

XXIV^e CONGRÈS MONDIAL DE LA ROUTE
MEXICO 2011

ESPAGNE – RAPPORT NATIONAL

SÉANCE D'ORIENTATION STRATÉGIQUE TS A

RÉDUCTION DE L'IMPACT DES RÉSEAUX ROUTIERS SUR LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Francisco Javier Alejandro (fjalejandro@fomento.es)

Sous-Directeur général de la Planification

Justo Borrajo Sebastián (jborrajo@fomento.es)

Chief of Roads Large Capacity Area

Mercedes Gómez Álvarez (mgalvarez@fomento.es)

Chef du Service de Routière technologique

Direction générale des Routes (Ministère des Infrastructures)

Jesús Merchán Rubio (jmerchan@fomento.es)

Transports coordonnateur

Secrétaire d'Etat aux Transports (Ministère des Infrastructures)

RÉSUMÉ

L'effet du transport sur le changement climatique revêt une importance toute particulière du fait d'être la source de trois des six gaz principaux qui, selon le Protocole de Kyoto, contribuent à l'effet de serre. En Espagne, les émissions de gaz à effet de serre (GES) engendrées par les activités de transport supposent 25,4% du total qui, bien que loin du 50% que suppose l'industrie, dépasse largement l'agriculture. Quant à la distribution de mode la route est l'origine de 89,2 pour 100 des émissions, 53,2 pour 100 correspondant aux touristes et motocyclettes, 33,5 pour 100 aux véhicules lourds (autobus et camions) et 13,3 pour 100 aux véhicules de transport léger. Les efforts remarquables réalisés à travers des normes sur les moteurs et les combustibles ont permis de réduire d'une manière appréciable les émissions spécifiques par unité d'énergie consommée, bien que l'accroissement de la demande et l'immatriculation croissante de véhicules plus puissants ou avec motorisation diesel aient contrecarré une partie des efforts technologiques. Dans ce rapport on analyse la contribution possible du système de transport routier à l'amélioration de l'efficacité énergétique depuis la planification, la conception, la construction ou l'exploitation d'infrastructures ainsi que dans la gestion de la demande de trafic et l'information à l'utilisateur.

1. CONTEXTE GÉNÉRAL

Le transport est l'un des secteurs économiques les plus importants car, outre ses caractéristiques propres en tant que tel, il contribue au développement et à la compétitivité des autres secteurs. Ce caractère transversal entraîne qu'il soit bien plus difficile d'intégrer des considérations environnementales dans sa réglementation et son développement.

Les politiques de transports actuelles prétendent l'obtention d'un système plus efficace et plus sûr favorisant, en encourageant l'économie, la préservation de l'environnement, la cohésion sociale et territoriale et la santé des citoyens et réduisant, en même temps, les émissions de gaz à effet de serre (GES).

Les émissions de GES dans le secteur du transport se sont accrues constamment au cours de ces dernières décennies. Selon les dernières prévisions réalisées, les émissions seraient en 2010 les mêmes qu'en 2005, mais 27 pour cent supérieures aux niveaux de 1990. C'est pourquoi le Conseil de l'Union européenne a proposé qu'en 2020 on parvienne à réduire de 20 pour 100 l'émission de GES dans l'Union européenne, par rapport à 1990.

En Espagne les émissions de GES entraînées par les activités de transport ont dépassé en 2006 les 108 millions de tonnes de CO₂ équivalent, ce qui suppose 25,4 pour 100 du total des émissions de GES, qui bien que loin de l'industrie qui suppose 50%, dépasse largement l'agriculture, troisième secteur qui contribue le plus à l'émission de GES.

Ce chiffre suppose en outre un accroissement de 88 pour 100 par rapport aux millions de tonnes de CO₂ équivalent émises en 1990. Cet accroissement est directement lié à la croissance remarquable de la demande, qui s'est traduit par le fait que le poids du secteur dans les émissions soient passées de 21,4 pour 100 en 1990 au chiffre commenté précédemment de 25,4 pour 100 en 2006.

Quant à la distribution de modes, la route est l'origine de 89,2 pour cent des émissions, 53,2 pour cent correspondant aux touristes et aux motocyclettes, 33,5 pour cent aux véhicules lourds (autobus et camions) et 13,3 pour cent aux véhicules de transport légers.

Dans la distribution par type de voies, 49,6 pour cent se sont produits dans des voies de grande capacité, de préférence dans les voyages interurbains, 36,6 pour 100 correspond au niveau urbain et 13,8 pour cent à des situations intermédiaires.

Les principales interventions des Administrations publiques espagnoles pour réduire les émissions de gaz à effet de serre sont effectuées moyennant des instruments de planification : Plan stratégique d'Infrastructures et de Transports 2005-2020, Stratégie d'Économie et d'Efficacité énergétique en Espagne 2004-2012 et ses Plans d'action et le Plan d'Énergies renouvelables 2005-2010.

Pour sa part, la Commission européenne a établi des accords volontaires avec les fabricants européens, japonais et coréens de véhicules privés pour réduire les émissions spécifiques de CO₂ des nouveaux véhicules de tourisme. Ainsi, selon un rapport de cette Commission de 2009, la moyenne communautaire des émissions des nouveaux véhicules était de 158 g CO₂/Km en 2007 contre 185 g CO₂/Km en 1995 (en Espagne ces valeurs étaient de 152 g CO₂/Km et 175 g CO₂/Km respectivement).

Outre le principal gaz à effet du transport (CO₂) il existe d'autres gaz et particules contaminants, tels que le monoxyde de carbone (CO), les hydrocarbures (HC), les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde de soufre (SO₂), et les particules (PM), qu'il convient aussi de considérer dans les plans de transport et les études qui les développent.

2. EVOLUTION DE LA CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE ET DE L'ÉMISSION DE CONTAMINANTS EN RAISON DU TRANSPORT ROUTIER

L'émission de contaminants par le transport routier a d'importants effets sur la qualité de l'air et de la santé, bien qu'ils soient plus remarquables dans les environnements urbains et métropolitains où la congestion et la propre structure des villes aggravent ces effets.

Ces émissions proviennent essentiellement du brûlage de combustibles, ainsi, dans une nette moindre mesure, de la perte de gaz réfrigérants.

On peut considérer quatre types fondamentaux de contaminants dérivés du transport routier, à savoir :

- Gaz à effet de serre (GES): CO₂, N₂O et CH₄
- Précurseurs de l'ozone troposphérique: NO_x, CH₄, COVNM (composés organiques volatiles non méthaniques) et CO
- Substances acidifiantes: NO_x, SO₂ et NH₃
- Particules: PM₁₀ (particules en suspension de diamètre supérieur à 10 microns).

L'effet du transport sur le changement climatique revêt une importance particulière, en soulignant que des six gaz principaux qui contribuent à l'effet de serre envisagés par le protocole de Kyoto, le transport est une source de trois d'entre eux.

Des trois Gaz à Effet de Serre mentionnés, celui essentiel pour son importance parmi les émissions provenant du transport routier est le CO₂. Son rapport avec le transport est clair, sa formation étant le résultat du brûlage de combustibles (essence et gas-oil) dans la combustion interne des moteurs. Il est important également pour ses effets, ce qui fait que les estimations d'émissions de GES se présentent en tonnes de CO₂ équivalent.

Si nous considérons l'évolution en Espagne de la consommation énergétique et l'émission de contaminants, nous observons que pendant les années quatre-vingt-dix il s'est produit une croissance intense (4,3% par an accumulé) de la consommation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre du transport routier, qui ont atteint 5,0% dans la deuxième moitié de la décennie.

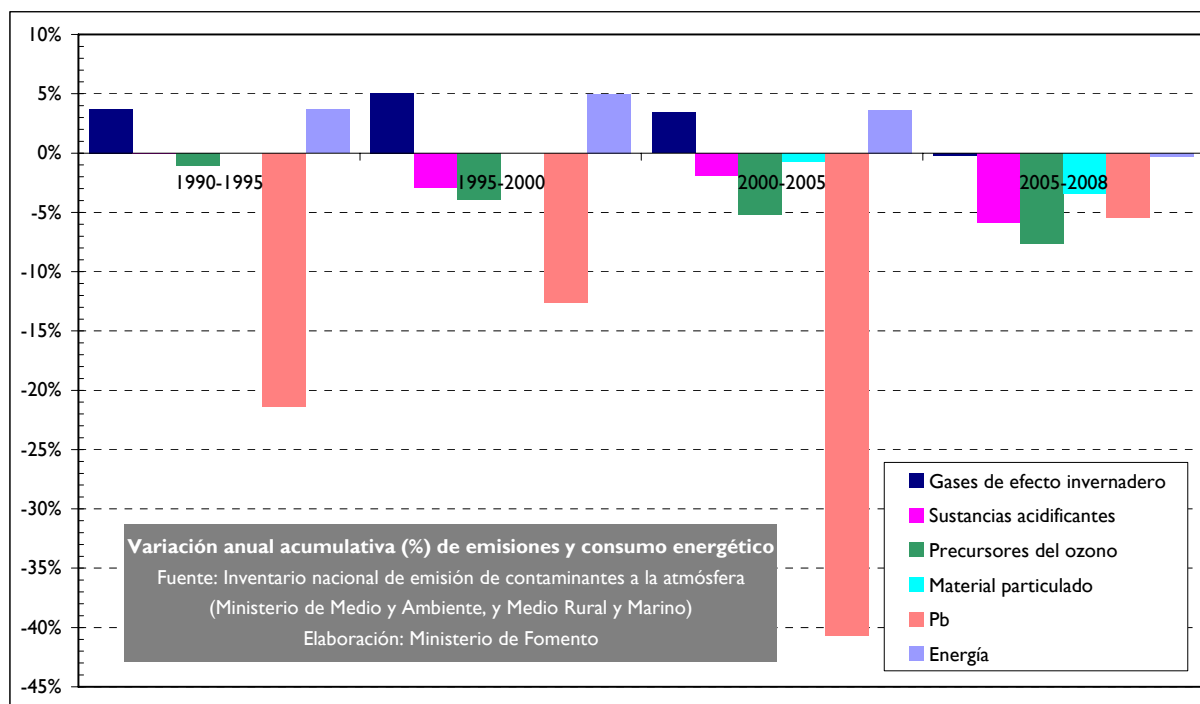


Figure 1. Variation des émissions et de la consommation énergétique du transport routier
 Source: Ministère de l'Environnement et du Milieu rural et maritime

Cet accroissement a diminué à 3,6% dans la première moitié de la décennie actuelle, en montrant une décroissance (-0,3%) dans la seconde moitié en raison de la crise et de la diminution conséquente de l'activité économique, qui affecte appréciablement le transport.

Ces tendances se maintiennent en 2009, car —selon la Corporation des Réserves stratégiques de Produits pétroliers— des baisses par rapport à 2008 de 4,5% se sont produites dans la consommation d'essences et de 5,4% dans celle des gas-oils.

Les efforts remarquables réalisés à travers des normes sur des moteurs et des combustibles (introduction de catalyseurs et de filtres, essences sans plomb et à faible contenu de soufre, biocarburants, etc.) ont permis de réduire d'une manière appréciable les émissions spécifiques par unité d'énergie consommée, bien que l'augmentation de la demande et l'immatriculation croissante de véhicules plus puissants ou à motorisation diesel aient contrecarré une partie des efforts technologiques, en causant des baisses moins accusées en termes absolus et relatifs.

Ainsi, on observe que la réduction des émissions de substances acidifiantes est passé de -1,5% par an accumulé dans la décennie des années quatre-vingt-dix à -3,4% dans la décennie actuelle, chiffres qui atteignent -2,5% et -6,1% respectivement, pour les précurseurs de l'ozone. Quant au plomb, ce dernier a pratiquement disparu des carburants, et c'est pourquoi en 2008 ses émissions étaient inférieures à 1% par rapport à la valeur de 1990.

Dans le graphique de la figure 2 on observe l'évolution de l'intensité énergétique des émissions, c'est-à-dire le quotient entre l'émission de contaminants et le contenu énergétique des carburants, par rapport à l'année 2000 (il est pris comme référence car c'est la première année avec des données de matière en particules).

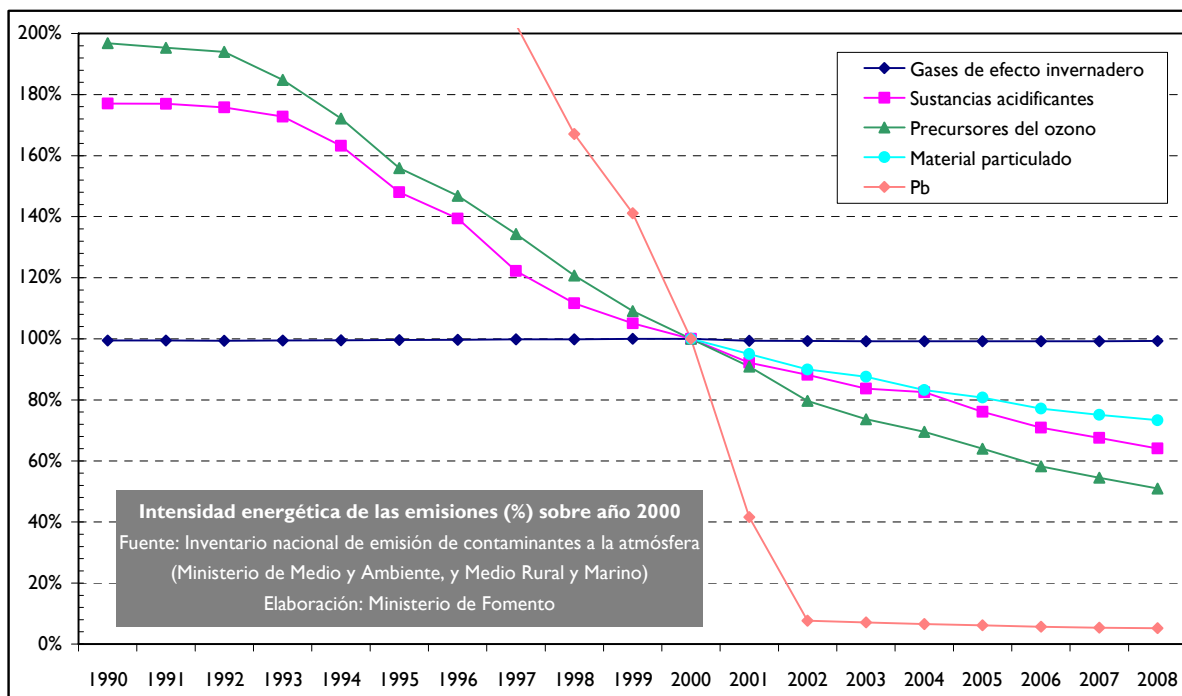


Figure 2. Variation de l'intensité énergétique des émissions
 Source : Ministère de l'Environnement et du Milieu rural et maritime

L'évolution des substances acidifiantes et des précurseurs de l'ozone est constante depuis le milieu des années quatre-vingt-dix en raison du renouvellement du parc de véhicules et de l'introduction de normes Euro les plus strictes, tandis que pour les gaz à effet de serre elle est maintenue pratiquement invariable —le rapport entre l'émission de dioxyde de carbone et le contenu énergétique des carburants est constant—, seulement avec une petite diminution pendant les dernières années, ce qui peut être attribué à l'utilisation des biocarburants.

Quant à la consommation énergétique par type de véhicule, pendant les années quatre-vingt-dix elle s'est accrue à des rythmes supérieurs à 5% par an cumulatif dans les tourisme et véhicules légers, qui se situent à environ 2% dans la décennie actuelle.

Par contre, aussi bien pour les véhicules lourds que pour les motos, la croissance est plus intense pendant la décennie actuelle, même malgré les effets de la crise de ces dernières années.

La figure 3 montre que, pratiquement depuis 1990, le tourisme est responsable de 60% de la consommation énergétique, tandis que les véhicules lourds et les autobus apportent un autre 30%.

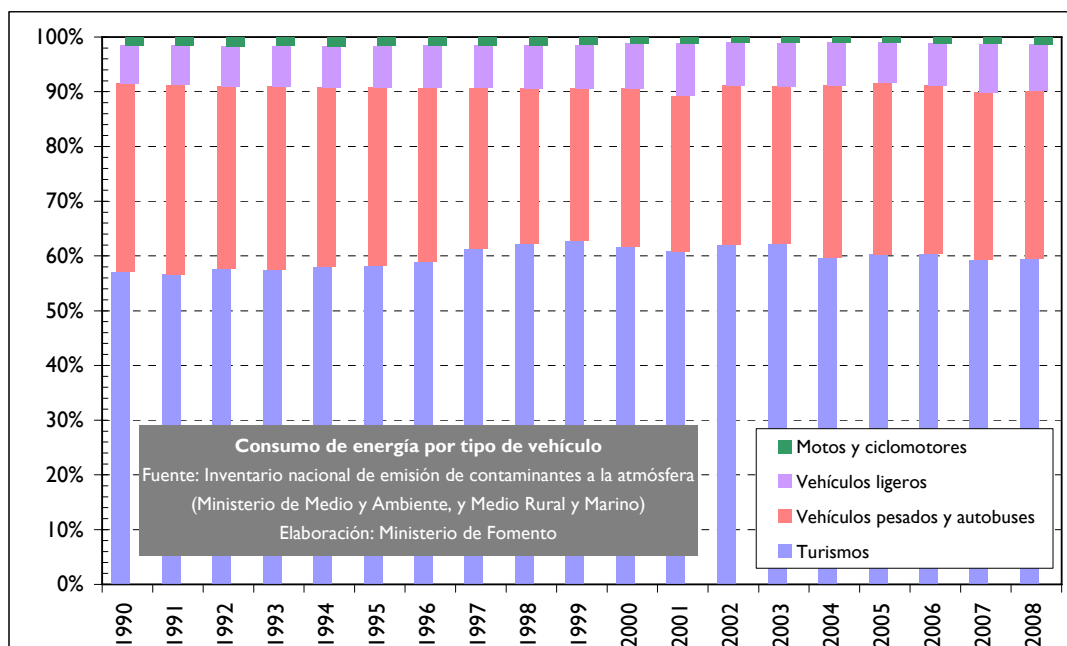


Figure 3. Répartition par type de véhicule de la consommation énergétique du transport routier

Source: Ministère de l'Environnement et du Milieu rural et maritime

Si l'on considère maintenant les normes de conduite (ou le type de trafic quant à son parcours), dans la décennie des années 90 l'accroissement a été plus élevé dans les milieux urbains (5,3%) que dans les trajets interurbains (3,9%) et de court parcours ou rural (3,5%). Ces accroissements sont moins intenses dans la décennie actuelle, outre le fait que les trajets interurbains gagnent une quote-part (2,6%) par rapport aux urbains (2,0%).

Néanmoins, la répartition entre les normes de conduite est maintenue invariable depuis 1990, avec la moitié de la consommation énergétique associée au transport interurbain, et de la moitié restante les 2/3 correspondent au milieu urbain, comme on peut l'observer dans le graphique de la figure 4.

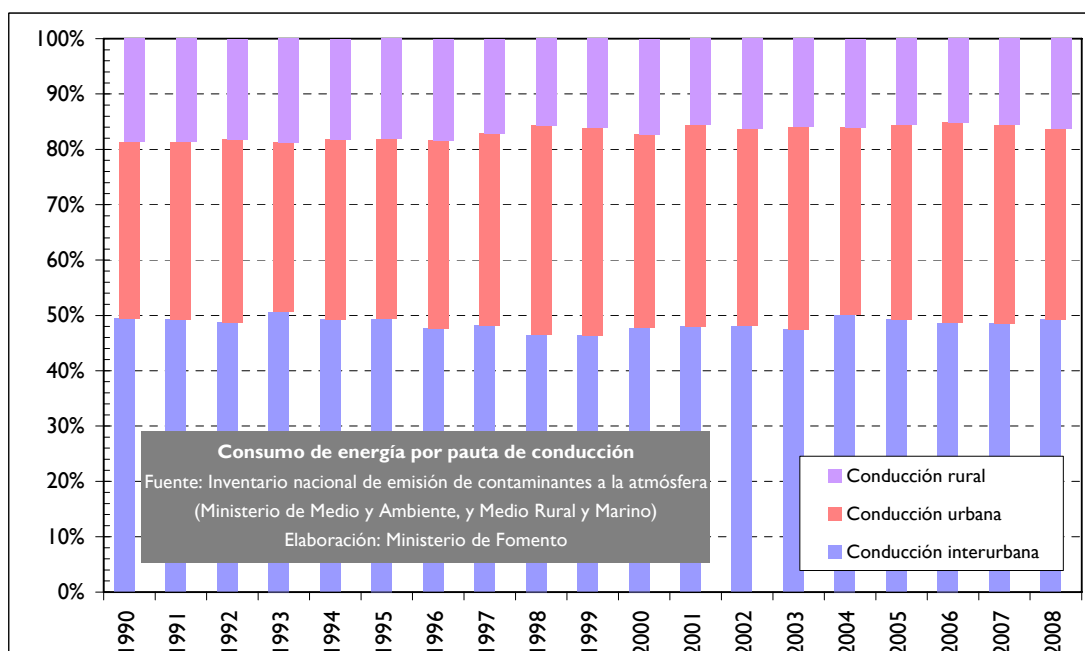


Figure 4. Répartition par norme de conduite de la consommation énergétique du transport routier
Source: Ministère de l'Environnement et du Milieu rural et maritime

3. LIGNES GÉNÉRALES POUR LA CONTRIBUTION À L'AMÉLIORATION DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET LUTTE CONTRE LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le système de transport routier présente plusieurs possibilités pour contribuer à l'amélioration de l'efficacité énergétique, ce qui à son tour se répercutera sur une plus grande durabilité et une réduction des gaz à effet de serre.

En nous référant aux principaux éléments à souligner pour réaliser cette contribution à la lutte contre le changement climatique, nous pouvons les organiser en plusieurs groupes en fonction du concept où sont englobées les actions à réaliser :

3.1. Planification des infrastructures

Grâce à la planification des infrastructures nous pouvons réaliser un diagnostic et un pronostic qui permettent de programmer les interventions nécessaires et d'organiser les trafics à travers une rationalisation adéquate du réseau.

Ainsi on essaie d'éviter ou de réduire, entre autres, les congestions de trafic qui sont une source importante d'émissions de gaz à effet de serre.

3.2. Conception des infrastructures

Dans la conception des infrastructures un élément important pour la réduction de consommation énergétique et la diminution des émissions est la réduction des pentes sur les routes. L'obtention d'un tracé optimisé à cet égard constitue une bonne option pour parvenir à nos objectifs dans les limitations qui nous seraient imposées par l'orographie du terrain.

3.3. Construction des infrastructures

Pendant la construction des infrastructures on peut employer des techniques et des solutions qui contribueraient d'une manière ou d'une autre à la durabilité environnante.

Parmi ces solutions nous pouvons souligner :

- le recyclage de pneus pour le revêtement, ce qui suppose un double effet par la mise en valeur d'un résidu et l'accroissement de la durabilité du pavé
- la gestion et la réutilisation des résidus de construction, avec un effet évident
- l'éclairage efficace et intelligent dans des infrastructures linéaires, soit en utilisant les nouvelles technologies en ampoules LED qui réduisent énormément la consommation avec le même rendement, ou en programmant l'activation ou la désactivation de l'éclairage dans les tronçons correspondants en fonction d'un horaire, l'intensité de la lumière naturelle, ou même en fonction de la détection du passage de véhicules sur des tronçons peu fréquentés. Il est également possible grâce à la technologie actuelle d'ajuster l'intensité de chaque lampion aux circonstances, en atténuant la lumière et par conséquent la consommation, lorsqu'une intensité lumineuse plus grande n'est pas nécessaire.

3.4. Exploitation des infrastructures

Il existe plusieurs possibilités de réduction des émissions de gaz à effet de serre quant à l'exploitation des infrastructures, bien qu'en général la plupart aient pour objectif la réduction du nombre de véhicules essentiellement moyennant l'encouragement du transport public et l'intermodalité.

Dans ce cas les bénéfices peuvent être doubles car d'une part on réduit le nombre de véhicules qui circulent par rapport au nombre de voyageurs, et l'on réduit ainsi les émissions et d'autre part on parvient à une diminution des congestions du fait que moins de véhicules circulent, avec un effet supplémentaire de réduction des émissions.

Parmi elles nous pouvons souligner l'utilisation de voies réservées au transport public ou des véhicules à haute occupation, l'implantation d'échangeurs de transport, l'emploi de stationnements dissuasifs ou l'emplacement d'arrêts de bus.

Manifestement dans ces cas une planification adéquate où seraient prévus ces éléments et où en outre on envisage les accès à des ports et aéroports comme points d'échange intermodal a une grande influence.

En plus des mesures visant à réduire le nombre de véhicules, d'autres visent à améliorer l'efficacité énergétique d'entre eux. Dans le cas des zones urbaines peut être accompli en limitant la vitesse des véhicules adaptés à la vitesse optimale pour faciliter la circulation, parce que s'il ya de grandes différences de vitesse entre les véhicules peuvent être endommagés cette fluidité.

3.5. Véhicules et combustibles

Quant aux véhicules et combustibles les principales lignes d'intervention pour la réduction d'émissions sont les suivantes :

- l'encouragement du développement technologique et de la vente de véhicules hybrides et électriques, avec des aides pour leur étude et développement technologique, stimulants pour l'achat de la part des usagers et pour leur usage l'implantation d'un réseau pour la recharge ne supposant pas au moins un inconvénient pour les usagers.
- promotion de véhicules efficaces dans les flottes soumises à concession
- impôt d'immatriculation en fonction des émissions de CO₂
- le recyclage de véhicules à la fin de leur vie utile
- l'utilisation de biocarburants.

3.6. Gestion de la demande de trafic

D'une manière certainement liée à l'exploitation des infrastructures, une autre manière de réduire les émissions est à travers la gestion de la demande de trafic.

Une mesure très efficace est l'encouragement du véhicule partagé (car pooling). Elle consiste à partager l'utilisation d'une automobile par deux personnes ou plus, en général pour voyager ensemble pendant les heures de pointe au lieu de travail ou à un centre éducatif. En général, tous les participants sont propriétaires d'une voiture et alternent l'utilisation de chaque véhicule, en faisant des économies de frais de voyage et en contribuant à réduire la congestion de transit et à réduire l'émission de gaz à effet de serre.

Une autre mesure pour la gestion de la demande est l'implantation de parcmètres dans les villes, qui suppose un coût de stationnement pour l'utilisateur et un temps limite de stationnement qui dissuaderait les voyageurs en faveur du transport public ou éviterait des voyages qui ne sont pas indispensables.

Et également l'établissement de restrictions de trafic et/ou de péages pour circuler dans certaines zones généralement urbaines s'avère utile pour gérer la demande en la dérivant vers l'utilisation du transport public ou en évitant des voyages qui ne s'avèreraient pas indispensables.

3.7. Information sur le trafic

Le fait de fournir l'information adéquate sur le trafic aux voyageurs peut également produire une réduction des émissions. Concrètement les systèmes intelligents de transport et les systèmes d'information sur le trafic donnent la possibilité au voyageur d'optimiser les parcours et même de décider les moyens de transport les plus appropriés. Ainsi on peut éviter les congestions et ils contribuent en outre à ce que celles-ci puissent se résoudre au lieu de les aggraver.

Manifestement il y a d'autres éléments pour améliorer la durabilité du transport routier (réduction des sinistres et des accidents, réduction du bruit, mesures pour réduire les effets négatifs de la fragmentation et l'occupation du territoire, etc.) qui n'ont pas été cités parce qu'ils n'ont pas de rapport direct avec le changement climatique.

4. RÉDUCTION DES ÉMISSIONS CONTAMINANTES DU TRANSPORT ROUTIER À TRAVERS UNE PLANIFICATION ET UNE EXPLOITATION EFFICACES

Pour la prévision d'émissions futures du secteur du transport routier les études de planification reposent sur les chiffres officiels et réels des éléments suivants :

- Le parc automobile actuel et prévu, distribués par catégories, types de combustibles et charge utile.
- La longueur et typologie des tronçons du réseau routier initial et prévu dans le PEIT 2005-2010
- Les vitesses moyennes des différents types de véhicules par tronçons, moyennes et prévues avec les interventions planifiées.
- L'intensité moyenne quotidienne (IMQ) de trafic sur chaque tronçon du réseau, et la consommation de combustible en fonction du type de véhicules (essence et gas-oil), le type de voyage (interurbain, périurbain ou urbain) et l'âge de ces derniers.

Les prévisions pour 2020 sur le parc automobile indiquent un rajeunissement progressif de ce dernier avec une réduction de 30 pour cent des véhicules légers à essence et une croissance de 80 pour 100 du parc de gas-oil, ce qui fera que le pourcentage des premiers passe de 61 pour 100 en 2004 à 38 pour 100 en 2020. On n'a pas considéré l'irruption possible des voitures électriques, prévisible, surtout, dans les milieux urbains.

La longueur moyenne annuelle parcourue par chaque véhicule dans des voyages interurbains est maintenue constante et les voyages urbains et périurbains, réalisés par la partie du parc automobile la plus ancienne et la plus contaminante, s'accroissent.

Les résultats des prévisions réalisées indiquent qu'avec les nouvelles technologies des véhicules il sera possible de réduire les émissions de monoxyde de carbone et de composés organiques volatiles, en augmentant légèrement celles d'oxydes d'azote et d'une manière significative celle de CO₂, qui pourraient arriver à s'accroître de 20 pour 100 en 2020 si l'on n'adopte pas de mesures pour transférer des trafics à des modes plus efficaces ou au transport collectif routier, sans tenir compte des changements technologiques des véhicules.

Dans le PEIT l'amélioration du comportement environnant du transport est articulée à deux niveaux : la baisse des impacts globaux du transport (essentiellement pour ce qui est du changement climatique) et la qualité environnante dans l'environnement naturel et urbain.

Pour y parvenir, on considère un système intégré du transport dans un cadre de complémentarité et de coordination entre les différents modes et entre les infrastructures et les services de la compétence de plusieurs Administrations et Organismes, et l'on cherche l'optimisation dans l'utilisation des infrastructures existantes moyennant des mesures de gestion de la demande, qui pour ce qui est de la route se concrétisent en :

- Amélioration des accès et services de transport public aux stations terminales des différents modes.
- Construction de voies réservées au transport public et voies de haute occupation.
- Dotation de parkings dissuasifs dans les stations de niveau métropolitain.
- Limitation de la vitesse du véhicule afin de réduire la consommation d'énergie.
- Modernisation et renouvellement de flottes de véhicules.

Une fois établi le cadre de la planification efficace du transport routier dans le Plan stratégique, lors de la phase de planification (comment y parvenir), on est intervenu à travers la considération de l'influence de la conception et de l'exploitation dans la réduction des émissions contaminantes. À cet effet, on a développé une méthodologie spécifique qui tient compte, dans la phase d'études d'alternatives d'intervention, des émissions engendrées par les différentes solutions envisagées.

La méthodologie développée permet d'analyser les facteurs les plus déterminants dans les émissions des différents gaz considérés, en vue de pouvoir évaluer les interventions possibles qui permettent, pendant la phase d'étude (planification et projet), de les réduire.

Les variables dont on tient compte sont le milieu environnant, le type de route, la section transversale, les accès, la vitesse de projet, les inclinaisons, les distances d'avancement, etc.

En outre, la méthodologie appliquée permet aussi d'analyser les facteurs qui déterminent ces émissions, pendant la phase d'exploitation : intensité du trafic, types de véhicules, vitesses de circulation, etc.

La méthodologie appliquée repose sur les projets COPERT 4 et ARTEMIS de l'Agence européenne de l'Environnement, dans laquelle à chaque type de véhicule est assignée une formule pour calculer les émissions de chaque contaminant en fonction de la vitesse moyenne de parcours, qui est établie à travers le Manuel de Capacité américain (HCM 200) dans la phase d'étude et avec des données réelles de mesures de vitesse avec voiture flottante dans la phase d'exploitation.

Pour les calculer on détermine les caractéristiques du projet ou les mesures d'exploitation qui diminuent dans une plus grande mesure la quantité d'émission de chaque gaz. Ainsi il est possible d'inclure cette variable dans les analyses multicritère de sélection d'alternatives.

Ainsi donc, des facteurs tels que l'inclinaison, le nombre de voies et leur largeur, les bas-côtés, la vitesse de projet, la limitation de vitesse, etc. influenceront d'une manière significative dans les émissions de gaz contaminants (NO_x, CO, CO₂, CH, PM).

Des expériences dans des environnements avec les autoroutes interurbaines en résulte que le ralentissement du projet pratiquement aucun effet sur les émissions de CO₂ et ne peut donc être considérée comme une mesure utile pour atteindre cet objectif de manière telle

En revanche, permettre des inclinaisons plus élevées (jusqu'à 6 pour 100) se traduit par des accroissements supérieurs à 50 pour 100 dans les émissions CO₂ et NO_x, en raison de la plus grande consommation de carburant par augmentation de la puissance nécessaire et malgré la baisse de la vitesse

Dans des milieux urbains la réduction de largeur des voies de circulation permet également une importante économie d'émissions, surtout de NO_x. Ainsi on peut réduire la vitesse de passage des véhicules si celle-ci est trop élevée, et l'on parvient ainsi à une réduction d'émissions sans en diminuer la capacité, qui peut même être avantagée si cette vitesse se rapproche de l'optimale de capacité. En outre, avec la réduction de la largeur des voies (jusqu'à 3 m), on peut en profiter pour augmenter son nombre, ce qui outre une amélioration de la capacité produit aussi d'autres améliorations, telles que la baisse du niveau de bruit.

Dans les autoroutes d'accès urbains la construction de voies BUS-VAO est la mesure la plus efficace de celles analysées car elle peut permettre une réduction de plus de 80 pour 100 de CO₂, en considérant qu'il ne se produit pas d'induction de nouveaux trafics de véhicules privés et que le transfert de voyageurs au transport collectif permette de résoudre la congestion existante.

Dans la phase d'exploitation l'implantation d'un système de signalisation dynamique, pour la réduction de la vitesse en fonction des conditions du trafic, permet de réduire les émissions de CO₂ d'environ 30 pour 100 et celles de NO_x de 40 pour 100.

Les restrictions de trafic de véhicules lourds parviennent également à des réductions significatives des émissions, qui peuvent dépasser 20 pour 100 dans le CO₂.

Dans les études informatives qui sont réalisées à la Direction générale des Routes du Ministère des Infrastructures pour comparer des alternatives de tracé pour un certain tronçon ou itinéraire de route on a utilisé également le calcul d'émissions comme une autre variable de la méthode multicritère, qui analyse des variables économiques, environnementales, fonctionnelles et territoriales.

Les résultats indiquent qu'en général il n'existe pas de grandes différences entre les alternatives du point de vue des émissions, du fait d'avoir des vitesses de projet et des caractéristiques semblables, leurs différences de longueur étant le facteur le plus déterminant. Néanmoins, bien que les valeurs absolues soient habituellement semblables, il existe bien des différences qui peuvent atteindre 20 pour 100 dans le CO₂ et NO_x.

Ainsi, la réduction de l'inclinaison, la diminution de la largeur de chaussées et de voies dans des zones urbaines et la création de voies BUS-VAO sont les interventions les plus intéressantes du point de vue de la diminution des émissions contaminantes celles de NO_x étant, dans celles-ci, celles qui sont les plus sensibles et en second lieu celles de CO₂.

5. APPLICATIONS CONCRÈTES QUI RÉDUISENT L'IMPACT DES ROUTES DANS LE CHANGEMENT CLIMATIQUE

Le principe de durabilité augmente de jour en jour son rôle protagoniste dans le monde entier et dans tous les domaines, l'un d'eux étant logiquement les routes. L'objectif consiste à chercher le moindre coût global possible dans les trois aspects où repose conceptuellement le développement soutenable : le social, l'économique et l'environnemental.

Dans l'engagement pour la construction soutenable des infrastructures routières, il est nécessaire de combiner les interventions dans plusieurs lignes à la fois : l'encouragement de l'utilisation rationnelle de ressources et de matériaux, le développement de nouvelles technologies et l'amélioration de la durabilité globale.

Comme matériaux et technologies directement en rapport avec la durabilité dans les revêtements, on encourage depuis la Direction générale des Routes du Ministère des Infrastructures les suivantes :

- Emploi de poussière de pneus Hors d'Usage (PPHU) dans ligatures et mélanges bitumineux
- Recyclage de revêtements
- Mélanges bitumineux trempés et semi-chauds
- Microagglomérés à froid

5.1. Emploi de poussière de pneus hors d'usage dans ligatures et mélanges bitumineux

En ce qui concerne la poussière de pneus hors d'usage (PPHU), et selon les dispositions dans le Plan national intégré des Résidus 2008-2015, approuvé par Accord du Conseil des Ministres du 26 décembre 2008, les Administrations publiques doivent encourager l'utilisation du PPHU, dans les travaux publics et en particulier dans les mélanges bitumineux pour la construction de routes, toujours étant que ce soit techniquement et économiquement possible.

Les tronçons expérimentaux construits et l'expérimentation effectuée au cours de ces dernières années ont permis le développement de normes techniques spécifiques qui ont été la clé dans l'encouragement de cette technologie, car plusieurs procédures y sont définies, on établit les critères et les champs d'application et on donne priorité à son emploi à condition que ce soit techniquement et économiquement possible, en développant ainsi les stipulations dans le cadre légal mentionné précédemment.

On définit deux de procédures :

- VOIE HUMIDE, qui consiste en le mélange à haute température de PPHU en bitume de pénétration dans une installation de fabrications de bitumes modifiés ou

dans des installations in situ se trouvant dans la même installation de fabrication de mélange bitumineux.

Grâce à cette procédure on définit dans les normes trois types nouveaux de bétons et on établit les spécifications qu'elles doivent remplir. Ces trois nouveaux types sont les suivants :

- bitumes améliorés avec du caoutchouc
 - bitumes modifiés avec du caoutchouc
 - bitumes de haute viscosité avec caoutchouc
- VOIE SÈCHE, qui consiste en l'incorporation de la poussière de caoutchouc de PPHU directement dans la pétrisseuse de mélange bitumineux comme s'il s'agissait d'un aride minéral. Le produit que l'on obtient est appelé dans les normes espagnoles mélange bitumineux à chaud avec rajout de caoutchouc.

À travers les différents types d'applications on engendre une consommation très significative de pneus hors d'usage dans les revêtements de nos routes, en particulier avec les bitumes améliorés avec du caoutchouc pour lesquels sont établies les mêmes conditions et couches que dans les bitumes de pénétration habituels.

Ces bitumes améliorés avec du caoutchouc, par rapport à un bitume de pénétration du même degré, fournissent une plus haute température de ramollissement, une amélioration de la susceptibilité thermique, une plus grande viscosité et une augmentation de la récupération élastique.

Les mélanges bitumineux fabriqués avec eux suivent les mêmes systèmes de formulation, de fabrication et d'exécution et ils présentent comme propriété différentielle plus remarquable une amélioration de la résistance face à des déformations plastiques.

Quant à d'autres propriétés des mélanges, il semble qu'il y ait une amélioration de la résistance à la fatigue, bien que ce soit un aspect sur lequel on continue à faire des recherches, les valeurs de modules sont un peu inférieures, et la sensibilité à l'eau et les caractéristiques superficielles des mélanges sont semblables.

En résumé, l'état actuel de la technique permet son emploi d'une manière généralisée dans les travaux, ce qui non seulement suppose la réutilisation d'un résidu mais encore améliore la durabilité du pavé, en ayant par conséquent une incidence sur deux aspects complémentaires de la durabilité.

5.2. Recyclage de pavés asphaltiques et de béton

Également en ce qui concerne l'utilisation rationnelle des ressources, il faut souligner l'utilisation des matériaux de la route même, qui par vieillissement sont parvenus à la fin de leur vie utile et il faut effectuer un retrait et une remise moyennant des interventions de réhabilitation structurelle et superficielle du revêtement.

Bien que les différentes techniques de recyclage soient recueillies dans les normes techniques du Ministère des Infrastructures depuis l'année 2001, leur emploi n'est pas encore arrivé à être généralisé, et les statistiques sur les taux de recyclage montrent des valeurs nettement inférieures aux possibilités.

Les normes techniques actuelles incluent des cahiers de prescriptions techniques générales spécifiques pour trois techniques différentes de recyclage de revêtement : recyclage avec du ciment, recyclage à froid avec émulsion et recyclage de mélanges bitumineux à chaud.

La norme de réhabilitation de revêtements établit les critères et champs d'application pour chacune de ces techniques et oblige à réaliser une étude technique et économique sur les matériaux recyclés de revêtements.

Outre ces normes spécifiques de recyclage, il ne faut pas oublier la possibilité d'inclure dans la fabrication de mélanges bitumineux à chaud jusqu'à dix pour cent de mélange bitumineux provenant du fraisage de la route comme s'il s'agissait d'un autre aride. Cette pratique, bien qu'avec un faible taux de recyclage, fournit une méthode simple et immédiate d'utilisation des résidus provenant du fraisage des couches vieilles de la route, avec des adaptations très simples dans l'installation asphaltique et sans nécessité en général de réaliser des études spéciales de la formulation du mélange.

En définitive, les techniques de recyclage de revêtements acquièrent de plus en plus d'importance. D'une part en raison de l'accroissement des travaux de conservation face à celles de nouvelle construction, et d'autre part en raison du rôle protagoniste croissant du principe de durabilité dans la construction qui mène nécessairement aussi bien à la diminution de génération de résidus qu'à celle de consommation de ressources naturelles.

L'état actuel de la technologie permet l'application de plusieurs techniques de recyclage, avec plusieurs applications et taux de recyclage. Il faut maintenant promouvoir la généralisation de leur emploi dans tous les travaux, raison pour laquelle depuis l'année 2009 on inclut dans la rédaction des projets de réhabilitation structurelle et superficielle de revêtements l'obligation de spécifier l'utilisation que l'on donne à tout le matériel fraisé du revêtement en employant des techniques de recyclage à froid ou à chaud.

5.3. Application de mélanges bitumineux semi-chaud et trempés

Dans le développement de nouvelles technologies en rapport avec la durabilité, l'encouragement de l'emploi de mélanges bitumineux dans lesquels les températures de fabrication et de mise en œuvre sont sensiblement inférieures à celles nécessaires pour les mélanges bitumineux à chaud conventionnels a également une grande importance. Ainsi on réduit la consommation d'énergie et les émissions de CO₂ et on améliore les conditions de sécurité et de santé dans les travaux de voies.

Ce type de technologies est classé en deux groupes en fonction de la température de fabrication, à savoir :

- les mélanges semi-chauds fabriqués et mis en œuvre au-delà de 100 °C (à environ 20 à 30°C de moins que les mélanges conventionnels)
- les mélanges trempés qui sont fabriqués et mis en œuvre en dessous de 100°C.

Pour les deux types il existe plusieurs alternatives de procédures et matériaux pour parvenir à la réduction de la température.

Bien que l'on n'ait pas encore établi des normes spécifiques on a effectué plusieurs tronçons expérimentaux et il existe un intérêt croissant à accroître l'expérience et à encourager ces technologies.

5.4. Microagglomérés à froid

Et enfin comme technologie de revêtement en rapport avec la durabilité bien que peu innovatrice, il ne faut pas oublier le rôle des microagglomérés à froid dans la réhabilitation superficielle.

Profitant de la révision des prescriptions techniques sur cette unité de travaux, motivée par l'entrée en vigueur des normes européennes, on veut encourager et souligner la fonction des microagglomérés à froid pour l'amélioration du CFT (coefficient de frottement transversal) et de la macrotecture, en améliorant la qualité de leurs matériaux et des techniques d'exécution.

En conclusion, nous comptons sur plusieurs technologies de revêtement en rapport avec la durabilité. Il est nécessaire d'encourager et de généraliser l'emploi sur celles où l'on a déjà une expérience suffisamment contrastée et de poursuivre l'étude, le développement et l'innovation de celles qui sont encore dans une phase moins avancée.

Et enfin, outre les techniques déjà mentionnées, il est nécessaire de continuer à avancer également dans l'étude des pavés de faible sonorité en accord avec les besoins actuels de la société et comme un nouveau défi de l'avenir, dans les revêtements de longue durée, car la durabilité et la durabilité ont un rapport direct.