

PREDIT 4/ Groupe 06

Recherche : Enjeux spatiaux, économiques et politiques des scénarios de mobilité durable à l'horizon 2050

**Convention DRI N° 09 MT CV 19
Convention ADEME N°0966C0216**

Rapport de la tâche 8 : Quantifier les scénarios de mobilité durable sur l'ensemble de l'Union Européenne

Avril 2012

**B. Bougnoux
B. Château**

TABLE DES MATIERES

1. CADRAGE SOCIO-ECONOMIQUE RELATIF AUX DEUX SCENARIOS.....	3
1.1. Le scénario Pégase-Europe	3
1.2. Le scénario Hestia-Europe	4
2. TYPE D'HABITAT ET DEMANDE DE MOBILITE	6
2.1. Le scénario Pégase-Europe	6
2.2. Le scénario Hestia-Europe	7
2.3. Principaux résultats pour les deux scénarios.....	8
3. TAUX DE MOTORISATION ET PARTAGE MODAL.....	9
3.1. Taux de motorisation dans les scénarios.....	9
3.2. Partage modal dans le scénario Pégase-Europe.....	11
3.3. Partage modal dans le scénario Hestia-Europe.....	14
4. NOUVELLES TECHNOLOGIES ET CONSOMMATION DES VOITURES.....	16
4.1. Le scénario Pégase-Europe	16
4.2. Le scénario Hestia-Europe	17
5. EMISSIONS DE CO2 DES VOITURES	18
5.1. Le scénario Pégase-Europe	18
5.2. Le scénario Hestia-Europe	20
6. ANNEXES	21
6.1. Annexe 1 : Principaux résultats de Pégase-Europe.....	21
6.2. Annexe 2 : Principaux résultats de Hestia-Europe.....	23

1. Cadrage socio-économique relatif aux deux scénarios

1.1. Le scénario Pégase-Europe

1.1.1. La croissance économique

Le scénario Pégase retient une hypothèse de croissance du PIB pour l'Union européenne assez forte, soit +2,5% par an entre 2000 et 2050. Cette croissance est plus forte dans la deuxième partie de période que dans la première.

Il existe en effet une demande au niveau mondial pour les produits de haute valeur et de services fabriqués en Europe, en dépit d'une concurrence intense de la Chine et des pays émergents. Les politiques sont motivées par des considérations de compétitivité dans un contexte international où la concurrence économique est forte.

La tendance historique de décroissance de la durée moyenne du travail en Europe continue dans un premier temps, puis s'inverse à partir de 2020-2030 sous l'effet du vieillissement de la population qui contraint les actifs à travailler davantage. En 2050, les gens travailleront un peu plus par rapport à 2000. L'âge moyen de départ à la retraite atteint, quant à lui, 69 ans en 2050, contre 60 en 2000. L'activité des femmes est également encouragée, il atteint 80% en 2050 (46% en 2000). Ces différents éléments contribuent à dynamiser le taux de croissance.

1.1.2. La démographie

Dans le scénario Pégase, on a une augmentation assez sensible de la population qui passe dans l'ensemble de l'Union européenne de 482 millions en 2000 à 584 millions en 2050.

A l'instar de ce qui existe en France, il existe une politique dédiée au taux de natalité qui devient rapidement un objectif commun pour l'ensemble des pays de l'Union européenne. Des mesures telles que les allocations élevées pour les familles nombreuses, la prise en charge du coût des garderies... contribue à atteindre un tel objectif. L'Union Européenne dans son ensemble est de retour à 1,9 enfant par femme en 2050, contre 1,4 aujourd'hui.

L'immigration, en particulier des personnes de hautes compétences en provenance des pays émergents, est fortement soutenue dans l'Union européenne, en dépit des résidus de nationalisme qui se fanent le long de la reprise de la croissance économique. La tendance croissante de l'immigration provenant de pays extérieurs à l'Union européenne accélère pour atteindre quelque 2 millions de personnes chaque année en 2050, contre environ 1,1 million aujourd'hui.

1.1.3. L'organisation spatiale du territoire

Il n'y a pas d'action forte pour modifier les tendances actuelles de localisation de l'habitat. La tendance à la périurbanisation n'est pas vraiment infléchie, celle-ci reste à son niveau de 2000. Les villes de taille moyenne sont celles qui gagnent le plus de population, au détriment des banlieues des grandes villes. Cette évolution est favorisée par l'augmentation de la vitesse moyenne dans le transport quotidien et par l'augmentation des revenus des personnes actives. Même à l'échelle d'une quarantaine d'années, il n'est pas facile de modifier sensiblement la localisation de l'habitat en Europe. On constate globalement une assez forte inertie sur l'organisation spatiale.

Répartition de la population de l'Union européenne en 2050 dans Pégase

	2000	2050
Centre-ville	16%	15%
Banlieue	24%	20%
Ville moyenne	27%	32%
Rural	33%	32%

1.1.4. L'éducation et les valeurs

Les politiques d'éducation sont principalement axées sur l'objectif d'obtenir une main d'œuvre qualifiée pour faire fonctionner le plus efficacement la machine économique. Ces politiques visent en particulier à renforcer le niveau de participation des jeunes à l'université. En 2050, il est prévu que 70% d'une classe d'âge 25-50 ans soit diplômée de l'université, contre 22% en 2000.

1.1.5. La gouvernance

Pégase est un scénario dans lequel le développement des éco-technologies est l'épine dorsale de la croissance économique. Cela implique un fort soutien à l'innovation, ce à quoi s'emploie l'Union européenne et les gouvernements des Etats membres.

Plus généralement, ce scénario est caractérisé par un leadership fort des gouvernements et des principales parties prenantes industrielles et financières dans le processus de transition. Il s'agit donc d'un scénario plus top-down que bottom-up. Une manifestation de ce leadership est un fort mouvement de re-réglementation des entreprises évoluant dans le secteur de l'énergie. Une autre manifestation est une intensification de la politique d'investissement dans les technologies à forte intensité capitaliste.

En matière de politique, les subventions et le prix sont les principaux instruments utilisés par les gouvernements pour faire en sorte que les investissements à consentir en R&D et dans les infrastructures soient rentables. Les principales mesures prises par les gouvernements dans ce scénario sont la taxation du CO₂, les tarifs de rachat pour les énergies renouvelables, les subventions pour l'efficacité énergétique, et la construction de centrales nucléaires.

1.2. Le scénario Hestia-Europe

1.2.1. La croissance économique

L'Union européenne devrait connaître dans ce scénario une croissance assez faible de son PIB, en moyenne de l'ordre de 0,9% par an entre 2000 et 2050. Deux raisons guident ce résultat : une demande mondiale faible pour les produits de haute valeur et de services de l'Union européenne, et une demande interne déprimée résultant de profonds changements dans les préférences des gens. Une certaine dose de protectionnisme est prise en compte dans ce scénario.

La tendance historique de décroissance de la durée moyenne de travail annuel en Europe se poursuit. En 2050, les gens travaillent près de 20% de moins qu'en 2000. Idem pour l'âge moyen de départ à la retraite. Après une tendance inverse entre 2000 et 2020, la tendance à la baisse de l'âge moyen reprend pour atteindre en 2050 le niveau de 2000.

La participation des femmes au marché du travail augmente, mais moins fortement que dans Pégase. Comme dans l'Allemagne d'aujourd'hui, la participation au marché du travail est souvent considérée comme non compatible avec la garde des enfants. Le marché du travail est progressivement adapté pour permettre l'un des parents à prendre des congés pour s'occuper des enfants. Le retour à l'emploi de la deuxième personne du foyer se faisant en général après que les enfants aient gagné en autonomie.

Par contre, à l'inverse de Pégase, la richesse est mieux répartie. Les politiques nationales de protection sociale sont maintenues, tout comme celles mises en œuvre au niveau local.

1.2.2. La démographie

Dans le scénario Hestia, on a une augmentation moins forte que dans Pégase de la population. Dans l'ensemble de l'Union européenne, la population passe de 482 millions en 2000 à 535 millions en 2050.

Cette moindre croissance démographique s'explique en partie par un tassement de l'immigration. Dans la mesure où l'Europe connaît une croissance moins forte, son attractivité diminue aux yeux d'un certain nombre de pays émergents. Le taux de natalité augmente quant à lui lentement pour atteindre 1,9 enfant par femme en 2050.

1.2.3. L'organisation spatiale du territoire

Une action forte permet de modifier plus sensiblement la situation actuelle. La tendance à la périurbanisation a été infléchie, celle-ci a reculé de presque un tiers en 2050 par rapport à son niveau de 2000. Les centres-villes et les banlieues sont densifiés. Cette évolution est favorisée par l'augmentation du coût dans le transport quotidien et par l'aspiration de la population à adopter un mode de vie moins consommateur de ressources.

Répartition de la population de l'Union européenne en 2050 dans Hestia

	2000	2050
Centre-ville	16%	19%
Banlieue	24%	31%
Ville moyenne	27%	26%
Rural	33%	24%

1.2.4. L'éducation et les valeurs

Les politiques d'éducation visent à renforcer le niveau de participation des jeunes à l'université. En 2050, il est prévu que 65% d'une classe d'âge 25-50 ans soit diplômée de l'université, contre 22% en 2000. C'est un taux un peu inférieur à celui de Pégase pour des raisons économiques.

Sur le plan des valeurs, il y a un fort mouvement social vers les préoccupations environnementales qui facilitent l'adoption et la mise en œuvre de mesures drastiques contre les émissions de CO₂. Il y a une nette préférence pour une vie plus équilibrée entre le travail, la famille et la réalisation de soi.

1.2.5. La gouvernance

Hestia est un scénario dans lequel la transition est un processus bottom-up. Cela signifie que le rôle de l'Union européenne et des Etats est plus faible et qu'il se limite à créer les

conditions appropriées pour que se produise ce processus émanant de la société civile. Les outils de communications tels internet permettent la création de nombreuses communautés et de réseaux sociaux.

Cette transition est également favorisée par une évolution radicale de la fiscalité, conduisant à une hausse des prix de l'énergie. La taxe carbone est mise en œuvre dans toute l'Union européenne, et facilite la pénétration de solutions d'efficacité énergétique, tout comme la généralisation de solutions peu émettrices en carbone.

Cela signifie aussi un changement dans l'équilibre des pouvoirs et des moyens financiers entre les gouvernements centraux et régionaux, au bénéfice de ces derniers. Les lois sont adaptées pour encourager et protéger les initiatives décentralisées et pour faire émerger de nouveaux services énergétiques.

Ce scénario n'est pas favorable aux technologies intensives en capital et aux grandes infrastructures, comme les centrales nucléaires par exemple ou les réseaux ferroviaires à grande vitesse. Les subventions et la réglementation sont les principaux instruments utilisés par les gouvernements de l'Union européenne permettant de favoriser des solutions décentralisées (énergie distribuée par exemple).

2. Type d'habitat et demande de mobilité

2.1. Le scénario Pégase-Europe

L'hypothèse centrale sur la mobilité dans Pégase est que la demande de vitesse reste au cœur des attentes de la population. Au cours des décennies passées, on constate que lorsque le PIB a augmenté de 1 point, la vitesse moyenne des transports (tous modes confondus) a augmenté de 0,37 point. Cette hypothèse est conservée dans Pégase jusqu'en 2050.

Dans la mesure où il y a une limite physique à l'augmentation de la vitesse de certains modes, notamment le mode routier, cette demande de vitesse supplémentaire conduit à une déformation des préférences des voyageurs. L'aérien et le train à grande vitesse vont être les grands gagnants, avec une augmentation de leur part de marché, au détriment de la voiture qui ne peut offrir des vitesses très supérieures à la situation actuelle.

Le scénario Pégase Europe ne fait pas d'hypothèse sur une évolution du temps consacré à la mobilité, ce dernier reste en moyenne autour de 66 minutes par jour et par personne, jusqu'en 2050.

Sans surprise, on constate dans Pégase, une nette augmentation des déplacements de longue distance. En 2000, ces déplacements représentaient 37% de l'ensemble des kilomètres effectués, contre 51% en 2050. Compte tenu de la disponibilité d'une offre de vitesse sur le marché, les personnes choisissent des déplacements de plus en plus rapides et de plus en plus lointains.

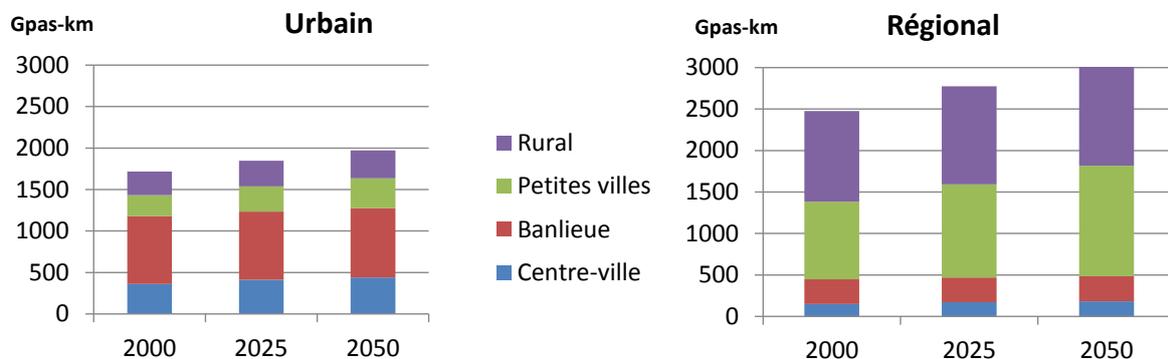
Le deuxième facteur conduisant à une augmentation des déplacements longue distance dans Pégase est qu'il n'y a pas de remise en cause du lien entre ouverture de l'éventail des opportunités et distance. Plus on peut aller loin, plus on a de choix.

Un troisième facteur vient de l'utilité du temps passé dans les transports. Dans certains cas (TGV), le temps passé dans le transport n'est plus considéré comme un temps perdu mais comme un temps valorisé, en raison de la possibilité de lecture, de travail... D'où une réticence moins grande à passer du temps dans le transport de longue distance.

L'utilité croissante du temps passé dans le transport s'applique aux deux scénarios. Mais Pégase, qui compte plus de déplacements de longue distance, en profite davantage. Un effort particulier est fait dans Pégase sur les infrastructures à grande vitesse pour le transport à longue distance : réseau européen à grande vitesse des trains de passagers et de fret, développement des aéroports pour les compagnies low cost, autoroutes en Europe de l'Est....

La répartition du trafic urbain et régional selon le lieu de résidence des personnes est donnée dans le graphique suivant. Le trafic de passagers entre 2000 et 2050 devrait croître de 19% pour le trafic urbain, et de 25% pour le trafic régional. On voit notamment le poids que représente le trafic régional pour les personnes habitant en zone rurale et en petites/moyenne villes. 62% de l'augmentation du trafic urbain et 94% de l'augmentation du trafic régional serait due à des personnes vivant dans les petites/moyennes villes et dans les zones rurales.

Répartition du trafic urbain et régional selon le lieu de résidence



2.2. Le scénario Hestia-Europe

A contrario, le scénario Hestia envisage un découplage complet entre la demande de vitesse et le PIB, autrement dit l'accroissement du niveau de vie ne débouche pas sur une élévation de la demande de vitesse dans le secteur du transport. C'est une hypothèse forte dans la mesure où elle ne correspond pas à ce qui a été constatée au cours des années passées.

Mais cette hypothèse vise justement à rendre compte d'un monde assez différent de l'actuel, modélisant un véritable changement de paradigme. La conséquence est que le scénario Hestia laisse une plus grande place à la voiture que dans Pégase. Tout comme Pégase, il y a une stabilité du temps journalier consacré à la mobilité.

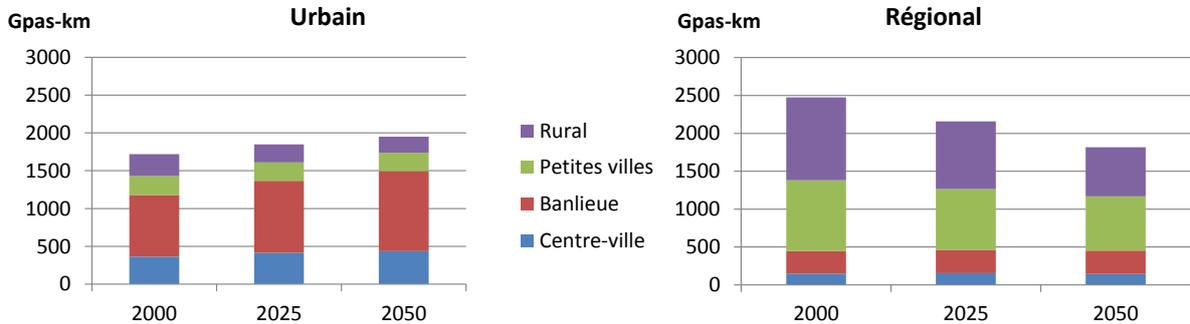
Dans Hestia, la répartition entre types de déplacement se déforme moins que dans Pégase. On observe principalement une progression des déplacements urbains qui passent, entre 2000 et 2050, de 26% à 30%, notamment en raison de la relocalisation d'une partie des ménages en zone dense (centre-ville, banlieue).

Dans un tel contexte, les progrès en matière d'accessibilité sont principalement dus à une réduction des distances à parcourir, plutôt que par une accélération des temps de transport. Ceci est permis par une meilleure localisation des logements et des fonctionnalités urbaines.

La répartition du trafic urbain et régional selon le lieu de résidence des personnes est sensiblement différente que dans le scénario Pégase. Alors que dans Pégase, le trafic régional croît, ici ce trafic est réduit (-27% entre 2000 et 2050). A l'inverse, le trafic généré par les personnes habitant en banlieue devient plus important, le trafic urbain croît de 14% entre 2000 et 2050. Pour les personnes vivant en zone rurale, le trafic urbain et régional

diminue respectivement de -26% et -40% entre 2000 et 2050. Pour les personnes vivant dans les villes petites, le trafic urbain et régional diminue également, mais moins rapidement, respectivement de -4% et -23%.

Répartition du trafic urbain et régional selon le lieu de résidence



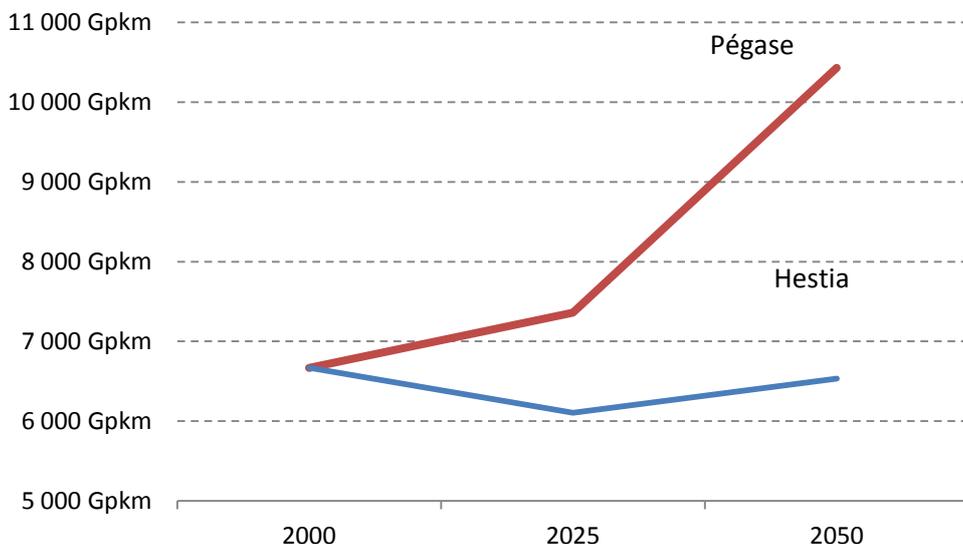
2.3. Principaux résultats pour les deux scénarios

Il ressort de ces différentes hypothèses une forte augmentation de la mobilité dans le scénario Pégase. Le trafic de passagers dans l'Union européenne augmente de 0,9% par an entre 2000 et 2050, contre 0,3% pour la population. Au total, cela représente une croissance de la mobilité de 56% sur la période.

A contrario, dans Hestia, on observe une très légère diminution de la mobilité (-2% sur l'ensemble de la période). Cette diminution résulte en premier lieu de l'hypothèse sur la stabilité de la vitesse du transport, mais aussi des autres hypothèses et notamment de la relocalisation de l'habitat avec la densification des villes, et de la dynamique démographique plus faible.

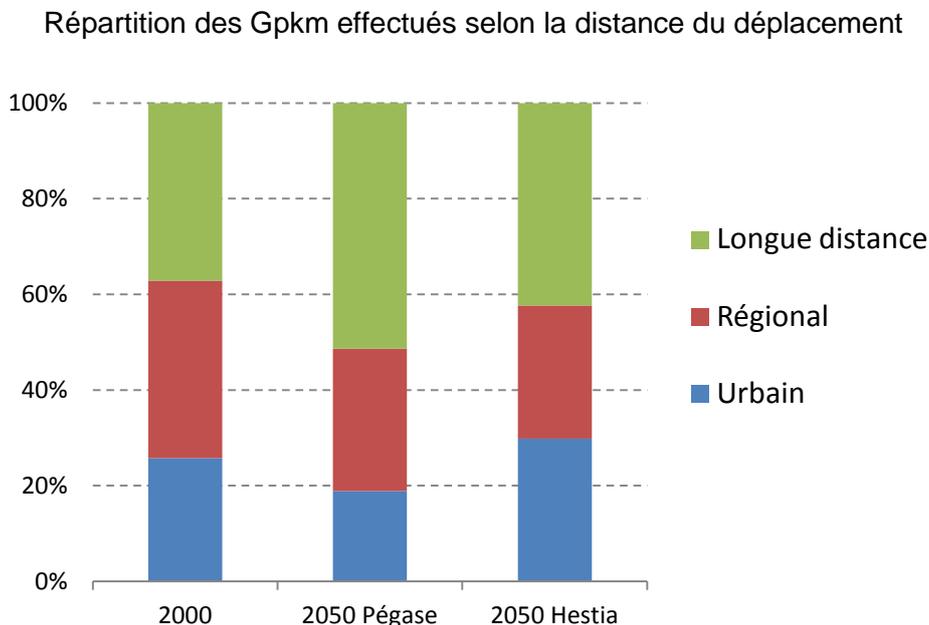
Exprimée par habitant, l'augmentation de la mobilité est importante dans Pégase. Ainsi, chaque européen parcourt 17.800 km par an en 2050, contre 13.800 km en 2000. Dans Hestia, la mobilité par tête diminue au contraire puisqu'elle passe à 12.200 km en 2050.

Evolution du trafic passagers tous modes dans l'Union européenne



Source : Enerdata - Let

Le modèle VLEEM permet de répartir les flux de mobilité entre les déplacements urbains, les déplacements régionaux et les déplacements de longue distance. Compte-tenu des hypothèses rappelées précédemment, la répartition des kilomètres effectués selon cette classification connaît une évolution sensible entre 2000 et 2050, soulignée dans le graphe ci-après.



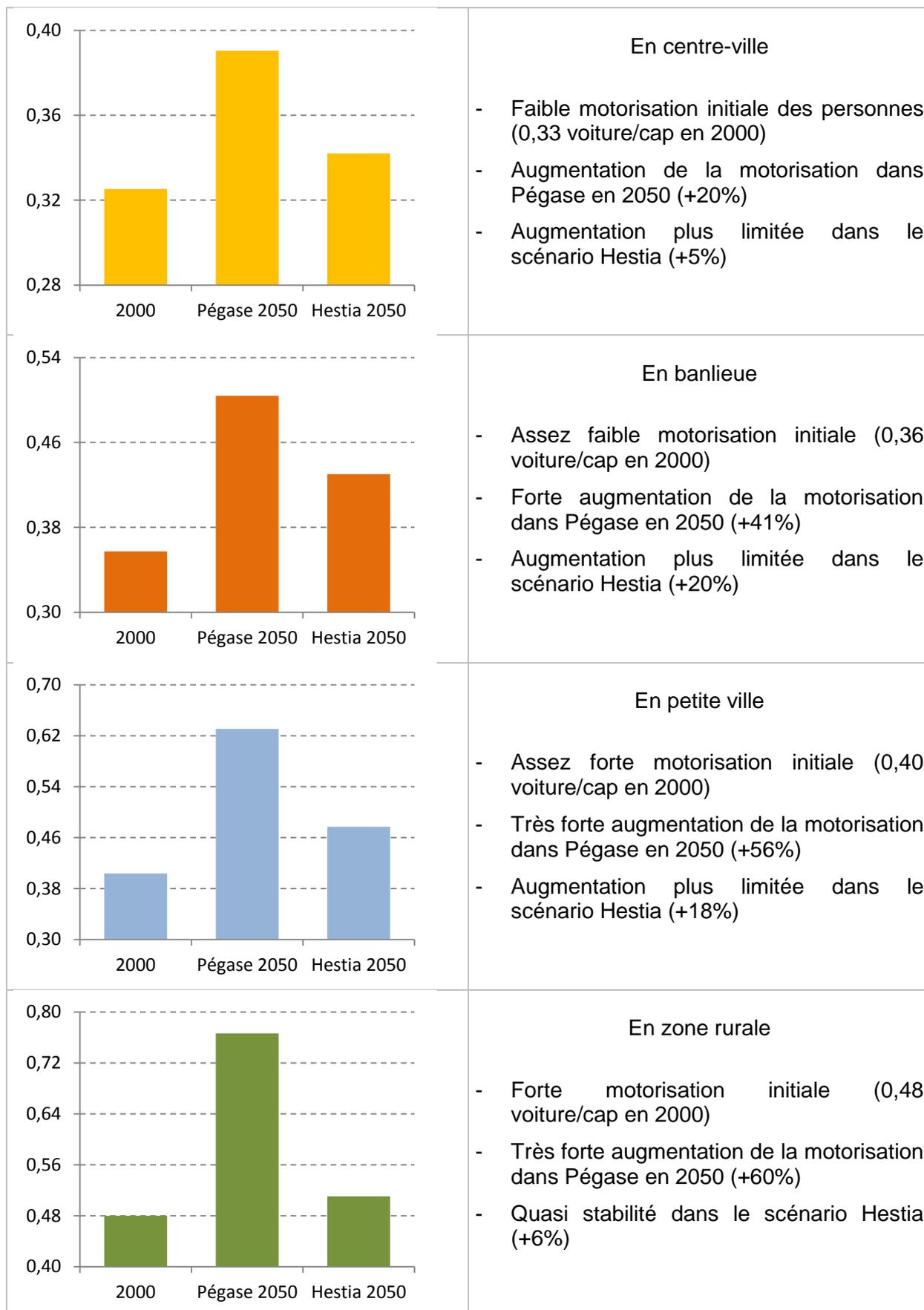
3. Taux de motorisation et partage modal

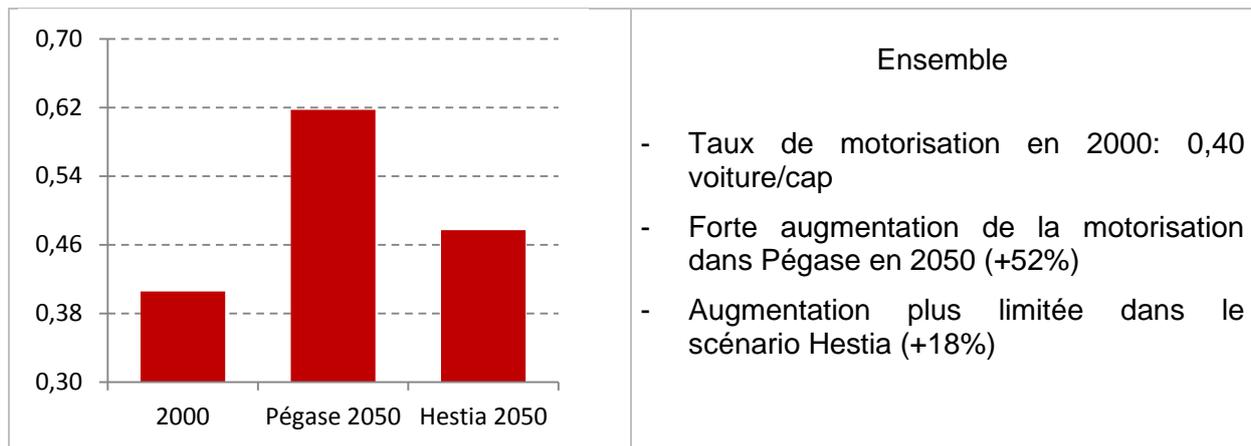
3.1. Taux de motorisation dans les scénarios

La tendance actuelle à la motorisation des personnes se poursuit jusqu'à un certain niveau de saturation. Cette saturation dépend d'une part de l'endroit où les gens vivent (centre-ville, banlieue, petite ville, zone rurale), mais aussi de leur âge, de la structure des ménages, et des changements culturels liés à chacun des scénarios. Ceci est capturé dans VLEEM avec des hypothèses sur la dynamique du taux de motorisation par cohorte de ménage.

Les hypothèses retenues sur le taux de motorisation en voiture sont présentées ci-après pour les 4 environnements urbains. Le taux de motorisation rapporte le nombre de voitures par personne, et non le nombre de voitures par ménage. En 2000, l'Union européenne compte 196 millions de voitures. Dans Pégase, on arrive en 2050 à un parc de 323 millions de voitures, et dans Hestia à un parc de 243 millions de voitures.

Taux de motorisation des personnes en voiture (voiture/cap)





3.2. Partage modal dans le scénario Pégase-Europe

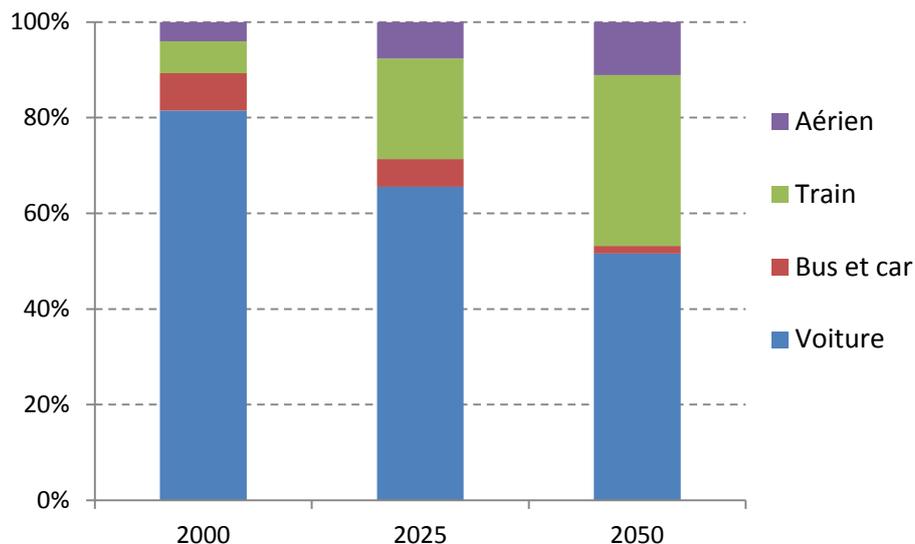
La voiture dans l'ensemble des déplacements passe de 83% de part de marché en 2000 à 52% en 2050. Cette diminution est plus ou moins forte selon le type de déplacement. Pour les déplacements de longue distance, les trains à grande vitesse et les compagnies aériennes « low cost » progressent fortement au détriment de la voiture, ce qui conduit à une érosion de la voiture particulièrement importante, sa part de marché passant de 83% en 2000 à 19% en 2050. Par contre la voiture se maintient, voire augmente un peu, pour les déplacements urbains et régionaux, mais ces deux segments pèsent moins dans le résultat global.

Le car interurbain est une pratique développée en Europe en 2000. Cette année-là, son poids est à peu près égal à celui du train dans le trafic total. Toutefois, on note que le train tend à le remplacer de plus en plus. En effet, le car ne peut répondre à la demande croissante de vitesse. En 2050, la part de marché du car interurbain devient très faible.

Le train est le grand gagnant sur la période. Sa part de marché passe de 7% en 2000 à 36% en 2050, dont 30% pour le TGV. Le train bénéficie d'une préférence croissante des personnes pour ce transport rapide, il prend aussi des parts de marché au car interurbain.

L'aérien est l'autre grand gagnant, sa part de marché passe de 2% en 2000 à 10% en 2050 (sur le seul segment des vols intra-européens). Tout comme pour le train, la recherche de vitesse dans les déplacements explique cet attrait pour l'avion, avec également la possibilité de bénéficier d'un mode de transport relativement bon marché (« low cost »).

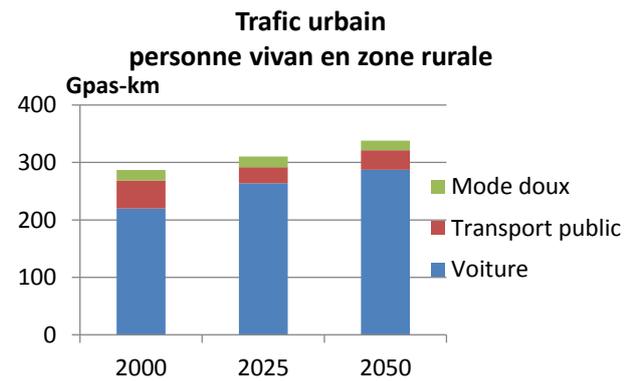
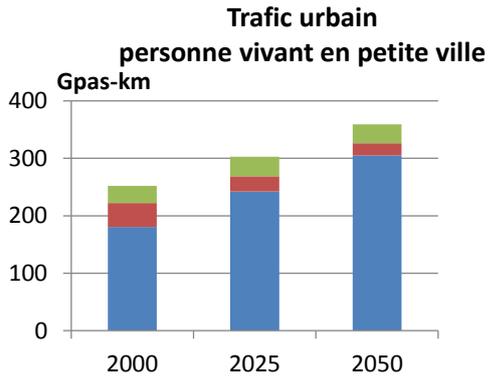
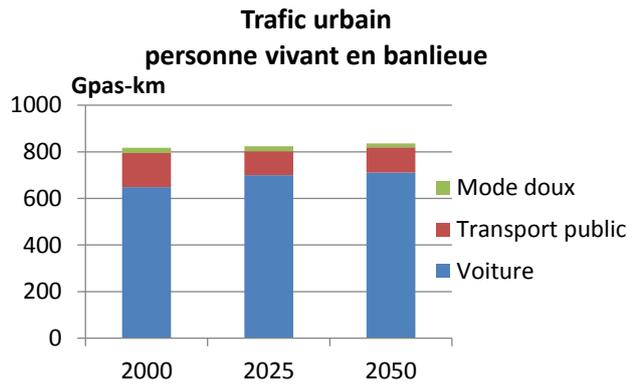
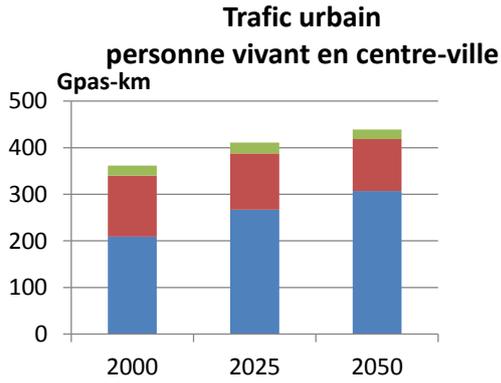
Part de marché des modes de transport dans Pégase en pkm



Si on combine les parts de marché à la dynamique de mobilité, on obtient des taux de croissance par mode de transport. La dynamique la plus forte s'observe pour le train qui connaît un taux de croissance moyen de 4,3% par an entre 2000 et 2050 des passagers-kilomètres, suivi de l'avion qui progresse au rythme de 3,0% par an, de la voiture qui connaît une stabilité (0% par an), et des bus et cars qui diminuent (-2,2% par an).

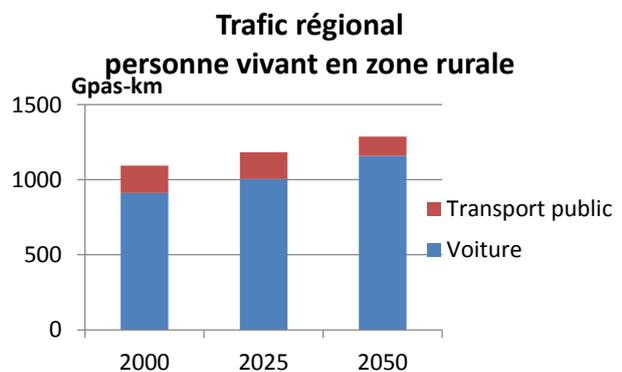
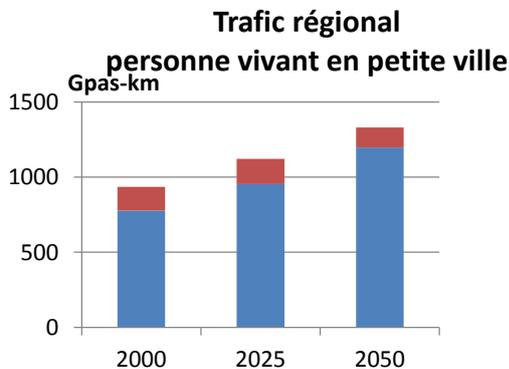
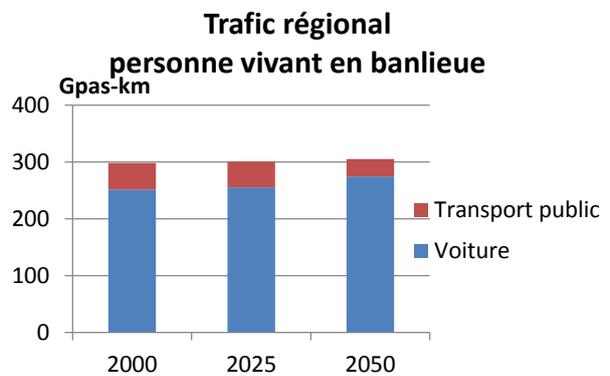
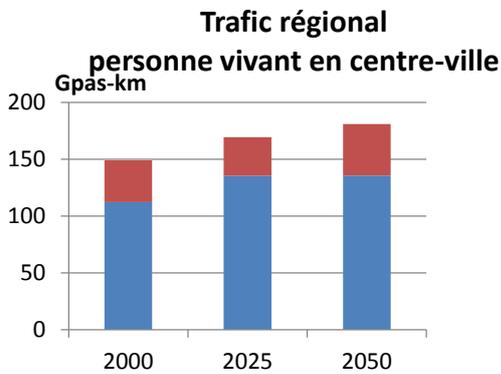
Mobilité urbaine

Les chiffres du transport urbain selon le lieu de résidence et le mode de transport sont donnés ci-après. La voiture continue de jouer un rôle majeur dans la dynamique de la mobilité, quel que soit le lieu de résidence. La mobilité en transport public devrait diminuer partout, sauf pour les personnes vivant en centre-ville. Il s'agit d'une conséquence directe de l'image positive que les personnes ont de la voiture dans Pégase-Europe, en dépit de problèmes croissants de congestion.



Mobilité régionale

Dans Pégase, la voiture augmente sa suprématie dans le trafic régional, à la seule exception des personnes vivant en centre-ville :



Mobilité longue distance

Pour ce type de mobilité, il y a un basculement important de la voiture vers les transports collectifs. La part de marché de ces derniers passe de 17% en 2000 à 81% en 2050. Ce basculement très fort est notamment lié à l'utilisation croissante des TGV et des avions dans les déplacements de longue distance, au détriment de la voiture dont la vitesse ne peut croître.

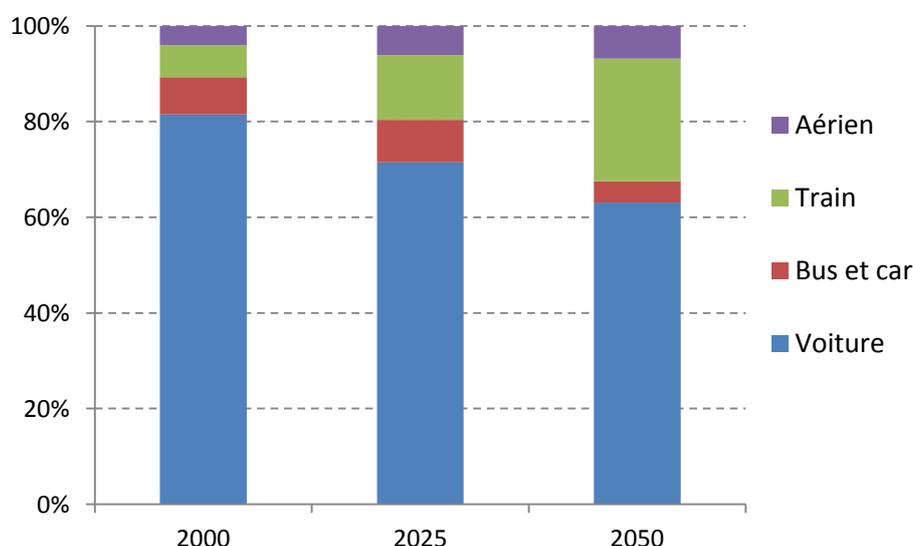
3.3. Partage modal dans le scénario Hestia-Europe

L'image des modes de transport et la perception de leur qualité sont de plus en plus influencées par des considérations environnementales et de moins en moins par la puissance et la vitesse, même si l'autonomie, la commodité et le confort restent des qualités attractives.

Dans Hestia, la part de marché de la voiture baisse, mais moins que dans Pégase. Globalement, la part de marché de la voiture passe de 83% en 2000 à 63% en 2050. Dans ce scénario, les personnes accordant en effet moins d'importance à la vitesse, la voiture reste relativement plus attractive.

Le car interurbain perd également d'importants trafics qui tendent à se déplacer sur le train, toutefois la perte de part de marché est un peu moins importante que dans le scénario Pégase. Le train et l'aérien sont, quant à eux, en hausse.

Part de marché des modes de transport dans Hestia en pkm

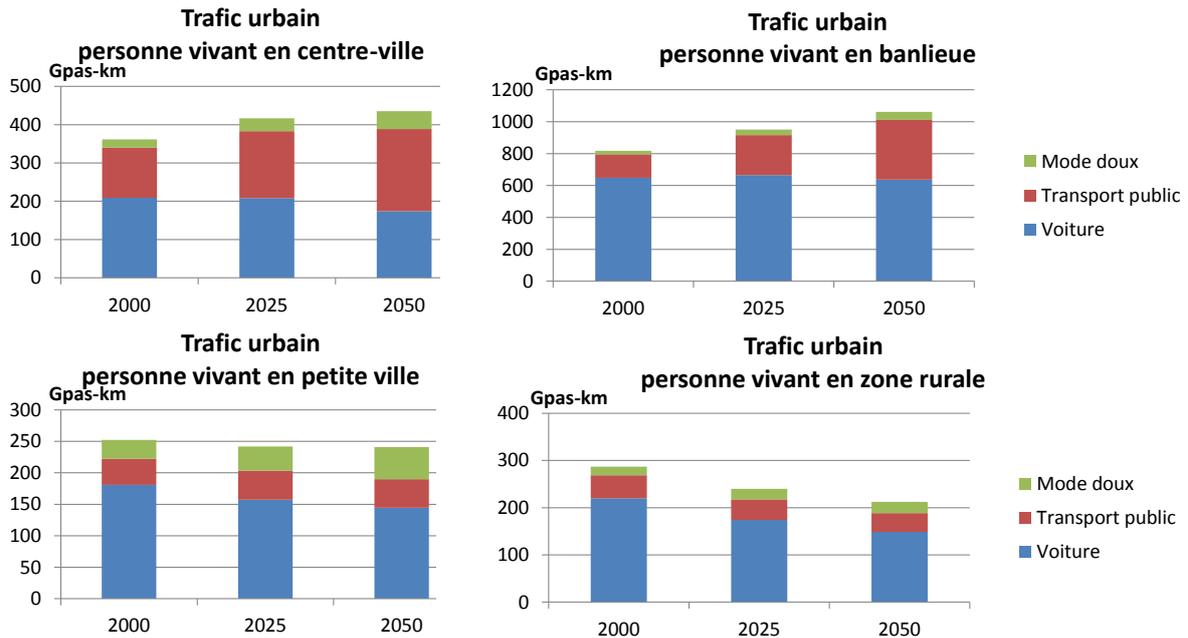


Si on combine ces parts de marché à la dynamique de mobilité, on obtient des taux de croissance par mode. La dynamique la plus forte reste pour le train qui connaît un taux de croissance moyen de 3,4% par an entre 2000 et 2050, suivi de l'avion qui progresse au rythme de 2,0% par an, de la voiture qui diminue (-1,0% par an), et des bus et cars qui diminuent assez fortement (-3,2% par an).

Mobilité urbaine

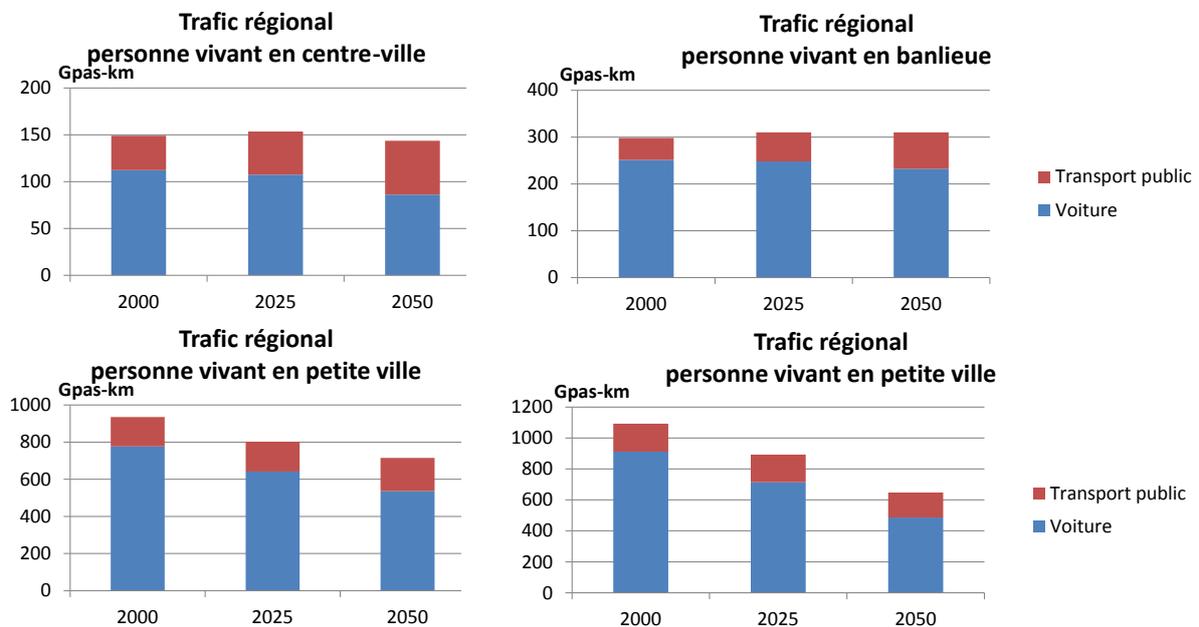
Les chiffres du transport urbain selon le lieu de résidence et le mode de transport sont donnés ci-après. Le rôle de la voiture dans la mobilité urbaine devrait diminuer, quelle que

soit le lieu de résidence. Sauf pour les personnes vivant en zone rurale, le transport public augmente, et parfois fortement (personnes vivant en centre-ville et en banlieue).



Mobilité régionale

Pour la mobilité régionale, la suprématie de la voiture est contestée partout dans ce scénario. Comme pour la mobilité urbaine, les transports publics sont en croissance pour tout le monde, à l'exception encore une fois des personnes vivant en zone rurale.



Mobilité longue distance

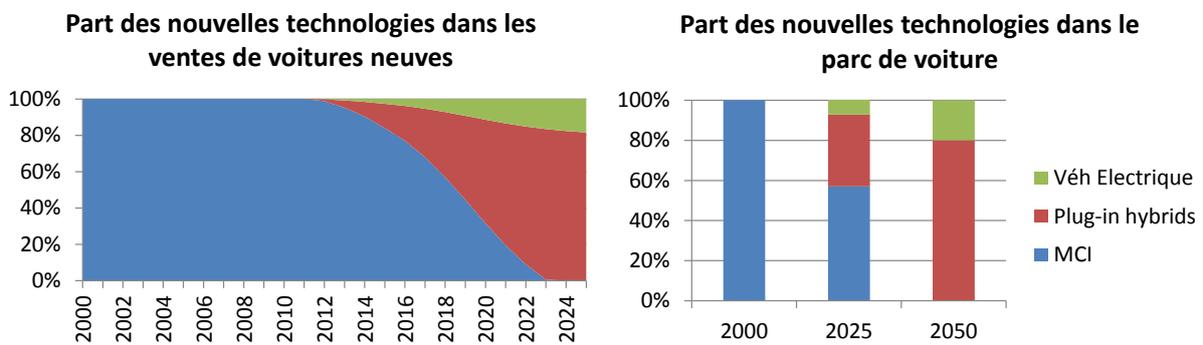
Il y a également un mouvement vers les transports collectifs. Ces derniers passant de 17% de part de marché en 2000 à 39% en 2050. Ce basculement est toutefois moins fort que celui observé dans Pégase. Rappelons que dans le scénario Hestia, on ne suppose pas une

aspiration à plus de vitesse puisque l'élasticité vitesse-PIB reste nulle sur toute la période, aussi la voiture reste assez attractive.

4. Nouvelles technologies et consommation des voitures

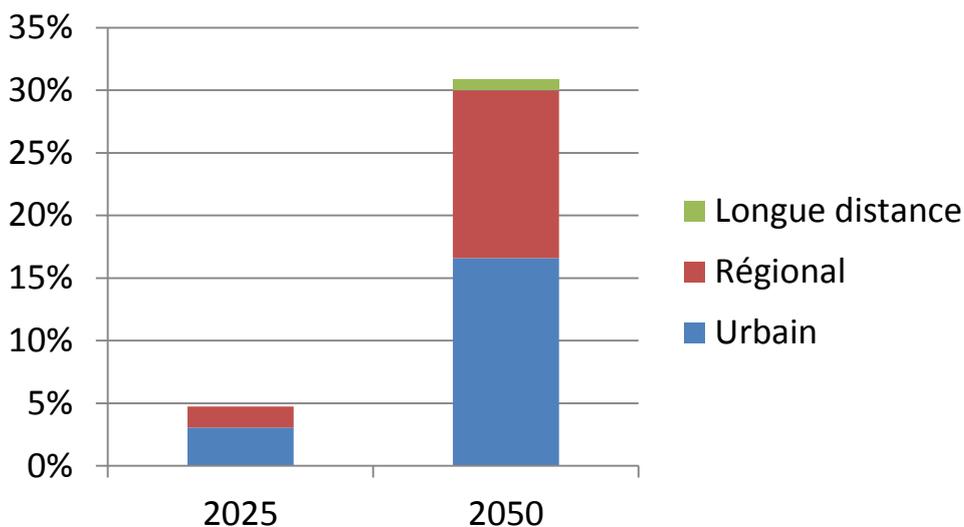
4.1. Le scénario Pégase-Europe

Ce scénario est favorable au développement de voitures électriques et hybrides, en raison de l'importance de la mobilité régionale, plus encline à se faire par un mode de transport individuel. Les contraintes environnementales croissantes sur les carburants fossiles, tant au niveau local (particules, de NOx ...) que dans le monde (CO2), font peser sur le véhicule thermique un poids croissant. En supposant que les technologies hybrides et électriques soient introduites vers 2012, elles seront en mesure de remplacer complètement les moteurs à combustion interne d'ici à 2025, et d'équiper entièrement le parc automobile avant 2050.



Compte-tenu des progrès sur le coût des batteries et sur leur performance, un peu moins de 5% de l'énergie utilisée par les voitures repose sur l'électricité en 2025, et près de 31% en 2050. Sur le seul segment des déplacements urbains, ce pourcentage est nettement plus élevé (environ 60%).

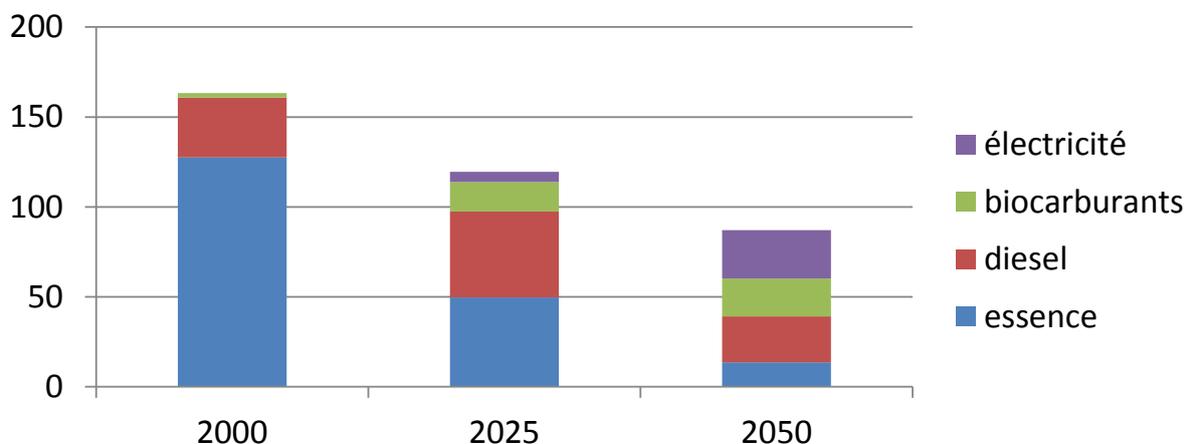
Pénétration de la propulsion électrique pour le trafic automobile



En raison du développement des voitures électriques et hybrides, la demande de carburants pétroliers devrait diminuer fortement, soit une division par 4,1. Le développement des biocarburants contribue également à cette réduction. Par ailleurs, comme les moteurs électriques sont environ trois fois plus efficaces que les moteurs thermiques, la diffusion de

cette technologie se traduit par une diminution importante de la demande d'énergie finale (division par un facteur 1,8 entre 2000 et 2050), et ceci malgré une augmentation significative des trafics. En 2050, la consommation d'énergie est estimée comme suit :

Consommation finale d'énergie pour le trafic automobile (Mtep)

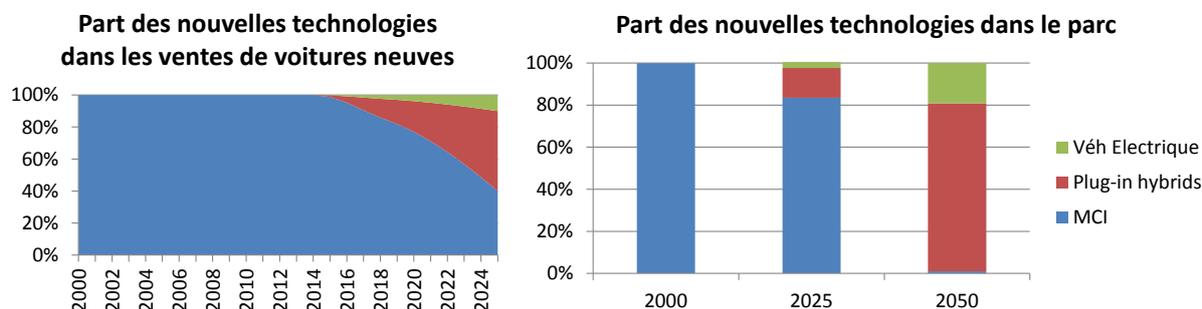


4.2. Le scénario Hestia-Europe

Ce scénario est moins favorable au développement des voitures électriques et hybrides que Pégase pour deux raisons: d'une part, les ménages sont moins équipés d'une deuxième voiture, aussi leur propension à acheter une voiture électrique est moins grande, d'autre part la circulation automobile dans les trafics urbains et régionaux tend à se réduire davantage.

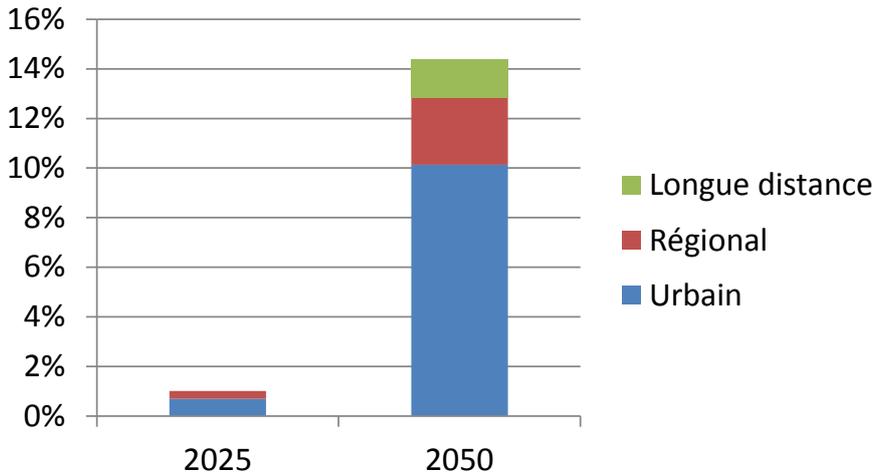
A l'inverse, il existe de la part des citoyens une conscience environnementale plus élevée dans ce scénario, et les contraintes auxquelles les carburants fossiles auront à faire face, tant au niveau local que mondial, rendent le moteur thermique encore plus coûteux et moins attrayant.

Les technologies hybrides et électriques sont introduites sur le marché un peu plus tard que dans Pégase, c'est-à-dire vers 2015, elles représentent environ 60% des nouveaux véhicules vendus en 2025, et 100% en 2050. Au global, leur rythme de diffusion est plus lent que dans Pégase, mais en 2050 on arrive quasiment au même résultat que dans Pégase avec un parc automobile composé à 99% de véhicules hybrides et électriques.



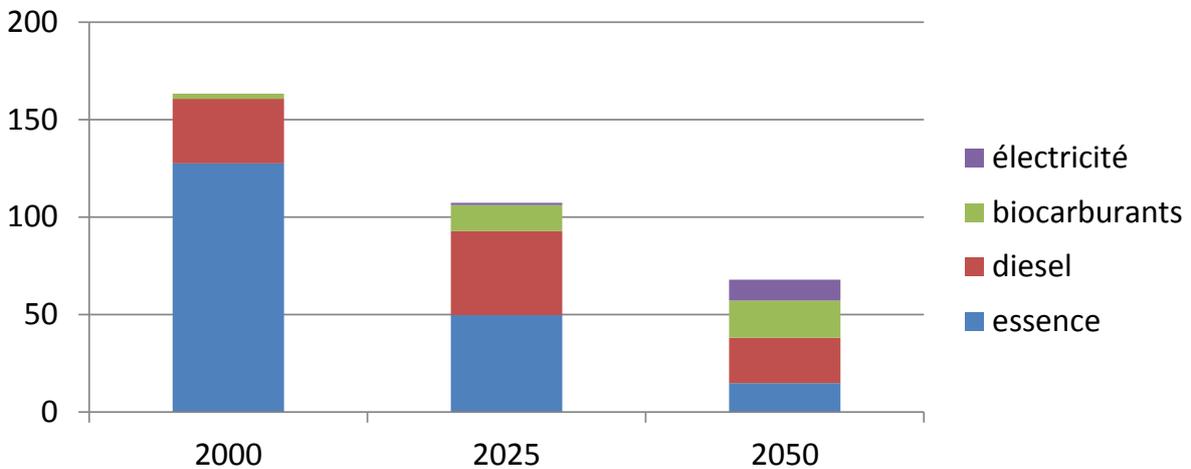
Toutefois, en raison de progrès plus lents sur le coût des batteries, seulement 1% de l'énergie utilisée dans le trafic automobile repose sur le mode électrique en 2025, et près de 15% d'ici 2050. C'est bien moins que dans Pégase.

Pénétration de la propulsion électrique pour le trafic automobile



En 2050, la consommation d'énergie est estimée comme suit. On constate une diminution importante de la demande d'énergie finale (division par un facteur 2,4 entre 2000 et 2050, plus importante que dans Pégase où la diminution est d'un facteur 1,8). La réduction des carburants pétroliers est un peu plus forte que dans Pégase, soit un facteur 4,2. Toutefois, la part de ces carburants dans le mix des énergies utilisées est plus grande, car les déplacements réalisés en voiture s'accroissent mieux de carburants liquides.

Consommation finale d'énergie pour le trafic automobile (Mtep)



5. Emissions de CO2 des voitures

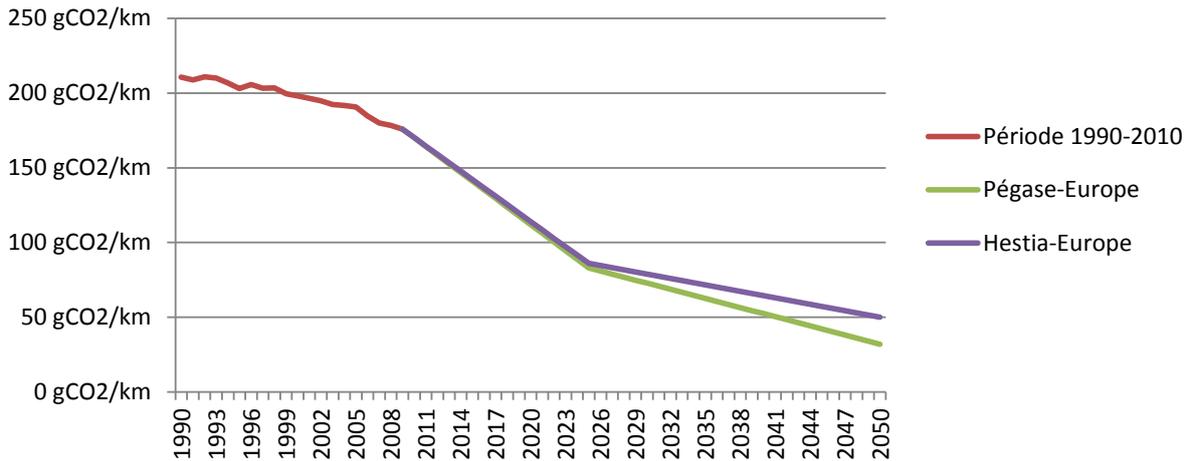
5.1. Le scénario Pégase-Europe

Les émissions de CO2 liées aux voitures s'établissent à 460 MtCO2 par an dans l'Union européenne en 2000. Les deux scénarios ont été construits pour réduire de façon drastique ces émissions à l'horizon 2050, à des niveaux voisins dans les deux scénarios.

Dans chacun des scénarios, les trois effets (mobilité des personnes, utilisation des transports collectifs, efficacité énergétique des voitures) se combinent différemment pour parvenir à ce résultat.

Dans le scénario Pégase, l'effort sur l'efficacité énergétique des voitures est important, en moyenne le parc passe à 32 gCO₂ par véhicule-km en 2050, contre 180 gCO₂ en 2000. Le rendement du moteur s'améliore donc de plus de 3,5% par an, c'est plus que ce que l'on constate au cours des années passées (amélioration de l'ordre de 1% par an), mais cette vision est la conséquence de la diffusion des technologies hybrides et électriques, que l'on peut qualifier de rupture technologique par rapport au moteur à thermique en place depuis plus de 100 ans.

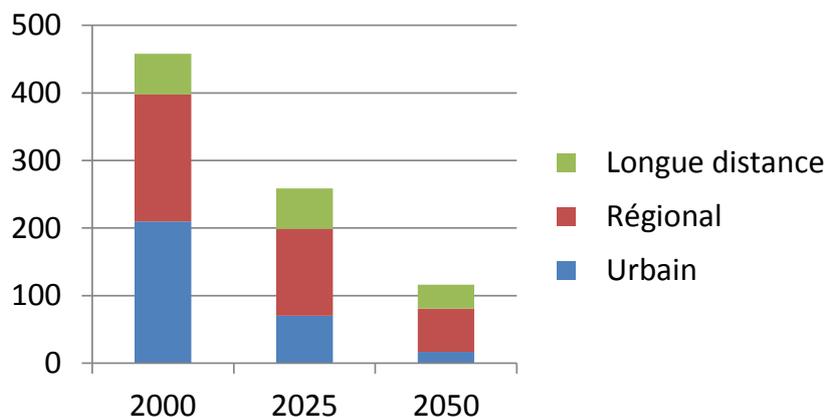
Emission moyenne du parc de voiture en Europe



De même, l'utilisation des transports collectifs progresse significativement dans Pégase pour le trafic longue distance. Comme ce type de trafic devient majoritaire, la part des transports collectifs dans Pégase passe de 17% en 2000 à 48% en 2050. A l'inverse on a une augmentation de la mobilité individuelle qui vient en partie contrebalancer les deux effets positifs précédents. Au total, les émissions liées au trafic des voitures passent de 460 Mt en 2000 à 116 Mt, soit un facteur 3,93.

La répartition des émissions de CO₂ évolue sensiblement quand on l'analyse par segment de déplacement. Les émissions liées au trafic urbain sont fortement réduites en 2050, grâce à l'apparition des véhicules électriques et hybrides. Par contre, l'enjeu se porte à cette échéance davantage sur les déplacements régionaux et les déplacements de longue distance.

Emissions de CO2 des voitures (Mt)



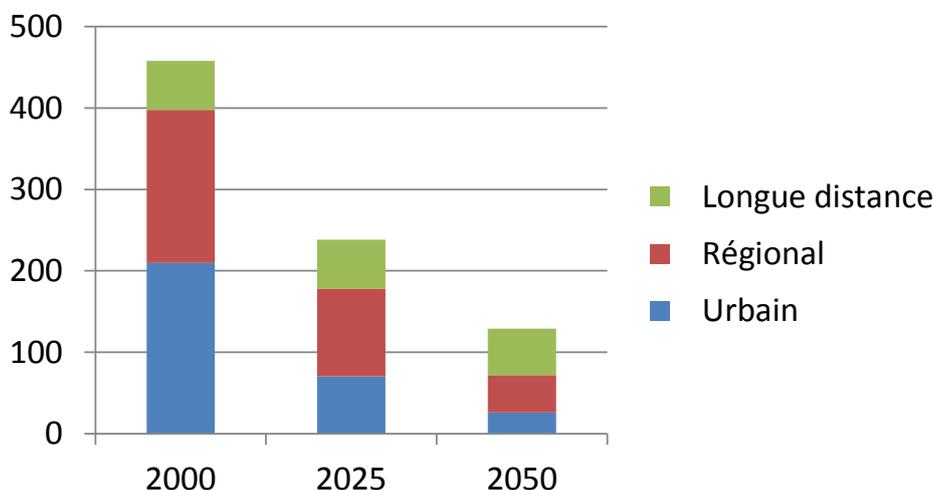
5.2. Le scénario Hestia-Europe

Dans le scénario Hestia, l'effort sur l'efficacité énergétique des voitures est moindre puisqu'on arrive à 50 gCO₂ par véhicule-km en 2050.

De même, l'utilisation des transports collectifs progresse, mais de façon différente que dans Pégase. Dans ce dernier scénario, la progression des transports collectifs est liée à la longue distance (TGV et avion), alors que sur le trafic urbain et régional, les choses changent peu. Dans Hestia, il y a une poussée plus importante des transports collectifs au niveau local. Au global, la part des transports collectifs dans Pégase passe de 17% en 2000 à 34% en 2050.

La différence importante vient de la mobilité des personnes qui est réduite de l'ordre de 12% entre 2000 et 2050, ce qui conduit à une quasi-stabilité à l'échelle globale puisque la population européenne augmente à peu près de ce pourcentage. Au total, les émissions liées au trafic des voitures passent de 460 Mt en 2000 à 129 Mt, soit un facteur 3,6.

Emissions de CO₂ des voitures (Mt)



6. Annexes

6.1. Annexe 1 : Principaux résultats de Pégase-Europe

	2000					2050				
	core cities	1st ring	other cities	sparse	total	core cities	1st ring	other cities	sparse	total
Population	75	118	131	159	482	90	118	187	189	584
% <25	23%	28%	26%	27%	28%	19%	18%	29%	31%	28%
% >75	7%	5%	5%	7%	6%	21%	11%	12%	15%	13%
% 25-75	69%	68%	69%	66%	66%	61%	71%	59%	54%	59%
Ménages	34	43	50	60	187	50	68	70	84	272
% 1 pers	41%	25%	25%	25%	28%	56%	62%	38%	34%	46%
% 2 pers	29%	30%	34%	33%	32%	28%	24%	24%	30%	27%
% >2 pers	30%	45%	41%	42%	40%	16%	15%	38%	35%	27%
GDP (index)					100					345
%population at work					43%					41%
Volume of labor hours (index)					100					113
Labor productivity					100					305
GDP/capita index					100					290
self-accomplishment / work ratio					1,8					1,9
VP /capita										
Car ownership (car/pers.)	0,325	0,357	0,404	0,480	0,406	0,390	0,504	0,631	0,766	0,617
Km/year/car ('000)	11,5	17,6	13,0	11,1	13,0	9,5	15,0	11,0	10,0	11,2
Car stock (millions)	24,4	42,0	52,7	76,3	196	33	59	99	132	323
ICE	24,4	42,0	52,7	76,3	100%	0,0	0,0	0,0	0,0	0%
Elec	0	0	0	0	0%	0,7	6,5	22,8	34,5	20%
Hybrids plug-in	0	0	0	0	0%	32,4	52,5	75,9	97,9	80%
Passenger traffics (Gpkm)					6 669					10 430
Urban (Gpkm)	361	817	252	287	1 718	439	836	359	338	1 972
Car (%)	58%	79%	72%	77%	73%	70%	85%	85%	85%	82%
Public (%)	36%	18%	16%	17%	21%	25%	13%	6%	10%	14%
Regional (Gpkm)	149	298	935	1 093	2 476	181	305	1 331	1 287	3 105
Car (%)	75%	84%	83%	83%	83%	75%	90%	90%	90%	89%
Public (%)	25%	16%	17%	17%	17%	25%	10%	10%	10%	11%
Long distance (Gpkm)					2 476					5 353
Car (%)					2 053					1 007
Public (%)					423					4 346
Cars (%)					83%					52%
Public (%)					17%					48%
road					8%					2%

rail					7%					36%
air (intra EU)					2%					10%
Traffic cars (Gveh-km)					2 550					3 609
Urban	161	499	139	169	968	197	617	246	289	1349
ICE(%)	100%	100%	100%	100%		0%	0%	0%	0%	0%
Elec (%)	0%	0%	0%	0%		2%	11%	23%	26%	15%
Hybrids plug-in (%)	0%	0%	0%	0%		98%	89%	77%	74%	85%
Regional	60	134	413	485	1091	60	165	669	806	1700
ICE(%)	100%	100%	100%	100%		0%	0%	0%	0%	0%
Elec (%)	0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%	0%	0%
Hybrids plug-in (%)	0%	0%	0%	0%		100%	100%	100%	100%	100%
Long distance					490					560
ICE(%)					100%					0%
Elec (%)					0%					0%
Hybrids plug-in (%)					0%					100%
Energy cars (Mtoe)					163,3					87,1
Urban	3,7	8,5	27,0	33,0	72,2	3,8	11,2	4,1	4,7	23,9
gasoline	3,0	6,9	21,9	26,8	58,6	0,4	1,0	0,3	0,4	2,1
diesel	0,6	1,5	4,7	5,7	12,5	0,7	1,9	0,7	0,7	4,0
GPL+GNV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
elec	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	6,7	2,6	3,0	14,5
biofuels	0,1	0,1	0,4	0,5	1,1	0,6	1,6	0,5	0,6	3,3
Regional	3,9	8,7	26,7	31,2	70,5	1,6	4,3	17,5	21,0	44,4
gasoline	2,7	6,2	19,7	24,1	52,7	0,3	0,7	2,9	3,5	7,4
diesel	1,1	2,3	6,6	6,6	16,7	0,5	1,3	5,5	6,6	13,9
GPL+GNV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
elec	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	1,1	4,6	5,5	11,7
biofuels	0,1	0,1	0,4	0,5	1,1	0,4	1,1	4,5	5,4	11,4
Long distance					20,6					18,9
gasoline					16,2					4,1
diesel					4,00					7,71
GPL+GNV					0,00					0,00
elec					0,00					0,74
biofuels					0,38					6,34
CO2 emissions of cars (Mt)					458					116
Urban	10,8	24,8	78,4	95,8	210	2,8	8,1	2,8	3,1	17
Regional	10,2	22,9	71,1	83,9	188	2,3	6,2	25,2	30,4	64
Long distance					60					36
gCO2/vkm car (direct)					180					32
l/100km ICE					7,72					2,91
gep/km ICE					64,1					24,1

6.2. Annexe 2 : Principaux résultats de Hestia-Europe

	core cities	1st ring	2000 other cities	sparse	total	core cities	1st ring	2050 other cities	sparse	total
Population	75	118	131	159	482	100	167	138	131	535
% <25	23%	28%	26%	27%	28%	23%	18%	25%	27%	26%
% >75	7%	5%	5%	7%	6%	16%	13%	13%	19%	15%
% 25-75	69%	68%	69%	66%	66%	61%	69%	62%	54%	59%
Ménages	34	43	50	60	187	49	87	54	62	251
% 1 pers	41%	25%	25%	25%	28%	49%	52%	39%	37%	45%
% 2 pers	29%	30%	34%	33%	32%	30%	30%	30%	34%	31%
% >2 pers	30%	45%	41%	42%	40%	21%	18%	31%	29%	24%
GDP (index)					100					157
%population at work					43%					34%
Volume of labor hours (index)					100					66
Labor productivity					100					237
GDP/capita index self-accomplishment / work ratio					1,8					2,4
VP /capita										
Car ownership (car/pers.)	0,325	0,357	0,404	0,480	0,406	0,342	0,504	0,477	0,511	0,477
Km/year/car ('000)	11,5	17,6	13,0	11,1	13,0	8,5	14,0	10,0	9,0	10,7
Car stock (millions)	24,4	42,0	52,7	76,3	196	31	71	63	78	243
ICE	24,4	42,0	52,7	76,3	100%	0,0	0,4	0,8	1,2	1%
Elec	0	0	0	0	0%	0,0	7,2	16,4	23,1	19%
Hybrids plug-in	0	0	0	0	0%	30,8	63,5	45,7	54,4	80%
Passenger traffics (Gpkm)					6 669					6 531
Urban (Gpkm)	361	817	252	287	1 718	435	1 062	241	212	1 950
Car (%)	58%	79%	72%	77%	73%	40%	60%	60%	70%	57%
Public (%)	36%	18%	16%	17%	21%	49%	35%	19%	19%	35%
Regional (Gpkm)	149	298	935	1 093	2 476	144	310	715	648	1 817
Car (%)	75%	84%	83%	83%	83%	60%	75%	75%	75%	74%
Public (%)	25%	16%	17%	17%	17%	40%	25%	25%	25%	26%
Long distance (Gpkm)					2 476					2 763
Car (%)					2 053					1 675
Public (%)					423					1 088
Cars (%)					83%					63%
Public (%)					17%					34%
road					8%					4%
rail					7%					26%
air (intra EU)					2%					4%

Traffic cars (Gveh-km)					2 550					2 595
Urban	161	499	139	169	968	112	588	111	127	938
ICE(%)	100%	100%	100%	100%		0%	0%	0%	0%	0%
Elec (%)	0%	0%	0%	0%		0%	10%	27%	30%	14%
Hybrids plug-in (%)	0%	0%	0%	0%		100%	90%	73%	70%	86%
Regional	60	134	413	485	1091	38	148	284	288	758
ICE(%)	100%	100%	100%	100%		0%	0%	0%	0%	0%
Elec (%)	0%	0%	0%	0%		0%	0%	0%	0%	0%
Hybrids plug-in (%)	0%	0%	0%	0%		100%	100%	100%	100%	100%
Long distance					490					899
ICE(%)					100%					0%
Elec (%)					0%					0%
Hybrids plug-in (%)					0%					100%
Energy cars (Mtoe)					163,3					76,8
Urban	3,7	8,5	27,0	33,0	72,2	2,8	13,5	2,2	2,5	21,0
gasoline	3,0	6,9	21,9	26,8	58,6	0,4	1,9	0,3	0,3	3,0
diesel	0,6	1,5	4,7	5,7	12,5	0,8	3,7	0,6	0,6	5,6
GPL+GNV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
elec	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	4,9	0,9	1,0	7,8
biofuels	0,1	0,1	0,4	0,5	1,1	0,6	3,0	0,5	0,5	4,6
Regional	3,9	8,7	26,7	31,2	70,5	1,3	5,0	9,6	9,7	25,5
gasoline	2,7	6,2	19,7	24,1	52,7	0,3	1,0	2,0	2,0	5,3
diesel	1,1	2,3	6,6	6,6	16,7	0,5	1,9	3,7	3,8	9,9
GPL+GNV	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
elec	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,8	0,8	2,1
biofuels	0,1	0,1	0,4	0,5	1,1	0,4	1,6	3,1	3,1	8,2
Long distance					20,6					30,3
gasoline					16,2					6,5
diesel					4,00					12,38
GPL+GNV					0,00					0,00
elec					0,00					1,18
biofuels					0,38					10,18
CO2 emissions of cars (Mt)					458					129
Urban	10,8	24,8	78,4	95,8	210	3,5	16,7	2,6	2,8	26
Regional	10,2	22,9	71,1	83,9	188	2,3	9,0	17,2	17,4	46
Long distance					60					57
gCO2/vkm car (direct)					180					50
I/100km ICE					7,72					2,89
gep/km ICE					64,1					29,6