

## **Le transport de fret et la contrainte du « facteur 4 » : une mission impossible pour le transport ferroviaire ?**

Yves Crozet et Hector Lopez-Ruiz  
Laboratoire d'économie des transports (LET)  
[www.let.fr](http://www.let.fr)

La mobilité des marchandises connaît en France des évolutions qui sont tout sauf conformes aux objectifs du Grenelle de l'environnement. Certains indicateurs en témoignent.

- En 2006, les vitesses maximales sur route et autoroutes ont été abaissées pour tous les véhicules de plus de 3,5 tonnes, ce qui a allongé les temps de parcours moyens. Le respect des limitations de vitesse, par les PL, est de plus en plus la règle, tant en zone urbaine que sur autoroute.
- Pourtant, de 2000 à 2006, le trafic ferroviaire de fret a baissé de 20%, passant de 50 à 40 milliards de tonnes kilomètres. Il a encore perdu près de 10 milliards de tonnes kilomètres en tendance entre fin 2008 et 2009. Dans le même temps, le trafic de fret routier a continué sa progression jusqu'à la fin 2008. Il a perdu ensuite environ 15% de son volume habituel au point que l'existence même de l'entité « Fret SNCF » est aujourd'hui en question.

Si nous confrontons ces évolutions aux ambitions du Grenelle de l'Environnement, c'est-à-dire une division par 4 des émissions de CO<sub>2</sub> à l'horizon 2050, le bilan est contrasté. Le succès confirmé du fret routier par rapport au ferroviaire n'est pas conforme à l'objectif fixé en France sous le nom de « facteur 4 » et que l'on retrouve dans de nombreux pays industrialisés (HICKMAN R., BANISTER D. 2005). Cet objectif répond à la recommandation des experts du GIEC qui préconisent de limiter la concentration de dioxyde de carbone à moins de 450 parties par million en volume. Pour atteindre cet objectif, il faut réaliser une division par deux des émissions mondiales de gaz à effet de serre à l'horizon 2050. Cet objectif conduit à une division par quatre (*i.e.* facteur 4) des émissions de gaz à effet de serre des pays industrialisés sur la même période afin de ne pas compromettre les perspectives de développement des pays en transition et en voie de développement.

De telles ambitions posent au transport de marchandises deux types de questions.

- La première vise le succès relatif du transport routier. Quels sont les mécanismes qui le font s'imposer alors même que beaucoup souhaitent son repli?
- La seconde est orientée vers le fret ferroviaire. Par quelle mesure faut-il restaurer sa compétitivité pour qu'il réponde lui aussi aux objectifs fixés par le Grenelle de l'environnement ?

Pour répondre à ces questions, nous présenterons les scénarios fret de mobilité durable développés par l'équipe ENERDATA-LET dans le cadre d'une étude pour le PREDIT. Ces scénarios sont articulés autour de trois familles : Pégase, Chronos et Hestia.

### **1) Les projections des trafics et des émissions de GES dans les scénarios PEGASE**

La famille de scénarios Pégase considère une évolution tendancielle du système de transports, traduite dans le modèle TILT (Transport Issue in The Long Term) par deux élasticités clés qui sont ensuite déclinées suivant le type de service de transport : l'élasticité tonnes-kilomètres/PIB d'une part et d'autre part l'élasticité vitesse/PIB. Ces deux élasticités témoignent du phénomène de couplage entre mobilité des marchandises et croissance économique. Le niveau de l'élasticité indique le degré d'intensité du couplage. Les deux autres familles de scénarios testent des hypothèses de faible élasticité TK/PIB, et même d'élasticité nulle, ce qui nous orienterait vers un certain découplage, une réduction sensible de la croissance des flux qui ne suffit pas à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> d'un facteur 4. Sauf à transférer une grande partie de ces flux sur le ferroviaire, une option qui semble peu crédible au vu des évolutions des années 2000.

#### **1.1 La quantification des hypothèses structurantes des scénarios PEGASE**

Dans la logique de TILT, la croissance des tonnes-kilomètres est définie par une élasticité à l'activité économique (nationale et du commerce extérieur) ; le besoin en matière de vitesse est défini par une élasticité au PIB et les élasticités du système diffèrent selon le service de transport. Dans le scénario Pégase : les transports urbains, régionaux et interrégionaux ont la même élasticité à la croissance économique. En revanche, le transport international a une élasticité au commerce extérieur supérieure à celle du transport intérieur.

Les élasticités à l'activité économique qui ont été utilisées pour Pégase sont les mêmes que celles qui ont servi au scénario tendanciel du CGPC. Pour l'élasticité de la vitesse au PIB, nous avons pris celle qui a été observée historiquement (études LET&ENERDATA), et nous considérons qu'elle est la même sur l'ensemble du territoire métropolitain français, ainsi que pour les importations et les exportations.

Le scénario Pégase est caractérisé par la continuité, mais aussi par les changements de structure qui accompagnent la croissance économique. Dans la logique de TILT, ces changements se manifestent dans la composition du PIB : tendance à la dématérialisation de l'économie et poussée des services mixtes dans l'économie française. .

Cette famille de scénarios se développe dans l'idée d'une poursuite de la déconcentration spatiale sur le territoire français et l'Europe. Ainsi, dans Pégase, les distances parcourues par les marchandises continuent à augmenter, et, -comme il sera expliqué plus loin- cette augmentation des distances joue sur la répartition modale du trafic et intègre, au cœur du scénario, l'idée du développement de chaînes logistiques intégrées porte-à-porte.

Pégase définit un système où la vitesse moyenne en 2050 est de 48 Km/h. Pour atteindre cette moyenne, la route devrait avoir une vitesse moyenne de 60 Km/h en 2050 ; le rail une vitesse moyenne de 40 km/h et les modes rapides de 63 Km/h. Ces vitesses modales permettront,

selon le poids de chaque mode, de saturer le système à la hauteur de ses besoins (à la fois en vitesse et en quantité de tonnes transportées).

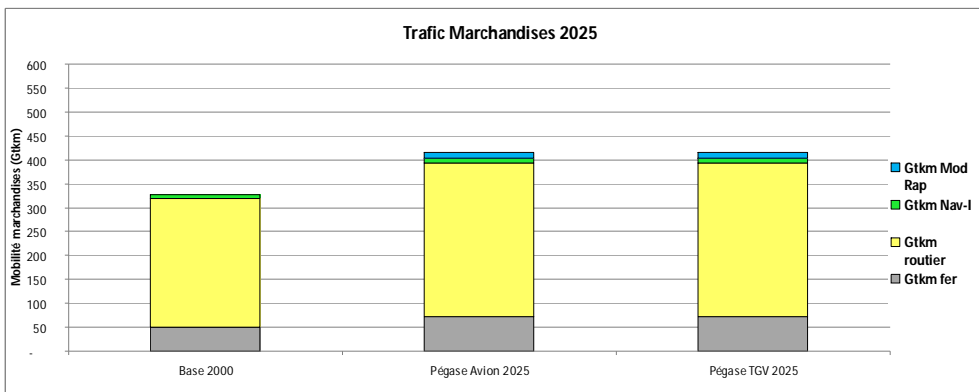
Hypothèses utilisées dans le scénario Pégase

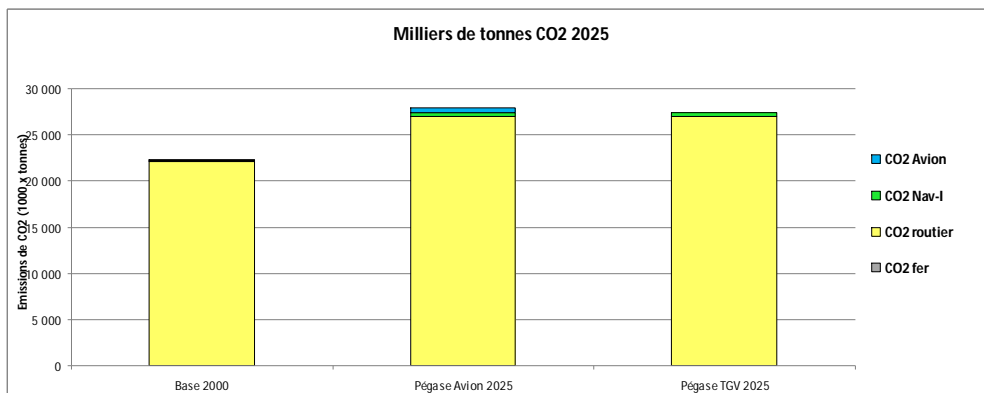
Rubrique	Valeur 2050	Valeur 2000
Vitesse route-Intérieur	60 km/h	50km/h
Vitesse du rail-Intérieur	40 km/h	40 km/h
Vitesse du rail rapide-Intérieur	63 km/h	
Vitesse de l'ensemble dutransport Intérieur	48 km/h	43,1 km/h
Elasticité vitesse/PIB- Intérieur	0,3	0,3
Elasticité TKm/GDP intérieur	0,63	1,25 avec transit et 1 hors transit (1985-2002)
Elasticité TKm/commerce extérieur	1,6	2,2 pour les exports 1,9 pour les imports (1970-2002)

À partir de ces hypothèses, nous avons un système où le transport urbain et régional de marchandises est supposé être fait par la route. En longue distance, nous retrouvons une répartition modale de 77% pour la route ; 11% pour le rail normal ; 2% pour la navigation intérieure, 9,5% pour le rail rapide et 0,5% pour l' avion.

Cela équivaut à une croissance par mode de 61% pour l'ensemble du trafic, dont 50% de croissance pour la route ; 115% pour le rail ; 43% pour la navigation intérieure.

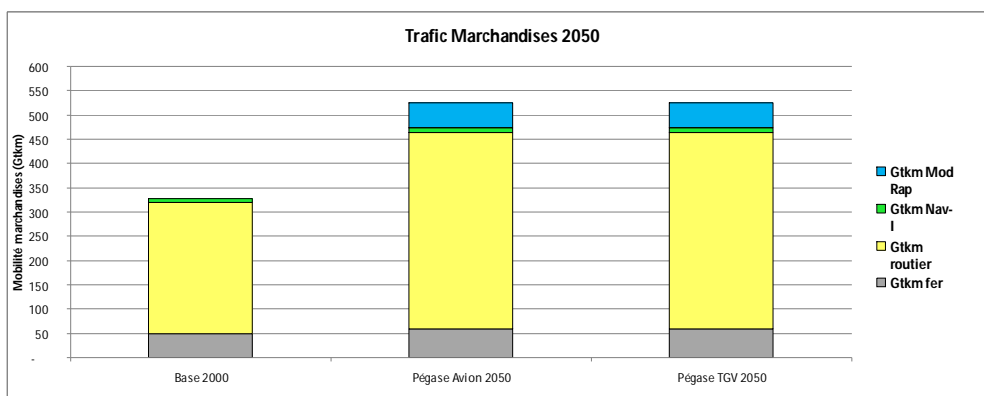
Voici les résultats pour 2025 en matière de trafic et d'émissions de CO2 :

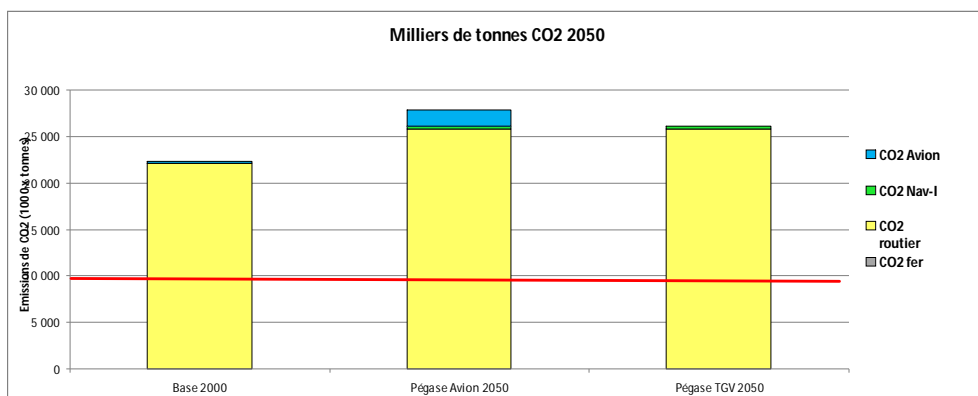




Dans la recherche d'un équilibre pour la famille Pégase, nous pouvons faire varier les vitesses modales pour favoriser ou pénaliser un ou plusieurs modes de transport. Ainsi, nous pourrions trouver un équilibre où le rail serait plus rapide que la route avec une très bonne qualité de service ; comme nous pourrions aussi favoriser les modes rapides (que nous pourrions supposer –ou non– être du rail rapide pour avoir une réduction des émissions de CO2). Nous pourrions aussi favoriser le transport routier.

L'objectif général étant de tendre vers le facteur 4 : nous avons choisi un équilibre intermédiaire (après une longue réflexion et consultations avec des experts) qui respecte la tendance d'un système où il existe une contrainte environnementale qui n'impose pas de grandes ruptures sur le système mais qui n'exclut pas des inflexions. Au final , nous avons un développement de la route mais avec une renaissance du fret ferroviaire et une participation de plus en plus importante des modes rapides.





Du point de vue du trafic international, nous reprenons les hypothèses du CGPC concernant le commerce extérieur et nous considérons une évolution tendancielle des vitesses par rapport au PIB. L'ouverture de nouvelles routes maritimes permet d'augmenter la vitesse du transport maritime et renforce la recherche de la vitesse sur le plan national. De même, le fret aérien connaît un essor relativement important du côté des marchandises à très haute valeur ajoutée.

Rubrique	Valeur 2050	Valeur 2000
Vitesse route-International	50 km/h	50km/h
Vitesse du rail-International	40 km/h	40 km/h
Vitesse du rail rapide-International	70 km/h	
Vitesse de l'ensemble du transport International	52 km/h	36 km/h
Elasticité vitesse/PIB-International	0,3	0,3
Elasticité TKm/commerce extérieur	1,6	2,2 pour les exports 1,9 pour les imports (1970-2002)
Part de l'avion sur les modes rapides	40%	-

Dans Pégase, tout repose sur un trafic international croissant avec une extension des aires de marché. Le scénario répond à une logique où nous continuons à faire des investissements allant dans le sens d'un développement fondé sur la vitesse et un coût bas du transport de marchandises. Pégase répond à une réalité où les entreprises trouvent toujours un bénéfice à la production à grande échelle avec des coûts fonciers relativement faibles proposés par les centres de production éloignées des aires de marché.

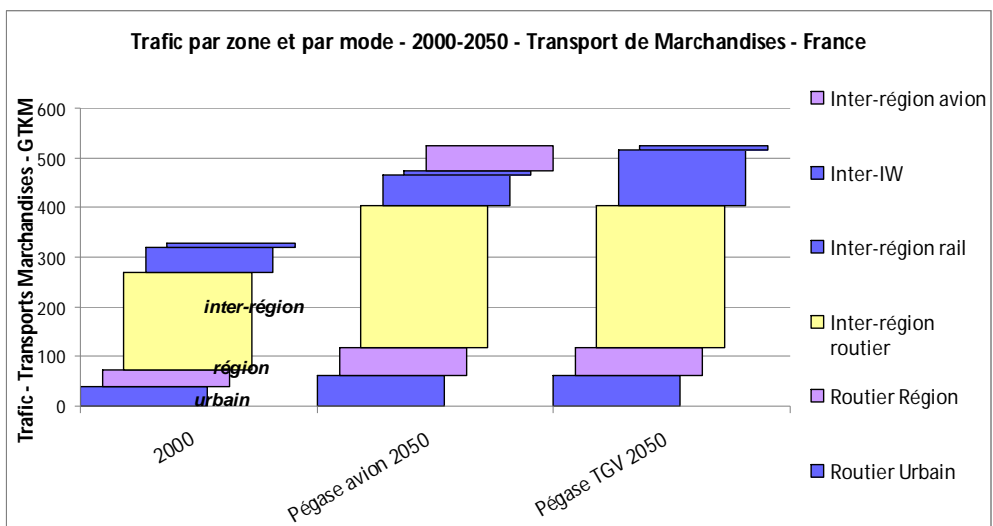
En d'autres termes, pour les entreprises, le bénéfice des économies d'échelle est toujours plus important que les économies de proximité. Elles ne trouvent donc que peu d'intérêt à la proximité où au rationnement des distances du transport de marchandises.

### 1.2 Les projections des trafics et des émissions de GES dans les scénarios PEGASE

Afin de rendre compte du poids que peut prendre l'aérien dans un système logistique à la recherche de plus en plus de vitesse, nous avons décliné Pégase en deux variantes :

- Une première qui comptabilise les émissions liées à un transport de fret rapide se développant sur la base du rail rapide

Une deuxième où le transport de fret rapide se développe sur la base d'une industrie de fret aérien. Si nous explorons une petite participation (supposé de 5%) du fret aérien sur le système de transport de fret national, nous pouvons observer une très grande hausse des émissions de CO2 (ce qui est normal avec une moyenne de 0,674 kg éq CO2 en courte distance et 0,241 en longue distance par TKm).



**Trafic Intérieur  
2000-2050**

<b>GTKM</b>	<b>2000</b>	<b>Pégase avion 2050</b>	<b>Pégase TGV 2050</b>
<i>URBAIN</i>	39	62	62
<i>REGION</i>	34	54	54
<i>INTER-REGION</i>	254	408	408
<i>Total</i>	327	525	525
<i>URBAIN</i> <i>Routier Urbain</i>	39	62	62
<i>REGION</i> <i>Routier Région</i>	34	54	54
	0	0	0
	0	0	0
<i>INTER-REGION</i>	254	408	408
<i>Inter-région routier</i>	197	288	288
<i>Inter-région rail</i>	50	59	110
<i>Inter-IW</i>	7	10	10
<i>Inter-région avion</i>	-	51	-

Tout comme dans le transport intérieur, le transport aérien représente une croissante du trafic et des émissions au niveau international à 2050. Toutefois, il est incontestable que le transport maritime reste le maillon le plus important de la chaîne.



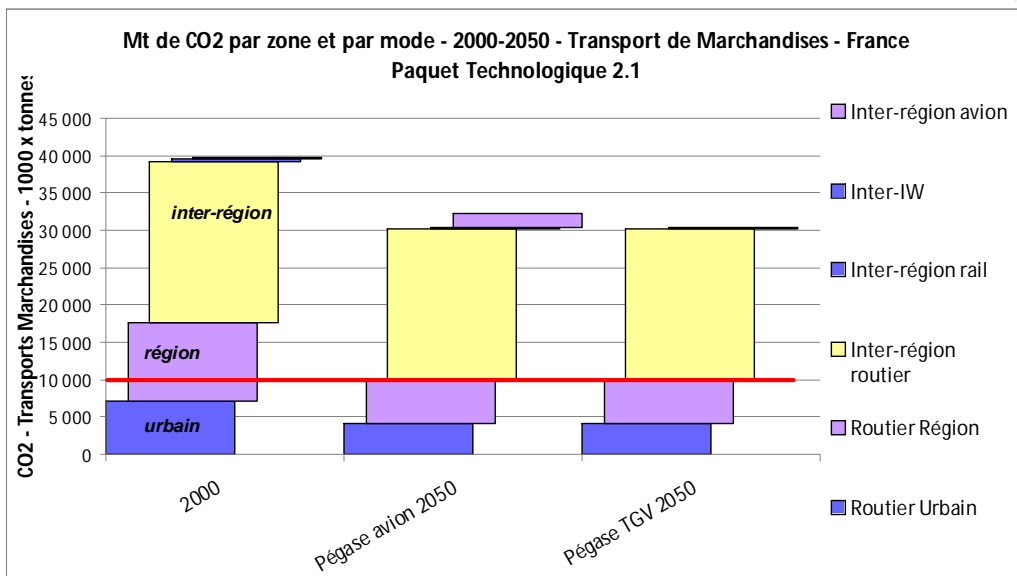
Il est important de souligner que même si des recherches sur la baisse de la consommation du transport maritime sont engagées (par exemple, les récents développements d'une équipe allemande qui réussi à diminuer fortement la consommation d'un bateau de fret grâce à l'aide d'un cerf-volant programmable) nous n'avons pas engagé des recherches sur les effets (au niveau de nos scénarios) de la technologie sur ce point.

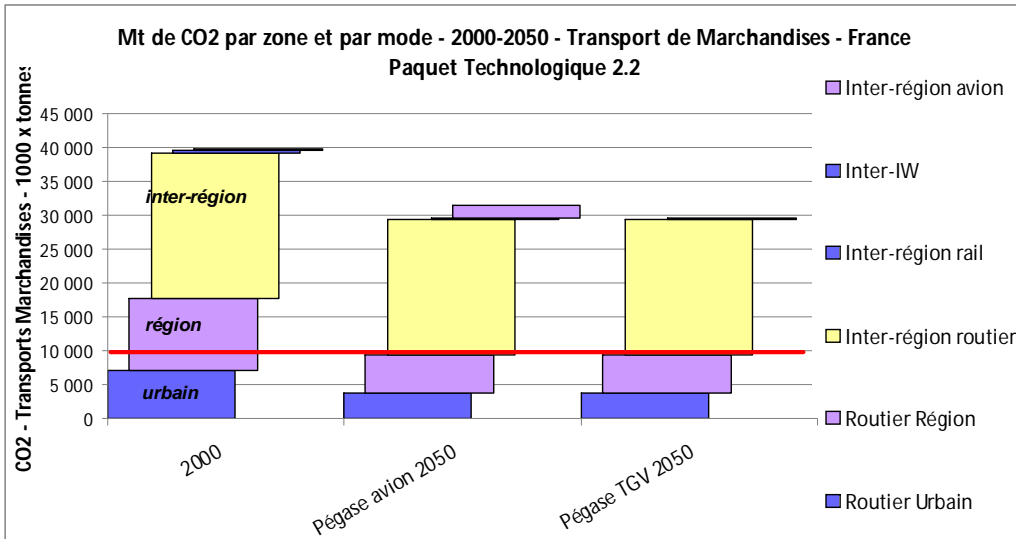
En revanche, du point de vue du développement des technologies et leurs effets sur le transport intérieur, ce scénario permet de tirer certaines conclusions intéressantes.

Dans la mesure où les distances de parcours des marchandises continuent à augmenter et que nous couplons cela à une diminution de la concentration spatiale, la recherche et développement en matière des nouvelles technologies de transport devraient plutôt se pencher sur des investissements concernant l'autonomie des véhicules sur de très longues distances.

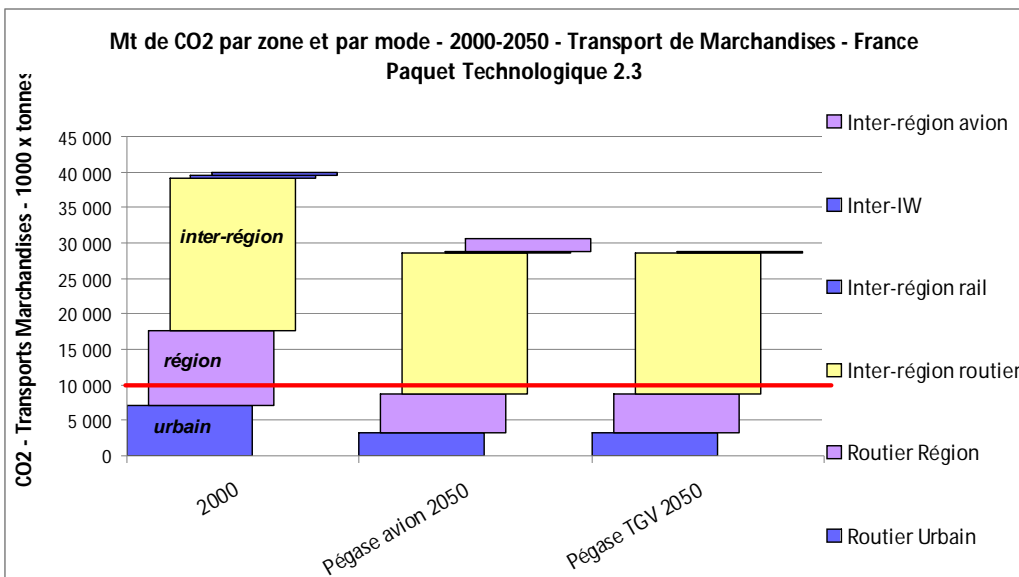
Dans Pégase, la route continuera à avoir un rôle important à jouer au niveau du transport de marchandises sur des distances de plus en plus longues. Ceci devrait se traduire soit par l'établissement d'un réseau européen d'approvisionnement en carburant (si changement de carburant il y a) ou sur la recherche d'une production énergétique à bord qui soit efficace.

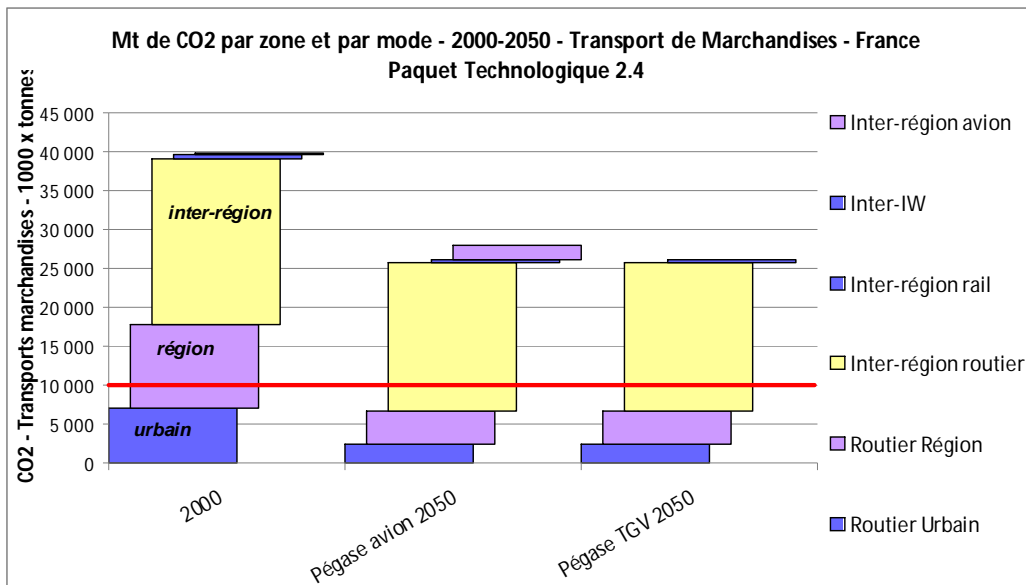
Ce scénario est fondé sur des très grandes attentes au niveau technologique et, à ce titre nous avons voulu explorer quelles seraient les conséquences de l'entrée des technologies hybrides dans le système de transport de marchandises. Pour le faire, nous avons, dans un premier temps, comptabilisé les effets des hypothèses technologiques.. Dans un deuxième temps, nous avons exploré les besoins en matière de technologies à 0 émissions pour arriver à un facteur 4.





Dans la logique de TILT, l'affectation des trafics aux différents modes de transport -suivant les caractéristiques de chaque mode- permet de faire apparaître une différenciation des impacts technologiques selon que le système est plus ou moins axé sur la route. Ainsi, les paquets technologiques 2.3 et 2.4 supposent une hausse de l'autonomie des véhicules et donc une utilisation plus importante des hybrides dans l'urbain et dans le régional.





Si nous explorons les résultats de Pégase pour rechercher quel serait l'effort supplémentaire à fournir en matière de technologies à 0 émissions pour atteindre le facteur 4, nous arrivons à la conclusion que ces technologies devraient voir le jour au plus tard en 2030 -pour Pégase TGV- et au plus tard en 2020 dans les cas de la variante aérienne. Si nous allons un peu plus loin dans le détail de ce que veulent dire ces dates, nous observons que pour la partie marchandises du système de transports, ceci se traduit par le fait qu'au moins 60% du parc routier (PL et VUL confondus) devrait être 0 émissions en 2050. Ces résultats seront présentés de manière plus détaillée, en les couplant avec les efforts sur le transport de passagers, dans le chapitre suivant.

Le scénario Pégase nous apprend que le futur tendanciel sous contrainte du facteur 4 dépend complètement de l'effort qui pourra être réalisé sur les technologies et sur la date d'entrée de ces technologies. Ainsi, dans le scénario Pégase, il reste la question de pouvoir produire de l'énergie à 0 émissions dans les délais annoncés. Reste aussi la question de pouvoir contrôler l'utilisation de l'avion pour le transport de fret, probablement au profit des passagers et des seules marchandises à une très haute valeur ajoutée.

## 2) Les trafics marchandises et les émissions de CO2 dans CHRONOS

La logique de Chronos instaure une augmentation du prix réel du transport routier qui pénalise la vitesse et les émissions. Dans la logique de TILT, cette hausse est semblable à la disparition ou à la tarification d'une infrastructure. La manière dont le modèle est construit, amène le système à s'adapter en jouant sur la répartition modale. La route devenant trop coûteuse pour certains types de produits, la logique inhérente au système se transforme pour proposer des améliorations dans le système (voire une diminution du coût généralisé) en utilisant d'autres moyens de transport. Une logique d'intégration de chaînes logistiques s'instaure et commence à fonctionner pour réduire les émissions liées au transport routier en faisant participer d'autres modes de transport moins émissifs dans l'acheminement des tonnes consommées par la population française.

L'enjeu du scénario Chronos est d'arriver à contrôler le développement du transport routier, qui est à la fois rapide et très émissif, en le pénalisant à hauteur de la disposition à payer et en proposant un service plus performant sur le réseau ferroviaire. De cette manière, nous obtenons de résultats encourageants pour la longue distance tout en favorisant le transport routier là où les technologies pourraient proposer des avancées visant à réduire les émissions de manière efficace (dans l'urbain et dans le régional).

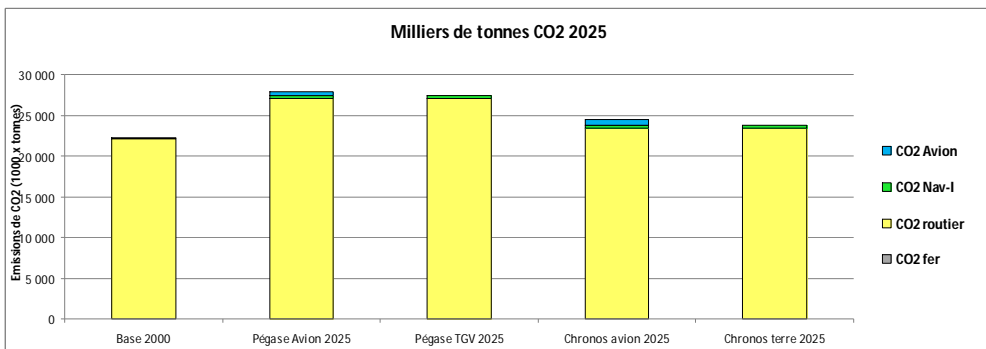
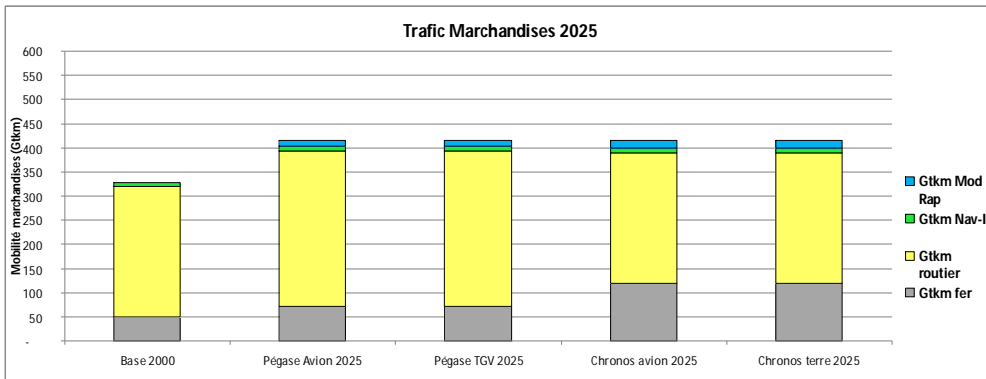
### 2.1) La quantification des hypothèses structurantes des scénarios CHRONOS

Comme nous l'avons indiqué dans le chapitre précédent, dans la famille de scénario Chronos, la vitesse est pénalisée. La modélisation prend en compte ces changements en modifiant l'évolution de la structure de vitesses. Ce changement de structure de vitesses permet d'obtenir une saturation différente de celle de la famille Pégase car, en supprimant les besoins croissants en vitesse, nous obtenons des reports modaux différents selon que l'on suppose un système ferroviaire plus ou moins performant.

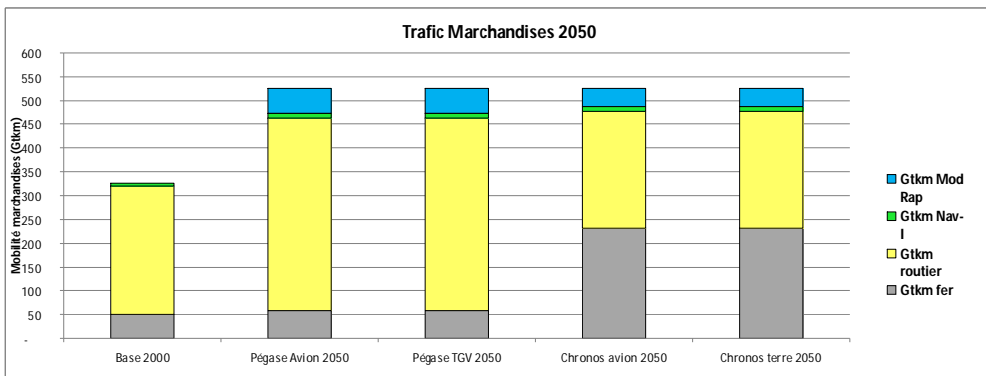
Dans la famille de scénarios Chronos nous considérons que l'élasticité vitesse/PIB est égale à 0 sur l'ensemble du territoire métropolitain et que, de ce fait, la recherche de la vitesse est estompée.

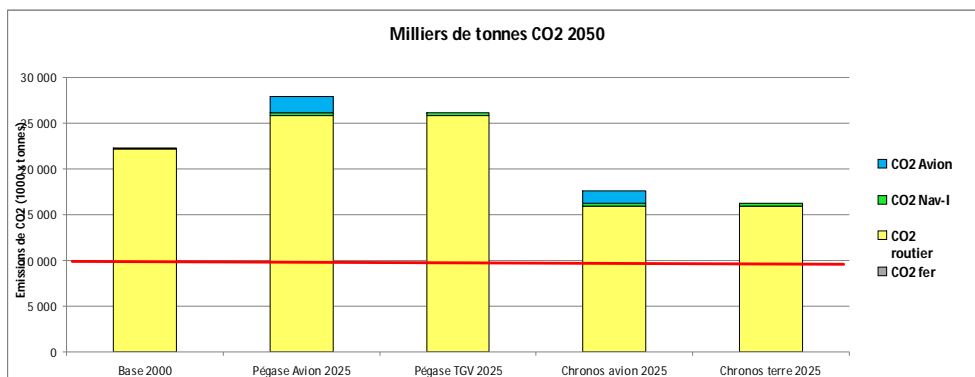
Dans cette famille de scénarios, nous considérons que la vitesse du rail reste stable et la route passe de 60 km/h dans le scénario Pégase à 52 km/h. Ainsi, le mode routier est, d'une part, vite saturé par les besoins du transport urbain et régional, ce qui rend le transport ferroviaire de plus en plus attractif sur la longue distance. D'autre part, l'amélioration du système ferroviaire par rapport à la route (car il supporte plus de trafic qu'en 2000 à une vitesse constante) renforce l'attractivité de ce mode sur la longue distance.

Dans la recherche de l'équilibre pour cette famille de scénarios, nous avons un calage particulièrement intéressant. En ayant supprimé les besoins en vitesse, nous sommes libres de jouer sur le système avec des petites différences. Ainsi, une stabilité de la vitesse du rail fait que la croissance de ce mode devient très importante, au point de faire décroître la route de 9% par rapport à son niveau de 2000.



Il est important de noter que le développement des distances n'est pas remis en question dans cette famille de scénarios. Les marchandises continuent d'aller de plus en plus loin, mais par d'autres modes. Il est aussi important de remarquer que cette pénalisation de la vitesse joue fortement sur les besoins en matière de modes rapides pour saturer le système. Autrement dit, les besoins en infrastructure ferroviaire rapide et les besoins en matière de transport aérien de marchandises sont moindres que dans la famille de scénarios Pégase.





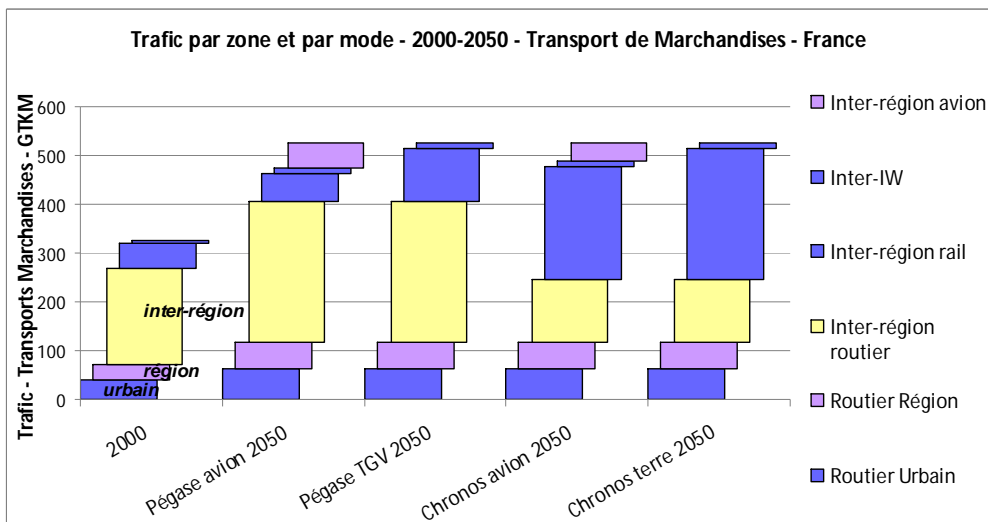
Dans Chronos, nous envisageons un système fondé sur des chaînes logistiques intégrées porte-à-porte, avec une large utilisation des ports et des trains. Pour la partie internationale de ce scénario, nous prenons en considération l'ouverture de nouvelles routes maritimes, avec des passages plus rapides qui permettent de saturer les besoins en vitesse et de les coupler à un système intérieur qui la pénalise mais qui développe fortement les performances du rail et de la navigation intérieure.

Rubrique	Valeur 2050	Valeur 2000
Vitesse route-International	52 km/h	50km/h
Vitesse du rail-International	40 km/h	40 km/h
Vitesse du rail rapide-International	70 km/h	
Vitesse de l'ensemble du transport International	52 km/h	36 km/h
Elasticité vitesse/PIB-International	0,3	0,3
Elasticité TKm/commerce extérieur	1,6	2,2 pour les exports 1,9 pour les imports (1970-2002)
Part de l'avion sur les modes rapides	40%	-

## 2.2) Les projections des trafics et des émissions de GES dans les scénarios CHRONOS

Ainsi, comme nous pouvons voir dans les derniers graphes, une partie du trafic routier bascule sur le ferroviaire. La pénalisation de la vitesse routière et du niveau d'émissions rendent le transport ferroviaire de plus en plus attractif et nous pouvons donc observer que, entre l'année de base et 2025 il y a un début de report modal vers le ferroviaire. Ce report modal continue à se faire entre 2025 et 2050 et arrive à presque 50% du trafic total de marchandises.

En revanche, le transport routier observe une hausse de la vitesse, par rapport à l'année de base, de 4%. Le rail, de son côté, observe une stabilité, mais avec une amélioration du service. Le transport rapide observe une hausse de la vitesse du rail rapide en même temps que l'aérien observe une légère baisse par rapport à l'année de base. Ces nouvelles caractéristiques du système donnent la répartition modale suivante :



<b>Trafic Intérieur 2000-2050</b>			
<b>GTKM</b>	<b>2000</b>	<b>Chronos avion 2050</b>	<b>Chronos terre 2050</b>
<i>URBAIN</i>	39	62	62
<i>REGION</i>	34	54	54
<i>INTER-REGION</i>	254	408	408
<i>Total</i>	327	525	525
<i>URBAIN</i> <i>Routier Urbain</i>	39	62	62
<i>REGION</i> <i>Routier Région</i>	34	54	54
	0	0	0
	0	0	0
<i>INTER-REGION</i>	254	408	408
<i>Inter-région routier</i>	197	128	128
<i>Inter-région rail</i>	50	232	270
<i>Inter-IW</i>	7	10	10
<i>Inter-région avion</i>	-	38	-

Comme pour Pégase, l'urbain et le régional sont supposés se faire en routier. Sur la longue distance, nous avons une répartition modale de 47% par la route ; 41% par rail normal ; 2% par navigation intérieure, 7,6% par rail rapide et 0,4% par avion. Ceci équivaut à une croissance par mode de 61% pour l'ensemble du trafic, dont une réduction de 9% pour la route ; et une croissance de 436% pour le rail (!) et 43% pour la navigation intérieure. Il est bien sûr nécessaire de s'interroger sur le caractère réaliste de tels chiffres.

Du point de vue du trafic international, nous sommes dans une logique semblable au scénario « Régulation par l'économie » du rapport Prospective fret 2030. Dans la famille Chronos, même s'il existe une logique de pénalisation de la vitesse sur le plan national, sur le plan international, les besoins en vitesse sont toujours croissants. A ce niveau, nous retrouvons un système ferroviaire qui répond de mieux en mieux aux attentes des logisticiens ce qui amène une partie grandissante du trafic international à être acheminé par le rail ou par la voie maritime.

Du point de vue des émissions, dans le scénario Chronos le trafic international donne les résultats suivants :

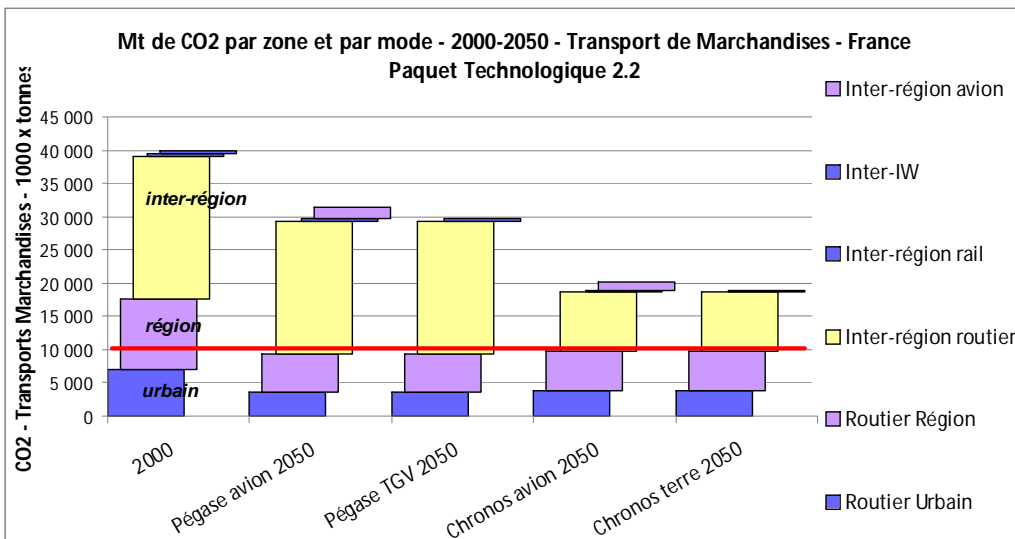
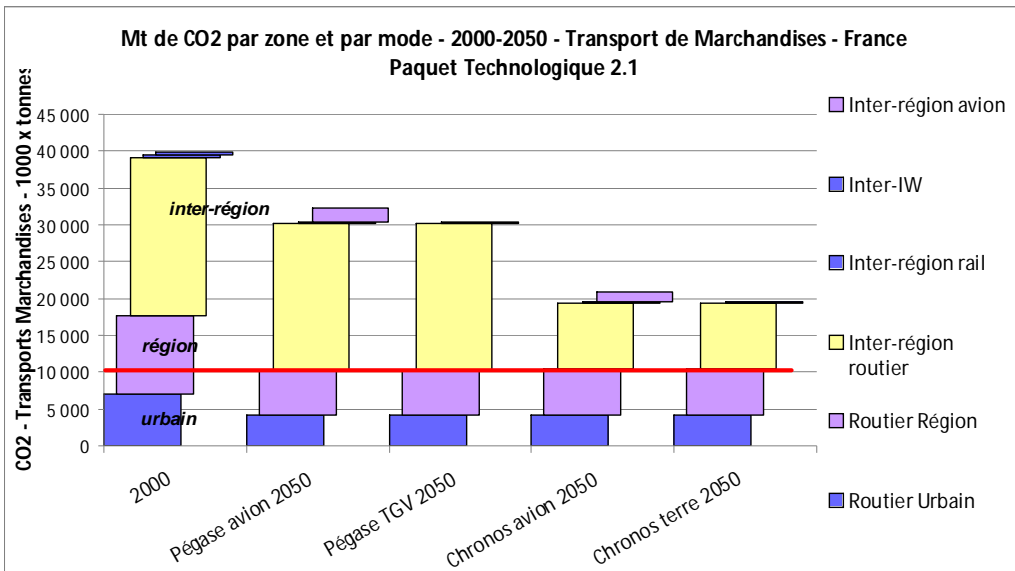
<b>GTKM</b>	<b>2000</b>	<b>Chronos 2050</b>
<b>International Intra-Europe</b>	143	495
<i>Routier-IntraEurope</i>	37	33
<i>Rail-IntraEurope</i>	6	108
<i>IW-IntraEurope</i>	2	6
<i>Avion-IntraEurope</i>	0,13	23
<i>Maritime-IntraEurope</i>	98	324
<b>International Extra-Europe</b>	2398	7918
<i>Routier-ExtraEurope</i>	1	4
<i>Rail-ExtraEurope</i>	0	2
<i>IW-ExtraEurope</i>	1	4
<i>Avion-ExtraEurope</i>	7	23
<i>Maritime-ExtraEurope</i>	2388	7884
<b>Mt CO2</b>	<b>2000</b>	<b>Chronos 2050</b>
<b>International IntraEurope</b>	5145	21352
<i>Routier-IntraEurope</i>	3941	2224
<i>Rail-IntraEurope</i>	38	0
<i>IW-IntraEurope</i>	67	222
<i>Avion-IntraEurope</i>	120	15677
<i>Maritime-IntraEurope</i>	978	3229
<b>International ExtraEurope</b>	15534	49210
<i>Routier-ExtraEurope</i>	142	290
<i>Rail-ExtraEurope</i>	3	0
<i>IW-ExtraEurope</i>	47	154
<i>Avion-ExtraEurope</i>	2281	5648
<i>Maritime-ExtraEurope</i>	13061	43118

Si, comme nous l'avons fait pour Pégase, nous faisons, dans une logique backcasting, l'hypothèse qu'il faut arriver au facteur 4, quels sont les besoins supplémentaires nécessaires pour arriver à notre objectif ? Dans le scénario Chronos terre, il faudrait faire transférer 8% de plus sur le rail (15% en urbain et régional et 20% sur la longue distance). Ceci revient à dire qu'il faudrait explorer l'idée d'un transport régional et urbain sur rail.

Dans le cas du scénario Chronos aérien, l'effort supplémentaire est d'autant plus important que l'avion se développe pour le transport de marchandises et de passagers. Pour arriver au facteur 4 en faisant jouer uniquement le report modal des marchandises de la route vers le rail, un passage de entre 14% et 19% serait nécessaire.

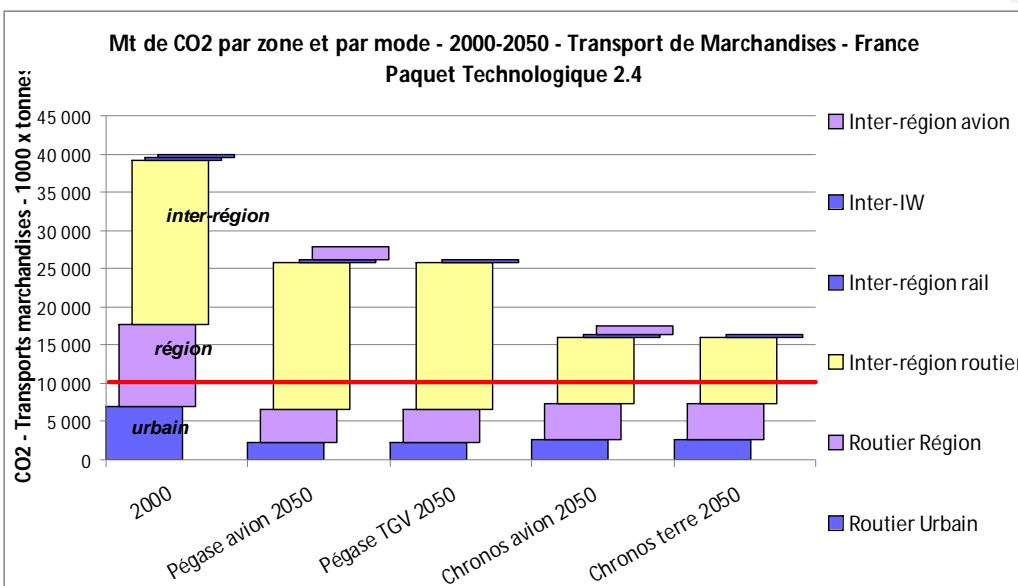
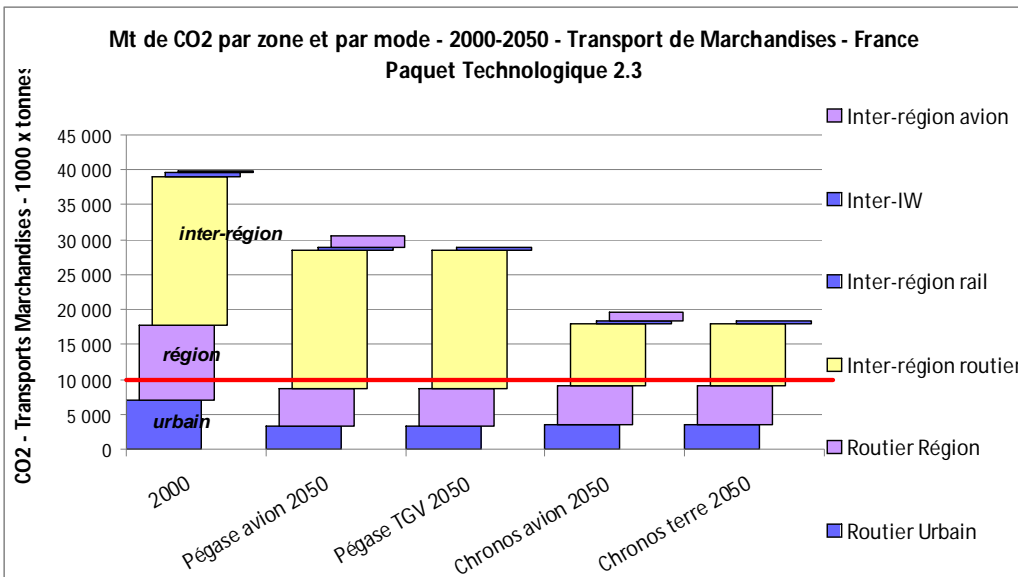
Cette famille de scénarios donne une vision où une partie importante des déplacements longue distance sont faits en rail et où les technologies hybrides pourraient avoir un impact important

sur l'urbain et le régional. Le transport routier étant diminué en LD mais à son maximum en courte distance, l'utilisation des hybrides sur ces distances peut avoir un impact très important sur le total des émissions.



En matière de motorisation et de stockage d'énergie dans les véhicules, nous serions plus dans une logique de stabilité des distances parcourues par les marchandises, ce qui amènerait, peut-être, à des recherches sur le stockage des énergies à bord au lieu d'avoir un changement de motorisation.

En matière de technologie logistique, nous serions dans une logique de rentabilité d'itinéraires intégrés avec la recherche d'une valeur ajoutée en matière de qualité de prestations de services. Pour certains produits, la concurrence entre modes se ferait sur la base de la qualité du service et non seulement sur la base du prix du service.



### **3) Les trafics marchandises et les émissions de CO2 dans HESTIA**

Le scénario Hestia reprend le système de transport proposé dans la famille de scénarios Chronos, mais il remet en cause la distance parcourue par les marchandises. Nous entrons dans une logique de rapprochement. Nous pourrions trouver une grande similitude entre le scénario Hestia et le scénario « Petites Europes » (vérifier si pluriel ou singulier) du rapport Prospective fret 2030, qui décrit une Europe polycentrique autour des grands bassins de vie. Dans Hestia, nous envisageons un système dans lequel il y a une organisation autour de la proximité.

L'idée centrale d'Hestia n'est pas d'exclure l'importation et l'exportation de marchandises des pays lointains, mais d'organiser différemment le système pour minimiser les distances parcourues sans compromettre la variété ainsi que la quantité de produits consommés et écoulés par la France.

La différenciation des valeurs d'élasticité des TKm/PIB traduit un système où une certaine préférence se manifeste pour la réduction des vitesses. Nous retrouvons une idée d'espace polycentrique fonctionnel dans l'organisation du système. La production, distribution et collecte sont organisées pour desservir des points de population denses, où les distances en urbain et régional diminuent, mais pas autant que sur la longue distance.

Les distances en urbain et en régional suivent un double mouvement : d'une part elles se contractent du fait du rapprochement mais, d'autre part, la multiplication des livraisons -du fait d'avoir un développement de centres denses- fait en sorte de garder un kilométrage total plus élevé que sur la longue distance (où la structure polycentrique fait diminuer fortement les kilométrages).

#### **3.1) La quantification des hypothèses structurantes des scénarios HESTIA**

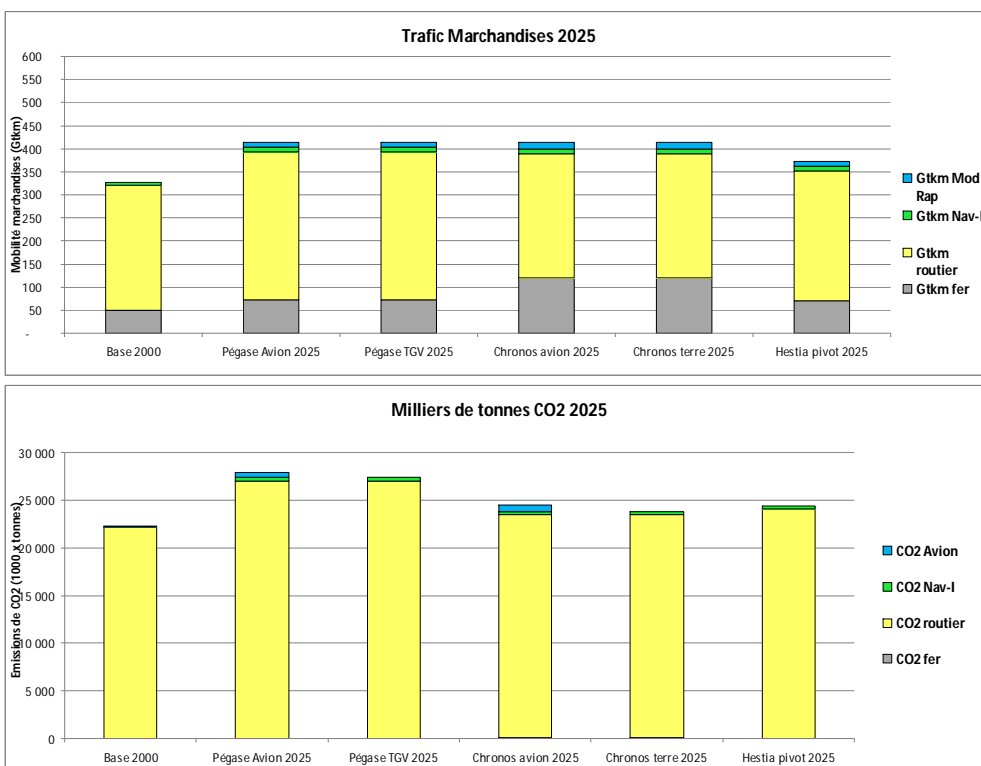
Dans Hestia, nous retrouvons un effet cumulé des effets des politiques sur les vitesses du scénario Chronos et, nous avons un effet encore plus important sur la diminution du fret routier en jouant avec les distances parcourues.

Ceci se traduit dans le modèle par une baisse de l'élasticité TKm/PIB sur l'ensemble du système. Dans le modèle, cela revient à supposer une réduction du nombre de liens de la chaîne logistique. Cette réduction est directement liée à l'organisation du système productif, de collecte et de distribution sur l'ensemble du territoire. Ceci aura aussi des impacts sur les services logistiques proposés et sur la logistique elle-même car ces effets ne seront pas seulement un impact sur l'organisation territoriale dans l'Hexagone, mais aussi sur l'organisation des itinéraires d'acheminement et les zones de chalandise propres au transport de marchandises.

Ces effets sont directement traduits dans TILT en faisant jouer les effets du coût généralisé de transport en simulant (dans la structure du modèle) le retrait d'une infrastructure de transport. Cette disparition d'infrastructures conduit à une hausse du coût généralisé du transport qui incite les acteurs économiques à s'adapter en réduisant les distances parcourues par les tonnes nécessaires (car il n'y a pas une réduction de tonnes consommées au delà de la réduction tendancielle due à l'allégement de la production et de la consommation) au bon fonctionnement de l'économie française.

Supprimé: condui

Dans ce nouveau système, le coût du transport est plus élevé que les gains liés au rendement d'échelle lié à la production sur un même site pour l'ensemble d'une zone économique. En même temps, du côté de la distribution et de la collecte de produits, le fait que les passagers demandent des services de proximité pour réduire eux mêmes leur kilométrage, fait que ces services retrouvent aussi un sens à se rapprocher de leur marché en optimisant les distances totales nécessaires à leur activité. De ce fait, certaines industries ainsi que la distribution, développent une organisation complètement différente pour être cohérente avec une réduction des émissions de gaz à effet de serre. Mais il est nécessaire de souligner la situation de double contrainte dans laquelle se trouvent chargeurs et transporteurs. Alors même que le système les incite à réduire les distances, les ménages cherchent à bénéficier de livraisons à domicile ou dans des lieux spécifiques, poussant ainsi à la hausse du trafic routier local.



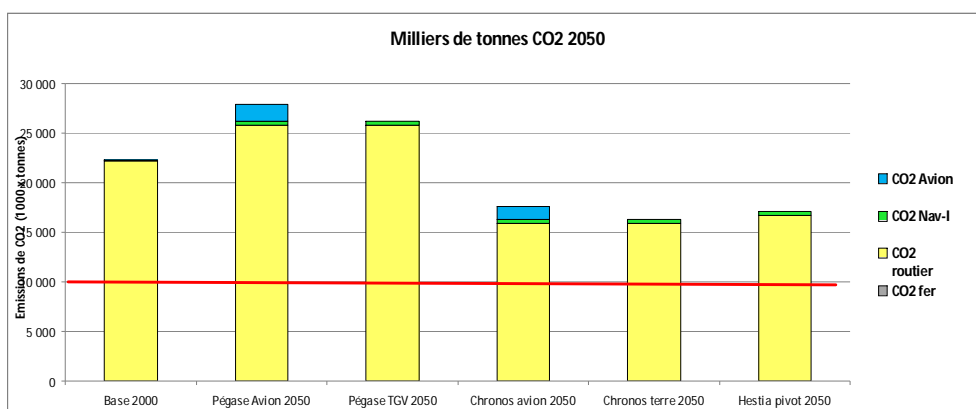
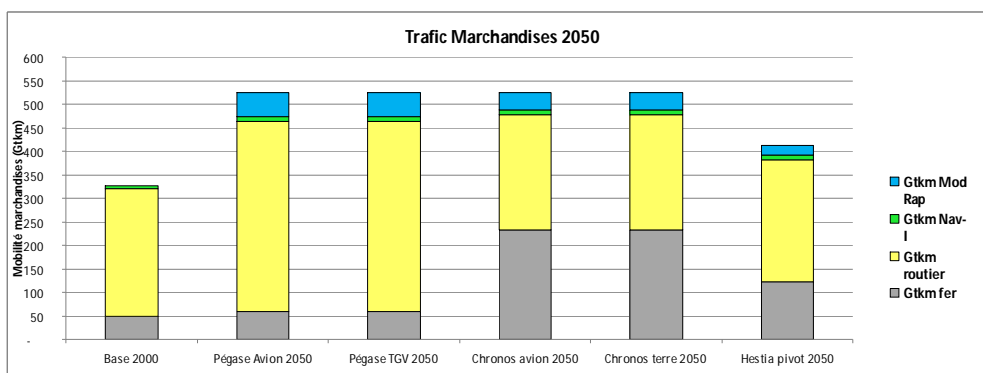
Ces changements d'organisation amèneront aussi des changements sur l'utilisation de véhicules qui seront positifs quant à l'objectif d'un facteur 4. La réduction des distances parcourues par les marchandises conduit à se poser un certain nombre de questions quant aux développements technologiques. Il est nécessaire de dire que le choix des investissements en R&D au niveau des technologies motrices ainsi que des technologies de stockage d'énergie sera défini par la stratégie énergétique générale.

Dans cette famille de scénarios, nous gardons les mêmes vitesses que dans le scénario Chronos : la route à une vitesse moyenne de 52 km/h (en baisse par rapport à Pégase mais en hausse par rapport à 50 Km/h en 2000) ; 40 Km/h pour le transport ferroviaire (stable par rapport à 2000) et une vitesse du rail rapide de 45 Km/h. Nous avons supprimé le besoin en vitesse, et l'élasticité Tonnes.kilomètres/GDP est différenciée selon le type de service. Pour le

transport de marchandises en régional et en urbain nous avons gardé une valeur de 0,33. Le transport de marchandises en longue distance à une élasticité TKm/PIB de 0,25.

Rubrique	Valeur 2050	Valeur 2000
Vitesse route-Intérieur	52 km/h	50km/h
Vitesse du rail-Intérieur	40 km/h	40 km/h
Vitesse du rail rapide-Intérieur	45 km/h	
Vitesse de l'ensemble du transport Intérieur	43 km/h	43,1 km/h
Elasticité vitesse/PIB- Intérieur	0	0,3
Elasticité TKm/GDP-Courte distance	0,33	1,25 avec transit et 1 hors transit (1985-2002)
Elasticité TKm/GDP-Longue distance	0,25	-

La famille de scénarios Hestia introduit l'idée d'un système avec plus de services de proximité. Ainsi, alors que dans les familles Pégase et Chronos les distances parcourues connaissent une hausse tendancielle, Hestia connaît une hausse modérée et différenciée selon l'aire de service. Les distance parcourues pour le transport de marchandises en urbain et en régional augmentent plus vite que les distances parcourues pour le transport interrégional. En revanche, le nombre de tonnes transportées continue à connaître une hausse tendancielle.



Dans le modèle cette situation se traduit par une élasticité commerce extérieur/PIB de 0,36 sur l'Intra-européen ; de 0,6 sur l'Extra-Européen (à 27) et le reste du monde et avec une élasticité vitesse/PIB de 0,3. Ainsi, les besoins en vitesse pour le commerce extérieur continuent à croître de manière tendancielle, permettant d'exporter et importer les produits nécessaires de manière efficace sans perdre sur le plan logistique. En revanche, le commerce extérieur se fait à des distances plus courtes.

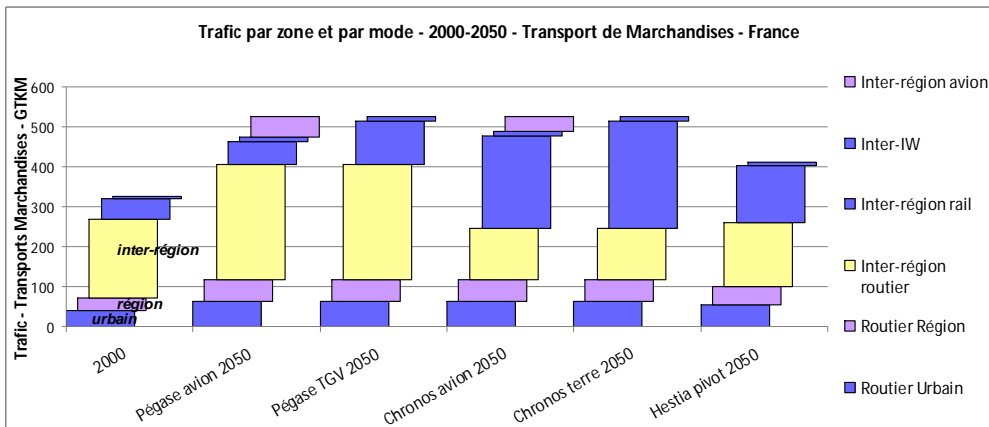
Rubrique	Valeur 2050	Valeur 2000
Vitesse route-International	52 km/h	50km/h
Vitesse du rail-International	40 km/h	40 km/h
Vitesse du rail rapide-International	70 km/h	
Vitesse de l'ensemble dutransport International	52 km/h	36 km/h
Elasticité vitesse/PIB-International	0,3	0,3
Elasticité TKm/commerce extérieur Intra-Europe 25	0,36	2,2 pour les exports 1,9 pour les imports (1970-2002)
Elasticité TKm/commerce extérieur Extra-Europe 25	0,6	-
Elasticité TKm/commerce extérieur Reste du Monde	0,6	-
Part de l'avion sur les modes rapides	40%	-

### 3.2 Les projections des trafics et des émissions de GES dans les scénarios HESTIA

Dans Hestia, du fait des réductions des distances parcourues, la pression sur la route est moins importante. Ainsi, avec des vitesses semblables à celles de Chronos, la route à une part de marché plus importante que dans Chronos et connaît une croissance de 4% par rapport à 2000.

Pour équilibrer le système avec ces caractéristiques, nous avons rendu le système un peu plus fluide en opérant une réorganisation spatiale. Moins de kilomètres parcourus signifie une fluidification du réseau et un besoin moins important d'investissements en infrastructures ferroviaires. En revanche, nous supposons un accroissement important des investissements en organisation spatiale de la production et distribution ainsi que de la logistique.

Sur la longue distance, nous retrouvons une répartition modale de : 63% par la route ; 30% par rail normal ; 2% par navigation intérieure et 5% sur rail rapide. Ceci équivaut à une croissance par mode de 26% pour l'ensemble du trafic, dont une réduction de 4% pour la route ; et une croissance de 184% pour le rail ; 43% pour la navigation intérieure.



### Trafic Intérieur 2000-2050

GTKM	2000	Hestia pivot 2050
<i>URBAIN</i>	39	54
<i>REGION</i>	34	47
<i>INTER-REGION</i>	254	312
<i>Total</i>	327	412
<i>URBAIN</i> <i>Routier Urbain</i>	39	54
<i>REGION</i> <i>Routier Région</i>	34	47
	0	0
	0	0
<i>INTER-REGION</i>	254	312
<i>Inter-région routier</i>	197	160
<i>Inter-région rail</i>	50	142
<i>Inter-IW</i>	7	10
<i>Inter-région avion</i>	-	-

Dans le scénario Hestia, c'est l'organisation interne qui fait que les distances parcourues diminuent. Nous ne mettons pas en cause la consommation de tonnes. D'une part, la création d'une structure polycentrique amène à la réduction d'un certain nombre d'importations et d'exportations qui se produiraient désormais dans le périmètre proche du centre. D'autre part, les distances parcourues par les tonnes diminuent du fait que les tonnes importées et/ou exportées diminueraient leur parcours car une idée de logistique rationnelle entre en jeu.

Cette idée de réduction des kilométrages parcourus et de rationalisation des itinéraires conduirait certainement à se poser la question sur la situation des ports français. Selon les estimations des détournements du trafic maritime par des ports étrangers, le port du Havre calcule qu'ils s'élèvent (sur le marché du trafic conteneurisable) à 43,4% à l'exportation et 51,5% à l'importation en 2004 (Rapport Cour des Comptes). Même si ces chiffres ne sont pas directement comparables avec celles relatives à la part de marché des ports étrangers calculés

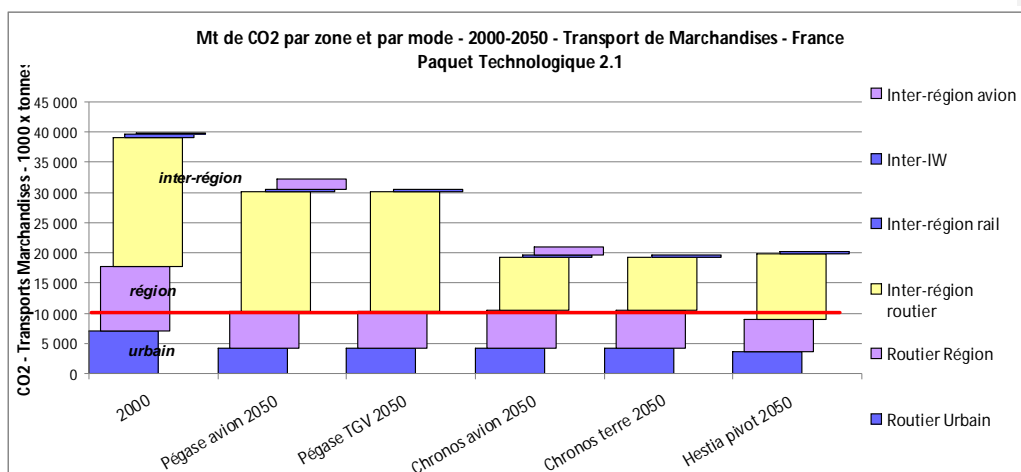
en 1994 (12,76% à l'export et 8,85% à l'import), l'ensemble des chiffres fait penser que, dans une logique d'évolution Hestia, la question risque de se poser très rapidement.



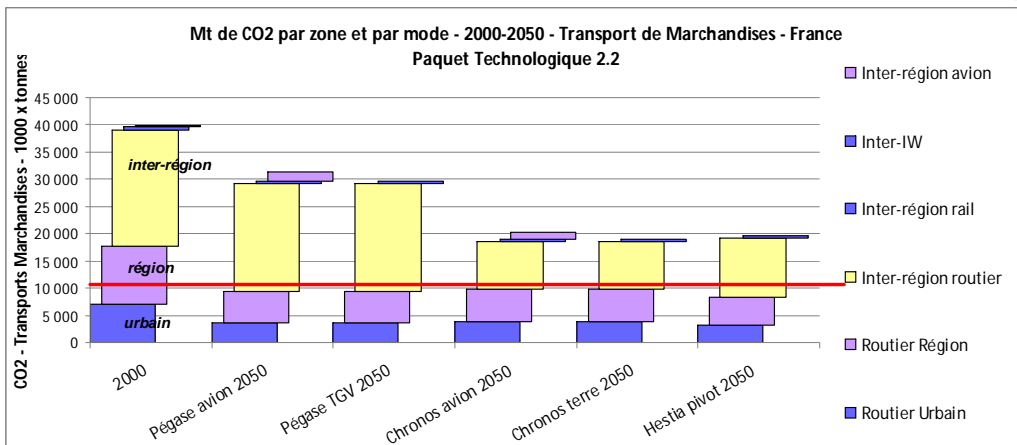
Dans le scénario Hestia, nous sommes plutôt dans une logique où la réduction des distances parcourues laisserait entrevoir une préférence, en matière d'investissements en R&D, des technologies visant des changements sur la sûreté des véhicules, leur fiabilité et leur autonomie pour des distances qui se réduisent.

Une partie importante des investissements en R&D irait dans le sens du développement des technologies pour des transports dans des zones plutôt denses et rapprochées. Les développements iraient aussi dans le sens d'un système polycentrique interconnecté.

Le graphe suivant nous présente les résultats de la quantification des émissions de CO2 pour

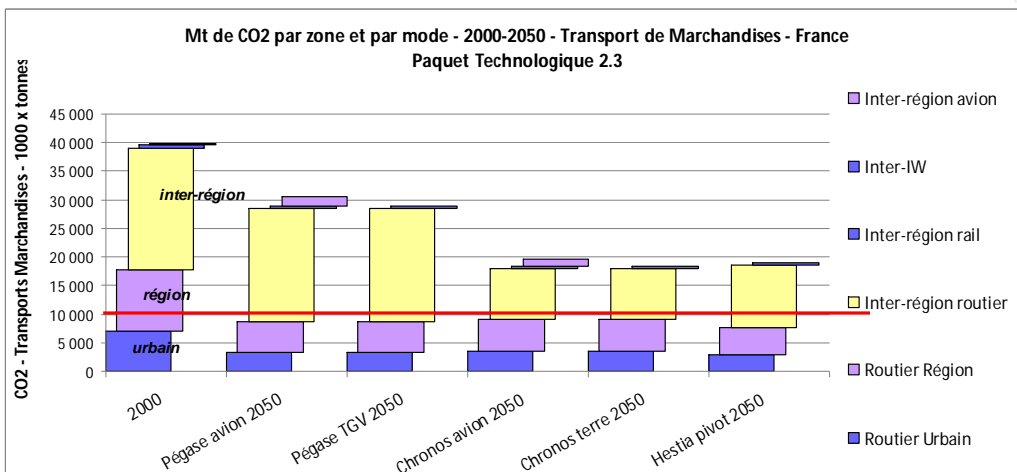


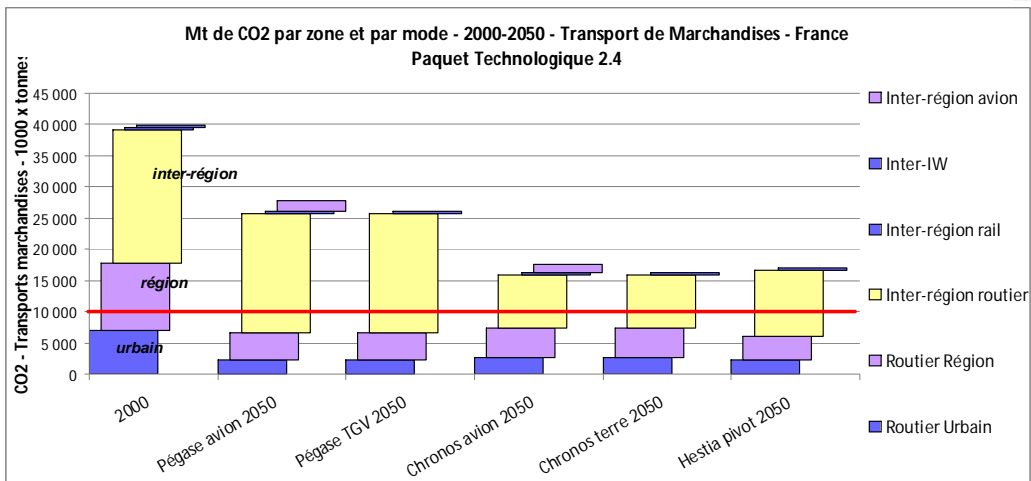
les différentes familles de scénarios. Différents paquets technologiques sont présentés pour chaque famille de scénarios.



Comme nous pouvons le voir dans le premier graphe, à elles seules, les émissions liées aux transports urbain et régional absorbent la totalité des émissions équivalentes à un facteur 4 dans les marchandises.

Si nous entrons dans une logique d'exploration de l'effort supplémentaire (par rapport aux résultats présentés) à réaliser pour arriver au facteur 4, nous pouvons dire que le scénario Hestia est le scénario où il y a le moins d'effort à faire. Nous voyons que :





pour arriver à un facteur 4 nous devons observer une diminution de 14% (10% dans le régional et urbain et 15% sur la longue distance) dans les distances parcourues pour arriver à l'objectif voulu.

## Conclusion

Au vu des résultats du travail de modélisation, il apparaît que le transport de marchandises ne peut que très difficilement atteindre le « facteur 4 », sauf à développer fortement le fret ferroviaire. Mais cela est plus facile à dire qu'à faire. Au-delà des résultats très décevants du fret ferroviaire en France, depuis le début des années 2000, et pire encore depuis la fin 2008, est-il encore possible d'escompter un rebond de cette activité en France ? Répondre à cette question revient à s'interroger sur les profonds changements structurels à mettre en place, non seulement par l'ouverture à la concurrence, mais par une réorganisation complète de Fret SNCF.

## Annexe

### Hypothèses pour Chronos

Rubrique	Valeur 2050	Valeur 2000
Vitesse route-Intérieur	52 km/h	50km/h
Vitesse du rail-Intérieur	40 km/h	40 km/h
Vitesse du rail rapide-Intérieur	44 km/h	
Vitesse de l'ensemble du transport Intérieur	43 km/h	43,1 km/h
Elasticité vitesse/PIB- Intérieur	0	0,3
Elasticité TKm/GDP intérieur	0,63	1,25 avec transit et 1 hors transit (1985-2002)
Elasticité TKm/commerce extérieur	1,6	2,2 pour les exports 1,9 pour les imports (1970-2002)

### Bibliographie

1. ADEME- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (2003), *Les Energies et Matières Renouvelables en France - Situation et perspectives de développement dans le cadre de la lutte contre le changement climatique*, Débat National pour l'Energie. Site ADEME : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)
2. Alternative Fuels Contact Group (2003), *Market development of alternative fuels*,
3. BANISTER, D., PUCHER, J., LEE-GOSSELIN (2005), M. *Making sustainable transport politically and publicly acceptable: Lessons from the EU, USA and Canada*. Book Chapter. (<http://www.itls.usyd.edu.au/>)
4. BANISTER, D., D. Stead, P. Steen, J. Akerman, K. Dreborg, P. Nijkamp, R. Schleicher-Tappeser (2000), *European Transport Policy and Sustainable Mobility*. Spon, London.
5. BORIO C. & FILARDO A. (2007) *Globalisation and inflation: New cross-country evidence on the global determinants of domestic inflation*. BIS Working Papers No 227
6. CHANAS L. (1997), *Le développement durable : de la théorie à la pratique – Le cas du transport routier*, Mémoire pour le DEA d'Economie des Transports, présenté et soutenu le 25/9/1997, 96p.
7. CLEMENT K. (1995) *Backcasting as a Tool in Competitive Analysis*. University of Waterloo. ISBM Report 24
8. CROZET Y., MUSSO P., MARLOT G. (coord.) (2003), *Réseaux, Services, Territoires : Horizon 2020*, Editions de l'Aube, La Tour d'Aigues, 272 p.
9. CROZET Y. (2002), *Prospective pour une mobilité durable*, Transports, n°416, pp. 413-424.
10. Federal Highway Administration-DOT. *Freight Benefit/Cost Study*. NHCRP 342 (National Cooperative Highway Research Program 342).

11. HICKMAN R., BANISTER D. (2005) *Towards a 60% Reduction in UK Transport Carbon Dioxide Emissions: A Scenario Building Backcasting Approach*.  
[http://www.ucl.ac.uk/~ucft696/documents/eceee\\_paper\\_04.05%20final1.pdf](http://www.ucl.ac.uk/~ucft696/documents/eceee_paper_04.05%20final1.pdf)
13. HICKMAN R., BANISTER D. *VIBAT Study*.  
<http://www.ucl.ac.uk/~ucft696/vibat2.html>
14. LET-ENERDATA. (2008) *Scénarios de mobilité durable sous contrainte d'un facteur 4*. [www.let.fr](http://www.let.fr)
15. MCKINNON, A.C. (2007) *CO2 Emissions from Freight Transport in the UK*. UK Commission for Integrated Transport, London.  
<http://www.cfit.gov.uk/docs/2007/climatechange/index.htm>
16. MCKINNON, A.C. (2007) *The Decoupling of Road Freight Transport and Economic Growth Trends in the UK: An Exploratory Analysis*. *Transport Reviews*, Vol. 27, No.1, 2007 pp.37-64.
17. SCHAFER, A., VICTOR, D.G.,(2000) *The future mobility of the world population* Transportation Research Part A 34 171-205
18. STERN, N. (2006) *Stern Review: The economics of climate change*. HM Treasury.