

**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 1  
Crise économique et scénarios de mobilité durable**

**30 Septembre 2010**

## Sommaire

Introduction : rappel du contexte et des objectifs des scénarios de crise .....	4
1 Quels scénarios de crise ? .....	8
1.1 Les tenants et les aboutissants de l'articulation entre croissance et crise.....	8
1.1.1 La crise : un moment opportun pour comprendre la croissance économique .....	8
1.1.2 La crise : vers des transformations structurelles de l'offre et de la demande ?... 14	
1.2 Pénélope, Cassandre et Phénix : trois scénarios de crise .....	18
1.2.1 Trois séquences crise-croissance .....	18
2 : Impacts "macro" des scénarios de crise sur les scénarios de mobilité durable .....	26
2.1 PEGASE et la crise .....	29
2.1.1 PHENIX conforte PEGASE .....	29
2.1.2 La crise ne résout pas le pb du CO2 si les fondamentaux de la mobilité ne changent pas .....	32
2.2 CHRONOS et la crise .....	34
2.2.1 CHRONOS engendre PENELOPE .....	34
2.2.2 Trop d'investissements, trop lourds, pour atteindre le facteur 4 sans changer la nature de la croissance retardent indéfiniment la sortie de crise.....	37
2.3 HESTIA et la crise .....	38
2.3.1 HESTIA convole avec CASSANDRE .....	38
2.3.2 Un monde moins riche, où il fait peut-être mieux vivre, et qui ne menace plus le climat.....	40
3 : Impacts micro-économiques des scénarios de crise sur les scénarios de mobilité durable .....	42
3.1. La microéconomie dans les scénarios de crise .....	42
3. 2. La crise économique dans la logique microéconomique de TILT.....	43
3.2.1 Le facteur revenu .....	44
3.2.2 Le facteur localisation .....	47
3.2.3 Le facteur opportunité .....	50
3.3. Le fret, victime ou sauveur ? .....	53
3.4. Le chiffrage initial des scénarios de crise .....	56
3.4.1 Scénario Phénix .....	57

3.4.2 Scénario Pénélope .....	60
3.4.3 Scénario Cassandre .....	63
3.5. Conclusions.....	65
Bibliographie .....	67

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Les trois scénarios crise-croissance par comparaison au scénario tendanciel .....	20
Tableau 2: Eléments caractéristiques des 3 scénarios de crise-croissance .....	21
Tableau 3: Vitesse et mobilité individuelle dans PEGASE / PHENIX .....	30
Tableau 4: L'automobile dans PEGASE / PHENIX .....	31
Tableau 5: la mobilité des passagers dans PEGASE / PHENIX.....	32
Tableau 6: la mobilité des marchandises dans PEGASE / PHENIX .....	32
Tableau 7: la consommation d'énergie des transports dans PEGASE / PHENIX.....	33
Tableau 8: les émissions de CO2 des transports dans PEGASE / PHENIX .....	34
Tableau 9: Vitesse et mobilité individuelle dans CHRONOS / PENELOPE .....	35
Tableau 10: L'automobile dans CHRONOS / PENELOPE.....	35
Tableau 11: La mobilité des passagers dans CHRONOS / PENELOPE .....	36
Tableau 11: La mobilité des marchandises dans CHRONOS / PENELOPE .....	36
Tableau 13: La consommation d'énergie dans CHRONOS / PENELOPE.....	37
Tableau 14: les émissions de CO2 dans CHRONOS / PENELOPE.....	37
Tableau 15: Vitesse et mobilité individuelle dans HESTIA / CASSANDRE .....	38
Tableau 16: L'automobile dans HESTIA / CASSANDRE .....	39
Tableau 17: La mobilité des personnes dans HESTIA / CASSANDRE.....	39
Tableau 17: La mobilité des marchandises dans HESTIA / CASSANDRE .....	40
Tableau 19: La consommation d'énergie dans HESTIA / CASSANDRE .....	41
Tableau 20: les émissions de CO2 dans HESTIA / CASSANDRE .....	41

## Introduction : rappel du contexte et des objectifs des scénarios de crise

Les scénarios de mobilité durable, développés lors du PREDIT 3<sup>1</sup>, ont été construits et quantifiés sur la base d'une croissance économique relativement soutenue sur l'ensemble de la période, autour de 1,5%/an en moyenne.

Entre-temps est survenue l'actuelle crise économique et financière, d'une ampleur sans doute jamais vue depuis le précédent des années 1930. Même si chacun souhaite que les divers plans de relance et autres sauvetages de banques aient le succès escompté, le risque existe de voir la croissance économique se ralentir durablement. Ce que les experts appellent un scénario « à la japonaise » pourrait se produire. L'importance de la crise bancaire et financière, la difficulté à sortir de la spirale du surendettement conduiraient les acteurs privés à réduire durablement leur consommation et leurs investissements, sans que les déficits publics réussissent à enrayer complètement le phénomène. Il est donc nécessaire d'intégrer cet élément dans les scénarios initiaux qui doivent être revisités dans leurs dimensions macro et microéconomiques.

En particulier, un changement de taux de croissance de l'économie est susceptible d'impacter les scénarios de mobilité durable et leurs enseignements de trois façons :

- Pour les scénarios PEGASE et CHRONOS, qui reposent entre autres sur des élasticités des vitesses moyennes de déplacement au PIB, les hypothèses de croissance affectent « mécaniquement » les vitesses moyennes, et donc les volumes de trafic et les parts modales, c'est-à-dire *in fine* les consommations d'énergie et les émissions de GES
- Pour tous les scénarios, les hypothèses/projections retenues sur les volumes d'immatriculations neuves, les parcs, le développement des infrastructures ferroviaires,...doivent être mises en cohérence avec le rythme de la croissance du PIB

---

<sup>1</sup> Scenarios PEGASE, CHRONOS et HESTIA in " Comment satisfaire les objectifs internationaux de la France en termes d'émissions de gaz à effet de serre et de pollution transfrontières" rapport final convention n°05 03C 0038 PREDIT3 / GO11

- Pour tous les scénarios, le volume du trafic de marchandises est déterminé « mécaniquement » par les performances économiques de la France, de ses voisins européens et du reste du monde.

Selon toute vraisemblance, des hypothèses de croissance revues à la baisse sont de nature à modifier significativement les projections de trafics modaux dans chacun des scénarios, et partant les enseignements de ces scénarios quant aux efforts à fournir pour parvenir au facteur 4.

Certes, la crise ne fait pas partie *a priori* du champ des souhaitables pour régler le problème des émissions de CO2 du secteur des transports. Mais comme à quelque chose malheur est bon, il n'est pas inintéressant de regarder au moins en quoi la crise peut avoir quelque chose de bénéfique dans ce domaine. De façon plus précise, nous devons évaluer une hypothèse qui risque de faire florès dans les mois et années à venir : la crise économique ne rend-elle pas obsolètes les exigences du facteur 4 ? Avec la moindre croissance, celui-ci ne sera-t-il pas atteint par les seuls progrès de la technologie ?

Nous chercherons donc à évaluer cette hypothèse, mais nous ne le ferons pas « toutes choses égales par ailleurs ». Ce qui doit être précisé en effet, ce sont les modifications de structure qui pourraient accompagner un ralentissement durable de la croissance. En quoi les modes de vie et les comportements de mobilité, mais aussi les choix des entreprises (production, distribution, localisation...pourraient-ils être modifiés par la nouvelle donne ? Nous nous proposons pour cela de développer deux scénarios dans la famille « Hestia » :

- un scénario proche de la version initiale, avec croissance économique maintenue mais « frugalité choisie », du point de vue environnemental, des acteurs économiques
- un scénario intégrant la moindre croissance économique et débouchant sur une « frugalité forcée ».

Il est important de détailler ici les mécanismes microéconomiques : que peut signifier à terme la frugalité parfois évoquée aujourd'hui comme conséquence de la crise, voire parfois comme solution ?

L'autre question est celle de l'articulation entre scénarios de crise et scénarios de mobilité durable. Initialement, le choix avait été fait de conserver, pour chaque famille de scénario de mobilité durable, le même taux de croissance économique. Ce choix ne visait pas à être réaliste, mais simplement à mieux faire émerger le rôle des autres facteurs de la mobilité. De fait, le facteur croissance économique est particulièrement décisif, du fait du couplage entre croissance et mobilité des personnes et des marchandises, et il était préférable de le stabiliser. C'est ainsi que nous avons pu mettre en lumière le rôle clé de l'élasticité distance/PIB d'une part et vitesse/PIB d'autre part. La même croissance économique, associée à des valeurs différentes de ces variables clés donne des résultats sensiblement différents en termes de mobilité. Les trois familles de scénarios avaient donc pour but de souligner le rôle de ce qui, par rapport à la croissance économique, peut apparaître comme des « signaux faibles ».

Dans la mesure où une crise économique de grande ampleur s'est manifestée, et qu'elle risque d'affecter durablement les taux de croissance économique des pays industrialisés, et notamment de la France, nous devons prendre en compte cette nouvelle donne.

- Nous le ferons dans un premier temps en rappelant qu'entre croissance et crise économiques, il n'y a pas opposition mais articulation. Puisque nous conservons l'horizon 2050, ce sont les 40 prochaines années que nous devons scénariser. En soulignant les impacts de la crise sur la croissance mais aussi les mécanismes qui fondent ces relations. Quelles sont notamment les transformations à attendre du côté de l'offre d'une part (stock de capital et de main d'œuvre, formation, productivité...) et de la demande d'autre part (structure des dépenses des ménages, arbitrage entre consommation et épargne, inflexion dans les demandes de mobilité etc...)
- Sur ces bases, nous proposerons trois scénarios types d'articulation entre crise et croissance économiques. Nous commencerons par relier ces scénarios à des hypothèses générales et différentes sur les taux de croissance en distinguant la période 2010-2025 d'une part et 2025-2050 d'autre part. Mais nous irons au-delà. Quelles sont les transformations possibles dans les modes de vie, les modes de

production et de distribution qui pourraient accompagner ces scénarios ? Et dans quelle mesure ces évolutions pourraient faciliter ou au contraire empêcher l'émergence de l'une ou l'autre de nos trois familles initiales : Pégase, Chronos et Hestia ?

## 1 Quels scénarios de crise ?

### **1.1 Les tenants et les aboutissants de l'articulation entre croissance et crise**

La croissance économique est une donnée structurelle dans les pays industrialisés depuis plus de deux siècles. Comme l'ont montré les travaux d'Angus Maddison (OCDE), qui font référence en la matière, un phénomène inouï s'est produit à la fin du XVIIIème siècle en Europe de l'Ouest et aux Etats-Unis : une augmentation durable et irréversible des niveaux de production et de consommation par tête. La radicalité de ce phénomène, totalement nouveau à l'échelle de l'histoire de l'humanité, peut se comprendre en observant ses effets différentiels. Ainsi, alors qu'au début du XVIIIème siècle, la différence de niveau de vie était au plus de un à deux entre la Grande Bretagne d'une part et l'Inde ou la Chine d'autre part, l'écart était de un à vingt ou trente au milieu du XXème siècle. Avec l'actuelle croissance des pays émergents, ce retard se comble, mais cela ne remet pas en cause le phénomène de la croissance économique, au contraire puisqu'il est en train de se généraliser !

Mais le fait que la Chine ou l'Inde soient en train de nous rattraper ne va pas sans susciter de nombreuses questions. L'accélération de la croissance dans les pays du Sud ne va-t-elle pas provoquer un ralentissement symétrique dans les pays anciennement industrialisés ? La crise économique que nous venons de connaître n'est-elle pas le signe d'une nouvelle donne mondiale qui va conduire à la marginalisation de la « vieille Europe » ? Ou faut-il au contraire considérer que la dynamique des pays du Sud va provoquer un rebond de croissance économique chez nous ? Pour répondre à ces interrogations, il faut rappeler les fondamentaux de la croissance et en quoi une crise économique peut les affecter

#### **1.1.1 La crise : un moment opportun pour comprendre la croissance économique**

Au milieu du XIXème siècle, Clément Juglar, médecin de formation mais économiste, et aussi spéculateur par passion, énonçait une formule qui mérite d'être rappelée : « la cause principale des crises économiques se situe dans la phase de croissance qui les précède ». Les mécanismes qui ont provoqué la crise financière, puis économique de la période 2007-2009



illustrent parfaitement ce propos. Ils sont directement liés à la longue phase de croissance économique qu'ont connue les Etats-Unis depuis le début des années 90. En ce sens, les enchaînements qui conduisent de la croissance économique à la crise ne sont pas très différents de ceux que l'on a pu observer lors d'autres crises d'origine financière comme celles de 1907 ou de 1929 aux Etats-Unis (Niveau et Crozet 2008). A chaque fois, une bulle financière accompagne le développement d'investissements productifs dont le résultat principal a été l'accroissement des capacités de production. Au principe de la croissance économique, se trouvent donc deux phénomènes clés.

- L'un relève de l'économie réelle, l'accroissement des capacités de production suite à l'investissement en capital, y compris le capital humain. C'est pour cette raison que dans le modèle TILT, la question du niveau de formation est une donnée essentielle, directement liée à la productivité et au niveau de capital productif par tête. Du point de vue de la quantité de biens et services disponibles, la croissance provient donc essentiellement de la hausse de la productivité rendue possible par l'évolution du couple capital humain – capital physique. C'est pourquoi, dans TILT, la tendance de long terme de la croissance économique est déterminée par ce couple. Mais il peut exister des écarts importants, à la hausse et à la baisse, par rapport à la tendance moyenne, notamment du fait des à-coups financiers.
- La dimension financière de la croissance économique joue en effet un rôle amplificateur. A la hausse d'abord car les investissements sont souvent financés par l'endettement. Or, parallèlement à la progression de la dette, se développent les marchés des valeurs mobilières et immobilières. La hausse des cours sur ces marchés provoque un effet de richesse : l'augmentation de la valeur des patrimoines provoque une hausse des dépenses éventuellement supérieures à la hausse des revenus comme on l'a vu aux Etats-Unis (voir encadré). Cette sur-réaction des dépenses, de consommation et d'investissement, est un puissant facteur de prolongation de la phase de croissance économique mais aussi, comme l'avait très bien compris Juglar, un facteur tout aussi puissant de crise lorsque l'effet de richesse joue dans l'autre sens, notamment du fait du plafonnement ou de la baisse des cours des valeurs mobilières et immobilières.

Forts de ces rappels sur les relations étroites qui rattachent directement la crise à la croissance économique, nous comprenons mieux pourquoi les questions financières occupent depuis deux ans le devant de la scène. L'état de santé des banques (cf les stress tests) est un indicateur tout aussi important que les inquiétudes des marchés à l'égard des dettes publiques, qualifiées aussi de dette souveraine. Les répercussions sur les marchés des changes sont mécaniques, la livre sterling a perdu près d'un quart de sa valeur (par rapport au dollar) entre 2007 et 2010, l'euro, considéré à l'origine de la crise comme une valeur refuge a ensuite souffert des problèmes de surendettement de certains pays membres de la zone euro. Le dollar lui-même est affaibli structurellement comme le montre l'évolution du taux de change avec le yen. En fait, aucun pays, aucune devise n'est à l'abri d'une vague de spéculation car les niveaux d'endettement privés et publics ont atteint une telle ampleur qu'il faudra sans doute plusieurs années pour digérer l'orgie d'endettement qui a accompagné la phase de croissance (voir encadré sur les Etats-Unis). C'est la raison pour laquelle la crise que nous venons de traverser ne peut être considérée comme un simple ralentissement conjoncturel. Après un quart de siècle d'euphorie boursière et financière, nous entrons dans une période de digestion qui peut être longue. Avant d'en décrire les formes possibles, rappelons les mécanismes qui sont à l'œuvre dans une telle phase de « digestion ».

**Encadré 1: La croissance économique aux Etats-Unis de 1980 à 2007, : un cas emblématique d'amplification financière d'une croissance fondée sur les gains de productivité**

Les vingt dernières années du XXème siècle ont été marquées, aux Etats-Unis, par une croissance économique record. 120 mois de croissance économique ininterrompue de mars 1991 à 2001 après 109 mois de croissance de 1981 à 1990. Cette situation contraste avec les années qui ont précédé. En 1980, année de l'élection de Ronald Reagan, le taux de croissance des Etats-Unis était nul, l'inflation était supérieure à 10% par an et le taux de chômage, qui dépassait déjà 7%, allait frôler les 10% deux ans plus tard. Au même moment, même s'ils étaient également menacés par une certaine stagflation, le Japon et l'Europe semblaient mieux partis que les Etats-Unis. Le rattrapage du niveau de vie américain était en marche dans des pays comme l'Allemagne et la France où les années 60 furent encore meilleures qu'aux Etats-Unis. L'Amérique doutait d'elle-même, à l'image de son président Jimmy Carter.

**Une croissance accompagnée d'un formidable effet de richesse**

Vingt ans plus tard, le dynamisme avait changé de camp. Croissance économique et quasi plein-emploi étaient les deux caractéristiques majeures de la « nouvelle économie » américaine au point que l'on pouvait parler d'un véritable âge d'or puisque d'autres indicateurs sont devenus nettement positifs. Il en va ainsi du solde budgétaire des administrations publiques. Les recettes fiscales ont tellement progressé avec la croissance que le déficit budgétaire a disparu dès 1998, laissant place à un excédent. L'Etat fédéral a pu alors engager à la fois un désendettement et une baisse des impôts. Mais le domaine où les résultats de l'économie américaine ont été les plus significatifs concerne les indicateurs boursiers. De 1987 au début des années 2000, l'indice Dow Jones a été multiplié par plus de 7 (de moins de 2000 à plus de 14000, avant de redescendre à un peu moins de 10 000 au milieu de 2010). Dans le même temps, l'indice Nikkei de la Bourse de Tokyo est passé de près de 30 000 au milieu des années 80 à 15 000 au début des années 90, et moins de 10 000 au milieu de l'année 2010 ! En France, l'indice CAC 40 a également connu une progression vive, lui permettant de dépasser les 6000 points en 1999. Mais cela représentait seulement une multiplication par 3 en douze ans, essentiellement concentrée sur la période 1996-1999 (en juillet 2010, le CAC 40 tourne autour de 3500)..

Représentatif des plus grandes valeurs de la cote à Wall Street, le Dow Jones donne une indication claire du gigantesque effet de richesse positif qui s'est manifesté pour les détenteurs de titres. Cela s'est bien sûr ressenti dans les chiffres de la consommation. L'accroissement de la valeur du portefeuille boursier de nombreux américains, notamment les retraités rémunérés par les fonds de pension, les a incités à retrouver les chemins d'une consommation forte, notamment dans des domaines comme l'automobile, le transport aérien, l'équipement de la maison en matériel de haute technologie, les loisirs et le tourisme etc. Cette frénésie de consommation s'est même traduite par une baisse du taux d'épargne des ménages. Traditionnellement faible aux Etats-Unis, il est devenu quasiment nul en 1999 alors même que le recours au crédit se développait, y compris pour acheter un logement grâce à des crédits (trop) généreusement accordés par les banques.

Il est aujourd'hui de notoriété publique que la crise actuelle, mais aussi la croissance des années antérieures a été soutenue aux Etats-Unis par un excès de crédits. Mais il serait réducteur de tout mettre sur le compte du crédit. La croissance américaine a aussi été liée à une progression soutenue de la productivité.

### **Une croissance fondée sur des gains de productivité**

L'investissement des entreprises a beaucoup progressé aux Etats-Unis au cours de ces vingt années. La faiblesse de l'épargne des ménages était largement compensée par l'importance des profits conservés par les entreprises et donc disponibles pour l'investissement. Une dynamique vertueuse s'est enclenchée. Du fait d'une faible épargne et d'un fort recours au crédit, les ménages

ont soutenu la demande. Pour y faire face, les firmes disposaient de capitaux propres importants, levés sur les marchés financiers ou issus de cash flows non distribués aux actionnaires. Dans la mesure où la formation brute de capital fixe est à la source de l'amélioration de la productivité apparente du travail, il n'est pas étonnant que cette dernière ait connu une nette progression. Tout s'est passé comme si l'économie américaine changeait de braquet. Tout au long de la période 1970-1995, l'économie des Etats-Unis avait été caractérisée par une faible croissance de la productivité, condition *sine qua non* du développement du nombre des emplois malgré une croissance économique encore modeste. Cela était encore vrai dans la première moitié des années 90. Le contraste entre l'Europe et les Etats-Unis était alors flagrant. Celle-là connaissait une croissance économique faible tout en poursuivant les gains de productivité. Il en résultait une forte progression du chômage (11,6% en 1996). Aux Etats-Unis au contraire la croissance s'accélérait mais pas la productivité, ce qui permettait au taux de chômage de décroître sensiblement. A la fin des années 90, cette logique semblait remise en cause avec le retour de taux de croissance de la productivité proches de ceux qui étaient connus dans les années 60 (2,3% de 1961 à 1970).

Même si la différence de taux semble modeste, il ne faut pas perdre de vue qu'elle peut avoir des impacts très sensibles : sur l'évolution du nombre d'emplois d'abord et sur la croissance économique ensuite. Le plus souvent, cette seconde relation est privilégiée et il est tentant d'imputer la forte croissance économique américaine à la productivité. L'effet sur l'évolution de l'emploi n'est pourtant pas mince et il ne va pas dans le sens attendu. Entre le début et la fin des années 90, le type de relation dynamique entre emploi, productivité et croissance s'est progressivement transformé. Au triptyque croissance de l'emploi, croissance économique forte et croissance de la productivité faible, s'est lentement substitué un autre ensemble : croissance du PIB et de la productivité, mais moindre augmentation du nombre d'emploi

Ce type d'évolution, associé à d'autres, a poussé plusieurs observateurs à considérer que l'économie américaine était entrée dans un nouveau cercle vertueux de croissance. Après avoir résolu la question du chômage des années 80 grâce à un fort développement de l'emploi et une faible progression de la productivité, les Etats-Unis auraient ensuite entamé une autre étape de leur histoire économique : l'accélération de la croissance par les gains de productivité. Est-ce cela que nous nous devons qualifier de « nouvelle économie » ?

### **Une nouvelle économie ?**

L'expression « *New Economy* » apparaît au milieu des années 90 dans un article de la revue *Business Week*. Son directeur, Stephen B. Shepard (1997) précisera ensuite ce que cela signifiait pour lui : le fait que la limite supérieure de la croissance tendancielle reculait de 2-2,5 à 3-3,5% par an. Ce point est important car cela souligne que la croissance économique n'est pas censée décliner avec le niveau de vie. Ce n'est pas parce qu'un pays est déjà très riche que sa croissance économique sera

forcément plus faible que celle des pays qui cherchent à le rattraper. Cela provient du fait que la croissance économique américaine était fondée sur ce que l'on a appelé la fin du « paradoxe de Solow ».

En 1987, l'économiste R. Solow résumait d'une formule une question qui hantait de nombreux économistes : « Les ordinateurs, on les voit partout sauf dans les chiffres de la productivité ! ». Au vu de la lente progression de cet indicateur à cette époque, on pouvait en effet se demander si la diffusion de l'informatique ne se faisait pas sans que se manifestent les effets bénéfiques traditionnellement associés un progrès technique. Plusieurs explications pouvaient alors être mobilisées :

- l'informatique supprimait certains emplois mais en demandait beaucoup à d'autres stades du processus de production car de nombreux « loupés » accompagnaient le développement de nouvel outil ;
- les salariés, lorsqu'ils gagnaient du temps dans certaines tâches, se rattrapaient en dilatant leur temps de travail dans d'autres activités plus ou moins utiles pour l'entreprise ;
- les entreprises auraient utilisé les améliorations consécutives à l'introduction de l'informatique pour des réorganisations internes, mais sans que cela se répercute vraiment dans les prix de vente. Seule la fabrication d'ordinateur, aurait fait profiter les acheteurs de la baisse des prix potentielle autorisée par la loi de Moore, selon laquelle la puissance des composants électroniques (puces) double tous les dix-huit mois pour des coûts unitaires de plus en plus faibles.

Ce qui a été qualifié de « paradoxe de Solow » aurait donc disparu au milieu des années 90 pour la raison suivante : après une lente percolation dans l'ensemble de l'économie, les progrès de l'informatique auraient, grâce à internet, enfin atteint l'âge de la maturité économique. De même que la première et la seconde révolution industrielles ont, après certaines hésitations, fondé les grandes vagues de croissance du XIX<sup>e</sup> et du XX<sup>e</sup> siècle, de même les TIC, après quelques années de balbutiement, seraient les vecteurs d'une troisième révolution scientifique et technique, au moins aussi riche de promesses que les précédentes. La Bourse n'aurait fait qu'anticiper ce nouvel âge d'or, de façon exagérée comme l'ont révélé les corrections constatées par la suite, mais pas de façon stupide.

Ce que nous apprend au total l'expérience américaine dans la période 1980-2007 est que les crises économiques n'ont pas disparu, mais que la croissance économique n'est pas pour autant condamnée. Comme nous devons faire des scénarios de long terme, à l'horizon 2040, nous devons tenir compte de ces deux enseignements.

- Le premier est que la crise actuelle peut durer relativement longtemps, en raison de l'importance des niveaux d'endettement publics et privés, qui seront difficiles à résorber.

- Le second est qu'à long terme la croissance économique n'est pas une réalité obsolète car les gains de productivité vont se poursuivre (voir encadré 3)

### 1.1.2 La crise : vers des transformations structurelles de l'offre et de la demande ?

La succession des périodes de croissance et de crise économiques nous a montré que les facteurs clés se trouvaient à la fois du côté de l'offre et de la demande. Les effets de la crise économique actuelle peuvent donc être étudiés en détaillant ces deux séries de facteurs.

En ce qui concerne l'offre, l'investissement et la productivité ont évidemment un rôle à jouer. Tant que l'investissement des entreprises restera au niveau faible où il se trouve encore en 2010, on ne peut attendre de retour à une croissance économique soutenue. Mais comme le rappelait François Perroux, la croissance économique n'est pas seulement la hausse d'un indicateur comme le PIB ou la productivité, ce sont aussi des changements de structure. Nous en avons vu un exemple avec les Etats-Unis. Ce qui s'est produit dans ce pays, comme dans le nôtre, au cours du dernier quart de siècle, est une formidable réorganisation du système productif. Les nouvelles technologies de l'information et de la communication y ont joué un rôle, mais il faut également citer la redistribution des cartes à l'échelle mondiale. La délocalisation en Chine ou dans d'autres pays émergents de pans entiers de la production de certains secteurs a été un changement de structure majeur, qui s'est d'ailleurs accompagné d'un changement dans la structure de la consommation des ménages.

Ce que nous pouvons donc craindre pour la France dans les années à venir n'est pas seulement un ralentissement de l'investissement des entreprises, c'est aussi, et surtout, un vieillissement de l'appareil productif. La crise économique devient alors l'expression d'une restructuration profonde de l'outil de production français, marqué par les faits suivants:

- une obsolescence accélérée d'une grande partie du capital technique industriel du fait d'un rythme d'investissement beaucoup plus fort dans les grands pays émergents, et d'une partie du capital humain
- une viscosité problématique du système financier au regard des besoins d'investissement nécessaires pour moderniser l'appareil de production industriel et

le développer vers les technologies de pointe où la France garde des avantages comparatifs forts (nucléaire, aéronautique,...)

- une poursuite de la baisse de compétitivité de l'outil industriel dans les secteurs traditionnels: textiles, automobile, ...
- un retard persistant dans certains secteurs des services à haute valeur ajoutée : finances, information,...

Globalement, le résultat de cette longueur française se retrouverait dans la chaîne de valeur sur l'ensemble des biens et services. Une part croissante de la valeur est produite ailleurs qu'en France et pénalise ainsi la formation du PIB. Ainsi, la sortie de crise est handicapée et retardée par plusieurs mécanismes formant un cercle vicieux:

- la restructuration de l'outil de production s'accompagne d'un fort taux structurel de chômage, avec trois effets induits: une barrière accrue à l'immigration, une aggravation des prélèvements sur les salaires qui accentue la perte de compétitivité, une diminution du potentiel de croissance ;
- l'inquiétude sociale se traduit par des comportements frileux face à l'avenir, avec pour conséquence une demande des ménages "molle", un indicateur conjoncturel de fécondité bas, des investissements repoussés (notamment en matière de logement) et une épargne sécuritaire ;
- un dilemme pour les pouvoirs publics entre soutien conjoncturel de l'activité et réformes structurelles destinées à réduire l'endettement de l'Etat.

Ce dernier point permet de faire le lien entre l'offre et la demande. Il va de soi en effet que les incertitudes signalées plus haut ont un effet sur le comportement des ménages. Depuis deux ans, ils ont déjà accru leur taux d'épargne et donc réduit d'autant leur consommation. Si, en plus, cette dernière se tourne plus encore vers des produits importés, nous pourrions nous trouver face à une situation où il faudrait réduire la hausse des revenus pour réduire les importations, et finalement ralentir le potentiel de croissance économique.

A cet impact conjoncturel, il faut ajouter les exigences nées des contraintes écologiques et énergétiques. La croissance verte, parfois présentée comme un moyen de relancer la machine économique, pourrait en effet se traduire par une hausse du PIB qui ne s'accompagnerait pas d'une hausse de revenu pour les ménages, au contraire. Il est nécessaire d'expliquer pourquoi.

Toutes les grandes entreprises se sont dotées d'une direction du développement durable. Toutes mettent en avant leur volonté de promouvoir une croissance durable, une énergie durable, une mobilité durable etc. Au point que cette rengaine semble parfois suspecte et invite le regard critique à parler de « *green washing* ». Il en va de même à l'échelle des Etats et des organisations internationales, gouvernementales ou non gouvernementales. Le développement durable, les transports durables sont en première ligne sur l'agenda national et international. Le sommet de Copenhague, malgré son quasi-échec, ou peut-être à cause de cela, a marqué une étape clé, une prise de conscience qui a fait peur, jusqu'à se dérober devant l'obstacle. Mais le fait que les chefs d'Etat et de gouvernement n'aient pas réussi à s'entendre sur un programme crédible n'enlève rien à la nécessité des changements qui nous attendent. Des (r)évolutions qui sont difficiles à mettre en place car la notion volontairement édulcorée de « croissance verte » masque des réalités qui donnent à l'innovation et à la « productivité verte » un visage qui n'est pas forcément sympathique.

Pour « vendre » la notion de croissance verte, on présente généralement ses effets positifs. Sur l'emploi au premier chef puisque de nouveaux métiers vont apparaître. Sur l'environnement bien sûr puisque les sols, les nappes phréatiques, l'air que l'on respire... seront protégés ou régénérés. Sur la santé aussi puisque les nuisances seront limitées. Mais on passe sous silence les autres aspects qui ressemblent plutôt à des contraintes.

- La plus visible est celle de la fiscalité et de la tarification. Le principe pollueur-payeur n'est pas d'application simple, et lors de sa mise en œuvre, l'acceptabilité ne va pas de soi. Le film d'Al Gore a été largement salué, mais combien sont les partisans d'une taxe carbone ? Et concrètement, la mise en place des péages urbains ou autres redevances d'usage pour les poids lourds seront un prélèvement sur les ménages.

- La seconde est bien connue des chefs d'entreprise comme des particuliers. Elle oblige à changer les habitudes, à adopter de nouveaux comportements, plus



responsables mais aussi plus contraignants. Elle se manifeste par toutes les contraintes réglementaires qui s'imposent déjà et qui vont s'accroître. Face aux contraintes environnementales globales, tout se passe comme si nous devions à chaque instant de notre vie nous soucier des possibles effets externes négatifs de nos choix. Il est loin le temps de la main invisible, quand Adam Smith pouvait benoîtement affirmer que l'intérêt général était satisfait si son boucher se contentait de rechercher son intérêt particulier. L'océan d'effets externes dans lequel nous nous mouvons ne pouvait pas se limiter à quelques mesures lointaines d'internalisation prises par l'Etat. Lorsque celui-ci agit, il nous le fait de plus en plus sentir, par exemple pour réduire l'insécurité routière ou limiter l'usage de l'automobile dans les zones denses.

- Une troisième manifestation négative, moins visible mais encore plus importante doit être mentionnée. Elle renvoie à l'économiste classique, David Ricardo, et plus précisément à ce que F. Hayek, a nommé « effet Ricardo ». S'inspirant de l'économiste anglais, l'économiste autrichien a désigné ainsi les situations d'alourdissement du processus de production. Lorsque, pour une quantité fixe de consommation finale, il faut mobiliser plus de capital, nous sommes dans une situation de rendements décroissants. Ceux dont Ricardo craignait le retour. En termes modernes, ceux de la comptabilité nationale, cela signifie que les mesures de protection de l'environnement pourraient accroître le produit intérieur brut, mais pas le produit intérieur net que l'on appelle aussi revenu national.

D'une certaine façon, il n'est donc pas surprenant que, dans le même temps où il engageait la France sur le chemin d'une croissance verte avec le « Grenelle de l'environnement », le président Sarkozy ait demandé à une commission d'experts présidée par les prix Nobel A. Sen et J. Stiglitz de réfléchir à une autre mesure que le PIB pour évaluer le bien être et la richesse nationale. Fort judicieusement, cette commission a montré que d'autres indicateurs que le PIB étaient très importants (éducation, égalité entre hommes et femmes, degré des inégalités de revenu, accès aux soins etc..). Mais il n'en demeure pas moins que le ralentissement, sans doute inévitable de la hausse des niveaux de vie individuels sera un défi redoutable. Ne serait-ce que face aux risques d'inégalité croissante qui accompagnent

généralement les périodes de faible croissance. L'état stationnaire de Ricardo n'était pas une société égalitaire, les rentiers y occupaient une place de choix !

Au total, ce sont donc trois types de défis que nous allons devoir relever dans les années à venir.

- Le défi de l'état stationnaire, c'est-à-dire celui d'une croissance économique durablement faible avec ses implications sur le chômage et le revenu des ménages.
- Le défi d'une croissance plus verte qui va nous faire tutoyer les zones de rendements décroissants de l'investissement. Quand bien même une hausse certaine du PIB serait constatée, elle pourrait ne pas profiter au revenu des ménages car l'appareil productif se serait alourdi (effet Ricardo).
- Le défi d'une possible croissance des inégalités consécutive à une nouvelle donne dans la hiérarchie des qualifications et à la faible marge de manœuvre des politiques publiques, tant pour les prélèvements obligatoires que pour la redistribution.

## ***1.2 Pénélope, Cassandre et Phénix : trois scénarios de crise***

Si nous sommes à peu près certains du fait que la crise économique actuelle va changer sensiblement le trend économique de la croissance dans les prochaines années, nous ne pouvons pas pour autant prédire ce que sera l'ampleur du phénomène. C'est la raison pour laquelle nous proposons non pas un mais trois scénarios de crise et de retour à la croissance, une croissance qui pourrait entre temps changer sensiblement de contenu.

### **1.2.1 Trois séquences crise-croissance**

Compte tenu du caractère éloigné de l'horizon 2050, nous allons d'abord distinguer deux sous périodes au sein des 40 prochaines années. Nous distinguerons donc les quinze prochaines années (2010-2025) puis les vingt-cinq suivantes (2025-2050). L'objectif de cette segmentation est de tenir compte des impacts de la crise à court et moyen termes que nous

résumons en première approximation à un taux de croissance. Comme le montre le tableau n°1, nous envisageons trois scénarios possibles avec des taux s'élevant respectivement à 1, 0 ou -0,5% sur les 15 prochaines années, des taux volontairement plus faibles que celui de 1,5% retenu dans l'étude de 2007. A la suite de ces quinze années, nous envisageons un certain retour à la croissance dont la forme et l'ampleur conduisent à qualifier les scénarios dont les noms, comme Pégase, Chronos et Hestia se réfèrent aussi à la mythologie grecque.

- Le scénario 1, appelé « Pénélope », correspond à un taux de croissance de 1% dans les 15 prochaines années comme dans les 25 années qui suivent. Il s'agit d'un scénario « à la japonaise », en référence à la situation que ce pays connaît depuis plus de 20 ans. Suite à la crise des marchés mobiliers et immobiliers au tout début des années 90, le Japon a vu son taux de croissance moyen baisser à un niveau proche de 1 à 2% par an depuis 20 ans. La digestion de la période de spéculation a été très longue et il s'y ajoute des phénomènes structurels comme le vieillissement et le repli démographiques. Il en résulte une consommation peu dynamique. L'Etat doit en permanence soutenir la demande mais au prix de déficits qui ont conduit la dette publique à dépasser les 200% du PIB ! Comme Pénélope qui défaisait la nuit ce qu'elle avait brodé dans la journée, l'économie japonaise avance au ralenti. C'est le scénario d'une croissance durablement remise en cause dans son principe même, quelque chose qui se rapproche des thèses de la croissance zéro.
- Le scénario 2 est le plus pessimiste, pour cela il est dénommé « Cassandre ». Il envisage une croissance négative pour les 15 prochaines années (-0,5%), suivie d'un rebond modeste, +1,5% par an au cours des 25 années suivantes. Autant dire que par rapport au scénario tendanciel présenté en 2007, la croissance perdue d'ici à 2025 ne serait pas retrouvée dans la période suivante. Le niveau de vie en 2050 ne serait que de 35% supérieur à celui de 2010 au lieu de 48% dans le scénario Pénélope et de 80% dans les scénarios 2007. Cela parce que la séquence crise-croissance serait plus marquée, avec son cortège de chômage et d'inégalités. C'est un scénario qui se rapproche beaucoup de ce qu'a connu la Grande-Bretagne au cours de la période 1920-1960 : quinze années de repli liées aux conséquences financières de la Première Guerre mondiale et de la crise de 1929, suivies de 25 années de croissance faible qui

ont conduit le Royaume-Uni à s'appauvrir durablement par rapport à ses voisins français, allemands ou néerlandais.

- Le troisième scénario est appelé « Phénix » car la croissance économique, après une quasi-disparition (0% pendant 15 ans) renaît ensuite de ses cendres pour atteindre 3% par an pendant 25 ans, un peu sur le modèle de la France des années 1933-1973 qui a vu les trente Glorieuses succéder à plus de 10 années de croissance faible ou négative du fait de la crise puis de la guerre. L'effet de rattrapage permet dans ce cas là de combler le retard accumulé dans la première phase. Le PIB se retrouve en 2050 plus de deux fois supérieur à celui de 2010, alors qu'un taux de croissance stable de 1,5% pendant 40 ans ne permet qu'une hausse de 80%.

**Tableau 1 : Les trois scénarios crise-croissance par comparaison au scénario tendanciel**

		Tx. de croissance 2010-2025.	Tx. de croissance 2025-2050.	Ratio PIB 2050/ PIB 2010
Sc1	Penelope	1%	1%	1,5
Sc2	Cassandra	-0,5%	1,5%	1,3
Sc3	Phénix	0%	3%	2,1
Scénario 2007	Pégase Chronos Hestia	1,5%	1,5%	1,8

Derrière ces évolutions du PIB, se profilent des transformations structurelles des facteurs de croissance. Celles qui nous intéressent au premier chef au regard de la mobilité des personnes touchent à la démographie, à l'emploi et aux budgets-temps.

En matière démographique, une baisse relative - ou une moindre croissance - de la population active est un facteur de réduction de la croissance potentielle à long terme. On peut ainsi envisager une réduction de l'indicateur conjoncturel de fécondité qui passerait de 1,9 à 1,7 à partir de 2015 (hypothèse basse INSEE), en rupture avec les tendances les plus récentes. Dans le même temps, la perspective d'une progression du chômage, pourrait faire descendre le flux migratoire à 50 000 / an (hypothèse basse INSEE) contre près de 100 000 actuellement.

En matière d'emploi, l' inadaptation croissante de l'appareil productif français pourrait pousser de fait le chômage à la hausse, avec un taux de chômage structurel pouvant atteindre 15% de la population active en 2025, et pourrait se traduire par une évolution négative de l'élasticité productivité / information qui tomberait à 1,5 (contre 1,8 dans le passé récent).

Du côté des budgets-temps, il faut relier ces évolutions sur la population active et l'emploi à l'évolution du temps de travail dans le cycle de vie. L'âge de la retraite pourrait être en moyenne de 65 ans en 2025-2050, soit 1700 heures /an de travail effectif en 2025, mais seulement 1600 en 2050

**Tableau 2: Eléments caractéristiques des 3 scénarios de crise-croissance**

	PEGASE / PHENIX		PENELOPE / CHRONOS		HESTIA / CASSANDRE	
	2025	2050	2025	2050	2025	2050
<b>Fertilité (enfants / femme)</b>						
Avant crise	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Après crise	1,9	1,9	1,7	1,7	1,8	1,7
<b>Immigration (milliers / an)</b>						
Avant crise	80,0	100,0	80,0	100,0	80,0	100,0
Après crise	50,0	150,0	50,0	50,0	50,0	50,0
<b>Heures travail / an</b>						
Avant crise	1 702	1 833	1 702	1 833	1 702	1 833
Après crise	1 739	1 833	1 739	1 739	1 656	1 610
<b>Emploi / population en âge de travailler</b>						
Avant crise	85%	85%	85%	85%	85%	85%
Après crise	77%	90%	83%	83%	75%	83%
<b>Indice de productivité du travail (100 = 2000)</b>						
Avant crise	153	214	153	214	153	214
Après crise	142	227	138	196	136	194
<b>PIB (indice 100 = 2000)</b>						
Avant crise	146	212	146	212	146	212
Après crise	117	239	127	165	105	149
<b>PIB / habitant (indice 100 = 2000)</b>						
Avant crise	135	187	135	187	135	187
Après crise	109	206	120	155	99	138

## Encadré n°2

### La croissance doit-elle céder la place à la décroissance ?

La crise économique récente doit-elle être qualifiée de « divine surprise », Faut-il se réjouir d'une situation qui nous oblige à réduire notre train de vie et donc notre empreinte sur l'environnement ? C'est une thèse qui a été reprise par plusieurs auteurs, avec des points de vue d'ailleurs différents selon que la croissance économique est considérée comme l'ennemie (S. Latouche, Georgescu-Roegen) ou simplement une amie à domestiquer (J.B. de Foucauld, T. Jackson). Comment ces thèses peuvent-elles s'articuler avec nos scénarios ? Pour répondre à cette question, prenons le temps de voir de quoi il retourne.

Au début des années 70, devant la flambée du prix des matières premières et du pétrole, et à l'occasion de la publication du premier rapport du Club de Rome<sup>2</sup>, certains avaient préconisé la croissance zéro. Ils se fondaient sur l'idée que la rareté des ressources naturelles constituait un obstacle infranchissable. La croissance allait s'arrêter faute de combustible ! On retrouve en partie cette idée aujourd'hui avec la notion de « décroissance ». Les énormes besoins en énergie et en matières premières de la Chine et de l'Inde, sans compter tout ce que consomment (gaspillent ?) déjà les Etats-Unis se traduisent par une hausse des prix annonciatrice d'une rareté accrue.

Mais le cœur du raisonnement sur la nécessaire décroissance ne provient pas essentiellement de cette crainte. Il est plus réaliste et constate que la croissance économique est un phénomène durablement ancré mais dont il faut interroger les fondements. En reprenant un constat ancien, familier des spécialistes de la comptabilité nationale, ils dénoncent le contenu même de la production. Au lieu de répondre aux besoins fondamentaux, la production serait orientée par le jeu du profit vers la satisfaction de « faux besoins ». Produits futiles ou inutiles, voire dangereux ; émissions de télévision abrutissantes, activités qui ne servent qu'à compenser les « dégâts du progrès » ; la liste est longue de ces productions de biens ou de services dont la légitimité est *a priori* douteuse. A-t-on vraiment besoin de tous les produits cosmétiques qui nous sont proposés ? Est-ce vraiment un progrès que d'installer des lève-vitres électriques dans nos voitures ? Et les voitures elles-mêmes, pourquoi sont-elles si puissantes et lourdes alors que les vitesses sont limitées ? Plus généralement, n'avons nous pas à tendance à recourir trop fréquemment à la voiture particulière alors que la marche à pied ou la bicyclette serait plus adaptée ? C'est là que la décroissance se révèle comme un concept flou, qui renvoie à des logiques très différentes.

Nous nous trouvons en réalité en présence non pas d'une mais de plusieurs formes sensiblement différentes de remise en cause de la croissance. L'impression d'unité de la critique provient du fait que dans tous les cas, nous sommes en présence d'une interrogation, et parfois d'une condamnation, morale. Le discours est normatif. Individuellement, mais aussi collectivement, les consommateurs ne doivent pas se laisser abuser par les charmes délétères de tel ou tel produit que leur vante la publicité. Plus généralement, ils sont invités à réagir contre les gaspillages qui sont une menace pour notre environnement mais aussi pour nous-mêmes. Mais cet appel à la responsabilité, qui est le propre de la morale, renvoie en réalité à des visions du monde diamétralement opposées. Pour un auteur comme Serge Latouche, la nécessité de la décroissance s'inscrit dans la critique radicale du capitalisme qui a toujours été la sienne. Pour cet économiste, longtemps défenseur du système planifié en vigueur dans l'ex URSS, il est logique de continuer, sous d'autres formes, la critique du système capitaliste. La dénonciation de la multiplication des faux besoins s'impose car ils ne sont rien d'autres qu'une forme nouvelle d'aliénation. On retrouve ici les critiques déjà anciennes formulées, entre autres, par Jean Baudrillard<sup>3</sup>. La société de consommation n'est qu'une forme élaborée de manipulation des masses.

Bien que stimulante et donc nécessaire, cette critique se heurte pourtant à un obstacle de taille. Elle n'a pas à proposer de système de rechange. Plus précisément les condamnations morales qu'elles profèrent, et les options alternatives qu'elles suggèrent ne remettent en cause ni le mécanisme même de la croissance, ni l'économie de marché.

- Condamner moralement la fabrication ou la consommation d'un produit ne remet pas en cause la croissance économique pour la simple raison que celle-ci ne provient pas de nos besoins, mais de nos capacités de production. Si les pays industrialisés connaissent depuis plus de deux siècles ce phénomène, nouveau à l'échelle de l'histoire humaine, qu'est la croissance économique ce n'est pas à cause de nouveaux besoins. C'est essentiellement parce que nos capacités de production (les machines, les routes...) et nos qualifications ne cessent de s'améliorer. **Vouloir la décroissance c'est, en toute logique, vouloir en finir avec les formations qui, tendanciellement, améliorent les connaissances et les compétences des personnes.** On ne peut pas à la fois militer pour la décroissance et nous émerveiller du fait que nos enfants sont plus compétents que nous en informatique ou dans le maniement des téléphones portables.

- Concrètement, cela signifie que la dénonciation des gaspillages, pour nécessaire qu'elle soit à l'échelle individuelle (éducation des enfants) et collective (respect de l'environnement), n'est en réalité qu'une invitation à produire et consommer mieux, mais pas forcément moins.

Il suffit pour s'en convaincre de prendre l'exemple de l'(in)sécurité routière. Avec plus de huit mille tués sur les routes chaque année au début des années 2000, et 80 000 blessés, la France pouvait se « vanter » d'accroître le PIB grâce aux accidents de la route. Ces derniers augmentaient la production des constructeurs automobiles, des carrossiers, des assureurs, des hôpitaux etc. Un cas typique de gaspillage de ressources humaines et matérielles. Avec la sensible baisse des accidents, qu'il faut encore poursuivre, le nombre d'emplois a diminué dans la carrosserie automobile et il y a eu moins d'hospitalisations. Mais cela n'a pas ralenti la croissance économique. Le pouvoir d'achat, les compétences et les capacités de production se sont simplement déplacés dans d'autres champs.

Ce qui est en cause est donc plus profondément l'économie de variété dans laquelle nous nous mouvons grâce à la croissance économique. De ce fait, comme le fait remarquer Tim Jackson, la décroissance n'est pas la solution. Le dilemme évoqué par Tim Jackson est le suivant. Nous cherchons tous à atteindre une forme de prospérité, mais notre modèle de croissance est insoutenable. Il est écologiquement destructeur. Dans une perspective de neuf milliards d'habitants à la recherche d'une qualité de vie supérieure, l'effondrement est garanti. Quelle solution envisager ?

D'abord, Tim Jackson balaie deux solutions régulièrement appelées à la rescousse pour remplacer ou colmater le système existant : la décroissance et le découplage.

- Evoluer dans un monde en décroissance sera source d'instabilité. Selon Tim Jackson, la décroissance signifiera moins de travail. « *Or dans notre capitalisme moderne, le travail est la part la plus importante de participation des gens. Elle est aussi une part de bien être, de prospérité* ». Moins de croissance, c'est moins de travail, la récession qui guette, une crise non seulement économique, mais également humaine.

- Le découplage n'est pas la solution non plus. L'idée est pourtant séduisante. Puisque le problème est la croissance insoutenable, gardons la croissance et jetons « l'insoutenable ». En clair, produisons de plus en plus, de mieux en mieux avec de moins en moins. Deux types de découplages existent : le découplage absolu et le découplage relatif. Le découplage relatif pollue moins (ou sollicite moins les ressources naturelles) pour une même unité de production. Cependant, si on produit dix fois plus et qu'une unité de production pollue deux fois moins, la pollution totale engendrée sera tout de même supérieure à la situation précédente.



Le découplage absolu voit l'impact écologique diminuer alors que la production augmente, et ce quelle que soit son augmentation. C'est ce découplage qui permettrait à un modèle économique de devenir soutenable. L'idée est séduisants, mais Tim Jackson « *ne crois pas que ce soit possible.... J'ai essayé d'y croire pendant 10 ans. Mais l'a-t-on fait, l'a-t-on jamais fait ? On n'y arrive pas.* » De fait. Dans un scénario idyllique, l'humanité en croissance devrait en 2050 avoir une production globale...130 fois plus efficace qu'aujourd'hui. Au vu des maigres efforts consentis ces dernières années, la solution « *découplage* » n'est pas crédible, estime Tim Jackson.

Une solution doit pourtant être trouvée. Pour lui donner un cadre de référence, Tim Jackson garde quatre critères qui paraissent des volontés communes ou des faits qui se vérifieront dans les prochaines années :

- notre société garde la croissance économique ;
- la population mondiale continue à croître ;
- une justice sociale veut que tous soient bénéficiaires de cette croissance ;
- l'activité humaine doit drastiquement réduire son impact écologique.

Si Tim Jackson maintient la croissance, et donc l'investissement, celui-ci doit être aiguillé vers la sécurité énergétique, les infrastructures économes, et la protection écologique. Le rôle des pouvoirs publics sera crucial. Chaque euro investi devra non plus expulser le moins de carbone mais en absorber le plus possible ! C'est exactement ce que nous avons appelé l'effet Ricardo !

## 2 : Impacts "macro" des scénarios de crise sur les scénarios de mobilité durable

Les formes que prendront la crise et la croissance économiques dans les 40 prochaines années auront des impacts profonds sur la mobilité, au point que certaines tendances lourdes de la mobilité pourraient en être affectées. Nous avons déjà évoqué cette évolution dans les scénarios de 2007 en faisant l'hypothèse d'une élasticité vitesse/Pib qui deviendrait nulle dans certains scénarios. Notre travail dans cette seconde phase de la recherche est de détailler les tenants et les aboutissants de ces évolutions. On peut notamment se demander si la progression de la mobilité ne va pas être remise en cause par le fait que les innovations techniques ne seraient plus orientées vers les gains de vitesse mais vers une pratique plus durable, c'est-à-dire plus contraignante !

Il est ainsi probable que le ralentissement probable de la hausse des revenus individuels ne sera pas le seul effet inattendu des contraintes liées à la durabilité. Il faut y ajouter des éléments qui résultent de la démocratisation de certains usages, laquelle appelle à des innovations que nous qualifierons d'importune, sinon d'inopportune. Prenons pour illustrer cela un exemple extrême. Lorsque le PDG de Ryanair, M. O'Leary annonce qu'il trouverait innovateur et profitable de supprimer les toilettes dans ses avions, ou d'en faire payer l'usage, il ne fait de son point de vue que prolonger la logique de maîtrise des coûts, et des prix, qui a fait le succès de son entreprise. Il y a donc dans son raisonnement une certaine cohérence, qui ne doit pas nous faire oublier que toute logique a ses limites !

Si nous prenons cet exemple extrême de désenchantement par rapport à ce qu'a pu être, à une certaine époque, le transport aérien, c'est parce que, de façon plus générale, le monde des transports est aujourd'hui confronté à un désenchantement lié aux innovations en cours ou que l'on nous promet. Les innovations dans les transports, ce ne sont pas en effet que les nouveaux avions ou les voitures décarbonées. Ce sont aussi les innovations réglementaires, tarifaires ou fiscales qui semblent inévitables. Prenons quelques exemples.

- Les limitations de vitesse et les contrôles de plus en plus précis qui les accompagnent sont à l'évidence un bien pour la collectivité en termes d'insécurité routière. Mais cela change notre rapport à l'automobile et à l'innovation technique, surtout lorsque ces contrôles se feront automatiquement par le biais des GPS installés dans nos véhicules !

- Ces mêmes GPS qui pourront aussi servir d'outil de repérage pour la tarification de l'usage de la voirie, en zone urbaine mais pas seulement. Le système allemand du Toll Collect est une innovation aux dimensions multiples (technique, réglementaire, fiscale...) qui va faire des émules.

- Un des intérêts de ces péages urbains est qu'ils rapportent des revenus à la collectivité alors que celle-ci doit subventionner largement des transports collectifs en plein développement. Or, lorsque l'on passe de la voiture individuelle au transport collectif, fut-il innovant, on substitue des coûts publics (conduite, sécurité, entretien...) à des coûts privés. Les innovations dans les transports urbains, pour indispensables qu'elles soient représentent une forme d'alourdissement du processus de production de la ville, une forme locale d'effet Ricardo qui se manifeste par la hausse de la pression fiscale.

- On pourrait bien sûr imaginer une baisse du coût des transports collectifs. Ne s'agit-il pas d'une activité réputée être à rendements croissants ? Mais si la déréglementation est bien une innovation, elle n'est pas toujours la bienvenue. Ni pour les salariés du secteur concerné, ni pour ceux qui pourraient suivre le même chemin au cas où elle soit un succès.

- Revenons au transport aérien. Quels seront pour les passagers les effets de l'innovation annoncée des permis d'émission négociables ? Quel en sera l'impact sur les prix des billets ? Sur la densité et la qualité de l'offre ? Cela nous conduira-t-il à une logique de rationnement ?

- Les mêmes craintes accompagnent les projets de taxe carbone. Compte tenu de l'élasticité de la consommation au prix des carburants, relativement modeste, faudrait-il accroître cette taxe démesurément pour qu'elle ait un réel impact ?

Ne prolongeons pas ce florilège des désenchantements dans le secteur des transports. Nous ne l'avons pas présenté pour dire que les innovations importunes sont inopportunes, mais simplement pour rappeler que l'innovation dans les transports ne se limite pas à ce qui peut faire rêver. Dans un monde qui compte déjà plus de six milliards d'habitants, un monde où la croissance économique se poursuit, notamment dans des pays émergents très peuplés, l'innovation est aussi faite de ces mesures qui, tout en favorisant la démocratisation de la mobilité, en feront de moins en moins une activité gratifiante en soi. C'est sur ces bases qu'il faut réfléchir à des mécanismes de saturation de la mobilité.

On le voit, les rapports entre crise, croissance économique et mobilité se posent en des termes différents selon les scénarios de mobilité durable que nous avons construits, du fait de leurs attendus sur l'innovation, les comportements et les politiques suivies. Toutes les combinaisons entre scénarios de crise - croissance économique et scénarios de mobilité durable ne présentent pas les mêmes degrés de cohérence, et donc de probabilité, et nous ne nous intéresserons ci-après qu'aux combinaisons qui nous paraissent les plus pertinentes.

Parmi les éléments discriminants des impacts sur la mobilité des scénarios de crise-croissance économique à prendre en compte, nous trouvons les éléments suivants.

- impact mécanique de la moindre croissance du PIB sur les vitesses moyennes, d'autant plus faible que l'élasticité vitesse/PIB est faible.
- impact de la moindre croissance des revenus sur les budgets temps loisirs hors domicile, vacances en particulier, et par conséquent sur les déplacements longue distance, d'autant plus fort que le budget-temps de transport global reste stable. Sur ce point, il faut aussi tenir compte du fait que le revenu des ménages pourraient globalement progresser moins vite que le PIB, d'autant moins que les investissements d'infrastructures seront importants (cf l'effet Ricardo).

- impact d'un possible renforcement des inégalités consécutif à la moindre croissance du revenu net: comme le montre la reprise des trafics aériens et TGV depuis le début de 2010, malgré la persistance d'un niveau de chômage élevé et une croissance économique atone, il est clair que la crise ne touche pas toutes les catégories sociales de la même façon, et qu'une partie plus ou moins importante de la population continuera à s'inscrire dans la poursuite de la tendance séculaire à la hausse de l'élasticité vitesse/PIB (le rôle de l'offre aérienne *low cost* est ici central)
- impact sur l'équipement automobile (d'une moindre hausse des revenus), notamment le renouvellement du parc, d'autant plus fort si le chômage est plus élevé, ou si les alternatives à la mobilité sont plus développées
- impact mécanique de la baisse d'activité sur le transport de marchandises, avec des modalités différentes selon les scénarios de mobilité durable: baisse des élasticités tkm/PIB (cf Bonnafois) dépendante de l'organisation spatiale des activités, baisse de la vitesse globale, d'autant moins prononcée que l'élasticité vitesse/PIB est faible.

L'évaluation de tous ces impacts, présentée ci-dessous, a été conduite avec le modèle VLEEM-TILT.

## **2.1 PEGASE et la crise**

PHENIX porte en lui l'idée que l'innovation technologique peut entraîner un nouveau cycle de productivité permettant à l'économie du pays de renouer avec des taux de croissance florissants, une fois la transition achevée. Le modèle de croissance que nous connaissons, fondé sur la productivité et la variété, n'est pas remis en cause, et la technologie continue à y jouer un rôle central.

Cette vision est assez proche de celle qui sous-tend PEGASE, où les fondamentaux de la croissance de la mobilité ne sont pas remis en cause, et où la technologie est censée régler nos problèmes d'environnement.

### **2.1.1 PHENIX conforte PEGASE**

Dans PHENIX, le PIB revient en 2025 à son niveau de 2010, et double ensuite entre 2025 et 2050. Le premier impact sur la mobilité est à la mesure des élasticités vitesses/PIB: par

rapport au scénario PEGASE d'avant crise, la demande de vitesse augmente moins vite jusqu'en 2025, mais croît plus rapidement ensuite. Par ailleurs, la poursuite du modèle de consommation historique inscrite dans PEGASE s'accompagne bien d'un maintien des budgets-temps de transport (BTT). En conséquence la mobilité moyenne par individu croît moins vite que dans le scénario d'avant crise jusqu'en 2025, mais plus rapidement ensuite (effet de la croissance sur la vitesse moyenne à BTT inchangé).

**Tableau 3: Vitesse et mobilité individuelle dans PEGASE / PHENIX**

	2025	2050
<b>Vitesse moyenne</b>		
Avant crise	49	56
Après crise	46	58
<b>Mobilité individuelle ('000km/an/pers)</b>		
Avant crise	18,0	20,4
Après crise	16,7	21,1

Dans PHENIX, l'évolution des revenus suit étroitement celle du PIB, avec nécessairement un impact sur l'équipement automobile, principalement du fait du rythme de renouvellement du parc. Des études récentes (L. Hivert et alii) ont montré que l'âge moyen du parc n'a cessé d'augmenter dans les années passées, notamment du fait de la multi-motorisation. D'ici 2025, cette tendance pourrait être contrebalancée dans PHENIX par deux phénomènes: a) les ménages de 2 personnes et plus, qui abritent l'essentiel des chômeurs, ne peuvent plus se payer de seconde voiture; b) l'innovation technologique, au coeur de PEGASE, accélère l'obsolescence du parc de VP existant.

Globalement, du fait d'une poursuite de la stabilité des dépenses de transport dans les revenus (hypothèse également cohérente avec la poursuite du modèle de consommation inscrite dans PHENIX), les km parcourus en voiture évoluent parallèlement au revenu par habitant, voire moins vite si les prix des carburants croissent plus vite que l'inflation. Le kilométrage moyen pourrait ainsi rapidement saturer autour de 13000 km/an jusqu'en fin de période.

La forte reprise de la croissance des revenus qui marque notamment la période 2025-2050 s'accompagne d'un fort regain de l'industrie automobile et des industries et services connexes, recentrées sur les nouvelles technologies électriques, sous-tendue par un boom

sur les immatriculations neuves: retour au plein emploi et conséquences sur la multi-motorisation; effet de l'obsolescence des technologies anciennes.<sup>4</sup>

**Tableau 4: L'automobile dans PEGASE / PHENIX**

	2025	2050
<b>Parc automobile (millions)</b>		
Avant crise	40,1	42,2
Après crise	36,8	45,2
<b>Km/an VP</b>		
Avant crise	14000	13500
Après crise	13000	13000

Du fait d'une vitesse moyenne globale moindre en 2025 (par rapport au scénario avant crise) et d'une croissance identique de la vitesse moyenne de la voiture, la vitesse moyenne des transports publics croît significativement moins vite (62 km/h contre 87 en 2025). Après 2025, tous ces mouvements s'inversent, dans la limite toutefois qu'impose la croissance accélérée des vitesses moyennes, de moins en moins compatible avec la voiture. En conséquence, malgré un moindre équipement et d'une utilisation moindre de l'automobile, la part de la VP dans la mobilité globale augmente légèrement par rapport au PEGASE d'avant crise à l'horizon 2025. Là aussi, le mouvement s'inverse à l'horizon 2050.

Parallèlement, et de façon cohérente, la moindre croissance des revenus (par rapport au scénario d'avant crise) impacte d'ici 2025 à la baisse les budgets temps loisirs hors domicile, vacances en particulier, et par conséquent les déplacements longue distance (ce qui affecte en premier lieu les transports publics rapides, avion et TGV, et explique entre autres la croissance nettement moins rapide des modes publics en général). Au-delà, le mouvement s'inverse, mais plus au profit de modes rapides comme l'avion ou le TGV, qu'à celui de la voiture.

<sup>4</sup> L'impact de l'innovation sur la sortie de crise sera étudiée plus en profondeur dans une autre étape de cette recherche

**Tableau 5: la mobilité des passagers dans PEGASE / PHENIX**

	2025	2050
<b>Vitesse VP moyenne</b>		
Avant crise	46	50
Après crise	46	50
<b>Vitesse TC moyenne</b>		
Avant crise	87	94
Après crise	62	102
<b>Part de la VP dans la mobilité</b>		
Avant crise	66%	56%
Après crise	67%	54%
<b>Part de la longue distance dans la mobilité</b>		
Avant crise	45%	47%
Après crise	41%	49%

Enfin, la baisse d'activité (par rapport au scénario d'avant crise) d'ici 2025, et le forte reprise ensuite, impacte mécaniquement le transport de marchandises, même avec des élasticités tkm/PIB constantes. Ces mouvements seront également amplifiés, à la baisse comme à la hausse, du fait des élasticités vitesses/PIB.

**Tableau 6: la mobilité des marchandises dans PEGASE / PHENIX**

	2025	2050
<b>Trafic marchandises territoire(Gtkm)</b>		
Avant crise	415	526
Après crise	361	568
<b>Vitesse moyenne marchandises</b>		
Avant crise	48	54
Après crise	45	56
<b>Part de la route</b>		
Avant crise	77%	82%
Après crise	71%	75%
<b>Part de la grande vitesse</b>		
Avant crise	3%	5%
Après crise	4%	13%

### 2.1.2 La crise ne résout pas le pb du CO2 si les fondamentaux de la mobilité ne changent pas

La crise a deux effets paradoxaux dans le scénario PEGASE, à l'horizon 2025. D'un côté, elle tire les consommations d'énergie vers le bas (par rapport au scénario d'avant crise), du fait de trafics et de motorisation relativement plus faibles. Mais en revanche, la moindre dynamique du parc automobile et le moindre report modal qui résultent de la crise



ralentissent le report modal sur des modes plus effiicent (que la voiture) et la pénétration des nouvelles technologies, moins consommatrices et moins émettrices de CO2.

Globalement le premier effet l'emporte, mais la baisse relative des émissions de CO2 (par rapport au scénario d'avant crise) est moins prononcée que ce à quoi on aurait pu s'attendre.

A l'horizon 2050, l'effet de la reprise se fait clairement sentir sur les trafics et la motorisation, lesquels sont en 2050 à des niveaux supérieurs à ceux atteints dans le scénario d'avant crise (cf tableaux ci-dessus). Mais sur cette période, les mécanismes évoqués ci-dessus jouent en sens inverse, c'est-à-dire dans le sens d'un basculement modal plus rapide et d'une pénétration accélérée des technologies nouvelles. En conséquence, les émissions de CO2 en 2050 sont un peu en retrait de ce qu'elles étaient avant crise.

En d'autres termes, la séquence crise-croissance prise en compte dans le scénario PEGASE / PHENIX n'a qu'une incidence très mineure sur l'énergie et les émissions de CO2 à l'horizon 2050, certes dans le bon sens, mais pas d'une ampleur comparable à celle qu'exige le facteur4 .

**Tableau 7: la consommation d'énergie des transports dans PEGASE / PHENIX**

	Passagers		Marchandises		Total	
	2025	2050	2025	2050	2025	2050
<b>Esence (Mm3)</b>						
Avant crise	5,6	1,4	0,0	0,0	5,6	1,4
Après crise	5,0	1,5	0,0	0,0	5,0	1,5
<b>Gazole (Mm3)</b>						
Avant crise	9,8	4,8	10,2	10,9	20,0	15,7
Après crise	8,6	5,1	8,4	9,0	17,0	14,1
<b>Carburéacteurs (Mm3)</b>						
Avant crise	3,4	4,0	0,0	0,0	3,4	4,0
Après crise	2,5	5,2	0,0	0,0	2,5	5,2
<b>Biocarburants (Mm3)</b>						
Avant crise	3,7	6,8	3,4	7,2	7,2	14,0
Après crise	3,3	7,0	2,8	6,0	6,1	13,0
<b>Electricité (TWh/an)</b>						
Avant crise	28	50	4	16	32	66
Après crise	24	51	4	16	28	67

**Tableau 8: les émissions de CO2 des transports dans PEGASE / PHENIX**

	Passagers		Marchandises		Total	
	2025	2050	2025	2050	2025	2050
<b>CO2 direct (Mt)</b>						
Avant crise	42	22	28	30	70	52
Après crise	36	26	23	25	59	51
<b>CO2 indirect (Mt)</b>						
Avant crise					11	17
Après crise					9	17
<b>CO2 total (Mt)</b>						
Avant crise	42	22	28	30	80	69
Après crise	36	26	23	25	68	67
<b>CO2 total (indice 100 = 2000)</b>						
Avant crise	57	30	70	75	68	58
Après crise	49	36	58	62	57	57

## 2.2 CHRONOS et la crise

Dans les scénarios CHRONOS, le gel des vitesses moyennes, objectif politique majeur, se fait au prix d'investissements considérables dans les transports publics, notamment ferroviaires, la quête pour plus de mobilité se résolvant par des BTT accrus.

On retrouve ainsi dans les scénarios CHRONOS une vision proche de celle du scénario de crise-croissance PENELOPE, où les grands travaux d'infrastructure (transport et environnement) assurent une stimulation de la croissance du PIB, mais où l'ampleur de la dette publique vient la contrecarrer.

### 2.2.1 CHRONOS engendre PENELOPE

Dans CHRONOS, le gel des vitesses moyennes se traduit par des élasticités vitesses/PIB voisines de 0: il n'y a donc pas d'effet mécanique de la crise sur la demande de vitesse dans les scénarios CHRONOS. En revanche, la poursuite d'une quête pour plus de mobilité individuelle inscrite dans CHRONOS s'accompagne d'un accroissement des budgets-temps de transport (BTT), dont l'ampleur est, elle, dépendante de la croissance des revenus. En conséquence, tant les BTT de transports que la mobilité moyenne par individu croîtront moins vite que dans le scénario CHRONOS d'avant crise.

**Tableau 9: Vitesse et mobilité individuelle dans CHRONOS / PENELOPE**

	PENELOPE / CHRONOS	
	2025	2050
<b>Vitesse moyenne</b>		
Avant crise	44	44
Après crise	44	44
<b>Mobilité individuelle ('000km/an/pers)</b>		
Avant crise	17,8	19,4
Après crise	17,0	17,8

Dans PENELOPE, la stagnation des revenus impacte l'équipement automobile, principalement du fait d'une baisse du multi-équipement plus importante que dans le scénario d'avant crise. Cela se traduit à la fois par un moindre vieillissement du parc et une baisse du volume des immatriculations neuves par rapport au scénario d'avant crise. Les ménages de 2 personnes et plus, qui abritent l'essentiel des chômeurs, s'équipent moins en seconde voiture, mais trouvent en revanche les alternatives nécessaires dans les transports publics grâce aux considérables investissements dans ce domaine. Le phénomène, qui était apparu transitoire dans PHENIX, prend ici un caractère structurel, et contrecarre de ce fait le mécanisme de relance constitutif de PHENIX.

Globalement, du fait d'une poursuite de la stabilité des dépenses de transport dans les revenus (hypothèse également cohérente avec la poursuite du modèle de consommation inscrite dans CHRONOS), les km parcourus en voiture décroissent, parallèlement au revenu par habitant, et ce d'autant plus vite si les prix des carburants croissent plus vite que l'inflation. Le kilométrage moyen pourrait ainsi descendre autour de 11000 km/an en 2050.

**Tableau 10: L'automobile dans CHRONOS / PENELOPE**

	2025	2050
<b>Parc automobile (millions)</b>		
Avant crise	40,1	42,2
Après crise	37,7	39,1
<b>Km/an VP</b>		
Avant crise	13000	12000
Après crise	12000	11000

La part de la VP dans la mobilité globale est soumise à deux influences contradictoires. D'un côté, le moindre équipement et l'utilisation moindre de l'automobile oblige à plus recourir aux transports publics, ce qui logiquement devrait entraîner une baisse de la part

de la VP dans la mobilité globale, et corrélativement une baisse de la vitesse moyenne des TC, ce que l'on constate bien à l'horizon 2025.

Mais parallèlement, et de façon cohérente, la moindre croissance des revenus (par rapport au scénario d'avant crise) impacte à la baisse les budgets temps loisirs hors domicile, vacances en particulier, et par conséquent les déplacements longue distance où la part de la voiture est nettement plus faible que sur l'urbain et le régional. Ceci entraîne mécaniquement une remontée de la part de la VP dans la mobilité globale, et corrélativement une hausse des vitesses moyennes des TC, phénomènes qui deviennent dominants après 2025.

**Tableau 11: La mobilité des passagers dans CHRONOS / PENELOPE**

	2025	2050
<b>Vitesse VP moyenne</b>		
Avant crise	41	37
Après crise	41	37
<b>Vitesse TC moyenne</b>		
Avant crise	72	81
Après crise	70	84
<b>Part de la VP dans la mobilité</b>		
Avant crise	63%	52%
Après crise	61%	54%
<b>Part de la longue distance dans la mobilité</b>		
Avant crise	44%	48%
Après crise	42%	39%

Enfin, la baisse d'activité (par rapport au scénario d'avant crise) d'ici 2050 impacte mécaniquement le transport de marchandises, même avec des élasticités tkm/PIB constantes. Toutefois, les élasticités vitesses/PIB étant considérées nulles dans CHRONOS, il ne faut pas attendre d'impact supplémentaire de la crise de ce côté.

**Tableau 12: La mobilité des marchandises dans CHRONOS / PENELOPE**

	2025	2050
<b>Trafic marchandises territoire(Gtkm)</b>		
Avant crise	416	528
Après crise	368	448
<b>Vitesse moyenne marchandises</b>		
Avant crise	43	43
Après crise	43	43
<b>Part de la route</b>		
Avant crise	65%	46%
Après crise	69%	57%
<b>Part de la grande vitesse</b>		
Avant crise	4%	13%
Après crise	5%	6%

## 2.2.2 Trop d'investissements, trop lourds, pour atteindre le facteur 4 sans changer la nature de la croissance retardent indéfiniment la sortie de crise

Incontestablement, la séquence crise-croissance prise en compte dans CHRONOS / PENELOPE conduit à une réduction plus rapide des consommations de carburants et des émissions que celle mesurée dans le scénario CHRONOS d'avant-crise: les niveaux d'émissions de CO2 en 2050 sont environ 10% en dessous (des niveaux d'avant-crise).

Certes, la stratégie sous-jacente à CHRONOS se révèle payante au regard de l'objectif facteur 4, mais le prix à payer en termes d'investissements et d'endettement publics apparaît bien lourd sur le plan macro-économique (25% de PIB en moins en 2050).

**Tableau 13: La consommation d'énergie dans CHRONOS / PENELOPE**

	PENELOPE / CHRONOS					
	Passagers		Marchandises		Total	
	2025	2050	2025	2050	2025	2050
<b>Essence (Mm3)</b>						
Avant crise	5,2	0,7	0,0	0,0	5,2	0,7
Après crise	4,7	0,5	0,0	0,0	4,7	0,5
<b>Gazole (Mm3)</b>						
Avant crise	8,9	3,4	8,4	5,9	17,3	9,3
Après crise	8,5	2,9	7,9	6,0	16,5	8,9
<b>Carburéacteurs (Mm3)</b>						
Avant crise	2,7	2,2	-	-	2,7	2,2
Après crise	1,9	1,9	0,0	0,0	1,9	1,9
<b>Biocarburants (Mm3)</b>						
Avant crise	3,7	5,8	2,9	4,0	6,5	9,8
Après crise	3,3	4,8	2,8	4,4	6,0	9,2
<b>Electricité (TWh/an)</b>						
Avant crise	23	36	2	12	25	48
Après crise	26	44	7	22	33	66

**Tableau 14: les émissions de CO2 dans CHRONOS / PENELOPE**

	Passagers		Marchandises		Total	
	2025	2050	2025	2050	2025	2050
<b>CO2 direct (Mt)</b>						
Avant crise	37	16	23	18	60	34
Après crise	34	12	22	17	55	29
<b>CO2 indirect (Mt)</b>						
Avant crise					9	12
Après crise					9	13
<b>CO2 total (Mt)</b>						
Avant crise	37	16	23	18	69	46
Après crise	34	12	22	17	65	42
<b>CO2 total (indice 100 = 2000)</b>						
Avant crise	50	22	59	65	58	39
Après crise	46	17	55	42	54	35

## 2.3 HESTIA et la crise

HESTIA, sur le plan des comportements de mobilité, comme CASSANDRE sur celui des comportements de consommation, sont des scénarios de rupture par rapport aux décennies passées. En partie subies, en partie voulues, ces ruptures ont en commun de placer la durabilité (sociale, environnementale) au cœur du développement, et non comme un "plus", une fois les aspirations matérielles satisfaites.

La crise actuelle, de fait subie, accélère la prise de conscience sur la fragilité croissante du modèle actuel de consommation, et renforce les troupes de ceux qui appellent de leur vœux une "autre" croissance, voire la "décroissance". Le phénomène s'amplifie jusqu'à trouver des relais politiques vigoureux, qui impulsent et font accepter par l'opinion publique les contraintes fortes que l'on retrouve dans les scénarios HESTIA.

### 2.3.1 HESTIA convole avec CASSANDRE

Dans HESTIA, comme dans CHRONOS, le gel des vitesses moyennes se traduit par des élasticités vitesses/PIB voisines de 0, et l'absence d'effet mécanique de la crise sur la demande de vitesse. Mais contrairement à CHRONOS, la quête pour plus de mobilité individuelle s'estompe progressivement et les budgets-temps de transport (BTT) restent globalement constants. En conséquence, la mobilité moyenne par individu ne croîtra ni plus ni moins vite que dans le scénario HESTIA d'avant crise.

**Tableau 15: Vitesse et mobilité individuelle dans HESTIA / CASSANDRE**

	HESTIA / CASSANDRE	
	2025	2050
<b>Vitesse moyenne</b>		
Avant crise	44	44
Après crise	44	44
<b>Mobilité individuelle ('000km/an/pers)</b>		
Avant crise	16,2	16,2
Après crise	16,2	16,2

Dans CASSANDRE, la baisse, puis la stagnation des revenus, impacte l'équipement automobile, non seulement du fait d'une baisse du multi-équipement plus importante que dans le scénario d'avant crise, mais également d'une baisse du primo-équipement chez les personnes seules et chez les jeunes. On constate ainsi un moindre vieillissement du parc, et

une baisse du volume des immatriculations neuves (par rapport au Hestia d'avant crise), phénomènes encore plus marqués que dans les scénarios CHRONOS-PENELOPE. La forte disponibilité de transports publics et les importantes relocalisations à proximité de ces transports publics rendent la propriété de la voiture moins indispensable à la fois en premier et multi-équipement.

Globalement, avec une baisse des dépenses de transport dans les revenus (hypothèse cohérente avec le nouveau modèle de consommation inscrite dans HESTIA-CASSANDRE), les km parcourus en voiture décroissent plus rapidement que le revenu par habitant, et ce d'autant plus si les prix des carburants croissent plus vite que l'inflation. Le kilométrage moyen pourrait ainsi descendre autour de 10000 km/an en 2050.

**Tableau 16: L'automobile dans HESTIA / CASSANDRE**

	2025	2050
<b>Parc automobile (millions)</b>		
Avant crise	40,1	42,2
Après crise	34,5	36,0
<b>Km/an VP</b>		
Avant crise	13000	12000
Après crise	11000	10000

La part de la VP dans la mobilité globale est soumise à mêmes influences contradictoires que celles évoquées ci-dessus pour CHRONOS-PENELOPE.

Mais ici, la première influence - moindre équipement et utilisation moindre de l'automobile qui obligent à plus recourir aux transports publics - l'emporte largement sur l'ensemble de la période, entraînant à la fois une baisse de la part de la VP dans la mobilité globale, et corrélativement une baisse de la vitesse moyenne des TC (par rapport au Hestia d'avant crise) jusqu'en 2050.

**Tableau 17: La mobilité des personnes dans HESTIA / CASSANDRE**

	2025	2050
<b>Vitesse VP moyenne</b>		
Avant crise	41	37
Après crise	41	37
<b>Vitesse TC moyenne</b>		
Avant crise	85	123
Après crise	65	80
<b>Part de la VP dans la mobilité</b>		
Avant crise	69%	63%
Après crise	57%	52%
<b>Part de la longue distance dans la mobilité</b>		
Avant crise	44%	41%
Après crise	40%	36%

Enfin, la baisse d'activité (par rapport au scénario d'avant crise) d'ici 2050 impacte mécaniquement le transport de marchandises, et ce d'autant plus que les élasticités tkm/PIB baissent (du fait des relocalisations). Toutefois, les élasticités vitesses/PIB étant considérées nulles dans HESTIA, il ne faut pas attendre d'impact supplémentaire de la crise de ce côté.

**Tableau 18: La mobilité des marchandises dans HESTIA / CASSANDRE**

	2025	2050
<b>Trafic marchandises territoire (Gtkm)</b>		
Avant crise	371	420
Après crise	332	369
<b>Vitesse moyenne marchandises</b>		
Avant crise	43	43
Après crise	43	43
<b>Part de la route</b>		
Avant crise	72%	59%
Après crise	77%	56%
<b>Part de la grande vitesse</b>		
Avant crise	3%	10%
Après crise	3%	9%

### 2.3.2 Un monde moins riche, où il fait peut-être mieux vivre, et qui ne menace plus le climat

HESTIA supposait déjà une petite "révolution" dans l'organisation spatiale de l'économie, des villes et dans les comportements de mobilité. La séquence crise-croissance considérée ici dans HESTIA / CASSANDRE peut s'interpréter de deux façons: ou bien c'est la crise qui est le détonateur de la "révolution", ou bien c'est la "révolution" qui entretient la crise...ou du moins la baisse, puis la faible croissance du PIB.

Quoi qu'il en soit, la baisse des consommations énergétiques et celle des émissions de CO<sub>2</sub>, plus rapide que dans le HESTIA d'avant-crise (-10% en 2050) montre bien que la séquence crise-croissance considérée ici permet d'atteindre plus facilement l'objectif facteur 4, et donc avec moins d'efforts en matière d'infrastructures nouvelles de transport terrestres.

On peut en tirer deux conclusions opposées:

- si l'on s'en tient strictement au facteur 4, le moindre effort en matière d'infrastructure peut avoir pour effet de ralentir le rythme de la "révolution", car les infrastructures sont au cœur de la redistribution spatiale, et donc de rater l'objectif en 2050;



- si l'effort requis en matière d'infrastructures est maintenu en dépit de la crise, il est possible que l'on dépasse l'objectif facteur 4 en 2050.

**Tableau 19: La consommation d'énergie dans HESTIA / CASSANDRE**

	Passagers		Marchandises		Total	
	2025	2050	2025	2050	2025	2050
<b>Essence (Mm3)</b>						
Avant crise	4,9	0,7	0,0	0,0	4,9	0,7
Après crise	4,2	0,6	0,0	0,0	4,2	0,6
<b>Gazole (Mm3)</b>						
Avant crise	8,2	3,0	8,6	6,0	16,8	9,0
Après crise	7,0	2,8	8,0	4,9	15,0	7,7
<b>Carburéacteurs (Mm3)</b>						
Avant crise	2,4	1,9	-	-	2,4	1,9
Après crise	1,8	1,4	0,0	0,0	1,8	1,4
<b>Biocarburants (Mm3)</b>						
Avant crise	3,3	4,9	2,9	4,1	6,3	9,0
Après crise	2,8	4,3	2,8	3,6	5,6	7,9
<b>Electricité (TWh/an)</b>						
Avant crise	21	29	2	11	23	40
Après crise	26	41	6	18	32	59

**Tableau 20: les émissions de CO2 dans HESTIA / CASSANDRE**

	Passagers		Marchandises		Total	
	2025	2050	2025	2050	2025	2050
<b>CO2 direct (Mt)</b>						
Avant crise	34	14	24	18	58	32
Après crise	28	11	22	14	50	25
<b>CO2 indirect (Mt)</b>						
Avant crise					9	11
Après crise					9	11
<b>CO2 total (Mt)</b>						
Avant crise	34	14	24	18	66	43
Après crise	28	11	22	14	59	36
<b>CO2 total (indice 100 = 2000)</b>						
Avant crise	46	19	60	46	56	36
Après crise	39	15	55	34	50	31

### **3 : Impacts micro-économiques des scénarios de crise sur les scénarios de mobilité durable**

Les déterminants microéconomiques sont ceux qui donnent de l'épaisseur aux scénarios : épaisseur humaine sous la forme de modes de vie, ou scènes de vie type, épaisseur analytique ensuite car cela peut se traduire par une mise en équation dans TILT.

#### ***3.1. La microéconomie dans les scénarios de crise***

Le module des « micro-comportements » de TILT résume les arbitrages qui jouent au niveau des décisions microéconomiques sur la réalisation du transport. Ce module modélise les déterminants microéconomiques de la mobilité en utilisant les résultats fournis par les autres modules du modèle et en prenant en compte le développement des transports comme une suite d'arbitrages entre le budget monétaire des ménages qui est consacré au transport, les besoins en mobilité pour réaliser leurs activités et l'opportunité du déplacement. Ce module permet de travailler dans une logique où nous avons des agents représentatifs qui prendront des décisions sur la faisabilité d'un déplacement sur la base d'un arbitrage entre les distances, les vitesses et la relation existant entre l'opportunité et les coûts liés à la réalisation d'un déplacement.

Ainsi, dans ce module, nous utilisons un modèle de choix simple qui utilise des données macroéconomiques pour analyser les impacts des contraintes budgétaires (que ce soient économiques, de temps ou de CO<sub>2</sub>) et des changements économiques sur un agent représentatif. Cette analyse, est réalisée en deux temps : le premier se réfère aux changements issus des arbitrages liés aux changements macroéconomiques, alors que, le deuxième se réfère aux mouvements d'adaptation nécessaires pour avoir un scénario cohérent avec la structure macroéconomique et le système des transports. De cette manière, cet outil permet de mieux comprendre les arbitrages qui jouent à l'intérieur de chaque scénario et de mieux comprendre quels seront les impacts sur les décisions de l'agent représentatif.

Le modèle de choix, cœur du module microéconomique, est fondé sur l'idée selon laquelle les choix de transport dépendent du niveau de service des infrastructures et de l'opportunité que représente un déplacement par rapport à son coût. En introduisant un certain niveau d'offre de service correspondant aux infrastructures disponibles dans le modèle de choix, nous faisons apparaître les influences réciproques entre transport de marchandises et transport de passagers en soulignant notamment les changements de comportement dans le transport de passagers. Par ailleurs, en introduisant l'idée d'opportunité, nous touchons directement à la fonction d'utilité des agents et leur consommation (une consommation intermédiaire, à souligner et à relier à l'idée d'opportunité) (qui a aussi une influence sur le transport de fret) car nous comprenons l'opportunité comme l'ensemble de biens et services disponibles à l'agent dans un laps de temps (LINDER, S. 1970).

En outre, l'union de l'élément infrastructure et l'élément opportunité dans un même modèle permettra, par la suite, de développer l'idée selon laquelle, l'utilité des agents ne dépend pas seulement des biens et services qu'ils peuvent consommer dans un laps de temps mais aussi de la capacité que celui-ci aura pour accéder à ces biens et services (du point de vue des infrastructures, du coût et du temps). L'inclusion de la capacité à pouvoir accéder à ces biens et services dans le modèle, nous ouvre la porte à la construction (avec des données quantifiées à l'appui) des logiques intégrées (passagers/fret) propres à chaque scénario de crise.

### ***3. 2. La crise économique dans la logique microéconomique de TILT***

Tel qu'il a été rappelé dans la partie introductive, une crise économique comprend des impacts forts à la fois sur la productivité d'une économie et sur les revenus de la population. Les impacts sur ces deux variables auront des effets directs sur les décisions des agents à plusieurs niveaux. En effet, la crise aura des impacts sur l'activité économique et ceci aura un effet à la fois sur les moyens dont les ménages disposeront mais aussi sur l'opportunité que les déplacements peuvent représenter. Ces changements sur le revenu et l'opportunité auront tendance à modifier la manière dont les ménages conçoivent leur activité et les

poussera à des nouveaux arbitrages qui seront d'autant plus complexes que le prix du pétrole et de l'immobilier viendront renforcer une tendance de différenciation très marquée des comportements de mobilité.

### 3.2.1 Le facteur revenu

Toute décision de transport est intimement liée au budget des ménages et à son utilisation. Pour ce travail, nous supposons que le budget du ménage évolue en fonction de la du revenu. (qui dépend de l'évolution du niveau de formation de la population, des évolutions démographiques, de la productivité et de la fiscalisation) et que la rubrique transport peut être définie comme l'addition des budgets consacrés au transport à courte distance, en régional et à longue distance.

A l'intérieur du budget de chaque échelle géographique, nous retrouvons les éléments liés à la distance, au prix et à la répartition modale. Ainsi, le budget du ménage dédié au transport est défini par les passagers kilomètres en courte distance, en régional et en longue distance, multipliés par le prix de chaque mode et la répartition modale à chaque échelle géographique définie par plusieurs facteurs.

Cette conception du budget de transports allie dans une même expression deux aspects très importants : le temps de transport et le coût monétaire du transport dans un système où il peut y avoir des reports entre les modes et sur les échelles géographiques. En d'autres termes, si nous réalisons des gains sur le transport à courte distance (CD), il est possible de retrouver des réinvestissements dans le transport régional ou à longue distance (LD), sans oublier qu'il est aussi possible d'avoir des réinvestissements susceptibles d'intervenir sur l'ensemble du budget du ménage.

Par conséquent :

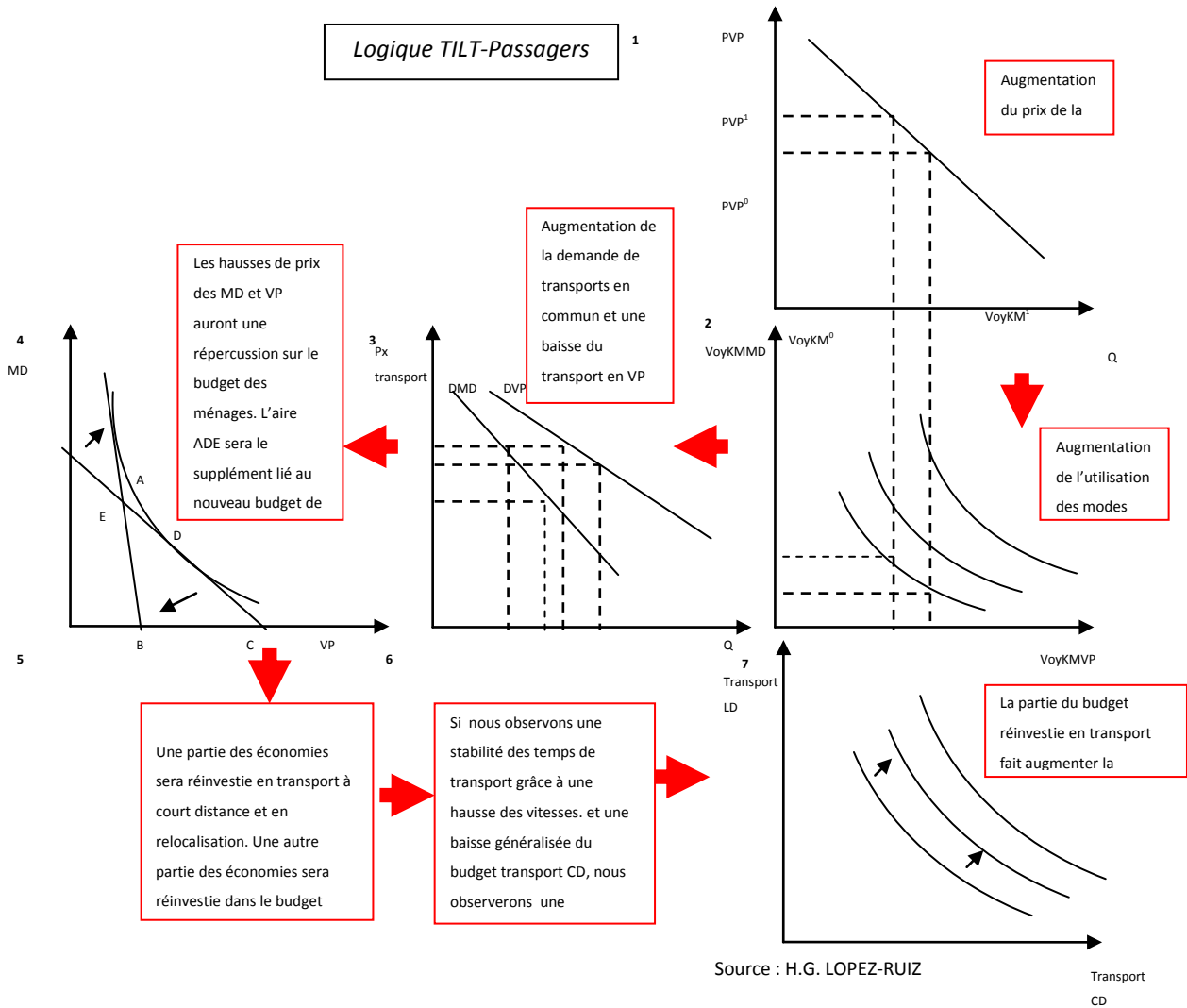
- si la hausse du  $BM_T$  annuel d'un ménage est supérieure à la hausse du revenu net, apparaîtront, soit des renoncements, soit des arbitrages de choix modal ou de localisation ;
- si la hausse du  $BM_T$  annuel d'un ménage est inférieure à la hausse du revenu net, apparaîtront des réinvestissements dans un autre bien (dans l'exemple des graphes nous utilisons le transport LD).

Dans les deux cas, la logique utilisée par TILT pour décrire le système de transport des passagers peut être résumée par les graphes qui suivent, dans lesquelles nous pouvons observer une situation qui pourrait très bien se présenter dans un scénario de crise : le coût du transport en voiture augmente (ce qui pourrait aussi bien être une baisse du pouvoir d'achat provenant d'une diminution du revenu ou une hausse du prix du pétrole).

Dans les schémas nous pouvons voir que cette augmentation pousse à une utilisation plus importante des transports en commun et/ou des modes doux par les personnes qui ont l'accès le plus facile à ces services. Donc, nous observons deux effets :

- une hausse de l'utilisation des transports en commun et/ou des modes doux avec une baisse de l'utilisation de la voiture ;
- un déplacement de la courbe du budget des ménages car les prix du transport en VP, ainsi qu'en TC augmente (même si la hausse du prix des TC est relativement plus légère que sur la VP).

**Figure 1: Logique micro-économique de la mobilité individuelle**



Comme le prix de départ des TC est moins élevé que celui de la VP et que la hausse du prix des TC n'est pas suffisamment importante pour rattraper le niveau de coût de la VP, à la fin de la période, les ménages se reportant sur les TC auront réalisé des économies. En revanche, les ménages n'ayant pas accès aux services de TC et qui ne pourront plus supporter les hausses du prix de la VP préféreront investir dans une relocalisation afin de pouvoir jouir des prix avantageux des TC. En fin de compte, le budget de transport pour la mobilité quotidienne dépensé sera inférieur à ce qu'il était auparavant car les ménages auront réalisé des économies grâce aux arbitrages transport/localisation. Celles-ci seront réinvesties et une partie de ce réinvestissement sera consacré vraisemblablement à l'achat de services de transport de LD (ou toute autre bien et/ou service que l'agent voudra).

Ces observations, même caricaturales, permettent de réfléchir au système des transports comme un système de vases communicants à travers le temps, dans lequel une première répartition est faite selon les besoins et les moyens disponibles pour subvenir aux besoins et selon l'utilité que le consommateur en retire. Ensuite, à l'intérieur de chacun de ces vases une deuxième répartition est faite selon les besoins et moyens propres à chaque vase. Ce sont des manquements et/ou des impossibilités qui expliquent les passages d'un vase à l'autre. C'est au cœur de cette logique qu'une crise économique aura des impacts sur les décisions des individus et les comportements de mobilité. Un arbitrage qui mérite plus d'attention est le choix de changement de localisation par rapport à la hausse du prix de la voiture, en effet, même si un changement de localisation en période de bonne santé économique est tout à fait plausible, il est plus difficile à imaginer en temps de crise. Cependant, c'est le cœur du problème d'une différenciation accrue des comportements de mobilité par rapport au revenu.

### 3.2.2 Le facteur localisation

Lors d'une crise économique, le revenu des ménages connaîtra des changements, ces changements seront intimement liés à l'âge des personnes, la structure du ménage, la CSP, la localisation, et d'autres facteurs socioéconomiques. Ce qui intéresse le facteur localisation dans la modélisation TILT se réfère d'une part au coût relatif des opportunités ainsi qu'à leur accès et, d'une autre part, aux politiques publiques qui peuvent être menées pour mieux profiter des services (que ce soit dans un but environnemental et/ou économique).

De cette manière, un deuxième jeu de vases communicants opère au niveau de la localisation des ménages. En effet, lors d'un choc économique de type crise, le jeu de vases ne se fera pas seulement au niveau des services de transport des différentes échelles géographiques. Le système connaîtra également des arbitrages au niveau de la localisation de ménages. Ces relocalisations opéreront de manière différente selon le type de ménage et les revenus disponibles (immédiatement ou avec un décalage dans le temps). Le but du jeu est de se relocaliser (en cas de besoin) là où les opportunités sont les plus importantes pour le coût le plus bas. En cas de crise, certaines villes sont souvent vues comme un pôle

d'emploi (et autres opportunités) par les populations les plus affectées par la crise. Cependant, dans certaines crises, les villes peuvent être « interdites » aux plus affectés. De ce fait, il est important de souligner deux effets qui joueront un rôle de renforcement à l'horizon 2050 et qui seront déterminants dans un mouvement de relocalisation vers les grandes villes :

- le prix du pétrole et ses impacts sur l'utilisation de la voiture ;
- la baisse des prix dans l'immobilier à cause de la crise consolidé par des effets démographiques, un effet décrit par KEYNES en 1937 et qu'une étude récente quantifie—TAKATS (2010). Cette étude calcule qu'en France l'effet démographique sur les prix du logement pourrait se traduire par une baisse des prix du logement à hauteur de 45%).

Ainsi, si nous prenons ces éléments en compte, nous pouvons identifier plusieurs types de ménages selon leur comportement face à une baisse du revenu. Les ménages qui sont très fortement attachés à leur lieu de vie hésiteront à se relocaliser en cas de crise car ils ne trouveront aucun intérêt à le faire et pourront combler les coûts croissants de l'utilisation de la voiture (s'ils en utilisent une) par leur hausse de revenu. De même certains foyers pourront choisir la relocalisation comme un moyen de faire baisser les contraintes de la crise mais ne seront pas en mesure de le faire à cause de leur manque de revenus ou d'autres forces de rappel. Si nous faisons la synthèse des interactions entre jeux de vases communicants nous obtenons la grille suivante :

	Relocalisation	Pas de relocalisation
R↑	TC, TGV et Aérien	TGV et VP
R↓→	TC, TGV	VP, MD, baisse de mobilité

Les ménages qui ont un revenu qui s'élève, malgré la crise, et qui se relocalisent, auront tendance à utiliser davantage les TC, le TGV et l'avion. En effet, comme nous avons vu dans le diagramme de logique de TILT (cf. 2.1), au même moment que le coût de la voiture s'élève



(ce qui peut être comparé à une baisse de revenu), ses ménages décident de réinvestir en se relocalisant pour faire baisser la facture de la voiture. En faisant baisser la facture des coûts immédiats (nous supposons que les ménages s'endettent (ou renoncent à d'autres consommations) pour se relocaliser ou qu'ils louent à un prix plus élevé mais comparativement plus rentable que la situation d'avant), ils ont plus de consommation en TC et donc plus d'argent disponible pour réaliser des trajets régionaux ou longue distance (TGV et avion). Si ces mêmes ménages ne se relocalisent pas, ils auront une facture VP élevée et auront, vraisemblablement plus de mal à se payer des voyages en aérien (même s'ils ne sont pas exclus).

En ce qui concerne les ménages pour lesquels le revenu baisse ou reste stable pendant la période, ils peuvent décider de se relocaliser et auront, donc, besoin de consommer plus des transports en commun et jouiront d'un accès accru aux TGV, en revanche, ce qui ne se relocalisent pas utiliseront la VP dans une moindre mesure mais seront toujours obligés de l'utiliser pour leur mobilité.

Ces effets pointent du doigt trois effets qui seront très importants à prendre en compte dans la construction des scénarios :

- les changements économiques et l'endettement auront des impacts sur la consommation présente et la consommation après la période de vie dédiée au travail;
- les effets d'inégalité sur les ménages à plus faible revenu qui ne sont pas en mesure de relocaliser afin de jouir d'un réseau TC et pour lesquels il serait trop onéreux pour la société d'offrir des TC sur mesure (UBBELS & VERHOEF, 2006) ;
- la différenciation qui opérera au niveau des comportements de mobilité car en temps de crise, même si la ville ne jouera pas le rôle de l'expulsion des ménages les plus démunis, elle ne sera pas capable de prendre tout le monde. Autrement dit, ceci creusera la brèche sociale.

### 3.2.3 Le facteur opportunité

Du point de vue microéconomique, les scénarios de crise auront différents impacts selon l'intensité des changements pour lesquels nous observerons différents arbitrages possibles sur la base du facteur  $\eta = \frac{\text{opportunité}}{\text{coût}}$  où le numérateur opportunité est fonction des biens et services accessibles à la consommation dans un laps de temps donné. Ces éléments nous permettront d'observer les effets des différentes changements dans le système sur les: vitesses, coûts, distances, budgets, localisations des entreprises, localisations des ménages, infrastructures, etc. (LOPEZ-RUIZ, 2010).

Dans les scénarios de crise, une baisse du revenu d'un ménage se traduit par un changement d'allocation de moyens dans son budget qui équivaut à une baisse des opportunités pour le ménage. Même si la France est un pays avec un système social très performant, la baisse du revenu d'un ménage le rend prudent quant aux dépenses. Ainsi, le rapport de base du modèle de choix  $\eta_{ij} = \frac{\Downarrow \text{opportunité}}{\text{coût}}$  connaîtrait un changement sur le numérateur qui rompt l'équilibre existant entre coût et opportunité rendant le coût relatif des opportunités plus onéreux qu'auparavant.

Ainsi, une double logique d'adaptation devrait apparaître afin de pouvoir conserver un équilibre cohérent du point de vue microéconomique :

- soit accepter une forte hausse (en relation au nouveau revenu) du budget monétaire de transport (qui apparaît comme étant, historiquement, très stable, autour de 15%) ;
- accepter un report modal vers les modes plus économes (ce qui se traduit par une forte hausse des apports des APU aux TC).

Dans ce sens, ce changement est très semblable à ce qui arrive dans un scénario comme Chronos, qui cherche à rendre plus cher le transport avec l'empreinte carbone la plus

importante. Néanmoins, dans cette situation de crise, ce n'est pas seulement le transport qui devient relativement plus cher, mais la nourriture aussi.

Pour ce genre de scénario, il faut supposer que l'on accepte un changement dans la structure du marché - et donc des déterminants de la demande microéconomique - vers une logique de développement des opportunités liées au transport. Ce qui revient à un rééquilibrage des facteurs revenu/temps. Cet effet est aussi très semblable à ce qui se passe dans un scénario comme Chronos, mais la logique est sensiblement différente. Alors que dans Chronos on cherche à rentabiliser le temps de transport en le rendant plus productif, dans un scénario de crise ce serait une rentabilisation pour faire des économies. Ceci renforce la thèse de l'agglomération dans les grandes villes.

Ainsi, pour que cette situation soit viable du point de vue d'un équilibre entre la structure macroéconomique et la structure microéconomique, il faut supposer l'introduction progressive d'un accompagnement financier ainsi que de rationalisation du transport. D'une certaine manière, cette situation pourrait être une bonne manière de rendre non rentable certains usages de la voiture et faire gagner du terrain aux TC qui pourraient proposer un allègement des coûts tout en proposant une augmentation des opportunités.

Ceci suppose que de grands investissements soient effectués, non seulement en matière d'infrastructures, mais aussi en matière de technologies d'information aux usagers et aux transporteurs. L'efficacité du rail et des TC est l'un des facteurs les plus importants d'un tel scénario car la densification du réseau et la progression de l'accessibilité permet de réduire la distance moyenne des parcours. Cette meilleure accessibilité des villes peut également se traduire en une réduction des trafics ainsi que donner une bonne opportunité au développement des systèmes d'information et les transports « seamless ».

A l'instar d'un scénario où il y a une baisse des opportunités liées aux activités de transport, une crise très forte avec des longues périodes sans croissance ou même avec décroissance pourrait être accompagnée d'une forte hausse des matières premières, dont le pétrole. De

ce fait, ce type de scénario, où la composante microéconomique  $\eta = \frac{\Downarrow \text{opportunité}}{\Uparrow \text{coût}}$

observe une hausse du coût de transport accompagné par une baisse des opportunités, pourrait avoir des effets renforcés avec un impact fort sur toute l'économie et en particulier les transports. Ce type de scénario serait très proche d'une situation où la consommation baisse en même temps que le coût pour consommer (et pour accéder à la consommation) augmentent. Cette situation serait insoutenable sur le long terme et pourrait trouver une solution en restructurant l'organisation du système (appareil productif, localisations, transports, etc.) pour mieux gérer l'adaptation à cette situation.

Ce genre de scénario de crise est un scénario inédit qui n'a pas de points communs avec les scénarios LET-ENERDATA précédents, sauf s'il y a une adaptation du système pour se sortir de la crise en jouant sur l'arbitrage opportunité/coût (quitte à changer la structure du système). Dans ce sens, nous retrouvons beaucoup de similitude avec un scénario comme Hestia où nous pouvons observer des changements de comportement mais où les véritables impacts proviennent des politiques qui permettent d'adapter le système au niveau des infrastructures, des technologies et leur phasage avec les actions de planification.

Dans ce cas, au niveau des transports, on pourrait observer que le poids du coût des services de TC devient un fort levier d'incitation pour la demande qui, accompagnée des effets de proximité, permet d'envisager une structure qui profite fortement des TC en exigeant moins en matière d'infrastructures supplémentaires et un allègement sur le budget des ménages.

Ainsi, les changements dans la répartition modale du transport peuvent pousser à un développement des déplacements multimodaux, ce qui demande un fort développement des infrastructures ferroviaires. En outre, le fait d'avoir une fluidité accrue dans la longue distance permet de réduire les investissements totaux sur la route mais nécessite des efforts considérables sur la voirie urbaine et régionale.

Dans une telle situation, il existerait un grand besoin pour des infrastructures routières de proximité. En effet, dès l'instant où la densité des villes augmente et où les distances parcourues se réduisent, les parts des déplacements en urbain et régional augmentent fortement et exigent une très forte augmentation de l'optimisation des infrastructures routières de proximité (ainsi que des lourdes subventions pour les TC)

Il apparaît, donc, une optimisation des distances par rapport aux coûts de transport et des nouvelles configurations des bassins de vie et de consommation ce qui permet de réfléchir à une situation où la crise pousse à des nouveaux arbitrages appelant à une organisation associant des bassins de vie concentrés et à un système distributif moins concentré -et donc de proximité.

### **3.3. Le fret, victime ou sauveur ?**

Toute crise à un impact fort sur la consommation, ce qui frappe également le transport des marchandises. Même si les observations sur les marchandises sont moins évidentes que celles concernant les passagers, il est important –comme nous l’avons fait pour les passagers- de prendre en compte les éléments qui conforment la structure du transport de fret aujourd’hui pour avoir une idée de comment cela peut évoluer dans un scénario de crise. Jusqu’à maintenant, le transport des marchandises a trouvé, dans l’amélioration relative des vitesses (ou du couple fiabilité-massification, donc baisse des coûts par rapport à la hausse de la qualité) -avec des trafics croissants-, un moyen pour agrandir les aires de marché et donc de transport.

Comme le montrent BEN-AKIVA, MEERSMAN et VAN de VOORDE (2008), la structure de production en Europe est marquée par une forte concentration des moyens de production avec un accroissement des distances parcourues par les marchandises à plus haute valeur ajoutée. Au total, l’organisation spatiale de la production n’a pas eu une incidence sur les distances globales de parcours, mais elle en a eu une sur sa segmentation selon les différents stades d’élaboration des produits.

Ces constats nous laissent supposer ceci :

- il y a bien un besoin croissant en matière de vitesse-fiabilité-massification, au niveau français et européen, corrélatif à l’accroissement de la valeur ajoutée moyenne par

tonne de produit transporté. Et il peut s'expliquer par la valeur croissante du coût d'immobilisation des marchandises ;

- sur l'ensemble de l'espace européen, le besoin croissant en matière de vitesse-fiabilité-massification, ne conduit pas à une augmentation des distances globales de transport des tonnes de matériaux de base au cours de l'ensemble du processus de transformation.

En raison de la situation géographique de la France, ces deux premiers constats ne sont pas sans conséquences. Ils amènent à dire que le besoin croissant de la France en matière de vitesse-fiabilité-massification, est lié au fait que, plus les PIB de l'Europe et de la France augmentent, plus leurs économies se spécialisent sur la production des marchandises à haute valeur ajoutée et plus les inputs nécessaires à la production, ainsi que les produits finis, acquièrent de la valeur. De ce fait, les marchandises devront être transportées de plus en plus rapidement à leur destination finale. Cela nous amène à la constatation que, plus le transport d'une tonne de marchandise finie à haute valeur ajoutée destinée à la consommation est rapide, fiable et massifiée, plus on peut étendre la zone de marché.

En d'autres termes, si l'observation d'une croissance de la vitesse-fiabilité-massification, est fortement liée au renchérissement des produits transportés et au développement des infrastructures, elle l'est également au fait que le renchérissement du coût de transport a été moins rapide que le renchérissement de la tonne transportée et n'a pas constitué un obstacle suffisant à l'élargissement des zones de chalandises des produits à haute valeur ajoutée.

Il ressort également de toutes ces observations que le caractère pratique du transport routier, ainsi que la diminution des coûts de transport, ont fortement contribué à ce que la route conserve son importance dans le transport des marchandises et parvienne à accroître de manière spectaculaire la part qu'elle représente sur le marché.

Il est certain que du moment que cette conception du système connaît une crise économique, le moteur de croissance des tonnes.km s'arrête et ceci ne devrait pas avoir un

impact quelconque sur la répartition modale. Cependant, il ne faut pas oublier que dès l'instant où le système logistique connaît une réorganisation, ou bien à partir du moment où le système bénéficie de nouvelles infrastructures qui assurent une amélioration des vitesses, les tonnes produites dans un espace donné pourront être acheminées plus loin dans le même temps de transport pour un coût marginal réduit (en raison de la hausse de la vitesse-fiabilité-massification), seuls les coûts liés à l'usure des véhicules et au carburant augmenteront avec la distance) ce qui pourrait bien être une aubaine dans une crise.

Dans une crise le coût marginal du transport est inférieur à la disposition à payer des entreprises (car il y a une baisse de la demande) pour acheminer leurs marchandises à une plus longue distance, étant donné que la disposition à payer est fonction des ventes totales d'une entreprise ainsi que du coût logistique et du temps de transport, dans toute logique, le nombre de tonnes transportées diminuera.

Mais le raisonnement qui sous-tend cette idée est fondé sur le fait que les entreprises accordent une grande importance aux économies réalisées sur le temps de transport. Cependant, un scénario de crise d'ici 2050 suppose que l'on prenne en compte les changements démographiques qui auraient un grand impact sur les prix du logement ce qu'aurait tendance à pousser (à cause de la baisse des revenus et la hausse du prix du pétrole) vers une relocalisation des ménages au centre. Cette relocalisation pourrait bien redonner aux entreprises l'élément de la vitesse en réduisant les distances à parcourir et en désengorgeant les voiries. Autrement dit, s'il y a moins des voitures particulières, le temps de transport des marchandises pourrait bien rester stable avec des distances qui se réduisent.

Ainsi, s'il s'agit d'une crise européenne avec des pôles de croissance présents dans d'autres parties du monde, cette tendance pourrait offrir un regain de compétitivité à l'économie française qui pourrait profiter, en outre, d'une demande allégée pour les produits pétroliers et un intérêt regagné à aller plus loin, ce qui pourrait se traduire dans un élément de stabilisation pour la toute l'économie.

### **3.4. Le chiffrage initial des scénarios de crise**

En conséquence à une crise, le système de transports s'adapte à une nouvelle situation où la demande de mobilité et de vitesse sont moins importantes. De ce fait, un scénario de crise, permet d'envisager une adaptation du système qui passe par accepter une mobilité moins rapide avec des distances de transport qui progressent peu ou pas du tout. Cependant, ces changements supposent des modifications au niveau des budgets : temps, monétaire et carbone qui sont intimement liés à l'utilisation des différents modes et leur financement. Ainsi, un scénario de crise risque de non seulement avoir des impacts sur les choix microéconomiques suite à des arbitrages entre localisation/opportunités/mobilité mais aussi des impacts liés au rôle des autorités publiques et des planificateurs ainsi que des impacts liés aux modes de vie et leur adaptation à une crise.

Dans ce sens, les apports des APU en matière de subvention à l'utilisation des TC sont une partie essentielle de ce genre de scénarios et de ce fait, les sources fiscales aussi. Egalement, la consommation des ménages et leur adaptabilité à une nouvelle situation apparaîtront comme des éléments clés de ce genre d'analyse. Ainsi, on peut supposer que une situation de crise peut se traduire par une accentuation des inégalités dues à l'accès au transport selon que l'on ait une ligne de métro qui passe près de chez soi ou pas (cf. Facteur Localisation).

Néanmoins, un scénario de crise ne représente pas forcément une situation de déséquilibre non soutenable mais plutôt une nouvelle situation avec des arbitrages complètement différents qu'il faut élucider. De manière générale, la baisse de la mobilité et de la demande de vitesse qui suit une situation de crise peut induire une baisse de l'utilisation de la voiture et de l'avion ce qui peut représenter une opportunité pour développer les services des TC sans que cela entraîne, obligatoirement, des investissements supplémentaires trop importants. Cependant, toute situation de crise peut aussi engendrer des situations de pénibilité. Ainsi, dans les paragraphes qui suivent nous présentons les résultats du calage microéconomique au niveau du budget des ménages et du ratio « €consommées »/ « km



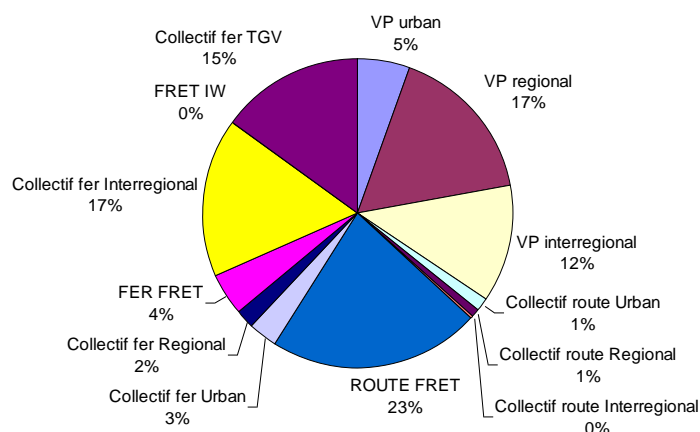
parcourus ». Toutefois, nous ne nous livrerons pas à un exercice d'analyse des effets négatif de la crise ni des effets d'inégalité<sup>5</sup> qu'elle pourrait engendrer.

### 3.4.1 Scénario Phénix

Dans un scénario comme Phénix, nous observons une baisse de la mobilité VP, qui permet le développement des TC (notamment les TC ferroviaires). De ce fait, c'est un scénario qui demande un développement soutenu des nouvelles infrastructures de transports en commun en même temps que nous observons une baisse de la demande de la mobilité qui est couplée à la baisse de la part de marché de la route. Cependant, dans ce scénario, le fret ferroviaire, même s'il connaît une hausse, continue à être relativement faible par rapport à la route.

De ce fait, dans le scénario Phénix, on évalue les besoins en matière des nouveaux investissements en infrastructure à hauteur de milliards d'euros par an sur l'ensemble de la période qui se répartissent de la manière suivante :

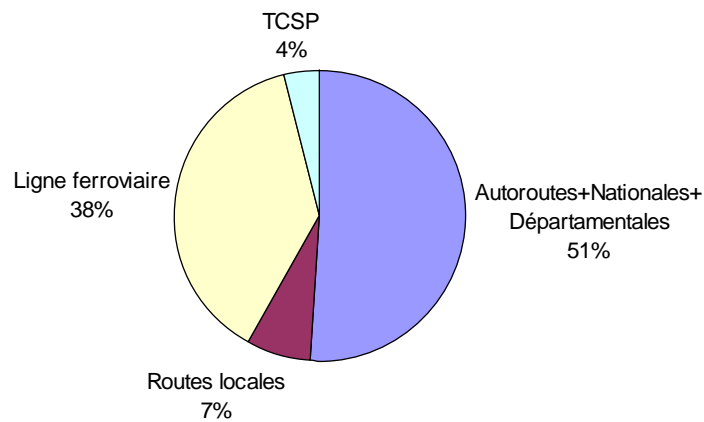
**Figure 2 Répartition des besoins d'investissement en infrastructure**



A titre comparatif, voici la répartition en année de base :

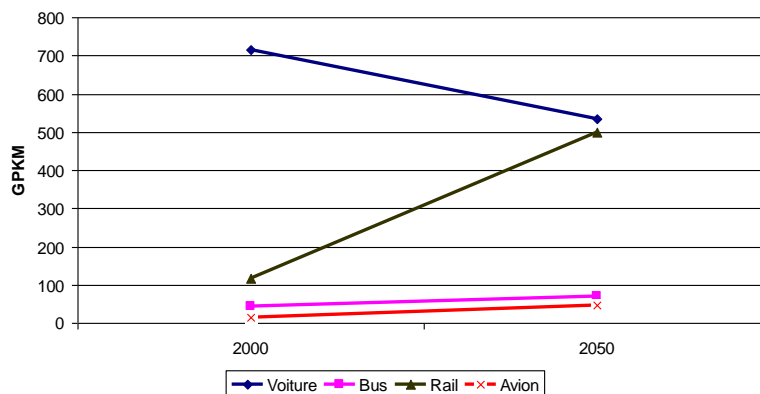
<sup>5</sup> Les trois scénarios présentés supposent une hausse du budget transport tel qu'il pourrait représenter plus de 15% du budget total des ménages. Cependant, cette partie croissante ne peut pas être généralisée à toute la population. En effet, selon les différentes catégories de population et leur localisation ce budget serait très différent. Dans les notes à venir nous nous efforcerons de creuser ces aspects du chiffrage microéconomique.

**Figure 3 Répartition des besoins d'investissement en infrastructure**



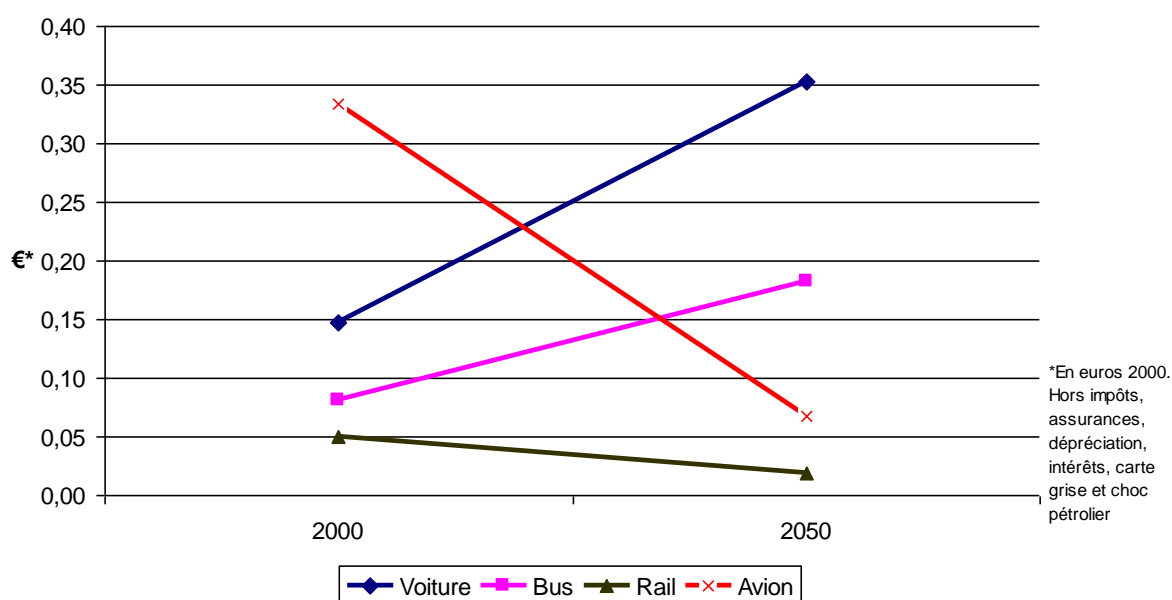
Dans ce scénario, la moindre utilisation de la VP ne permet pas d'envisager la fiscalisation des effets négatifs comme une source importante de revenus pour le développement d'infrastructures ferroviaires. Cependant, la conjoncture de crise suivi par une reprise très forte, à partir de 2025, renforce un report modal en deux temps : une période où le report modal vers le rail et les TC se fait avec une relative aisance et sans un besoin de fortes incitations économiques (taxes, subventions, permis négociables). Cette première période est suivie par une forte reprise qui incite un fort développement de la mobilité à longue distance avec un très fort développement du TGV et de l'avion. Cet effet à deux temps mène à se poser la question sur l'utilisation du développement du TGV dans la première période comme un élément clé qui déterminera la position de l'avion dans la période de reprise.

**Figure 4 Evolution de GPKM par mode**



Cette même logique d'adaptation en deux temps est visible, même si de manière moins nette, au niveau du transport urbain et régional. De ce fait, dans Phénix, l'évolution de la consommation des ménages en matière de services de transport en commun augmente fortement à cause de leur utilisation accrue alors que la consommation en € pour la VP augmente à cause de l'hausse du coût d'utilisation.

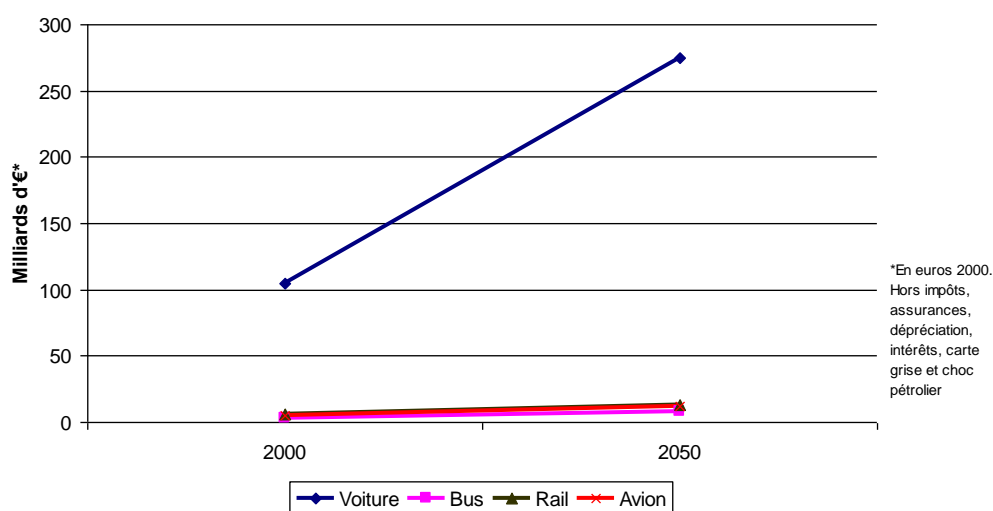
**Figure 5 Evolution du ratio « €consommés »/ « km parcourus » pour chaque mode**



Cependant, le fort report modal vers le rail, dans ce scénario, a des effets négatifs peu espérés. En effet, la très forte hausse de la mobilité en rail conventionnel (liée aux effets de la crise sur les revenus) et en rail rapide (liée aux effets de la reprise forte sur les revenus) rend, en général, la demande du rail très inélastique. Cet effet renforce la position du rail au niveau de la mobilité mais a, aussi, tendance à renforcer la reprise de la mobilité en avion sur la deuxième période.

Un effet de saturation sur les services ferroviaires pousse l'aérien à se développer très fortement (ce qui explique la tendance à la baisse du ratio « €consommés »/ « km parcourus »). Cet effet renforce l'idée que nous avons évoquée de développer, dans Phénix, l'idée du TGV comme un élément clé du développement du transport aérien et non seulement comme un élément clé du transport soutenable à haute vitesse.

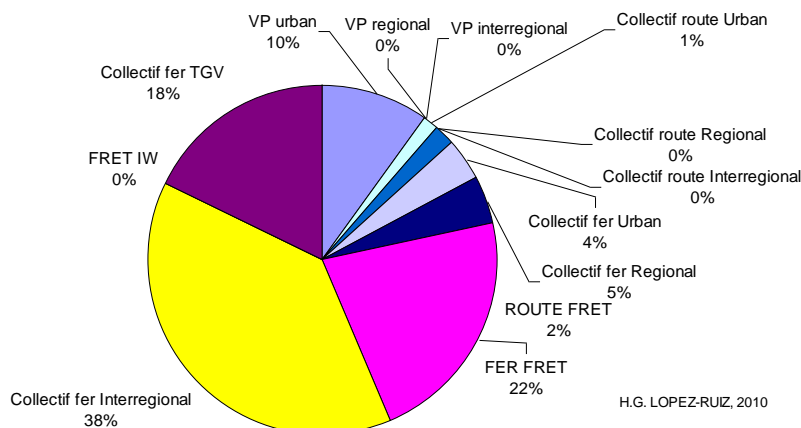
**Figure 6 Evolution de la consommation totale pour chaque mode**



### 3.4.2 Scénario Pénélope

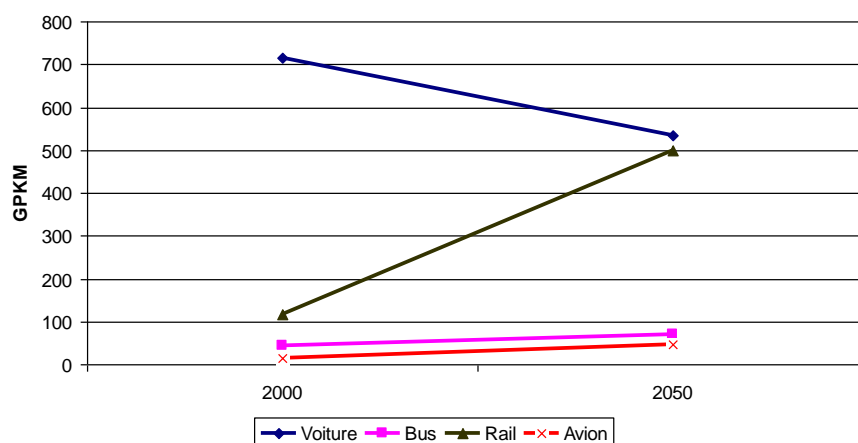
A l'instar du scénario Phénix, Pénélope montre une situation où la croissance est faible mais soutenue toute au long de la période. De ce fait c'est un scénario où les baisses des opportunités liées à la crise sont accompagnées par une hausse modérée et soutenue des revenus. En conséquence ce scénario illustre une situation caractérisée par le fort développement des déplacements liés aux besoins quotidiens ainsi que les déplacements en longue distance. Cependant, ce développement se faisant dans un climat de ralentissement économique, le développement de la mobilité se caractérise par une forte utilisation du rail et des TC. De ce fait, les besoins en matière d'investissements en infrastructure (environ 20 milliards d'euros d'investissements par an sur l'ensemble de la période) de ce scénario sont très orientés vers les infrastructures ferroviaires.

**Figure 7 Répartition des besoins d'investissement en infrastructure**



Pénélope est un scénario marqué par une forte baisse de l'utilisation de la voiture mais de manière un peu plus modérée que pour Phénix. Ceci est dû au fait que ce scénario illustre une crise de croissance faible mais soutenue. Ainsi, Pénélope présente une situation idéale pour le financement des infrastructures ferroviaires, en partie, grâce aux revenus fiscaux liés à l'imposition des effets négatifs du mode routier.

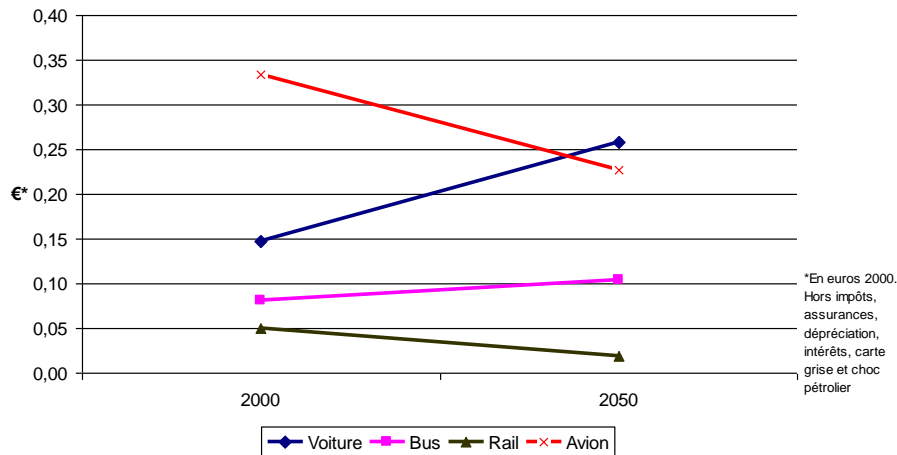
**Figure 8 Evolution de GPKM par mode**



Dans ce scénario, la diminution du ratio « €consommées »/ « km parcourus » pour l'aérien connaît une baisse moins forte que dans le scénario Phénix (car les besoins croissants en vitesse s'estompent dans ce scénario) mais elle est couplée à une demande croissante de la mobilité à longue distance qui n'est pas due à une saturation du rail (observée dans le

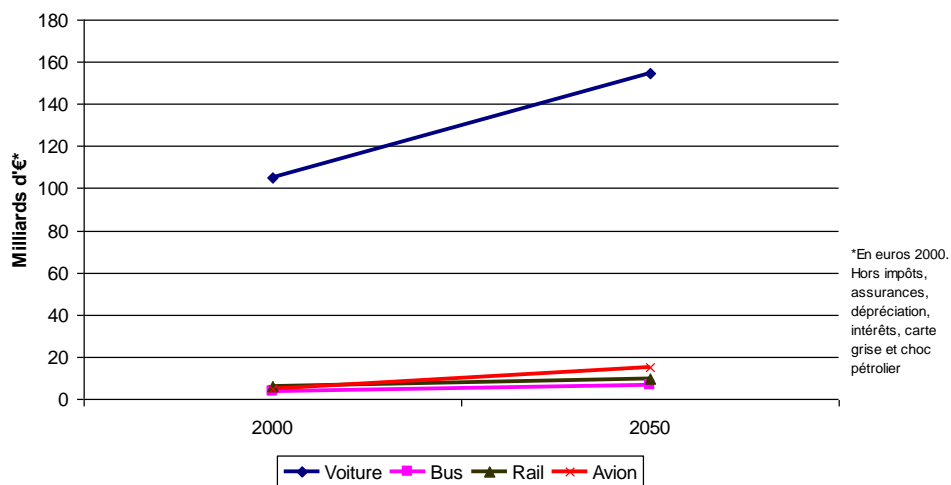
scénario Phénix). Cette situation permet, dans le modèle microéconomique, d'envisager une forte augmentation des tarifs aériens et de les inclure dans les revenus fiscaux qui pourraient servir au financement des infrastructures ferroviaires.

**Figure 9 Evolution du ratio « €consommées »/ « km parcourus » pour chaque mode**



En outre, dans ce scénario, nous observons une forte baisse dans le ratio « € consommés »/ « km parcourus » des services ferroviaires. Cependant, la forte baisse du ratio pour le rail est due à une forte croissance de la demande (alors que les tarifs évoluent à la même allure que le PIB).

**Figure 10 Evolution de la consommation totale pour chaque mode**

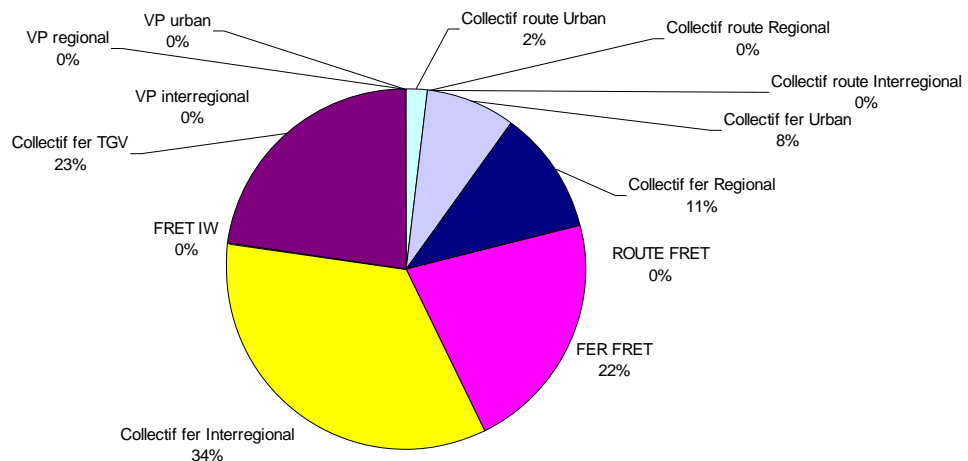


### 3.4.3 Scénario Cassandre

Si les deux derniers scénarios sont caractérisés par une situation de crise où la croissance de la mobilité prend une forme différente (selon que l'on ait une croissance timide où une récupération forte) le scénario Cassandre est caractérisé par une baisse du revenu suivi d'une reprise lente qui se solde par une hausse du coût relatif des activités de transports avec une baisse de la mobilité et des opportunités liés à cette activité. De ce fait, il s'agit d'un scénario où la demande de transport évolue dans une situation de faible activité.

Dans ce scénario, les infrastructures de transports jouent un rôle secondaire au niveau du module microéconomique et, même si les investissements, notamment dans le ferroviaire, sont nécessaires, les montants totaux sont plus faibles (environ 17 milliards d'euros d'investissements par an sur l'ensemble de la période) que pour les autres scénarios.

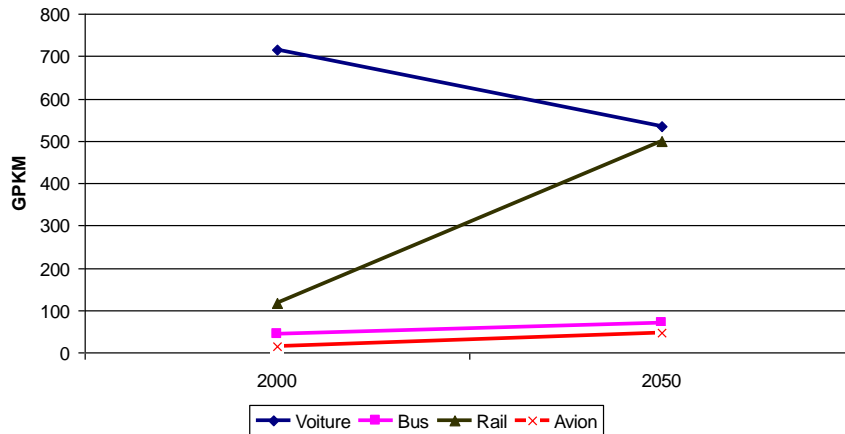
**Figure 11 Répartition des besoins d'investissement en infrastructure**



Cassandre est un scénario où le report modal vers les transports en commun, notamment ferroviaire, est directement lié à la baisse de la demande de vitesse. Cependant, comme pour le scénario Pénélope, la forte hausse de l'utilisation du rail rend sa demande assez

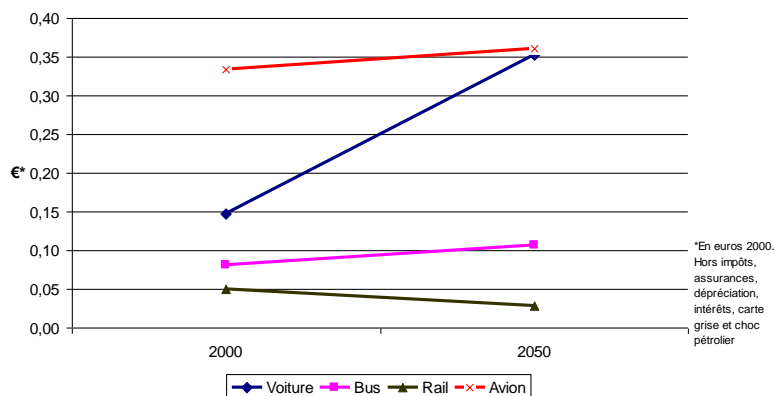
inélastique en même temps que les coûts de l'utilisation de la voiture et de l'avion deviennent prohibitifs.

**Figure 12 Evolution de GPKM par mode**



Cassandra est le seul scénario où la baisse de demande de l'avion, couplé à des hausses de tarifs font grimper le ratio « €consommées »/ « km parcourus » du secteur aérien en même temps que les transports en commun n'affichent aucune subvention sur leurs tarifs (sauf celles déjà existantes actuellement).

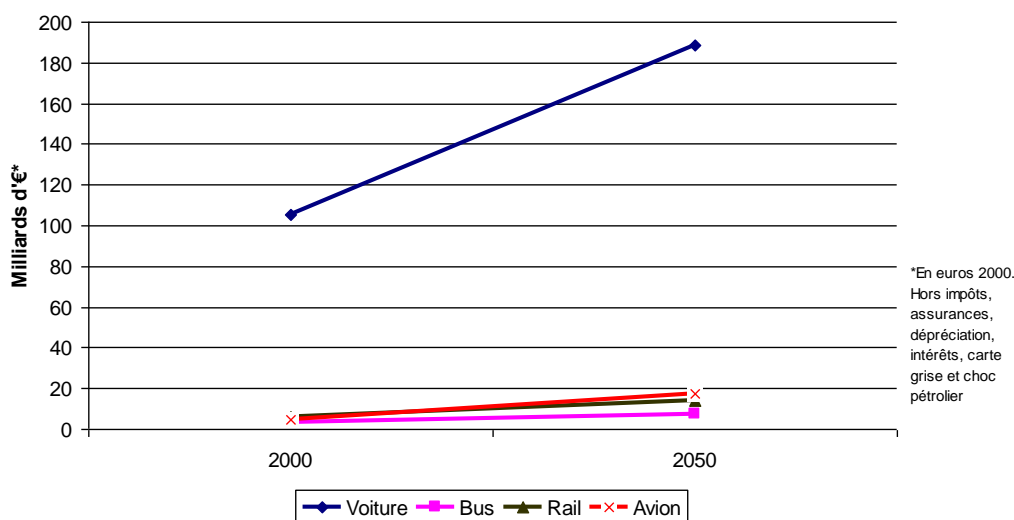
**Figure 13 Evolution du ratio « €consommées »/ « km parcourus » pour chaque mode**



De ce fait, Cassandra présente une situation où, à l'instar des autres scénarios, les dépenses des ménages dans le transport ferroviaire augmentent fortement alors que l'avion et la voiture deviennent des biens supérieurs.



**Figure 14 Evolution de la consommation totale pour chaque mode**



### 3.5. Conclusions

Des scénarios comme Hestia, Chronos ou Pégase apportent une solution au problème des émissions de CO<sub>2</sub> sous réserve d'hypothèses technologiques optimistes et des importants changements dans les comportements liés à la mobilité.

Ces nouveaux scénarios de crise montrent des arbitrages dans une période de pénurie et comment les comportements changeraient face à une nouvelle situation qui contraint, à la baisse, les deux éléments centraux de la croissance de la mobilité dans les scénarios précédents (la vitesse et les revenus).

Ainsi, nous voyons donc naître de nouveaux besoins en matière d'analyse pour lesquels cette première approche jette les bases :

- l'utilisation des politiques publiques de mobilité pour accompagner les nouveaux arbitrages liés à la crise ;
- la question centrale de la temporalité, sur laquelle doivent intervenir les différentes politiques publiques. A quel moment faut-il lancer les investissements nécessaires ?

Aux incertitudes sur le financement de tous ces changements s'ajoutent des questions sur la cohérence entre les différentes actions à mettre en place.

- ensuite, nous sommes confrontés également à des questions portant sur l'équité des politiques publiques et leur acceptabilité. Quels seront les gagnants et les perdants de cette crise et de cette réorientation des politiques publiques, Quels seront les mécanismes compensateurs ?
- Enfin, se dessine aussi la question de la complémentarité du transport de fret et des passagers dans les efforts d'adaptation, pourra-t-on développer des stratégies communes associant efficacité technique et acceptabilité social ainsi qu'environnementale ?

## Bibliographie

- BAUDRILLARD J., La société de consommation, Gallimard, Idées, 1970
- BEN-AKIVA, M. MEERSMAN, H. VAN DE VOORDE, E.. Recent Developments in Transport Modelling. UK: Emerald, 2008.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. (1979), La décroissance: entropie, écologie, économie,
- JACKSON, Tim (2009), *Prosperity without growth ? The transition to a sustainable economy*, Sustainable Development Commission.
- JACKSON, Tim (2010), *Prosperité sans croissance. La transition vers une économie durable*. Co-édité par Etopia et De Boeck. A paraître.
- KEYNES, J.M. (1937) Some economic consequences of a declining population, The Eugenics Review, Vol. 29, pp. 13-17.
- LINDER, S. (1970), The Harried Class of Leisure, New-York and London Columbia, University Press.
- LOPEZ-RUIZ H.G., CROZET Y. La voie étroite du « facteur 4 » dans le secteur des transports : quelles politiques publiques, pour quelles mobilités?. RTS (Recherche Transport et Sécurité) (à paraître).
- LOPEZ-RUIZ, H.G. (2010) Recommended practice in adaptation strategies for long-term sustainable transport planning. IEEE - Intelligent Transport Systems, 13<sup>th</sup>. Septembre 2010.
- MEADOWS D.L. & al., The limits to growth, Potomac Associates, Washington D.C., traduit en français sous le titre, Halte à la croissance ?, Fayard, Paris 1972
- NIVEAU M. A., CROZET Y. (2007), *Histoire des faits économiques contemporains*, Paris, PUF, 847p.
- TAKATS, E. (2010) Ageing and asset prices. BIS Working Papers No 318. Août 2010
- UBBELS, B. & VERHOEF, E.T. (2006). Acceptability of road pricing and revenue use in the Netherlands. European Transport \ Trasporti Europei 32 69-94.
- ZAMPARINI, L. & REGGIANI, A.. "Freight Transport and the Value of Travel Time Savings: A Meta-Analysis of Empirical Studies." Transport Reviews 27, 5 (September 2007): 621-636.

