France (y compris les DOM-TOM) au cours du siècle prochain sous l'influence de l'accroissement de l'effet de serre anthropique correspondant, par exemple, au doublement du CO₂ atmosphérique par rapport à l'ère préindustrielle ;
- évaluer les incidences possibles de ces changements sur les ressources en eau, l'agriculture, la sylviculture, les zones côtières, ..., ainsi que leurs conséquences socio-économiques directes ou indirectes ;
- évaluer la vulnérabilité des régions les plus sensibles et proposer des mesures d'adaptation possibles.

A ce jour, les résultats les plus importants de ces recherches sont les suivants :

- Des simulations numériques, effectuées à l'aide de modèles climatiques à haute résolution spatio-temporelle préalablement validés sur le climat actuel de l'Europe de l'Ouest, indiquent que, dans le cas d'un doublement du CO₂ atmosphérique vers l'an 2060, la France pourrait connaître un réchauffement de l'ordre de 2°C, plus marqué en été et sur le Sud du pays. Ce réchauffement entraînerait une augmentation des précipitations d'hiver de l'ordre de 20 % et une diminution des précipitations d'été de l'ordre de 15 % ; ces tendances seraient plus marquées au Sud qu'au Nord. Il en résulterait une augmentation des crues en hiver et au printemps, et une diminution de l'humidité du sol en été et en automne avec comme conséquence une augmentation du stress hydrique pour les cultures agricoles (maïs, tabac, tournesol, ...) et les arbres forestiers (pin maritime, hêtre, chêne pédonculé, ...) les plus sensibles à la sécheresse.
- La diminution des réserves en eau du sol durant la saison de végétation en été entraînerait des dépérissements importants et des pertes de productions agricoles et surtout forestières, notamment dans les régions du Sud. Par exemple, les cultures intensives du maïs et du pin maritime dans les Landes pourraient être compromises, la forêt méditerranéenne risquerait d'être fortement endommagée par des épisodes de sécheresse accrue et des feux plus fréquents, ... Des études dendroclimatiques (relations cerne-climat) montrent que les hêtraies de plaine et de moyenne altitude en Lorraine sont elles aussi particulièrement sensibles au stress hydrique, de même que les pins sylvestres de la chaîne de l'Etoile (Alpes du Sud). Les dépérissements forestiers dus à la sécheresse pourraient être aggravés par l'invasion d'insectes ou de champignons pathogènes (scolytes, armillaires, ...).
- Le réchauffement provoquerait le recul du manteau neigeux dans les Alpes et les Pyrénées, ce qui aurait des conséquences socio-économiques importantes (diminution des activités touristiques liées aux loisirs de la neige). L'accélération de la fonte des neiges (et glaciers) au printemps augmenterait le risque d'avalanches en montagne et de crues intenses dans les vallées : les débits du Rhône et de la Garonne seraient modifiés.

- D'une façon générale, l'intensification du cycle hydrologique augmenterait le risque d'inondations en hiver et au printemps, ainsi que la durée des étiages (de juin/juillet à octobre/novembre). Cela aurait comme conséquence la diminution de la production d'électricité par les centrales nucléaires et les barrages hydrauliques.

- Dans l'hypothèse d'une surélévation de 30 cm du niveau de la mer le long des côtes de la France métropolitaine et des DOM-TOM, plusieurs conséquences seraient à craindre : aggravation des submersions sur les côtes basses, en particulier les espaces deltaïques (delta du Rhône, ...), les littoraux à lagunes, les marais maritimes, les récifs coralliens (qui risquent en plus de souffrir du réchauffement : cf. le blanchissement des coraux en Polynésie) ; accélération des érosions sur les falaises et les plages ; renforcement de la salinisation dans les estuaires ; réduction du volume des nappes phréatiques d'eau douce. Ces phénomènes pourraient encore être aggravés si, comme des modélisations semblent l'indiquer, les cas de "surcote" (montée brutale et temporaire du niveau de la mer) étaient rendus plus fréquents qu'ils ne le sont aujourd'hui en raison de l'intensification attendue des tempêtes et des cyclones tropicaux.

Pour faire face à ces risques, les services ou organismes compétents réfléchissent à la mise en place de mesures de précaution, telles que: meilleure gestion des ressources en eau, limitation des cultures intensives, réduction de la densité des peuplements forestiers sensibles au stress hydrique, choix d'essences forestières résistant à la sécheresse pour les nouvelles plantations dans les zones vulnérables, éviter de planter une essence forestière dans les franges extrêmes de son aire d'extension, etc. ...

VII. COOPERATION INTERNATIONALE ET MECANISMES FINANCIERS

La prévention de l'effet de serre exige un renforcement de la coopération et de la solidarité internationales. On traitera séparément des coopérations de la France avec les pays en développement et avec les pays en transition vers l'économie de marché.

1. La coopération avec les pays en développement

La coopération internationale est un des principaux moyens d'améliorer la prévention de l'effet de serre.

La France a pour cela axé sa politique autour de deux objectifs :

- maintenir une politique active d'aide au développement,
- soutenir des mécanismes additionnels et spécifiques destinés à lutter contre l'effet de serre.

1.1. L'aide française au développement

Il convient d'encourager le financement par les pays riches d'actions spécifiquement destinées à réduire les émissions de gaz à effet de serre des pays pauvres, mais il est certainement aussi important de chercher à accélérer le processus de développement de ces pays : en effet, l'évolution démographique est, à très long terme, le facteur majeur des émissions futures de gaz à effet de serre et si le développement n'est pas une condition suffisante à la maîtrise de la démographie, il constitue néanmoins une condition nécessaire.

La France est l'un des pays les plus généreux en matière d'aide publique au développement (APD). Elle devient en 1995 le deuxième pays donateur en volume d'aide fournie, avec 8,4 milliards de dollars (Mds \$). Elle est en première position des 7 pays les plus industrialisés (G7) en part de Produit Intérieur Brut (PIB) consacré à l'aide publique. La France a consacré 0,55 % de son PIB à son effort d'APD en 1995, la moyenne des pays du CAD se situant à 0,27 %.

La politique d'aide au développement menée par la France en 1995 a constitué un élément précurseur des grandes orientations adoptées par le G7 à Lyon en 1996. La politique française vise à insérer les pays les plus pauvres dans le commerce mondial et à réunir les conditions d'un développement économique durable et socialement acceptable grâce à l'afflux de fonds publics et privés.

L'action de coopération bilatérale de la France est le fait des ministères concernés et d'établissements publics, financier tel que la Caisse Française de Développement (CFD), de recherches tels que le CIRAD et l'ORSTOM, et de l'Agence de l'environnement et de maîtrise de l'énergie (ADEME), ainsi que de certaines collectivités territoriales.

1.1.1. L'aide bilatérale

Les versements nets de la France au titre de l'aide bilatérale ont été de 32 milliards de francs en 1995, soit l'équivalent de 76 % du total de son APD.

L'aide publique se concentre en particulier sur les secteurs essentiels que sont la santé et l'éducation, les infrastructures de base et la gestion de l'eau. Elle doit également permettre de renforcer le rôle des femmes dans les pays en développement.

La création dans les pays en développement d'un secteur privé dynamique et compétitif est également aussi encouragée, afin d'assurer sur le long terme l'existence d'un secteur productif, gage d'une croissance durable et équilibrée.

Les priorités stratégiques de l'aide française s'articulent donc autour de la lutte contre la pauvreté, notamment dans les pays les moins avancés, du soutien au secteur privé, de la promotion des projets ciblés sur les femmes, du développement des capacités institutionnelles et de la protection de l'environnement.

Dans le domaine de l'environnement et du développement durable, l'action de la France est guidée par les principes exprimés en 1992 lors du Sommet de Rio, inscrivant l'évolution de notre planète dans une perspective de développement durable. Dans ce cadre, le développement économique et social doit être associé à une gestion à long terme de l'environnement local et global, dans le but d'éviter toute action irréversible. Ces préoccupations trouvent des applications particulièrement sensibles dans les pays en développement. En Afrique notamment, contrairement à ce qui se passe dans nos sociétés industrialisées, les ressources naturelles (sous-sols, sols, végétation, eaux continentales et marines) constituent l'essentiel de la base productive. L'enjeu est donc, parallèlement à une diversification des économies, de promouvoir des formes de gestion des ressources qui en assurent la pérennité.

Dans cette logique, la préservation de l'environnement ne peut être assurée de façon durable que si elle contribue davantage aux besoins vitaux des populations ou des acteurs économiques (entreprises, états...).

Cette action poursuit notamment les objectifs suivants :

- appuyer le développement durable des pays partenaires dans les secteurs d'activité où les enjeux du long terme sont particulièrement importants, notamment dans les situations où l'action humaine peut entraîner des dégradations irréversibles,
- soutenir la prise en compte des critères environnementaux dans les projets bi et multilatéraux d'aide au développement, et la mise en place d'une politique sectorielle de l'environnement dans les institutions françaises et internationales d'aide au développement.

L'ensemble des instruments de l'aide française s'est doté progressivement de moyens d'évaluation environnementale; la part des projets réalisés dans des secteurs environnementaux est croissante.

L'alimentation en eau potable y est prioritaire car elle permet de maîtriser à long terme les ressources et de faire gérer durablement la production, le traitement et la distribution de l'eau, en associant toujours davantage les populations, notamment en milieu rural. Il en est de même des opérations de gestion durable des terroirs et des ressources naturelles qui participent à un objectif essentiel de l'aide de la France qui est l'aménagement et de développement durable des territoires. Sont aussi concernés l'assainissement des eaux usées, la dépollution et la sécurité industrielles, l'amélioration du cadre de vie, la salubrité publique, la gestion des déchets.

A titre d'exemple, en 1995, les opérations environnementales engagées par la CFD dans les Etats étrangers représentent un montant de 1.648 millions de francs, soit 28 % des engagements. En 1995, après trois ans d'expérimentation, un dispositif environnemental a été intégré dans le cycle du projet à la CFD.

L'action de la Caisse française de développement (CFD)

La Caisse française de développement est une institution financière spécialisée dont le capital est entièrement détenu par l'Etat. Elle concourt, par des prêts à long terme et des subventions, au développement économique et social dans 60 pays d'Afrique, de l'Océan indien, des Caraïbes, du Pacifique Sud et de l'Asie. Elle finance des investissements productifs publics ou privés dans tous les secteurs de l'économie. Elle finance également pour le compte de l'Etat des programmes d'ajustement structurel. Enfin elle mène des actions d'assistance technique et de perfectionnement des cadres.

En 1996, les engagements de la CFD à l'étranger se sont élevés à 8 milliards de francs, dont 4.9 milliards de francs pour de l'aide aux projets. Sur le total des fonds consacrés à des projets, 20% l'ont été sous forme de subventions, 55% sous forme de prêts concessionnels ou très concessionnels et 25% sous forme de prêts aux conditions du marché ou proches du marché.

Les engagements de la CFD pouvant être caractérisés comme des financements directement ciblés sur des aspects d'environnement, font apparaître pour 1996 un montant total de 0.85 milliards de francs, soit 17% des engagements consacrés à des projets. Plus de la moitié de ces projets concernent le domaine de l'eau potable et de l'assainissement, qui reste un domaine prioritaire aux yeux des pays situés dans le champ d'action de la CFD.

Un nombre important de projets, éventuellement non consignés dans la catégorie des projets à finalité environnementale, ont de fait un impact favorable en matière de réchauffement climatique.

Sur la période 1995/1996, on peut citer:

- 5 projets de développement rural, avec intensification de la production agricole et gestion de la fertilité des sols, limitant ainsi le recours à la culture sur brûlis, éventuellement en introduisant de l'agroforesterie
- 4 projets de gestion durable de périmètres forestiers et 1 projet de reboisement,
- 2 projets de centrales hydroélectriques, 2 projets de production d'électricité éolienne, deux projets photovoltaïques et 1 projet de solaire thermique (séchage dans l'industrie agro-alimentaire),
- 1 projet de réhabilitation d'une usine papetière, comprenant un volet de maîtrise de l'énergie,
- 4 projets d'investissements dans le secteur du transport ferroviaire, permettant de maintenir ou développer la part de ce mode de transport moins émetteur de gaz à effet de serre.

Les engagements correspondant à ces actions s'élèvent à près de 500 millions de francs sur la période 1995/1996

1.1.2. L'aide multilatérale

Les volume des ressources financières allouées par la France au titre de l'aide multilatérale a été de 10 milliards de francs.

Les principaux canaux de l'utilisation de cette aide ont été les Nations-Unies, la Commission Européenne et les Institutions financières internationales.

La France participe à l'ensemble du dispositif multilatéral d'aide au développement. Elle montre dans toutes les enceintes internationales en charge d'instruments multilatéraux la même détermination pour donner à l'aide multilatérale les moyens financiers, institutionnels et opérationnels indispensables à la conduite d'une aide efficace.

En particulier, la France est attachée au principe du partage équitable du fardeau, pierre angulaire du système multilatéral; elle soutient la mise en place de ressources financières suffisantes auprès des institutions financières internationales, la mise en oeuvre de réformes institutionnelles lorsqu'elles s'avèrent nécessaires, et la définition par ces institutions de stratégies opérationnelles conformes aux objectifs de développement durable, de concentration de l'effort sur les pays les moins avancés, de lutte contre la pauvreté, de respect de l'environnement.

S'agissant de la protection de l'environnement, la France soutient un renforcement des activités et des financements des organisations multilatérales axées sur la gestion durable des ressources naturelles ainsi qu'une meilleure intégration des préoccupations environnementales dès la conception des projets de développement.

1.2. L'aide française pour la protection de l'environnement mondial et la prévention du changement climatique

La France a été à l'origine de la création du Fonds pour l'Environnement Mondial, qui finance les surcoûts correspondant à la préservation de l'environnement planétaire dans les projets de développement. Ce fonds intervient dans quatre secteurs : la lutte contre l'effet de serre, la préservation de la biodiversité, la protection des eaux internationales et la protection de la couche d'ozone.

Créé à titre pilote en 1990 et restructuré en 1994, le FEM a été doté de 2 milliards de dollars pour la période 1994-1997.

La France, avec 807 MF, est le quatrième contributeur au FEM.

A ce jour, 47 % des financements du FEM ont financé des projets concernant leffet de serre.

La France a créé en 1994, en complément à sa dotation au FEM, le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM), doté de 440 MF sur la même période. Le portefeuille du FFEM comporte 44 projets, traduisant une capacité d'engagement de 202 MF.

51 % des financements sont, à ce jour, orientés vers l'effet de serre.

Sur les 21 projets “ effet de serre ” actuellement en instruction ou en cours de mise en oeuvre, la répartition est la suivante :

* Afrique subsaharienne	9
* Maghreb	3
* Asie / Amérique latine	5
* Pays de l'Est	3
* Global	1

Par secteur d'application, ce sont les secteurs “énergie/électricité” ” et “ forêts ” qui sont les plus développés (avec respectivement 7 et 6 projets), suivis par l'habitat et le développement urbain (ordures ménagères).

Ces financements complètent les mesures et les projets d'aide et de coopération menés par les partenaires de l'aide française, par un volet prévention de l'effet de serre.

Dans le secteur de l'énergie, l'aide française s'applique à des cas où les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique constituent aujourd'hui une alternative économique. On peut citer en particulier : l'électrification rurale et décentralisée (photovoltaïque notamment), la construction bioclimatique, la valorisation énergétique des ordures ménagères (utilisation de méthane), et les biocarburants dans certains contextes spécifiques.

***Contributions financières bilatérales nouvelles et additionnelles aux fins
d'application de la convention (en millions US Dollar)***

		Secteurs			
		Energie	Forêts	Gestion des déchets	Industrie
1994	Côte d'Ivoire		1		
	Vanuatu	0,2			
	Sao Tomé	0,4			
	Cap Verde	1			
	Brésil / Zaïre/Indonésie		0,2		
1995	Gabon		1,2		
	Inde			1	
	Mali		1		
	Roumanie	1			
	Tunisie	2			
1996	Burkina Faso	0,3			
	Liban	1,2			
	Brésil	2			
	Russie		2	1,2	
	Chine	2		2	
1997	Slovaquie	2			
	Côte d'Ivoire	1,5			
	Maurice	1			
	Indonésie	2			
	Mauritanie	1			
TOTAL	Chine	2			1
	Europe Centrale				2
	Maroc		2		
TOTAL		34,2	19,6	4,2	3

Le FFEM et les changements climatiques

Traduisant son implication dans le domaine des changements climatiques dans les pays en développement et en transition, la France s'est dotée d'un instrument financier bilatéral spécifiquement consacré à l'environnement mondial.

Le FFEM complète la dotation française au FEM et intervient selon les mêmes lignes que le FEM. La moitié des projets concerne le domaine du climat.

Les priorités du FFEM sont les suivantes :

- priorité au continent africain compte tenu des besoins particuliers de cette région et des priorités géographiques d'ensemble de l'aide extérieure de la France ;

- accent mis sur la reproductibilité des projets;

Compte tenu de l'impact nécessairement limité d'un projet sur l'environnement mondial, les responsables du FFEM et son comité scientifique privilégient les projets présentant un potentiel élevé de reproduction et de diffusion dans d'autres sites ou d'autres pays.

En cela, le FFEM cherche à jouer un rôle actif de promotion et de facilitation des innovations.

- importance accordée à l'objectif de développement économique et social;

Le FFEM est destiné à financer le surcoût lié à la protection de l'environnement mondial dans des projets de développement. Il s'inscrit donc directement dans un objectif de développement, auquel il doit répondre et se conformer.

- accent mis sur l'innovation dans les projets

Le FFEM intervient pour encourager la diffusion de l'innovation au profit de la protection de l'environnement mondial. Cette innovation peut être scientifique, technique, technologique ou institutionnelle. Elle implique le plus souvent des coûts directs ou indirects qui justifient un effort financier particulier. Celui-ci est donc destiné à favoriser une réelle dynamique d'apprentissage.

Ces priorités s'appliquent très directement au domaine des changements climatiques, où le comité scientifique du FFEM relève les trois critères suivants : dynamique d'apprentissage de la synergie développement - environnement global ; expérimentations institutionnelles et sociales des conditions d'appropriations de techniques généralement matures ; recherche de reproductibilité de ces techniques et de ces méthodes d'appropriation.

1.3. La coopération scientifique

La contribution en matière de recherche est de l'ordre de 2.5 milliards de francs par an, cette dépense étant en grande partie consacrée au financement des organismes de recherche spécialisés, que sont le CIRAD et l'ORSTOM.

* le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD)

Le CIRAD est un organisme scientifique spécialisé en agriculture des régions tropicales et subtropicales. Il dispose d'un budget de l'ordre de 1 milliard de francs, dont deux tiers de subventions publiques, et emploie 1800 personnes, dont près de 40% résident à l'étranger, dans une cinquantaine de pays en développement.

Les travaux consacrés aux cultures annuelles et à la forêt (environ 200 MF de crédits publics) n'ont pas pour objectif direct la lutte contre l'effet de serre, mais ils contribuent largement à la prévention du changement climatique en assurant la préservation ou le développement du stock de carbone contenu dans les sols et la biomasse forestière des pays tropicaux.

Ces travaux visent en effet notamment à:

- sédentariser des agriculteurs, en particulier en Afrique de l'ouest et à Madagascar;
- développer, protéger et mettre en valeur les forêts pour aboutir à une production durable de bois;
- maintenir ou restaurer la fertilité des sols.

Des travaux plus ponctuels (environ 10 MF) sont en outre ciblés sur la prévention de l'effet de serre:

- production de carburants liquides à partir d'huiles végétales et d'alcools,
- valorisation comme combustibles des sous-produits de l'agriculture et de l'agroindustrie (combustion, pyrolyse, gazéification, fermentation méthanique).
- recherches sur les déterminants des émissions de gaz à effet de serre des écosystèmes tropicaux, notamment le rôle des politiques économiques affectant le secteur agricole.

* L'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM)

L'ORSTOM est un établissement public à caractère scientifique et technique qui conduit des recherches sur les milieux intertropicaux: écosystèmes terrestres et marins, systèmes agricoles, sociétés humaines,... Il dispose d'un budget de 1 milliard de francs, constitué pour près de 95% de subventions publiques et emploie 820 chercheurs localisés dans des implantations réparties dans une quarantaine de pays.

Les programmes de l'ORSTOM que l'on peut relier à la prévention de l'effet de serre, concernent:

- l'étude de la fermentation méthanique des déchets de l'agroindustrie, avec pour objectif simultané la production d'énergie et la maîtrise des pollutions locales;
- le fonctionnement des sols associés à divers systèmes de cultures en vue de la préservation de leur fertilité et parfois de leur restauration. Ceci inclut le fonctionnement biologique des sols, le stockage de la matière organique et les émissions de méthane, notamment par les rizières;
- la dynamique des systèmes de production agricole. L'analyse et la compréhension des systèmes de production sous tous leurs aspects: biophysiques, techniques, économiques et sociaux, est une des clés du développement durable, indispensable pour orienter les choix des responsables du développement. Les travaux de l'ORSTOM se rapportent à l'Afrique et à l'Amérique latine;
- l'étude des écosystèmes forestiers d'une part, des milieux arides d'autre part. Il s'agit d'une approche permettant la préservation des écosystèmes et de leur diversité dans la perspective d'une exploitation maîtrisable (par exemple programmes sur l'agroforesterie et la gestion des jachères).

Ces différents travaux de recherches mobilisent environ 150 chercheurs et correspondent à un effort financier public voisin de 200 millions de francs par an.

L'étude du rôle que les océans tropicaux peuvent jouer vis à vis de l'augmentation de la teneur en gaz carbonique de l'atmosphère ; évaluation de la pompe biologique et échange océan-atmosphère.

* l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)

L'ADEME contribue à l'effort national de coopération technique, scientifique et institutionnelle avec les pays du sud.

Depuis 1992 ses principaux programmes thématiques sont les suivants:

- * électrification rurale décentralisée: réalisation d'un programme pilote d'électrification rurale décentralisée au Maroc, projets photovoltaïques en Tunisie et développement de concepts nouveaux dans le cadre de l'accord ADEME-EDF ; centres de communications et d'activités (Bénin, Burkina Faso ,Mali, Tchad) et sociétés de services décentralisés (Mali, Sénégal).
- * valorisation énergétique de la biomasse ligno-cellulosique: cofinancement d'un pôle régional de recherche en Côte d'Ivoire, participation au programme européen sur la cogénération en Asie du sud est,...
- * technologies propres, maîtrise de l'énergie dans les bâtiments publics en Afrique de l'Ouest, Afrique centrale et sur l'Océan Indien) , gestion des transports urbains en Amérique latine, ...

Les actions d'utilisation rationnelle de l'énergie et le développement des énergies renouvelables dans les pays du Sud ont bénéficié , sur la période 1992-1996, d'un effort

financier maintenu à hauteur de 4 millions de francs par an, combinant les fonds propres de l'ADEME et les apports spécifiques de ses principaux partenaires institutionnels français.

Par ailleurs, la France propose un transfert de connaissances en matière de planification énergétique et de maîtrise de l'énergie, s'appuyant notamment sur l'expérience de l'ADEME, qui a servi de modèle ou de catalyseur à la création d'institutions locales chargées spécifiquement de ces problèmes (Tunisie, Algérie,...).

D'autres organismes de recherches jouent un rôle positif en matière de prévention de l'effet de serre. L'Institut national de la recherche agronomique et l'Ecole nationale du génie rural des eaux et des forêts ont une activité dans le domaine des forêts tropicales (mise au point de sylvicultures respectueuses des grands équilibres biologiques). Différentes équipes du Centre national de la recherche scientifique assistent les pays en développement (Sénégal, Côte d'Ivoire, Brésil, Thaïlande) dans l'élaboration d'inventaires nationaux d'émissions de gaz à effet de serre et la définition de stratégies nationales de prévention au moindre coût.

Par ailleurs, la France soutient des travaux de recherches et d'appui à la lutte contre la désertification à travers l'action de l'Observatoire du Sahara et du Sahel.

2. Coopération avec les pays en transition vers l'économie de marché (PECO et CEI)

La réduction des émissions de gaz à effet de serre, si elle n'est pas le moteur du soutien qui est apporté par la France à ces pays, est une retombée importante de plusieurs des actions de coopération qui sont engagées avec eux.

2.1. La sécurisation du nucléaire à l'Est

Le nucléaire tient une part non négligeable dans la production de l'électricité de ces pays (15 %).

La France, en étroite liaison avec l'Allemagne, a joué un rôle moteur dans la coopération menée par la Communauté internationale, depuis plus de cinq années, en faveur de l'amélioration de la sûreté nucléaire dans les pays d'Europe Centrale et Orientale et de l'ancienne URSS, avec pour objectif premier d'éviter un accident nucléaire et pour résultat de limiter le recours à l'énergie fossile dans la production d'électricité de ces pays.

Cette coopération prend la forme d'une participation des organismes (administration et CEA) et entreprises français aux réflexions et travaux réalisés par les institutions et associations internationales (AIEA, AEN, AIE, RAMG, WANO, TPEG) ainsi qu'aux activités des consortia internationaux (ENAC, CASSIOPEE, EFCC, RBMK).

Outre sa part dans l'effort communautaire, la France consent un effort financier de 360 MF (pour la période 1993/1996) au fonds international pour la sûreté nucléaire à l'Est géré par la BERD, et de 150 MF pour les actions de coopération bilatérale. A cela viennent s'ajouter la contribution volontaire au bénéfice de l'AIEA et la mise à disposition de l'Agence d'experts français.

Les actions bilatérales menées par la France portent principalement sur les trois thèmes majeurs du programme multilatéral adopté par le G7 au Sommet de Munich en 1992, mais également sur le cycle du combustible nucléaire, la radioprotection ou le renforcement des structures de l'industrie nucléaire.

S'agissant de la sûreté dans la conduite de l'exploitation la voie privilégiée a été l'assistance sur site et, tout particulièrement, le jumelage de centrales nucléaires françaises et de six pays concernés (Hongrie, République Tchèque, Slovaquie, Ukraine, Bulgarie et Fédération de Russie). Ces jumelages visent à accroître à la fois le niveau de sûreté et la disponibilité des centrales. Ils permettent des échanges d'expérience entre exploitants, des transferts de savoir-faire et de technologies et la réalisation de sessions de formation. D'autres actions concourant à l'amélioration de la sûreté d'exploitation ont été menées ces dernières années ou sont en cours de réalisation, qu'il s'agisse de formations à la gestion des accidents ou aux essais non destructifs (Ukraine) ou bien de l'inventaire des principaux équipements des centrales sur vidéodisques (Slovaquie, Ukraine).

Enfin, la coopération bilatérale française dans ce domaine a été dernièrement renforcée par la mise en place auprès de centrales nucléaires et des autorités de sûreté, de simulateurs compacts de formation à la conduite (Ukraine et Bulgarie).

L'amélioration des dispositifs techniques des centrales nucléaires, deuxième thème du plan multilatéral, fait l'objet, d'une part d'accords multilatéraux portant sur la fourniture de matériels de première urgence (accord conclu avec la Bulgarie, la Lituanie et la Russie, en discussion avec l'Ukraine), d'autre part d'accords bilatéraux en faveur de séminaires de formation sur des sujets techniques tel l'analyse de l'irradiation des cuves (Russie) et du transfert de codes de calcul de conception (Russie).

Quand au renforcement des régimes réglementaires il prend principalement la forme d'une coopération générale entre l'Autorité de sûreté française, son appui technique qu'est l'Institut de Protection et de Sûreté Nucléaire et leurs homologues des Pays de l'Est à laquelle viennent s'adjoindre certaines actions spécifiques. Il s'agit des projets d'installation de simulateurs compacts auprès des autorités de sûreté bulgare et ukrainienne, d'études préalables aux analyses de sûreté (Ukraine), ainsi que d'une action régionale portant sur l'adaptation aux réacteurs VVER des codes de calcul "Cathare" et "Escadre" et la réalisation des sessions de formation correspondantes.

En outre, le cycle du combustible nucléaire a donné matière à plusieurs projets de coopération notamment sur la stratégie du cycle (ex-Tchécoslovaquie, Ukraine) et sur l'organisation et des procédés techniques pour la fin du cycle (ex-Tchécoslovaquie).

Enfin, des actions bilatérales ont été accomplies, ou viennent d'être décidées en faveur du développement d'une culture de sûreté (Russie, Ukraine), en matière de radioprotection et de surveillance de l'environnement (Biélorussie, Russie) et pour renforcer des organismes de certification et de la qualité (Russie).

Effets attendus :

- éviter un nouvel accident aux conséquences directes graves et qui pourrait par contrecoup freiner le développement du nucléaire, même là où il est conçu et exploité de façon fiable;
- préserver une production d'électricité non génératrice de CO₂ qui évite aujourd'hui l'émission de 60 millions de tonnes de carbone fossile par an dans les pays concernés.

2.2. Economies d'énergie

Dans l'ensemble des pays de l'Est, on estime à environ 30 % le gisement des économies d'énergie possibles par la mise en oeuvre des pratiques en usage à l'Ouest.

Toutes les actions lancées pour améliorer l'efficacité énergétique de ces pays ont trois effets positifs :

- restaurer la capacité de la CEI à exporter de l'énergie fossile qui est sa principale source de devises
- améliorer la compétitivité des économies des pays de l'Est
- réduire leurs émissions de CO₂.

De nombreuses initiatives sont prises dans ce domaine.

Les actions financées sur fonds français en bilatéral sont souvent une première étape d'un montage dont le relais est assuré par des financements multilatéraux (Banque mondiale, BERD, programmes communautaires PHARE et TACIS qui sont dotés de 1,5 milliards d'Ecus).

Deux opérateurs publics jouent un rôle important dans la promotion de ces actions : l'ADEME et Gaz de France.

Les actions de l'ADEME sont centrées sur :

- l'appui institutionnel aux pays pour la définition et la mise en oeuvre de politiques de maîtrise de l'énergie et en particulier pour la création d'agences de maîtrise de l'énergie
- le développement d'une coopération universitaire, scientifique et technique
- l'établissement de coopérations décentralisées par mise en relation de collectivités locales des deux pays
- la présentation sur place de l'offre industrielle française compétente en maîtrise de l'énergie.

Gaz de France s'est attaché à démontrer à la CEI que le meilleur moyen de disposer de gaz à peu de frais était de réaliser des économies de gaz qui sont moins coûteuses que la mise en exploitation de nouveaux gisements. Dans ce but GDF a réalisé divers audits énergétiques chez des clients industriels de GAZPROM et dans le domaine du chauffage des logements à Moscou ; GDF intervient aussi dans le cadre de l'opération "Prague Ville Propre" pour définir les modalités d'une économie de 25 % de l'énergie nécessaire au chauffage. On doit signaler enfin la participation des industriels de la chimie française à l'offre faite par le groupement professionnel des chimistes européens (CEFIC) : effectuer gratuitement les audits énergétiques qui leur seraient demandés par les industriels de la chimie des pays "en transition".

Pour que ces diverses actions soient vraiment efficaces, il faut que les utilisateurs d'énergie de ces pays soient sensibilisés à la maîtrise de l'énergie et cette sensibilisation passe en priorité en Russie par l'alignement rapide des prix des combustibles sur les cours mondiaux.

2.3. Réduction des fuites de gaz naturel

Si l'enjeu pour l'effet de serre est moindre que celui des économies d'énergie, une active coopération se développe aussi dans ce domaine sous l'impulsion de GDF qui s'est en particulier attaché depuis 1991 à convaincre ses partenaires de l'efficacité des techniques de distribution par réseaux en polyéthylène.

Diverses opérations de démonstration ont été réalisées en Russie et en Ukraine (chaque fois sur 1 à 3 km de réseau) à Moscou, Saint Petersburg, LVOV, JITOMIR.

Un partenariat entre MOSGAZ et GDF prépare la création à Moscou d'un Centre de Formation aux techniques gazières des réseaux en polyéthylène.

Enfin une unité de production de tuyaux en polyéthylène a été lancée en partenariat entre une entreprise russe et une entreprise française.

D'autres coopérations concernent le réseau de transport de gaz (audit d'un tronçon de 500 km, protection cathodique ...).

VIII. CONTRIBUTION FRANCAISE A LA RECHERCHE SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES GLOBAUX

1. Changements climatiques globaux

La recherche au niveau international s'est d'abord structurée dans le domaine des aspects physiques, chimiques et biologiques permettant d'étudier l'évolution du climat résultant des activités humaines, en créant le Programme Mondial de Recherche sur le Climat (PMRC ou WCRP en anglais) puis le Programme International Géosphère-Biosphère (PIGB ou IGPB en anglais). En 1995 le Conseil International des Unions Scientifiques (CIUS) a décidé de parrainer avec le Conseil International des Sciences Sociales (CISS) le programme international sur les Dimensions Humaines du Changement Global (PIDH) qui doit redéfinir ses objectifs.

L'organisation française des recherches s'était calquée sur le modèle international mais, pour mieux marquer le fait que l'évolution du climat et de l'environnement global est le résultat des interactions de toutes les composantes du système Terre, elle les avait regroupées dans un programme unique qui était le PIGB français comprenant donc la participation nationale au PMRC et au PIGB. L'évolution actuelle de ce programme tient compte de l'évolution internationale et dans sa nouvelle composition, le Comité Scientifique du nouveau Programme de Recherches sur le Changement Global (ex-PIGB) inclut des représentants des sciences humaines, c'est-à-dire recouvre les 3 grands programmes internationaux.

L'ensemble des programmes relevant de l'Environnement a connu récemment une restructuration importante au sein du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Cette structure inclut des aspects de l'Environnement local qui ne concernent pas le Changement Global.

1.1. Le PIGB français

Cinq programmes scientifiques nationaux couvrent actuellement les domaines essentiels d'étude: l'atmosphère, l'océan et la biomasse. Il s'agit :

- du Programme National d'Étude de la Dynamique du Climat (PNEDC) qui recouvre une part importante du PMRC et le programme PAGES⁹/IGPB
- du Programme Flux Océanique (PFO ou JGOFS¹⁰-France) qui est la composante française du programme JGOFS/IGPB
- du Programme National de Chimie Atmosphérique (PNCA) qui recouvre la physicochimie troposphérique et stratosphérique c'est-à-dire SPARC¹¹/WCRP et IGAC¹²/IGBP
- du Programme National d'Océanographie Côtière, associé au Programme National "Récifs Coralliens", équivalent français de LOICZ¹³/IGBP

⁹Past Global Change

¹⁰Joint Global Ocean Flux Study

¹¹Stratospheric Processes and Their Role in Climate

¹²International Global Atmospheric Chemistry

¹³Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone

- du Programme National "Déterminisme du Recrutement" qui correspond en partie au Programme GLOBEC¹⁴.

A ces cinq programmes s'ajoutent :

- le Programme National Atmosphère et Océan à Moyenne Echelle (PATOM)
 - le Programme National de Télédétection Spatiale (PNTS),
- et, dans le cadre du PIR Environnement Vie et Sociétés du CNRS :
- le Programme National Biosphère Continentale (PNBC) équivalent français de GETC/IGBP,
 - le Programme National " Dynamique de la Biodiversité et Environnement " (PNDBE) pour la thématique relevant du programme International Diversitas,

Certains de ces programmes sont décrits dans l'annexe n° 2.

L'insertion de cet effort national dans les programmes internationaux est assurée par la participation des scientifiques français aux instances internationales.

Outre ces programmes, il existe des actions plus ponctuelles, ou d'autres programmes, dont certains aspects relèvent de la thématique "changements globaux". On peut citer, par exemple, le Programme de Recherches sur les sols et l'Erosion (PROSE/INSU), le Programme de Recherches en Hydrologie (PRH/INSU) et le GIP "Hydrosystèmes" et le GIP "Ecofor". Certains programmes, menés par des organismes de recherche, relèvent également de la thématique "évolution du climat et de l'environnement global". Ces axes de recherche ne sont pas détaillés dans l'annexe mais il en a été tenu compte dans l'établissement du bilan financier global.

1.2. Le programme "Economie et société face aux changements globaux"

Ce programme coordonne l'attribution de crédits incitatifs (4 MF en 1994) pour structurer des coopérations de recherche en économie et sociologie sur l'organisation de la prévention du changement de climat. Son objectif est de constituer en France de manière durable un milieu de recherche ayant en ce domaine des compétences capables de s'intégrer aux travaux de la communauté scientifique internationale au sein du programme international PIDH (Programme international sur les dimensions humaines) en cours de lancement.

Ce programme porte sur le développement des recherches sur les aspects socio-économiques des changements globaux liés à l'accroissement de l'effet de serre, et notamment sur :

- la modélisation des liens entre environnement, ressources et modes de développement à long terme
- l'aptitude des incitations fiscales à orienter les changements techniques et les changements dans l'organisation de l'espace et des transports ; leurs impacts macro-économiques

¹⁴Global Ocean Ecosystem Dynamics

- les institutions et la mise en oeuvre des décisions de gestion internationale de l'environnement global.

Une vingtaine d'équipes regroupées, pour la plupart au sein d'un groupement de recherche (GDR OIKIA), sont impliquées dans ce programme.

1.3. Budgets et moyens humains

L'ensemble des financements mis en place par les organismes peut se décomposer en crédits de recherche, qui comprennent les équipements mi-lourds, le soutien aux laboratoires et les actions incitatives aux programmes d'une part, et les budgets consolidés relevant du soutien à ces programmes d'autre part, et qui comprennent les salaires des personnels chercheurs et techniciens.

Le budget total des crédits de recherche incitatifs s'élevait à 150 MF en 1993 et reste essentiellement stable. Leur objectif est de structurer les recherches et d'impulser une dynamique vers les programmes jugés prioritaires. L'ensemble de ces financements montre un bon équilibre entre les actions relevant du climat (PNEDC, PATOM), de la chimie de l'atmosphère (PNCA), des flux de matière dans l'océan (JGOFS-France), des zones côtières (PNCO et PNRCO) et des Écosystèmes. Le nombre de chercheurs et techniciens engagés dans ces programmes est de 950 personnes, ce qui correspond à un budget de personnel de 560 MF. Le budget total consolidé incluant l'Espace était de 1500 MF en 1993. Il n'y a pas eu d'évaluation précise récemment.

Les financements en provenance de la CEE (programmes Environnement et Climat et MAST II, dans le cadre du 3^{ème} et 4^{ème} PCRD) ont atteint environ 50MF/an en moyenne annuelle sur la période 1992-96. La cotisation française annuelle au secrétariat du PIGB à Stockholm s'élève à 0,5 MF (bien que les restrictions budgétaires de 1996 n'aient pas permis d'atteindre ce niveau). De plus la France héberge deux Bureaux Internationaux, celui de SPARC/WCRP à Verrières-le-Buisson et celui de DIS¹⁵/IGBP à Toulouse, ce qui correspond à des financements par les organismes d'hébergement de respectivement 0.47 MF et 1 MF.

2. Recherches sur la réduction des émissions

2.1. Programmes de l'ADEME

L'ADEME a pour mission d'animer et d'orienter la recherche technologique dans les domaines des énergies nouvelles et renouvelables.

Les principaux axes des travaux de l'ADEME sont les suivants (avec mentions des crédits consacrés sur budget de l'agence de 1990 à 1996) :

- Energies Nouvelles et renouvelables (305 MF)
 - électricité décentralisée, essentiellement photovoltaïque

¹⁵Data and Information System

- biomasse avec des travaux sur le développement de la ressource (taillis à courte rotation), sur la transformation de la biomasse en fluides énergétiques et sur l'amélioration des chaudières à bois

- géothermie en particulier dans des roches profondes (4000 m) sèches et chaudes

- Maîtrise de l'énergie dans l'industrie (210 MF)

- amélioration des échangeurs et des chaudières

- utilisations performantes de l'électricité notamment pour des chauffages à haute température ou sous forme d'énergie radiante

- travaux sur des procédés notamment dans la sidérurgie (fours, galvanisation, recyclage des sables de fonderie ...), la papeterie (séchage) et les industries agro-alimentaires (séparations liquide solide).

- Maîtrise de l'énergie dans les transports (263 MF)

- action sur la demande de transports (compréhension des déterminants de la mobilité)

- développement de l'attractivité des modes les plus performants, autres que l'automobile

- amélioration des conditions de circulation et des performances des véhicules

- développement des techniques du transport combiné

- Maîtrise de l'énergie dans la construction (180 MF)

- amélioration des matériaux

- amélioration des systèmes de chauffage et de renouvellement de l'air

- recherche d'une meilleure efficacité de l'électricité dans ses usages spécifiques (notamment éclairage)

70 % de ces crédits soutiennent des recherches privées, 30 % des recherches publiques avec un taux de subvention moyen de 45 %.

2.2. Recherches sur la prévention de l'effet de serre dans le secteur rural

Les niveaux et conditions des émissions (ou de stockage) de gaz à effet de serre liées aux activités du secteur rural sont insuffisamment connues pour permettre dès à présent l'organisation d'actions de prévention économiquement fondées.

Un programme de recherche a donc été lancé sur ce thème, avec un accent particulier sur les points suivants:

- stockage de carbone dans le sol en fonction de l'utilisation de ce dernier et notamment stockage de carbone dans les sols forestiers, en particulier l'étude de son évolution lors du passage du sol d'un usage agricole à un usage forestier,

- émissions de méthane dues à la fermentation entérique des ruminants: étude empirique des lois générales reliant la production de méthane à des facteurs alimentaires et des facteurs animaux, étude de l'action de différents additifs chimiques ou biologiques connus pour avoir un effet négatif sur la méthanogénèse, caractérisation et impact d'une modification de la faune du rumen grâce à des travaux de modélisation mécaniste et des études expérimentales in vitro et in vivo,

- émissions de méthane liées à la gestion des déjections animales, avec un volet "mesure des émissions" dans différents systèmes d'élevage et pour différents modes de gestion des déjections, complété par une évaluation technico-économique des différentes stratégies de réduction de ces émissions,
- étude de la microbiologie de l'émission de méthane par les sols, avec un accent sur la caractérisation, la quantification et l'écologie des microflores méthanotrophes qui sont mal connues,
- flux d'émissions diffuses d'oxyde nitreux et de méthane par les sols, avec un objectif préalable de mise au point de techniques de mesure fiables et faciles à mettre en oeuvre à grande échelle (il a été convenu de retenir en priorité les méthodes micrométéorologiques ayant fait leurs preuves dans des domaines de mesure voisins).

Mesures mises en oeuvre

L'Institut National de la Recherche Agronomique assure la coordination de ce programme de recherche, auquel participent divers organismes de recherche publics. Ce programme a été lancé en 1992 et a disposé, sur la période 1992/1996, de 12 millions de francs de crédits incitatifs, qui ont permis la mise en oeuvre des moyens publics globaux de l'ordre de 45 millions de francs. Il est prévu de poursuivre ce programme d'ici à l'an 2000.

Résultats attendus

On peut escompter que les résultats fournies par ce programme de recherches permettront de mettre en place des mesures de prévention dans le secteur rural qui limiteront les émissions brutes et développeront les puits de manière significative, mais leur effet se fera sentir pour l'essentiel au delà de l'horizon 2000.

ANNEXE I

INVENTAIRES D'EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

IPCC TABLE 7A - SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES
Estimation from CORINAIR National Annual Data, allocated to IPCC Source and Sink Categories

FRANCE M+O 1990

Edited on 26/03/98

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES		EMISSION ESTIMATES						
		CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOC	SO2
		(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)
NATIONAL TOTALS		345161	3016.898	181.721	1909.473	11354.729	3155.591	1347.632
1 All Energy (Fuel Combustion + Fugitive)		356691	494.940	14.364	1861.522	10422.790	1853.359	1288.214
A Fuel Combustion		356259	162.763	14.335	1855.957	10417.791	1724.664	1193.548
1 Energy and Transformation Industries		81881	1.299	2.286	153.278	18.051	3.587	501.171
2 Industry (ISIC)		49597	6.775	3.624	182.825	650.700	13.490	315.842
3 Transport		124921	23.877	4.025	1163.039	7759.789	1416.567	155.474
4 Comm./Institutional, Residential, Agri./Forestry/Fishing		99860	130.811	4.401	356.814	1989.250	291.020	221.061
5 Other Combustion Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Fugitive Emissions from Fuels		432	332.177	0.029	5.565	4.999	128.695	94.666
1 Solid Fuels		0	206.258	0.000	0.000	4.255	1.064	0.000
2 Oil and Natural Gas Fuels		432	125.919	0.029	5.565	0.743	127.632	94.666
2 Industrial Processes		16638	2.588	89.990	23.198	650.488	86.364	44.137
3 Solvent and Other Product Use		2284	0.000	1.912	0.000	0.000	732.851	0.000
4 Agriculture		0	1626.494	54.459	0.000	0.000	11.177	0.000
A Enteric Fermentation		0	1430.388	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Manure Management		0	168.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C Rice Cultivation		0	8.672	0.075	0.000	0.000	0.000	0.000
D Agricultural Soils		0	19.343	54.384	0.000	0.000	11.177	0.000
E Prescribed Burning of Savannas		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F Field Burning of Agricultural Residues		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G Other Agriculture Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5 Land Use Change & Forestry		-33218	92.640	17.870	0.847	49.732	448.260	0.000
A Wood & Woody Biomass Stock Change		-37899	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Forest and Grassland Conversion		13729	3.409	0.024	0.847	49.732	4.158	0.000
C Abandonment of Managed Lands		-9048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D Other Land Use Change Activities		0	89.231	17.846	0.000	0.000	444.102	0.000
6 Waste		2766	800.237	3.124	23.905	231.719	23.579	15.280
A Solid Waste Disposal on Land		0	757.855	0.000	0.000	0.000	4.797	0.000
B Wastewater Treatment		1314	15.756	1.918	0.000	0.000	3.022	0.000
C Waste Incineration		1452	14.247	1.207	23.905	231.719	8.149	15.280
D Other Waste		0	12.379	0.000	0.000	0.000	7.610	0.000
7 Other		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
International Aviation and Marine (not included in national totals)		17485	0.000	0.255	223.741	25.053	80.340	146.001

Note : Minus values of CO2 relate to carbon uptake.

IPCC TABLE 7A - SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES
Estimation from CORINAIR National Annual Data, allocated to IPCC Source and Sink Categories

FRANCE M+O 1991

Edited on 26/03/98

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES

	EMISSION ESTIMATES						
	CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOC	SO2
	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)
NATIONAL TOTALS	369276	3003.027	180.368	1994.181	11584.279	3109.411	1446.166
1 All Energy (Fuel Combustion + Fugitive)	379250	519.866	15.517	1947.988	10681.188	1896.298	1388.644
A Fuel Combustion	378539	192.350	15.365	1943.244	10676.135	1764.155	1300.547
1 Energy and Transformation Industries	92098	1.383	2.585	195.041	20.175	4.160	600.928
2 Industry (ISIC)	49464	6.526	3.529	202.323	632.241	17.363	309.673
3 Transport	126844	23.631	4.266	1174.937	7651.862	1406.347	161.685
4 Comm./Institutional, Residential, Agri./Forestry/Fishing	110134	160.810	4.986	370.943	2371.858	336.284	228.261
5 Other Combustion Activities	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Fugitive Emissions from Fuels	711	327.517	0.151	4.744	5.053	132.143	88.097
1 Solid Fuels	0	191.512	0.000	0.000	4.154	1.039	0.000
2 Oil and Natural Gas Fuels	711	136.004	0.151	4.744	0.899	131.105	88.097
2 Industrial Processes	15871	1.587	87.712	20.088	621.126	78.888	40.304
3 Solvent and Other Product Use	2033	0.000	1.929	0.000	0.000	652.382	0.000
4 Agriculture	0	1596.716	53.821	0.000	0.000	10.708	0.000
A Enteric Fermentation	0	1400.825	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Manure Management	0	167.487	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C Rice Cultivation	0	9.057	0.078	0.000	0.000	0.000	0.000
D Agricultural Soils	0	19.346	53.743	0.000	0.000	10.708	0.000
E Prescribed Burning of Savannas	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F Field Burning of Agricultural Residues	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G Other Agriculture Activities	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5 Land Use Change & Forestry	-30791	94.049	18.152	0.847	49.732	450.026	0.000
A Wood & Woody Biomass Stock Change	-35445	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Forest and Grassland Conversion	13293	3.409	0.024	0.847	49.732	4.158	0.000
C Abandonment of Managed Lands	-8639	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D Other Land Use Change Activities	0	90.640	18.128	0.000	0.000	445.868	0.000
6 Waste	2913	790.809	3.237	25.259	232.233	21.109	17.218
A Solid Waste Disposal on Land	0	749.690	0.000	0.000	0.000	4.918	0.000
B Wastewater Treatment	1344	13.493	1.962	0.000	0.000	0.009	0.000
C Waste Incineration	1569	14.668	1.275	25.259	232.233	8.172	17.218
D Other Waste	0	12.957	0.000	0.000	0.000	8.009	0.000
7 Other	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
International Aviation and Marine (not included in national totals)	16793	0.000	0.265	221.366	24.449	82.889	148.862

Note : Minus values of CO2 relate to carbon uptake.

IPCC TABLE 7A - SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES
Estimation from CORINAIR National Annual Data, allocated to IPCC Source and Sink Categories

FRANCE M+O 1992

Edited on 26/03/98

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES		EMISSION ESTIMATES						
		CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOC	SO2
		(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)
NATIONAL TOTALS		368201	2937.300	174.351	1926.399	11051.034	3042.875	1278.089
1 All Energy (Fuel Combustion + Fugitive)		375714	505.461	15.557	1883.308	10158.177	1838.985	1223.179
A Fuel Combustion		375494	180.971	15.418	1876.785	10153.219	1714.800	1137.079
1 Energy and Transformation Industries		84356	1.345	2.360	175.569	18.954	4.128	480.391
2 Industry (ISIC)		51963	7.329	3.638	164.414	603.976	12.477	276.649
3 Transport		129609	23.868	4.506	1180.411	7329.226	1383.929	167.715
4 Comm./Institutional, Residential, Agri./Forestry/Fishing		109566	148.428	4.913	356.391	2201.063	314.266	212.324
5 Other Combustion Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Fugitive Emissions from Fuels		220	324.490	0.139	6.523	4.959	124.185	86.100
1 Solid Fuels		0	194.170	0.000	0.000	4.104	1.026	0.000
2 Oil and Natural Gas Fuels		220	130.320	0.139	6.523	0.855	123.159	86.100
2 Industrial Processes		21342	2.382	82.509	15.637	609.536	86.162	37.737
3 Solvent and Other Product Use		2008	0.000	1.945	0.000	0.000	644.269	0.000
4 Agriculture		0	1563.216	52.999	0.000	0.000	10.449	0.000
A Enteric Fermentation		0	1366.218	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Manure Management		0	167.544	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C Rice Cultivation		0	10.065	0.086	0.000	0.000	0.000	0.000
D Agricultural Soils		0	19.389	52.913	0.000	0.000	10.449	0.000
E Prescribed Burning of Savannas		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F Field Burning of Agricultural Residues		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G Other Agriculture Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5 Land Use Change & Forestry		-34259	93.142	17.971	0.847	49.732	441.435	0.000
A Wood & Woody Biomass Stock Change		-39355	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Forest and Grassland Conversion		13489	3.409	0.024	0.847	49.732	4.158	0.000
C Abandonment of Managed Lands		-8393	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D Other Land Use Change Activities		0	89.733	17.947	0.000	0.000	437.277	0.000
6 Waste		3396	773.098	3.372	26.607	233.589	21.575	17.173
A Solid Waste Disposal on Land		0	728.128	0.000	0.000	0.000	4.935	0.000
B Wastewater Treatment		1368	16.304	1.996	0.000	0.000	0.009	0.000
C Waste Incineration		2028	15.101	1.376	26.607	233.589	8.202	17.173
D Other Waste		0	13.566	0.000	0.000	0.000	8.429	0.000
7 Other		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
International Aviation and Marine (not included in national totals)		17059	0.000	0.256	220.291	26.510	81.777	137.428

Note : Minus values of CO2 relate to carbon uptake.

IPCC TABLE 7A - SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES
Estimation from CORINAIR National Annual Data, allocated to IPCC Source and Sink Categories

FRANCE M+O 1993

Edited on 26/03/98

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES

		EMISSION ESTIMATES					
		CO2	CH4	N2O	NOx	CO	SO2
		(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)
NATIONAL TOTALS		333275	2921.826	163.903	1814.452	10494.107	1151.114
1 All Energy (Fuel Combustion + Fugitive)		355870	516.677	15.322	1774.309	9626.351	1101.649
A Fuel Combustion		355373	178.274	15.177	1767.548	9621.746	1019.869
1 Energy and Transformation Industries		69946	1.230	1.956	128.723	16.597	381.847
2 Industry (ISIC)		50076	7.114	3.463	161.338	547.521	277.174
3 Transport		129968	23.078	4.964	1151.580	6911.410	169.992
4 Comm./Institutional, Residential, Agri./Forestry/Fishing		105383	146.852	4.794	325.907	2146.218	190.855
5 Other Combustion Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Fugitive Emissions from Fuels		497	338.403	0.145	6.760	4.605	81.780
1 Solid Fuels		0	208.524	0.000	0.000	3.823	0.000
2 Oil and Natural Gas Fuels		497	129.879	0.145	6.760	0.781	81.780
2 Industrial Processes		14025	2.116	74.938	13.562	585.191	32.924
3 Solvent and Other Product Use		1912	0.000	1.954	0.000	0.000	0.000
4 Agriculture		0	1553.502	50.387	0.000	0.000	0.000
A Enteric Fermentation		0	1353.944	0.000	0.000	0.000	0.000
B Manure Management		0	169.139	0.000	0.000	0.000	0.000
C Rice Cultivation		0	10.828	0.091	0.000	0.000	0.000
D Agricultural Soils		0	19.592	50.296	0.000	0.000	0.000
E Prescribed Burning of Savannas		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F Field Burning of Agricultural Residues		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G Other Agriculture Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5 Land Use Change & Forestry		-41729	93.089	17.960	0.847	49.732	0.000
A Wood & Woody Biomass Stock Change		-46658	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Forest and Grassland Conversion		13529	3.409	0.024	0.847	49.732	0.000
C Abandonment of Managed Lands		-8600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D Other Land Use Change Activities		0	89.680	17.936	0.000	0.000	0.000
6 Waste		3197	756.443	3.342	25.734	232.833	16.541
A Solid Waste Disposal on Land		0	711.051	0.000	0.000	0.000	0.000
B Wastewater Treatment		1390	15.912	2.029	0.000	0.000	0.000
C Waste Incineration		1807	14.792	1.312	25.734	232.833	16.541
D Other Waste		0	14.689	0.000	0.000	0.000	0.000
7 Other		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
International Aviation and Marine (not included in national totals)		17894	0.000	0.249	224.226	28.446	144.048

Note : Minus values of CO2 relate to carbon uptake.

IPCC TABLE 7A - SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES
Estimation from CORINAIR National Annual Data, allocated to IPCC Source and Sink Categories

FRANCE M+O 1994

Edited on 26/03/98

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES		EMISSION ESTIMATES						
		CO2 (Gg)	CH4 (Gg)	N2O (Gg)	NOx (Gg)	CO (Gg)	NMVOC (Gg)	SO2 (Gg)
NATIONAL TOTALS		326733	2860.475	168.407	1793.777	9657.721	2865.420	1104.297
1 All Energy (Fuel Combustion + Fugitive)		353277	495.432	16.164	1752.165	8771.242	1671.360	1054.062
A Fuel Combustion		350329	161.391	15.917	1744.544	8767.073	1551.516	984.908
1 Energy and Transformation Industries		63901	1.199	1.796	128.555	16.262	3.727	360.556
2 Industry (ISIC)		53000	7.993	3.725	167.751	599.219	12.704	287.712
3 Transport		132815	22.236	5.879	1133.674	6228.243	1257.566	165.814
4 Comm./Institutional, Residential, Agri./Forestry/Fishing		100613	129.963	4.516	314.564	1923.348	277.519	170.826
5 Other Combustion Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Fugitive Emissions from Fuels		2948	334.041	0.247	7.621	4.169	119.844	69.154
1 Solid Fuels		0	212.936	0.000	0.000	3.472	0.868	0.000
2 Oil and Natural Gas Fuels		2948	121.105	0.247	7.621	0.696	118.976	69.154
2 Industrial Processes		14335	2.425	77.381	11.365	602.553	77.591	29.963
3 Solvent and Other Product Use		1945	0.000	1.963	0.000	0.000	624.154	0.000
4 Agriculture		0	1555.516	51.490	0.000	0.000	10.349	0.000
A Enteric Fermentation		0	1353.848	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Manure Management		0	169.619	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C Rice Cultivation		0	12.425	0.107	0.000	0.000	0.000	0.000
D Agricultural Soils		0	19.624	51.383	0.000	0.000	10.349	0.000
E Prescribed Burning of Savannas		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F Field Burning of Agricultural Residues		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G Other Agriculture Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5 Land Use Change & Forestry		-46353	92.544	17.851	0.847	49.732	456.299	0.000
A Wood & Woody Biomass Stock Change		-50684	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Forest and Grassland Conversion		13301	3.409	0.024	0.847	49.732	4.158	0.000
C Abandonment of Managed Lands		-8970	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D Other Land Use Change Activities		0	89.135	17.827	0.000	0.000	452.141	0.000
6 Waste		3528	714.558	3.558	29.399	234.194	25.667	20.271
A Solid Waste Disposal on Land		0	666.927	0.000	0.000	0.000	4.932	0.000
B Wastewater Treatment		1412	16.812	2.061	0.000	0.000	3.154	0.000
C Waste Incineration		2117	15.938	1.497	29.399	234.194	8.246	20.271
D Other Waste		0	14.881	0.000	0.000	0.000	9.336	0.000
7 Other		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
International Aviation and Marine (not included in national totals)		16140	0.000	0.221	200.615	27.804	73.322	124.351

Note : Minus values of CO2 relate to carbon uptake.

IPCC TABLE 7A - SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES
Estimation from CORINAIR National Annual Data, allocated to IPCC Source and Sink Categories

FRANCE M+O 1995

Edited on 26/03/98

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES		EMISSION ESTIMATES						
		CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOC	SO2
		(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)
NATIONAL TOTALS		338545	2844.141	173.486	1778.056	9469.062	2770.311	1047.624
1 All Energy (Fuel Combustion + Fugitive)		363925	519.861	17.016	1735.667	8589.632	1639.801	997.484
A Fuel Combustion		356588	187.357	16.856	1730.659	8585.425	1518.048	922.853
1 Energy and Transformation Industries		67645	1.266	1.946	142.143	17.140	3.904	377.528
2 Industry (ISIC)		52564	7.162	3.461	166.344	568.174	12.104	265.726
3 Transport		134623	21.139	6.714	1086.891	5696.692	1178.216	135.708
4 Comm./Institutional, Residential, Agri./Forestry/Fishing		101756	157.791	4.735	335.281	2303.419	323.824	143.891
5 Other Combustion Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Fugitive Emissions from Fuels		7337	332.504	0.160	5.008	4.206	121.753	74.632
1 Solid Fuels		0	211.015	0.000	0.000	3.463	0.866	0.000
2 Oil and Natural Gas Fuels		7337	121.489	0.160	5.008	0.743	120.887	74.632
2 Industrial Processes		15866	2.669	80.352	10.821	594.762	77.488	29.869
3 Solvent and Other Product Use		1792	0.000	1.971	0.000	0.000	574.880	0.000
4 Agriculture		0	1551.219	52.631	0.000	0.000	10.452	0.000
A Enteric Fermentation		0	1359.210	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Manure Management		0	160.696	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C Rice Cultivation		0	11.687	0.102	0.000	0.000	0.000	0.000
D Agricultural Soils		0	19.626	52.528	0.000	0.000	10.452	0.000
E Prescribed Burning of Savannas		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F Field Burning of Agricultural Residues		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G Other Agriculture Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5 Land Use Change & Forestry		-46801	91.986	17.851	0.847	49.732	444.739	0.000
A Wood & Woody Biomass Stock Change		-51165	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Forest and Grassland Conversion		13289	2.851	0.024	0.847	49.732	4.158	0.000
C Abandonment of Managed Lands		-8925	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D Other Land Use Change Activities		0	89.135	17.827	0.000	0.000	440.581	0.000
6 Waste		3764	678.406	3.666	30.722	234.936	22.950	20.272
A Solid Waste Disposal on Land		0	629.400	0.000	0.000	0.000	4.847	0.000
B Wastewater Treatment		1433	17.069	2.093	0.000	0.000	0.008	0.000
C Waste Incineration		2330	16.347	1.573	30.722	234.936	8.270	20.272
D Other Waste		0	15.590	0.000	0.000	0.000	9.825	0.000
7 Other		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
International Aviation and Marine (not included in national totals)		16815	0.000	0.228	208.204	28.999	75.682	130.627

Note : Minus values of CO2 relate to carbon uptake.

ANNEXE II

***RECAPITULATIF DES POLITIQUES ET MESURES DE PREVENTION DU
CHANGEMENT CLIMATIQUE***

Récapitulatif des politiques et mesures

CO2									
Titre de la politique/mesure	Type d'instrument	Objectif et/ou méthode de réduction des émissions	Secteur	Degré d'application	Estimation des effets (MtC)				Surveillance : indicateur de l'état d'avancement
					2000	2005	2010	2020	

Résidentiel neuf	Réglementation	Améliorer l'efficacité énergétique	Bâtiments	En cours	0.01	0.04	0.08	0.14	Les solution techniques ont été modifiées
Tertiaire neuf	Information et formation Réglementation	Améliorer l'efficacité énergétique	Bâtiments	En cours	0.2	0.3	0.4	0.8	Des guides sectoriels ont été publiés
Bâtiments existants	Loi	Afficher les consommations des bâtiments	Bâtiments	Décidée	inclus ci dessous	inclus ci dessous	inclus ci dessous	inclus ci dessous	Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/96
	Instrument économique	Inciter aux travaux de maîtrise de l'énergie	Bâtiments	En cours	0.4	0.6	1.0	1.8	2.5 milliards de francs en 1992
		Programme d'économies d'énergie dans les bâtiments de l'Etat	Bâtiments	En cours	0.2	0.2	0.2	0.2	Circulaire du Premier Ministre du 24/01/91.
	Instrument économique	Taxation des émissions de CO2	Bâtiments	Proposition (décision à prendre au niveau UE)	-	-	-	-	Mémorandum du 18/04/94

CO2									
Titre de la politique/mesure	Type d'instrument	Objectif et/ou méthode de réduction des émissions	Secteur	Degré d'application	Estimation des effets (MtC)				Surveillance : indicateur de l'état d'avancement
					2000	2005	2010	2020	

Développement de l'utilisation du bois dans la construction	Information, soutien public à la recherche, disposition réglementaire	Stockage de carbone hors de la forêt, réduction des émissions de CO2 fossile	Bâtiments	En cours			0.7		Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/96
Engagements volontaires	Engagements volontaires	efficacité énergétique, substitution énergétique	Industrie	En cours	1.2	1.2	1.2	1.2	Procédures de suivi prévues dans les engagements
Mesures d'accompagnement	Incitations financières et fiscales	Efficacité énergétique	Industrie	En cours	ε	ε	0.1	0.2	loi de finances 1996
Dispositions techniques relatives aux Poids-Lourds	Réglementation	Réduire les émissions spécifiques des poids lourds	Transports	Appliquée (contrôle technique) Projet (limitation de la puissance massique)	0	0.4	0.4	0.5	Arrêté du 5/07/94

CO2									
Titre de la politique/mesure	Type d'instrument	Objectif et/ou méthode de réduction des émissions	Secteur	Degré d'application	Estimation des effets (MtC)				Surveillance : indicateur de l'état d'avancement
					2000	2005	2010	2020	

Actions institutionnelles concernant le transport routier de marchandises	Réglementation Instruments Economiques	Rétablir de meilleures conditions de concurrence dans le transport de marchandises	Transports	En cours	inclus ci dessous	inclus ci dessous	inclus ci dessous	inclus ci dessous	
Développement du transport intermodal	Multiples (actions institutionnelles, recherche et développement, instruments économiques, etc.)	Développer les transports intermodaux alternatifs à la route	Transports	En cours	0.35	0.7	0.9	1.6	Effort de 300 MF en 1995
Réduction de la consommation des véhicules particuliers neufs	Accords volontaires pour les véhicules particuliers	120 gCO2/km avant 2010 pour les véhicules neufs vendus au sein de l'UE - évolution similaire sur VUL	Transports	Accord volontaire national Mesures communautaires en cours	0	1.4	2.8	4.7	Engagements volontaire des constructeurs français d'atteindre 150gCO2/km en 2005

CO2									
Titre de la politique/mesure	Type d'instrument	Objectif et/ou méthode de réduction des émissions	Secteur	Degré d'application	Estimation des effets (MtC)				Surveillance : indicateur de l'état d'avancement
					2000	2005	2010	2020	

Contrôle technique	Réglementation	Réduction des émissions polluantes	Transports	Appliquée	1.2	1.0	0.85	0.8	Arrêtes du 1/1/95 et du 5/7/94
Prime pour le retrait des véhicules de plus de dix ans	Instrument économique	Favoriser le renouvellement du parc automobile	Transports	Appliquée	inclus ci dessus	inclus ci dessus	inclus ci dessus	inclus ci dessus	Mesure en effet du 30/06/95 au 31/12/1996
Véhicule urbains	Multiples	Développer un véhicules spécifiquement urbain	Transports	Etude	-	-	-	-	Conclusions du groupe de travail attendues
Véhicules alternatifs	Multiples, dont loi	Développer les véhicules alternatifs	Transports	En cours	ε	ε	0.3	0.5	Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/96
Déplacements urbains	Loi (obligation pour les collectivités locales de réaliser des plans de déplacements urbains)	Optimiser les déplacements urbains	Transports	Décidée	ε	ε	0.7	1.1	Loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie du 30/12/96

CO2									
Titre de la politique/mesure	Type d'instrument	Objectif et/ou méthode de réduction des émissions	Secteur	Degré d'application	Estimation des effets (MtC)				Surveillance : indicateur de l'état d'avancement
					2000	2005	2010	2020	

Trains à grande vitesse	Multiples, dont investissements	Offrir une alternative à la route et à l'aérien	Transports	En cours d'application	0.1	0.13	0.16	0.22	Schéma directeur national des liaisons ferroviaires à grande vitesse (1991)
Investissements nucléaires	Décisions d'investissements d'EDF	Substitution énergétique	Electricité	En cours	12.5 à 25	id	id	id	Plan d'équipement d'EDF
Développement de la cogénération	Disposition réglementaire relative au rachat de l'électricité	Substitution énergétique	Electricité	En cours	1.6	-	1	1.2	de l'ordre de 0.6 GW installés sur 1990/1994
Réduire les pointes de la courbe de charge	Tarification, incitations publiques, information	Substitution énergétique, MDE	Electricité	En cours	0.35	-	0.5 à 0.8	-	30 000 abonnements TEMPO en 1996, accords EDF/ADEME de 1993 et 1996

CO2									
Titre de la politique/mesure	Type d'instrument	Objectif et/ou méthode de réduction des émissions	Secteur	Degré d'application	Estimation des effets (MtC)				Surveillance : indicateur de l'état d'avancement
					2000	2005	2010	2020	

Substitution d'électricité à des combustibles fossiles chez le consommateur final	Information, démarche commerciale d'EDF	Substitution énergétique	Electricité	En cours	Inclus dans "Industrie"				Poursuite de la substitution électricité/ combustibles fossiles dans l'industrie
Réduction des effets pervers de la péréquation des tarifs de l'électricité	Aides publiques	Substitution énergétique, MDE	Electricité	En cours	0.01	-	-	-	Budget public de 100 MF/an disponible dans le cadre du FACE
Boisement des terres agricoles	Aides publiques	Accroissement des puits de carbone	Forêts	En cours	0.35	-	0.68	1.0	Budget public de 65 MF utilisé pour cette action en 1995
Energie éolienne	Disposition réglementaire	Substitution énergétique	ENR	En cours	< 0.01	0.02 à 0.04	-	-	Appel à propositions lancé par le Ministère de l'Industrie

CO2									
Titre de la politique/mesure	Type d'instrument	Objectif et/ou méthode de réduction des émissions	Secteur	Degré d'application	Estimation des effets (MtC)				Surveillance : indicateur de l'état d'avancement
					2000	2005	2010	2020	

Bois Energie	Aides publiques	Substitution énergétique	ENR	En cours	0.055	0.055	0.055	0.055	Budget public de 150 MF sur 1995/1998; contrats signés avec les collectivités locales
Biocarburants	Aides publiques	Substitution énergétique	ENR	En cours	0.27	-	-	-	Mise en place d'exonérations fiscales
Utilisation énergétique des déchets	Disposition législative	Substitution énergétique	Déchets	En cours	0.35	0.35	0.35	0.35	Loi sur les déchets du 13 Juillet 1992

CH4									
Titre de la politique/mesure	Type d'instrument	Objectif et/ou méthode de réduction des émissions	Secteur	Degré d'application	Estimation des effets (1000 t CH4)				Surveillance : indicateur de l'état d'avancement
					2000	2005	2010	2020	

Suppression de la mise en décharge de déchets banals	Disposition législative	Réduction des émissions de CH4	Déchets	En cours	0.16	-	0.58	0.74	Loi sur les déchets du 13 Juillet 1992
Récupération du méthane sur les décharges	Disposition réglementaire	Réduction des émissions de CH4	Déchets	Décidé	inclus ci dessus	inclus ci dessus	inclus ci dessus	inclus ci dessus	Arrêté en cours de promulgation
Fuites des réseaux de gaz naturel	Décisions d'investissement de GDF	Réduction des émissions fugitives de CH4	Secteur énergétique	En cours	0.04	-	0.06	0.08	9000 km de canalisation en fontes grises remplacées sur 1990/1995

N2O									
Titre de la politique/mesure	Type d'instrument	Objectif et/ou méthode de réduction des émissions	Secteur	Degré d'application	Estimation des effets (1000 t N2O)				Surveillance : indicateur de l'état d'avancement
					2000	2005	2010	2020	

Emissions de N2O de l'industrie	Dispositions réglementaires, engagement volontaire	Réduction des émissions de N2O	Industrie	Décidé	74	74	74	74	Arrêtés du Ministère de l'environnement du 1er mars 1993
Maitrise des épandages d'engrais azotés	Dispositions réglementaires, information, sensibilisation	Réduction des émissions de N2O	Agriculture	En cours	8	-	-	-	Réforme de la PAC de 1992, directive européenne sur les nitrates, loi sur l'eau du 3 janvier 1992

ANNEXE III

ESTIMATION DES EMISSIONS DE CARBONE LIEES A DES CHANGEMENTS D'AFFECTATION DES TERRES

Il est difficile de quantifier l'augmentation de stockage de carbone dans les sols associée à la tendance lourde de diminution des terres agricoles évoquée dans la partie I 2-6, faute de connaissances scientifiques suffisantes; elles ne devraient néanmoins pas être significativement différentes en 1990 et 2000.

En revanche, la conversion de surfaces toujours en herbe ou boisées en terres arables entraîne une diminution du stock de carbone du sol du fait de la stimulation de l'activité microbienne de minéralisation de la matière organique que l'on sait au contraire quantifier: des études menées au niveau de la France montrent que cette décroissance est particulièrement forte les 2 ou 3 premières années (minéralisation rapide des composés pré humiques qui constituent de 10 à 15% du stock de carbone initial) et ne suit un modèle cinétique de dégradation classique (coefficient de minéralisation de 0.015), qu'après cette période, sur le stock de matières organiques restant. En cas de passage d'une terre cultivée à une surface toujours en herbe ou boisée, on n'observe pas une croissance rapide symétrique les premières années¹⁶.

La pratique de la jachère nue tournante a un impact négatif sur le stock de carbone dans les sols concernés dans la mesure où environ tous les six ans (compte tenu du taux de jachère actuel) les apports annuels de matières organiques seront nuls alors que la minéralisation du carbone du sol se poursuivra. Cet effet négatif sera tempéré, d'une part, par la mise en place de cultures à vocation non alimentaire sur environ le tiers de la surface théoriquement en jachère et, d'autre part, par des dispositions réglementaires qui visent à limiter fortement la jachère nue en raison de ses impacts négatifs en matière de pollution azotée des eaux.

En conséquence, on retiendra un impact en terme de réduction du stock de carbone dans les sols soumis à l'obligation de jachère, égal au tiers de l'impact qui serait observé si l'ensemble des surfaces concernées étaient soumises à la pratique de la jachère nue.

Les résultats consignés dans le tableau ci dessous se fondent, d'une part, sur les cinétiques de dégradation présentées ci dessus, d'autre part, sur des informations annuelles sur la répartition du territoire selon l'utilisation du sol sur la période 1970 - 1993, issues de la statistique agricole annuelle, ainsi que sur les matrices de passage entre les usages du sol entre 1982 et 1990 fournies par l'enquête TERUTI.

Celle-ci montre, en particulier, qu'en moyenne annuelle sur cette période, 0.3 millions d'hectares de forêts, prairies permanentes, landes et friches ont été transformées en terres arables, alors que 0.17 millions d'hectares de terres arables sont retournés dans les catégories forêts, prairies permanentes, landes ou friches.

¹⁶ La méthodologie mise en oeuvre dans cette partie est plus élaborée que celle retenue pour l'établissement des inventaires (partie I) pour lequel, par souci de cohérence avec les estimations faites pour les autres puits et sources, il a été appliqué la méthodologie simplifiée suggérée par le GIEC. Elle repose sur les résultats de travaux empiriques menés au niveau de la France et permet d'estimer, de manière plus réaliste, l'impact, en matière de stockage de carbone, de l'évolution du mode d'utilisation des terres sur la décennie; par ailleurs, les deux méthodes fournissent des estimations sensiblement similaires pour 1990.

Ces estimations montrent que les modifications dans l'utilisation des terres qui devraient intervenir d'ici à l'an 2000, diminueront les émissions de carbone à hauteur de 2 millions de tonnes par rapport à 1990¹⁷.

Emissions nettes de carbone (millions de tonnes) (1)	1990	2000	Evolution 1990 - 2000
terres sur lesquelles le changement d'affectation conduit à un déstockage (2)	3.8	1.1	-2.7
terres sur lesquelles le changement d'affectation conduit à un stockage (3)	-1.4	-0.85	0.55
impact de la jachère "grandes cultures"	0	0.12	0.12
BILAN	2.4	0.37	-2

(1) hypothèses de stocks moyens de carbone à l'équilibre de respectivement 40 et 70 tC/ha pour les surfaces arables et les surfaces en forêts, herbe, landes et friches.

(2) conversion de forêts, surfaces toujours en herbe, landes et friches en terres cultivées.

(3) conversion de terres cultivées en surfaces toujours en herbe, landes, friches et forêts ainsi que conversion de surfaces toujours en herbe, landes, friches en forêts.

¹⁷ Par ailleurs, la réforme de la PAC devrait limiter l'intérêt économique, pour l'agriculteur, de stratégies d'intensification, via la fertilisation azotée, de prairies naturelles, dans le but d'augmenter leur productivité, ou de comportements de "sur fertilisation azotée" des grandes cultures. Or une forte disponibilité en azote dans le sol stimule également l'activité microbienne et tend à diminuer les stocks de carbone d'équilibre du sol. Ces phénomènes restent néanmoins difficilement quantifiables dans l'état actuel des connaissances et n'ont donc pas été pris en compte dans l'estimation proposée ci dessus.

ANNEXE IV

LA CONTRIBUTION FRANCAISE A LA RECHERCHE SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES GLOBAUX

1. Le Programme National d'Etudes de la Dynamique du Climat (PNEDC)

1.1. Présentation du PNEDC

Lorsque le PNEDC a été lancé dans les années 1980, il n'existait pas en France de communauté structurée analysant le comportement du système climatique dans sa globalité. Les diverses équipes, souvent de grande qualité scientifique, n'avaient les moyens d'aborder la dynamique et la géochimie de l'atmosphère, de l'océan et des glaces que par des études ponctuelles de processus.

Le PNEDC a constitué l'action concertée permettant le développement de la modélisation des grands systèmes fluides de la planète et l'intégration des données obtenues au cours d'expériences destinées à mieux comprendre les interactions susceptibles de se développer au sein des divers grands systèmes qui déterminent le climat de la Terre.

La création d'un programme français de recherche sur le climat a conduit la communauté nationale à mener un effort intensif pour développer des modèles de circulation générale de l'atmosphère et de l'océan, et combler le retard pris sur les équipes les plus avancées, notamment aux Etats-Unis, en Grande-Bretagne et en Allemagne en ce qui concerne le couplage océan-atmosphère-glace. Ce dernier objectif est en voie d'être atteint.

De nombreuses expériences faisant appel à des modèles couplés océan-atmosphère ont été mises en oeuvre pour étudier la variabilité interannuelle du climat, simuler les mesures effectuées dans le cadre du programme international TOGA et préparer les études de variabilité climatique à long terme.

En même temps que l'effort de modélisation, le PNEDC s'est appuyé sur les points forts de la communauté nationale pour obtenir un ensemble de données d'observation que les dynamiciens de l'atmosphère ou de l'océan pouvaient utiliser dans les modèles qu'ils élaboraient. Les expériences ainsi lancées ont permis d'aborder l'étude des variations climatiques, de leur causes et des rétroactions associées à une perturbation naturelle ou anthropique. Elles concernent notamment :

- la détermination de la variabilité à long terme du climat par l'étude des glaces polaires, des sédiments marins et continentaux ;
- la perturbation du cycle du gaz carbonique par les activités humaines (en liaison avec les actions du programme JGOFS dédiées plus spécifiquement aux aspects de la biogéochimie océanique) ;
- l'analyse de l'impact climatique de l'augmentation de la concentration atmosphérique en gaz à effet de serre ;
- l'étude des échanges d'énergie associés au cycle de l'eau et leur représentation dans les modèles de circulation générale de l'atmosphère ;
- l'étude des interactions entre l'océan tropical et l'atmosphère, conduisant dans le cadre du programme TOGA à la démonstration de la prévisibilité du climat dans la zone tropicale affectée par le phénomène El Niño ;
- l'établissement d'un jeu de données fiables représentatif de l'état actuel de l'océan et permettant de décrire sa circulation générale.

L'ampleur des moyens à mettre en jeu était tel que l'objectif affiché ne pouvait être atteint que dans le cadre d'un effort international coordonné. C'est le programme WOCE, auquel les équipes françaises participent essentiellement par l'étude de l'océan Atlantique Sud et équatorial, ainsi que par celle de la partie australe de l'océan Indien.

Il ne saurait être question ici de décrire la totalité des résultats acquis depuis plus de dix ans par les équipes françaises. L'émergence d'une communauté reconnue maintenant au plan international se manifeste, non seulement par ses publications originales dans des revues internationales de grand impact, mais aussi par son insertion dans les grandes actions et les conseils scientifiques du Programme Mondial de Recherche sur le Climat et du Programme International Géosphère-Biosphère. Elle se traduit également par une participation active des chercheurs français aux programmes européens. Les quelques exemples présentés ci-dessous ne visent nullement à l'exhaustivité, mais ont pour seul objectif d'illustrer, à l'aide de quelques résultats récents, la stratégie qui a été mise en oeuvre dans le cadre du PNEDC pour découvrir quelques éléments clés de la variabilité climatique et renforcer le dialogue entre expérimentateurs et modélisateurs.

1.2. Quelques résultats marquants du PNEDC

1.2.1. La mise en évidence de changements climatiques Rapides

Les travaux des paléoclimatologues français ont permis d'effectuer des percées spectaculaires et de découvrir des variations qui n'avaient jamais été soupçonnées au sein du système climatique, notamment les changements de la teneur atmosphérique en gaz à effet de serre liés au bouleversement naturel des cycles biogéochimiques et ceux de la circulation océanique associés à des modifications mineures du régime hydrologique.

En outre, ils ont conduit à la découverte de périodes pendant lesquelles le climat évoluait très rapidement. En effet, la vitesse avec laquelle le climat était susceptible de changer était restée inconnue pendant fort longtemps, parce que les enregistrements géologiques ne pouvaient être datés avec une précision suffisante pour évaluer la durée réelle d'une transition climatique majeure. La possibilité récente de reconstruire à partir des glaces polaires et des sédiments marins la variabilité climatique à l'échelle de quelques dizaines ou centaines d'années a ouvert des horizons très nouveaux et un ensemble convergent d'études a démontré le caractère réellement abrupt de nombreux changements de climat qui sont susceptibles de se développer en des temps comparables à ceux d'une vie humaine.

1.2.2. Transferts sol-végétation-atmosphère : du programme HAPEX à la modélisation

L'objectif principal du programme HAPEX était d'aboutir à l'amélioration de la paramétrisation des échanges d'eau entre le sol, la végétation et l'atmosphère, afin de représenter de manière fiable les phénomènes à l'échelle de la maille des modèles de circulation générale de l'atmosphère, soit au moins 100 km par 100 km. Ceux-ci sont notablement différents selon les conditions climatiques. C'est pourquoi la participation française au programme HAPEX a fait l'objet de trois expérimentations principales dans des régions soumises à des climats très différents : HAPEX-MOBILHY (1986) dans le sud-ouest de la France, EFEDA (1991) en Espagne, et HAPEX-Sahel (1992) au Niger.

L'objectif est maintenant atteint. L'opération HAPEX-MOBILHY a permis d'élaborer une méthodologie, comportant deux étapes principales, l'étude de la surface continentale par télédétection et la mise au point d'une paramétrisation à l'échelle de 100 km. La méthode ainsi

établie est en cours de validation par comparaison avec les résultats des expériences EFEDA et HAPEX-Sahel. Les premiers résultats sont très satisfaisants. Deux schémas originaux de philosophies très différentes ont été développés pour paramétrer les transferts entre le sol, la végétation et l'atmosphère : SECHIBA et ISBA. Le schéma ISBA (Interactions Surface-Biosphère-Atmosphère) ne comporte qu'un faible nombre de paramètres d'entrée. Parmi ceux-ci, la prescription des conditions effectives à la surface est la plus importante. Des données collectées à l'échelle locale lors de nombreuses expérimentations ont été nécessaires pour valider cette paramétrisation des transferts sol-végétation-atmosphère. En particulier, la validation à l'échelle de 100 km a pu être réalisée grâce aux données de HAPEX-MOBILHY et de EFEDA, en utilisant les propriétés effectives de la surface (moyennes arithmétiques pour la fraction de végétation et l'indice foliaire, logarithmique pour la longueur de rugosité, harmonique pour la résistance stomatique, ...).

1.2.3. Participation aux mesures de la teneur de l'atmosphère en CO₂

Le CO₂ atmosphérique est enregistré de façon continue à la station de l'île d'Amsterdam depuis 1980, avec une précision meilleure que 0,1 ppm. Dans cet observatoire situé au coeur de l'océan Indien austral, loin des continents, les variations saisonnières de la concentration atmosphérique en gaz carbonique sont très faibles.

Ceci est dû à la faiblesse des flux échangés localement, à laquelle s'ajoute une compensation entre les effets de la végétation continentale lointaine et ceux des échanges air-mer, qui jouent en sens inverse. Cette très faible variation saisonnière facilite beaucoup la détermination de l'évolution générale du CO₂ de l'air, dont le rythme de croissance a oscillé entre 1 et 2 ppm par an au cours des années 1980 - 1990.

1.2.4. Absorption du CO₂ anthropique par l'océan mondial

Environ la moitié des 5 à 6 milliards de tonnes de carbone, émises sous forme de CO₂ par l'utilisation des combustibles fossiles, reste dans l'atmosphère. L'autre moitié est absorbée soit par la végétation et les sols continentaux, soit par l'océan. Or, la connaissance d'un bilan précis du CO₂ est indispensable à la prévision de l'effet de serre dans le futur. En effet, ce gaz n'est stocké dans les plantes et les sols terrestres que pour quelques décennies, alors que, s'il est absorbé dans l'océan, il devrait y rester beaucoup plus longtemps, quelle que soit l'évolution future du climat.

Le gaz carbonique émis par les activités humaines se mélangeant avec celui présent naturellement dans l'atmosphère, il n'est pas possible de mesurer directement son devenir, ni les flux échangés entre l'air et la mer, ou entre l'air et la biosphère continentale. Il est donc nécessaire de faire appel à la modélisation. Jusqu'à présent, les simulations effectuées en faisant appel aux modèles de circulation générale de l'océan suggéraient que, depuis 1950, la pompe océanique était insuffisante pour absorber la totalité du CO₂ produit par les activités humaines, sans même prendre en compte la déforestation. Il était donc classiquement admis que le bilan ne pouvait être équilibré que par l'intervention d'un puits biosphérique (les forêts et les sols), en dépit de la déforestation importante que subissent les zones équatoriales. Ce résultat était surprenant, puisque la croissance des forêts préservées et le stockage de carbone dans les sols devaient compenser à la fois la déforestation et une partie des combustions industrielles.

Ce bilan vient d'être remis en question et les résultats obtenus à l'aide du modèle national suggèrent que le rôle de l'océan avait été sous-estimé.

En bilan global, la simulation, à l'aide de ce modèle, fait apparaître l'existence d'un puits océanique de CO₂ beaucoup plus important que les estimations précédentes. Il en résulte que l'évolution des teneurs atmosphériques depuis le début de l'ère industrielle peut s'expliquer par la simple intervention de la pompe océanique.

1.2.5. Amélioration de la prise en compte de la couverture moyenne dans la simulation du climat

La croissance de la concentration des gaz à effet de serre dans l'air due aux activités humaines est susceptible d'entraîner au siècle prochain un réchauffement du climat dont l'amplitude reste encore difficile à quantifier. Une compréhension encore insuffisante des rétroactions internes au système atmosphérique explique en grande partie ces incertitudes que les dynamiciens du climat s'efforcent de réduire. Les expériences numériques réalisées en France ont pour objectif d'analyser l'importance de la représentation physique des nuages dans les modèles de circulation générale de l'atmosphère, afin de mieux évaluer la validité des prévisions du climat futur qui sont effectuées à l'aide de ces modèles.

Si le risque climatique futur est bien établi, la simulation correcte de ses conséquences à l'échelle régionale reste très difficile, notamment parce que les nuages, par leur action sur le bilan radiatif de l'atmosphère et les rétroactions qu'ils engendrent, constituent une source majeure d'incertitude. C'est pourquoi les conséquences du doublement de la concentration du gaz carbonique de l'air ont été simulées au cours de deux expériences effectuées à l'aide d'un des modèles de circulation générale français, ne différant entre elles que par la représentation physique des nuages et prenant en compte la distinction entre nuages de glace et nuages d'eau.

La comparaison de ces simulations montre que si le réchauffement global moyen varie peu, les différences régionales sont considérables et les structures climatiques profondément modifiées.

Ces résultats illustrent l'importance critique d'une amélioration de la représentation de la physique des nuages dans les modèles, et en particulier des processus microphysiques qui déterminent en premier lieu les propriétés optiques de ces nuages. Ces mêmes processus jouent également un rôle essentiel dans la réponse du système climatique à l'augmentation des aérosols soufrés. La validation des nouvelles paramétrisations peut désormais s'appuyer sur des mesures satellitaires, telles que celles fournies par l'expérience américaine ERBE, ou celles de l'instrument français SCAraB.

1.2.6. La prédictibilité du système couplé océan tropical-atmosphère globale

Le programme TOGA (1985-1994) avait pour objectif d'étudier la prédictibilité du système couplé constitué de l'océan tropical et de l'atmosphère globale, parce que les études réalisées depuis plusieurs décennies avaient suggéré l'existence d'une séquence logique dans la succession des événements qui conduisaient aux épisodes climatiques El Niño : l'élévation de pression en Australie-Indonésie et l'affaiblissement des vents alizés s'accompagnaient de la disparition des remontées d'eau profonde au large du Pérou, d'une élévation de température de plusieurs degrés des eaux côtières et de pluies torrentielles sur le Pérou. En fait, l'ensemble de la zone intertropicale est affectée, avec des conséquences socio-économiques considérables (cyclones, agriculture, pêches, ...). Pour atteindre cet objectif, les efforts se sont concentrés sur l'océan Pacifique tropical. Un vaste programme coordonné au plan international a été lancé (TOGA) et les équipes de recherche françaises ont participé aux trois types d'actions qui ont été menées :

- définition et constitution d'un réseau de mesures dans l'océan et dans l'atmosphère pour obtenir les observations nécessaires à la description de la variabilité basse fréquence du système climatique dans les tropiques ;
- développement de modèles numériques susceptibles de décrire la variabilité tropicale et d'assimiler les observations du réseau ;
- analyse des mécanismes de contrôle et étude de la prédictibilité du système couplé.

Parmi les mécanismes physiques jouant un rôle majeur dans le couplage entre l'océan et l'atmosphère, et que l'on peut étudier à la fois par l'analyse des données et par les simulations des modèles, deux ont été abordés :

- la propagation des ondes océaniques que les réseaux d'observation (XBT, TAO) et les mesures altimétriques grâce en particulier à l'expérience franco-américaine Topex-Poséidon ont permis de mettre en évidence et que l'on peut également simuler dans les modèles numériques ;
- les mécanismes d'amplification de anomalies initiales, liés au couplage entre la température des eaux superficielles, les courants et les vents. On a cherché en particulier à comprendre le rôle des coups de vent d'ouest dans les phases d'initiation de l'El Niño. Ceux-ci sont particulièrement fréquents de novembre à avril dans la zone équatoriale du Pacifique ouest. L'expérience COARE (Coupled Ocean Atmosphere Response) a montré que ces coups de vent sont en fait la trace, à la surface de l'océan, de forts événements convectifs dans l'atmosphère. Il y a alors non seulement couplage dynamique entre l'océan et l'atmosphère, mais également échange de chaleur et d'eau douce. Les fortes précipitations qui les accompagnent peuvent créer une couche de surface dessalée qui restreint les échanges océan-atmosphère dans une zone d'amplitude verticale très faible, ce qui pourrait conduire à une amplification du couplage. Le contraste des salinités superficielles entre l'événement El Niño de 1987 et l'événement froid de 1988 a pu être simulé à l'aide du modèle océanique national forcé par les conditions atmosphériques de surface déduites des analyses du Centre Européen de Prévision à Moyen terme.

2. LE PROGRAMME FLUX OCEANIQUE (PFO ou JGOFS-France)

Les objectifs scientifiques du programme national JGOFS-France s'inscrivent directement dans ceux du programme international JGOFS qui est lui même une composante du programme IGBP.

Les objectifs sont : acquérir une bonne connaissance du cycle du carbone océanique et quantifier les échanges de carbone avec l'atmosphère, les fonds océaniques et les continents.

Pour atteindre ceux-ci, quatre approches ont été retenues :

- a) des études de processus ;
- b) des séries continues d'observation au point fixe ;
- c) établir un inventaire global de la concentration de CO₂ dissous à la surface de l'océan ;
- d) le développement de modèles réalistes incluant également celui de techniques d'assimilation de données.

Au plan français, les mêmes approches ont été suivies, mais dans le cadre de deux programmes nationaux, d'une part le sous programme CO₂ du PNEDC au sein duquel les points c et d sont étudiés (cf. section précédente) et d'autre part le programme JGOFS-France à l'intérieur duquel les points a, b et d sont développés.

Le programme international JGOFS a été établi en 1987. La phase expérimentale doit s'achever en 1999. La phase finale, consacrée aux aspects de synthèse et modélisation s'achèvera en 2004.

Le calendrier de la contribution française à JGOFS est en très bon accord avec celui du programme international.

Le contenu du programme national est résumé dans ce qui suit en se référant à la présentation du programme international qui vient d'être faite.

2.1. Etudes de processus.

Elles s'appuient sur des séries de programmes à la mer. Cinq actions majeures ont ou vont être menées. Il s'agit de :

EUMELI : étude des zones eutrophes, mesotrophes et oligotrophes dans l'océan Atlantique tropical dans une région voisine de l'upwelling de Mauritanie. Les campagnes à la mer se sont déroulées au cours de la période 1990-1993.

L'exploitation scientifique de ce programme est presque achevée et a donné lieu à un nombre important de publications dans les meilleures revues internationales.

EPOPE : il s'agit de la contribution française au programme JGOFS dans le Pacifique équatorial basé sur une forte contribution américaine mais aussi japonaise. Le travail à la mer s'est déroulé dans le Pacifique équatorial ouest à l'automne 1994. L'exploitation scientifique est en voie d'achèvement.

FRONTAL : cette action concerne l'étude des fronts hydrologiques qui ont pour spécificités d'être des interfaces hautement énergétiques qui ont leurs écosystèmes propres, présentant généralement une productivité biologique significativement accrue. Les équipes françaises ont centré leurs efforts sur l'étude du front Almería-Oran en Méditerranée. Une première campagne a eu lieu en 1991. L'analyse et l'interprétation des données acquises a été à l'origine de nombreuses publications et a conduit, au vu des conclusions atteintes, à la définition d'une seconde campagne qui se déroulera en novembre-décembre 1997. Ce sera la dernière phase expérimentale du programme FRONTAL.

ANTARES : l'opération Antares de JGOFS-France a pour objectif de décrire et modéliser le cycle du carbone et des éléments biogènes associés dans le secteur Antarctique de l'Océan Indien. Elle s'appuie sur une série de campagnes mettant en oeuvre le navire océanographique Marion-Dufresne. Trois campagnes ont eu lieu en 1993, 1994 et 1995. L'exploitation scientifique de ces campagnes est en cours. Une dernière campagne, plus centrée sur l'étude d'un front, est demandée pour l'année 1998. Ce sera également la fin du programme expérimental.

ATLANTIQUE NORD : ce sera la dernière opération du programme JGOFS-France. Il s'agit d'étudier l'influence des processus de moyenne échelle, tant au niveau de la physique que de la biogéochimie, sur la formation et la subduction des eaux modales vers 40° N dans l'Atlantique

Nord. Ce programme sera mené conjointement dans le cadre du PATOM et de JGOFS-France. Il s'appuiera sur la réalisation d'un programme à la mer programmé en 1999 ou 2000.

Celui-ci conclura la phase expérimentale des études de processus réalisées dans le cadre du programme JGOFS-France.

2.2. Séries temporelles.

KERFIX : il s'agit d'une station au point fixe située dans le quart sud-ouest de Kerguelen (50°40 S - 68°25 E) dans l'océan Austral. On se propose d'assurer un suivi régulier pluriannuel de mesures de paramètres liés au cycle du carbone. Les données ont été acquises entre janvier 1990 et mars 1995, date à partir de laquelle toute collecte d'échantillons a été interrompue en raison des grandes difficultés logistiques à mettre en oeuvre pour maintenir ce programme.

L'ensemble des données acquises à Kerfix sera mis à la disposition de la communauté scientifique en 1997.

DYFAMED : l'opération Dyfamed est une étude à long terme de l'environnement Méditerranéen axée sur l'observation et la prédiction des cycles biogéochimiques du carbone et des substances qui lui sont associées. Le site d'observation est situé à 30 miles au large de NICE sur la radiale Nice-Calvi. Les données sont acquises sur un rythme mensuel depuis 1991. L'exploitation de ce site sera pérennisée, puisque cette action JGOFS-France est maintenant labellisée Service d'Observations de l'INSU depuis 1995.

2.3. Synthèse et modélisation.

Ceci implique des actions horizontales à toutes les opérations décrites précédemment :

- constitution d'une base de données, actuellement en cours d'élaboration
- utilisation des données satellitales de couleur de la mer, en particulier les données des capteurs OCTS et POLDER actuellement en orbite et plus prochainement SEAWIES
- développements de modèles

Une communauté importante de jeunes chercheurs s'est constituée dans le cadre du programme JGOFS-France. Cette communauté a maintenant acquis une phase de maturité, est bien structurée et a une très bonne visibilité au niveau international. Pour les années à venir, c'est un atout important pour valoriser les gros efforts qui ont été faits au plan expérimental depuis le début du programme JGOFS-France en 1990.

3. LE PROGRAMME NATIONAL DE CHIMIE ATMOSPHERIQUE (PNCA)

La recherche française en physico-chimie de l'atmosphère s'est organisée ces dernières années autour de programmes nationaux (PACB, PAMOY, PNCA, PRIMEQUAL). Bien qu'intégrant les spécificités propres à la communauté nationale, les objectifs scientifiques de ces

programmes ont été définis en liaison avec les axes prioritaires de programmes internationaux comme le Programme International Géosphere-Biosphère ou les programmes européens EUROTRAC et Environnement et Climat.

Près de deux cents scientifiques (chercheurs, ingénieurs, techniciens appartenant aux principaux organismes de recherche et aux universités) sont actuellement impliqués dans cette thématique et leurs travaux ont permis des avancées importantes dans de nombreux domaines.

En ce qui concerne la composition de l'atmosphère, l'effort de la communauté française a permis de mieux comprendre la formation, le transport et la destruction des espèces mineures et trace, gazeuses et particulaires. Ainsi, les chercheurs français ont joué un rôle majeur dans la réalisation des campagnes européennes d'études de l'ozone stratosphérique arctique (EASOE, SESAME) et dans l'interprétation des données recueillies. Il a ainsi été confirmé une diminution de l'ozone stratosphérique dans les régions polaires mais également aux latitudes moyennes.

La communauté française a également fait porter son effort sur l'étude des émissions de composés trace en Afrique et leurs conséquences sur la composition de l'atmosphère : les programmes mis en place ont permis d'étudier les émissions de composés trace et leur devenir atmosphérique en couvrant un transect depuis les zones désertiques du Sahara (Programme Erosion Eolienne, impact des émissions d'aérosols minéraux sur la chimie atmosphérique et le climat) jusqu'aux forêts équatoriales (programme DECAFE quantification et évolution des émissions de composés trace et d'aérosols carbonés en forêts équatoriales et en zone de savanes africaines).

La communauté française a également apporté une contribution significative à l'étude de l'évolution de l'atmosphère sur des échelles de temps climatiques. L'étude des carottes de glace collectées lors de campagnes internationales au Groenland ou en Antarctique ont permis de confirmer que la composition de l'atmosphère en composé trace répondait de façon très rapide aux fluctuations du climat.

Au delà de ces études intensives, la communauté française est fortement engagée dans la gestion d'observatoires à long terme de l'évolution de la composition de l'atmosphère. La plupart de ces observatoires (Ile d'Amsterdam, Observatoire de Haute-Provence...) sont des parties intégrantes de réseaux internationaux (VAG, NDSC, TOR...).

Enfin, la France s'est également fortement impliquée dans le programme MOZAIC (observations continues des concentrations de gaz trace à bord d'avions commerciaux) dont l'objet est d'évaluer l'impact de l'aviation civile sur la composition de l'atmosphère.

Parallèlement à ces activités expérimentales, un effort important a été conduit sur l'étude des mécanismes chimiques (tant homogène qu'hétérogène) en laboratoire (développement de chambre de simulation, réacteur à écoulement) et sur l'utilisation de modèles couples chimie-transport.

En ce qui concerne le domaine météorologique, d'importantes campagnes d'observations (comme PYREX et FRONT) ont permis de documenter et d'améliorer la représentation des phénomènes de petite et moyenne échelle dans les modèles numériques. Les progrès ont porté sur la prise en compte dans les modèles des phénomènes non hydrostatiques et sur le

développement des techniques d'assimilation de données. L'orientation est à présent vers le développement de modèles opérationnels capables de simuler des phénomènes locaux et leurs conséquences (processus convectifs, tempêtes et crues intenses, pics de pollution locale).

Une restructuration des programmes concernant d'un côté la chimie troposphérique (correspondant au programme IGAC de IGBP) et la physico-chimie stratosphérique (correspondant au programme SPARC de WCRP) a été effectuée au cours de l'année 1996. Ce nouveau programme PNCA remplace donc les programmes précédents PACB et PAMOY. Ce regroupement prend en compte le fait que la tropopause ne joue pas un rôle de barrière pour les espèces chimiques et que, malgré les différences notables entre les deux milieux, un certain nombre de problèmes communs se situent de part et d'autre de la tropopause.

Les préoccupations auxquelles ce programme doit répondre vont de la pollution urbaine à la diminution de l'ozone stratosphérique en couvrant toutes les échelles spatiales et temporelles. La prise de conscience des problèmes posés par la qualité de l'air et l'atteinte à la couche d'ozone a conduit déjà à des conventions internationales dans ce domaine, qu'il s'agisse de la Convention de Genève ou du Protocole de Montréal. Cependant de nombreuses questions restent encore posées sur les changements de la composition et leur impact sur la société et nécessitent la poursuite de recherches fondamentales. C'est dans ce but que le PNCA soutenu par l'INSU/CNRS, l'ADEME, le CNES, Météo-France et le Ministère de l'Environnement, a défini un plan stratégique pour les 4 années à venir.

Par ce plan, la communauté française contribuera aux efforts de recherche menés en Europe (et soutenu notamment par la Commission Européenne) et devrait apporter une contribution significative aux questions suivantes:

1. Quel est le rôle des précurseurs tels que les composés organiques volatils (COV) et les oxydes d'azote (NOx) dans le bilan de l'ozone et d'autres photo-oxydants dans la troposphère à l'échelle globale, régionale et locale?
2. Quels sont les mécanismes qui déterminent le bilan de l'ozone dans la région qui couvre la troposphère supérieure et la stratosphère inférieure?
3. Quel est le rôle de la chimie hétérogène impliquant les aérosols et les hydrométéores?
4. Quel est le rôle des barrières dynamiques dans les processus de transport des espèces chimiques?
5. Quelle est la contribution des espèces chimiques (autres que le CO₂ et les aérosols) dans le forçage climatique?
6. Quelle est l'influence de la biosphère continentale et marine sur la composition chimique de l'atmosphère?

Les thématiques encouragées par le programme relèvent des thèmes suivants:

I- Système couplé Troposphère-Stratosphère, avec 4 sous-thèmes:

- Les tendances à long terme
- Les mécanismes chimiques
- Les barrières dynamiques
- L'exploitation des données satellitaires et les expériences d'accompagnement

II- Ozone troposphérique et précurseurs avec trois priorités:

- Développement de modèles globaux et régionaux

- Acquisition de données pour quantifier les sources et les puits
- Validation de ces modèles par des campagnes de terrain

Les travaux concernant la pollution urbaine sont soutenus par ailleurs dans le cadre du programme PRIMEQUAL de l'ADEME et du Ministère de l'Environnement

III- Aérosols et chimie hétérogène : Le rôle de la chimie hétérogène autour de particules, aérosols, gouttelettes nuageuses, nuages stratosphériques polaires... a été largement démontré au cours des années récentes, mais les mécanismes ne sont encore que très partiellement appréhendés, notamment dans la troposphère. Ce sujet sera abordé par différentes approches : étude de processus, modélisation et mesures in situ.

IV- Relations biosphère-atmosphère : La composition chimique de l'atmosphère est dominée par l'activité de la biosphère continentale ; émissions de gaz et particules à partir des systèmes naturels et anthropiques, dépôts secs et humides de polluants. Le programme porte sur les aspects suivants:

- Mesure des flux de surface
- Impact des émissions sur la chimie atmosphérique
- Etudes expérimentales et modélisation

V- Interactions chimie-climat : L'influence du gaz carbonique et des aérosols est prise en compte par le PNEDC. Mais l'influence des gaz en trace dans l'atmosphère ne peut être négligée, notamment celle de l'ozone. Le calcul du forçage radiatif est complexe car il doit prendre en compte les rétroactions que le climat exerce sur la composition de l'atmosphère. La contribution du PNCA se fait par le développement de modules chimiques ou de paramétrisations devant être inclus dans les modèles de circulation générale. Par ailleurs le programme encourage les projets de validation et d'assimilation de données obtenues au cours de campagne ou de façon systématique par la communauté française.

VI Etudes en laboratoire : L'étude des processus chimiques et photochimiques intervenant dans les milieux atmosphérique fait appel aux recherches de laboratoire dans les domaines suivants: Cinétique et photochimie en phase gazeuse Chimie hétérogène Spectroscopie

4. Programme National Biosphère Continentale (PNBC)

Le PNBC se fonde sur la problématique " environnement ", milieu de vie de l'homme.

Il est motivé par la nécessité de répondre à une série de questions environnementales sur l'évolution de l'espace rural sous la pression des changements du climat et des activités humaines. Elles porteront sur des objets (paysages composites : leurs éléments, écosystème-agrosystèmes..., et leur intégration régionale) et des thèmes (production primaire, bilans des nutriments, etc.), à l'aide d'outils intégrateurs (modélisation, spatialisation, sites-ateliers, moyens expérimentaux).

Le PNBC a pour objectif de

- 1 promouvoir à l'échelle nationale une véritable dynamique de recherche environnementale qui, à partir de questions d'actualité, vise à comprendre les mécanismes de fonctionnement

- de la surface continentale et leurs interactions avec l'atmosphère et l'hydrosphère, et produire des scénarios de leurs évolutions potentielles (pression climatique et humaine);
- 2 fournir des outils opérationnels de l'aide à la décision en assurant le transfert des résultats scientifiques aux acteurs du développement durable ;
 - 3 structurer et développer la communauté scientifique dans le domaine en favorisant les approches pluridisciplinaires (collaboration intra et interorganismes) ;
 - 4 stimuler l'émergence de thèmes et de pôles expérimentaux spécifiques des compétences françaises et la valorisation des résultats au niveau international.

Les projets du PNBC ont une vocation finalisée sur des questions d'environnement. Il s'appuient sur une recherche amont spécifique, immédiatement nécessaires, et doivent valoriser leurs acquis en collaborant avec les organismes acteurs du développement.

Les échelles d'espace et de temps considérées sont celles auxquelles les questions d'environnement se posent. L'échelle spatiale prioritaire est celle du paysage, en tant qu'unité fonctionnelle. Son étude implique l'analyse des systèmes qui le compose et de leurs interactions, et la transposition des résultats à l'échelle de la région. Priorité est donnée à la dynamique actuelle, au futur proche (scénario d'évolution réaliste pouvant peser sur les décisions d'aménagement) et sur l'histoire récente conditionnant l'actuel.

Les projets doivent adopter une approche intégrée des mécanismes fonctionnels et dynamiques opérant aux échelles spatio-temporelles concernées et associer variables biologiques et physiques à celles des contraintes anthropiques.

Proposé par le Programme Environnement, Vie et Société du CNRS avec le soutien direct du Département des Sciences de la Vie, le PNBC associe dans une démarche cohérente les autres départements concernés du CNRS (SdU et SHS, notamment) et les grandes institutions françaises de recherche, et collabore avec les organismes nationaux, régionaux et locaux d'aménagement.

5. Programme National " Dynamique de la Biodiversité et Environnement "

Ce programme lancé en 1993 est géré par le PIR Environnement-Vie-Sociétés. Son financement par le CNRS a été en moyenne de 2,5 MF par an depuis 1994. En 1997, il va entrer dans sa deuxième phase pour quatre ans, comme le Programme International DIVERSITAS dont il est la composante française.

Par l'ampleur de son champ, le PNDDBE doit être considéré comme un Grand Programme, c'est-à-dire une action de programmation coordonnant en son sein plusieurs programmes nécessairement interdépendants. On distinguera donc ici, pour des raisons de clarté, des champs ou axes thématiques et des programmes thématiques - qui peuvent ou non croiser plusieurs de ces champs - et, au sein de ces programmes, des opérations ou actions de recherche.

5.1. Contexte et objectifs

Signée à Rio en juin 1992, la Convention sur la Diversité Biologique attire l'attention dans son préambule sur la nécessité " de développer d'urgence les moyens scientifiques, techniques et

institutionnels propres à assurer le savoir fondamental nécessaire à la conception des mesures appropriées (pour la conservation et une utilisation durable de la biodiversité) et à leur mise en oeuvre ".

La diversité biologique présente une grande valeur économique pour nos sociétés, sans parler de sa signification esthétique, éthique ou culturelle. De fait, les sociétés modernes dépendent de la diversité biologique comme source de médicaments, de fibres, d'aliments. Elles peuvent aussi tirer profit de l'utilisation de gènes (résistance aux pathogènes, adaptation à des conditions particulières, production d'antibiotiques, etc.) et de molécules variées dans de nombreux secteurs des biotechnologies ou agro-industries. En outre, les divers services que fournissent les écosystèmes, tels que l'assainissement des airs et des eaux, la protection vis-à-vis de l'érosion, la stabilisation du climat, dépendent en partie de leur richesse spécifique et génétique.

Sur le plan international, parallèlement à la préparation du Sommet de Rio, l'IUBS, le SCOPE et l'UNESCO mettaient en place le programme DIVERSITAS pour répondre à l'impératif énoncé dans le préambule de la Convention. Placé en 1996 sous l'égide de l'ICSU, ce programme se déploie actuellement selon quatre axes majeurs :

- Origine, maintien et érosion de la biodiversité ;
- Rôle de la biodiversité dans le fonctionnement des écosystèmes ;
- Inventaire, classification et suivi de la biodiversité ;
- Conservation, restauration et utilisation durable de la biodiversité.

Le programme national "Dynamique de la Biodiversité et Environnement" est la contribution française au Programme International DIVERSITAS. Il est reconnu en tant que tel par le Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche et par le Ministère de l'Environnement. Y souscrivent les organismes de recherche suivants : CEMAGREF, CIRAD, CNRS, IFREMER, INRA, MNHN et ORSTOM. Trois objectifs stratégiques à long terme sont assignés au programme DBE :

- répondre aux engagements pris à Rio, dans le cadre de la convention sur la diversité biologique ;
- affirmer l'unité de la biologie et son rôle mobilisateur à l'interface des deux autres grands champs scientifiques que sont les sciences de l'univers d'une part, les sciences de l'homme et de la société d'autre part ;
- mobiliser ces dernières (sociologie, économie, droit, histoire...) pour mieux prendre en compte les interactions " biodiversité/sociétés " et les perspectives de valorisation de la biodiversité. Dans cette perspective, trois objectifs scientifiques ont été affichés :
- mettre en relief les facteurs qui façonnent la biodiversité et déterminent ses changements ;
- évaluer, modéliser et prévoir le rôle des interventions d'origine anthropique dans la dynamique de la biodiversité et ses impacts sur le fonctionnement des écosystèmes ;
- comprendre et tirer parti de la portée que peut avoir la biodiversité pour les sociétés humaines, qu'elle soit économique, éthique ou culturelle.

5.2. Orientation scientifique générale

Le programme Dynamique de la Biodiversité et Environnement cherche à promouvoir les connaissances sur la diversité biologique : origine, composition, fonctionnement, maintien et

conservation. Il encourage particulièrement les recherches qui répondent aux questions que l'homme se pose sur ses relations avec la diversité du vivant, qu'elles soient du ressort de la connaissance scientifique, de la culture, de la santé ou de l'économie.

S'il existe un consensus des scientifiques sur les approches à développer aux niveaux inférieurs d'organisation du vivant (molécules, cellules, organes, individus), il n'en est pas de même pour celles qui s'adressent aux niveaux supérieurs (populations, peuplements plurispécifique, écosystèmes, paysages). Ceci reflète une connaissance insuffisante des relations entre individus, espèces et écosystèmes.

S'appuyer sur les premières pour développer les secondes établit une première perspective d'orientation du programme. L'anthropisation de la biosphère concerne en premier lieu la biodiversité, avant même de peser sur les grands processus géochimiques ou climatiques. Dans ce domaine aussi, il faudra s'appuyer sur une bonne connaissance et maîtrise des phénomènes biologiques pour contribuer à la solution des problèmes posés à l'échelle globale de la planète. Or les effets de l'anthropisation ne sont pas les conséquences d'un unique processus ; les voies de son action aux différents niveaux et aux différentes échelles d'organisation du vivant sont multiples et constituent autant d'enjeux actuels, théoriques et pratiques. Ainsi se trouve établie la seconde perspective d'orientation du programme.

Les éléments majeurs du programme concernent :

- l'origine, le maintien et l'érosion de la diversité biologique,
- la contribution de la diversité au fonctionnement des écosystèmes,
- les perceptions et les usages de la diversité.

La mise en œuvre du programme et son éventuel succès par rapport aux objectifs qu'il se fixe impliquent le développement simultané et coordonné de recherches placées en amont et en aval de ces axes majeurs :

- En amont, le programme soutient les recherches visant à l'établissement d'inventaires, au progrès de la systématique et de l'identification des interrelations entre taxons.
- En aval, le programme s'intéresse aux recherches méthodologiques permettant l'évaluation et la surveillance de la biodiversité et aux recherches d'ingénierie de la conservation, de la restauration et de l'utilisation durable de la biodiversité.

Dans un cas comme dans l'autre le programme ne peut être un acteur unique ou majeur, il apporte sa collaboration à des opérations dont le pilotage principal est la mission explicite du MNHN (en amont), des Ministères de l'Environnement et de l'Agriculture (en aval). Enfin, consacré à la dynamique de la biodiversité perçue comme un problème d'environnement, il est clair qu'il ne s'adresse pas qu'aux seuls biologistes : c'est un véritable programme interdisciplinaire qu'il s'agit de promouvoir. Les objectifs du programme imposent dans sa mise en œuvre un exercice difficile, toujours à recommencer, de va-et-vient entre la connaissance des processus fondamentaux qui part de concepts et de théories, s'appuie sur des phénomènes biologiques et socio-économiques, construit des modèles et les valide, et l'analyse d'objets biologiques et de systèmes considérés dans leurs spécificités et pour lesquels la démarche vise à la maîtrise des événements et des situations. En conséquence le programme soutient des champs de recherche bien distincts et cherche, à travers des programmes et par des opérations diverses (actions de recherche, ateliers, créations de GDR...) à construire entre eux des relations d'échanges et d'intégration de manière récurrente.

L'état des connaissances, des activités passées et actuelles de la communauté scientifique, les succès et les échecs des opérations conduites dans le cadre et à l'initiative du programme au cours des premières années passées (1993-1995) permettent d'envisager pour la période 1997-2000 trois types d'actions :

- des actions scientifiques à poursuivre et à faire évoluer,
- des actions scientifiques nouvelles à élaborer et à lancer,
- des actions de structuration de la communauté pour donner une réalité aux objectifs d'échanges et d'intégration (publications, colloques, rapports d'état et de prospective).

Toutes les actions reconnues et soutenues par le programme sont le résultat d'une collaboration entre scientifiques, équipes ou institutions qui coopèrent en vue de la réalisation d'un objectif spécifique. Le programme n'a cependant pas pour objet de se substituer aux structures formelles de recherche (de l'équipe et du laboratoire aux institutions nationales) qui ont leur mission, leur autorité et leur responsabilité propres. Il n'a pas non plus pour vocation de soutenir des projets de recherche étroitement spécialisés ou n'entrant que partiellement dans le champ des grandes problématiques définies plus haut.

5.3. Programmes de recherche en cours ou en développement

La mise en oeuvre d'opérations de recherche dans les grands champs thématiques définis par DIVERSITAS a nécessité le développement de programmes thématiques. Ceux-ci, coordonnés au sein du Grand Programme PNDBE doivent obéir, pour être opérationnels et structurant à la fois, à deux types de contraintes très différentes :

1. Mettre en oeuvre des opérations de recherche et/ou des actions de structuration de la communauté scientifique dans des domaines jugés prioritaires (axes ou champs thématiques) ;
2. Eviter de céder tout autant aux clivages de communautés de spécialistes qu'aux regroupements artificiels sous prétexte d'une grande proximité théorique des thématiques.

Les programmes actuels se sont d'abord développés sous la forme de réseaux nationaux. C'est sur cette base que le Programme PNDBE s'est structuré et évolué. Six réseaux, à des niveaux ou sous des formes de développements différents, en ont constitué la trame première :

1. Le réseau " Mécanismes d'évolution et de maintien de la biodiversité " (responsables : B. Delay, P.H. Gouyon et J. David).
2. Le réseau " Perceptions, évaluations et usages de la biodiversité " (responsable : J. Weber)
3. Le réseau " Biodiversité microbienne " (responsable : J. Balandreau)
4. Le réseau " Ecologie des Interactions Durables " (responsable : M. Boulétreau)
5. Le réseau " Biodiversité marine " (responsables : A. Guille et J. Boucher)
6. Le réseau " Populations subdivisées, risques d'extinction et conservation " (responsable : J. Clobert)

En outre, la Programmation du PNDBE s'appuie sur deux structures mises en place par ailleurs :

- 1 Le Groupement Scientifique intitulé " Bureau des Ressources Génétiques " (BRG), qui couvre avec efficacité, depuis plusieurs années, ce champ essentiel de la biodiversité que représentent les ressources génétiques d'intérêt agro-industriel (Directeur : M. Lefort) ;

- 2 Le réseau National Biosystématique (RNBS) mis en place par la Direction de la Recherche, qui correspond, au moins partiellement, à l'axe thématique " inventaire, classification et suivi de la biodiversité " du Programme International DIVERSITAS (Directeur : S. Tillier).

Les six réseaux énumérés ci-dessus ont permis l'élaboration d'un certain nombre de programmes thématiques. En outre, dans cette seconde phase du PNDBE, des initiatives partiellement ou totalement extérieures ont fait émergé trois programmes nouveaux, programmes destinés à prendre le relais d'actions incitatives ou d'ateliers conçus afin de les préparer :

1. Paléobiosphère : évolution et crises (responsable : B. David et P. de Wever)
2. Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes (responsables : M. Loreau et J. Roy)
3. Gestion des ressources biologiques, des agroécosystèmes et des paysages, et développement durable (responsable à désigner en accord avec l'INRA, le CIRAD, le MNHN, l'ORSTOM et le CEMAGREF).

TABLE DES MATIERES

RESUME ANALYTIQUE	3
I. CIRCONSTANCES NATIONALES	3
II. INVENTAIRE DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	3
1. Emissions de CO ₂	4
2. Emissions de CH ₄	5
3. Emissions de N ₂ O	5
4. Emissions de HFC, PFC et SF ₆	6
5. Précurseurs d'ozone troposphérique et SO ₂	6
III. DESCRIPTION DES POLITIQUES ET MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	6
1. Réduction des émissions de CO ₂	6
2. Autres gaz à effet de serre	10
IV. ACTIVITES EXECUTEES CONJOINTEMENT	10
V. PROJECTIONS ET ESTIMATIONS DES EFFETS DES MESURES	10
1. Emissions de CO ₂ liées à l'énergie	10
2. Emissions de CO ₂ non liées à l'énergie	11
3. Autres gaz à effet de serre	11
VI. EVALUATION DE LA VULNERABILITE ET MESURES D'ADAPTATION	12
VII. COOPERATION INTERNATIONALE ET MECANISMES FINANCIERS	12
1. La coopération avec les pays en développement	12
2. La coopération avec les pays en transition vers l'économie de marché	14
VIII. CONTRIBUTION FRANCAISE A LA RECHERCHE SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES GLOBAUX	15
1. Changements climatiques globaux	15
2. Recherches sur la réduction des émissions	15
INTRODUCTION	17
I. CIRCONSTANCES NATIONALES	19
1. Profil démographique	19
2. Profil géographique	19
3. Profil climatique	20
4. Profil économique	21
4.1. Commerce extérieur	22
4.2. Utilisation des ressources naturelles	23
5. Profil énergétique	24
6. Profil social	26
7. Institutions publiques et organisation administrative	27
7.1. Domaine de l'énergie	28
7.2. Domaine des transports	29
8. Emissions de gaz à effet de serre	30
II. INVENTAIRE DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE	35

Préambule	35
1. Emissions de CO₂	36
2. Emissions de méthane	37
3. Emissions de protoxyde d'azote	39
4. Emissions de HFC, PFC et SF₆	39
5. Gaz à effet indirect, précurseurs d'ozone troposphérique	40
6. Dioxyde de soufre (SO₂)	41
III. DESCRIPTION DES POLITIQUES ET MESURES DE REDUCTION DES EMISSIONS NETTES DE GAZ A EFFET DE SERRE	43
1. Emissions de CO₂ (sources et puits)	43
1.1. Bâtiments	43
1.2. Industrie	49
1.3. Transports	52
1.4. Electricité	60
1.5. Développement du stock de carbone lié à la forêt	65
1.6. Emissions de carbone liées à des changements d'affectation des terres	67
1.7. Energies nouvelles et renouvelables	68
2. Emissions de méthane	74
2.1. Emissions de méthane du secteur agricole	74
2.2. Emissions de méthane des décharges	77
2.3. Fuites des réseaux de gaz naturel :	79
2.4. Production de méthane par les mines de charbon (grisou)	80
3. Emissions de protoxyde d'azote	80
3.1. Mesures de réduction dans le secteur industriel	80
3.2. Emissions de protoxyde d'azote du secteur agricole	81
4. Ozone troposphérique - lutte contre les gaz précurseurs	83
4.1. Mesures nationales et européennes en matière de transports	84
4.2. Mesures de réduction des COV	85
4.3. Réduction des émissions de NO _x	87
4.4. Réduction des émissions de CO	88
5. Politiques et mesures ayant pour effet d'augmenter les émissions de gaz à effet de serre	88
5.1. Secteur énergétique	88
5.2. Secteur des transports	89
IV. ACTIVITES EXECUTEES CONJOINTEMENT	91
V. PROJECTIONS ET ESTIMATIONS DES EFFETS DES MESURES	93
1. Emissions de CO₂	93
1.1. Emissions de CO ₂ liées à la consommation d'énergie	93
1.2. Emissions de CO ₂ non liées à la consommation d'énergie	98
2. Emissions de CH₄	100
3. Emissions de N₂O	101
4. Emissions de HFC, PFC ET SF₆	102
VI. EVALUATION DE LA VULNERABILITE ET MESURES D'ADAPTATION	103
VII. COOPERATION INTERNATIONALE ET MECANISMES FINANCIERS	105
1. La coopération avec les pays en développement	105

1.1. L'aide française au développement	105
1.2. L'aide française pour la protection de l'environnement mondial et la prévention du changement climatique	109
1.3. La coopération scientifique	112
2. Coopération avec les pays en transition vers l'économie de marché (PECO et CEI)	114
2.1. La sécurisation du nucléaire à l'Est	114
2.2. Economies d'énergie	116
2.3. Réduction des fuites de gaz naturel	117
VIII. CONTRIBUTION FRANCAISE A LA RECHERCHE SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES GLOBAUX	119
1. Changements climatiques globaux	119
1.1. Le PIGB français	119
1.2. Le programme "Economie et société face aux changements globaux"	120
1.3. Budgets et moyens humains	121
2. Recherches sur la réduction des émissions	121
2.1. Programmes de l'ADEME	121
2.2. Recherches sur la prévention de l'effet de serre dans le secteur rural	122
1. Le Programme National d'Etudes de la Dynamique du Climat (PNEDC)	151
1.1. Présentation du PNEDC	151
1.2. Quelques résultats marquants du PNEDC	152
1.2.1. La mise en évidence de changements climatiques Rapides	152
1.2.2. Transferts sol-végétation-atmosphère : du programme HAPEX à la modélisation	152
1.2.3. Participation aux mesures de la teneur de l'atmosphère en CO ₂	153
1.2.4. Absorption du CO ₂ anthropique par l'océan mondial	153
1.2.5. Amélioration de la prise en compte de la couverture moyenne dans la simulation du climat	154
1.2.6. La prédictibilité du système couplé océan tropical-atmosphère globale	154
2. LE PROGRAMME FLUX OCEANIQUE (PFO ou JGOFS-France)	155
2.1. Etudes de processus.	156
2.2. Séries temporelles.	157
2.3. Synthèse et modélisation.	157
3. LE PROGRAMME NATIONAL DE CHIMIE ATMOSPHERIQUE (PNCA)	157
4. Programme National Biosphère Continentale (PNBC)	160
5. Programme National " Dynamique de la Biodiversité et Environnement "	161
5.1. Contexte et objectifs	161
5.2. Orientation scientifique générale	162
5.3. Programmes de recherche en cours ou en développement	164

République Française

Second National
Communication of France
under the Climate
Convention

November 1997

ANALYTICAL SUMMARY

I. NATIONAL CIRCUMSTANCES

France's energy policy since the first oil crisis has already permitted a substantial reduction in CO₂ emissions and therefore of France's contribution to the greenhouse effect. This policy has relied in particular on the following items:

- defining strict regulations aimed at fostering energy savings. Thermal regulations on housing are a prime example.
- taxation policy. High fuel taxes, higher than in most countries in Annex 1, strongly contributed to limiting CO₂ emissions. Moreover, numerous energy efficiency tax incentives were implemented as early as 1974, in particular in industry and housing;
- a major energy saving and efficiency awareness program. Since 1974, France has an Energy Management Agency to implement these actions, it has influenced end-user energy demand and from industry, forming over time a resource of skill and expertise;
- the creation of a large nuclear industry allowing for a reduction in CO₂ emissions, not only in France, but also in other Member States of the European Union.

Considering the major efforts already undertaken and the results achieved, the cost of new measures that could be taken in France may often be higher than in other European Union countries or the OECD. This is why France considers it mandatory that the cost, per ton of offset carbon, of actions aimed at reducing emissions chosen in the national programs be similar to those of the various countries in Annex 1, in order to comply with economic efficiency and the polluter-pays principles.

II. INVENTORY OF GREENHOUSE GAS EMISSIONS

The following table summarizes all greenhouse gas emissions. This inventory is based on the CORINAIR inventory transposed into the IPCC format.

**Table summary of
greenhouse gas emissions in France**

	1990 Emissions (MMT)	1995 Emissions (MMT)	1990/95 Trend (%)
CO₂			
Emissions for all sectors	378	385	1.8
Energy use	357	364	2
Other emissions	21	21	0
CO₂ - Soil and forests sinks	-33	-47	42
CO₂ - Total net emissions	345	338	-1.9
(International bunker fuels - for the record)	17.5	16.8	-4
CH₄	3.02	2.84	-5.7
N₂O	0.182	0.173	-4.5
CO₂ + CH₄ + N₂O (MMT of carbon equivalent)	465	451	-3
NO_x	1.91	1.78	-6.9
VOCs	3.15	2.77	-12.2
CO	11.35	9.47	-16.6
SO₂	1.35	1.05	-22.3

(*) Global Warming Potential (GWP) over 100 years, according to IPCC 1995.

1. CO₂ emissions

Adjusted per capita and GDP unit, total net carbon dioxide emissions by France are extremely low for an industrialized country: 6.07 tons of CO₂ per capita and 0.053 tons de CO₂ per millions of FF, in 1990. Distribution by sector of CO₂ emissions generated by fossil fuel combustion was the following in 1990:

CO₂ emissions produced by fossil fuel combustion in 1990

Emitting sector	Gross emissions	Ratio to total emissions
Energy (Production et Transformation)	82 MTT	23%
Industry	50 MTT	14%
Transportation	125 MTT	35%
Domestic / Commercial	90 MTT	25%
Agriculture	10 MTT	3%
TOTAL	356 MTT	100%

The trend in net CO₂ emissions over the 1990/1995 period can be explained as follows:

- a slowdown in economic activity, in particular the 1993 recession, led to a decrease in gross CO₂ emissions, linked, in particular to lower use of fossil energy that year;
- noticeably improved availability of the nuclear power plants by “EDF” (the French Electric Utility) since 1992 permitting, all things being equal, lower use of fossil-fuel power plants;
- a continued increase in the transportation sector following the long term trend even though its rate seems to be slowing slightly ;
- the relatively strong increase in emissions in French Overseas Districts and Territories (“DOM-TOM”) (+25% between 1990/1995), even though these are still relatively low (around 3 MMTC/year in 1995).
- a high increase in forests sinks, due to the combined effect of increased annual biomass production and a drop in logging, 1990 was an unusually high year for timber harvesting.

Moreover, random factors should also be mentioned such as climate fluctuation influencing heating requirements, as well as the supply of hydroelectric power .

2. CH₄ emissions

Data indicated for methane and nitrous oxide emissions are not very accurate, in particular because of uncertainties related to the assessment methods in agriculture and landfill emissions.

Methane emissions amounted in 1990 to around **3 million tons**, over 55% for agricultural activities, 25% from waste disposal activities, and especially landfill use, and over 15% of fugitive emissions from fuel extraction and distribution, remaining emissions are generated during fuel use. Methane emissions represent around 12% of direct greenhouse gases expressed in CO₂ equivalent.

Agriculture methane emissions were relatively stable over the 1990/1995 period, increased emissions related to animal waste management was compensated by a drop in enteric fermentation.

Since 1970, France has substantially reduced its emissions from coal production and gas distribution, because of the many mine closings since the early 70s and improvements in the gas distribution network.

By contrast, the increase in decaying waste in landfills contributed during the 80s to a sizable increase in methane emissions in this sector. The effect of the policy of closing landfills decided in 1992 has not yet been felt and emissions have continued to increase between 1990/95.

3. N₂O emissions

N₂O emissions amounted about **180,000 tons** in 1990, including about 50% from industrial processes and 30% agricultural fertilizer use.

Emissions between 1990/1995 changed little. A decrease in N₂O emission in agriculture should be noted, linked to a drop in fertilizer spreading, in particular in the arable crop sector.

4. Emissions de HFCs, PFCs et SF₆

In 1997 an inventory of emissions of these greenhouse gases enabling an accurate determination of the quantities released in France will be carried out.

Indications can be inferred from the French annual consumption of products causing these emissions:

- **HFC 134 - A** : 416 tons from aerosols, 166 tons from foams, 1,250 tons from refrigeration and air-conditioning;
- **HFC 143 - A et 125** (commercial refrigeration) : 165 tons ;
- **HFC 23** (extinguishing agents) : 4.1 tons.

This consumption equals a *potential* in annual emissions of 0.81 MMT fossil carbon equivalent.

Indications can also be furnished on PFCs emitted in aluminum production, through anodizing : **CF₄**. Emissions of this gas were estimated by PECHINEY at 308 tons in 1990, i.e., around 0.43 million tons fossil carbon equivalent.

Finally, the volume of **SF₆** purchased annually to replace the amounts of gas lost in transportation and electric distribution equals 5.9 tons, corresponding to a likely emission of 0.04 million tons fossil carbon equivalent.

5. Tropospheric ozone precursors and SO₂

Emissions of nitrogen oxide, volatile organic compounds, carbon monoxide and SO₂ are respectively estimated at around 1.9 million tons, 3.1 million tons, 11 et 1.35 million tons in 1990. Fossil energy consumption represents by far the major source of emissions of these gases, except for VOC emissions, for which a large proportion of the emissions are from solvent use.

All of these emissions have been decreasing noticeably over 1990/1995 (between -7 et -22% depending on the gases).

III. DESCRIPTION OF POLICIES AND ACTIONS MITIGATING GREENHOUSE GAS EMISSIONS

1. Decrease in CO₂ emissions

1.1. Buildings

France has been conducting a strong energy control policy in this sector since the first oil crisis based on regulatory measures targeted at new buildings and incentives for existing buildings.

1.1.1. New buildings

As early as 1974 France took the initiative in close cooperation with the construction industry, of mandating heat insulation for new constructions. The long life-time of buildings incited France to enact even stricter regulations by anticipating constraints that will be implemented to mitigate the greenhouse effect.

- ***Thermal housing regulations will be strengthened*** as of January 1, 1999 by increasing requirements equal to the energy saved by the substitution of low-emissivity double glazing to standard double glazing. This measure represents a reduction of 5 to 10% of heating needs.
- ***Thermal regulation in the commercial sector, strongly lagging behind the housing sector, will be strengthened with the objective of reducing energy consumption by 25%.*** This will be applied before April 1, 1998 to non air-conditioned buildings and before June/1/2000 to air-conditioned buildings.

1.1.2. User information

The law on air and rational energy use of December 30, 1996 required that a standardized estimate of annual energy costs must be given when leasing or selling housing or commercial premises.

1.1.3. Existing buildings

Beginning with the first oil crisis, France developed a strong energy control policy for existing buildings and major improvements have been made. However, cost-effective energy savings still remain and this policy will be pursued through ***measures regarding user information, regulation and standardization in performances of new equipment and financial incentives for energy saving improvements.***

1.1.4. Increasing the timber use in construction

France has decided to implement a three-tiered action to develop the use of timber in construction:

- developing actions to promote timber products in construction;
- lifting factors impeding larger timber product use in construction through research, development and *ad hoc* vulgarization;
- developing a strategy of supplying of products or partially industrialized products relying on the saw mill industry.

The objective is to have an additional storage of 0.35 million tons of carbon in timber by the year 2010, compared to 1990.

1.2. Industry

Discussions with companies in energy intensive branches are underway in order to reach voluntary agreements enabling a significant use of a potential of untapped fossil carbon savings estimated at 5 million tons C per year on the basis of 1990 activity levels.

As of today, voluntary commitments have been signed with six partners (branches or industries), equal to a decrease of 1.2 million tons C per year of their emissions in 2000 compared with 1990.

Simultaneously, public support for energy conservation will be pursued in industry including financial assistance (support for research and development, support for demonstrations of exemplary investments), and tax incentives (extraordinary depreciation, exemptions or abatements in the tax base of various indirect taxes), .

1.3. Transportation

1.3.1. Freight transportation (excluding light trucks)

France has undertaken three types of actions in this sector:

- technical measures for vehicles in order to reduce specific fuel consumption of heavy trucks;
- institutional actions on the organization of freight transportation by road, compliance with social regulations, and pricing;
- an attempt to stabilize modal shares, thanks on the one hand to the development of intermodal transportation with a special focus on combined road-rail transportation and on the other hand an improvement in the network of waterways.

1.3.2. Passenger transportation and light trucks

France intends to encourage ***a reduction in average fuel consumption of new vehicles in the European Union.*** France fully supports the Conclusions of the Council of June 25, 1996 announcing the objective of an average level of CO₂ emissions for new cars sold in the European Union of 120g CO₂ per Km to be reached in 2005 or, at the latest in 2010. Pursuant to the Conclusions of the Council, this objective must be reached within the framework of voluntary agreements with the automobile industry. This is the context in which French automobile manufacturers, Renault and PSA Peugeot Citroën, have voluntarily undertaken to lower emissions of CO₂ of new vehicles sold within the European Union to less than 150g CO₂ /km in 2005. Assuming that the objective of 120g CO₂ /km will be reached in France in 2010 and the consumption of light trucks follows the same trend a reduction in emissions of around 4.5 million tons C / year can be obtained.

The law on air and rational energy use of December 12/1996 will have a major impact on road transportation pollutant emissions and, in particular, on CO₂. Among measures decided within the scope of this law, the following should be highlighted:

- measures aimed at fostering the development of electric vehicles and other alternative vehicles powered by liquefied petroleum gas or natural gas. Besides extending exceptional depreciation benefiting electrical vehicles to other alternative vehicles, to specific equipment and electric motor scooters, the main measures are the exemption or

decrease in the tax on company vehicles for electric vehicles or other alternative vehicles as well as the requirement that the various public managers of vehicular fleets to procure a minimum of 20% of such vehicles when renewing fleets;

- the requirement for all urban areas with populations of over 100,000 to draft urban travel plans. These urban travel plans, drafted and implemented by the competent authorities organizing urban travel in the relevant cities, define the principles of organization for public passenger transportation as well as for freight, traffic and parking. The urban travel plans focus in particular on automobile traffic reduction, the development of less expensive and polluting transportation modes, the development and use of the networks of streets, organizing parking, transportation and freight delivery, etc.

Finally, **development of high speed trains** enables offering, for intercity travel, an energy efficient alternative to using cars and airplanes. It leads to substituting electric energy for fossil energy.

1.4. Electricity production

France's unique situation with respect to electricity production, because of the importance of nuclear generated electricity, considerably lowers France's options in controlling future emission trends. ***Until the year 2010, a reduction in peak electric demand and the substitution of electricity for fossil energy for non-seasonal use will nevertheless enable limiting CO₂ emissions.*** Thus:

- ***“EDF” will offer new time-adjusted rates*** (“TEMPO” rate of 6 time periods at different prices over the year) which should allow for reduced peak electric consumption and a gain of 0.35 million tons C / year in the year 2000;
- ***Action to control electricity demand***, launched in 1993 and ***focusing primarily on seasonal demand or demand in districts that are not connected to the continental French network*** (Corsica and French Overseas Departments), may result in additional emission reductions of 0.5 million tons C per year by 2010;
- ***“EDF” will strive to promote the efficient use of electricity in industry;***
- ***Promoting demand side management and renewable energies in low-density rural areas*** has been ensured since 1995 through the implementation of a specific installment within the scope of “FACE” (Fund for the depreciation of electrification costs); of an initial amount of 100 MFF at its creation in 1995, this installment was renewed at the 100 MFF level in 1996 and in 1997.

1.5. Increasing forest carbon sequestration

France will pursue its policy of public assistance to afforestation (assistance to planting plus an income compensation premium), with the objective of 10 000 to 12,000 ha per year over the 1990/2000 decade. This policy will contribute to accelerating the rate of increase of French forest carbon sequestration by the year 2000.

1.6. Changes in agricultural land-use

The 1992 Agricultural Policy reform should slow the trend in grassland or forest conversion into farmland—a consequence of the agricultural policy followed since the sixties. In fact, such change has not yet been observed and recent modeling studies concluded that the economic advantage attached to intensification remained sufficiently high for grassland or forest conversion into farmland to persist by the year 2000. It is therefore highly unlikely that a

reduction of soil carbon emissions, estimated at 2 million tons C per year in 1995, that should have ensued, will take place by the year 2000.

1.7. New and renewable energy

All of the measures taken in this field (*development of wind energy, of fuelwood , in particular by the launching of a “Fuelwood Energy Plan” aimed at structuring, in a number of test regions, an effective fuelwood-energy sector for central heating, the development of agricultural biomass for energy use, energy use of waste*) could permit saving around 1.2 million tons C / year in 2000.

2. Other greenhouse gases

Changes in emissions of these gases will be the result, in large part, of measures taken in various areas within the framework of environmental policy (law on waste mandating that ordinary waste no longer be put into landfills, law on air and rational energy use, regulatory actions concerning prevention of nitrate water pollution) or sectoral policies (in particular the Common Agricultural Policy).

Specific regulatory measures will be implemented to limit CH₄ emissions in existing landfills and N₂O emissions in industrial plants that release the highest amounts. Investments that will consequently be made in adipic acid, nitric acid and glyoxylic acid units, should lower N₂O emissions in the industrial sector by 78 000 tons of N₂O by the year 2000.

IV. ACTIVITIES IMPLEMENTED JOINTLY

France decided at the end of 1996 to establish a mechanism for the instruction and registration of projects that could be considered for joint implementation under the pilot phase (5/CP1. 1996 decision).

V. PROJECTIONS AND ESTIMATES OF THE EFFECTS OF MEASURES

1. CO₂ energy emissions

According to the “without measures” scenario, a noticeable increase in energy consumption is observed, fueled by economic growth, in spite of an improvement in global energy efficiency. Electric consumption rises faster than global end-user energy demand, and the share of natural gas increases within the “fossil energy” subgroup. Thus energy consumption increases respectively by 17%, 33% and 50 % over the 1990/2000, 1990/2010 and 1990/2020 periods, whereas the rise in CO₂ energy emissions respectively reaches 5% and 24 % over the 1990/2000 and 1990/2010 periods. In 2020, CO₂ emissions should be higher than the 1990 reference by 46 to 71%, depending on changes in the electricity sector, and in particular the proportion of electricity generated by nuclear plants.

According to the “with measures” scenario, increases in CO₂ emissions will be significantly reduced; taking into account the measures described earlier in the report these should enable maintaining emissions in the year 2000 at their 1990 levels, and limiting the

increase respectively at 11% and within a bracket of 25 to 50% over the 1990/2010 and 1990/2020 periods. The global impact to the measures can be immediately inferred: it is respectively equal to 5.2, 13.1 and 20.8 million tons C / year in 2000, 2010 and 2020.

Mention should be made that at this stage the projections presented above are highly dependent on the assumptions made regarding various key parameters: economic growth¹, import costs of various fossil energies, behaviour of households and business with regard to energy savings... For instance, economic studies suggest that potential growth for the French economy for the period 1994/2015 would be 2.6 %/year as the best guess; energy efficiency improvement observed during the 1984/1996 period was about 0.5% / year, while the sectoral assumptions made in the « without measures » scenario lead to an energy efficiency improvement of 0.65% / year for the 1990/2020 period.

Based on the latter assumptions with respect to GDP and energy efficiency, which can also be considered as realistic taking into account the slow increase in projections of energy prices, CO₂ energy related emissions of France would be 4.5, 9.5 and 15% higher than the previously indicated levels for the years 2000, 2010 and 2020.

Impact of the measures in the energy sector

Mt C/an	1990 (observed)	1995 (observed)	2000	2010	2020
Scénario without measures	100.9	-	106.2	120.1	138.5 / 164.8
* low case assumption			111.0	131.5	159.3 / 189.5
* high case assumption					
Scénario with measures	100.9	99.4			
* low case assumption			100.8	107.6	119.0/145.3
* high case assumption			105.8	118.4	138.5/168.7
Impact of the measures	-	-	5.2	13.1	20.8

Total for France for the years 1990,1995 and 2000

Continental France for the years 2010 and 2020

2. Non-energy related CO₂ emissions

Non-energy consumption-linked CO₂ emissions include:

- emissions from industrial processes;
- emissions linked to inorganic waste incineration;
- emissions linked to in land-use changes and forestry.

The most significant trend concerns sequestration in forest biomass, which should strongly increase over the 1990/2010 period (nearly 8 millions tons of C / year), thereby compensating the increase in emissions from the waste incineration sector (+2.6 millions tons of C / year over 1990/2010).

¹ A recent "INSEE" study estimates that potential growth in France by 2015 would average between 1.9 and 3.6% per year, the main estimate being 2.6%. On the basis of an elasticity of 0.5, the level of French emissions can be inferred in 2020 at between -5% and +12% of the level indicated in the table "with measures".

3. Other greenhouse gases

The most significant trends noted over the 1990/2020 period, are a strong decrease in CH₄ emissions from landfills, that should nearly disappear in 2020, as well as in N₂O emissions from certain high emitting industrial processes.

Thus, according to the scenario “with measures” aggregate emission of CH₄ and N₂O should drop from 26.3 millions tons of C equivalent / year in 1990 to 18.4 millions tons of C equivalent / year in 2020, i.e., a 30% decrease.

Trends in CH₄ et N₂O emissions

MMTCE / year	1990	1995	2000	2010	2020
TOTAL CH ₄ (without measures)	12.9	-	13.2	13.9	14.6
TOTAL CH ₄ (with measures)	12.9	12.9	12	10.1	9.6
TOTAL N ₂ O (without measures)	13.4	-	12.5	15.9	20.4
TOTAL N ₂ O (with measures)	13.4	12.1	7	7.9	8.8

GWP over 100 years, IPCC 1995

VI.ASSESSING VULNERABILITY AND ADAPTATION MEASURES

Since 1993, France has been expanding research and studies on the regional effects of climate change, the objective being:

- to develop plausible scenarios of trends in climate characteristics in France (including in the Overseas Districts and Territories) over the next century;
- assess the likely consequences of these changes on water resources, agriculture, forestry, coastal areas, ..., as well as their direct and indirect socioeconomic consequences;
- assess the vulnerability of the most exposed regions and suggest possible adaptation strategies.

These studies have enabled identifying a series of potential risks, which has led the relevant agencies or public authorities to start the implementation of precautionary measures such as: improved water resource management, limiting intensive cultivation, decreasing tree-density in forests exposed to water stress, choosing drought-resistant forest species for new plantings in hazardous areas, etc. These efforts will be pursued and expanded in the future.

VII. INTERNATIONAL COOPERATION AND FINANCIAL MECHANISMS

1. Cooperation with developing countries

1.1. French development assistance

Financing by industrialised countries should be encouraged for actions specifically aimed at reducing greenhouse gases emissions of developing countries, but it is certainly just as important to strive to accelerate the development process of these countries: indeed, demographic trends are, over the very long-term, the major factor of future emissions of greenhouse gases and though development will not be sufficient to control population growth, it represents, nevertheless a necessary condition thereof.

France is one of the most generous countries in terms of official development assistance (ODA). In 1995 it became the second donor country in the amount of assistance furnished, at 8.4 billion dollars. France is ranked first among the 7 most industrialized nations (G7) in percentage of Gross Domestic Product (GDP) allocated to official assistance. France spent 0.55% of its GDP on its ODA effort in 1995, the average for OECD countries was 0.27%.

Net contributions of France under bilateral assistance reached 32 billion French francs in 1995, i.e., the equivalent of 76% of its total ODA.

In the field of the environment and sustainable development, France's action is guided by the principles expressed in 1992 at the Rio Summit, viewing the evolution of our planet within a sustainable development perspective. Within this framework, social and economic development must be linked with long-term management of the local and global environment, with the goal of avoiding any irreversible action. These concerns find especially suitable applications in developing countries. In Africa, in particular, contrarily to what is taking place in our industrialized societies, natural resources (underground, soil, plants, continental and maritime waters) represent most of the productive base. Therefore, the stakes, simultaneously with a diversification of their economies, are to promote forms of resource management that ensure lasting resources.

This action is aimed at the following objectives:

- supporting the sustainable development of partner countries in the sectors of activity where the long term stakes are particularly important, for example in situations where anthropogenic action can lead to irreversible degradation,
- support consideration for environmental criteria in bi- and multilateral development assistance projects, and the implementation of a sectoral environmental policy within French and international development assistance institutions.

All the instruments of French assistance have gradually acquired the means to carry out environmental assessments; the proportion of projects completed in the environmental sectors is increasing. For example, in 1995, environmental operations programmed by the "CFD" (French Development Bank) in Foreign states represent 1.65 billion French francs, i.e., 28% of the programs. In 1995, after three years of testing, an environmental mechanism was integrated into the project cycle at the "CFD".

France allocated 10 billion French francs in financial resources in 1995 under multilateral assistance.

France is participating in all the multilateral development assistance mechanisms. France in all international forums responsible for multilateral instruments shows the same determination to grant multilateral assistance the financial, institutional and management means absolutely necessary for conducting assistance efficiently.

In particular, France is attached to the principle of balanced burden sharing, the cornerstone of the multilateral system; France backs establishing enough financial resources for international financial institutions, the implementation of institutional reforms when needed, and that these institutions define operational strategies in conformity with the objectives of sustainable development, focusing efforts on the least developed countries, and combating poverty and respect for the environment.

With respect to environmental protection, France supports a strengthening of the activities and financing of multilateral organizations directed towards sustainable management of natural resources as well as better integration of environmental concerns at the planning stage of development projects.

1.2. French assistance for global environmental protection and climate change prevention

France initiated the establishment of the Global Environment Facility which finances incremental costs in development projects related to global environmental preservation. Established on a pilot basis in 1990 and restructured in 1994, the GEF was funded with 2 billion dollars for the 1994-1997 period. France, with 807 MFF, is the fourth contributor to the GEF. As of today, 47% of the GEF's funding has financed projects concerning the greenhouse effect.

France established in 1994, in addition to its funding of the GEF, a French Global Environment Facility (FGEF), funded with 440 MFF, over the same period. The FGEF has 44 projects, reflecting a programming capability of 202 MFF; 51% of the financing is, as of today, directed towards the greenhouse effect, within the scope of the 21 projects. This funding complements measures and assistance and cooperation projects for combating the greenhouse effect conducted by French assistance partners.

Finally, French assistance plays an especially important role in the forestry area, in particular in Central Africa, which includes both the financing of support and investment projects by the "CFD" and the Ministry of Cooperation and the implementation of scientific cooperation programs (the French Center for International Cooperation for Agricultural Science and Development "CIRAD", and the Overseas Territories Scientific Research Agency "ORSTOM").

2. Cooperation with countries in transition to market economies

2.1. Ensuring nuclear safety

France, in close cooperation with Germany has played a leading role in cooperation led by the international community, over the last four years, supporting the improvement of nuclear safety in the Central and Eastern European Countries and the former USSR. Thus, France is making a financial effort of 360 MFF (for 1993/1996) to the International Fund for

Nuclear Safety in Eastern Europe managed by EBRD, and 150 MFF, for bilateral cooperation actions.

This cooperation essentially concerns operational safety, improvement in technical features and strengthening of the regulations applied to nuclear plants. The goal pursued by these actions is to avoid a new accident with serious direct consequences that could consequently slow nuclear development, even where it is designed and operated safely, and to preserve non CO₂ generating electric production, which is currently offsetting the production of 60 MMTC per year in the relevant countries.

2.2. Energy savings and decreases in natural gas leaks

In all Eastern European Countries, it is estimated that 30% in energy savings can be obtained by implementing practices used in the West. Actions financed on French funds on a bilateral basis are often a first stage of a mechanism relayed by multilateral financing (World Bank, EBRD, PHARE and TACIS Community programs). Nevertheless, for these various actions to be really effective, energy consumers in these countries must be made aware of the need for energy management, and in Russia, such awareness requires that fuel prices rise closer to world prices.

Active cooperation is developing also in the area of natural gas under the impetus of “Gaz de France” (The French gas utility company) which has been striving since 1991 to convince partners through various operations (training, demos...) of the efficiency distribution methods using polyethylene networks.

VIII. FRENCH CONTRIBUTION TO RESEARCH ON GLOBAL CLIMATE CHANGE

1. Global climate change

Research at the international level was first focused on physical, chemical and biological aspects enabling the study of human-induced climate trends, by establishing the World Climate Research Program (WCRP) followed by the International Geosphere-Biosphere Program (IGBP). In 1995 the ICSU decided to sponsor with the ISSC the International Program on the Human Dimensions of Global Change (IPDH) which will redefine its objectives.

French research organization followed the international model, but in order to stress the fact that climate change and global environment is the result of all types of interactions of elements of system Earth, these were regrouped within a single program under the French IGBP which included national participation in WCRP and IGBP. Current changes in this program take into account international changes and in its new composition, the Scientific Committee of the new Research Program on Global Change (former IGBP) includes representatives from the social sciences, i.e., covering the 3 major international programs.

All the programs related to the Environment were recently substantially reorganized within the National Center for Scientific Research (“CNRS”). This organization covers aspects of local environment that do not relate to Global Change.

2. Research on emission reductions

“ADEME’s” (the French Environment and Energy Control Agency) mission is to facilitate and stir technological research in the fields of new and renewable energy and to promote energy savings in industry, transportation and construction. Nearly one billion French francs have been allocated in funding for these actions in the Agency’s budget from 1990 to 1996.

Moreover, the National Agronomic Research Institute ensures the coordination of a research program on the level and emission (or sequestration) conditions of greenhouse gases in connection with rural sector activities, to which several public research organizations contribute. This program has enabled, over the 1992/1994 period, the implementation of 17 million French francs in public funds. Up to the year 2000, public financing of 9 millions francs is being considered for this program.

INTRODUCTION

Confirmation of the threats on climate caused by increases in greenhouse gases emissions, in particular CO₂ (IPCC's Second Assessment Report, 1995) has led the French government to pursue its policy of climate change mitigation, in application of the precautionary approach.

The commitment of the French authorities is reflected through active participation at the international level, in particular within the scope of the United Nations Framework Convention on Climate Change and the negotiation of a protocol or other legal instrument with the goal of adopting in Kyoto, at the end of 1997 appropriate measures for the period beyond the year 2000.

The commitment to enact policies and measures to limit CO₂ emissions and other greenhouse gases that are not regulated by the Montreal Protocol, contained in Article 4, paragraph 2 of the Convention, shall be carried out at the European Union level, by the Union and its Member-States acting within the scope of their respective competences. Initiatives that are currently decided at the Community level are indeed extremely important and effective in many fields such as transportation, fuel taxes, various regulations (in particular in the environmental area) and the Common Agricultural Policy. In addition to its commitment as a Party to the Convention, the European Union decided on its own, in 1990, to meet the goal of stabilizing its CO₂ emissions at the 1990 level, by the year 2000. France, for its part, made the commitment that its CO₂ emissions would not exceed 2 tons of carbon (7.33 T CO₂) per capita and per year in 2000.

The First National Communication of France under the Climate Convention was completed in February 1995. Studies conducted at the time suggested that policies and measures included in the French program for the prevention of climate change would enable France to reduce its global greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄ and N₂O) in the year 2000 to their 1990 levels. The trends observed over the 1990/1995 period, as well as the conclusions of the new projections presented in Section V of this document, indicate that these predictions should be fulfilled. Therefore, the Second National Communication contains relatively few changes in comparison with the first report on the "policy and measures" aspect.

In March 1997, the European Ministers of the Environment proposed to reduce greenhouse gas emissions in the industrialized countries by 15% in the year 2010 compared with 1990, as well as an internal allocation of the effort corresponding to a reduction level of 10%. This allocation acknowledges the specificity of the French situation—including the extremely low level of its greenhouse gas emissions per capita or per unit of economic activity in 1990: the effort asked of France is to stabilize its emission between 1990 and 2010.

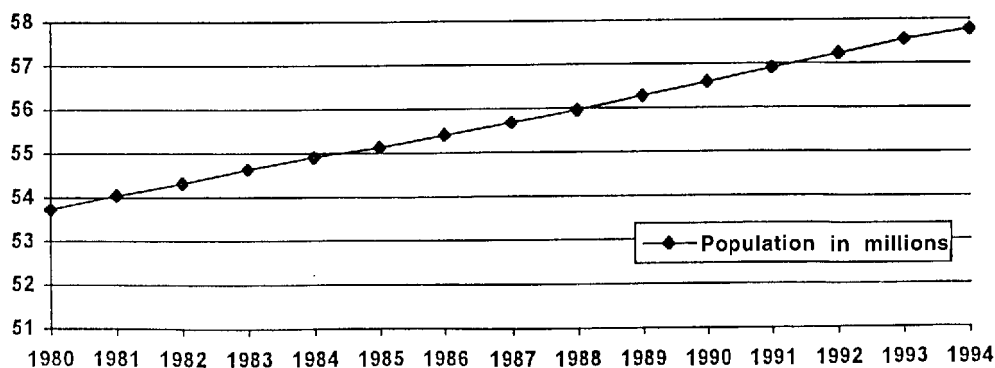
Moreover, the Ministers also concluded that over the longer term, the allocation of reduction objectives among industrialized countries should be worked out to eventually lead to a convergence of emission levels based on appropriate indicators. France will strive to defend this principle in international negotiations underway and in the future, in order to ensure required fairness in the international allocation of the global effort to reduce greenhouse gases.

I. NATIONAL CIRCUMSTANCES

1. Demographic profile

The French population grew from 50.5 million in 1970 to 58.3 million in 1996. Figure 1 shows the French population trend from 1980 to 1994. Population growth in 1995 was slightly below 0.5%. In 2025, France should have a population of 64 million.

Figure 1: French population trend (source: INSEE)



French population density is near average within the 15 EU countries: 106 persons per km². This average density masks, however, major disparities. Population is mostly concentrated around large urban and industrial centers (Paris region, Rhone and Alps, Lower Seine, Marseilles urban area), around the former mining basins (North and East) and along the Mediterranean coast. The 1990 census revealed that large urban areas of more than 200,000 people were growing faster than average-size cities.

2. Geographic profile

France is a large country within Europe. Its land area (550,000 km²) is the largest among the 15 EU members. It therefore has varied geographic characteristics.

Situated between the Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea, France has 3,200 km of coastline. Altitudes are average, plains and hills cover 2/3 of the territory, there are however two mountain barriers in the East and the South: the Alps and the Pyrenees. The highest peak in France is the Mont Blanc (4,807m) in the Alps, on the border with Italy. The Massif Central, a Hercynian massif situated in the center of the country, is the high runoff point of the 4 major watersheds: the Seine in the North, the Loire in the North-West, the Rhone in the East and the Garonne in the South-West.

French territory is covered by 80% farmland and forests. However, between 1982 and 1990, urban landscapes have strongly increased: + 23.5% for built areas, +17% for non-built areas and +9.7% for roads and parking.

3. Climate profile

French climate is subject to three climatic influences, oceanic, continental and Mediterranean.

The Western area is under oceanic influence: low summer/winter temperature contrasts.

Rennes 1961-1990	
Average temperature (°C)	11.4
Rainfall - Annual total (mm)	648.8
Sunshine- Annual total (h)	1851.2
Frosts - Annual number (days)	38;6

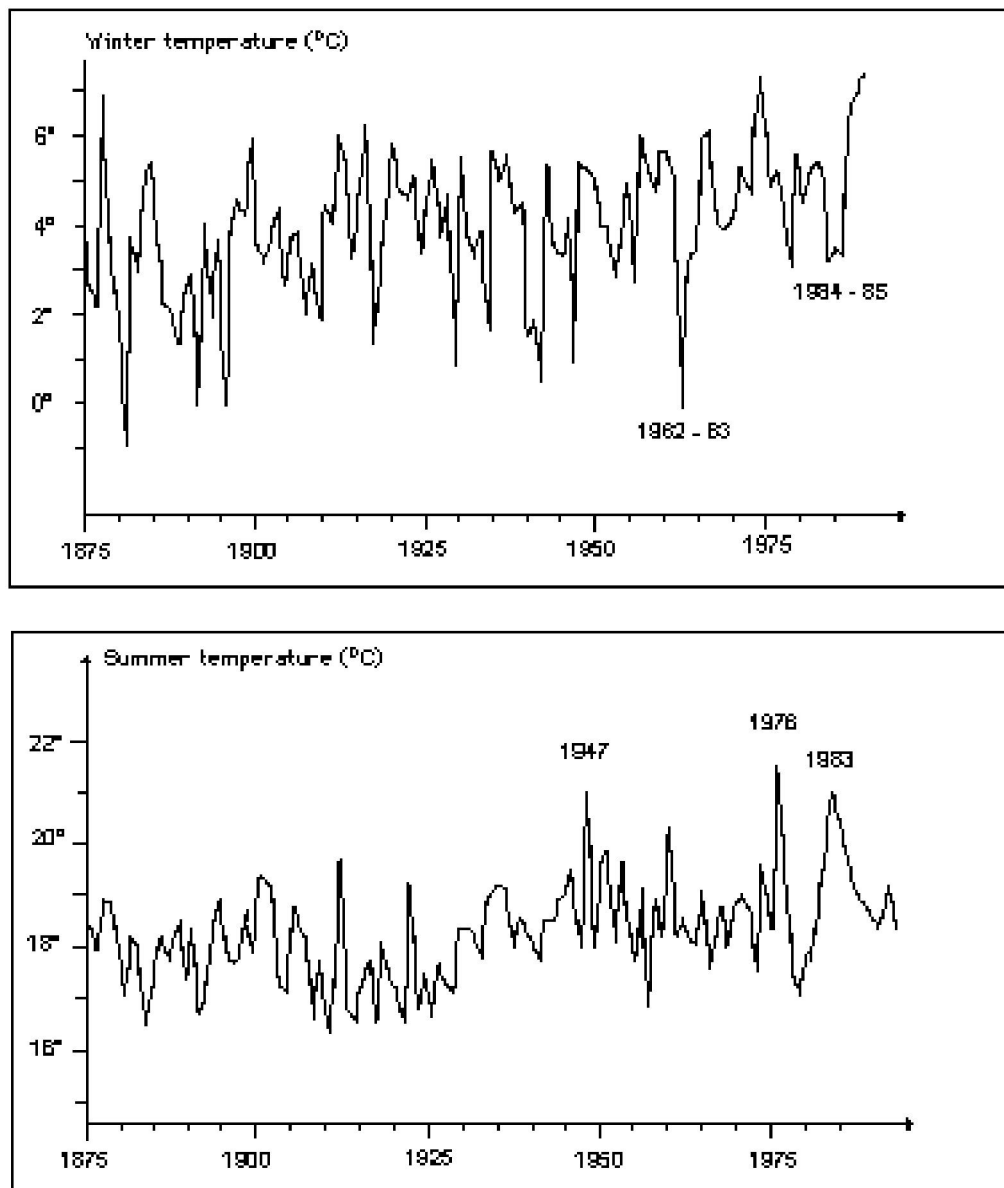
The continental influence prevails in Eastern France: winters are harsh and summers hot and storms are frequent.

Nancy 1961-1990	
Average temperature (°C)	9.6
Rainfall - Annual total (mm)	759.3
Sunshine- Annual total (h)	1651.5
Frosts - Annual number (days)	79.4

Southeastern France enjoys a Mediterranean climate: it features dry, warm summer and mild winters. There is heavy spring and fall precipitation.

Marignane 1961-1990	
Average temperature (°C)	14.8
Rainfall - Annual total (mm)	544.4
Sunshine- Annual total (h)	2835.5
Frosts - Annual number (days)	25.8

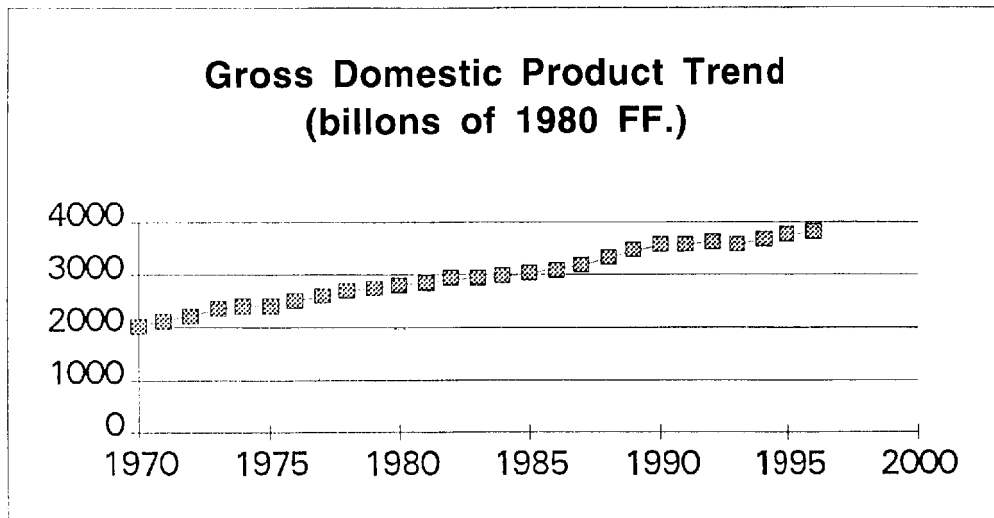
Figure 2 : Temperatures recorded in Paris-Montsouris since 1875
(source : Météo France)



4. Economic profile

The GDP trend in France from 1970 to 1995 is illustrated in Figure 3. Average annual growth was equal to 2.7% over the period. Per capita GDP was 127,628 French francs in 1994.

Figure 3



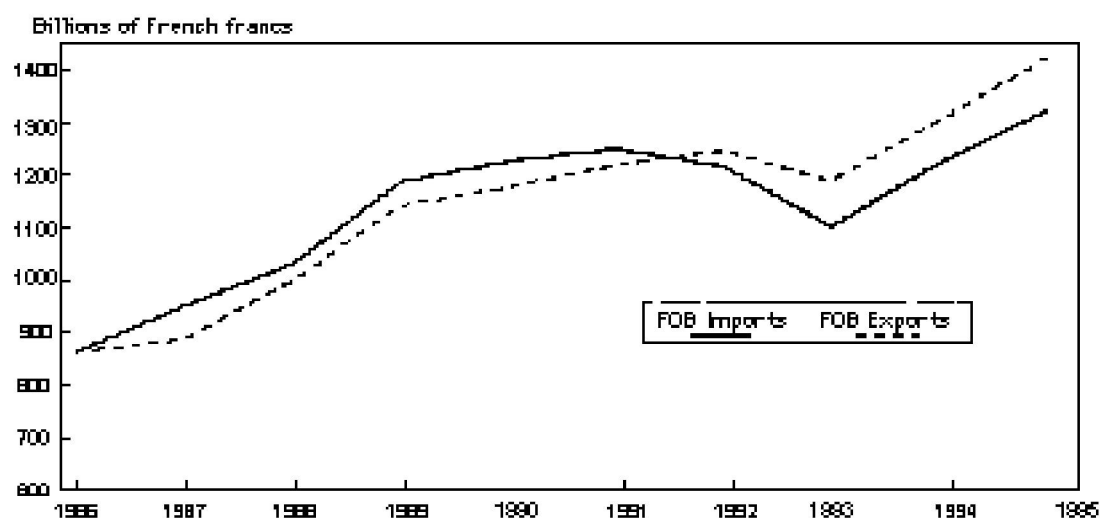
Commercial services contribute the most to GDP, with 19.5% of the total. In fact, around 63% of the GDP comes from the service sector (commercial services, trade, real-estate rental, transportation and telecommunications...). The secondary sector is mostly represented by the intermediate goods industry, professional equipment and consumer goods (between 4 and 5% of the GDP each).

4.1. Foreign trade

Since 1986, France's foreign trade has increased overall, even though the foreign trade figures dipped during the 1992-1993 recession. Since 1991, the foreign trade balance has been favorable.

Professional equipment, chemical products and consumer goods represent both France's main imports and exports. At the foreign trade balance level, agricultural produce and the agrofood industry's products represent the largest favorable balance. Contrarily, France is running a high foreign trade deficit in energy products. In 1995, 63.6% of France's foreign trade was with its 15 European Union partners.

Figure 4: France's foreign trade, FOB/FOB trade
(source: French Ministry of Economy and Finance)



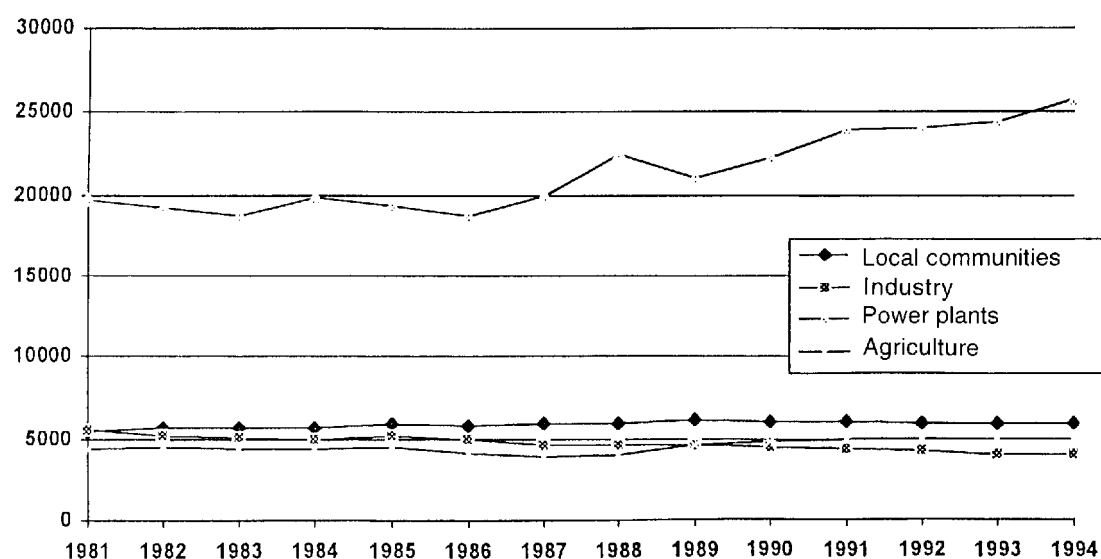
4.2. Use of natural resources

Productive agricultural land (PAL) has decreased by 7% between 1970 and 1995. The farmland structure has also changed, tending towards a decrease in grassland pasture (permanent grasslands) and an increase in acreage of oilseed and protein crops. Permanent grasslands have diminished from 41 to 31% of PAL between 1970 and 1995 while at the same time gains, oilseed and protein crops rose from 35 to 44% of PAL.

Public funding for agriculture reached 71.6 billion French francs in 1995, most aimed at market stabilization and to encourage certain produce (77% of the total).

Irrigated farmlands have increased from 539,000 ha in 1970 1,620,000 ha in 1995. Power plants are using more water than agriculture. This is caused in large part by the expansion of nuclear generated electricity.

Figure 5: Total water withdrawals by usage
(in million of cubic meters, source: Ministry of the Environment)



5. Energy profile

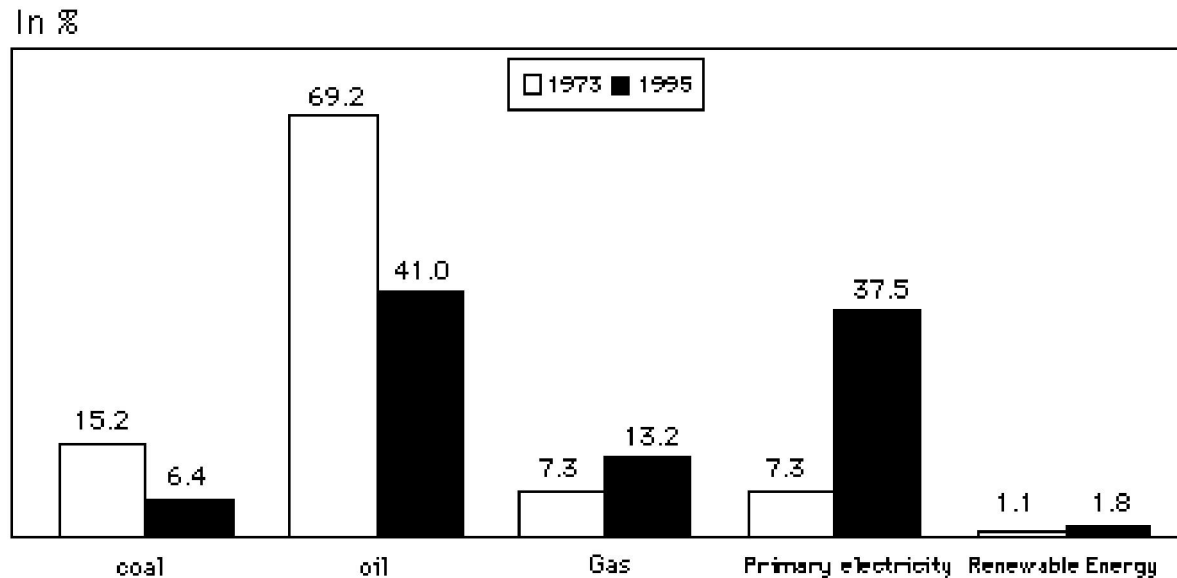
From 1973 to 1995, French primary energy production has increased by 178% thanks mostly to a very high increase in nuclear generated electricity (+2436%). In 1995, nuclear energy represented 72% of primary production, whereas it represented only 8% in 1973. Consequently, natural gas (-57%) and coal production (-68%) have dropped considerably. Hydropower production has been very stable. Geothermal or wind energy has remained marginal in overall French energy production.

Changes in production patterns have increased France's energy sufficiency rate from 22.5% in 1973 to 51.4% in 1994.

Consumption of primary energy has increased in France from 25.3% between 1973 and 1995. The proportion of the four major energy sources in consumption has followed the trend in production patterns, with a drop of 47.5% for coal, and a rise of 547% for electricity. Electric consumption is now equal to oil consumption. These two sources represent nearly 80% of French consumption. In spite of a strong decrease in French production, natural gas still represented a consumption of 13.2% in 1995, increasing by 128% since 1973.

Energy consumption has increased strongly in the transportation sector (+49%). It represents over one quarter of French consumption and is now higher than the industrial sector (excluding the iron and steel industry). The residential and commercial sectors remain at 45% the largest energy consumer. It has grown by nearly 50%. Consumption in the industrial sector has remained stable, but its share has decreased. It represents less than one third of French consumption.

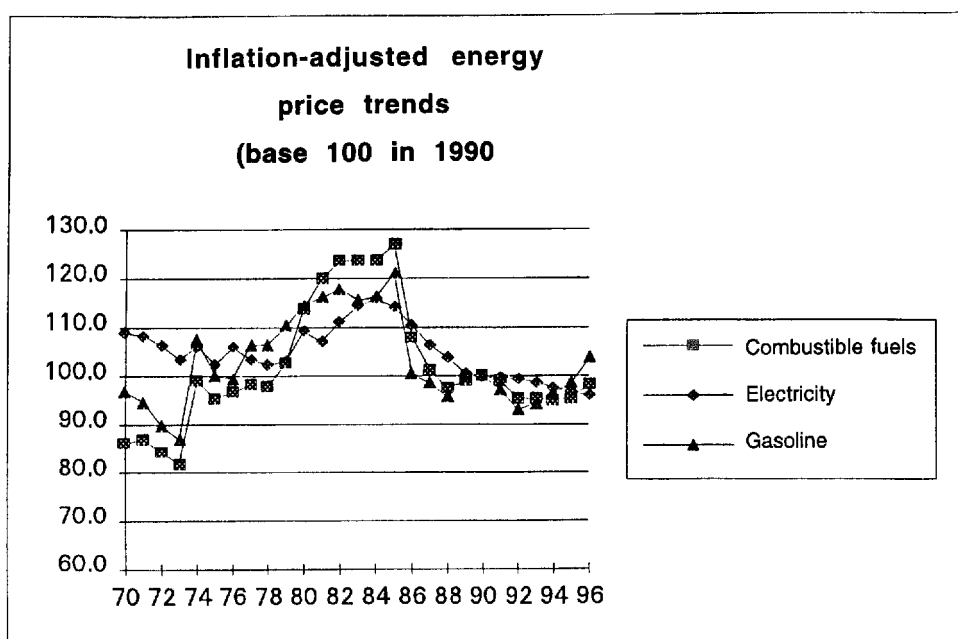
Figure 6: French consumption distributed by energy type
(source: “Observatoire de l’Energie”, excluding fuelwood/energy outside commercial distribution)



End-user energy intensity has decreased substantially in France since the first oil crisis (-32% between 1973 and 1992); around 40% of this trend can be explained by the structural changes in the French economy, which is gradually moving towards less energy intensive activities. This structural change at the level of domestic production was followed by a similar change in national consumption patterns: if energy intensity is calculated in a “closed economy” model (by reintegrating in the national energy consumption and national GDP, the energy consumption caused by or offset by the industrial added value of foreign trade), practically no variation is shown compared with the value obtained in an “open economy” model (+4% compared with the latter) and over the period 1973-1992 these two indicators grew closer until they nearly merged. *Gains realized by France in energy efficiency over the 1973/1992 period are therefore not due to the “exporting” of its high energy consuming activities.*

As for energy prices, Figure 7 shows that they have increased substantially since 1973, date of the first oil crisis. Only in 1985 did prices start to fall and stabilize.

Figure 7



6. Social profile

Average housing space per capita has increased by 21.9 m² in 1970 to 34.1 m² in 1992. At the same time as housing became larger on average, more comfortable and newer, while households became increasingly smaller, i.e., 2.1 persons in 1992 versus 3.1 in 1970.

In 1993, more than three-quarters of households (78%) owned at least one car. This percentage has grown very slowly in recent years, whereas multiple-car ownership has increased noticeably: 27.5% families owned at least two cars in 1993, whereas only 18% did in 1981.

For travel within a range of less than 80 km, on a week-day, passenger cars are used in 63,5% of the cases (1994 data), whereas in 1982, cars were used in only 48,7% cases. Public transportation use has changed little, rising from 8.5% in 1982 to 9% in 1994. Walking and two-wheeled vehicle use has been penalized by the increased use of passenger cars (-52% for two-wheeled vehicles, -32% for walking).

For freight transportation, road traffic reached 115.3 billion tons per kilometer in 1993. The major products transported were machinery, vehicles and manufactured goods (30.8 billion tons per kilometer) food and fodder (26.8 billion tons per kilometer).

Rail traffic reached 43.6 billion tons per kilometer in 1993, including 11.6 billion tons per kilometer for machinery, vehicles and manufactured objects.

Figure 8 : Domestic transportation trend (basis 100 in 1970, source: “DAEI/SES”, “INSEE”)

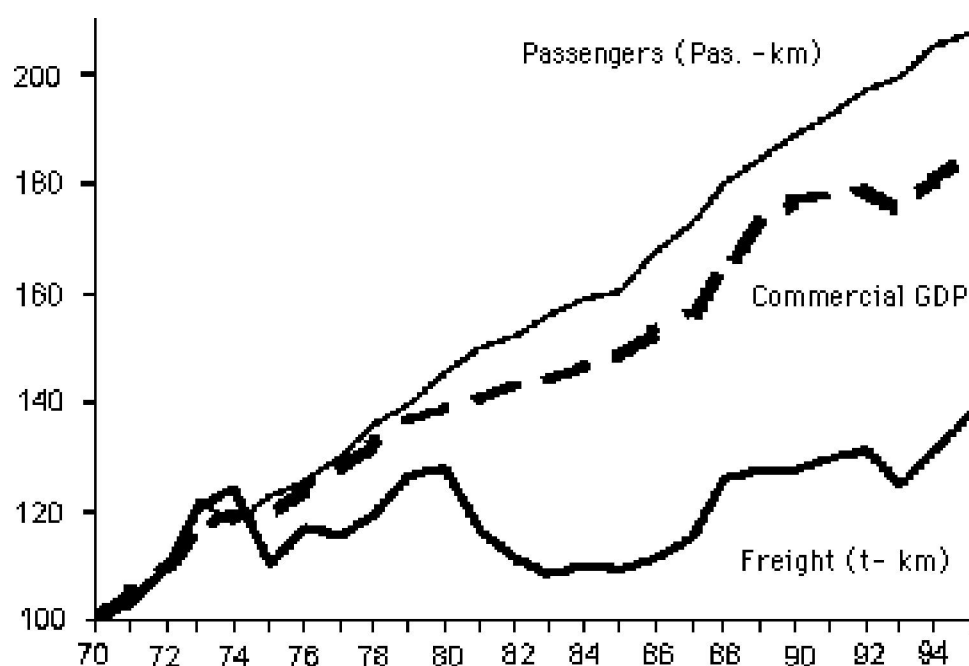


Table 1: Domestic passenger transportation trend
(in billion passenger-kilometers, sources: “SNCF, RATP, DGAC, DAEI/SES”)

	1991	1992	1993	1994	1995	1995
	%	%	%	%	%	level
Passenger cars	2.3	3.0	2.1	3.4	2.0	664.3
Buses, coaches	3.9	-2.6	0.5	1.5	-4.9	40.5
Rail transportation	-2.2	1.1	-6.1	0.5	-6.5	64.5
Air transportation	-0.3	2.8	1.1	2.8	1.1	12.3
Total	1.9	2.5	1.2	3.0	0.9	781.6

7. Public institutions and administrative organization

France is a Republic, with a regime that is considered presidential. The President of the Republic appoints the Prime Minister and cabinet members, as proposed by the Prime Minister. The government (currently, 17 full-fledged ministers) “determines and conducts national policy”.

Parliament (National Assembly, the lower house; Senate, higher house) holds legislative power. However, practically speaking, the government has a lot of influence on the legislative process (proposed laws, option of law-making through ordinances...).

France is a country with a strong centralizing tradition. However, in 1982-1983 decentralization laws were implemented granting greater powers to local authorities (in continental France: 22 regions, 95 districts and 36,560 communes). Because there are so many

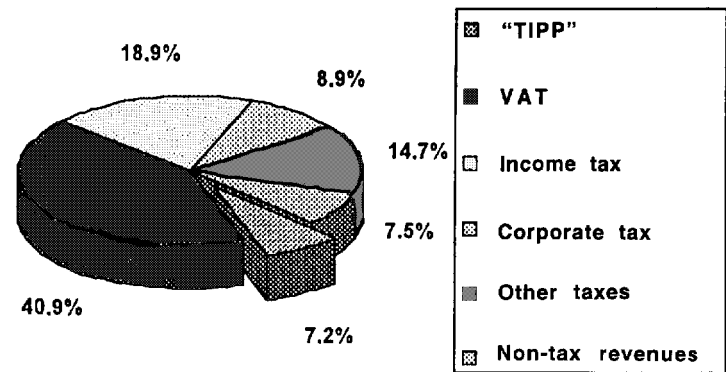
small communes the public authorities have been inciting them to regroup in order to carry out their duties. For example, the regrouping of communes is a common practice for waste management, water distribution or sanitation and urban transportation, etc.

7.1. Energy sector

The main energy tax in France is a domestic tax on petroleum products (“TIPP”). It represented in 1996, 148.9 billion French francs, or 10.9% of the state’s budget income.

In early 1997, the proportion of various levies and taxes in the sales price of premium gasoline equaled 77.4%. It was 67.4% for diesel fuel. This taxation differential, and therefore, the price gap between premium and diesel fuels encourages an increase in diesel powered cars in France.

Figure 9 : Allocation of state budget income in 1993



The nationalization laws of April 8, 1946 had a great impact on the electric and natural gas industry.

Electric production management was transferred to “Electricité de France” (“EDF”) by the nationalization law, as well as distribution (except in a few rare exceptions, “EDF” controls, for example, 94% of the electric supply).

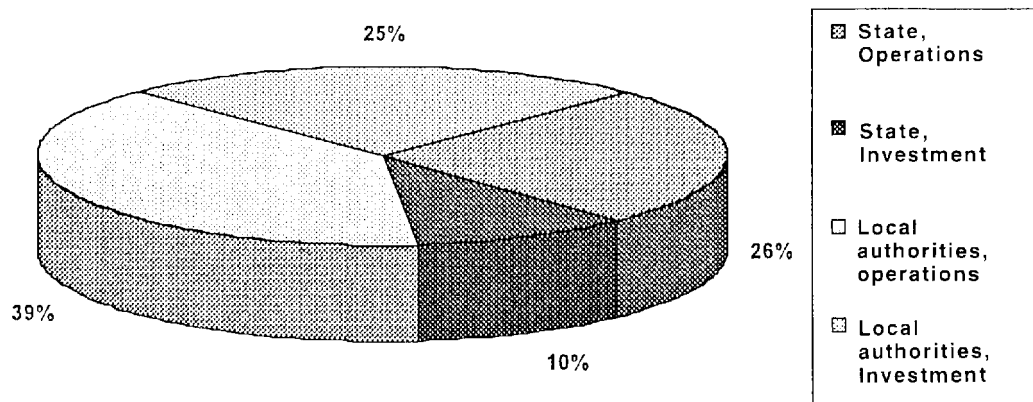
Combustible gases were similarly transferred to “Gaz de France” (“GDF”). However, today “GDF” is mainly involved in transportation, storage, marketing and distribution of gas in France. In France, 4 main companies produce gas: Elf-Aquitaine, Esso-Rep, Eurafrep and Coparex.

7.2. Transportation sector

In 1995, public administrations spent 204 billion French francs on transportation, i.e., around 8% of their expenditures, versus 10% in 1970. The state is becoming less involved while local authorities, following the decentralization laws are taking over.

Rail transportation operations represent 35% of state spending and 29% is spent on road transportation. Spending being equally divided between investment and operational costs.

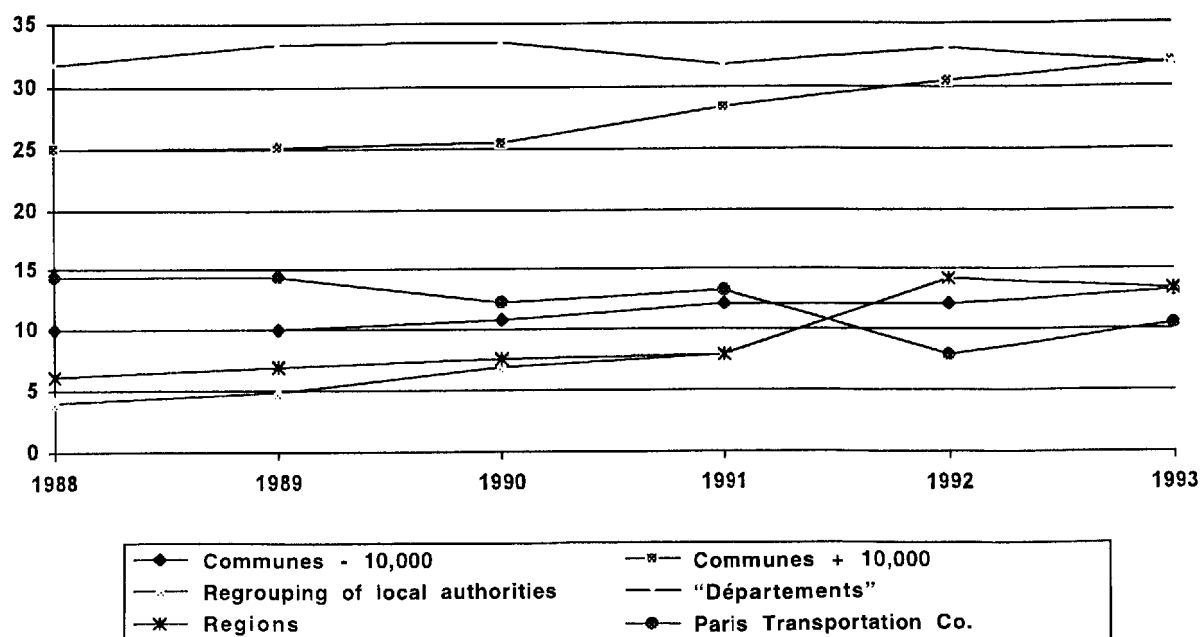
Figure 10 : Allocation of transportation spending in 1993 (source: "INSEE, DAEI/SES")



In the transportation sector, road infrastructures are the largest sector in which local authorities are involved (65% of spending, 50% for investment and 50% for operations) followed by urban public transportation (35%, 20% for investment and 80% for operations).

The regions whose role has increased since the decentralization laws, are beginning to invest in major road and rail infrastructures within the framework of contracts signed with the state and the "SNCF" (The French National Rail Company), (mainly the "TER"—regional express trains—and even the very high-speed "TGV" trains for the "Eastern TGV"), because these operations are carried out under economic development policies. Likewise, major provincial urban areas, faced with urban congestion problems, have strongly invested in public transportation.

Figure 11 : Transportation spending by local public administrations
(en billions of francs, source: "INSEE, DAEI/SES")



8. Greenhouse gas emissions

France's energy policy since the first oil crisis has already permitted a substantial reduction in CO₂ emissions and therefore of France's contribution to the greenhouse effect. This policy relied in particular on the followed items:

- defining stringent regulations aimed at fostering energy savings. Thermal housing regulations are a prime example.
- taxation policy. The high taxes on fuel, higher than in most Annex 1 countries, has contributed to a great extent in limiting CO₂ emissions. Moreover, many tax incentives aimed at improving energy efficiency have been implemented as early as 1974, in particular in industry and housing.
- a major energy saving and efficiency awareness program has been implemented. France has had an Energy Management Agency since 1974 to implement these actions, and that acts on end-user demand and from industry, forming, over time, a resource of skills and expertise.
- the development of a large nuclear industry enables reducing CO₂ emissions, not only in France but in the other Member-States of the European Union.

Considering the major efforts already undertaken and the results achieved, the cost of new measures that could be taken in France may often be higher than in other European Union countries or the OECD. This is why France considers it essential that the

cost, per ton of offset carbon, of actions aimed at reducing emissions chosen in the national programs be similar to those of the various countries in Annex 1, in order to comply with economic efficiency and the polluter-pays principles.

The following charts illustrate the trend in CO₂ emissions over a long-term period linked to the use of fossil energy. *Specifically, these are CO₂ emission linked to the use of fossil energy in continental France, adjusted for climate variations and integrating international bunker fuels.* Even though these do not entirely comply with the methodology recommended by the IPCC, these graphs still give a good indication of long-term trends in French CO₂ emissions.

Figure 12

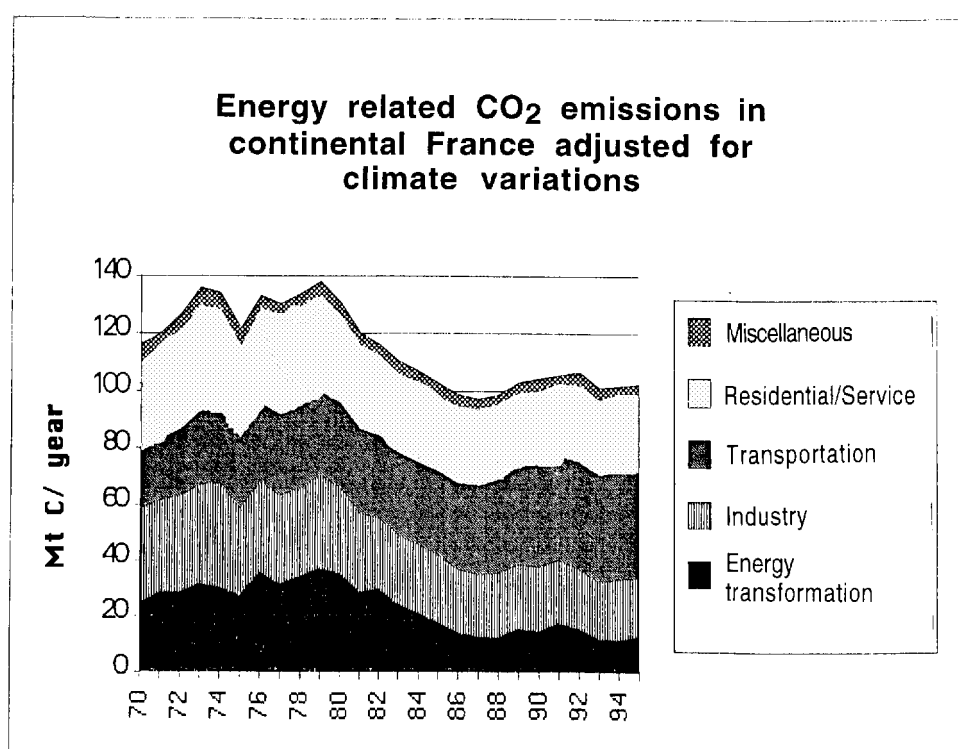


Figure 13

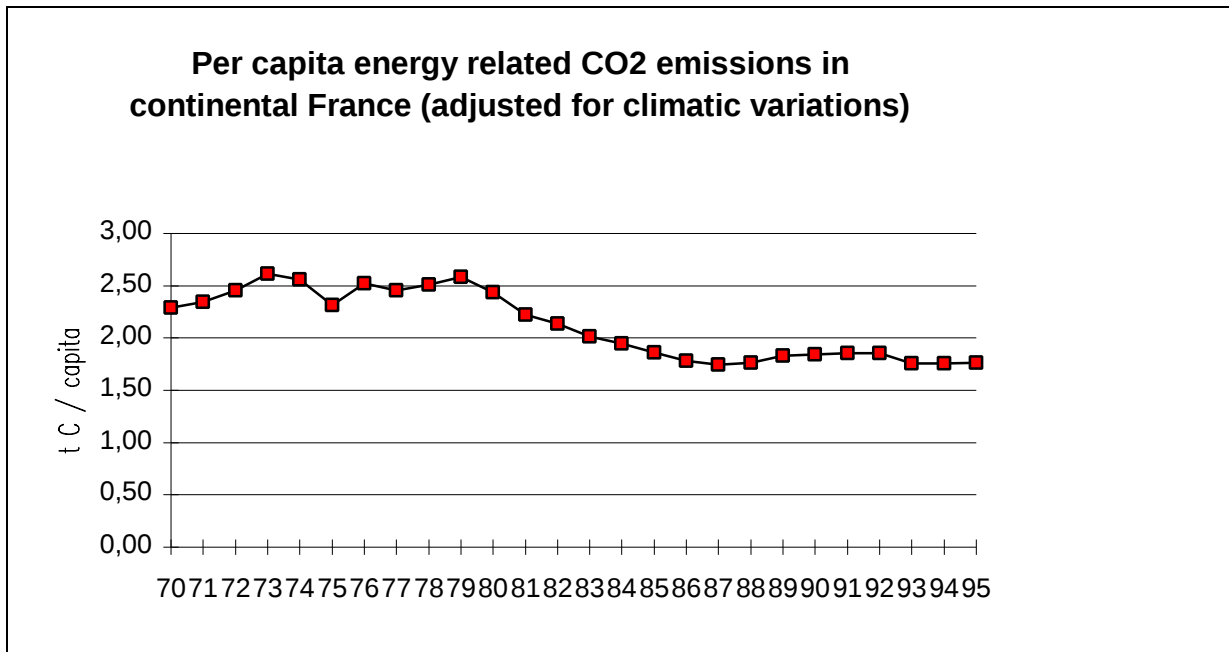
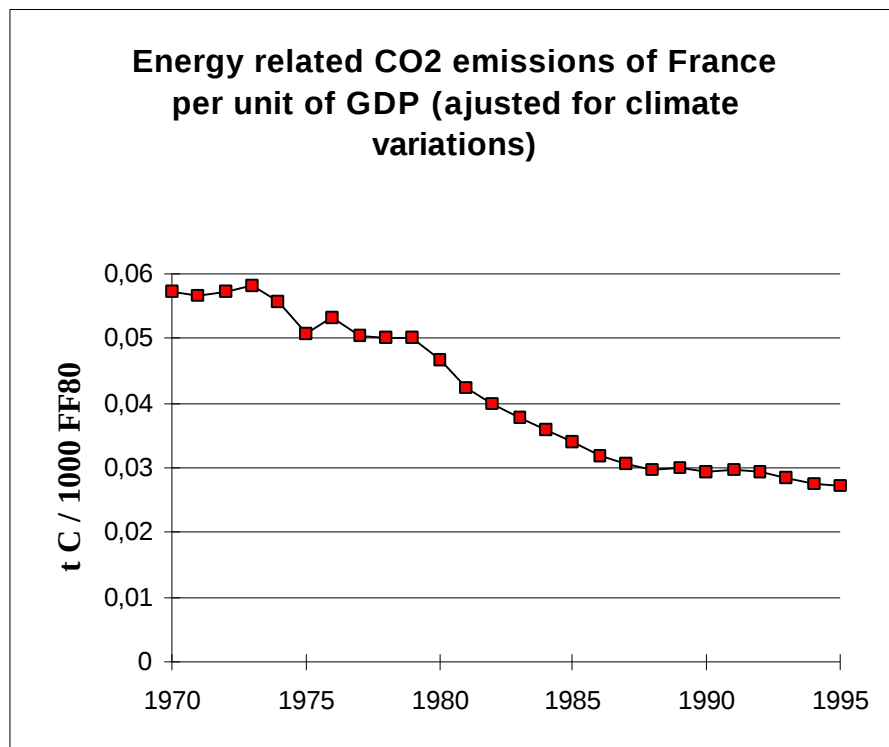


Figure 14



II. GREENHOUSE GAS INVENTORY

Introduction

This section highlights the main results of the greenhouse gas inventory for the 1990/1995 period. It covers the following gases:

- CO₂, CH₄ et N₂O direct greenhouse gases;
- NO_x, CO, COV indirect (precursor) greenhouse gases.

Following the recommendations of the UNFCCC, SO₂ emissions are also given. However, information on HFC, PFC et SF₆ are incomplete at this stage; they will be completed in the next inventories. A detailed inventory is included in an Appendix to this document.

In fact, France ended-up establishing two separate inventories, one concerning continental France the other the Overseas Districts and Territories (“DOM/TOM”), even though, “DOM/TOM” emissions currently represent less than 2% of total French emissions.

The estimates are presented here calculated according to IPCC recommendations issued in 1995. These are determined, initially, according to the CORINAIR system implemented at the European level and converted into the IPCC format using an *ad hoc* interface. Since 1994, date of the first inventory, several new elements (improvements in some available data, methodological changes, ...) have occurred that required revising the estimates established at the time (for additional details, see the “CITEPA” [Interprofessional Technical Center for the Study of Atmospheric Pollution] report). *Therefore new estimates presented here void and replace all previous estimates.*

The following table presents the aggregate emissions of all greenhouse gases for 1990 and 1995:

**Table summary of
greenhouse gas emission in France**

	1990 Emissions (MMT)	1995 Emissions (MMT)	1990/95 Evolution (%)
CO₂			
Emissions for all sectors	378	385	1.8
Energy use	357	364	2
Other emissions	21	21	0
CO₂ - Land use changes and forestry	-33	-47	42
CO₂ - Total net emissions	345	338	-1.9
(International bunker fuels - for the record)	17.5	16.8	-4
CH₄	3.02	2.84	-5.7
N₂O	0.182	0.173	-4.5
CO₂ + CH₄ + N₂O (MMT of carbon equivalent)	465	451	-3
NO_x	1.91	1.78	-6.9
VOCs	3.15	2.77	-12.2
CO	11.35	9.47	-16.6
SO₂	1.35	1.05	-22.3

(*) Global Warming Potential (GWP) over 100 years, according to IPCC 1995.

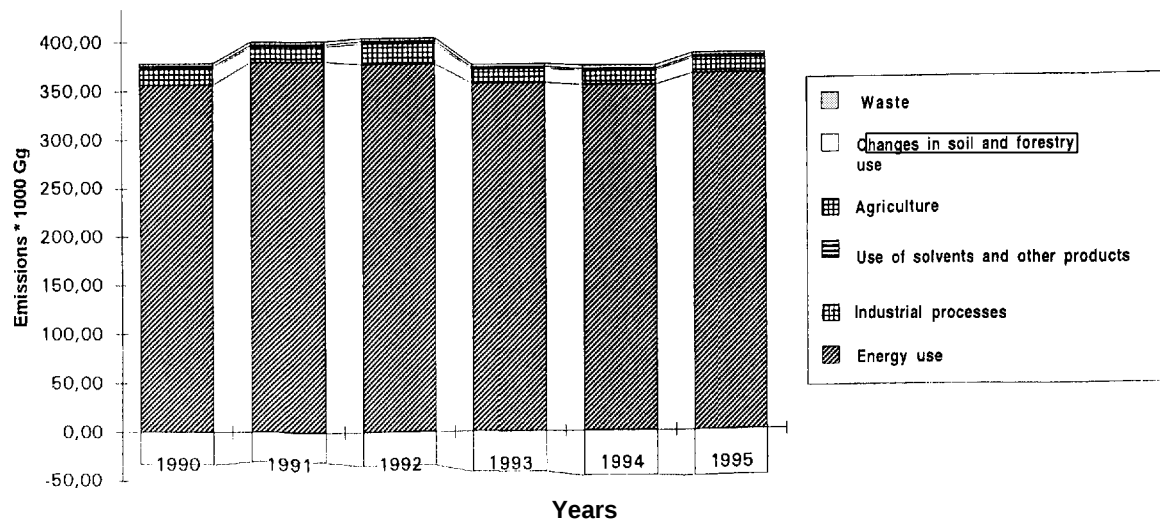
1. CO₂ emissions

Fossil fuel combustion is the highest source of CO₂ in France as in most industrialized countries. However, sectoral allocation is unique because of the energy sector's low share (production and processing) due to electricity generated by the large nuclear power sector.

CO₂ emissions due to fossil fuel combustion in 1990

Emitting sector	Gross emissions (MMT)	Ratio to total emissions
Energy (Production et Transformation)	82	23%
Industry	50	14%
Transportation	125	35%
Domestic / Commercial sectors	90	25%
Agriculture	10	3%
TOTAL	356	100%

Figure 15: Trend in CO₂ emissions (* 1000 Gg) from 1990 to 1995, for all of France (Continental + “DOM-TOM”)



The trend in net CO₂ emissions over the 1990/1995 period, as illustrated by the above chart, can be explained as follows:

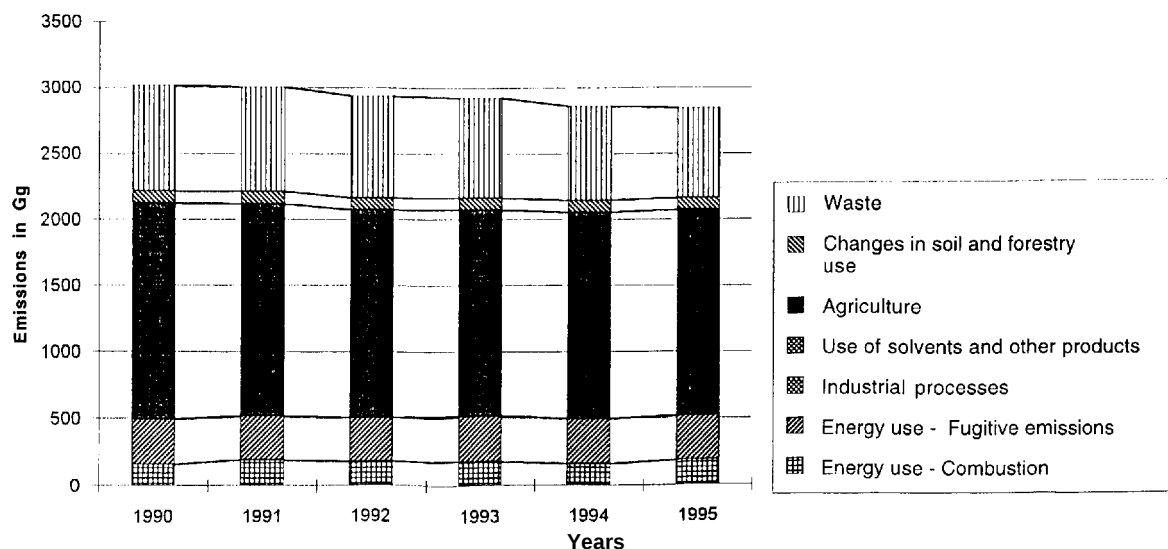
- a slowdown in economic activity, in particular the 1993 recession, led to a decrease in gross CO₂ emissions, linked, among other, to lower use of fossil energy that year;
- noticeably improved availability of the nuclear power plants since 1992 permitting, all things being equal, lower use of fossil-fuel power plants;
- a continued increase in the transportation sector following the long term trend even though its rate seems to be slowing slightly ;
- the relatively strong increase in emissions in French Overseas Departments and Territories (+25% between 1990/1995), even though these are still relatively low (around 3 MMTC/year in 1995).
- a high increase in forests sinks, due to the combined effect of increased annual biomass production and a drop in logging, 1990 was an unusually high year for timber harvesting.

Moreover, random factors should also be mentioned such a climate variation influencing heating requirements, as well as the supply of hydroelectric power .

2. Methane emissions

Data indicated for methane and nitrous oxide emissions are not very accurate, in particular because of uncertainties related to the assessment methods in agriculture and landfill emissions.

Figure 16: Trend in CH₄ emissions (in Gg) from 1990 to 1995, for all of France (Continental + “DOM-TOM”)



Methane emissions amounted in 1990 to around **3 million de tons**, over 55% for agricultural activities, 25% from waste disposal activities, and especially landfill use, and over 15%, of fugitive emission from fuel extraction and distribution, remaining emissions are generated during fuel use. Methane emissions represent around 13% of direct greenhouse gases expressed in CO₂ equivalent for a GWP over 100 years (IPCC, 1995)

Methane emission trends over 1990/1995 are illustrated in the above chart.

Agriculture methane emissions were relatively stables over the 1990/1995 period, increased emissions related to animal waste handling was compensated by a drop in enteric fermentation.

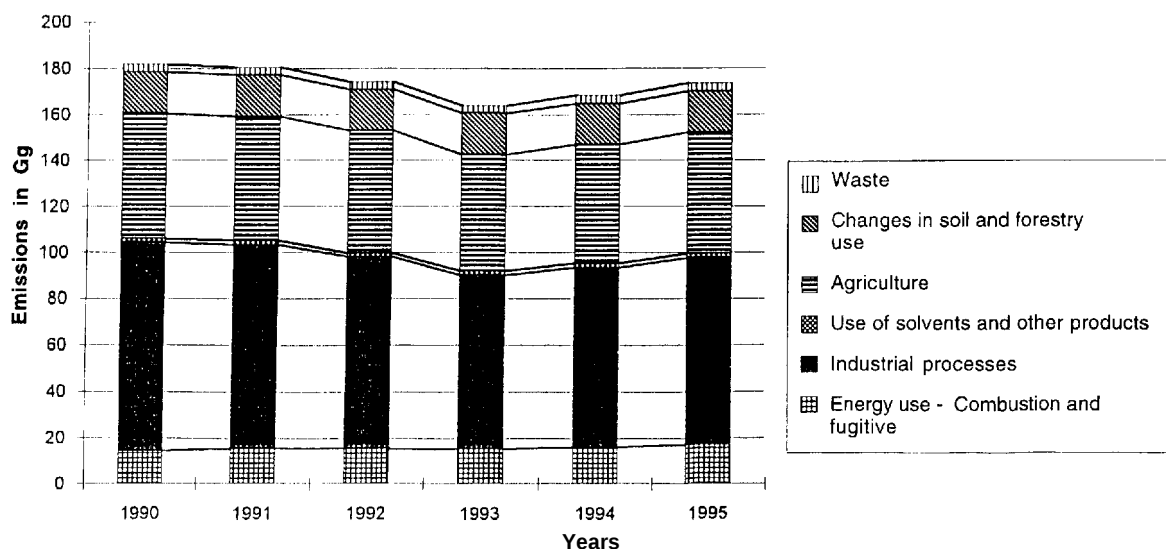
Since 1970, France has substantially reduced its emissions from coal production and gas distribution, because of the many mine closing since the early 70s and improvements in the gas distribution network.

By contrast, the increase in decaying waste in landfills contributed during the 80s to a sizable increase in methane emissions in this sector. The effect of the policy of closing landfills decided in 1992 has not yet been felt and emissions have continued to increase between 1990/95.

3. Nitrous oxide emissions

N₂O emissions rose to about **180,000 tons** in 1990, including 50% from industrial processes and 30% agricultural fertilizer use.

Figure 17: Trend in N₂O emissions (in Gg) from 1990 to 1995, for all of France (Continental + "DOM-TOM")



As for methane, time-trend data is limited for this pollutant. Industrial sector emission have been relatively stable, due mainly to the stability of the relevant activities, except for the production of nitric acid, where the drop in production was compensated overall by higher releases caused by denitrification facilities.

Emission trends between 1990/1995 changed little, as the above chart shows. A decrease in N₂O emission in agriculture should be noted, linked to a drop in fertilizer spreading, in particular in the arable crop sector.

4. HFCs, PFCs and SF₆ emissions

HFCs and PFCs are substitutes of HCFCs and CFCs. In 1997 an inventory of emissions of these greenhouse gases enabling an accurate determination of the quantities released in France will be carried out.

Indications can be inferred from the French annual consumption of products containing these substances (figures based on French consumption taken from European statistics on manufacturers):

- **HFC 134 - A** : 416 tons from aerosols, 166 tons from foams, 1,250 tons from refrigeration and air-conditioning;
- **HFC 143 - A et 125** (commercial refrigeration) : 165 tons ;
- **HFC 23** (extinguishing agents) : 4.1 tons.

This consumption equals a *potential* in annual emissions of 0.81 MMTCE. The inventory underway will give more indications on actual emissions.

Indications can also be furnished on PFCs emitted in aluminum production, through anodizing : **CF₄**. Emissions of this gas were estimated by PECHINEY at 308 tons in 1990, i.e., around 1,570,800 MMTCE. It a voluntary commitment to reduce emissions of greenhouse gases of May 13, 1996, PECHINEY planned, for the year 2000 to reduce its emissions of CF₄ to 115 tons per year, i.e., 586,500 MMTCE.

SF₆ is an insulating gas used mainly in electric power motors (transportation, distribution) in particular in transformers.

According to information given by the International Union of Producers and Distributors of Electricity, “EDF” managed facilities for the transportation and distribution of electricity contain the following quantities:

- 183 tons of SF₆ for distribution facilities,
- 505 tons for transportation.

The volume of SF₆ purchased annually to replace the amounts of gas lost in transportation and electric distribution equals 5.9 tons, corresponding to a likely emission of 0.04 MMTs fossil carbon equivalent.

5. Indirect greenhouse gases: tropospheric ozone precursors

Emissions of nitrogen oxides, carbon monoxide and volatile organic compounds, have decreased noticeably in comparison with 1990 (see previous table).

For these three gases, during the relevant period, decreased emissions were observed in the road transportation sector, due to the application of European directives, and the increasing number of gasoline vehicles equipped with catalytic converters. The decrease was 7% for NO_x, 27% for CO and 19% for VOCs. The transportation sector represented in 1995, around 60% of NO_x, and CO emissions and around 40% of VOC emissions.

For **nitrogen oxides**, emissions are increasing in the commercial, institutional and residential sectors (+9%), decreasing in the electricity and heat generating sectors (-18%) and in industry (-10%, emissions linked to energy use in industry and industrial processes).

Major **carbon monoxide** emissions are generated, in addition to the transportation sector by the residential sector (1,7 million tons in 1995 linked to fuelwood and biomass combustion) as well as industry (1.1 billion tons from iron and still industry as well as the use of some types of coal). Waste incineration releases 0.23 million tons of CO.

Among the major sources of emissions of **volatile organic compounds**, mention should be made of solvent use: emissions equaled around 0.6 million tons in 1995 and decreased by 22% since 1990. VOC emissions from combustion equal 1.5 million tons (including 1 million for transportation) and have decreased by 13% since 1990.

6. Sulfur dioxide (SO₂)

SO₂ emissions were estimated at 1 million tons in 1995 in continental France and have decreased by 22% since 1990. This downward trend is true in particular for sulfur dioxide emissions linked to energy use, only waste incineration has increased its emissions of SO₂ during the period. This overall reduction in SO₂ emissions is part of a downward trend observed over the past dozen years in France (60% between 1980 and 1990). The trend should persist pursuant to the application of the commitments of the Oslo Protocol of June 14, 1994, a reduction in emissions reaching 0.87 million tons is planned for the year 2000, at 0.77 million tons in 2005 and at 0.74 million tons for 2010.

III. DESCRIPTION OF POLICIES AND MEASURES MITIGATING GREENHOUSE GAS EMISSIONS

1. CO₂ emissions (sources and sinks)

The measures described hereinafter concern, on one hand emissions linked to the use of fossil fuels and on the other hand the management of carbon sinks linked to biomass and soil organic matter.

The law No. 96-1236 of December 30, 1996 on the air and the rational use of energy stresses the importance given to combating climate change in France, in particular by including anthropogenic greenhouse gas emissions among atmospheric pollutants that must be controlled through the measures contained in the law (Article 2).

For example, various measures can be mentioned concerning rational energy use that permit a heightening of the efforts undertaken in this field (Title II) as well as a number of provisions concerning transportation (urban travel plans, tax incentives for less polluting vehicles), and provisions specifically targeting carbon dioxide in particular in the traffic code (Article L. 8A of the Traffic Code: manufacture, maintenance and repair of motor vehicles).

1.1. Buildings

Considering the structure of the electric energy production sector (see Section 5), heating in buildings is responsible for nearly all CO₂ emissions (direct and indirect) in the building sector. Moreover, electricity represents a large proportion of the energy used for heating (around 30% of the energy consumed in 1995), and for which, because of an overequipment in nuclear facilities, the content in fossil CO₂ is low today and will remain so until at least the middle of the next decade.

France has been conducting a strong energy control policy in this sector since the first oil crisis based on regulatory measures targeted at new buildings and incentives for existing buildings.

1.1.1. New buildings

As early as 1974 France took the initiative in close cooperation with the construction industry, of mandatory heat insulation requirements for new constructions. The regulations were strengthened on a regular basis, and in the housing area, their scope was widened seeking a holistic approach to the building taking into account both heating performances of the building and of the heating equipment and hot water system.

The adoption of these regulations enabled reducing by half average specific consumption for housing built after 1975. Today, it is estimated that around 15% of total

heating consumption in the residential sector has been saved as a result of the implementation of these thermal housing regulations.

The long term impact on energy demand of the decisions made today in new construction, linked to the long life-time of buildings, incited France to enact even stricter regulations by anticipating constraints that will be implemented to mitigate the greenhouse effect.

1.1.1.1. New residential buildings

The requirements of current thermal regulation have been in force since Jan. 1, 1989. These were developed in 1985 seeking to minimize the overall adjusted costs linked to energy (higher investment costs decrease energy use and therefore lower operating costs).

In order to incorporate into the regulations advances made in the development of low-emissivity glazing, technical solutions offered to professionals have been changed. Strengthening of thermal regulations aimed at making them more stringent to a level equal to the energy saved by the substitution of low-emissivity double glazing to standard double glazing, initially scheduled for Jan. 1, 1997, was postponed until Jan. 1, 1999. A savings of 5 to 10% in heating needs in new housing units is to be anticipated from these measures.

Anticipated effects

Taking into account an annual construction rate of 270,000 new housing units and average heating consumption per housing unit, with current regulations, of 0.7 toe [tons oil equivalent] per year, a savings of 7.5% (on average) on new housing unit heating needs would result in a savings of 16,000 toe per year for buildings entering into service each year from 1999 on. It should be noted that the effect of stricter requirements in the regulations is cumulative; their impact on the long term is therefore much higher than their short-term impact.

1.1.1.2. New commercial sector

Current thermal regulations in force in the new commercial sector (buildings other than housing) are less stringent than those applying to new housing units since Jan. 1, 1989. These regulations are being revised, with the aim of gaining 25% energy efficiency, but this is a heavy task considering the extremely varied operating conditions and different uses of units in the commercial sector.

In order to encourage professionals right now to design more energy-efficient buildings than what current regulations require, sectoral guides have been written by "ADEME" and the Association of Air-conditioning, Ventilation and Cold Engineers. Publication of these eight guides (hotel, office, health, educational, retail, leisure, industry and agricultural sectors) took place between 1992 and 1997.

Taking into account required dialogue with the professional organizations, the entry into force of the new regulations was postponed. For non air-conditioned buildings (77% of new projects today), the new regulations will be issued before June 6, 1998 and apply as of April 1, 1999. Regulations for air-conditioned buildings will be issued before June 1, 1999 and apply as of June 1, 2000.

Anticipated effects

If construction of offices remain at their current level, it is estimated that a unit energy saving of 25% compared with regulations in force, will result in an energy saving of 60,000 toe per year for buildings entering into service each year as of 1999. As with new housing units, this measure will have a cumulative effect over time.

1.1.2. User information

The law on air and rational energy use of Dec. 30, 1996 required that a standardized estimate be supplied regarding annual energy costs of housing units or commercial units for sale or lease. A decree should specify the rules on computing the estimate. At this stage it is not possible to assess the impact of this measures with respect to CO₂ emissions, it concerns both new and existing buildings.

1.1.3. Existing buildings

There are 27 million housings in the residential sector, including 22 million principal residences occupied on a permanent basis, and 720 millions m² of heated commercial premises. Most of this property, 75% for housing and around 65% in the commercial sector, was built before the entry into force of the first thermal building regulations in 1975.

Beginning with the first oil crisis, France developed a strong energy control policy for existing buildings and major improvements have been made. Three types of actions were launched.

- decision making assistance aimed at encouraging owners to carry out energy saving improvements,
- regulation and standardization of components,
- investment aids, subject to several terms and conditions such as direct subsidies or tax incentives.

It is estimated that investments in energy savings in housing built before 1975 carried out pursuant to these measures have permitted energy savings for heating of around 10% of total heating consumption. However, there still are profitable interventions to be made in energy savings, and control of energy consumption and CO₂ emissions in the existing building sector will be pursued in the three directions mentioned above.

1.1.3.1. Encouragement for energy-saving improvements

Various financial incentive provisions for improving existing housing will be mobilized in order to focus on projects that are the most efficient with respect to combating the greenhouse effect. The percentage of this public financing spent on energy savings can be assessed at 2.5 billion French francs in 1992. The provisions are as follows:

- Tax credits: income-tax credits were available from Jan. 1, 1990 to Dec. 31, 1995 for heat insulation improvements, heating regulation, replacements of boilers or in some instances for installing an insert for principal residences built before Jan. 1, 1982. This measure was renewed in 1996.
- Subsidies for housing improvements: this State subsidy is to help low-income homeowners improve their housing units that are over 20 years old, which are principal residences.
- Subsidy from the National Housing Improvement Agency (“ANAH”): this subsidy is aimed at helping improve rented housing units by private owners, built over 15 years ago.
- Subsidy for rental and social housing improvement (“PALULOS”): this subsidy is to assist organizations to improve their rental housing units that they own or manage for social welfare purposes and that are over 15 years old, for the purpose of housing for low-income people.

1.1.3.2. State buildings

State buildings consume each year 2.25 million toe and spend 3 billion French francs per year on energy.

The Prime Minister asked in a circular of January 24, 1991 that each Ministry implement an energy-saving program in buildings under its authority. These actions are coordinated at the national level by a group of senior civil servants responsible for energy within each Ministry.

The current goal is to implement on a priority basis, as of 1995, investments for which the payback will be under 6 years so that state buildings serve as a reference in the energy field, applied to new buildings as well as renovations and the operations of existing buildings. This action represents a priority of “ADEME” which spent 3.2 billion French francs in 1996 on this.

Energy consumption in existing state buildings could thus be reduced by around 12% i.e., a reduction of 200,000 tons of carbon emissions per year in the year 2000.

1.1.3.3. Fuel taxation in the residential/commercial sectors under the greenhouse effect.

Under the fiscal approach to combating the greenhouse effect, France has proposed to its European Union Partners establishing a tax on fuels used in the residential and commercial sectors.

The current minimum excise tax on domestic heating oil should be gradually increased and a minimum excise tax be established on natural gas, liquefied petroleum gas and coal for residential and commercial use. The excise tax should also apply to fuels used for generating electricity for residential and commercial uses.

Anticipated effects of all the measures concerning existing buildings

For housing units built before 1975, the “ADEME” estimated that energy savings that would be profitable, if the price of oil is at 20 dollars a barrel, and a possible tax of 70 ECUs per ton of carbon with an discount rate of 8%, should result in 5.5 million toe per year in the residential sector and probably 2.4 million toe per year in the non-residential sector. The cost of total investments for the implementation of these 5.5 + 2.4 million toe per year would come close to 150 billion French francs.

All of the measures mentioned in § 1.1.2. should help tap this reserve of energy savings potential. It should be noted that energy prices also play a crucial role in encouraging the implementation of these energy-saving investments.

1.1.4. Increasing the use of timber in construction

In 1990, French consumption of wood products in the form of panels and boards reached 14.7 million m³, i.e., around 0.27 m³ per capita, per year. Most of this timber came from French forests; in 1990 less than 10% of the timber was imported (most imported wood comes from logging in sustainably managed forests).

Out of 14.7 million m³, 12 million m³ is for permanent use (in furniture and construction), this represents a long term sequestration of around 2 MMTC per year, 80% in the construction sector and 20% in furniture. In 1995, French timber consumption in the form of lumber and panels dropped 7% compared with 1990.

Market research on French wood product consumption showed that there was a potential for large sales increases in construction; action in this field including the following three approaches was therefore launched in 1993:

1. Developing actions to promote wood products in construction This task was entrusted to the National Committee for Timber Promotion (“CNDB”).
2. Lifting factors impeding a larger use of wood products in construction through research, development and *ad hoc* vulgarization; conducted by the Technical Center for Timber and Furniture (“CTBA”).
3. developing a strategy of supplying products or partially industrialized wood products relying on the sawmill industry.
4. the implementation a permanent monitoring tool generating reliable market data and trends in wood product use in construction.

Measures implemented

A portion of public financing to fund the “example setting achievements” in the assisted rental housing sector is targeted to operations using wood materials in which timber is used to its best potential to meet the technical challenges of the sector (speed, quality, construction site set-up,...)

New actions regarding research on timber in construction have been launched between 1990 et 1994. This effort was increased with the implementation, in 1996, of a multiannual research program organizing research in this field.

In 1993, all these actions promoting the use of wood products as well as research, have been granted public funds amounting to 53 million French francs.

The regional state administrative departments have, moreover, been asked to ensure that timber is not penalized, in particular that:

- local zoning regulations do not contain unreasonable prohibitions on using wood on the outside of buildings,
- the specifications issued by the public owners in construction projects must consider all the technical options in a balanced way,
- timber must not be excluded because of its combustible properties as long as the provisions in the regulations on fire-resistance of the works are complied with.

Finally, within the scope of the law on air and rational energy use of Dec. 30, 1996, it was decided that a decree will determine the conditions under which certain new buildings must contain a minimum amount of wood products before Jan. 1, 2000.

Anticipated effects

Timber use in construction can only be significantly increased over the long term: this assumes, indeed, a radical change in consumer patterns, as well as a serious enough restructuring of the industry so that it manages to assert itself in a highly competitive market dominated by large industrial groups outside the timber construction sector.

Anticipated effect by 2010 of the policy described above follow what was mentioned in the First National Communication of France.

The policy should enable the sequestration of an additional 0.35 MMTC per year (25% linked to developing wood frames and 75% to decorations, fittings and carpentry), i.e., an increase of 17.5% compared with the 1990 level.

Moreover, the emission of an equal amount of fossil carbon can be avoided thanks to the reduction in consumption of materials (concrete, steel and PVCs) that consume a lot of fossil energy to produce.

1.2. Industry

Since 1973, France has been engaged in a process of reducing its energy consumption resulting in particular in a reduction in CO₂ emissions in industry of 38% between 1973 and 1990, whereas, during the same period, industry added-value increased by 24%.

Moreover, it should be noted that more than three quarters of industrial CO₂ emissions are caused by a few sectors for which energy is a major cost component: non-ferrous metals, iron and steel industry, building materials, refining, paper and cardboard, glass, agrofoods, chemical industry. These sectors are concentrated into around a thousand companies that represent 17% of industry's added-value. This justifies, considering the risks of delocalizations, that France wishes that actions concerning industry be harmonized within an appropriate geographic framework and that France intends to exempt fuels for industry from CO₂ taxation that would be applied at the Community level only.

1.2.1. Voluntary agreements

In order to shed light on actions to be undertaken, the "ADEME" has ordered studies aimed at offering an initial systematic technical-economic approach, by sector and by type of action, of the potential untapped fossil energy savings in industrial uses.

Thus, it explored an area of actions that represents up to 20% of potential CO₂ emission reductions through savings in fossil energy or by energy substitutions, i.e., about 5 MMTC on the basis of 1990 activity levels.

This untapped saving takes into account payback times that are higher than those applied today in industry, that are approximately 1 to 3 years, and its effective implementation assumes that all opportunities have been taken that will gradually open up by production platform renewals, with the adoption of new technologies for which technical-economic feasibility is not finally ensured in every instance.

This potential untapped saving is high, but can only be fully exploited if we know how to create the conditions, at the international level, enabling such exploitation without introducing competitive distortions: this difficult issue must be dealt with in the spirit of Article 4 of the Montreal Protocol on CFCs.

France, for its part, has undertaken in 1995, discussions with companies in high energy consuming sectors aimed at the signature of voluntary commitments on control of their greenhouse gas emissions. At this stage, voluntary agreements have been signed with six partners (branches or industries), on the basis of the following objectives:

	1990 Emissions MMTCE (GWP over 100 years)	2000 Emissions MMTCE (GWP over 100 years)	1990/2000 Evolution (%)	Evolution in specific emissions (per unit of product) (%)
Pechiney group (aluminum)	0.78	0.515	-34	
* incl. CO ₂	0.35	0.355	+2	-19
* incl. CF ₄	0.43	0.16	-63	-73
Cement industry	1.8	1.35	-25	-10
Fat lime and magnesia lime manufacturers	0.24		-5 à 5	-5
French Steel Federation	7.1	6.4	-10	-15
Glass packaging industry	0.53	0.5 in 1999 0.47 in 2005	-5 from 1990/1999 -10 from 1990/2005	-18 from 1990/1999 -27 from 1990/2005
“3 Suisses France”	0.03		-5	-25

Negotiations are underway with the French Smelters’ Union. In other branches (chemical, paper and agrofood industries) discussions have taken place, with no agreement in sight.

1.2.2. Supporting measures

As early as 1974, France required carrying out regular energy audits in industrial plants consuming more than 300 toe/year by experts approved by the public authorities.

This provision, which anticipated recommendations of the SAVE directive, is currently being rewritten: the objective is to more effectively incite industries to seize the right opportunities to advance energy efficiency.

Assistance for energy savings in industry can be summarized today as follows:

a) Financial assistance from “ADEME”

- Support for Research and Development.

Projects that receive assistance involve mostly industrial processes (iron and steel industry, smelting, non-ferrous metals, chemical and paper industries), generic technologies (heat exchangers, radiant energy, drying, crushing, heat pumps). Furthermore, the “ADEME” grants a dozen research scholarships (PhDs) a year on these subjects.

- Decision-making assistance, in particular subsidies for referrals to outside consultants, for measuring energy use, or sectoral actions.
- Assistance for demonstrations of exemplary investments

From 1990 to 1993 the sum of these interventions reached 398 million French francs including 132 MFF for R & D and 45 MFF from the regions.

Moreover, under the Goal-Targeted Contract signed in 1995 between the state and the “ADEME”, measures for collective assistance to decision-making through public calls for suggestions will be implemented. Finally, completing “ADEME’s” actions in this field, individual regional assistance for Small and Medium-Size Industries will soon be established through making available the Regional Funds for Consulting Assistance to energy control issues.

b) Tax incentives

- Extraordinary depreciation, over twelve months as of entry into service, of various equipment used for energy savings or to generate electricity through cogeneration.
- An abatement of 50% or 100% in the tax-base of the business tax or the property tax on constructed property, or on equipment having been depreciated on an extraordinary basis as mentioned above.
- Excise tax exemptions on gas and heavy oil used in cogeneration.
- The Companies Approved for Financing Energy Savings (“SOFERGIE”) are granted, in certain instances, a tax exemption on profits and capital gains made on the leasing or rental of equipment used to save energy.

These tax incentives are currently being reviewed within the framework of the mechanism assessing energy control policies; whether they are maintained or modified will be decided at the end of the current financial year, during 1997.

1.3. Transportation

1.3.1. Freight transportation (excluding light trucks)

In the past, technical advances made on vehicle design and an increase in their average size slowed the growth in emissions caused by an increase in traffic; it is estimated that average consumption of heavy trucks has dropped from 34.7 l/100km in 1985 to 33.6 l/100km in 1995, i.e., an average annual drop of 0.3%. Without corrective measures, CO₂ emissions for freight transportation would have continued to grow at a steady rate. France has undertaken three types of actions in this sector:

- technical measures for vehicles in order to reduce specific fuel consumption of heavy trucks;

- institutional actions on the organization of freight road transportation, compliance with social regulations, and pricing;
- an attempt to stabilize modal shares, thanks on the one hand to the development of intermodal transportation with a special focus on combined road-rail transportation and on the other hand an improvement in the network of waterways.

It should be noted that these actions are within the scope, to a large extent, of initiatives to be taken at the European Union level.

1.3.1.1. Technical provisions concerning heavy trucks

The fleet of French heavy trucks includes both older vehicles that travel short distances (30,000 km per year), and newer vehicles with increasingly powerful engines and covering a large number of kilometers (100,000 km per year). Age and increased power are both factors that increase consumption.

Enough power is needed for the vehicle to enter the flow of road traffic and contributes to safety and traffic fluidity. However, even if the average energy consumption (ratio of overall consumption measured over the total number of kilometers covered) of heavy trucks has dropped by close to 20% since 1970, some engine configurations today seem excessive. The advisability of setting limits on the power to weight ratio of these vehicles should be examined at the Community level.

Furthermore, as mentioned in § 1.3.2.1.2 on safety inspections of vehicles in service a decree of July 5, 1994 extended as of January 1, 1996, the requirement to repair vehicles subject to a technical safety inspection (such as heavy trucks and buses) if they fail pollutant emission tests.

1.3.1.2. Institutional actions

In order to restore better working conditions in the profession, various measures were decided in December 1993, in agreement with professionals in the trucking industry:

- making access to the profession more stringent,
- France is acting to promote at the Community level the requirement of tamper-proof chronological speedometers,
- Increasing penalties in the event driving-time and rest regulations are breached.

These measures were implemented as planned. The end of restrictions on cabotage within the European Union planned for July 1, 1998 should include harmonization of working conditions in the sector in the various Member States. The end of these competitive distortions was requested by France in a memorandum remitted in 1989 to amend regulations on driving time into regulations concerning the number of driver working hours.

Likewise the current minimum excise taxes on fuels, determined at the EU level, must be gradually raised to cover the costs of climate change and, more generally, those related to the external effects of transportation.

Several EU countries, including France, have made a serious effort to raise their excise taxes: in France, the excise tax on diesel is 45% higher than the minimum Community rate following increases after 1990. Minimum European Union rates must be increased so as not to create competitive distortions in road transportation or delocalizations in fuel purchases. Furthermore, these increases must be announced well ahead of time in order for companies to adjust to the change in rates in the medium and long-term.

1.3.1.3. Development of intermodal freight transportation

The objective is to develop intermodal alternative to road transportation, where these are relevant and in particular with:

- combined road-rail transportation (containers and mobile containers) for long-distance shipments,
- rail freeways (shuttles) for heavily traveled routes or the passage of geographic obstacles (crossing the Alps for example).

Road-rail combined transportation, in spite of efforts made by the European states and railroad companies, still represents a small proportion of traffic. In France, road-rail combined transportation (12.2 billion tons/km in 1996) increased by 41% between 1991 and 1995 and by 20% between 1995 and 1996. Today it equals, in tons/km, 13% of traffic beyond 500 km.

France is a transit country and transit freight traffic is expected to continue increasing at an annual rate of nearly 4.5% and will correspond to over one quarter of the increase in land-based freight traffic for all modes in France between 1990 and 2000. Whereas it is with long-distance traffic, and in particular international traffic that combined road-rail transportation can be competitive, the situation in the various European Union countries shows the limits of national policies that are being implemented: in the case of countries on the edge of the Union, it should be noted that 92% of land-based freight in Spain and Portugal traveling to other Member States and 83% in Italy and Greece, is hauled by road.

The objective by the year 2000, in the field of combined transportation, is to double the volume compared with 1990 (+7 G tons/km). In particular, efforts made for expanding infrastructures are aimed at making sure that the development of combined transportation is not hindered by a lack of capacity.

Institutional aspects

In order to foster combined road-rail transportation in international traffic, Community directive 91/440/EEC have provided for enabling access to rail infrastructures of the Member States to international combined transportation. France incorporated into its domestic law the directive. The law of February 13, 1997 that established the public corporations “*Réseau ferré de France*” (the French railroad network), responsible for

development and enhancing the value of the rail infrastructure, is a crucial stage for implementing the directive.

From a technical standpoint, true inter-operability of Community rail networks must be guaranteed. France wishes that the European Union avail itself of the means to coordinate regulations, technical specifications and standards concerning current features of the infrastructures, rolling-stock and logistical means.

Research and development

Substantial funding for research and development was devoted to intermodal transportation within the scope of "PREDIT" (Program for research and development for innovation and technology in road transportation) over the 1990-1994 period. In 1995 a decision was made to launch a new PREDIT program for 1996-2000 period with funding of around 400 MFF for intermodal freight transportation.

Infrastructure development

Upgrading to gauge B+ of major freight lines is being pursued. Financing since 1985 of the gauge upgrade has reached 250 million French francs; an additional 700 million French francs will be provided by 2000.

New transfer platforms will be built between 1994 and 2000 on four of the ten major focal points of combined transportation in France (Bordeaux, Lille, Lyon and Marseilles). State and regional contributions to these investments will equal 100 million French francs per year, which represents more than three times the amount compared with the 1989-1993 period (30 million French francs per year). This effort will be completed by equipping the "Paris Nord Est" train station construction site and by upgrading other terminals that form a part of this network.

Regarding rail freeways, the recent opening of the Eurotunnel shows that technologies are now available. Preliminary studies for the high-speed Lyon-Turin line that are about to begin also cover freight traffic. The opening of a rail freeway between Ambérieu and Turin and, initially, a shuttle service through the French-Italian tunnel will be studied.

Regarding the development of the waterways network, projects underway (Niffer-Mulhouse, dredging of the Saône, Bray-Nogent) will enable maintaining some traffic that would otherwise have shifted to the road.

Assistance with equipping trucking companies

Pursuant to Community regulation 1107/70/EEC as amended, the state, the "ADEME" and "EDF" implemented in 1990 a program to encourage trucking companies to purchase combinable equipment. The mechanism is aimed at fostering access for small and medium-size companies to combined road-rail transportation: trucking companies that wish to access combined road-rail transportation or increase their freight volume using this method, may receive financing for required equipment (road-rail semi-trailers, mobile road-rail containers that can be attached to their underframes, bimodal units) through leasing at low rates in exchange for meeting combined road-rail transportation targets. A system of penalties in the form of higher rents in the event of failure to meet the targets is implemented.

The process will be pursued by allocating the required funding to meet the demand of the trucking companies. The total amount of assistance recorded since 1990 reached, at the end of 1996, 17 million French francs, for a total investment of 102 million French francs.

Anticipated effects

Actions undertaken at the French level, regarding freight transportation, will only be effective if they are relayed at the Community level by a more balanced policy of allocating transportation costs (infrastructure, congestion, safety and environmental costs) and by better respect for social regulations and by stronger investment assistance.

Under these conditions, and provided this action-oriented policy is pursued beyond the year 2000, over the 2000/2020 period, the impact of all the measures concerning freight transportation would increase from 0.35 MMTC/year in 2000 to 1.6 MMTC/year in 2020.

1.3.2. Passenger transportation and light trucks

Passenger car CO₂ emissions have risen at an annual rate of 1.6% between 1990 and 1995 and that of light trucks rose by 2.9%. These growth rates are lower than traffic (expressed in vehicle/km): 2.5% and 3% respectively. These figures reflect a drop in average consumption of the fleet caused in part by the drop in consumption of new vehicles designed before the oil crisis of 1985.

Following a long period of decreased consumption, begun with the first oil crisis and which persisted until the end of the 80s, standard average consumption for new vehicles, gasoline or diesel, sold in France, is moving up again. This increase is especially strong in urban consumption, linked with an increase of 10% in the average weight and engine power of the vehicles over the 1985-1993 period. It should be noted that vehicles remain geared for intercity use on freeways whereas over 50% of energy consumed by road transportation is in the urban environment and that, over the last fifteen years, energy consumption of urban transportation has risen four times as fast as in intercity transportation.

Measures that France intends to take and that will have a significant impact on CO₂ emissions of passenger transportation are of several types:

- with technical improvements to passenger vehicles and light trucks, reducing specific vehicle consumption and inciting buyers to choose high mileage vehicles, to foster the development of vehicles designed specifically for cities and to promote alternative vehicles.
- with urban travel, local authorities should encourage the promotion of better organized travel within the city.
- with inter-regional travel, developing transportation options, high speed trains, replacing fossil fuels with electric energy.

1.3.2.1. Technical improvement to vehicles

1.3.2.1.1. Reduction in specific consumption of new vehicles

Measures to be taken in this field must be coordinated at the European Union level. France fully supports the Conclusions of the Council of June 25, 1996, announcing the objective of an average level of CO₂ emissions for new cars sold in the European Union of 120 g CO₂ per km to be reached by 2005 or, at the latest in 2010.

Pursuant to the conclusion of the Council, this objective must be reached within the scope of voluntary agreements with the automobile industry. This is the context in which French automobile manufacturers, Renault and PSA Peugeot Citroën, have voluntarily undertaken to lower CO₂ emissions of new vehicles sold within the European Union to less than 150 g CO₂/km in 2005.

Furthermore, the new PREDIT program will maintain its research effort on the consumption of new vehicles over the 1996-2000 period. Around 2 billion French francs in programs will be spent for energy-saving vehicles. Improvement in the fuel-engine-depolluting cycle, research on materials and the lighter vehicles, focus on non-conventional engines, designing low consumption demo projects are the main actions being considered on this issue.

Anticipated effects

Assuming that the objective of 120 g CO₂ /km will be reached in France in 2010 and the consumption of light trucks follows the same trend a reduction in emissions of around 4.7 MMTC/year can be obtained by 2020.

1.3.2.1.2. Safety checks for circulating vehicles

Out of an estimated 24 million French passenger cars (private and commercial), 62.5% are estimated to be over 4 years old.

Safety inspections have been mandatory since December 31, 1985, upon the sale of a vehicle over 5 years old and under 3.5 tons. A regular safety inspection has been required for all these vehicles, whether sold or not, as of January 1, 1992. The inspection carried out in approved centers, covers 52 items defined in a decree of June 18, 1991 among others inspection of carbon monoxide emissions (gasoline) and exhaust fumes (diesel).

The safety inspection has been required every two years for vehicles that are over 4 years old since January 1, 1995. A decree of July 5, 1994 requires mandatory repairs of vehicles that have failed pollutant emission tests during the safety inspection, as of:

- October 1, 1994 for gasoline vehicles without catalytic converters,
- January 1, 1996 for diesel vehicles,
- January 1, 1997 for gasoline vehicles with catalytic converters.

Anticipated effects

Safety inspections seem to have had a positive impact on the tuning of gasoline vehicles since the failure rate observed was higher than 50% during free inspection drives sponsored by the “ADEME” in the early 90s, and is now only 25% with current mandatory inspections.

An average drop of 10% in consumption and in pollutant emissions on 50% for gasoline vehicles that were not in conformity in 1990 can be anticipated.

1.3.2.1.3. Bonus for the destruction of vehicles that are over ten years old

A 5,000 FF bonus for replacing with a new vehicle one that is older than 10 years old and must be destroyed, was implemented in early February 1994 until the end of June 1995. From October 1, 1995 until September 30, 1996 an “automobile quality bonus” was substituted replacing vehicles that were over 8 years old.

Compared with natural renewal, it is estimated that these bonuses have encouraged replacement of close to one million additional old vehicles while these bonuses were in force. Impact on CO₂ emissions is large in the short term (several thousand tons of carbon a year).

1.3.2.1.4. Developing vehicles specifically designed for urban areas

Urban traffic represents an increasingly large share of vehicles in circulation though vehicles are designed for traveling at 130 km/h on freeways; a third of the 14,000 km annual average distance covered by a light vehicle is in an urban environment, the equivalent of half the fuel consumption.

Increased fluidity as well as less pollutant emissions must be sought thanks to a vehicle especially designed for urban use, featuring a small size, lower power, speed and lower pollutant emissions, less noise and a corresponding decrease in passive safety requirements currently determined by the traveling speed on roads and freeways. For the purpose of defining specifications for such a vehicle, the French government has set-up a working group involving all the relevant actors.

This group is reviewing regulatory measures needed at the Community level, tax measures at the national level and measures concerning traffic regulations at the level of urban areas which could foster a new market large enough to make the price of such an « urban » vehicle competitive. Its conclusions should be available in 1998.

Anticipated effects

In France, the annual market for new passenger cars is around 2 million vehicles. It is not yet possible to determine market volume for this specifically urban vehicle knowing that manufacturers will only design this type of product if the conditions are met to ensure that its sales expand rapidly.

At best, an objective of around 1% of the market could be set for a specifically urban vehicle by 2000. This objective will only be met if an action-oriented policy is conducted simultaneously in all the Member States of the Community, thus contributing to creating a real community-wide market for a specifically urban vehicle.

1.3.2.1.5. Promoting electric vehicles and other alternative vehicles

The law on air and rational energy use of Dec. 30, 96 enacted a number of measures aimed at fostering the development of electric vehicles and other alternative vehicles powered by liquefied petroleum gas or natural gas. Besides extending exceptional depreciation benefiting electrical vehicles to other alternative vehicles, to specific equipment and electric motor scooters, the main measures are the exemption or decrease in the tax on company vehicles for electric vehicles or other alternative vehicles as well as the requirement that the various public managers of vehicular fleets procure a minimum of 20% of such vehicles when renewing fleets;

These measures complete existing measures, aimed at encouraging the purchase of electric vehicles (5,000 FF bonus from the state in effect until Dec. 31, 1998 limited to 10,000 vehicles) or use of other alternative vehicles (drop in the excise tax on LPG fuel). These measures support research on these types of vehicles.

Anticipated effects

The French electric vehicle fleet remains marginal, near 3,000 vehicles.

The targeted objective is that electric vehicles be purchased by the general public, which in spite of efforts made by the two major French manufacturers in coordination with the public authorities and other partners, is still fledging. A real growth in electric vehicles and other alternative vehicles will have to wait several years and can be anticipated around the year 2000: replacing standard fossil fuel vehicles by 100,000 electric, 300,000 LPG and 3000 natural gas vehicles would allow for a savings of several thousand tons of carbon at least. Beyond 2000, a real increase in the number of electric vehicles may be witnessed if the initial large-scale marketing of the vehicles enables, we hope, manufacturers to overcome economic hurdles that, in the current phase, still prevent the general public from adopting electric vehicles.

1.3.2.2. **Urban travel**

The law on air and rational energy use of Dec. 30, 96 made it mandatory for all cities with populations of over 100,000 to draft urban travel plans. These urban travel plans, drafted and implemented by the competent authorities organizing urban travel in the relevant cities, define the principles of organization for public passenger transportation as well as for freight, traffic and parking.

The urban travel plans focus in particular on automobile traffic reduction, the development of less expensive and polluting transportation modes, the development and exploitation of networks of streets, organizing parking, transportation and freight delivery, etc.

Anticipated effects

It is difficult to calculate before hand the impact of the measures that will be enacted by the local authorities within the scope of urban travel plans. The impact should remain marginal in 2000, but could rise beyond 1MMTC/year by 2020.

1.3.2.3. Development of high-speed trains

Following the opening of the first TGV (High-speed train) line in 1981, France decided to build a high-speed rail network adopting as early as 1991 a master plan of national high speed rail links.

This plan provides for around 4,700 km of new high-speed lines of which 1,260 were already operational in 1995:

- TGV South-East between Paris and Valence
- TGV Atlantique
- TGV Northern-Europe and cross-channel link
- Ile de France (Paris region) interconnection

By 2000, the Mediterranean TGV will be completed up to Marseilles and the first phase of the Eastern TGV will have begun from Paris to the Moselle Valley.

Moreover, the state is encouraging research and development in particular through “PREDIT”. 445 million French francs have been allocated specifically to high-speed trains between 1990 and 1994 with, in particular, the new generation TGV program. This effort will be pursued within the scope of the new “PREDIT”: around 500 million French francs will be spent on the high-speed train system.

Expansion of the TGV network allows replacing fossil fuel generated power by non-fossil fuel generated electricity (nuclear or hydropower) for “high-speed” traffic (freeways, aircraft or trains). Its therefore has a positive impact on greenhouse gas emissions.

Infrastructure expenses for the high-speed network reached 33.3 billion French francs from 1990 to 1995, i.e., 5.5 billion per year. The cost of the future Mediterranean TGV and Eastern TGV is estimated at 48 billion French francs.

Anticipated effects

Traffic estimates by the “SNCF” (the French National Rail Company) concluded that the opening of the Mediterranean and Eastern TGV will divert from air travel respectively 1.8 and 0.7 billion passenger/km per year. Diversion from road travel would reach 0.7 and 0.3 billion passengers/km per year.

It is estimated that this will lead in 2000 to substituting electric energy that is « climate friendly » by 130,000 toe per year for aircraft and 30,000 toe for road travel. The estimated gain in terms of CO₂ emissions will therefore be around 130,000 tons of carbon per year.

1.4. Electricity

France's originality in terms of electric production considerably narrows its options for mitigating future emissions in this sector.

Nuclear power, implemented in France more than in any other country, eliminates all CO₂ emissions. CO₂ offset by French nuclear production of 378 TWh can be estimated in 1996 at 117 MMTC if compared to coal power plants and 59 MMTC if compared to combined-cycle gas power plants.

Fossil fuel power production by "EDF" dropped from 30.4 TWh in 1993 to 12.6 TWh in 1994, then rose again to 17.4 TWh in 1995 and to 21.2 TWh in 1996. The 1995 rise was due mostly to regulatory requirements on the maximum temperature of nuclear plant water discharges, that required stopping some plants during the summer of 1995. In 1996, the new increase can be explained by the drop in hydropower production which already occurred in 1995 and an increase in demand in France.

Fossil fuel power production excluding "EDF" has been stabilized around 20 TWh. The development of independent production through cogeneration has not yet had a noticeable effect on national production figures.

CO₂ emissions in the electricity sector amounted to 10 MMTC in 1990. Considering that the "EDF" fossil-fuel power plants were used less, these emissions dropped to 7 MMTC in 1993 and 1994. Because fossil fuel power production increased, these emissions reached 7.9 MMTC in 1995 and 8.6 MMTC in 1996.

Considering the situation of the nuclear and hydropower sectors (over 90% of electric energy production generates zero carbon, see the Section on National Circumstances), for its CO₂ emissions France has little mitigating room left to act on its electricity producing plants alone; France nevertheless intends to continue limiting emissions in this sector through two principal means:

- acting on demand for electricity to smooth the load curve
- developing the use of electricity as a substitute to fossil energy everywhere where this can reduce CO₂.

1.4.1. Investments in new nuclear power plants

Six new 1,300 MW PWR plants became operational between 1990 and 1994 and four PWRs of 1,450 MW are currently under construction, or for some already on-line, with full-scale operations scheduled before the year 2000. The nuclear infrastructure program for 1990-2000 concerns the production of a total 13,600 MW.

For example, basic operations of these ten plants, with availability at 82% and a rate of use of 85%, equals an annual production of around 84 TWh, with no CO₂ emissions. The same production from coal power plants, or combined-cycle gas plants, would generate respectively 25 or 12.5 MMTC/year.

“EDF’s” infrastructure program for production means has acknowledged a noticeable slowdown in the rate of launching of new nuclear plant constructions, taking into account the slow growth in domestic electricity consumption, the high availability of the nuclear plants, the development of independent production (in particular cogeneration), and the lengthening of the life-expectancy of coal-fired power plants.

Considering anticipated trends in the balance between supply and demand for electricity, new nuclear plants will not have to come on-line before 2010.

1.4.2. Electricity exports

Electricity exports have been growing rapidly since 1990 (see table below). The electricity trade balance with other countries has risen from 46 TWh in 1990 to 69 TWh in 1996, i.e., a 50% increase in production compared with 1990. Corresponding gains in terms of CO₂ emissions can be estimated at 6 MMTC/year, assuming that French electricity exports are mainly replacing coal-fired production abroad.

YEAR	EXPORTS (TWh)	IMPORTS (TWh)	TRADE BALANCE (TWh)
1990	52.4	6.7	45.8
1991	58.7	5.5	53.2
1992	58.5	4.7	53.8
1993	65.1	3.7	61.4
1994	66.9	3.7	63.2
1995	73.0	3.0	70.0
1996	72.6	3.6	69.0

Contracts currently being signed will enable these exports to continue at around 70 TWh by 2000. However, considering excess production capacity in most of France’s neighbors, increased competition among foreign producers caused by the opening of the internal electric market and problems with the construction of new interconnection power lines, the export balance will probably not be maintained at current levels beyond the year 2000. A volume of 50 to 55 TWh seems more realistic by 2010.

1.4.3. Development of cogeneration

Since the early 90s, there has been a renewed interest in cogeneration in France, with the near-exclusive development of combustion turbines and gas engines, whereas the older units were for the most part, steam turbines. Installed power reached 3.2 GW as of Jan. 1, 94, including 2.4 GW for steam turbines.

This situation was made possible by a regulatory provision that obliges that “EDF” purchase electricity produced by cogeneration facilities of a size under 8 MW. Beyond this

limit, a ministerial authorization is required; the Ministry of Industry has agreed to approve this type of project up to a cumulated power of 1 GW in the year 2000. The purchase rate is determined by reference to the offset costs for “EDF” assuming financially balanced production facilities (i.e., marginal long-term cost).

A study by “ADEME” estimates the economic potential of cogeneration in France, in the industrial and commercial sectors (excluding district heating), between 5 and 10 GW, depending on whether one relies on return investment payback of 5 or 12 years. This capacity would be added to existing facilities.

Considering current facilities, the prospects for the development of cogeneration are estimated at 6 GW over the 1995/2020 period. It is likely that because of seasonal variations in purchase rates, this equipment would operate mostly under winter rates and that electricity generated by this method would replace for the most part fossil-fuel produced electricity. The foreseeable impact in terms of CO₂ emission reductions is indicated below:

	2000	2010	2020
New cogeneration capacities (GW)	1.5	4	6
Electric production (TWh/year)	9	24	30
CO ₂ impact (MMTC/year)	1.6 (*)	1 (**)	1.2 (**)

(*) replacing coal-fired power plants.

(**) replacing combined-cycle gas power plants.

1.4.4. Reducing peak demand curves.

Reducing peak demand curves and especially seasonal winter peaks is being actively sought because it would permit an even greater reduction in fossil fuel power plants hours of operation.

Such reduction is sought to save electricity and to shift some of the consumption times.

For this reason, “EDF” has developed a sophisticated rate system and has just implemented a low voltage “TEMPO” rate that offers six time periods at different prices during the year and will contribute to stabilizing the annual demand curve with a reduction during winter peaks and lesser use of fossil fuel power plants. Around 70,000 accounts have been opened at this time, this represents less than one-third of the targeted objective for 1996. Marketing efforts are being implemented to catch-up on the lag and reach one million homes of account holders around the year 2000. By then, the “TEMPO” rate will represent 5.4 TWh/year in terms of electric consumption; the drop in consumption during peak hours could reach 1.5 TWh/year, i.e., a reduction in emissions of around 0.35 MMTC/year. In 2010, the impact of these measures may be estimated at 0.5 MMTC/year.

Moreover, the cooperation agreement in the field of demand side management (“DSM”), signed in February 1993 between “EDF” and “ADEME” for a 3 year period, was renewed in 1996. It will enable extending on a national scale a certain number of pilot actions conducted at the regional level (distribution of low-energy lamps, promotion of efficient uses

of electricity in industry, etc...). Reductions in emissions resulting from these policies would at most reach 0.5 MMTC/year by 2010.

1.4.5. Substitution of electricity to fossil-fuels at the final consumer level

The state planning agreement covering 1997 to 2000 renewed, for “EDF”, a business priority of promoting efficient applications for electricity in industry.

1.4.6. Unwanted side-effects of electricity rates equalisation

Adjustments of the rates of low voltage electricity over the entire French territory masks electric production and distribution cost disparities and results in electricity being sold under its real cost, on the one hand in remote regions where electricity is essentially produced from fossil fuels (Corsica, Overseas Districts and Territories, see further ahead), on the other in low-density rural areas, whereas it is sold above its real costs in urban areas.

This situation has two consequences that deserve to be corrected:

- On the one hand electricity has an artificial advantage compared with new and renewable energies which in rural areas, the Overseas Districts and Corsica, would have a niche in which they may be profitably and efficiently developed. New and renewable energies are ones used to produce electricity or to replace it.
- On the other hand electricity price adjustments generate additional consumption compared with a rate reflecting real costs. This entails in remote areas that are not connected to the continental network, mostly supplied by nuclear and hydropower, additional CO₂ emissions estimated at 0.15 MMTC/year.

Promoting DSM and renewable energies in low-density rural areas has been ensured since 1995 through the implementation of a specific installment within the scope of “FACE” (Fund for the depreciation of electrification costs); of an initial amount of 100 MFF at its creation in 1995.

In 1995, selected projects reached, for DSM, 5.5 MFF and, for new and renewable energies (“ENR”), 63.2 MFF, i.e., a total of 68.7 MFF. In 1996, these projects represented 5.3 MFF for DSM and 23.8 MFF, or a total of 29.1 MFF. For these years, most of the equipment was photovoltaic (85%) windpower and hydropower equipment representing respectively 13.5 % and 1.5 %. At the current stage, the impact of these projects in terms of fossil carbon emissions’ reduction is still low.

In the Overseas Districts, where electricity, for the most part, comes from fossil fuels, “ADEME” and “EDF” distributed over a million low-energy consuming lamps in the early 90s. These two organizations were also responsible for supervising a plan to distribute 20,000 solar water heaters; sales in 1996 (a little over 5,000 units) show that the objective should be reached by 2000. These two actions should enable a reduction in fossil carbon emissions in the Overseas Territories of around 11,000 TC/year by 2000.

Moreover, an experimental label was launched in 1996 for the purpose of promoting, in these Districts the design of housing units with bio-climatic architecture to avoid or alleviate

the use of artificial air-conditioning; these housing units should, moreover, employ efficient solutions to produce hot bath water.

1.5. Increasing forest carbon sequestration

1.5.1. Trends in tree-planting policy

Begun early in the last century, the expansion of forest land in continental France during an initial stage moved slowly: from around 7 million hectares in 1830, it reached 11 million hectares over a century later (in 1945), sometimes increasing or stalling in the meantime (in particular between the two World Wars). When the National Forestry Fund (“FFN”) was established in 1947, a new impetus was given to forest growth, with acreage increasing to nearly 15 million hectares in 1990, leading to a percentage of total forest land of around 27%.

The expansion of French forest land has averaged 63,000 ha per year since 1945, this increase includes annual natural expansion (natural fallow growth) and tree-planting (planting on non-forest land). The “FFN” subsidized on average tree-planting on 21,000 ha per year over the period, starting with a high rate in the fifties (30,000 ha per year) to around 10,000 ha per year during the 80s.

In 1993, France decided on an objective of gradually increase the annual rate of subsidized tree-planting up to a level of 30,000 ha/year in 1998. In 1994 and 1995, 12,000 ha and 11,000 were respectively subsidized. Due to budget constraints, the objective of annual increases in subsidized tree-planting was finally abandoned and expectations are that the rate will be maintained at 10,000 à 12,000 ha/year until the end of the decade.

1.5.2. Measures implemented

The policy of public assistance in encouraging forest growth applies to reforestation of forest land (which, in particular, helps improve forest quality and recreate forests destroyed by disasters), as well as expanding forest acreage (tree-planting).

The subsidy mechanism for initial investments has been completed, since 1994, by the payment of a bonus to farmers or landowners as compensation for lost revenue. Fifty percent of the corresponding expenses are covered by the Community budget within the scope of measures facilitating the reform of the Common Agricultural Policy.

This mechanism is completed by various tax benefits (e.g., partial exemption of the tax on non constructed property and the inheritance tax).

1.5.3. Impact in terms of carbon sequestration¹

A growing forest enables lasting carbon sequestration of the above and below ground tree biomass. For forests located on former agricultural lands, carbon is also sequestered in soil organic matter.

In 1990, the annual production of forestry biomass was around 56 million tons of dry matter, corresponding to the sequestration of 28 million tons of carbon. Considering the quantity of harvested wood, the increase in carbon sequestration contained in forestry biomass reached 12 million tons in 1990. In 1994, considering the decrease in harvesting and increased growth compared with 1990, the increase in carbon sequestration of the forestry biomass reached 14.3 million tons per year.

Simultaneously, there has been an unknown amount of carbon sequestration in soils, probably around 1 to 2 million tons (studies underway will clarify this issue, see Section VIII-2-2-2).

Considering the tree-planting policy described here, annual carbon sequestration in French forests should rise from an annual rate of 12 million tons of carbon per year in 1990 to 17 million tons of carbon per year in 2000, under the combined effect of an increase in annual biomass production (+2.7 billion tons of carbon per year) and a drop in harvesting (-2.3 million de tons of carbon per year), 1990 being an unusually high year for harvesting of lumber wood.

Furthermore, because of an increase in forestry acreage of around 110,000 ha by the year 2000, the amount sequestered in the biomass must be increased by a small amount, probably less than 0.10 million tons per year, to take into account soil² carbon sequestration.

The cost of tree-planting on farmland, related to a ton of carbon sequestered in the forestry biomass and the soil, is on average of 370 FF/t.

1.5.4. Forests-fire protection

On average over the last decade, around 4,700 fires spread each year over 31,000 ha of forests, moors, bushes and scrublands. With two fires out of three the Southern Mediterranean is the area most at risk, but the risk is also high in the Southwest and West of France during major drought years.

The policy of forests-fire protection includes:

* preventive actions, with three facets:

- increasing public awareness of the danger of bringing accidental sources of heat into the forest,

¹ Estimates indicated in this section cover all “woods and forests” and “poplar groves”; they do not include “forested areas outside of forests”, that only represent a small share in annual production of forestry biomass and on which little reliable data is available, in particular in terms of growth.

² This estimate does not take into account the natural expansion of forest land, which will likely follow the rate observed over the recent past (+50,000 ha/year), nearly compensating the trend of forest transformation into “follows, moors” or artificial soil use.

- monitoring fire starts through stationary observation posts and with fire patrols,
- building and maintaining infrastructures for the improvement of forest stands: trail maintenance, water points, clearance areas, firewall clearings,...

Most of the budgetary funds are focused on the last two facets.

- * building fire-fighting means and their implementation by firefighter teams from the relevant local communities (totaling 27,000 firefighters), backed by a national system that includes an airborne intervention force (28 water bombers) and a ground intervening force of 1,7000 firefighters.

For high-risk districts, the state's financial effort amounted in 1995 to a higher level than that of the European Union (13 ECU/ha/year for France versus 6.5 ECU/ha/year for the Community average). Over the medium term, it enables limiting annual damage to 0.29% of forest land subject to risk, versus 1.08% for the Community average.

1.6. Carbon emissions linked to changes in agricultural land use

The major trend of diminishing farmlands which benefits forests, "unused" lands (moors, fallow lands) and artificial soil use, should continue during the 90s (-120 000 ha/year over the long-term).

Moreover, public incentives affecting land use within farming acreage have been changed.

Before 1993, the Common Agricultural Policy ("CAP"), through in particular a mechanism of price supports for producers, strongly encouraged increased agricultural production, causing a conversion into arable land, of grasslands (temporary and permanent pastures) and to a lesser extent, of forest land (the clearing of forest land continued until recently in some regions even though, at the national level, there was a strong increase in net forest land).

CAP reform should put an end to these trends:

- on the one hand, it was believed that there no longer were any strong incentives for increasing the acreage of arable crops (these new lands could receive hectare-based subsidies paid to producers of arable crops only in exchange for a reduction in the average subsidy level per hectare and the imposition of an exceptional set-aside the following year),
- on the other hand, cattle raising would not be encouraged to increase production by lowering grassland acreage and by replacing these with cultivated fodder or other vegetable crops (subsidies granted, in particular in the beef sector, are limited by the number of animals per hectare of fodder acreage, to a level that is nevertheless rather high, and corn-fodder acreage remains outside the mechanism).

Therefore, it seemed reasonable to expect an end to pasture or forest conversions into farmland. In fact, this has not occurred up to now and recent modelling work show that the

economic advantage linked to intensified farming remains sufficiently strong for pasture or forest conversion into farmland to continue until 2000. Beyond that, it would be prudent to wait for the results of thinking underway on a new stage in modifications to the Common Agricultural Policy.

Finally, the Common Agricultural Policy now has a mechanism for mandatory set-asides of part of the acreage of arable crops, which will influence the growth of organic matter in lands concerned by this measure.

Impact regarding greenhouse gases

It is now estimated to be highly unlikely that changes in the use of lands, as explained in Appendix III, will take place by the year 2000; a decrease in annual carbon emissions of around 2 million tons compared with 1990 levels should not occur by then. It may well take place later over the 2000/2020 period.

1.7. New and renewable energies

Renewable energies represented in France, in 1990, 22% of national production of primary energy with 22.9 million toe, including 12.9 million toe for hydropower. In 1995, the production of renewable energy reached 29 million toe, including 17 million toe for hydropower

Renewable energies therefore offer a real asset in terms of energy, in economic terms and under certain conditions in environmental terms, developing these energies is encouraged in different sectors.

1.7.1. Developing wind energy use

In 1966 France launched a plan to develop wind energy. The objective was to implement by 2005, a wind energy electric production capacity of between 250 and 500 MW, depending on the economic value of the targeted projects. Each potential operator states through competitive bidding the purchase price for electricity required to render the project viable.

In 1993 and 1994, two plants of 2.2 and 3 MW were built respectively in Port la Nouvelle and Dunkirk. By 1997, opening of the two first phases of the competitive bids should lead to choosing projects equaling a total installed generating power of 50 MW.

Considering the size and structure of all the national electric power plants, impact in terms of mitigation of CO₂ emissions will remain limited until 2005 (below 50,000 TC/year).

1.7.2. Developing the use of wood energy

With over 10 million toe, wood is in third place in national energy production.

Over 80% of wood energy is used for individual heating: nearly a quarter of house use it for basic heating and another quarter for extra heating. This traditional consumption, thought not well studied (because, for the most part, it is outside commercial networks), appears to have been rather stable over the last ten years, with a replacement of traditional

methods (cooking stoves and heaters in old houses) by new methods (closed fireplace in new houses, in particular as an addition to electric heating).

Consumption for the heating of buildings or commercial premises is a recent development and represents around 0.1 million toe per year; it concerns around 200 central heating systems implemented with assistance from “ADEME” over the last ten years.

Finally the wood and paper industry consumes a little over 1 million toe per year in waste and wood by-products.

Additional available resources are composed of the following:

- a low-cost source between 0.2 and 0.4 million toe/year as wood by-products or waste;
- a source, at a high collection cost, of wood harvested in forests representing up to 3 million toe/year (gathering would be carried out ensuring that the resource is managed sustainably);
- of wood from hedges and short rotation forestry that can be planted close to where it is consumed, for example on set-asides of “arable crops” established by the CAP;

Moreover, thanks to a constant renewal of combustion materials, gradual improvement in energy performance of the equipment would allow for increasing the actual contribution, in terms of fossil energy savings, of the currently exploited source (by 2015, this process could free between 1 and 2 million toe of wood in housing heated with wood in 1990, i.e., a potential reduction of fossil energy consumption of the same amount).

Two type of specific actions have been decided, furthermore, to strengthen the position of wood energy in France’s energy supply:

- the rate disadvantage of wood energy caused by the below-rate price of low-voltage electricity (due to rate adjustment) should be rectified in low density areas (see section III -1-4-6);
- A “Wood Energy Plan” has been implemented under which the state and local authorities in a number of pilot regions, intend to create the conditions needed for organizing a real wood energy sector for central heating, acting both on supply (wood supply, installation and maintenance of combustion equipment) and demand (in particular in government building and housing).

Measures implemented

Within the scope of a Wood Energy Plan, the development of wood use in central heating systems has been encouraged by the payment by the public budget (state plus local authorities and possibly the European budget), of all or part of:

- feasibility studies,

- equipment need for the sector supplying the product (harvesting, storage, packaging),
- excess costs of investments in heating systems, compared with competing options,
- facilitation, training and assessment.

Subsidies are contributed on a case-by-case basis depending on the local context, so that the biomass option is attractive compared to competing fossil-fuel energy options.

The planned public budget for the 1995 - 1998 period totals 148 million French francs.

Moreover, France obtained the inclusion of wood energy (non-processed products) on the list of products that could be taxed at the lower VAT rate, annexed to the sixth European directive. This measure should, first help develop wood energy and, second, encourage the integration of the sector supplying individual heating into commercial networks. This should improve an economic activity (felling, transportation, woodworking) providing around 25,000 jobs in France. A first step was made in the 1997 Budget law which provides for a lower VAT rate for wood used for home heating.

Impact in terms of emissions

French forests are managed sustainably, carbon released during wood combustion must not be taken into account. However, wood combustion releases greenhouse gases other than CO₂, such as CH₄, N₂O, that diminish the positive contribution of wood use to the mitigation of climate change.

Renewal of existing equipment by higher performance ones, lowering CH₄ and N₂O emissions, should substantially increase the contribution of wood energy to combatting the greenhouse effect in the future, however, considering the life expectancy of equipment, this change will certainly be slow.

Overall it can be estimated that, under current circumstances, the use of the 10 million toe of wood allows offsetting emissions of around 5 million tons of fossil carbon.

The measures described here, as well as the expansion of the “TEMPO” rate (that increases the economic value of a wood/electricity combination) should permit maintaining the level of wood consumption in individual heating in the year 2000, or even increasing it after 2000.

The wood energy Plan provides assistance for installing up to 250 central heating systems in thirteen districts or regions, representing a foreseeable consumption of wood of 70,000 toe. This will permit offsetting, over time, emissions of around 55,000 tons of fossil carbon, while creating over 260 jobs, mostly located in rural areas. As of January 1, 1997, 39 heating systems, with a total capacity of 46 MW for an annual consumption of 12,500 toe had been implemented.

But the real stake is over the long term: the issue is to promote an organization of the sector allowing it, in the event of a significant change in the energy situation, to grow substantially. A prospective study concluded that, considering the available resource and in particular its geographical distribution, and depending on the trend in prices for the final user of fossil energy (taxation of fossil carbon), wood consumption in the heating of buildings and industry could triple by 2020, going from 1 to 3 million toe per year.

1.7.3. Development of agricultural biomass production for energy use

The production of energy with a low fossil carbon content is one of the best methods over time to meet the ultimate objective of the Climate Convention. Moreover, France has a dynamic and efficient agricultural sector, that is particularly affected by weak world market outlets for food.

In order to respond to this two-tiered challenge, a scientific group Agriculture for Chemistry and Energy (“AGRICE”) has been entrusted with coordinating various research actions conducted at the national level. Its working program is focused in the following three directions:

- bio carfuels (in the short term, rapeseed methyl ester - RME - and ethanol from carbohydrate plants, in the medium term, ethanol obtained through fiber hydrolysis or hydrocarbons obtained through hydroprocessing of fast pyrolysis oils)
- the lignocellulosic plant stream (short rotation coppice, herbaceous plants, “whole plant” grains), leading to biofuels (these are rough biomass burned directly in boilers, or if need be vectors of more sophisticated energy such as plant charcoal fuel suspension or stabilized fast pyrolysis oils),
- non-food and non-energy production (biopolymers, ecoproduct detergents, ...) which displace some fossil carbon used in organic chemistry.

Simultaneously, France has launched an industrial scale experiment in the production and distribution of bio carfuels:

- sugar beet and grain ethanol is used to produce Ethyl Tert-Butyl Ether (ETBE), which is a compound that enriches octane rating and may be used as an additive up to 15% in premium gasoline: in 1996, thus, 55,000 tons of ethanol fuel were produced (for 122,000 t ETBE); by 2000, this production should exceed 110,000 t/year;

- rapeseed methyl ester is used, on the one hand, as an additive up to 5% in diesel distributed in service station as well as in domestic heating fuel, and, on the other, at a higher percentage, in company fleets, in particular municipal buses; 1996 ester production reached 224,000 tons; by 2000, estimated production will be 400,000 t/year.

Measures implemented

Public incentive funding for “AGRICE” since 1994 has reached around 40 million French francs, in addition to between 25 to 35 million French francs per year awarded by professional farming organizations.

Since ethanol and RME costs are much higher than those of petroleum fuels, at current oil prices, they have been exempted from the domestic tax on petroleum products to facilitate sales.

The level of tax-exemption is limited to 230 FF/hl for rapeseed methyl ester and to 329.50 FF/hl for ethanol, this would represent by 2000, a loss of tax revenue for the state of 1,500 million French francs per year. These exemption represented a total of 1,200 million French francs in 1996. Research carried out by “AGRICE” should reduce the cost by half within 10/15 years.

Anticipated results

Experiments conducted in the automotive fuel sector should offset 270,000 t of fossil carbon emissions by 2000; this estimate takes into account uses of fossil energy taking place during the biomass fuel production process.

The measures were essentially undertaken for agricultural policy reasons; they are not cost-effective from the exclusive point of view of combatting the greenhouse effect. In fact, if their cost were affected to fighting the greenhouse effect, it would reach 40,000 FF/t offset carbon for the ethanol compound and 3,900 FF/t C for the ester compound (this cost is extremely high in the case of ethanol because the production scheme relies on existing facilities that are not energy optimized).

It is likely that biomass fuel production (in particular on mandatory “arable crop” set-asides implemented within the scope of the Common Agricultural Policy reform), used for central heating or for generating steam in industry, will be in place by 2000; however, its volume impact will remain limited because of the delay. The cost of this action should be below 500 FF/t offset carbon.

1.7.4. Waste energy use

The law of July 13, 1992 modified waste management (municipal and ordinary industrial) by increasing the promotion of recycling. Waste that cannot be recycled as a material or in agriculture will be preferably and for the most part incinerated to produce energy. The primary energy should rise from 1 Mtoe/year in 1990 to over 3 Mtoe/year in 2002.

In spite of advances in stack scrubbing, eliminating any actual danger, there still is strong opposition to acceptance by public opinion of the installation of incinerators sufficiently close to urbanized areas to directly make use of the heat produced, as would be desirable. Efforts to inform will be undertaken, with the help of the relevant local authorities, to allow the connection of incinerators to district heating. Indeed, when the energy’s value can only be used through the production of electricity, it reduces the need for nuclear electricity but does not have an impact on CO₂ emissions in the current context.

Overall, the estimate is that CO₂ emission reductions caused by enhancing the valorisation of energy produced from waste-to-energy incineration could rise from 0.55 million tons of carbon in 1990 to 0.75 million tons of carbon in 2000 (continuation of the trend of an increase in the share of energy generated from waste in supplying existing district heating networks).

In the Overseas Districts, the implementation of a strategy to enhance the energy value of bagasse in efficient combined bagasse/coal electric power plants (two units of 55 and 60 MW installed in 1992 and 1995) will permit the reduction of fossil CO₂ emissions by around 100,000 t C/year by 2000.

1.7.5. Hydropower

Hydropower is the largest current French renewable energy source, has great value for the greenhouse effect, in particular when used to meet peak electric demand replacing fossil-fuel generated electricity.

But hydropower is also questioned because of other damage it does to the environment or because it competes with other water uses.

By the year 2000, France will be committed to preserving the CO₂ savings that hydropower allow but cannot expect to significantly increase these.

2. Methane emissions

2.1. Agricultural sector methane emissions

Methane emissions in the agricultural sector are essentially produced by two sources: enteric fermentation of ruminant domestic livestock and anaerobic fermentation of animal waste from livestock farming.

The factors causing these emission are still not well known. Action-oriented policies to reduce these emission per unit generated can only occur once research underway is completed (see Section VIII).

2.1.1. Activity trends in livestock

Trends in French agriculture between 1990 and 2000 will be influenced by the Common Agricultural Policy (CAP) reform, that was spread over the 1993/1996 period, and the GATT agreements (Uruguay Round cycle), that will be implemented over the 1995/2000 period and will result in a reduction in supports for exports on the world market.

Projections on the level of livestock production for 2000 have been revised with assistance from the "MAGALI" simulation model of French agriculture, completed by expert opinion.

Overall, projections, for the 1990/2000 period, at the average annual rate of change for the following productions are:

- milk 0 %,
- beef 0 %,
- pork +2.7 %,
- poultry +3.4 %

compared with average annual trends observed over 1990/1995:

- milk -0.5%,
- beef -0.4%,
- pork +4.3 %,
- poultry +4.9 %

Thus, the volumes of production of pork and poultry should continue to grow over the 1996/2000 period, but at a slower rate than over the 1990/1995 period.

2.1.2 Impact in terms of methane (CH₄) emissions

2.1.2.1 Enteric ruminant fermentation

* Methane emissions caused by milk production¹ can be estimated at 0.66 million tons in 1990. Continued increase in production² will result in a drop of unit emissions of methane per liter of milk produced compared with the 1990 level estimated at 15%: emissions in 2000 should equal 0.60 million tons.

This projection does not include potential fallout from research on determining the cause of emissions from ruminant enteric fermentation, described in Section VIII; emission could therefore be lower than the figures indicated here.

* Methane emissions caused by the production of beef can be estimated at 0.66 million tons in 1990.

A balancing in favor of more extensive³ forms of production and a decrease in the number of calves in dairy herds will result in an increase of methane unit average emissions (per kg of meat produced) of around 10%.

Total emissions should be close to 0.74 million tons of methane in 2000.

¹ dairy cows plus founding heifers

² A 9.5% increase in milk yields over the 1991/1995 period was observed, i.e., a continuation of medium term trends.

³ The negative impact in terms of methane emissions of the extensification of beef production is compensated by a positive trend in terms of carbon sequestration in lands where plant production furnishes nourishment for the cattle herds: a higher proportion of pastures and less lands with cultivated fodder, lesser intensification of pastures. This aspect is analyzed in § III-1-6-.

* Globally, the trend in methane emissions linked to enteric cattle fermentation between 1990 and 2000 should equal 1.34 million tons of methane, i.e., near standstill compared with 1990.

2.1.2.2. anaerobic fermentation of animal waste

In 1990, methane emissions from anaerobic animal waste fermentation were estimated at 0.18 million tons.

Continued improvements in animal productivity should automatically lead to a decrease in the volume of animal waste produced per unit. Related methane production will depend on the trend in management of animal waste.

A major program to control agricultural-source local pollution was implemented in early 1994; its aim was to improve the conditions of production in intensive livestock farming with respect to the local environment and in particular water resource protection (combating nitrate pollution). This will help with a series of investments at the farm level, in order to increase storage of animal waste (manure) (of around +30 to +50%) to better manage spreading.

This trend will predictably cause an increase of around 40% of the average storage time and an equivalent increase in methane emissions. Research underway should furnish technical elements needed to include, in this program focused on local pollution, a control of methane emission (see Section VIII).

Moreover, it is very likely that, in areas that have significant excess amount of animal waste compared with the absorption capacity of the soils, manure processing plants will be built; the volumes involved, for which estimates have not yet been calculated, will no longer be stored over long periods; therefore, methane emissions will decrease. The figures presented below do not take into account the factor of a likely decrease in methane emission, since its size has not been calculated.

Finally, a relative decrease in intensive beef livestock farming will decrease in priority the volume of animal waste with the highest methane generating potential in this sector.

Trends in methane emissions caused by animal waste from livestock farming are summarized in the following table: overall, indications are a likely increase of 28% in these emissions between 1990 and 2000, i.e. + 50 000 tons of methane.

	Methane emissions in 1990 (1000 t)	Animal production trends (% over the decade)	Trend in volume of unit animal waste (% over the decade)	Impact of the management method (% over the decade)	Methane emissions in 2000 (1000 t)
Beef cattle, including:	95				114
* liquid and solid manure mix	53	-5	0	40	70
* manure, in the fields...	42	+5	0	0	44
pork	45	30	-8	40	76
poultry (incl. eggs)	23	39	-10	40	38
total	178				228 (+ 28%)

2.1.2.3 Overall trend

Foreseeable trends by 2000 in livestock farming sector activity should lead to a slight increase in methane emissions: as an over-estimation, emissions increase could reach 70 000 tons of methane.

livestock farming methane emissions (1000 t CH ₄)	1990	2000	1990 / 2000 trend
enteric fermentation	1320	1340	+ 20
animal waste fermentation	180	230	+ 50
TOTAL	1520	1570	+ 70

2.2. Landfill methane emissions

In 1990, out of around 20.5 million tons of municipal waste, a little over 50% was landfilled, 9 million tons incinerated and one million tons composted.

The quantity of ordinary industrial waste similar to municipal waste represented 40 million tons in 1990, of which 25% was landfilled with household waste, and an undetermined

amount stored in company landfills, most of the remaining waste was recycled, in particular in agriculture.

Overall, the estimate is that around twenty million tons of waste considered as municipal waste was landfilled in 1990

2.2.1. Ordinary waste will no longer be landfilled

The objective of the law of July 13, 1992 was to radically change waste management, in particular by promoting increased recycling; thus it will only permit the landfilling of so called “ultimate” waste in 2002, i.e., the portion of remaining waste following recycling and processing using best available technology at an acceptable economic cost. This implies in particular:

- that stored waste are only slightly or not at all subject to decaying, eliminating source emissions of methane,
- that waste in which materials are not recycled or used in agriculture, should preferably and for the most part be incinerated for energy recovery.

2.2.1.1. Impact of the measure

Current emissions from all the former and currently operating landfills in France has been estimated at 0.46 million tons of methane in 1990, using the “first order kinetic method”, relying on the gradual decaying of waste over 30 years. In this context, the “past” has a crucial impact on current emissions, and all actions to reduce landfilled volume can only become really effective over the medium and long term.

Implementation of the law of July 13, 1992 should almost result, as of July 1, 2002, in the elimination of methane emissions from newly generated waste.

Potential methane emissions can be estimated at 0.80 million tons in 2000, i.e., an increase of 0.22 million tons/year, in spite of a drop of 35% in annual landfilled waste since 1990. After which the decrease will be gradual, reaching 0.52 million tons in 2010, 0.23 million tons in 2020. These emissions should nearly completely disappear in 2030.

2.2.1.2. Costs of the implementation of the law of July 13, 1992

Implementing incineration or composting plants needed to apply the law of July 13, 1992, is expensive: initial estimates (assessment underway within the scope of the review of the European directives on municipal waste), investment costs by 2002 to upgrade and expand the number of waste processing plants will range from 40 to 50 billion French francs.

These expenses must be incurred by the relevant local authorities. A waste management modernization fund has been established to assist in implementing the law. The fund is financed by a tax, its initial amount was 20 FF per ton of landfilled waste and increased

to 35 FF/t in 1997 (this amount should further increase to 40 F/t in 1998); the funds income should reach 780 MFF in 1997.

2.2.2. Landfill methane recovery

In 1996, 72 landfills representing an annul volume of 5.4 million tons per year of waste (i.e., around 25% of the total landfilled volume) stated they were recovering landfill gas and flaring it.

A draft ministerial order will make it mandatory, at the latest by mid-1999, to recover methane released in operating landfills. Moreover, the “ADEME” has implemented a program to assist with the restoration of landfills that are being closed, including by installing a methane recovery equipment on sites that require it. The assumption can be made that all currently operating landfills or that have closed after 1995, will gradually be equipped with a device to recover landfill gas by 2000. Based on a recovery rate of 80%, this action is estimated to lead to a decrease in CH₄ emissions respectively of 0.40, 0.41 and 0.20 million tons per year in 2000, 2010 and 2020.

Cost of the measure

Based on the average investment cost of 1.4 MFF / landfill hectare for the recovery device, the cost per m³ of recovered methane would reach 0.35 FF, i.e. around 90 FF/TCE (GWP over 100 years, according to IPCC 1995)

2.3. Natural gas leaks in the distribution networks

In general, natural gas leaks are very low, and it is extremely difficult to give precise figures, because they remain below levels measurable by instruments.

Nevertheless it appears established that the level of leaks varies greatly depending on the transmission and distribution mode used:

- for transmission networks leaks are considered to be near zero;
- for distribution networks, there are two types of leaks:
 - . line leaks, proportional to the length of the network, and for which unit levels vary depending on the type of pipeline (welded steel, polyethylene or brittle cast-iron, the latter are the weak links in the distribution networks),
 - . accidental leaks, essentially linked to various operational incidents that could lead to methane releases, and that are even less well known.

The French gas utility (“GDF”) is pursuing an active policy of renovating its distribution network. It covered in 1990 a total length of 144,000 km, including 17,000 km in gray cast-iron. “GDF” has been replacing 9,000 km of the old network between 1990 and 1995, and intends to continue its old network renewal effort over the 1995 - 2010 period.

Moreover, the constant improvement in management procedures for operating incidents has reduced the number of accidental methane leaks.

These actions are primarily concerned with improving safety, but they are useful in combating the greenhouse effect.

Leaks linked to distribution networks are therefore expected to be significantly reduced over the 1990 / 2010 period, in spite of the rapid growth in the consumption of natural gas over the same period.

	1990	1995	2005	2010
Level of leaks (1000t CH ₄ /year)	100	84	76	73
Impact of the measure (1000t CH ₄ /year) (*)	-	33	64	76

(*) assuming that if the measure had not been taken the unit level of leaks observed in 1990 would have remained the same.

2.4. Coal mine methane

Most CH₄ released in former or current French mining activities is recovered and used for heating. In 1996 estimates were that non-recovered mine gas emissions in France represented less than 20% of the total.

Considering the planned decrease in French coal production, leading to an end to all production in 2005, and in view of the requirements that will probably apply to mining facilities after that date (exhaust maintenance, ...), non recovered mine gas can, at present, be estimated at around respectively 50, 29 and 14 thousand tons by 2000, 2005 and 2010.

3. Emissions of nitrous oxide

3.1. Reduction measures in the industrial sector

All of the facilities referred to in this paragraph released relatively large volumes of nitrous oxide in 1990 depending on the processes employed; these emissions will be radically reduced by 2000.

But, at the same time, efforts undertaken to reduce NO_x emissions in other facilities may lead to a increase in emissions of nitrous oxides. This phenomena should be controlled with appropriate technologies. These technologies are, however, already planned, even implemented in sectors producing adipic acid. The anticipated effects on NO_x emissions are detailed in § 4.

3.1.1. Adipic acid

Adipic acid production releases the most nitrous oxide. It is produced in only one site in France. In 1990, emissions were estimated at 55,350 tons. In 1995, they were

estimated at 56,600 tons. Pursuant to a Prefectoral order of August 23, 1993, facilities processing the gas effluents will be implemented by the end of 1997 enabling a reduction of 50,000 tons per year of N₂O emissions. A significant reduction of NO_x emissions will occur at the same time.

3.1.2. Nitric acid

In 1990, emissions from nitric acid units reached 25,600 tons of nitrous oxide and 16,000 tons of nitrogen oxide, excluding nitrous oxide.

Considering the economic context of the activity, plants have shut since. Nitrous oxide emissions from remaining plants reached around 13,600 tons in 1995.

Nitrogen dioxide emissions have been limited since 1993, in new nitric acid facilities to 1.3 kg per ton of 100% produced nitric acid and nitrous oxide emissions to 7 kg per ton of nitric acid produced.

For existing plants, Prefectoral orders will be issued by 1998 that will specify the implementation deadlines and objectives to be reached for each plant.

By the year 2000, estimates are that emissions from nitric acid units should reach 9,000 tons of nitrous oxide.

3.1.3. Glyoxylic acid and glyoxal

These products are manufactured in two plants in France. 1990 emissions can be estimated at 9,000 tons. In 1995, emissions reached 8,500 tons.

The company operating the two plants, must, pursuant to a Prefectoral order of June 6, 1996, concerning the plant located in the Oise District, implement a catalytic processing device reducing N₂O releases to less than 285 tons per year before December 31, 1997, this should result in a 95% reduction of these emissions. Regarding the other plant, the fact that one unit stopped production and that reduction measures are being reviewed for the other unit should also result in limiting releases of nitrous oxide by over 90%

3.1.4. Overall trend

At the level of these three industrial activities, nitrous oxide emissions from industrial processes were estimated at 90,000 tons in 1990 and 80,400 tons in 1995. Planned measures should lead by the year 2000 to the following emissions: 6,600 tons of adipic acid, 9,000 tons of nitric acid, and 500 tons of glyoxylic acid, i.e. a total of 16,100 tons equal to an 82% drop compared with 1990.

3.2. Nitrous oxide emissions in the agricultural sector

Emissions of N₂O are supposed proportional to nitrogen fertilizer use; the IPCC recommends considering both mineral fertilizers and organic fertilizers (essentially animal

waste). However, selective studies in France show a major link between the level of these emissions and soil and climate conditions and the type of crop in question (a factor of 1 to 10 for the same level of nitrogen fertilization has been observed). The major uncertainties regarding the volume estimates presented here should be kept in mind.

Uses of nitrogen fertilizers will change under a combination of several factors:

- The implementation of the mandatory set-aside provisions applying to arable crop acreage within the scope of Common Agricultural Policy reform, will lead to an automatic drop in fertilizer use, because of the decrease in farmland. It should be noted that the year 2000 level is still not known and that it has varied between 5 and 15% over the 1992/1996 period. Moreover, consideration should be made for the fact that by 2000, around one-third of the acreage subject to set-asides will be used for non-food productions for which nitrogen fertilization demands are similar to conventional crops.

- the trend towards a de-intensification in arable crop production as a result of the partial decoupling between public subsidies granted and the actual level of production is another consequence of Common Agricultural Policy reform. This should result in a drop in average nitrogen fertilizer per acreage unit for arable crops.

- The European directive on nitrates targets a sizable reduction in nitrogen pollution in so-called sensitive areas, which should concern around 10 million hectares in France; it will, in particular, result in regulatory restrictions of organic nitrogen use to 210 units per hectare before the end of the decade, followed by 170 units per hectare after the year 2000 (in intensive livestock farming areas these levels are often exceeded). In many Districts that are seriously affected by nitrate water pollution, local regulations based on the national good behavior code are being implemented with the objective, over time, of bringing spreading standards in conformity with absorption capacities of crops in the various regions. In some regions, it is estimated that overall use of nitrogen fertilizers in 1990, of which 40% were mineral fertilizers, were 35% higher than the potential exports of these crops. This trend will be encouraged by a decrease in waste per animal unit, of around 5% for pigs and fowl, obtained through the application of new feed standards and a resulting improvement in nutritional efficiency.

- Positive fallout from the “fertimieux” program, implemented in 1991, it strives to change the behavior of farmers and their advisers in order to prevent non-point source pollution of water by nitrates; this objective must be reached in particular through giving appropriate advice for the best management of nitrogen (optimizing fertilizer use and livestock effluent spreading, management of the interval between crop plantings,...)

In 1996, around 24,000 farmers, representing about 1.3 million hectares in farmland, in 46 Districts, essentially in sensitive areas, are participating in this program.

Overall, a noticeable drop in use of nitrogen fertilizers should be observed, in particular in livestock farming areas, affecting in priority mineral¹ fertilizers.

¹ Furthermore, an increase in the use of various by-products (in particular sludge from treatment plants) is anticipated.

The trend towards a limitation in use of mineral nitrogen is shown by the statistics beginning in 1990: it was drastic in 1993 (-15% compared with 1992, -18% compared with 1990). A rise was observed over 1993/1995, but the level reached in 1996 remains 10% lower than in 1990.

An estimate of the volume impact of the various factors by 2000 is proposed in the following table. A 14% drop can be anticipated in the overall use of nitrogen fertilizers (mineral and organic) resulting in an equivalent percentage drop in N₂O emissions, i.e., 7,500 tons of N₂O.

Nitrogen fertilizers (millions of ton of N)	1990 level	Impact of set-asides (2)	Impact of lesser intensification (3)	Impact of Nitrate directive (4)	Impact of "fertilisants" (5)	2000 level
total mineral nitrogen	2.65	-	-	-0.31	-0.02	2.11
total organic nitrogen (1)	1.15	-	-	-	-	1.15
including nitrogen for arable crops (1)	1.7	-0.11	-0.1	-	-	
N₂O emissions (1000t)	59.7					52.2 (-14%)

(1) estimates

(2) 10% set-aside rate including a third for energy crops

(3) relative price elasticity (of fertilizer versus the price of the agricultural products) in the use of nitrogen fertilizers of 0.2

(4) -20% of total nitrogen in intensive livestock farming areas (Brittany, Loire Region, Lower-Normandy) and -10% in other sensitive areas

(5) -10% of total nitrogen (over 1 million hectares) in addition to factor (4)

4. Tropospheric ozone – Combating precursor gases

Tropospheric ozone is more and more often considered as the “third” greenhouse gas, in the rank of contributions to climate warming, after carbon dioxide and methane.

Space and time distribution of ozone in the troposphere is influenced by several processes, including in particular, the photochemical production caused by the oxidation of natural or anthropogenic precursor compounds — methane, carbon monoxide, volatile organic compounds — with the addition of nitrogen oxides and solar radiation.

According to a report by the French Academy of Sciences (*“Ozone et propriétés oxydantes de la troposphère”*, October 1993), ozone has increased by a factor higher than 4

since the end of the last century, in the medium latitudes of the Northern Hemisphere. Moreover, on the same latitudes the combination of background increases with localized peaks, has generated concern over the impact of the ozone on health and plants.

This is why France has entered into several international commitments within the scope of the Convention on Transboundary Air Pollution within the UN Economic Commission for Europe:

- reductions in nitrogen oxide emissions of 30% between 1987 and 1998;
- reductions in emissions of volatile organic compounds by 30% between 1988 and 1999;

Reductions of around 30% will be made between 1990 and 2000. The means for the reductions that have already been adopted or are being contemplated are explained below.

4.1. National and European transportation measures

The provisions of the consolidated European directive of June 26, 1991 mandated new emission standards for all new passenger cars as of January 1, 1993, this led to the implementation on gasoline vehicles of catalytic converters and a little canister to recover evaporated hydrocarbons during the use of the vehicle. A new directive of March 23, 1994 made the maximum emission limits stricter for new passenger cars as of January 1, 1994, and required the implementation of an oxidation converter on diesel vehicles.

A new directive is under review by the Council and the European Parliament. It provides for two new stages in emission reductions for passenger vehicles in 2001 and 2005.

For vehicles over 3.5 tons, the directive “clean trucks” of October 1, 1991, determined two series of values applicable to new trucks as of October 1, 1993 and October 1, 1996. It strengthens already existing provisions. Small trucks are regulated by a directive of June 28, 1993, applicable to all new vehicles as of October 1, 1994. This directive was completed by a new directive of October 8, 1996 applicable as of October 1, 1997 or 1998 depending of the class of vehicle.

A new proposed directive on small trucks is now ready and a proposed directive on heavy trucks will be in the next few months. Corresponding directives should enter into force in the year 2000.

Finally, two directives on off-road mobile vehicles and another on two and three-wheel vehicles should be adopted in the next few weeks.

All these directive will enable a crucial reduction in CO₂ emissions and in VOCs and, to a lesser extend in NO_x caused by transportation.

In France, two bonus incentive programs to replace an older vehicle — a passenger car or small truck — (over eight years old) by a new vehicle, implemented from February 1994 to June 1995 for the first and from October 1995 to September 1996 for the second, allowed for anticipating the renewal of 1,700,000 vehicles, contributing thereby an additional reduction in emissions.

4.2. VOC reduction measures

4.2.1. Transportation

See above.

4.2.2. Solvent use

Solvents are used both industrially and domestically:

Industrial uses include some sectors such as printing, pre-lacquering, the automobile industry and dry cleaning, subject to specific national regulations on the release of solvents into the atmosphere, i.e., respectively the technical directives of April 5, 1988, of August 25, 1988, of June 11, 1987 and of July 3, 1995 and the standard order of No. 251. For facilities that are not covered by specific national regulations, the provisions that apply to industrial facilities that are major emitters are contained in the ministerial order of March 1, 1993 mentioned in § 3.1.2. These measures should reduce emissions by around 38% in the year 2000.

Other solvent uses are mostly found in building paints, paints for the general public and domestic solvent use. Technical advances in paints will encourage the spread of paints with less solvent content. For the general public and the building sector, water-based paints represented between 45 and 50% of total consumption in 1990. Incitement measures in particular ecolabels, continued and increased public information, means the consumption of these water-based paints will increase by 2000.

Finally, a proposed Community directive on the use of solvents in industry and covering user activities is under review by the Council and the European Parliament. This measure should lead to a sizable reduction in emissions for new and existing facilities.

4.2.3. Industrial processes

Anticipated reductions in this sector have not been precisely computed. However, the ministerial order of March 1, 1993 that applied to new facilities as early as 1994 and gradually, over a period of 5 years, to existing facilities if their releases are substantial, should lead to a reduction of at least half the VOCs in the chemical and oil industry sectors and a reduction of around 20% in industry overall.

4.2.4. Production and distribution of oil products

The implementation of the directives on the recovery of hydrocarbons along the entire gasoline distribution chain will reduce VOC emissions in this sector. Considering the deadlines proposed at the Community level, most depots areas and service stations should be equipped to recover gasoline fumes before the end of this century. This action should lead to a 32% drop in emissions.

The law of December 30, 1996 on air and the rational use of energy has also made the recovery of gasoline fumes mandatory by 1998 at the pump level for all service stations with an annual volume of other 3,000 m³.

4.2.5. Other sectors

The sectors include fuel combustion, agriculture and waste processing. The overall contribution of these two sectors is low, the assumption made is a stabilization of emissions by the year 2000; for fuel combustion, anticipated gains are hard to quantify because emissions change depending on the type of fuel used; the increased use of gas is a positive factor that should permit a reduction in emissions. For all these other sectors, we have assumed a stabilization of emissions at the 1990 level, i.e. 345,000 tons.

4.2.6. Conclusion

The measures described in this section should permit a reduction of around 30% (i.e., around 780,000 tons) of VOC emissions in France between 1990 and 2000:

SECTOR	1988 - 1990 VOC EMISSIONS	2000 VOC EMISSIONS
Road transportation	1,100 kt	550 kt (-5 %)
Other mobile sources	100 kt	100 kt (=)
Industrial solvent use	400 kt	250 kt (-38%)
Domestic solvent use	240 kt	200 kt (-17%)
Industrial processes	85 kt	70 kt (-20%)
Oil production and distribution of oil products	140 kt	100 kt (-32%)
Miscellaneous	345 kt	345 kt (=)
TOTAL	2,400 kt	1,615 kt (-32%)

4.3. Reduction of NO_x emissions

Emissions of NO_x, a tropospheric ozone precursor, have an indirect impact on the greenhouse effect. The measures described below were taken for reasons of local and regional pollution — Geneva Convention in particular. Indirect impact on nitrous oxide emissions were mentioned in § 3.

4.3.1. Transportation

The European directive that apply to all new gasoline vehicles, mentioned in the previous paragraph are aimed in particular at reducing nitrogen oxide emissions. On the basis of these provisions, anticipated reductions in nitrogen oxides will be around 35%:

Road transportation	
NO _x emissions in 1990	NO _x emissions in 2000
1,038 kt	671 kt (-35%)

4.3.2. Electric production

Fossil fuel power plants will already be equipped with low NO_x flame burners by 2000. Considering, moreover, anticipated trends in the rate of operation of fossil fuel power plants in France by the year 2000, a sizable reduction of emissions compared with their 1990 level can be forecasted.

4.3.3. Industry

Provision have already been taken by means of national regulations (ministerial order of March 1, 1993, ministerial order on "glass", ministerial order on "cement factories", requiring a reduction in emissions of nitrogen oxides. These regulations on processes should be completed by the implementation of provisions for the reduction of emissions in all fuel combustion facilities. The anticipated results are the following:

	1990 NO_x emissions	Projected 2000 NO_x
Fuel combustion in industry + city heating	77,700 tons	54,400 tons
Energy processes	83,500 tons	41,500 tons
Non-energy processes	30,800 tons	14,800 tons

The last entry takes into account a reduction in NO_x emissions of 16,000 tons, with the implementation of nitrous oxide emission reduction processes.

Measures will be taken in particular in the two other major emitting sectors: other mobile sources (aircraft, two-wheeled vehicles, tractors,...) and individual boilers in the residential and commercial sectors that alone released 218,000 tons of nitrogen dioxide in 1990, to secure a reduction by an additional 70,000 tons in order to meet the objective provided for in the Sofia declaration.

4.4. Reduction in CO emissions

Transportation and to a lesser extent housing and the commercial sector are the major generators of carbon monoxide emissions. The implementation of the 3 channel catalytic converter on gasoline vehicles, and the oxidation converter on diesel vehicles has allowed a reduction in carbon monoxide emissions of over 1 million tons, i.e., a reduction of more than 10% compared with overall French emissions. Following the scenario referred to here, carbon monoxide emissions of passenger cars, light trucks and heavy trucks would be respectively reduced by 65%, 40% and 40%. Thus, the anticipated reductions in CO emissions can be estimated at 750,000 tons between 1990 and 2000, i.e., still 60% for the transportation sector which is one of the major emitters (over 70% of total anthropogenic emissions). A conservative estimate is that emissions will stagnate in the other sectors.

5. Policies and measures that increase greenhouse gas emissions

5.1. Energy sector

Since the middle 70s, France has been seriously concerned with reducing its reliance on fossil energy and has therefore developed an overall public strategy in this direction. As of today, very few policies have a tendency to increase greenhouse gases and will be discontinued in the near future or completed with corrective measures aimed at mitigating the negative effects.

Following are more detailed examples:

*** coal policy:**

French coal production has received subsidies aimed at compensating excess production costs of French coal compared with imported coal. The first consequence of this policy is that French coal replaces imported coal; however this policy does not result in an overall increase in coal consumption, it therefore has a negligible impact in terms of CO₂ emissions. Furthermore, “EDF” is also required to purchase a minimum volume of French coal; though this volume is lower than “EDF’s” average needs, in the recent past this requirement nevertheless resulted, in the end, in a shift from nuclear electricity to fossil fuel electricity. Considering the prospects of the French coal industry which will be ending all activity by 2005, it is now highly unlikely that this situation been seen again.

*** adjustments in low voltage electric rates**

The adjustment of low voltage electric rates over the entire French territory masks production and distribution cost discrepancies and results in electricity being sold below its actual costs, on the one hand in isolated regions where electricity is mostly fossil fuel generated (Corsica and the Overseas Districts and Territories), and on the other in low-density rural areas. The objective of this provision is a harmonious regional development through national solidarity towards areas which suffer from “natural” hardships. However, the Public Authorities are aware of certain negative side-effects of this policy and have therefore developed policies and measures aimed at mitigating these, as described in the section on the electricity sector.

5.2 Transportation sector

Road transportation contributes to a large and increasing extent to CO₂ transportation emissions. Obviously, though many public measures required for various reasons within the scope of the transportation policy, also result in reducing the contribution of this sector to the emission of greenhouse gases, a few others have increased the contribution.

The law on air and the rational use of energy of December 30, 1996 clearly identified the responsibility of transportation in air pollution and is aimed at modifying in a direction more favorable to combating the greenhouse effect certain measures taken within the scope of the transportation policy.

Various studies have been conducted in France on the payment by the road transportation sector of the costs generated and that society must incur, and therefore the implicit subsidy this activity receives. Though it seems that overall, transportation activities cover their costs in France, some segments in the road transportation industry probably do not cover all their costs (automobiles in urban areas, freight transportation by road, diesel automobiles). In this respect, the law on air and the rational use of energy of Dec. 30, 96 states that taxes on fossil energy must strive for a balanced treatment between the various types of fuels taking into account objectives that include, in particular, the effect of these taxes on the environment. The law provides that a report on past trends in the taxation of fossil energy which includes a projection of the future choices will be remitted by the government to parliament on a regular basis.

A report by the future studies unit of the Ministry of the Environment ("*Pour une politique soutenable des transports*", 1996) indicates a number of other regulatory or tax provisions that could result in increasing greenhouse gas emissions in France.

IV. ACTIVITIES IMPLEMENTATED JOINTLY

France decided at the end of 1996 to establish a mechanism for instructing and registering projects that could be considered for joint implementation under the pilot phase (5/CP.1/1996 decision). It is still too early to offer an initial list of activities but the following details should prove useful:

- these activities are open to all countries signatories to the Convention on Climate Change, including Parties not referred to in Annex 1;
- qualification criteria will be applied on a project-by-project basis focusing on a dynamic additive-oriented approach, striving to consider the relative situation of the country benefiting from the project and focusing on the objective of promoting innovative and climate-friendly technologies.
- the institutional mechanism chosen by France associates scientific and technical skills and skills in the investigation of investment projects in other countries;
- joint implementation, in its pilot phase, is seen as a very efficient means of mobilizing the private sector on the stakes of the Climate Convention and the risks of climate change.

V. PROJECTIONS AND ESTIMATES OF THE EFFECTS OF MEASURES

1. CO₂ emissions

1.1. CO₂ energy consumption emissions

France periodically launches, around every five years, a major prospective study on the energy sector. This study is conducted under the aegis of the French Planning Commission and its purpose is to confront all opinions expressed by the ministerial sectors, the major energy operators, non-profit groups and experts... The administrative departments rely to a large extent on the conclusions of these prospective groups to draft its own energy provisions, which are a prerequisite for generating forecasts of CO₂ emissions.

The prospective group “Energy 2010-2020” was launched mid-1996 and its conclusions are due in early 1998, whereas the previous study designated “Energy 2010” was completed in 1991. The elements presented in the First National Communication of France relied on the study, which was summarily updated in order to take into account some recent trends.

Elements presented here are based on quantitative data produced up to now by the group “Energy 2010-2020”; these are therefore preliminary results, synthesizing the best information available at this time, however it is subject to change in light of studies that are being pursued during 1997. If need be, France may present an updated version of its emission projections in early 1998, based on the final conclusions of the “Energy 2010-2020” group.

The “Energy 2010-2020” group is implementing a “hybrid” strategy, based on the French energy sector models as well as on precise sectoral information in combination with expert opinions.

More specifically, the group’s thinking is based on simulations carried out with the following models:

- * the “DIVA” model, which for a given growth rate of the French economy, gives a coherent vision of the allocation of growth by activity sector, at a rather precise level.
- * the technical-economic “MEDEE” model, that simulates end-user French energy demand trends in a highly disaggregated format,
- * the “MIDAS” model on the partial equilibrium of the energy sector,
- * more specific models such as that of the French Petroleum Institute describing the European refinery sector, or the “EDF” model describing the French electric production sector.

The assumptions made regarding the main variables used in the projection study are indicated in the **table below**.

Values of the main variables used in the projection study

	1990	1994	2000	2010	2020
World oil price (US\$90 /barrel)	23	14	17	24	24
national energy price (index in inflation-adjusted francs) (*)					
* electricity	100	94	90	90	90
* combustible fuel	100	95	98	100	100
* fuels	100	97	102	109	110
Commercial GDP (GF 80)					
* agriculture	149	142	155	180	209
* industry	1071	1042	1142	1371	1639
* commercial	1676	1752	2068	2673	3455
* total	2896	2936	3365	4224	5303
Population (millions)	56.6	57.8	59.4	61.7	63.4
New passenger car consumption (index) (*)	100	100	98	97	96
Heavy truck specific consumption (index) (*)	100	100	100	100	100
Passenger car traffic (GVkm/year †)	325		381	452	508
Heavy truck traffic (Gt.km/year)	177	-	216	284	373
* including transit	23	-	37	58	90
New housing construction (thousands/year)	280	270	270	240	220
Trends in the commercial sector buildings (millions m ²) (year 1992)	690	-	766	875	1000
End-user energy demand (MMTOE/year) (*)					
* combustible fuel	117	-	133	148	169
* electricity	71	-	88	102.5	115

(*) scenario “without measures”

(†) Giga-vehicles

Population growth is continuing at a rate close to 0.4%/year by 2020, with a continued drop in average family size.

Economic growth for the 1994/2000 period is estimated at 2.3%/year, with a continued trend in the increase of the commercial sector of the French economy.

The energy context is assumed to feature a slow growth in the international oil price. The price of gas is presumed indexed on the price of oil, even though other trends are entirely possible (for example, the emergence of a gas “bubble” in the European area). In the reference scenario, we do not predict an increase in the taxation of energy products, because taxes on energy are already high in France, when compared to the situation in other industrialized countries.

According to the scenario “without measures”, a noticeable increase in energy consumption is observed, fueled by economic growth, in spite of an improvement in global energy efficiency. Electric consumption rises faster than end-user energy demand, and the share of natural gas increases within the “fossil energy” subgroup. Therefore as long as the nuclear industry continues to dominate the French electric power production sector, the rate of increase in emissions of CO₂ can be expected to grow at a slower rate than energy consumption.

In the electricity sector, an overestimation of the growth of electric consumption in the early 80s led to an excess construction of nuclear plants, this excess should be absorbed over the next projection period. Taking into account the increased on-line availability of nuclear plants since 1992, it is now estimated that this absorption should be completed by 2007. Nuclear plants will be gradually redirected to base-load production, mid-load production being covered by the reopening of fossil-fuel fired power plants, which are more profitable economically for mid-load production. Therefore a rise in CO₂ emissions should take place in the electricity sector between 1995 and 2010, in theory more quickly than the increase in electric consumption.

Beyond then, a relevant question may be asked as to the replacement of existing nuclear plants since this would have major consequences in terms of CO₂ emissions. In a context of increased competition of the European electric utilities, relative competition between production modes seems to be a determining factor in the future composition of the electric production units. The study "*Coûts de référence de la production électrique*", carried out in 1997 for the Ministry of Industry, shows that though nuclear power remains a solid choice for basic electric production, combined-cycle gas plants may give strong competition to the nuclear sector, in particular if the price of gas remains at a low level for a long time. At this stage, considering the uncertainties on the life-expectancy of existing nuclear plants and the future trend in the price of gas, it was considered preferable to assess the CO₂ emissions in the electric sector by 2020 according to two very different assumptions:

- the first is based on continued competitiveness of the nuclear plants in producing base-load electricity and on an average life-expectancy for existing nuclear plants limited to 40 years.
- the second is based on combined-cycle gas power plants becoming the most economical solution for generating base-load electricity by 2020 and on an average life-expectancy for existing nuclear plants be limited to 30 years.

The results included in the table below confirm the stakes at play with changes in the composition of the electric production pool by 2020: the CO₂ emission differential between the two scenarios considered is estimated at 26 MMTC/year, i.e., around one quarter of total CO₂ emissions by France in 1990.

CO₂ emissions in the refining sector will increase over the 1990/2020 period, mostly because of changes in automotive fuel specifications, which cause an increase in energy consumption in the refineries.

As for energy consuming sectors, strong energy consumption growth will be observed in the transportation sector, with passengers (because of the increase in disposable household income), as well with freight, in particular because of an increase in intra-European trade. The growth of the commercial sector will lead to a sizable increase in specific electric consumption, its impact in terms of CO₂ emissions should, however, remain low in the French context at least until 2010. The domestic and industrial sectors will generate moderate growth in CO₂ emissions past decisions improving energy efficiency (thermal regulations, investments in energy saving) continue to produce effects and compensate for part of the growth in activities.

Overall, energy consumption will increase respectively by 17%, 33% and 50 % over the 1990/2000, 1990/2010 and 1990/2020 periods, whereas the increase in energy related CO₂ emissions respectively reach 4% and 22% over the 1990/2000 and 1990/2010. In 2020, CO₂

emissions should be 40 to 67% higher than the 1990 reference, depending on the type of electric energy production.

According to the scenario “with measures”, increases in CO₂ emissions will be significantly reduced; taking into account the measures described earlier in the report these should enable maintaining emissions in the year 2000 at their 1990 levels, and limiting the increase respectively at 9% and within a bracket of 21 to 47% over the 1990/2010 and 1990/2020 periods. The global impact to the measures can be immediately inferred: it is respectively equal to 5.2, 13.1 and 20.8 MMTC/year in 2000, 2010 and 2020.

***Projection of CO₂ energy emissions
(Scenario “without measures”)***

MMTC / year	1990 (observed)	1995 (observed)	2000	2010	2020
Combustible fuel consumption: Energy (production and processing)	15.4	12.5	12.3	19.8	24 / 50.3
Combustible fuel consumption: Industry	23.2	21.6	20.9	22	23.4
Combustible fuel consumption: Transportation	31.4	34.1	38.6	45.7	56
Combustible fuel consumption: Residential	18.7	18.4	19.9	20.7	21.6
Combustible fuel consumption: Commercial	7.6	7.5	8.5	9.4	11
Combustible fuel consumption: Miscellaneous	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4
Combustible fuel consumption: TOTAL	98.6	96.4	102.6	120.1	138.5 / 164.8

(Continental France, excluding international bunker fuels)

**Projection of CO₂ energy emissions
(Scenario “with measures”)**

MMTC / year	1990 (observed)	1995 (observed)	2000	2010	2020
Combustible fuel consumption: Energy (production and processing)	15.4	12.5	10.4	16.9	19.8 / 46.1
Combustible fuel consumption: Industry	23.2	21.6	19.8	20.6	22
Combustible fuel consumption: Transportation	31.4	34.1	37.4	39.3	45.4
Combustible fuel consumption: Residential	18.7	18.4	19.4	19.6	19.7
Combustible fuel consumption: Commercial	7.6	7.5	7.9	8.8	9.8
Combustible fuel consumption: Miscellaneous	2.3	2.3	2.4	2.4	2.4
Combustible fuel consumption: TOTAL	98.6	96.4	97.2	107.6	119 / 145.3

(Continental France, excluding international bunker fuels)

Emissions projections in the energy consumption sectors presented in this section are inferred from the projection in end-user energy demand supplied by the MEDEE model; these are based on trends computed from a (1992) reference level estimated by the model, which represents a slightly different sectoral allocation than that observed in 1992. To correct this bias, previsions for 2000, 2010 and 2020 were obtained by applying to the sectoral values observed in 1992, the relative variations 1992/2000, 1992/2010 and 1992/2020 computed with the help of MEDEE.

Moreover, models of the French energy system are based on official energy statistics, that are adjusted in particular for climate variations; data for 1990 and 1995, included in the tables below, in congruence with this approach, therefore differ slightly from inventory data supplied in the previous section of the report.

The trends described above only concern continental France. No long-term energy forecasts are available as of now for the French Overseas Districts and Territories. For the 1990/1995 period, CO₂ energy emissions were estimated within the scope of studies undertaken on greenhouse gas emission inventories. An increase in these emissions near 4.7% per year was observed over the same period. At this stage, the reference scenario chosen is a persistence of the trend until 2000. The « with measures » scenario is obtained by inferring the impact of the measures described earlier in the report.

It is not possible at this stage to indicate reliable data for the “DOM/TOMs” for the period beyond 2000.

Finally, mention should be made that at this stage the projections presented above are highly dependent on the assumptions made regarding all key parameters: economic growth, import costs of various fossil energies, ... the margin of uncertainty of CO₂ emissions by France in 2000, 2010 or 2020, remains high, for a given emissions control policy.

More specifically economic studies suggest that potential growth for the French economy for the period 1994/2015 would be 2.6 %/year as the best guess; energy efficiency improvement observed during the 1984/1996 period was about 0.5% / year, while the sectoral assumptions made in the « without measures » scenario lead to an energy efficiency improvement of 0.65% / year for the 1990/2020 period.

Based on the latter assumptions with respect to GDP (2.6%/year) and energy efficiency improvement (0.5%/year), which can also be considered as realistic taking into account the slow increase in projections of energy prices, CO₂ energy related emissions of France would be 4.5, 9.5 and 15% higher than the previously indicated levels for the years 2000, 2010 and 2020.

The following table summarizes the results of the CO₂ energy emission projections; two scenarios are finally presented, the « so called » low case assumption which is the projection described in detail in this section and the « so called » high case assumption which is based on the last assumptions about GDP (2.6%/year) and energy efficiency improvement (0.5%/year). The two figures for 2020 presented in each case correspond to the two options with respect to the electricity generating pool mentioned before.

Impact of the measures in the energy sector

MMTC/an	1990 (observed)	1995 (observed)	2000	2010	2020
« without measures » scenario * low case assumption * high case assumption	100.9	-	106.2 111.0	120.1 131.5	138.5 / 164.8 159.3 / 189.5
« with measures » scenario * low case assumption * high case assumption	100.9	99.4	100.8 105.8	107.6 118.4	119.0/145.3 138.5/168.7
Impact of the measures	-	-	5.2	13.1	20.8

*Total for France for the years 1990,1995 and 2000
Continental France for the years 2010 and 2020*

1.2. Non-energy related CO₂ emissions

Non-energy consumption related CO₂ emissions include:

- emissions from industrial processes;
- emissions linked to inorganic waste incineration;
- emissions (and removals) linked to land-use changes and forestry.

Projections of industrial processes rely directly on projections of emitting activities chosen in the previously mentioned projection study of energy demand.

Emissions linked to inorganic waste incineration are determined by the trend in waste production by 2020¹ and waste composition, as well as the regulatory context influencing the disposal method (see section on “policies and measures”). In the scenario “without measures”, the assumption is that the share of waste being incinerated will remain constant over the 1990/2020 period.

The trend in emissions and removals linked to changes in land-use and forestry were estimated for continental France only; it is hard to provide figures for the trend in the “DOM/TOM”, even if the experts believe that there will be no significant changes by 2000/2010.

The trend in production of French forests (continental France), presented below, was extrapolated from trends observed in the past. A more sophisticated methodology is being developed; it should enable taking better account of the various factors, that influence forest biological production; for example:

- Today French forests are in a phase of increased annual production; however, beyond a certain phase of accumulation, because of tree-aging, production should drop; however predicting when this drop will take place is not easy because the “mature” stage could be closer or farther away depending on future environmental conditions (an increase in the greenhouse effect in particular),
- Several trends in forestry management (shorter planting intervals, increased frequency of release cutting) should contribute to increasing production; other factors that could strengthen these trends, such as the substitution of local species with more productive and/or genetically improved species, depend on changes in forestry management practices (in particular, it is hard to estimate the potential consequences of the current “sustainable forest management” debate),
- A one-third increase in CO₂ in the air for over a century is probably the partial cause of increased forestry production, over the same period, in a large area in Europe. This consequence should persist, but we do not know its intensity; moreover, it could be dampened by the effects of a reduction in emissions of nitrogen pollutants (automotive and agricultural-source pollution), which stimulate tree growth; finally, long-term production trends also depend on rainfall trends, which are still highly unknown under the current state of knowledge (thus, more severe and greater drought frequencies could challenge this trend).

Nevertheless, the experts estimate that a modification of the trend is highly unlikely by 2010, but are careful not state their opinion as to the outcome by 2020 without a more precise description of forest response under the influence of the various parameters.

¹ A 35% increase between 1990/2020 is anticipated, i.e., a sizable drop compared with trends observed over the 1960/1990 period.

Projections of non-energy related CO₂ emissions

MMTC / year	1990	1995	2000	2010	2020
Industrial processes (single scenario)	4.5	4.3	3.9	4	4.1
Waste incineration (without measures)	0.5	-	0.6	0.65	0.7
Waste incineration (with measures)	0.5	1	1.7	3.1	3.5
Changes in land use and forestry (single scenario) (*)	-9.6	-11.6	-14.6	-17.7	-
TOTAL (without measures)	-4.6	-	-10.1	-13	-
TOTAL (with measures)	-4.6	-6.3	-9	-10.6	-

(*) Projections are limited to the « woods and forests » and « poplar groves » sub-categories and to changes in agricultural land use as described in section III 1.5 and III 1.6 on policies and measures.

2. CH₄ emissions

The projections are not comprehensive since some categories or sectors of the inventories are ignored; they nevertheless cover the main emitting categories and are based on the information provided in the section on policies and measures. In some sectors, a single scenario is offered.

The trend in the agricultural sector, in particular in the livestock farming sector, beyond the year 2000, will be crucially dependent on changes in the Common Agricultural Policy and the conclusions of the next round of multilateral negotiations. However, in all likelihood emissions of CH₄ will change very little beyond 2000 if action-oriented prevention policies are not implemented in this sector, these have not been decided on at this time; it will therefore be assumed that CH₄ agricultural emissions will remain constant over the 2000/2020 period.

In the waste sector, two scenarios are presented: the first (“without measures”) presupposes the persistence of current waste¹ disposal practices; the second (“with measures”) presupposes that waste disposal practices take into account the elements indicated in the section on policies and measures.

Regarding fugitive emissions of combustible fuels, a scenario “without measures” is based on the assumption that the leakage rate in the natural gas distribution network remains constant — at the level observed in 1990 — over the 1990/2020 period. The scenario “with measures” is described in the section on policies and measures.

Finally, only a single scenario of the trend in coal mine emissions is presented.

¹ More precisely, the assumption is that the proportion of landfilled waste, on the one hand, and the portion of recovered landfill gas on the other, remain the same as in 1990 over the 1990/2020 period.

Projections of CH₄ emissions

MMTC CH₄ / year	1990	1995	2000	2010	2020
Agriculture (single scenario)	1.52	1.44	1.52	1.52	1.52
Landfill emissions (without measures)	0.46	-	0.56	0.68	0.76
Landfill emissions (with measures)	0.46	0.56	0.40	0.10	0.02
Fugitive combustible fuel emissions (without measures)	0.11	-	0.13	0.14	0.15
Fugitive combustible fuel emissions (with measures)	0.11	0.085	0.085	0.10	0.115
Coal mine emissions (single scenario)	0.2	0.2	0.05	0.015	0
TOTAL (sans measures)	2.26	-	2.30	2.43	2.54
TOTAL (single scenario)	2.26	2.26	2.11	1.76	1.67

MMTCE / year	1990	1995	2000	2010	2020
TOTAL (without measures)	12.9	-	13.2	13.9	14.6
TOTAL (with measures)	12.9	12.9	12	10.1	9.6

GWP over 100 years, IPCC 1995

3. N₂O emissions

The projections are not comprehensive since some categories or sectors of the inventories are ignored; they nevertheless cover the main emitting categories and are based on the information provided in the section on policies and measures. In some sectors, a single scenario is offered.

Projections of N₂O emissions in the transportation sector and industry (limited to industrial processes) are based respectively on the projections in road traffic trends (taking into account different types of engines and the rate of introduction of catalytic converters) and the relevant industrial activities, explained in the projection study on energy demand mentioned earlier. The scenario “without measures” for industrial processes keeps the level of emissions constant per product unit observed in 1990, whereas the scenario “with measures”, refers to impacts described in the section on policies and measures.

Moreover, the assumption was that N₂O emissions in agriculture remained constant over the 2000/2020 period. Relative ignorance of the causes of non-point source farmland N₂O emissions makes detailed forecasts difficult; however, the belief is that issues of non-point

source nitrate water pollution could lead farmers to control nitrogen fertilization on a sustainable basis.

Projections N₂O emissions

1000t N ₂ O / year	1990	1995	2000	2010	2020
Agriculture (single scenario)	60	55	52	52	52
<i>Industrial processes (without measures)</i>	<i>90</i>	<i>77</i>	<i>77</i>	<i>112</i>	<i>162</i>
Industrial processes (with measures)	90	77	14	21	30
Transportation (single scenario)	4	6.6	14	18	19
<i>TOTAL (without measures)</i>	<i>154</i>	<i>-</i>	<i>143</i>	<i>182</i>	<i>233</i>
TOTAL (with measures)	154	138.6	80.3	90.8	101.1

MMTCE / year	1990	1995	2000	2010	2020
<i>TOTAL (without measures)</i>	<i>13.4</i>	<i>-</i>	<i>12.5</i>	<i>15.9</i>	<i>20.4</i>
TOTAL (with measures)	13.4	12.1	7	7.9	8.8

GWP over 100 years, IPCC 1995

4. HFC, PFC and SF₆ emissions

It was not feasible, within the scope of this Communication, to furnish projections regarding HFC, PFC and SF₆ emissions.

VI. ASSESSING VULNERABILITY AND ADAPTATION MEASURES

Since 1993, France has been expanding research and studies on the regional effects of climate change, the target objective being:

- to construct plausible scenarios climate characteristics trends in France (including in the Overseas Districts and Territories) over the next century under the influence of an increase in the anthropogenic greenhouse effect caused for example by a doubling of CO₂ in the atmosphere compared to the pre-industrial era;
- assess the likely consequences of these changes on water resources, agriculture, forestry, coastal areas, ..., as well as their direct and indirect socioeconomic consequences;
- assess the vulnerability of the most exposed regions and suggest possible adaptation strategies.

As of now, the following are the most important results of this research:

- Numeric simulations carried out with high resolution space-time climate models first validated on the current climate in Western Europe, indicate that, in the event of a doubling in atmospheric CO₂ around the year 2060, France's temperature could rise by 2°C — more in the summer and the South of the country. This warming would cause an increase in winter rainfall by around 20% and a decrease in summer rainfall of around 15%; these trends would be more pronounced in the South than in the North. The consequence would be increased flooding in winter and spring and a drop in soil humidity in the summer and fall resulting in increased water stress for crops (corn, tobacco, sunflower,...) and forest trees (umbrella pine, beech, common oak,...) that are the most exposed to drought.
- The decrease in available soil-water during the active growth season in the summer would lead to major wilting and losses of agricultural and to a greater extent forestry productions, in particular in the southern regions. For example, intensive corn crops and umbrella pines in the Landes could be threatened, the Mediterranean forest would risk serious damage due to increased drought periods and more frequent forest-fires, ... Dendroclimate studies (links between tree-rings and climate) show that beech forests in plains and medium-altitudes in Lorraine are also highly exposed to water stress, just as Scotch firs are in the mountain chain "l'Etoile" (in the Southern Alps). Forestry dieback caused by drought could worsen insect infestations or pathogenic fungus (bark beetles, armillaria, ...).
- Warming would cause the snow cover to recess in the Alps and Pyrenees, which would have major socioeconomic consequences (decrease in snow related tourism activities). Increased snow (and glaciers) melting in spring would increase the risk of avalanches in the mountain and record floods in the valleys: flows of the Rhone river and the Garonne would be affected.

- In general, a more intense water cycle would increase the risk of floods in winter and spring, as well as the length of low-water periods (from June/July to October/November). This would result in a drop in nuclear plant and water dam electric production.

- In the event of a rise by 30 cm in the sea-level along the coast of continental France and the “DOM-TOM”, several consequences can be feared: increased submersion of low-lying coasts, in particular delta areas (Rhône delta,...), of lagoon shorelines, coastal swamps, coral reefs (that will suffer from warming: cf. coral bleaching in Polynesia); increased cliff and beach erosion ; increased salinity of estuaries; diminishing fresh groundwater levels. These events could worsen if, as models appear to show, cases of “surges” (brutal and temporary increases in sea levels) became more frequent than today because of the anticipated increased strength of storms and hurricanes.

In order to deal with these dangers, the relevant departments and public authorities are starting implementing precautionary measures, such as improved water resources management, limiting intensive farming, decreasing tree-density in forests exposed to water stress, choosing drought resistant forest species for new plantings in hazardous areas, avoiding the planting of forestry species on the outer edge of their range.

VII. INTERNATIONAL COOPERATION AND FINANCIAL MECHANISMS

Prevention of the greenhouse effect demands a strengthening of international cooperation and solidarity. We will discuss separately France's cooperation with developing countries and countries with economies in transition to market economies.

1. Cooperation with developing countries

International cooperation is one of the major issues for improving prevention of the greenhouse effect.

Therefore, France has focused its policy on two objectives:

- pursuing an active development assistance policy,
- supporting additional and specific mechanisms aimed at combating the greenhouse effect.

1.1. French development assistance

Financing by industrialised countries should be encouraged for actions specifically aimed at reducing greenhouse gases of developing countries, but it is certainly just as important to strive to accelerate the development process of these countries: indeed, demographic trends are, over the very long-term, the major factor of future emissions of greenhouse gases and though development will not be sufficient to control population growth, it represents, nevertheless a necessary condition thereof.

France is one of the most generous countries in terms of official development assistance (ODA). In 1995 it became the second donor country in the amount of assistance furnished, at 8.4 billion dollars. France is ranked first among the 7 most industrialized nations (G7) in percentage of Gross Domestic Product (GDP) allocated to official assistance. France spent 0.55% of its GDP on its ODA effort in 1995, the average for OECD countries was 0.27%.

The development assistance policy conducted by France in 1995 represented a forerunner of the general stance adopted by the G7 in Lyon in 1996. French policy is aimed at integrating the poorest countries into world trade and bringing together the conditions for sustainable and socially acceptable economic development with the injection of public and private funds.

France's bilateral cooperation action is carried out by the relevant ministries and public financial corporations such as the French Development Bank ("CFD"), research organizations such as the "CIRAD", "ORSTOM" and the French Environment and Energy Control Agency ("ADEME"), as well as some local communities.

1.1.1. Bilateral assistance

Net contributions of France under bilateral assistance reached 32 billion French francs in 1995, i.e., the equivalent of 76% of its total ODA.

Public assistance is focused in particular on crucial sectors such as health and education, basic infrastructures and water management. It must also permit strengthening the role of women role in development countries.

The creation in developing countries of a dynamic and competitive private sector is also encouraged, in order to ensure over the long term the existence of a productive sector, guaranteeing sustainable and balanced growth.

Strategic priorities of French assistance are built around combating poverty, in particular in the least developed countries, in backing the private sector, in promoting projects focused on women, on developing the institutional capacities and on environmental protection.

In the field of the environment and sustainable development, France's action is guided by the principles expressed in 1992 at the Rio Summit, viewing the evolution of our planet within a sustainable development perspective. Within this framework, social and economic development must be linked with long-term management of the local and global environment, with the goal of avoiding irreversible actions. These concerns find especially suitable applications in developing countries. In Africa, in particular, contrarily to what is taking place in our industrialized societies, natural resources (underground, soil, plants, continental and maritime waters) represent most of the productive base. Therefore, the stakes, simultaneously with a diversification of their economies, are to promote forms of resource management that ensure lasting resources.

Following this reasoning, environmental preservation can only be sustainably ensured if it contributes to a greater extent to the vital needs of the populations or the economic actors (businesses, states...).

This action is aimed in particular at the following objectives:

- supporting the sustainable development of partner countries in the sectors of activity where the long term stakes are particularly important, for example in situations where human action can lead to irreversible degradation,
- support consideration for environmental criteria in bi- and multilateral development assistance projects, and the implementation of a sectoral environmental policy within French and international development assistance institutions.

All the instruments of French assistance have gradually acquired the means to carry out environmental assessments; the proportion of projects completed in the environmental sectors is increasing.

Drinking water supply is a priority because it enables the long term control of water resources and sustainably managed production, water treatment and distribution, by involving the populations increasingly, in particular in the rural areas. The same is true for the sustainable development of regional areas and natural resources which form a major part of the objectives of French assistance i.e., sustainable regional planning and development of these areas. Waste-water sanitation, industrial decontamination and safety, improvement in living environment, public health and waste management are also concerned.

For example, in 1995, environmental operations programmed by the “CFD” (French Development Bank) in Foreign states represented 1.65 billion French francs, i.e., 28% of the programs. In 1995, after three years of testing, an environmental mechanism was integrated into the project cycle at the “CFD”.

Actions of the French Development Bank (“CFD”)

The French Development Bank is a specialized financial institution, its capital is entirely owned by the state. It contributes, through long-term loans and subsidies, to economic and social development in 60 countries in Africa, the Indian Ocean, the Caribbean, the South Pacific and Asia. It finances public or private productive investments in all sectors of the economy. It also finances, for the French state, structural adjustment programs. Finally, it conducts technical assistance and training programs for managers.

In 1996, the “CFD’s” foreign commitments reached 8 billion French francs, including 4.9 billion FF for project assistance. Out of overall allocated project funds, 20% were subsidies, 55% were soft or very soft loans and 25% were market or near market-term loans.

“CFD” commitments, considered as financing directly targeted to environment aspects, show for 1996 a total amount of 0.85 billion FF, i.e. 17% of the commitments to such environmental projects. Over half of these projects concern drinking-water and sanitation, which remains a priority area for countries located in the field of action of the “CFD”.

A large number of projects, sometimes not assigned to the environmentally targeted project category, have a positive impact on climate warming.

Over the 1995/1996 period, examples were:

- 5 rural development projects, with agricultural production intensification and soil fertility management, thereby limiting the use of slash-and-burn cultivation, possibly introducing agroforestry;
- 4 sustainable management projects on forestry perimeters and 1 reforestation project,
- 4 hydroelectric projects, 2 windpower electricity generating projects, 2 photovoltaic projects and 1 thermal solar project (drying in the agrofoods industry),
- 1 paper mill restoration project, including an energy control aspect,
- 4 investment projects in the rail transportation sector, allowing for maintaining or developing the share of this transportation mode which emits less greenhouse gas.

The commitments for these actions reached 500 million French francs over the 1995/1996 period.

1.1.2. Multilateral assistance

France allocated 10 billion French francs in financial resources in 1995 under multilateral assistance.

This assistance has been mainly channeled through the United Nations, the European Commission and international financial institutions.

France is participating in all the multilateral development assistance mechanisms. France in all international forums responsible for multilateral instruments shows the same

determination to grant multilateral assistance absolutely essential financial, institutional and management means for conducting assistance efficiently.

In particular, France is attached to the principle of balanced burden sharing, the cornerstone of the multilateral system; France backs establishing enough financial resources for international financial institutions, the implementation of institutional reforms when needed, and that these institutions define operational strategies in conformity with the objectives of sustainable development, focusing efforts on the least developed countries, and combating poverty and respect for the environment.

With respect to environmental protection, France supports a strengthening of the activities and financing of multilateral organizations directed towards sustainable management of natural resources as well as better integration of environmental concerns at the planning stage of development projects.

1.2. French assistance for global environmental protection and climate change prevention

France initiated the establishment of the Global Environment Facility which finances incremental costs in development projects related to global environmental preservation. The facility intervenes in four sectors: combating the greenhouse effect, biodiversity preservation, the protection of international waters and protection of the ozone layer.

Established on a pilot basis in 1990 and restructured in 1994, the GEF was funded with 2 billion dollars for the 1994-1997 period.

France, with 807 MFF, is the fourth contributor to the GEF.

As of today, 47% of the GEF's funding has financed projects concerning the greenhouse effect.

France established in 1994, in addition to its funding of the GEF, a French Global Environment Facility (FGEF), funded with 440 MFF, over the same period. The FGEF has 44 projects, reflecting a programming capability of 202 MFF.

51% of the financing is, as of today, directed towards the greenhouse effect.

Distribution of the 21 "greenhouse effect" projects currently under review or being implement is the following:

* Sub-Saharan Africa	9
* Maghreb	3
* Asia / South America	5
* Eastern Europe	3
* Global	1

By implementation sector, "energy/electricity" and "forests" are the most advanced (with respectively 7 and 6 projects), followed by housing and urban development (domestic waste).

This funding complements measures, assistance and cooperation projects conducted by French assistance partners, with a greenhouse effect prevention facet.

In the energy sector, French assistance is applied to situations where renewable energy and energy efficiency now represent an economic alternative. For example: rural and decentralized electrification (photovoltaics in particular), bioclimate construction, domestic waste-to-energy (methane use), and biomass fuels in certain specific contexts.

The French Global Environment Facility (FGEF) and climate change

Reflecting its implication in the field of climate change in developing countries and countries in transition, France has established a bilateral financial instrument specifically devoted to the global environment

The FGEF complements the French contribution to the GEF and intervenes according to the same guidelines as the GEF. Half the projects concern the climate area.

The FGEF's priorities are the following:

- priority to the African continent, considering the particular needs of the region and the overall geographic priorities of French foreign assistance;

- focus on the reproducibility of the projects

Considering the obviously limited impact a project has on the global environment, the directors of the FGEF and its scientific committee focus on projects that have a high reproducible potential and can be extended to other sites or other countries.

This way, the FGEF strives to play an active role in promoting and helping innovations.

- importance given to the objective of socioeconomic development

The FGEF's purpose is to finance incremental costs linked to global environmental protection in development projects. It therefore fits in directly with a development objective, with which it must respond and comply with.

- focus on project innovation

The FGEF intervenes to encourage the spread of innovation benefiting global environmental protection. This innovation can be scientific, technical, technological or institutional. It implies most often direct and indirect costs that justify a special financial effort. This effort is therefore aimed at fostering real dynamic learning.

These priorities directly and aptly apply to the field of climate change, where the scientific committee of the FGEF focuses on the three following criteria: dynamic learning of development synergy — global environment; social and institutional experimentation of the conditions for appropriating generally mature techniques; search for reproducible techniques and appropriation methods.

***New and additional bilateral financial contributions related to the implementation of
the Convention (millions of US Dollars)***

		Secteurs			
		Energy	Forests	Waste management	Industry
1994	Côte d'Ivoire		1		
	Vanuatu	0,2			
	Sao Tomé	0,4			
	Cap Verde	1			
	Brasil / Zaïre/Indonésie		0,2		
1995	Gabon		1,2		
	India			1	
	Mali		1		
	Roumanie	1			
	Tunisie	2			
	Burkina Faso	0,3			
1996	Liban	1,2			
	Brasil	2	2		
	Russia			1,2	
	China	2		2	
	Slovaquia	2			
	Côte d'Ivoire	1,5			
1997	Maurice	1			
	Indonésie	2			
	Mauritanie	1			
	China	2			1
	Europe Centrale				2
	Maroc		2		
TOTAL		34,2	19,6	4,2	3

1.3. Scientific cooperation

Research contributions amount to 2.5 billion French francs per year, spending is mostly devoted to the financing of specialized research organizations such as “CIRAD” and “ORSTOM”.

* The French Center for International Cooperation for Agricultural Science and Development (“CIRAD”)

The “CIRAD” is a specialized scientific organization for agriculture in tropical and sub-tropical regions. Its budget is around 1 billion French francs, two-thirds are public subsidies, and it employs 1,800 people, nearly 40% of which reside abroad, in around fifty developing countries.

Its studies concerning annual crops and forestry (around 200 MFF in public funding) contribute to a large extent to the prevention of climate change by ensuring the preservation and growth of carbon sequestration contained in soils and in the forestry biomass of tropical countries.

These studies are aimed in particular at:

- settling farmers, in particular in Western Africa and Madagascar;

- forestry development, protection and use in order to achieve sustainable timber production;
- preserving or restoring soil fertility.

More selective studies (around 10 MFF) are targeted on prevention of the greenhouse effect:

- producing liquid fuels from vegetable oils and alcohol
- energy use of agricultural and agribusiness by-products (combustion fuel, pyrolysis, gasification, methane fermentation)
- research on determining factors in greenhouse gas emissions in tropical ecosystems, in particular on the role of economic policies affecting the agricultural sector.

* The Overseas Territories Scientific Research Agency (“ORSTOM”)

The “ORSTOM” is a scientific and technical public corporation leading research on inter-tropical environments: land and ocean ecosystems, agricultural systems, human societies, ... It has a budget of 1 billion French francs, 95% are public subsidies, and it employs 820 scientists located in facilities in around forty countries.

The “ORSTOM’s” programs that can be linked to preventing the greenhouse effect concern:

- studying methane fermentation of agribusiness waste, with the objective of both producing energy and controlling local pollution;
- soil reactions linked with various crop systems for the purpose of preserving fertility and even their restoration. This includes biological reactions of soils, uptake of organic matter and methane emissions, in particular in rice paddies;
- the dynamics of agricultural production systems. Analyses and understanding of production systems under all their aspects: biophysical, technical, economic and social, is one of the keys to sustainable development, and crucial for decision-making of those in charge of development options. The “ORSTOM’s” studies concern Africa and Latin America;
- the study of forestry ecosystems on the one hand, arid environments on the other. The approach is based on preserving ecosystems and their diversity with the prospect of controllable exploitation (for example programs of agro-forestry and set-aside management).
- the study of the role that tropical oceans may play in increasing carbon dioxide in the atmosphere; assessment of the biological pump and ocean-atmosphere transfers.

The various research studies mobilize around 150 scientist and represent a public financial contribution of close to 200 million French francs a year.

* The French Environment and Energy Management Agency (“ADEME”)

The “ADEME” contributes to the national technical, scientific and institutional cooperation effort with Southern countries.

Since 1992, its main issue-based programs are:

- * decentralized rural electrification: carrying out a pilot program of decentralized rural electrification in Morocco, photovoltaics projects in Tunisia and the development of new concepts within the framework of an “ADEME-EDF” agreement; communication and activities centers (Benin, Burkina Faso, Mali, Chad) and decentralized service companies (Mali, Senegal).

- * energy production from lignocellulosic biomass: cofinancing a regional research center in the Ivory Coast, contribution to the European program on cogeneration in Southeast Asia,...

- * clean technologies, energy savings in public buildings in West Africa, Central Africa and the Indian Ocean), urban transportation management in Latin America,...

Actions for rational energy use and developing renewable energy in Southern countries benefited, over the 1992-1996 period, from a financial contribution maintained at 4 MFF per year, combining “ADEME’s” own funds with specific contributions of its major French institutional partners.

Moreover, France proposed a transfer of knowledge in the energy management and planning area, relying in particular on the experience of “ADEME”, which served as a model or catalyst for the establishment of local institutions specifically responsible for these issues (Tunisia, Algeria,...).

Other research organizations play a positive role in preventing the greenhouse effect. The National Agronomic Research Institute and the National School of Rural Engineering for Water and Forests are active in the sector of tropical forests (developing forest plantings that respect the major biological balances). Various teams from the National Center for Scientific Research assist developing countries (Senegal, Ivory Coast, Brazil, Thailand) in drafting national inventories of greenhouse gas emissions and defining national prevention strategies at lesser costs.

Moreover, France is supporting research for controlling desertification through the action of the Sahara and Sahel Observatory.

2. Cooperation with countries in transition to market economies (CEECs and CIS)

The reduction in greenhouse gas emissions is an important consequence of several cooperation actions undertaken with these countries.

2.1. Ensuring nuclear safety in Eastern Europe

The nuclear power furnishes around 15% of electricity production in these countries.

France, in close cooperation with Germany has played a leading role in cooperation led by the international community, over the last four years, supporting the improvement of nuclear safety in the Central and Eastern European Countries and the former USSR, the first objective being to avoid a nuclear accident and to limit the use of fossil energy electric production in the countries.

This cooperation takes place by contributing within organizations (administrative departments and the French Atomic Energy Center (“CEA”) and French corporations to thinking and studies carried out by institutions and international organizations (IAEA, NEA, IEA, “RAMG”, “WANO”, “TPEG”) as well for the activities of international consortiums (“ENAC”, “CASSIOPEE”, “EFCC”, “RBMK”).

Besides its Community effort, France is making a financial contribution of 360 MFF (for the 1993-1996 period) to the International Fund for Nuclear Safety in Eastern Europe managed by EBRD, and 150 MMF for bilateral cooperation actions, in addition with a voluntary contribution to IAEA and the furnishing of French experts to the Agency.

The bilateral actions conducted by France have focused mostly on three major issues of the multilateral program adopted by the G7 at the Munich Summit in 1992, but also on the nuclear fuel cycle, radiation safety or the strengthening of the structures of the nuclear industry.

Regarding operational safety procedures, the best approach has been on-site assistance and especially, the pairing of French nuclear plants with six relevant countries (Hungary, Czech Republic, Slovakia, Ukraine, Bulgaria and the Russian Federation). These pairings are aimed at increased both the level of safety and the availability of the plants. They allow operators to trade experiences, know-how and technology transfers and conduct training sessions. Other actions contributing to an improvement in operational safety were conducted over the past few years or are underway, such as training for accident management or non-destructive trials (Ukraine) or the videodisk inventory of a plant’s major equipment (Slovakia, Ukraine).

Finally, French bilateral cooperation in this field has been strengthened lately by installing compact simulators for operational training at the nuclear plants and with the regulatory safety authorities (Ukraine and Bulgaria).

Improving technical features of the nuclear plants, the second issue in the multilateral plan, is the subject, on the one hand of multilateral agreements on supplying essential materials (agreement with Bulgaria, Lithuania and Russia, under discussion with Ukraine), on the other bilateral agreements for training seminars on technical subjects such as tank radiation exposure analysis (Russia) and the transfer of design computing codes (Russia).

Regarding the strengthening of regulations, it mostly takes the form of general cooperation between the French safety authority, its technical support by the French Institute for Nuclear Safety and Protection and their counterparts in Eastern European countries to which some specific actions are added. These are projects for the installation of compact simulators to be used by the Bulgarian and Ukrainian safety authorities, preliminary safety

analysis studies (Ukraine), as well as regional actions on the adaptation to VVER reactors of the computing codes “Cathare” and “Escadre” and carrying out corresponding training sessions.

Moreover, the nuclear fuel cycle was the subject of several cooperation projects, in particular on cycle strategy (former Czechoslovakia, Ukraine) and on organization and technical procedures at the end of the cycle (former Czechoslovakia)

Finally, bilateral actions were carried out, or have been decided in support of the development of a safety mind-set (Russia, Ukraine), in the area of radiation safety and environmental monitoring (Belorussia, Russia) and the strengthening of certification and quality organization (Russia).

Anticipated effects:

- to avoid a new accident with serious direct consequences that could consequently slow nuclear development, even where it is designed and operated safely;
- to preserve non CO₂ generating electric production, which is currently offsetting the production of 60 MMTC per year in the relevant countries.

2.2. Energy savings

In all Eastern European Countries, it is estimated that at least 30% in energy savings can be obtained by implementing practices used in the West.

All the actions launched to improve energy efficiency in these countries have three positive consequences:

- restoring the capacity of the CIS to export fossil energy which is its main foreign exchange source
- improving competitiveness of the economies of the countries of Eastern Europe
- reducing their CO₂ emissions.

Many initiatives have been taken in this field.

Actions financed on French funds on a bilateral basis are often a first stage of a mechanism relayed by multilateral financing (World Bank, EBRD, PHARE and TACIS Community programs funded with 1.5 billion ECU).

Two public corporations play a major role in promoting these actions: ADEME and “Gaz de France”

“ADEME’s” actions are focused on:

- institutional backing for countries to define and implement energy management policies and in particular for establishing energy management agencies,
- developing cooperation in higher education, science and technology,
- establishing decentralized cooperation by implementing relations between local authorities in the two countries,
- On-location presentation of French industrial services with expertise in energy control.

“Gas de France” has striven to show the CIS that the best way for gas to be available at a low cost was to save it, this is less costly than exploiting new deposits. For this purpose, “GDF” has carried out energy audits with industrial clients of GAZPROM and in the heating of housing in Moscow; “GDF” is also involved in the operation “Prague Clean City” to define new terms and conditions for saving 25% of the energy need for heating. Finally, the French chemical industry is participating in the offer made by the European Council of Chemical Manufacturers Federation (ECCMF): to carry out free energy audits requested by the chemical industry of countries “in transition”.

For these various actions to be really effective, energy consumers in these countries must be made aware of the need for energy control, and in Russia, such awareness requires that fuel prices rise closer to world prices.

2.3. Reducing natural gas leaks

Though the stakes for the greenhouse effect are lesser than for energy savings, active cooperation is developing also in the area of natural gas under the impetus of “GDF” which has been striving since 1991 to convince partners of the efficiency distribution methods using polyethylene networks.

Various demo operations were carried out in Russia and Ukraine (each time on 1 to 3 km of the network) in Moscow, Saint Petersburg, LVOV, JITOMIR.

A partnership between MOSGAZ and “GDF” is preparing the establishment in Moscow of a Technical Training Center for polyethylene gas distribution.

Finally a production plant for polyethylene pipes has been launched in partnership with a Russian company and a French one.

Other operations concern the gas transportation network (audit of a 500 km section, cathodic protection...)

VIII. FRENCH CONTRIBUTION TO RESEARCH ON GLOBAL CLIMATE CHANGE

1. Global climate change

Research at the international level initially focused on physical, chemical and biological aspects enabling the study of human-induced climate trends, by establishing the World Climate Research Program (WCRP) followed by the International Geosphere-Biosphere Program (IGBP). In 1995 the ICSU decided to sponsor with the ISSC the International Program on the Human Dimensions of Global Change (IPDH) which will redefine its objectives.

French research organizations followed the international model, but in order to stress the fact that climate change and global environment is the result of multiple interactions of elements of system Earth, these were regrouped within a single program: the French IGBP which included national participation in WCRP and IGBP. Current changes in this program take into account international changes and in its new composition, the Scientific Committee of the new Research Program on Global Change (former IGBP) includes representatives from the social sciences, i.e., covering the 3 major international programs.

All the programs related to the Environment were recently substantially reorganized within the National Center for Scientific Research (“CNRS”). This organization covers aspects of local Environment that do not relate to Global Change.

1.1. The French IGBP

Five national science programs now cover the essential areas of study: atmosphere, ocean and biomass. These are:

- the National Program for the Study of Climate Dynamics (“PNEDC”) which covers a large part of the WCRP and the PAGES¹/IGBP
- of the Ocean Flux Study (“PFO” or JGOFS-France²) which is the French component of the JGOFS/IGBP program
- of the National Atmospheric Chemistry Program (“PNCA”) which covers tropospheric and stratospheric physiochemistry, e.g., SPARC³/WCRP et IGAC⁴/IGBP
- of the National Coastal Oceanographic Program, associated with the National Program “Coral Reef”, the French equivalent of LOICZ⁵/IGBP
- of the National Program “*Déterminisme du Recrutement*” which corresponds in part with the GLOBEC¹ program.

¹Past Global Change

²Joint Global Ocean Flux Study

³Stratospheric Processes and Their Role in Climate

⁴International Global Atmospheric Chemistry

⁵Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone

The following are in addition to these five programs:

- The National Atmosphere and Ocean Medium-Scale Program (“PATOM”)
- The National Space Remote-Sensing Program (PNTS),
and, within the scope of the “PIR” Environment, Life, Society of the “CNRS”:
- The National Continental Biosphere Program (“PNBC”) the French equivalent of the GETC/IGBP,
- the National Program “Biodiversity Dynamics and the Environment” (“PND BE”) for issues within the scope of the International Diversitas program,

Some of these programs are described in Appendix No. 2

The integration of this national effort in international programs is guaranteed by the participation of French scientists in international forums.

Besides these programs, there are several more selective actions, or other programs, some are related to the issues of “global change”. For example, the Program on Soil and Erosion Research (“PROSE/INSU”), the Program on Hydrology Research (“PRH/INSU”) and the “GIP” (Public interest grouping), “Hydrosystems” and the “GIP” “Ecofor”. Some programs conducted by research organizations also deal with the issue of “climate change and the global environment”. These research directions are not detailed in the Appendix but they have been taken into account in establishing the overall financial total.

1.2. The program “The economy and society in the face of global change”

This program coordinates the granting of incitement funding (4 MMF in 1994) for structuring research cooperation in economics and sociology in order to organize the prevention of climate change. Its objective is to form in France, on a lasting basis a research environment with skills in this field and capacities to integrate into the work of the international scientific community within the International “IPDH” (International Program on the Human Dimensions)

This program covers the development of research on the socioeconomic aspects of global change related to the increase in the greenhouse effect, and in particular on:

- modeling of the links between the environment, resources and development patterns over the long term.
- the capacity of tax incentives to stir technical change and changes in the organization of space and transportation; their macro-economic impacts,
- institutions and the implementation of decisions on the international management of the global environment.

¹Global Ocean Ecosystem Dynamics

Around twenty teams gathered for the most part within a research group (“GDR OIKIA”) are involved in this program.

1.3. Funding and human means

All funding available to the organizations can be broken-down into research funds, that include semi-heavy equipment, lab support and program incitement actions and consolidated funding which are part of the support for these programs, and which includes the salaries of the research personnel and the technicians.

The total funding for incitement research funds reached 150 MMF in 1993 and remains mostly stable. Their objective is to structure research and instill a dynamic push towards priority programs. All of the financing show a good balance between actions related to the climate (“PNEDC, PATOM”) atmospheric chemistry (PNCO and PNRCO”) and ecosystems. 950 researchers and technicians are involved in these programs, for an annual budget of 560 MMF. The total consolidated budget including Space was 1,500 MMF in 1993. No recent assessment has been made.

Financing from the EEC (Environment and Climate programs and MAST II within the scope of the 3rd and 4th RTD Framework Program “PCRD” reached 50 MMF / year as a yearly average over the 1992-96 period. The annual French contribution to the IGBP secretariat in Stockholm reached 0.5 MMF (though 1996 budgetary restriction did not allow the level to be attained). Moreover, two International Bureaus are located in France, SPARC/WCRP in Verrières-le Buission and DIS¹/IGBP in Toulouse, which corresponds to financing by the host organizations of 0.47 MMF et 1 MMF respectively.

2. Research related to mitigation

2.1. “ADEME’s” programs

The “ADEME’s” mission is to conduct and stir technological research in the field of new and renewable energy.

The major directions of “ADEME’s” work are the following (with indications of the funds spent from the Agency’s budget from 1990 to 1996):

- New and renewable energy (305 MFF)
 - decentralized electricity, essentially photovoltaics
 - biomass with studies on developing resources (short rotation forestry), on the transformation of biomass into energy and improvement of wood boilers
 - geothermal studies in particular in dry and warm deep rock (4,000 m)
- Energy savings in industry (210 MFF)
 - improving exchangers and boilers
 - efficient use of electricity in particular for high-temperature heating or as radiant energy

¹Data and Information System

- studies on processes in particular in the iron and steel industry (furnaces, galvanizing, recycling smelting sands...) paper mills (drying) and agrofood industry (liquid solid separations).

- Controlling energy use in transportation (263 MFF)
 - actions on transportation demand (understanding determinant factors of mobility)
 - developing the attractiveness of more efficient modes, other than automobiles
 - improving traffic conditions and vehicle performances
 - developing combined transportation methods
- Controlling energy use in construction (180 MFF)
 - improving materials
 - improving heating and air renewal systems
 - researching the more efficient specific uses of electricity (in particular lighting)

70% of these funds support private research, 30% public research with an average subsidy rate of 45%.

2.2. Research on preventing the greenhouse effect in the rural sector

The level and conditions of the emissions (or sequestration) of greenhouse gases linked with rural activities are not well known enough to permit, as of now, organizing economically justified prevention actions.

A research program was therefore launched on this issue, with a special focus on the following items:

- soil carbon sequestration depending on its use and in particular carbon sequestration in forestry soils, and specifically, the study of soil changes when shifting from farming to forestry use,
- methane emissions caused by enteric fermentation of ruminant animals: empirical study of the general laws linking methane production to feeding factors and animal factors, study of the action of the various chemical or biological additives known to have a negative effect on methane generation, characterization and impact of changes in the flora in the first stomachs of ruminants thanks to mechanistic modeling and *in vitro* and *in vivo* experimental studies,
- methane emissions linked to animal waste management, including measurement of emissions in the various livestock farming systems and for various types of animal waste management, completed with technical-economic assessments of the various strategies for the reduction of these emissions,
- microbiological studies of soil methane emissions, with a focus on characterization, quantification and the ecology of methane feeding microflora which are not well known,

- flow of non-point source nitrous oxide and methane from soils, with the objective of first perfecting reliable measuring methods that are easy to implement on a large scale (it was agreed to select micrometeorological methods first since these have proven reliable for measuring in similar fields).

Measures implemented

The National Agronomic Research Institute ensures the coordination of a research program in which various public research organizations participate. This program was launched in 1992 and was granted over the 1992/1996 period 12 MFF in incitement funding allowing the implementation of overall public means of around 45 MFF. This program will be pursued until 2000.

Anticipated results

It is hoped that the results obtained by these research programs will permit the implementation of prevention measures in the rural sector which will limit gross emissions and significantly increase sinks, but their effect will mostly be felt beyond the year 2000.

APPENDIX I

GREENHOUSE GAS EMISSIONS' INVENTORY

IPCC TABLE 7A - SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES
Estimation from CORINAIR National Annual Data, allocated to IPCC Source and Sink Categories

FRANCE M+O 1990

Edited on 26/03/98

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES		EMISSION ESTIMATES						
		CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOC	SO2
		(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)
NATIONAL TOTALS		345161	3016.898	181.721	1909.473	11354.729	3155.591	1347.632
1 All Energy (Fuel Combustion + Fugitive)		356691	494.940	14.364	1861.522	10422.790	1853.359	1288.214
A Fuel Combustion		356259	162.763	14.335	1855.957	10417.791	1724.664	1193.548
1 Energy and Transformation Industries		81881	1.299	2.286	153.278	18.051	3.587	501.171
2 Industry (ISIC)		49597	6.775	3.624	182.825	650.700	13.490	315.842
3 Transport		124921	23.877	4.025	1163.039	7759.789	1416.567	155.474
4 Comm./Institutional, Residential, Agri./Forestry/Fishing		99860	130.811	4.401	356.814	1989.250	291.020	221.061
5 Other Combustion Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Fugitive Emissions from Fuels		432	332.177	0.029	5.565	4.999	128.695	94.666
1 Solid Fuels		0	206.258	0.000	0.000	4.255	1.064	0.000
2 Oil and Natural Gas Fuels		432	125.919	0.029	5.565	0.743	127.632	94.666
2 Industrial Processes		16638	2.588	89.990	23.198	650.488	86.364	44.137
3 Solvent and Other Product Use		2284	0.000	1.912	0.000	0.000	732.851	0.000
4 Agriculture		0	1626.494	54.459	0.000	0.000	11.177	0.000
A Enteric Fermentation		0	1430.388	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Manure Management		0	168.090	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C Rice Cultivation		0	8.672	0.075	0.000	0.000	0.000	0.000
D Agricultural Soils		0	19.343	54.384	0.000	0.000	11.177	0.000
E Prescribed Burning of Savannas		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F Field Burning of Agricultural Residues		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G Other Agriculture Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5 Land Use Change & Forestry		-33218	92.640	17.870	0.847	49.732	448.260	0.000
A Wood & Woody Biomass Stock Change		-37899	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Forest and Grassland Conversion		13729	3.409	0.024	0.847	49.732	4.158	0.000
C Abandonment of Managed Lands		-9048	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D Other Land Use Change Activities		0	89.231	17.846	0.000	0.000	444.102	0.000
6 Waste		2766	800.237	3.124	23.905	231.719	23.579	15.280
A Solid Waste Disposal on Land		0	757.855	0.000	0.000	0.000	4.797	0.000
B Wastewater Treatment		1314	15.756	1.918	0.000	0.000	3.022	0.000
C Waste Incineration		1452	14.247	1.207	23.905	231.719	8.149	15.280
D Other Waste		0	12.379	0.000	0.000	0.000	7.610	0.000
7 Other		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
International Aviation and Marine (not included in national totals)		17485	0.000	0.255	223.741	25.053	80.340	146.001

Note : Minus values of CO2 relate to carbon uptake.

IPCC TABLE 7A - SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES
Estimation from CORINAIR National Annual Data, allocated to IPCC Source and Sink Categories

FRANCE M+O 1991

Edited on 26/03/98

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES

	EMISSION ESTIMATES						
	CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOC	SO2
	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)
NATIONAL TOTALS	369276	3003.027	180.368	1994.181	11584.279	3109.411	1446.166
1 All Energy (Fuel Combustion + Fugitive)	379250	519.866	15.517	1947.988	10681.188	1896.298	1388.644
A Fuel Combustion	378539	192.350	15.365	1943.244	10676.135	1764.155	1300.547
1 Energy and Transformation Industries	92098	1.383	2.585	195.041	20.175	4.160	600.928
2 Industry (ISIC)	49464	6.526	3.529	202.323	632.241	17.363	309.673
3 Transport	126844	23.631	4.266	1174.937	7651.862	1406.347	161.685
4 Comm./Institutional, Residential, Agri./Forestry/Fishing	110134	160.810	4.986	370.943	2371.858	336.284	228.261
5 Other Combustion Activities	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Fugitive Emissions from Fuels	711	327.517	0.151	4.744	5.053	132.143	88.097
1 Solid Fuels	0	191.512	0.000	0.000	4.154	1.039	0.000
2 Oil and Natural Gas Fuels	711	136.004	0.151	4.744	0.899	131.105	88.097
2 Industrial Processes	15871	1.587	87.712	20.088	621.126	78.888	40.304
3 Solvent and Other Product Use	2033	0.000	1.929	0.000	0.000	652.382	0.000
4 Agriculture	0	1596.716	53.821	0.000	0.000	10.708	0.000
A Enteric Fermentation	0	1400.825	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Manure Management	0	167.487	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C Rice Cultivation	0	9.057	0.078	0.000	0.000	0.000	0.000
D Agricultural Soils	0	19.346	53.743	0.000	0.000	10.708	0.000
E Prescribed Burning of Savannas	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F Field Burning of Agricultural Residues	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G Other Agriculture Activities	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5 Land Use Change & Forestry	-30791	94.049	18.152	0.847	49.732	450.026	0.000
A Wood & Woody Biomass Stock Change	-35445	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Forest and Grassland Conversion	13293	3.409	0.024	0.847	49.732	4.158	0.000
C Abandonment of Managed Lands	-8639	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D Other Land Use Change Activities	0	90.640	18.128	0.000	0.000	445.868	0.000
6 Waste	2913	790.809	3.237	25.259	232.233	21.109	17.218
A Solid Waste Disposal on Land	0	749.690	0.000	0.000	0.000	4.918	0.000
B Wastewater Treatment	1344	13.493	1.962	0.000	0.000	0.009	0.000
C Waste Incineration	1569	14.668	1.275	25.259	232.233	8.172	17.218
D Other Waste	0	12.957	0.000	0.000	0.000	8.009	0.000
7 Other	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
International Aviation and Marine (not included in national totals)	16793	0.000	0.265	221.366	24.449	82.889	148.862

Note : Minus values of CO2 relate to carbon uptake.

IPCC TABLE 7A - SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES
Estimation from CORINAIR National Annual Data, allocated to IPCC Source and Sink Categories

FRANCE M+O 1992

Edited on 26/03/98

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES

	EMISSION ESTIMATES						
	CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOC	SO2
	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)
NATIONAL TOTALS	368201	2937.300	174.351	1926.399	11051.034	3042.875	1278.089
1 All Energy (Fuel Combustion + Fugitive)	375714	505.461	15.557	1883.308	10158.177	1838.985	1223.179
A Fuel Combustion	375494	180.971	15.418	1876.785	10153.219	1714.800	1137.079
1 Energy and Transformation Industries	84356	1.345	2.360	175.569	18.954	4.128	480.391
2 Industry (ISIC)	51963	7.329	3.638	164.414	603.976	12.477	276.649
3 Transport	129609	23.868	4.506	1180.411	7329.226	1383.929	167.715
4 Comm./Institutional, Residential, Agri./Forestry/Fishing	109566	148.428	4.913	356.391	2201.063	314.266	212.324
5 Other Combustion Activities	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Fugitive Emissions from Fuels	220	324.490	0.139	6.523	4.959	124.185	86.100
1 Solid Fuels	0	194.170	0.000	0.000	4.104	1.026	0.000
2 Oil and Natural Gas Fuels	220	130.320	0.139	6.523	0.855	123.159	86.100
2 Industrial Processes	21342	2.382	82.509	15.637	609.536	86.162	37.737
3 Solvent and Other Product Use	2008	0.000	1.945	0.000	0.000	644.269	0.000
4 Agriculture	0	1563.216	52.999	0.000	0.000	10.449	0.000
A Enteric Fermentation	0	1366.218	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Manure Management	0	167.544	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C Rice Cultivation	0	10.065	0.086	0.000	0.000	0.000	0.000
D Agricultural Soils	0	19.389	52.913	0.000	0.000	10.449	0.000
E Prescribed Burning of Savannas	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F Field Burning of Agricultural Residues	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G Other Agriculture Activities	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5 Land Use Change & Forestry	-34259	93.142	17.971	0.847	49.732	441.435	0.000
A Wood & Woody Biomass Stock Change	-39355	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Forest and Grassland Conversion	13489	3.409	0.024	0.847	49.732	4.158	0.000
C Abandonment of Managed Lands	-8393	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D Other Land Use Change Activities	0	89.733	17.947	0.000	0.000	437.277	0.000
6 Waste	3396	773.098	3.372	26.607	233.589	21.575	17.173
A Solid Waste Disposal on Land	0	728.128	0.000	0.000	0.000	4.935	0.000
B Wastewater Treatment	1368	16.304	1.996	0.000	0.000	0.009	0.000
C Waste Incineration	2028	15.101	1.376	26.607	233.589	8.202	17.173
D Other Waste	0	13.566	0.000	0.000	0.000	8.429	0.000
7 Other	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
International Aviation and Marine (not included in national totals)	17059	0.000	0.256	220.291	26.510	81.777	137.428

Note : Minus values of CO2 relate to carbon uptake.

IPCC TABLE 7A - SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES
Estimation from CORINAIR National Annual Data, allocated to IPCC Source and Sink Categories

FRANCE M+O 1993

Edited on 26/03/98

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES		EMISSION ESTIMATES						
		CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOC	SO2
		(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)
NATIONAL TOTALS		333275	2921.826	163.903	1814.452	10494.107	2903.612	1151.114
1 All Energy (Fuel Combustion + Fugitive)		355870	516.677	15.322	1774.309	9626.351	1774.184	1101.649
A Fuel Combustion		355373	178.274	15.177	1767.548	9621.746	1649.816	1019.869
1 Energy and Transformation Industries		69946	1.230	1.956	128.723	16.597	3.793	381.847
2 Industry (ISIC)		50076	7.114	3.463	161.338	547.521	12.235	277.174
3 Transport		129968	23.078	4.964	1151.580	6911.410	1328.518	169.992
4 Comm./Institutional, Residential, Agri./Forestry/Fishing		105383	146.852	4.794	325.907	2146.218	305.270	190.855
5 Other Combustion Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Fugitive Emissions from Fuels		497	338.403	0.145	6.760	4.605	124.368	81.780
1 Solid Fuels		0	208.524	0.000	0.000	3.823	0.956	0.000
2 Oil and Natural Gas Fuels		497	129.879	0.145	6.760	0.781	123.412	81.780
2 Industrial Processes		14025	2.116	74.938	13.562	585.191	72.288	32.924
3 Solvent and Other Product Use		1912	0.000	1.954	0.000	0.000	613.323	0.000
4 Agriculture		0	1553.502	50.387	0.000	0.000	9.173	0.000
A Enteric Fermentation		0	1353.944	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Manure Management		0	169.139	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C Rice Cultivation		0	10.828	0.091	0.000	0.000	0.000	0.000
D Agricultural Soils		0	19.592	50.296	0.000	0.000	9.173	0.000
E Prescribed Burning of Savannas		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F Field Burning of Agricultural Residues		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G Other Agriculture Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5 Land Use Change & Forestry		-41729	93.089	17.960	0.847	49.732	412.582	0.000
A Wood & Woody Biomass Stock Change		-46658	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Forest and Grassland Conversion		13529	3.409	0.024	0.847	49.732	4.158	0.000
C Abandonment of Managed Lands		-8600	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D Other Land Use Change Activities		0	89.680	17.936	0.000	0.000	408.424	0.000
6 Waste		3197	756.443	3.342	25.734	232.833	22.061	16.541
A Solid Waste Disposal on Land		0	711.051	0.000	0.000	0.000	4.998	0.000
B Wastewater Treatment		1390	15.912	2.029	0.000	0.000	0.009	0.000
C Waste Incineration		1807	14.792	1.312	25.734	232.833	8.183	16.541
D Other Waste		0	14.689	0.000	0.000	0.000	8.871	0.000
7 Other		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
International Aviation and Marine (not included in national totals)		17894	0.000	0.249	224.226	28.446	80.649	144.048

Note : Minus values of CO2 relate to carbon uptake.

IPCC TABLE 7A - SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES
Estimation from CORINAIR National Annual Data, allocated to IPCC Source and Sink Categories

FRANCE M+O 1994

Edited on 26/03/98

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES		EMISSION ESTIMATES						
		CO2 (Gg)	CH4 (Gg)	N2O (Gg)	NOx (Gg)	CO (Gg)	NMVOC (Gg)	SO2 (Gg)
NATIONAL TOTALS		326733	2860.475	168.407	1793.777	9657.721	2865.420	1104.297
1 All Energy (Fuel Combustion + Fugitive)		353277	495.432	16.164	1752.165	8771.242	1671.360	1054.062
A Fuel Combustion		350329	161.391	15.917	1744.544	8767.073	1551.516	984.908
1 Energy and Transformation Industries		63901	1.199	1.796	128.555	16.262	3.727	360.556
2 Industry (ISIC)		53000	7.993	3.725	167.751	599.219	12.704	287.712
3 Transport		132815	22.236	5.879	1133.674	6228.243	1257.566	165.814
4 Comm./Institutional, Residential, Agri./Forestry/Fishing		100613	129.963	4.516	314.564	1923.348	277.519	170.826
5 Other Combustion Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Fugitive Emissions from Fuels		2948	334.041	0.247	7.621	4.169	119.844	69.154
1 Solid Fuels		0	212.936	0.000	0.000	3.472	0.868	0.000
2 Oil and Natural Gas Fuels		2948	121.105	0.247	7.621	0.696	118.976	69.154
2 Industrial Processes		14335	2.425	77.381	11.365	602.553	77.591	29.963
3 Solvent and Other Product Use		1945	0.000	1.963	0.000	0.000	624.154	0.000
4 Agriculture		0	1555.516	51.490	0.000	0.000	10.349	0.000
A Enteric Fermentation		0	1353.848	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Manure Management		0	169.619	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C Rice Cultivation		0	12.425	0.107	0.000	0.000	0.000	0.000
D Agricultural Soils		0	19.624	51.383	0.000	0.000	10.349	0.000
E Prescribed Burning of Savannas		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F Field Burning of Agricultural Residues		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G Other Agriculture Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5 Land Use Change & Forestry		-46353	92.544	17.851	0.847	49.732	456.299	0.000
A Wood & Woody Biomass Stock Change		-50684	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Forest and Grassland Conversion		13301	3.409	0.024	0.847	49.732	4.158	0.000
C Abandonment of Managed Lands		-8970	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D Other Land Use Change Activities		0	89.135	17.827	0.000	0.000	452.141	0.000
6 Waste		3528	714.558	3.558	29.399	234.194	25.667	20.271
A Solid Waste Disposal on Land		0	666.927	0.000	0.000	0.000	4.932	0.000
B Wastewater Treatment		1412	16.812	2.061	0.000	0.000	3.154	0.000
C Waste Incineration		2117	15.938	1.497	29.399	234.194	8.246	20.271
D Other Waste		0	14.881	0.000	0.000	0.000	9.336	0.000
7 Other		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
International Aviation and Marine (not included in national totals)		16140	0.000	0.221	200.615	27.804	73.322	124.351

Note : Minus values of CO2 relate to carbon uptake.

IPCC TABLE 7A - SUMMARY REPORT FOR NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES
Estimation from CORINAIR National Annual Data, allocated to IPCC Source and Sink Categories

FRANCE M+O 1995

Edited on 26/03/98

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES

GREENHOUSE GAS SOURCE AND SINK CATEGORIES		EMISSION ESTIMATES						
		CO2	CH4	N2O	NOx	CO	NMVOC	SO2
		(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)	(Gg)
NATIONAL TOTALS		338545	2844.141	173.486	1778.056	9469.062	2770.311	1047.624
1 All Energy (Fuel Combustion + Fugitive)		363925	519.861	17.016	1735.667	8589.632	1639.801	997.484
A Fuel Combustion		356588	187.357	16.856	1730.659	8585.425	1518.048	922.853
1 Energy and Transformation Industries		67645	1.266	1.946	142.143	17.140	3.904	377.528
2 Industry (ISIC)		52564	7.162	3.461	166.344	568.174	12.104	265.726
3 Transport		134623	21.139	6.714	1086.891	5696.692	1178.216	135.708
4 Comm./Institutional, Residential, Agri./Forestry/Fishing		101756	157.791	4.735	335.281	2303.419	323.824	143.891
5 Other Combustion Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Fugitive Emissions from Fuels		7337	332.504	0.160	5.008	4.206	121.753	74.632
1 Solid Fuels		0	211.015	0.000	0.000	3.463	0.866	0.000
2 Oil and Natural Gas Fuels		7337	121.489	0.160	5.008	0.743	120.887	74.632
2 Industrial Processes		15866	2.669	80.352	10.821	594.762	77.488	29.869
3 Solvent and Other Product Use		1792	0.000	1.971	0.000	0.000	574.880	0.000
4 Agriculture		0	1551.219	52.631	0.000	0.000	10.452	0.000
A Enteric Fermentation		0	1359.210	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Manure Management		0	160.696	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
C Rice Cultivation		0	11.687	0.102	0.000	0.000	0.000	0.000
D Agricultural Soils		0	19.626	52.528	0.000	0.000	10.452	0.000
E Prescribed Burning of Savannas		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
F Field Burning of Agricultural Residues		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
G Other Agriculture Activities		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5 Land Use Change & Forestry		-46801	91.986	17.851	0.847	49.732	444.739	0.000
A Wood & Woody Biomass Stock Change		-51165	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
B Forest and Grassland Conversion		13289	2.851	0.024	0.847	49.732	4.158	0.000
C Abandonment of Managed Lands		-8925	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
D Other Land Use Change Activities		0	89.135	17.827	0.000	0.000	440.581	0.000
6 Waste		3764	678.406	3.666	30.722	234.936	22.950	20.272
A Solid Waste Disposal on Land		0	629.400	0.000	0.000	0.000	4.847	0.000
B Wastewater Treatment		1433	17.069	2.093	0.000	0.000	0.008	0.000
C Waste Incineration		2330	16.347	1.573	30.722	234.936	8.270	20.272
D Other Waste		0	15.590	0.000	0.000	0.000	9.825	0.000
7 Other		0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
International Aviation and Marine (not included in national totals)		16815	0.000	0.228	208.204	28.999	75.682	130.627

Note : Minus values of CO2 relate to carbon uptake.

APPENDIX II

SUMMARY OF THE POLICIES AND MEASURES FOR MITIGATING CLIMATE CHANGE

CO ₂									
Title of the policy/measure	Type of measure	Objective and/or emission reduction method	Sector	Degree of implementation	Estimate of the effects (MMTC)				Monitoring: indicator of the state of progress
					2000	2005	2010	2020	

New residential	Regulations	Improving energy-efficiency	Buildings	Underway	0.01	0.04	0.08	0.14	Technical solutions were changed
New commercial /institutional	Information and training Regulations	Improving energy-efficiency	Buildings	Underway	0.2	0.3	0.4	0.8	Sectoral guides were published
Existing buildings	Law	Listing building consumption	Buildings	Decided	included here	included here	included here	included here	Law on air and the rational energy use of DEC/30/96
	Economic instrument	Encourage energy control works	Buildings	Underway	0.4	0.6	1.0	1.8	2.5 billion French francs in 1992
		Energy savings programs in State buildings	Buildings	Underway	0.2	0.2	0.2	0.2	Circular of the Prime Minister of JAN/24/91.
	Economic instrument	CO ₂ emissions taxation	Buildings	Proposal (decision to be taken at the EU level)	-	-	-	-	Memorandum of APR/18/94

CO ₂									
Title of the policy/measure	Type of measure	Objective and/or emission reduction method	Sector	Degree of implementation	Estimate of the effects (MMTC)				Monitoring: indicator of the state of progress
					2000	2005	2010	2020	

Developing timber use in construction	Information, public support for research, regulatory provision	Carbon sequestration outside forests, reduction in fossil CO ₂ emissions	Buildings	Underway			0.7		Law on air and the rational energy use of DEC/30/96
Voluntary agreements	Voluntary agreements	Energy efficiency, energy substitution	Industry	Underway	1.2	1.2	1.2	1.2	Monitoring procedure included in the commitments
Supporting measures	Financial and tax incentives	Energy efficiency	Industry	Underway	ε	ε	0.1	0.2	1996 Budget Law
Technical provisions on heavy trucks	Regulations	Reducing specific heavy-truck emissions	Transportation	Applied (safety inspection) Proposed (limiting power to weight ratio)	0	0.4	0.4	0.5	Order of JULY/5/94
Institutional actions concerning freight transportation by road	Regulations Economic instruments	Restoring better competitive terms for freight transportation	Transportation	Underway	included here	included here	included here	included here	

CO ₂									
Title of the policy/measure	Type of measure	Objective and/or emission reduction method	Sector	Degree of implementation	Estimate of the effects (MMTC)				Monitoring: indicator of the state of progress
					2000	2005	2010	2020	

Development of intermodal transportation	Multiple (institutional, research and development, economic instruments, etc.)	Developing alternative intermodal transportation to roads	Transportation	Underway	0.35	0.7	0.9	1.6	300 MFF effort in 1995
Reduction in consumption of new vehicles	Voluntary agreements for passenger cars	120 gCO ₂ /km before 2010 pour for new vehicles sold in the EU, similar trend for light trucks	Transportation	National voluntary agreement Community measures underway	0	1.4	2.8	4.7	Voluntary commitment of French manufacturers to reach 150gCO ₂ /km in 2005
Safety inspections	Regulations	Reduction of pollutant emissions	Transportation	Applied	1.2	1.0	0.85	0.8	Orders of JAN/1/95 and JULY/5/94
Removal bonus for vehicles over ten years old	Economic instrument	Encouraging replacing old automobiles by new ones	Transportation	Applied	included here	included here	included here	included here	Measure in force from JUNE/30/95 to DEC/31/1996

Summary of policies and measures

CO ₂									
Title of the policy/measure	Type of measure	Objective and/or emission reduction method	Sector	Degree of implementation	Estimate of the effects (MMTC)				Monitoring: indicator of the state of progress
					2000	2005	2010	2020	

Urban vehicles	Multiple	Developing a specifically urban vehicle	Transportation	Study	-	-	-	-	Conclusions of the working group anticipated
Alternative vehicles	Multiple, including laws	Developing alternative vehicles	Transportation	Underway	ε	ε	0.3	0.5	Law on air and the rational energy use of DEC/30/96
Urban travel	Law (requirement for local authorities to draft urban travel plans)	Optimizing urban travel	Transportation	Decided	ε	ε	0.7	1.1	Law on air and the rational energy use of DEC/30/96
High-speed trains	Multiples, including investments	Giving an alternative to the road or aircraft	Transportation	Implementation underway	0.1	0.13	0.16	0.22	Management plan of national high-speed train links (1991)
Nuclear investments	“EDF” investment decisions	Energy substitution	Electricity	Underway	12.5 to 25	idem	idem	idem	“EDF” infrastructure plan

CO ₂									
Title of the policy/measure	Type of measure	Objective and/or emission reduction method	Sector	Degree of implementation	Estimate of the effects (MMTC)				Monitoring: indicator of the state of progress
					2000	2005	2010	2020	

Developing cogeneration	Regulatory provision on purchasing electricity	Energy substitution	Electricity	Underway	1.6	-	1	1.2	0.6 GW installed between 1990/1994
Reducing peak load curve	Rates, public incitements, information	Energy substitution, "DSM"	Electricity	Underway	0.35	-	0.5 to 0.8	-	30 000 TEMPO accounts in 1996, 1993 and 1996 "EDF/ADEME" agreements
Substituting electricity to fossil fuels at the end-user level	Information, "EDF" commercial policy	Energy substitution	Electricity	Underway	Included with "Industry"				Continuation of electricity/fossil fuel substitution in industry
Reducing the negative effects of electric rate adjustments	Public subsidies	Energy substitution "MDE"	Electricity	Underway	0.01	-	-	-	Public budget of 100 MFF/year available within the scope of "FACE"

CO ₂									
Title of the policy/measure	Type of measure	Objective and/or emission reduction method	Sector	Degree of implementation	Estimate of the effects (MMTC)				Monitoring: indicator of the state of progress
					2000	2005	2010	2020	

Tree-planting on farmlands	Public subsidies	Increasing carbon sinks	Forests	Underway	0.35	-	0.68	1.0	Public budget of 65 MFF for this action in 1995
Wind energy	Regulatory provision	Energy substitution	Renewable energy	Underway	< 0.01	0.02 to 0.04	-	-	Call for proposals by the Ministry of Industry
Wood energy	Public subsidies	Energy substitution	Renewable energy	Underway	0.055	0.055	0.055	0.055	Public Budget of 150 MFF between 1995/1998; contracts signed with local authorities
Biomass fuels	Public subsidies	Energy substitution	Renewable energy	Underway	0.27	-	-	-	Implementation of tax exemptions
Waste-to-energy	Legislative provision	Energy substitution	Waste	Underway	0.35	0.35	0.35	0.35	Law on waste of July 13, 1992

CH ₄									
Title of the policy/measure	Type of instrument	Objective and/or emission reduction method	Sector	Degree of implementation	Estimate of the effects (1000 t CH ₄)				Monitoring: indicator of the state of progress
					2000	2005	2010	2020	

Elimination of the disposal of ordinary waste	Legislative provision	Reduction in CH ₄ emissions	Waste	Underway	0.16	-	0.58	0.74	Law on waste of July, 13 1992
Landfill methane recovery	Regulatory provision	Reduction in CH ₄ emissions	Waste	Decided	included here	included here	included here	included here	Order being readied for publication
Leaks in natural gas networks	“GDF” investment decision	Reduction in fugitive CH ₄ emissions	Energy sector	Underway	0.04	-	0.06	0.08	9,000 km of grey cast-iron pipes replaced between 1990/1995

N ₂ O									
Title of the policy/measure	Type of instrument	Objective and/or emission reduction method	Sector	Degree of implementation	Estimate of the effects (1000 t N ₂ O)				Monitoring: indicator of the state of progress
					2000	2005	2010	2020	

N ₂ O emissions in industry	Regulatory provisions, voluntary commitments	Reduction in N ₂ O emissions	Industry	Decided	74	74	74	74	Orders of the Ministry of the Environment of March 1, 1993
Control of nitrogen fertilizer spreading	Regulatory provisions, information, awareness	Reduction in N ₂ O emissions	Agriculture	Underway	8	-	-	-	1992 CAP reform, European directive on nitrates, law on water of January 3, 1992

APPENDIX III
***ESTIMATES OF CARBON EMISSIONS LINKED
TO CHANGES IN LAND-USE***

In the absence of sufficient scientific data it is hard to quantify the increase in carbon stored in soils in connection with the strong trend of decreasing cropland mentioned in Section III 1-6; however these should not differ significantly in 1990 and 2000.

By contrast, the conversion of permanent grasslands or forested areas into cultivated land will lead to a decrease in soil carbon sequestration because it stimulates microbial activity in the organic matter mineralization process, and this can be quantified: studies conducted in France show that the decrease is very high for the first 2 or 3 years (rapid mineralization of pre-humid components representing 10 or 15% of initially stored carbon) and that the decrease only follows the standard kinetic deterioration model (mineralization factor of 0.015), after the initial period, on the remaining amount of organic matter. When farmland is changed to permanent grassland or forested areas, the same rapid symmetrical growth is not observed in the first years¹.

The practice of bare rotating set-asides has a negative impact on carbon sequestration in soils where on average every six years (considering the current set-aside rate) there will be no annual addition of organic matter whereas soil carbon mineralization will continue. This negative effect will be abated, on the one hand by planting non-food crops on around one-third of the theoretical set-aside acreage and, on the other, by regulatory provisions aimed at seriously limiting barren set-asides because of their negative impact on nitrogen water pollution.

Therefore, an observed impact in terms of decreased carbon sequestration in soils subject to mandatory set-asides is equal to one third of the impact that would be observed if all the acreage concerned was subject to the practice of bare set-asides.

The results listed in the table below are based, on the one hand on the kinetic deterioration presented here, and on the other on annual data on distribution in France according to soil use over the 1970-1993 period, based on annual agricultural statistics, as well as on soil-use conversion matrixes between 1982 and 1990 furnished by the TERUTI survey.

This survey shows, in particular that on an average annual basis over the period, 0.3 million hectares of forests, permanent pastures, moors and waste land were converted into cultivated land, whereas 0.17 million hectares of cultivated land reverted to forests, permanent grasslands, moors or waste land.

These estimates show, in particular that changes in land use that will occur by the year 2000 will reduce carbon emissions by 2 million tons compared with 1990².

¹ The methodology implemented in this section is more sophisticated than the one chosen to calculate the inventories (Section I) for which, for reasons of congruence with the estimates carried out for other sinks and sources, the simpler methodology was applied as suggested by IPCC. The methodology is based on the results of empirical studies conducted by France and produces a more realistic estimate of the impact on carbon sequestration, of changes in land-use patterns over the decade; moreover, the two methods give very similar estimates for 1990.

² Furthermore, CAP reform should reduce the economic value to farmers, of intensification strategies, through nitrogen fertilization, of natural grasslands, aimed at increasing productivity, or of “excess nitrogen fertilization” actions for arable crops. And, moreover, strong available nitrogen in soils also stimulates microbial activity and tends to reduce the carbon sequestration balance in soils.

Nevertheless these phenomena remain hard to quantify considering the current state of knowledge and were therefore not taken into account in the estimate proposed here.

Net carbon emissions (in millions of tons) (1)	1990	2000	1990 - 2000 trend
lands on which a change in use results in carbon depletion (2)	3.8	1.1	-2.7
lands on which a change of results in carbon sequestration (3)	-1.4	-0.85	0.55
impact of “arable crops” set-asides	0	0.12	0.12
BALANCE	2.4	0.37	-2

(1) assuming average carbon sequestration at a respective balance of 40 and 70 tC/ha for cropland acreage and for forests, grasslands, moors and waste land.

(2) conversions of forests, permanent grasslands, moors and waste land and cultivated land.

(3) conversions of cultivated land into permanent, moors, waste land into forests as well as conversions of permanent grasslands, moors and waste land into forests.

APPENDIX IV
***FRENCH CONTRIBUTION TO RESEARCH
ON GLOBAL CLIMATE CHANGE***

1. The National Program of Studies on Climate Dynamics (“PNEDC”)

1.1. Presentation of the “PNEDC”

When the “PNEDC” was launched in the 1980s, an organized group analyzing the behavior of global climate system did not exist. The various teams, often of high scientific caliber, only had the means to study the dynamics and geochemistry of the atmosphere, oceans and ice through limited process studies.

The “PNEDC” served to focus concerted action which allowed the development and modeling of major planet fluids and integration of the data obtained during experiments aimed at better understanding the interactions forming within the various major systems that determine the Earth’s climate.

The establishment of a major French climate research program led the French community to conduct an intense effort to develop models of general circulation in the atmosphere and oceans and to catch-up on its lag with the most advanced teams, in particular in the United States, Great Britain and Germany on the subject of the ocean-atmosphere-ice coupling. This latter objective is close to being reached

Many experiments calling for coupled ocean-atmosphere models were implemented to study interannual climate variability, simulate measures carried out within the scope of the International TOGA Program and prepare studies on long-term climate variability.

Simultaneously with this modeling effort, the “PNEDC” relied on the strong points of the French community to obtain observation data that atmospheric or ocean dynamics specialists could use in the models they were working on. These experiments permitted beginning the study of climate variations, of their causes and the feedback linked to annual or anthropogenic disruptions. They concern in particular:

- determining long-term climate variability by studying polar ice, marine and continental sediments,
- disturbances in the carbon dioxide cycle by human activities (in connection with the JGOFS program dedicated more specifically to the ocean bio-geo-chemistry aspects),
- analysis of the impact on the climate of the increase in concentrations of atmospheric greenhouse gases,
- studying the energy exchanges linked to the water cycle and their representation in models of general atmospheric circulation,
- the study of interactions between the tropical ocean and the atmosphere, leading within the scope of the TOGA program to the demonstration that climate can be forecasted in the tropical area affected by the El Niño phenomena,
- establishing a set of reliable data representing the current state of the ocean and allowing the description of its general circulation.

The size of the means required was such that the targeted objective could only be reached within the scope of an international coordinated effort. This was done through the WOCE program in which French teams participate principally by studying the South and equatorial Atlantic Ocean as well as the Southern part of the Indian Ocean.

It would be impossible to describe here all the results obtained over the last ten years by French teams. The emergence of an internationally recognized community, not only through its original publication in international journals with great impact, but also through its integration in the major actions and scientific committees of the World Climate Research Program and the International Geosphere-Biosphere Program. It is also reflected through the active participation in the European programs of French researchers. The few examples described here do not claim exhaustivity, but are only meant to illustrate with the help of a few recent results, the strategy implemented within the scope of the “PNEDC” to discover a few key components of climate variability and strengthen dialogue between experimenters and modelizers.

1.2. A few important results of the “PNEDC”

1.2.1. Evidence of rapid climate change

The work of French paleo-climatologists enabled achieving spectacular advances and discovering variations that had never been suspected before within the climate system, in particular changes in the content of greenhouse gases in the atmosphere linked to the natural upheavals of biogeochemical cycles and those of ocean circulation associated with minor changes in the hydrological regime.

Moreover, this research led to the discovery of periods during which the climate evolved very rapidly. Indeed, the speed with which the climate was capable of changing was not known for a very long time, because geologic records could not be dated precisely enough to estimate the real time-frame of a major climate transition. The recent possibility of reconstructing from polar ice and marine sediments climate variations on the scale of a few dozen or hundreds of years has opened totally new horizons and a series of converging studies showed the truly abrupt nature of many climate changes that may develop over periods comparable with the human life span.

1.2.2. Soil-vegetation-atmosphere transfers: from the HAPEX program to modeling

The main objective of the HAPEX program was to improve the parametrization of transfers between water and soil, vegetation and the atmosphere, in order to present the phenomena in a reliable manner on the grid scale of the general circulation models of the atmosphere, i.e., at least 100 km by 100 km. These differ significantly depending on climate conditions. This is why French participation in the HAPEX program was accomplished with three major experiments in regions experiencing very different climates: HAPEX-MOBILHY (1986) in South-West France, EFEDA (1991) in Spain, and HAPEX-Sahel (1992) in Niger.

The objective has now been reached. The HAPEX-MOBILHY operation enabled the devising of a methodology with two major stages, the study of the continental surface by remote-sensing and the implementation of parametrization on a 100 km scale. This method is currently being validated by comparison with the results of the EFEDA experiments and HAPEX-Sahel. The first results are extremely satisfactory. Two original outlines with very different points of view were developed to parameter the soil-vegetation-atmosphere transfers: SECHIBA and ISBA. The ISBA outline (Interactions Surface-Biosphere-Atmosphere) only has a limited number of entry parameters. Among these, the indication of the actual conditions on the surface is the most important. Data gathered on location during the many experiments was

needed to validate this parametrization of soil-vegetation-atmosphere transfers. In particular, validation at the 100 km scale could only be performed thanks to data from HAPEX-MOBILHY and EFEDA using the actual surface characteristics (arithmetic averages for vegetation fractions and foliar factor, logarithmic for the roughness length, harmonic for stomatal resistance,...).

1.2.3. Participation in measurements of CO₂ atmospheric content

CO₂ in the atmosphere has been recorded continuously at the Amsterdam Island station since 1980, with a precision of over 0.1 ppm. The station is located in the center of the Southern Indian Ocean, far from the Continents, where seasonal variations in the concentration of carbon dioxide in the atmosphere are very low.

This is caused by the weak fluxes transferred locally, in addition to a compensation between the effects of faraway continental vegetation with air-sea transfers, that have the opposite effect. This extremely low seasonal variation is a major help in determining the overall trend of CO₂ in the air, the growth rate of which varied between 1 and 2 ppm a year over the 1980-1990 period.

1.2.4. Absorption of anthropogenic CO₂ by the global oceans

Around half of the 5 to 6 billion tons of carbon emitted as CO₂ by fossil fuel combustion remains in the atmosphere. The other half is absorbed either by continental vegetation and soils, or by the ocean. However, knowledge of a precise balance for CO₂ is crucial to predicting the greenhouse effect in the future. Indeed, this gas is only sequestered in plants and soils for just a few decades whereas it is absorbed by the ocean, and should stay there much longer, regardless of future climate trends.

Anthropogenic carbon dioxide mixes with CO₂ already present in the atmosphere, and it is impossible to directly measure its outcome, or the fluxes transferred between the air and ocean, or between the air and the continental biosphere. It is therefore necessary to refer to modeling. Until now, simulations carried out with general ocean circulation models suggested, since 1950, that the ocean pump was not powerful enough to absorb all CO₂ produced by human activities, without even taking into account deforestation. It was therefore traditionally accepted that the balance would not be at equilibrium unless a biosphere sink (forests and soils) intervened. This result was surprising, since the growth of preserved forests and carbon sequestration in soils were to compensate both deforestation and a portion of industrial combustion.

This balance has just been put into question and the results obtained with the French model suggest that the role of the oceans had been underestimated.

In an overall balance, simulation with the help of this model, reveals a CO₂ ocean sink that is much greater than previous estimates. The result is that the atmospheric CO₂ content since the beginning of the industrial era can be explained by the simple intervention of the ocean pump.

1.2.5. Improvement of the consideration of average coverage in climate simulations

Increased concentrations of greenhouse gases in the atmosphere generated by human activities may in the next century cause climate warming though it is still hard to determine its extent. A

lack of full understanding of internal feedback in the atmospheric system explains to a large degree these uncertainties, which the climate dynamics scientists are striving to explain. Numeric experiments carried out in France are aimed at analyzing the weight of the physical representation of clouds in general atmospheric circulation models, in order to better assess the validity of future climate forecasts performed with these models.

Though future climate risks are well established, it remains very difficult to correctly simulate their consequences on a regional scale, in particular because clouds, by influencing the radiative balance of the atmosphere and feedback generated, are of major concern. This is why the consequences of a doubling in carbon dioxide concentrations in the atmosphere were simulated during two experiments carried out with the help of French general circulation models, each one only differing from the other by its physical cloud representation and taking into account the distinction between ice clouds and water clouds.

A comparing of these simulations shows that though there is very little change in average global warming, regional variations are very high and that climate structures are drastically changed.

These results illustrate the critical importance of improving the representation of cloud physics in models, and in particular the microphysical processes that determine in the first place the optical characteristics of these clouds. These same processes also play a crucial role in the response of the climate system to increases in sulfur aerosols. Validation of the new parametrizations can now rely on satellite measurements, such as the ones supplied by the American ERBE experiment or those of the French instrument SCArAB.

1.2.6. Predictability of the coupled tropical ocean-global atmosphere system

The TOGA program (1985-1994) was aimed at studying the predictability of the couple formed by the tropical ocean and the global atmosphere, because recent studies carried out over several decades had suggested the existence of a logical sequence in the succession of events leading to El Niño climate episodes: a pressure rise in Australia-Indonesia and a weakening of the trade winds were combined with the failure of deep water off the coast of Peru to rise to the surface, a several degree increase in the coastal water temperatures and torrential rains over Peru. In fact, all of the inter-tropical area was affected, causing serious socioeconomic consequences (hurricanes, agriculture, fisheries,...). To reach this objective, efforts focused on the tropical Pacific Ocean. A large internationally coordinated program was launched (TOGA) and French research teams participated in three types of actions:

- defining and establishing a network of measures in the ocean and atmosphere in order to obtain the observations needed to describe the low-frequency variability of the tropical climate system,
- developing numeric models capable of describing tropical variability and assimilating the network's observations,
- analyzing the control mechanisms and studying the predictability of the coupled system.

Among the physical mechanisms that play a role in the ocean-atmosphere coupling, and that can both be studied by analyzing data and through model simulations, two were focused on:

- Ocean wave propagation that the observation network (XBT, TAO) and altimetric measurements in particular by the Franco-American TOPEX-Poseidon experiment, have revealed and that can also be simulated in numeric models,
- mechanisms that amplify initial anomalies, linked to the coupling between surface water temperature, currents and winds. Understanding was sought of the role of Westerly gusts in the initiation phases of El Niño. These occur very frequently from November to April in the Western Pacific equatorial area. The COARE (Coupled Ocean Atmosphere Response) showed that these gusts are in fact evidence, on the ocean surface, of strong convective events in the atmosphere. This produces not only a dynamic ocean-atmosphere coupling but also heat and fresh water transfers. Accompanying strong rainfall can create a desalinated surface layer that limits ocean-atmosphere transfers in an area with very low vertical range which could lead to an increase in the coupling. It was possible to simulate the contrast between surface salinity during the El Niño event and the cold event of 1988 with help from the French ocean model with input from the surface atmospheric conditions deduced from the analyses of the European Medium-Term Forecasting Center.

2. THE OCEAN FLUX PROGRAM (“PFO” or JGOFS-France)

The scientific objectives of the French JGOFS-France program fit in naturally with the international JGOFS program which is itself a component of the IGBP program.

The objectives are: acquiring a good understanding of the ocean carbon cycle and quantifying the carbon transfers with the atmosphere, ocean floors and the continents.

To reach these, four approaches have been selected:

- a) process studies,
- b) continuous series of observations from a fixed location,
- c) establishing a global inventory of CO₂ dissolved concentrations on the ocean surface,
- d) developing realistic models that also include models of data assimilation methods.

At the French level, the same approaches were followed, but within the scope of two national programs, on the one hand the “PNEDC” CO₂ sub-program within which items c) and d) were studied (see previous Section) and on the other the JGOFS-France program within which points a), b) and d) were developed.

The international JGOFS program was established in 1987. Its experimental phase will end in 1999. Its final phase, concerning aspects of synthesis and modeling will end in 2004.

The time-table for the French contribution to JGOFS follows closely that of the international program.

The French program’s content is summarized below with reference to the presentation of the international program that was just described above.

2.1. Process studies

These rely on two series of ocean programs. Five major actions have been or will be conducted. These are:

EUMELI: the study of eutrophic, mesotrophic and oligotrophic areas in the Tropical Atlantic Ocean, a region close to the Mauritania upwelling. Ocean expeditions will take place during the 1990-1993 period.

The scientific exploitation of this program is nearly completed and has generated a number of important publications in the best international journals.

EPOPE: this is the French contribution to the JGOFS program in the equatorial Pacific based on a strong American and a Japanese contribution. Work at sea took place in the Western Equatorial Pacific during the fall of 1994. Scientific exploitation is nearly completed.

FRONTAL: this action concerns the study of hydrological fronts whose specific characteristics are to serve as highly energetic interfaces with their own ecosystems, generally offering significantly higher biological productivity. French teams have focused their efforts on the study of the Almeria-Oran front in the Mediterranean. An initial campaign took place in 1991. Analysis and interpretation of the data acquired served as a basis for many publications and led to, in view of the conclusion reached, the planning of a second campaign that will take place in November-December 1997. This will be the last experimental phase of the FRONTAL program.

ANTARES: the Antares operation of JGOFS-France is aimed at describing and modeling the carbon cycle and associated biogenous elements in the Antarctic sector of the Indian Ocean. It relies on a series of campaigns implementing the oceanographic vessel Marion-Dufresne. Three campaigns took place during 1993, 1994 and 1995. Scientific exploitation of these campaigns is underway. A final campaign, more focused on the study of a front, has been requested for 1998. This will also be the end of the experimental program.

“ATLANTIQUE NORD”: this is the last JGOFS-France program. Its purpose is to study the influence of medium-scale processes, at the physics as well as bio-geo-chemistry levels, of the formation and subduction of modal waters around 40° N in the North Atlantic. This program will be jointly led within the scope of “PATOM” and the JGOFS-France. It will rely on an ocean program to be scheduled for 1999 or 2000.

This program will conclude the experimental phase of the process studies carried out within the scope of the JGOFS-France program.

2.2. Time series

KERFIX: this is a station located at a fixed point in the Southwest quarter of the Kerguelen Islands (50°40 S - 68°25 E) in the Southern Indian Ocean. A regular multi-annual monitoring of carbon cycle parameters is planned. The data was collected between January 1990 and March 1995, after which all sampling was ended because of major logistical problems required to maintain the program.

All the data collected at Kerfix will be available to the scientific community in 1997.

DYFAMED : operation Dyfamed is a long-term study of the Mediterranean environment focused on observation and forecasting of biogeochemical carbon cycles and related substances. The observation site is located 30 miles at sea from Nice on a line between Nice and Calvi. The data have been gathered on a monthly basis since 1991. Operations at this site will continue, since this action of JGOFS-France is now labeled “Observation Service of “INSU” (the French Institute of World Science) since 1995.

2.3. Synthesis et modeling

This involves horizontal actions regarding all the operations described previously.

- creating a data-base, currently under construction
- use of ocean color satellite data, in particular data from the OCTS and POLDER sensors currently in orbit and in the near future SEAWIES
- developing models

A large community of young researchers has formed within the scope of the JGOFS-France program. This community has now reached a mature phase, is well structured and has good exposure at the international level. In future years, this will be a major asset in enhancing the value of the huge efforts carried out at the experimental level since the start of the JGOFS-France program in 1990.

3. NATIONAL ATMOSPHERIC CHEMISTRY PROGRAM (“PNCA”)

French research in atmospheric physics and chemistry was structured in the past years around three national programs (“PACB”, “PAMOY”, “PNCA”, “PRIMEQUAL”). In spite of incorporating specific features of the national community, the scientific objectives of these programs were defined in coordination with the major priority directions of international programs such as the International Geosphere-Biosphere Program or the European programs EUROTRAC and Environment and Climate.

Close to two hundred scientists (researchers, engineers, technicians belongs to the major research organizations and universities) are currently involved in these issues and their work has permitted major progress in many fields.

Regarding atmospheric composition, the effort of the French community has permitted a better understanding of the formation, transmission and destruction of minor types and traces of gases and particulates. Thus, French researchers have played a major role in carrying out European seasonal studies of Arctic stratospheric ozone (“EASOE”, “SEAME”) and in interpreting the data collected. This permitted confirmation of a decrease in stratospheric ozone in the Polar regions but also at middle latitudes.

The French community has also focused its efforts on studying trace component emissions in Africa and their effects on atmospheric composition: the programs implemented have enabled studying trace component emissions and their atmospheric transformation over a cross-section from the desert areas of Sahara (Wind Erosion Program, impact of mineral aerosol emissions on atmospheric chemistry and the climate) to the equatorial forests (DECAFE program on

quantification and changes in emissions of trace components and carbon aerosols in equatorial forests and in the African savanna area).

The French community has also significantly contributed to the study of atmospheric trends on climate time scales. The study of ice cores gathered during international campaigns in Greenland or in Antarctica confirmed that atmospheric composition in trace components responded very quickly to climate fluctuations.

Beyond these intensive studies, the French community is strongly committed to the management of long-term observation stations over on atmospheric composition trends. Most of the stations (Amsterdam Island, Haute-Provence Observatory...) are integrated into international networks (VAG, NDSC, TOR...).

Finally, France is also strongly involved in the MOZAIC program (Continuous observations of trace gas concentrations aboard commercial aircraft) in order to assess the impact of civil aviation on atmospheric composition.

Simultaneously with the experimental activities, an important effort has been made on studying chemical processes (homogeneous as well as heterogeneous) in the laboratory (designing simulation chambers, flow reactors) and on the use of coupled chemistry-transmission models.

Regarding the field of meteorology, major observation campaigns (such as “PYREX” and “FRONT”) enabled recording and improving the representation of small and medium scale phenomena in digital models. Progress was made in the models taking into account non-hydrostatic phenomena and on the development of data integration methods. The focus is now on developing operational models capable of simulating local phenomena in their consequences (convective processes, storms and major floods, local pollution peaks).

A restructuring of the programs concerning tropospheric chemistry (corresponding to the IGAC program of IGBP) and stratospheric physics and chemistry (corresponding to the SPARC of WCRP) was carried out during 1996. Therefore, the new “PNCA” program replaces the previous “PACB” and “PAMOY” programs. This new regrouping takes into account the fact that the tropopause does not act as a barrier for chemical compounds and that, in spite of substantial differences between the two environments, a number of common problems are present on both side of the tropopause.

The concerns this program must answer range from urban pollution to stratospheric ozone depletion covering all space and time scales. Awareness of the issues raised by air quality and threats to the ozone layer has already resulted in the signing of international conventions in this field, such as the Geneva Convention and the Montreal Protocol. However, many issues still remain on the changes in composition and impacts on society and require continued basic research. This is the goal for which the “PNCA”, supported by “INSU/CNRS”, “ADEME”, “CNES”, Meteo-France and the Ministry of the Environment, has outlined a strategic plan over the next 4 years.

With this plan, the French community will contribute to the research efforts undertaken in Europe (and supported in particular by the European Commission) and should offer a significant contribution to the following issues:

1. What is the role of precursors such as volatile Organic Compounds (VOCs) and nitrogen oxides (NO_x) in the ozone budget and other photo-oxidants in the troposphere on a global and regional scale?
2. What are the processes that determine the ozone budget in the region covering the upper troposphere and the lower stratosphere?
3. What is the role of heterogeneous chemistry involving aerosols and hydrometeores?
4. What is the role of dynamic barriers in the transmissions process of chemical compounds?
5. What is the contribution of chemical compounds (other than CO₂ and aerosols) in climate forcing?
6. What is the influence of the continental and ocean biosphere on the chemical composition of the atmosphere?

The set of issues fostered by the program fall within the following subjects:

I- Coupled Troposphere-Stratosphere system, with 4 sub-categories:

- Long-term trends
- Chemical processes
- Dynamic barriers
- Exploitation of the satellite data and related experiments

II- Tropospheric ozone and precursors with three priorities:

- Developing global and regional models
- Collecting data to quantify sources and sinks
- Validation of these models through field trips

Studies on urban pollution are supported, moreover, within the framework of the “PRIMEQUAL” program of “ADEME” and the Ministry of the Environment.

III- Aerosols and heterogeneous chemistry: The role of heterogeneous chemistry regarding particulates, aerosols, cloud droplets, Polar stratospheric clouds... have been fully demonstrated over the last few years, but the processes are not yet entirely understood, in particular for the troposphere. This subject will be treated through various approaches: study of the processes, modeling and *in situ* readings.

IV- Biosphere-atmosphere interactions: Atmospheric chemical composition is dominated by the activity of the continental biosphere; gas and particulates from natural and anthropogenic systems, dry and humid pollutant deposits. The program covers the following aspects:

- Measurement of surface fluxes
- Impact of emissions on atmospheric chemistry
- Experimental studies and modeling

V- Chemistry–climate interactions: The influence of carbon dioxide and aerosols is taken into consideration by the “PNEDC”. But the influence of trace gases in the atmosphere cannot be ignored, in particular ozone. Radiative forcing calculation is complex because it must include feedback from climate influences on atmospheric composition. The “PNCA’s” contribution is accomplished through development of chemical modules or parametrizations that must be included in the general circulation models. Moreover, the program encourages projects on the validation and integration of data obtained during field trips or systematically by the French community.

VI Laboratory research: The study of the chemical and photochemical processes taking place in the atmospheric environments calls for laboratory research in the following fields: kinetics and gaseous phase photochemistry, heterogeneous chemistry, spectroscopy.

4. National Continental Biosphere Program (“PNBC”)

The “PNBC” focuses on the issue of “the environment”, where humankind lives.

It is motivated by the need to answer a series of environmental questions on the development of rural space under the pressure of climate change and human activities. These will concern physical objects (mixed landscapes: their elements, ecosystems... and regional integration) and issues (primary production, nutrient balance, etc.) with the assistance of integrating tools (modeling, spatialization, on-site workshops, experimental means).

The “PNBC’s” objective is:

- 1 promoting on a national scale a true environmental research dynamic which, on the basis of current issues, is aimed at understanding the operating processes of the continental surface and their interactions with the atmosphere and hydrosphere, and to generate scenarios of their potential trends (climate and human pressures),
- 2 furnish operational decision-making tools by ensuring the transmission of the scientific results to the actors of sustainable development,
- 3 structuring and developing the scientific community in the subject area by encouraging multi-disciplinary approaches (intra and inter-organization cooperation),
- 4 stimulating the emergence of specific issues and experimental centers of French skills and the value-enhancement of the results at the international level.

The projects of the “PNBC” are targeted missions which focus on environmental issues. Relying on up-stream specific research, that are immediately required, and must enhance the value of their acquired knowledge by cooperating with organizations that are actors in development.

The time and space scales contemplated are the ones under which environmental issues are framed. The priority space scale is the landscape, as a functional unit. Its study implies an analysis of the systems composing it and their interactions, and the transfer of the results on a regional scale. Priority is given to current dynamics, to the near future (a realistic trend scenario that can weigh on development decisions) and on the recent history conditioning the current state.

Projects must adopt an integrated approach of the functional and dynamic processes operating on relevant time-space scales and associate biological and physical variables with anthropogenic constraints.

Proposed by the Environment Program, “*Vie et Société*” of the “CNRS” with the direct support of the Department of Life Sciences, the “PNBC” combines in a coherent approach the other relevant “CNRS” Departments (“SdU” and “SHS”, in particular) and the major French

research institutions, and cooperates with national, regional and local development organizations.

5. National Program “Biodiversity and Environment Dynamics”

This program launched in 1993 is managed by the “*PIR Environnement-Vie-Sociétés*”. It has been funded on average with 2.5 MMF per years by the “CNRS” since 1994. In 1997, it will enter into its second phase for four years, as the International DIVERSITAS Program of which it is the French component.

Through the magnitude of its field of action, the “PNDBE” should be viewed as a Major Program, e.g., a programming action which coordinates several obviously inter-dependent programs. We will distinguish here, for the sake of clarity, the fields or subject directions and program subjects — which may or may not intersect several of these fields — and within these programs, operations or research actions.

5.1. Context and objectives

Signed in Rio in June 1992, the Convention on Biological Diversity calls attention in its Preamble on “the urgent need to develop scientific, technical and institutional capacities to provide the basic understanding upon which to plan and implement appropriate measures (for the preservation and sustainable use of biological diversity)”.

Biological diversity offers great economic value for our societies, without mentioning its aesthetic, ethic or cultural value. Actually, modern societies depend on biological diversity as a source of medicine, fiber and food. Societies can also profit from the use of genes (resistance to pathogens, adaptation to special conditions, antibiotic production, etc.) and a variety of molecules in many biotechnology and agribusiness sectors. Moreover, the various services supplied by ecosystems, such as air purification and water sanitation, erosion protection, climate stabilization, depend in part on their specific and genetic richness.

On the international level, at the same time as the preparation of the Rio Summit, the IUBS, SCOPE and Unesco were implementing the DIVERSITAS program to respond to the requirement mentioned in the Preamble to the Convention. Subject to the aegis of the ICSU in 1996, the program has currently spread in four major directions:

- Origin, preservation and erosion of biodiversity,
- Role of biodiversity in the functioning of ecosystems,
- Inventory, classification and monitoring of biodiversity,
- Conservation, restoration and sustainable use of biodiversity.

The national program “Biodiversity and Environment Dynamics” is the French contribution to the International DIVERSITAS program. It is recognized as such by the Ministry of Higher-Education and Research and by the Ministry of the Environment. The following research organizations are involved: “CEMAGREF”, “CIRAD”, “CNRS”, “IFREMER”, “INRA”, “MNHN” and “ORSTOM”. Three strategic long-term objectives are assigned to the BED program:

- responding to the commitments made at Rio, within the framework of the Convention on Biological Diversity,

- affirming the unity of biology and its mobilizing role at the interface of two major scientific fields represented by the physical sciences on the one hand and the social sciences on the other.
- mobilizing the latter (sociology, economics, law, history...) to better take into account the “biodiversity/societal” interactions and the prospects of enhancing the value of biodiversity.

Within this perspective, three scientific objectives were proclaimed:

- highlight the factors that shape biodiversity and determine its modifications,
- assessing, modeling and forecasting the role of anthropogenic interventions in the dynamics of biodiversity and their impacts on the functioning of ecosystems,
- understanding and taking advantage of the value of biodiversity for human societies, whether economic, ethical or cultural.

5.2. General scientific direction

The Biodiversity and Environment Dynamics program is seeking to promote knowledge of biological diversity: origins, composition, operation, preservation and conservation. It especially encourages research that could answer the questions humankind is asking on its relations with the diversity of life, in connection with scientific knowledge, culture, health or economics.

Though there is consensus among scientists on the approaches to develop at the lower levels of organized life (molecules, cells, organs, individuals), the same is not true for the approach to the higher levels (populations, multi-specific populating, ecosystems, landscapes). This reflects a lack of knowledge regarding the relations between individuals, species and ecosystems.

Relying on the first approach to develop the second establishes an initial directional perspective for the program. Anthropogenic influences on the biosphere first concerns biodiversity, even before influencing the major geochemical climate processes. In this field it will also be necessary to rely on the proper knowledge and control of biological phenomena to contribute to the solution of the issues raised on a global planetary scale. However anthropogenic influences are not the result of a single process; its paths of action at the various levels and scales of organization of living beings are multiple and represent as many current theoretical and practical stakes. Thus, the second directional perspective of the program has been established.

The major elements of the program concern:

- the origin, preservation and erosion of biological diversity,
- the contribution of diversity to the functioning of ecosystems,
- perceptions and uses of diversity.

The implementation of the program and its possible success compared with its predetermined objectives imply the simultaneous and coordinated development of upstream and downstream research within the following major directions:

- Upstream, the program supports research aimed at establishing inventories, advances in systems engineering and the identification of interrelations between taxons.
- Downstream, the program is focused on methodological research enabling the assessment and monitoring of biodiversity and engineering research on conservation, restoration and sustainable uses of biodiversity.

In both cases the program cannot be the only or the major actor, it offers to cooperate with other operations to be piloted by the National Museum of Natural History (“MNHN”), as its principal stated mission (upstream), the Ministries of the Environment and Agriculture (downstream). Finally, focused on biodiversity dynamics perceived as an environmental issue, it is obvious that it does not just concern biologists: it is a truly inter-disciplinary program that must be promoted. The objectives of implementing the program are always difficult to accomplish, and must always be started over again: a back and forth action between knowledge of basic processes relying on concepts and theories, based on biological and socioeconomic phenomena, building models and validating them, and analyzing biological objects and systems considered in their specificity and for which the approach is aimed at controlling events and situations. Therefore the program supports very distinct fields of research and seeks, through programs and various operations (research actions, workshops, establishing research groups...) to build among them repetitive currents of exchange and integration.

The state of knowledge, of past and current activities of the scientific community, the successes and failure of operations conducted within the framework and at the instigation of the program during its initial years (1993-1995) permit the consideration for the 1997-2000 period three types of actions:

- scientific actions to be pursued and developed,
- new scientific actions to be designed and launched,
- organizational actions of the scientific community to translate into reality the exchange and integration objectives (publications, symposiums, progress reports and forecasting).

All these actions recognized and supported by the program are the result of cooperation among scientists, teams or institutions for the purpose of carrying out a specific objective. However, the program is not meant to substitute itself to formal research structures (from teams and laboratories to national institutions) that have their own mission, authority and responsibility. It not meant either to support very specialized research projects or that only partially fit within the scope of the issues defined above.

5.3. Research programs underway or being developed

The implementation of research operations in the major subject areas defined by DIVERSITAS required developing subject-based programs. These are coordinated within the “PNDBE” Major Program and must satisfy, in order to be both operational and structuring, with two types of very different constraints:

1. Implement research operations and/or structuring actions of the scientific community in fields that are deemed to have priority (directions or subject areas).
2. Avoid giving in both to divisions within the groups of specialists and to artificial regroupings under the excuse that the subject areas are very close theoretically.

Current programs are first developed as national networks. This is the basis under which the “PNDBE” Program was organized and is developing. Six networks, in various levels or forms of development, formed the initial layer:

1. The network “Biodiversity trends and preservation processes” (supervisors: B. Delay, P.H. Gouyon et J. David).
2. The network “Biodiversity perceptions, trends and uses” (supervisor: J. Weber)

3. The network “Microbial biodiversity” (supervisor: J. Balandreau)
4. The network “Ecology of Sustainable Interactions” (supervisor: M. Boulétreau)
5. The network “Ocean biodiversity” (supervisor: A. Guille et J. Boucher)
6. The network “Sub-divided populations, risks of extinction and conservation” (supervisor: J. Clobert)

Furthermore, the “PNDBE” Programming relies on two additionally implemented structures:

- 1 The Scientific Grouping “Genetic Resource Bureau” (“BRG”), which has been efficiently covering for several years, the crucial field of biodiversity represented by genetic resources of interest to agribusiness (Director: M. Lefort)
- 2 The Biosystematic National Network (“RNBS”) implemented by the Research Directorate, which corresponds, at least in part, to the subject area “biodiversity inventory, classification and monitoring” of the International DIVERSITAS Program (Director: S. Tillier).

The six networks listed above have enabled the development of a number of subject-based programs. Moreover, in the “PNDBE’s” second phase, partial or completely external initiatives gave rise to three new programs aimed at taking over incitement actions or workshops designed in order to prepare them:

1. Paleo-biosphere: trends and crises (supervisor: B. David et P. de Wever)
2. Biodiversity and ecosystem operations (supervisor: M. Loreau et J. Roy)
3. Management of biological resources, agro-ecosystems and landscapes, and sustainable development (supervisor to be appointed in agreement with “INRA”, “CIRAD”, “MNHN” “ORSTOM and “CEMAGREF”).

ACRONYMS

FRENCH : ENGLISH TRANSLATION

ADEME	: The French Environment and Energy Control Agency
PAC	: Common Agricultural Policy (CAP)
CFD	: French Development Bank
CIRAD	: The French Center for International Cooperation for Agricultural Sciences and Development
DOM/TOM	: The French Overseas Districts and Territories
EDF	: “ <i>Electricité de France</i> ”, the French Electric Utility
ENR	: New and Renewable Energies
FACE	: Fund for the Depreciation of Electrification Costs
GDF	: “ <i>Gaz de France</i> ”, the French Gas Utility
ORSTOM	: The Overseas Territories Scientific Research Agency
PREDIT	: Program for Research and Development for Innovation and Technology

ABBREVIATIONS

kt	: kilo metric ton
MFF	: millions of French francs
MMT	: million metric tons
MMTC	: million metric tons of carbon
MMTCE	: million metric tons of carbon equivalent
toe	: tons oil equivalent
t or T	: metric tons

TABLE of CONTENTS

ANALYTICAL SUMMARY	3
INTRODUCTION	17
I. NATIONAL CIRCUMSTANCES	19
1. Demographic profile	19
2. Geographic profile	19
3. Climate profile	20
4. Economic profile	21
4.1. Foreign trade	22
4.2. Use of natural resources	23
5. Energy profile	24
6. Social profile	26
7. Public institutions and administrative organization	27
7.1. Energy sector	28
7.2. Transportation sector	29
8. Greenhouse gas emissions	30
II. GREENHOUSE GAS INVENTORY	33
Introduction	33
1. CO ₂ emissions	34
2. Methane emissions	35
3. Nitrous oxide emissions	36
4. HFC, PFC et SF ₆ emissions	37
5. Indirect greenhouse gases: tropospheric ozone precursors	38
6. Sulfur dioxide (SO ₂)	39
III. DESCRIPTION OF POLICIES AND ACTIONS MITIGATING GREENHOUSE GAS EMISSIONS	41
1. CO ₂ emissions (sources et sinks)	41
1.1. Buildings	41
1.2. Industry	46
1.3. Transportation	49
1.4. Electricity	58
1.5. Increasing forest carbon sequestration	62
1.6. Carbon emissions linked to changes in agricultural land use	64
1.7. New and renewable energies	65
2. Methane emissions	70
2.1. Agricultural sector methane emissions	70
2.2. Landfill methane emissions	73
2.3. Natural gas leaks in the distribution networks	75
2.4. Coal mine methane (mine gas)	76

3. Nitrous oxide emissions	76
3.1. Reduction measures in the industrial sector	76
3.2. Nitrous oxide emissions in the agricultural sector	77
4. Tropospheric ozone – Combating precursor gases	79
4.1. National and European transportation measures	80
4.2. VOC reduction measures	81
4.3. Reduction of NO _x emissions	82
4.4. Reduction of CO emissions	83
5. Policies and measures increase greenhouse gases emissions	84
5.1. Energy sector	84
5.2. Transportation sector	84
IV. JOINT IMPLEMENTATION OF ACTIVITIES	87
V. PROJECTIONS AND ESTIMATES OF THE EFFECTS OF MEASURES	89
1. CO₂ emissions	89
1.1. CO ₂ energy consumption emissions	89
1.2. Non-energy related CO ₂ emissions	94
2. CH₄ emissions	96
3. N₂O emissions	97
4. HFC, PFC ET SF₆ emissions	98
VI. ASSESSING VULNERABILITY AND ADAPTATION MEASURES	99
VII. INTERNATIONAL COOPERATION AND FINANCIAL MECHANISMS	101
1. Cooperation with developing countries	101
1.1. French development assistance	101
1.2. French assistance for global environmental protection and climate change prevention	105
1.3. Scientific cooperation	107
2. Cooperation with countries in transition to market economies (CEECs et CIS)	109
2.1. Ensuring nuclear safety in Eastern Europe	109
2.2. Energy savings	111
2.3. Reducing natural gas leaks	112
VIII. FRENCH CONTRIBUTION TO RESEARCH ON GLOBAL CLIMATE CHANGE	113
1. Global climate change	113
1.1. The French IGBP	113
1.2. The program “Economy and society in the face of global change”	114
1.3. Funding and human means	115
2. Research related to mitigation	115
2.1. “ADEME’s” programs	115
2.2. Research on preventing the greenhouse effect in the rural sector	116
 APPENDIX 1 : GREENHOUSE GAS EMISSIONS’ INVENTORY	 119
APPENDIX 2: SUMMARY OF THE POLICIES AND MEASURES FOR MITIGATING CLIMATE CHANGE	127
APPENDIX 3: CHANGES IN LAND-USE	137
APPENDIX 4: FRENCH CONTRIBUTION TO RESEARCH ON GLOBAL CLIMATE CHANGE	141
ACRONYMS, ABBREVIATIONS	157