

Face à l'épuisement du pétrole, quel rôle pour l'aménagement du territoire en Wallonie ?¹

Que fera-t-on quand il n'y aura plus de pétrole ? Pour contribuer à répondre à cette question, ce numéro de Regards économiques analyse dans quelle mesure l'aménagement du territoire pourrait permettre de réduire la dépendance au pétrole de la Wallonie à moyen et long termes. Une analyse à moyen terme révèle une vulnérabilité-revenu certaine des communes rurales à un choc pétrolier. Une analyse de long terme, prospective, révèle que bouger moins peut être plus efficace que bouger mieux. À partir de ces résultats, l'article propose une série de mesures de politique économique et d'aménagement du territoire destinées à réduire la dépendance au pétrole de la Wallonie à moyen et long termes.

Cédric Bazet-Simoni

Thierry Bréchet

Pierre Obsomer

Fiorella Quadu

Véronique Rousseaux

Que fera-t-on quand il n'y aura plus de pétrole ? En Wallonie, 97 % de l'énergie utilisée pour le transport routier provient du pétrole et 80 % du transport de personnes et de marchandises se fait par la route.² Le pétrole est aussi largement utilisé pour le chauffage des habitations et il constitue un intrant dans de nombreux procédés industriels, par exemple, les plastiques. En fait, la plupart des biens et services que nous utilisons dépendent du pétrole. La Wallonie va-t-elle donc se trouver paralysée lorsqu'il n'y aura plus de pétrole ? Si poser la question en ces termes peut sembler quelque peu simpliste, il n'en demeure pas moins que le pétrole est une ressource épuisable et que l'on pourrait donc s'attendre un jour à ne plus en avoir. Est-ce une menace sérieuse et, surtout, comment s'y préparer ?

Il semble évident pour chacun que réduire sa consommation de pétrole est d'abord une question de technologie : posséder une voiture «éco-efficace» (pour reprendre la terminologie des publicitaires), isoler son habitation ou changer sa chaudière. Tous les ingrédients pour une réduction de la consommation de pétrole semblent se résumer à ces trois éléments qui sont tous potentiellement résolus par la technologie. Les mesures comportementales ou d'organisation spatiale sont très minoritaires tandis que les solutions technologiques prédominent, comme en témoignent l'ouvrage de Wautelet (2007), l'étude de Aftabuzzaman et Mazloumi (2011) ou celle, plus transversale, du *Natural Resources Defense Council* (NRDC, 2005).

¹ Ce numéro de *Regards économiques* est tiré d'une étude réalisée en 2010 pour le compte du Gouvernement wallon sous l'égide de la Conférence permanente du développement territorial (CPDT). Ont également contribué à cette étude Marc Servais (CREAT, UCL) et Thibaut Zeimes (CORE, UCL). Tous les résultats sont accessibles sur le site <http://cpdt.wallonie.be>. Nous remercions également Muriel Dejemepe et Vincent Bodard pour leurs suggestions.

² Chiffres IWEPS (2010).

L'analyse de l'économiste est, quant à elle, quelque peu différente. Elle repose sur l'étude des motivations qu'ont les individus à adopter ces technologies ou à modifier leur comportement. On comprend facilement que lorsque le prix de l'énergie augmente, chacun est incité à modifier son comportement (rouler moins, chauffer moins) mais aussi à adopter ces technologies (changer de voiture, changer de chaudière). Mais ceci n'est vrai que si la hausse des prix énergétiques est assez forte. Pour de nombreuses raisons, les individus sont en général assez peu réactifs aux hausses des prix énergétiques. L'une de ces raisons est l'importance des coûts fixes. Par exemple, pour une berline moyenne, l'achat de carburant ne représente qu'environ 11 % du coût total, le plus cher étant le coût d'achat du véhicule, l'assurance et les taxes.³ Pour un logement, les dépenses de chauffage représentent souvent une part encore plus faible du coût total. Autrement dit, même si les individus ont le sentiment (justifié) que l'énergie coûte cher, un renchérissement de cette énergie peut n'avoir qu'une influence ténue sur leur comportement car les coûts fixes prédominent sur les coûts variables. Le résultat est qu'ils ont peu d'incitation à réagir (voire, pas la possibilité) pour réduire leur consommation d'énergie. Ils subissent de plein fouet cette hausse de coût, laquelle se traduit alors en une perte de pouvoir d'achat.

L'objet de cette étude est d'aller au-delà des solutions technologiques et comportementales et d'analyser la contribution des mesures d'aménagement du territoire à la réduction de la dépendance au pétrole. Afin de réduire notre dépendance au pétrole, il est nécessaire de jouer de manière complémentaire sur la mobilité des gens et sur la localisation des emplois et du résidentiel, ce qui constitue une stratégie à long terme sur laquelle l'aménagement du territoire a une influence évidente. Par exemple, concentrer ou disperser géographiquement les emplois ou la population a des implications directes sur la mobilité. De même, modifier les schémas de déplacements implique des modifications dans les modes de transport (voiture, transports en commun, marche ou vélo), et vice-versa. Autrement dit, l'organisation de l'espace s'articule principalement autour de trois éléments qui sont étroitement interconnectés : la localisation des emplois, la localisation des populations et les déplacements domicile-travail.⁴ Tous ces éléments relèvent à la fois de choix de court terme et de long terme. La principale question posée dans cette étude est donc la suivante : comment jouer sur ces trois éléments pour réduire la dépendance de la Wallonie au pétrole ? Notre étude s'est également intéressée à d'autres facteurs de dépendance au pétrole, et en particulier à la structure et à l'isolation de l'habitat, ainsi qu'aux pratiques agricoles et aux usages du sol. Ces facteurs seront également évoqués dans cet article.

Nous avons développé une analyse en deux temps inspirée de la prospective. D'abord, une analyse de «temps court», c'est-à-dire un horizon de temps où les choses restent 'plus ou moins comme maintenant' : pas de révolution technologique, pas de révolution comportementale et, surtout, pas de modifications majeures dans l'organisation spatiale de la Wallonie. L'objet de cette analyse de temps court est d'évaluer la vulnérabilité des communes wallonnes à un renchérissement marqué des prix pétroliers. Cette vulnérabilité sera mesurée à l'aune des dépenses occasionnées pour les déplacements domicile-travail et pour le chauffage. Ensuite, une analyse de «temps long». A cet horizon, beaucoup de choses sont possibles, non seulement en termes de technologies (diffusion de la voiture électrique, maisons passives...), mais surtout en termes d'aménagement du territoire. Nous nous concentrerons sur ce dernier aspect. Comment localiser les emplois ou les popu-

³ Ces chiffres dépendent évidemment du type de véhicule, du type d'assurance, du kilométrage annuel, de la durée de possession du véhicule et de sa valeur de revente.

⁴ Les déplacements domicile-travail représentent, grosso modo, la moitié des déplacements des ménages. Ils sont considérés comme les plus structurants en termes d'organisation du territoire. Ce sont les seuls pour lesquels nous disposons de données statistiques.

lations ? Quelles sont les implications sur la mobilité et, partant, sur la consommation de pétrole ? Quelle est la contribution des solutions technologiques par rapport aux mesures liées à l'aménagement du territoire ? Cette analyse de temps long sera réalisée sur base de scénarios prospectifs de la mobilité et des localisations entre les communes wallonnes.

La suite de l'article est organisée de la manière suivante. Même si l'objet premier de cet article n'est pas l'épuisement du pétrole, il est indispensable de faire le point sur cette question afin de comprendre les impacts de cet épuisement annoncé sur la Wallonie. La section 1 présentera donc rapidement les projections pétrolières de l'Agence internationale de l'énergie ainsi que les effets macro-économiques d'un doublement du prix du baril de pétrole et la vulnérabilité-revenu des communes wallonnes à ce choc. Dans la section 2, l'analyse de temps long sera exposée. Sur base de ces analyses, la section 3 proposera, en guise de conclusion, une série de recommandations pour l'aménagement du territoire en Wallonie.

1. Le pétrole : chronique d'une fin annoncée et effets à court terme

Bien que longtemps occulté, c'est désormais un fait reconnu : le pétrole est une ressource épuisable. Après avoir longtemps entendu qu'il en restait encore pour 40 années de consommation, depuis quelques temps le débat a changé de ton, rapprochant de plus en plus le point de vue des «optimistes» (souvent des économistes) de celui des «pessimistes» (souvent des géologues). Pour les premiers, la raréfaction de la ressource aurait pour conséquence une hausse des prix, ce qui permettrait l'apparition d'alternatives : en clair, rien d'alarmant. Pour les seconds, s'appuyant sur la théorie du géophysicien M.K. Hubbert,⁵ une diminution de la production mondiale de pétrole serait inévitable et irréversible dès les années 2005-2010. Un débat animé, donc, et dont les conclusions n'apparaissent aujourd'hui plus si contradictoires.⁶ La dernière publication de l'Agence internationale de l'énergie a peut-être même clos ce débat.

Les projections de l'Agence internationale de l'énergie

Selon le scénario «Nouvelles politiques» du *World Energy Outlook 2010*,⁷ la production de pétrole brut ne retrouvera jamais le niveau de 70 millions de barils par jour (mb/j) qu'elle a atteint en 2006. Le graphique 1 montre une stagnation de la production globale attendue de pétrole brut (ou conventionnel). Ce plateau suppose qu'un nombre suffisant de nouveaux gisements soient découverts et mis en exploitation. A l'horizon 2035, les pétroles non conventionnels (sables et schistes bitumineux, offshore profond, etc.) ne couvrent toujours qu'une faible part de la production.⁸

⁵ Selon la théorie développée en 1956 par M.K. Hubbert, la nature des gisements de pétrole brut (ou conventionnel) induit une production en forme de cloche. Le «pic» est le maximum au-delà duquel la production ne peut que décliner. Cette théorie s'est montrée exacte en ce qui concerne les gisements de pétrole américains. Voir Brocorens (2007) pour une exposition de cette théorie.

⁶ Pour une analyse économique du pic pétrolier, voir Bréchet et van Brusselen (2007).

⁷ Le *World Energy Outlook* est la publication annuelle de l'Agence internationale de l'énergie (www.iea.org), qui est une émanation de l'OCDE. Le scénario «Nouvelles politiques» suppose la mise en œuvre des mesures actuellement annoncées par les gouvernements pour réduire la demande d'énergie et les émissions de CO₂. Ce scénario prévoit une croissance annuelle de la demande d'énergie primaire de 1,2 % contre 1,4 % pour le scénario «Politiques actuelles» et 0,7 % pour le scénario «450» (pour une limitation de la concentration de gaz à effet de serre à 450 ppm).

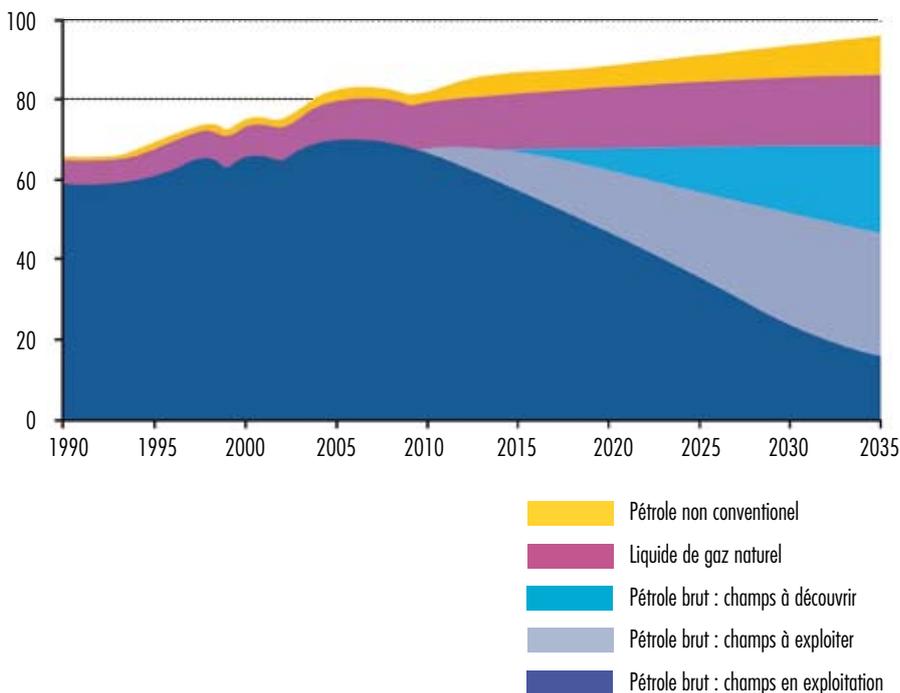
⁸ Pour une description des différents types de pétroles conventionnels et non conventionnels, voir Greene *et al.* (2006). Ces auteurs montrent que le développement des pétroles non conventionnels va profondément modifier la structure géopolitique de l'offre globale de pétrole, notamment avec une montée en puissance du Canada, de l'Amérique Latine (Venezuela principalement), de la Russie, mais aussi des Etats-Unis. Ceci rejoint le résultat de Sovacool (2007) qui montre que l'indépendance pétrolière (entendue comme l'absence d'importations) serait possible pour les Etats-Unis à l'horizon 2030, via à la fois une réduction drastique de la consommation, mais aussi via l'utilisation de pétroles non conventionnels.

... Les projections de l'Agence internationale de l'énergie

Selon l'Agence, il faut s'attendre à une hausse du prix du pétrole afin d'équilibrer les marchés pétroliers, consécutive au fait que l'offre comme la demande sont de moins en moins sensibles au prix. La concentration croissante de la consommation de pétrole dans le secteur des transports et le fait que la demande se réoriente vers les marchés subventionnés limitent ainsi l'effet dissuasif que les prix plus élevés pourraient exercer sur la demande en favorisant l'adoption de carburants alternatifs. En outre, en raison des contraintes pesant sur l'investissement, la production n'augmente que faiblement lorsque les prix sont élevés. Dans le scénario «Nouvelles politiques», le prix moyen du pétrole brut est supposé doubler en 2035 par rapport à son niveau de 2009 (en dollar constant).⁹ C'est l'hypothèse que nous choisirons pour étudier les effets d'un pétrole cher sur le territoire wallon.

Graphique 1. Production mondiale de pétrole dans le scénario «Nouvelles politiques» de l'Agence internationale de l'énergie, en millions de barils par jour

Source : World Energy Outlook 2010.



Les effets macro-économiques d'un doublement du cours du baril

Une évaluation des impacts sur l'économie wallonne d'un doublement des prix pétroliers a été réalisée par le Bureau fédéral du Plan et l'Institut wallon de l'évaluation, de la prospective et de la statistique (IWEPS) avec le modèle HERMREG.¹⁰ L'étude suppose un doublement du prix du baril et analyse ses effets sur dix ans. Par rapport à une projection de référence (c'est-à-dire sans doublement du prix du baril), ce doublement se traduirait par une réduction du PIB de 2,2 % après dix ans, avec des effets sectoriels très marqués. Du point de vue de la consommation des ménages, les coûts des dépenses de chauffage augmenteraient de 40,6 %, avec en réaction une réduction de la consommation de 13,3 %. Pour les carburants, le prix du diesel augmenterait de 40,2 % et provoquerait une réduction de la consommation de 14,7 % (ces effets seraient moins marqués pour l'essence). Les prix alimentaires augmenteraient de 6,2 %.

⁹ World Energy Outlook 2010, résumé français, p. 4.

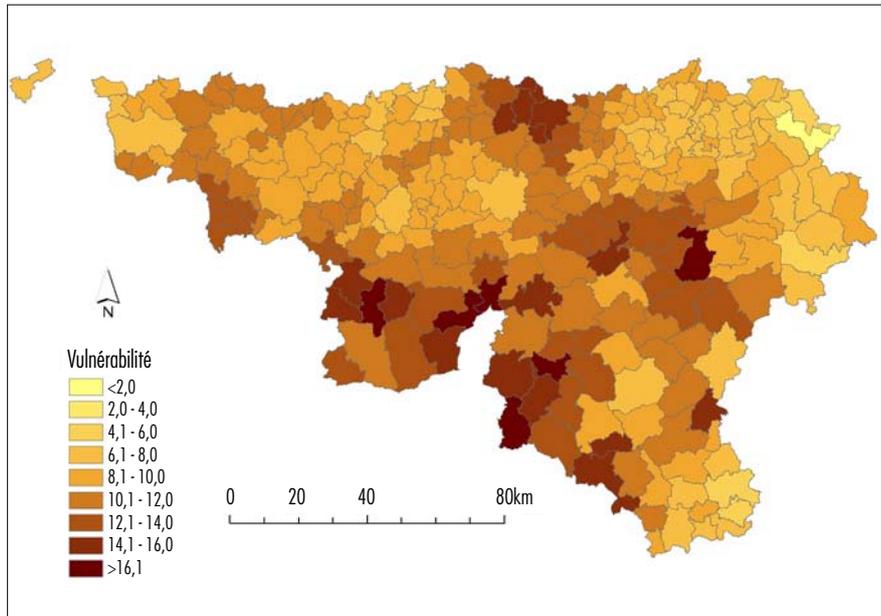
¹⁰ D. Baudewyns, F. Bossier, «Impacts macroéconomiques d'un doublement du prix du baril de pétrole en Région wallonne – Simulation avec les modèles HERMES et HERMREG», Bureau fédéral du Plan, rapport pour la CPDT, juin 2010. Ce modèle a été développé en partenariat avec l'IWEPS, l'IBSA et le SVR.

Impacts territoriaux d'un doublement du cours du baril en Wallonie

Durant ces 50 dernières années, le pétrole abondant et bon marché, la démocratisation de l'automobile et le développement du réseau (auto)routier ont rendu la totalité du territoire wallon facilement accessible en peu de temps et à peu de frais. Combinés à une planification territoriale (plans de secteur, schéma de développement de l'espace régional, ...) insuffisamment directive, il s'en est suivi un étalement de l'habitat qui, par effet retour, a rendu bon nombre de ménages aujourd'hui dépendants de la voiture, et donc du pétrole. L'organisation du territoire n'a pu que s'orienter vers la mobilité et s'organiser autour de celle-ci.

Carte 1. Part du revenu communal médian dépensée par les actifs pour leurs déplacements domicile-travail pour un prix des carburants doublé¹¹

Source : Cartographie CREAT sur base de données INS.



Nous nous sommes intéressés à la vulnérabilité des communes en termes des revenus de leurs habitants à un renchérissement du pétrole.¹² Comme le montre la Carte 1, un renchérissement des produits pétroliers toucherait surtout les ménages des communes les plus éloignées de pôles économiques et résidentiels (ou communes rurales). Ces ménages se caractérisent par des déplacements domicile-travail plus longs et souvent moins aisés en transports en commun, et par un revenu médian plus faible que dans les communes périurbaines. Les villes quant à elles, malgré des revenus moyens plus faibles, s'avèreraient plus résilientes grâce à une plus grande proximité entre l'habitat et l'emploi ainsi qu'à une meilleure desserte en transports en commun. Le budget des ménages ruraux serait plus fortement frappé par la hausse du prix du mazout de chauffage en raison de caractéristiques propres à leurs logements souvent plus grands et quatre-façades. Malgré la vétusté du bâti et la mauvaise isolation de l'habitat urbain, les villes souffriraient moins d'une telle hausse grâce à des logements plus petits et plus souvent accolés (appartements et deux-façades). En outre, la desserte en gaz naturel constitue une alternative au mazout dont ne disposent pas les communes rurales.¹³ La rénovation et

¹¹ Les données utilisées sont incomplètes pour les communes de l'est du territoire, caractérisées par un nombre important de déplacements domicile-travail transfrontaliers.

¹² Dans le même esprit, Dodson et Sipe (2007) ont développé un indice de vulnérabilité pour trois villes australiennes (*vulnerability index for petrol expense rises*, VIPER). Cet indice tient compte des conditions socio-économiques des individus et de leur dépendance à la voiture dans leurs déplacements domicile-travail. Contrairement à notre approche, leur indice n'est pas exprimé en terme de revenu et il ne comprend pas les dépenses de chauffage. Par contre, il est calculé à l'échelon des individus.

¹³ Il faut noter que le pic gazier n'a pas fait l'objet de cette étude. On peut considérer que les réserves gazières connues sont légèrement plus importantes que les réserves pétrolières, mais que les pays producteurs sont moins nombreux.

... Impacts territoriaux d'un doublement du cours du baril en Wallonie

l'isolation du bâti, ou son remplacement par des constructions passives et plus collectives apporteraient progressivement une solution au problème du chauffage.

La problématique de la mobilité est plus difficile à résoudre et les arbitrages à effectuer potentiellement plus conflictuels. Dans la seconde partie de cette étude, nous comparons plusieurs scénarios qui font intervenir l'aménagement du territoire, les transports en commun ou encore les alternatives au moteur thermique.

2. Une analyse prospective à l'horizon 2050

Afin d'assurer la mise en cohérence des scénarios d'organisation spatiale et de mobilité des personnes, un outil original de modélisation a été développé; il sera présenté succinctement. Ensuite, les différents scénarios envisagés pour 2050 seront exposés ainsi que leurs résultats sur la consommation de pétrole. Enfin, une dernière sous-section s'intéressera à l'utilisation de l'espace agricole et à ses implications pour la dépendance au pétrole.

Modéliser les déplacements domicile-travail pour une meilleure mobilité

A l'horizon 2050, un grand nombre de scénarios peut être imaginé sur la localisation des activités et des populations. La difficulté inhérente à ce genre d'exercice est d'en assurer la cohérence interne : toute hypothèse sur la localisation (des emplois ou des populations) a des implications directes en terme de mobilité. C'est ce souci de mise en cohérence qui a conduit à développer le modèle MILES (*Mobility Location Integrated Energy System*). Ce modèle détermine des schémas de mobilité entre les communes wallonnes sous des hypothèses relatives à la localisation des emplois, de la population et des modes de transport. Des modules sont consacrés au parc de logements (caractéristiques énergétiques des logements, densité), aux modes de production du secteur agricole, aux modes de consommation alimentaire et aux technologies de transport. Le modèle calcule un bilan énergétique (simplifié) de la Wallonie.¹⁴ Il détermine également les distances totales parcourues, par mode de transport, les surfaces nécessaires à l'alimentation et les émissions de CO₂.¹⁵

Le modèle MILES nous aide à répondre aux trois questions suivantes :

1. Est-ce que les gens bougent trop ? Question sous-jacente : quelle mobilité entre le lieu d'emploi et le lieu de résidence ?
2. Est-ce que les gens bougent mal ? Question sous-jacente : y a-t-il trop de voitures, pas assez de transports en commun et de modes doux ?
3. Le territoire est-il bien organisé ? Question sous-jacente : comment organiser la dispersion et la concentration des emplois et des lieux de résidence ?

Ces trois questions ne sont pas indépendantes. La contribution du modèle est d'assurer la cohérence quantitative entre ces trois questions. Pour toute hypothèse sur l'une ou l'autre de ces dimensions, le modèle détermine les implications sur les autres dimensions en terme de mobilité. Par exemple, déplacer, concentrer ou disperser des emplois va nécessairement modifier les déplacements, leur nombre et leur configuration spatiale, ainsi que le choix des modes de transport. Le modèle assure une cohérence interne pour tout scénario.

Le modèle MILES détermine une configuration des déplacements domicile-travail entre communes wallonnes qui permet, en prenant comme données les populations

¹⁴ Le bilan énergétique wallon est publié par l'ICEDD (2007). Le bilan calculé par le modèle ne concerne que la partie consommation finale. Certains postes sont fixes (l'industrie, en particulier). Quant à ceux qui sont affectés par le modèle (transport, par exemple), ce n'est souvent qu'une partie du poste qui est endogène. Par exemple pour le transport privé, seul le transport domicile-travail est endogène.

¹⁵ L'enquête socio-économique en Wallonie de 2001 fournit les données sur les déplacements domicile-travail, par mode de transport.

... Modéliser les déplacements domicile-travail pour une meilleure mobilité

et les emplois dans chaque commune, de minimiser la distance totale parcourue. Les déplacements domicile-travail sont d'une importance particulière car ils sont les plus structurants en terme d'espace; ils peuvent en outre être estimés à 50 % des déplacements totaux des ménages les jours ouvrables (exprimés en kilomètres).¹⁶ L'objectif de chercher à minimiser les déplacements est assez naturel dans l'idée de réduire la dépendance au pétrole. L'intérêt du modèle est que, pour tout scénario alternatif sur les populations ou les emplois, une nouvelle configuration des déplacements est calculée, et celle-ci est telle que tous les déplacements nécessaires sont assurés. Le modèle MILES est donc une extension du modèle développé par White (1988) (voir l'encadré).

Comment le modèle MILES minimise-t-il les distances parcourues ? Le modèle s'intéresse au fait qu'il existe quelqu'un qui habite une commune *A* et va travailler sur une commune *B*, tandis que, au même moment, il existe un autre individu qui habite la commune *B* et va travailler dans la commune *A*. Autrement dit, ces individus se croisent chaque matin et chaque soir sur le trajet du travail. Il est évident que ces deux déplacements pourraient être évités si ces deux individus déménageaient ou s'ils échangeaient leur travail. Ce que le modèle fait, c'est repérer de tels cas et les permuter. Le modèle détermine donc une configuration des déplacements domicile-travail entre les communes qui est efficace dans le sens où elle minimise la distance totale parcourue.

Bien entendu, il ne faut pas imaginer que ce genre de permutation est toujours possible dans la réalité. Mais l'on peut considérer que *certaines* de ces permutations sont envisageables, et le modèle permet d'en tenir compte (voir ci-dessous, ainsi que l'encadré).

ENCADRÉ

Wasteful commuting

Dans un article séminal publié en 1982, Hamilton montre que les navettes domicile-travail ne sont pas efficacement organisées et que le gaspillage (*wasteful commuting*) est de l'ordre de 25 % en terme de distances parcourues. Cet article a donné lieu à une vaste littérature à la fois empirique et théorique. Est particulièrement intéressant pour nous l'article de White (1988) puisqu'il utilise un modèle de programmation linéaire similaire à MILES pour déterminer le *required commuting*, soit la distance globale la plus faible entre domicile et travail.

Les travaux empiriques menés ensuite ont livré des résultats très contrastés sur l'inefficacité du *commuting*, celle-ci allant de 11 % des déplacements totaux (White, 1988) à 50 % ou 80 % (Small et Song, 1992; Guiliano et Small, 1993; Frost et Linneker, 1998). Pour un survol de cette littérature et l'application d'une méthode alternative en Île-de-France, voir Korsu et Massot (2006). Cette littérature suggère que le potentiel d'amélioration est fortement influencé par la structuration de l'espace considéré. Le modèle MILES montre qu'une minimisation des navettes entre les communes wallonnes conduit à une réduction des distances totales parcourues de 60 % (ce qui est donc un maximum théorique). Si l'on restreint les permutations à 20 %, la moitié de ce potentiel est déjà réalisée, soit une réduction des distances totales parcourues de 30 %. Si l'on autorise le modèle à relocaliser jusqu'à 10 % de l'emploi de chaque commune, alors une réduction supplémentaire de 23 % des distances est possible. Le taux de navette extrêmement élevé en Belgique explique un tel résultat.

¹⁶ La distance parcourue pour aller au travail (sans le retour) représente 27,8 % du total des distances parcourues les jours ouvrables en Wallonie (source : MOBEL, 1999, cité dans *Annuaire statistique de la Wallonie. Module marché du travail*, IWEPS, 2004, p. 5)..

... Modéliser les déplacements domicile-travail pour une meilleure mobilité

Il est important de garder en tête que le modèle ne prédit en aucune manière ce qui pourrait se passer en 2050. Il se contente de quantifier, en termes de déplacements, consommation de pétrole et bilan énergétique, différents scénarios liés à la localisation et à la mobilité. En ce sens, le modèle doit être considéré comme un outil d'aide à une analyse prospective. Un grand nombre d'obstacles à la réalisation de la solution ne sont pas pris en considération dans le modèle (par exemple, les coûts de transaction liés à l'immobilier ou les contraintes familiales liées à la bi-activité des ménages).¹⁷ Les solutions sont donc indicatives de ce qu'il serait théoriquement possible de réaliser, mais le modèle ne dit pas *comment* aboutir à ce résultat. Par exemple, comment inciter les individus à habiter plus près de leur emploi, ou comment délocaliser les emplois ?

Une analyse par scénario pour 2050

Une analyse à l'horizon 2050 est nécessairement une analyse de nature prospective. Elle ne vise pas à «prévoir» à quoi ressemblera la Wallonie mais à anticiper à quoi elle *pourrait* ressembler. Plusieurs hypothèses communes aux différents scénarios ont été adoptées : (1) la population augmente de 20 %¹⁸ par rapport à 2001, (2) la répartition de ce surcroît de population entre communes et entre modes de transport reste inchangée (à défaut d'éléments pour former des hypothèses alternatives). A partir de ces deux hypothèses est défini ce qu'on appellera un «scénario de référence», c'est-à-dire une solution technique à laquelle les autres scénarios seront comparés. Ces différents scénarios vont introduire des éléments liés à la localisation des activités, aux modes de transport, aux usages du sol, etc. La comparaison avec le scénario de référence permettra d'évaluer la contribution de ces différentes hypothèses à la réduction de la dépendance au pétrole. Pour dessiner ces scénarios, nous avons agi sur trois leviers :

- la relocalisation des emplois : les emplois sont déplacés près des lieux de résidence. Il ne s'agit donc pas seulement de permuter des habitants ou des fonctions entre des bâtiments existants, mais aussi de déplacer des bâtiments avec leurs fonctions.
- la relocalisation de la population dans les différents types de pôles du SDER¹⁹ : si l'on estime que le taux de renouvellement du parc de logement est de 1 à 2 % par an, un déplacement de 50 % des habitants à l'horizon 2050, comme envisagé dans certains des scénarios, est réaliste.
- des changements dans les modes de transport utilisé par la population dans ses déplacements domicile-travail.

Au total, quelque 30 scénarios ont été élaborés durant l'analyse. Les sept les plus représentatifs sont les suivants :

1) SDER : dans ce scénario, on suppose une réduction de 50 % de la population située hors des pôles, une réduction de 25 % dans les «pôles ruraux» et pas de modification dans les «pôles».²⁰ Toute cette population est supposée se relocaliser à moitié dans les «communes d'agglomérations» et à moitié dans les «pôles majeurs». Il est supposé une diminution de 40 % de la part modale de la voiture,

¹⁷ Il est toujours possible d'ajouter des contraintes supplémentaires dans le modèle afin de le rendre plus réaliste.

¹⁸ Conformément aux *Perspectives de population 2007-2060* du Bureau fédéral du Plan pour 2050 en Wallonie (voir sur <http://www.plan.be/publications/>).

¹⁹ Le Schéma de développement de l'espace régional (SDER) est un instrument de conception de l'aménagement du territoire wallon. Il oriente les décisions concernant l'habitat, le cadre de vie, les déplacements, l'implantation des activités économiques, l'urbanisme, la conservation des milieux naturels, etc. Il propose également une structure spatiale pour la Wallonie dans laquelle s'intègrent entre autres les différentes villes wallonnes, classées en «pôles» (sans autre précision), «pôles majeurs», «pôles ruraux» et «communes d'agglomération».

²⁰ Le modèle travaillant à l'échelle communale, ce sont les communes comportant un pôle (et non les pôles eux-mêmes) qui sont prises en compte. Les pôles transfrontaliers et touristiques n'ont pas été considérés.

... Une analyse par scénario pour 2050

avec report uniforme sur les autres modes. Les modes d'alimentation sont davantage orientés vers le biologique et plus proches des recommandations de l'OMS : 50 % d'agriculture conventionnelle, 25 % d'agriculture conventionnelle avec une consommation suivant les recommandations de l'OMS, et 25 % d'agriculture biologique avec une consommation OMS.²¹

2) *Dispersion* : on suppose une réduction de 50 % de la population dans les «pôles majeurs», et de 25% dans les «communes d'agglomération». Cette population est redistribuée pour moitié dans les zones situées hors des pôles et les «pôles ruraux». Pour les modes de transport et l'agriculture, mêmes hypothèses que *SDER*.

3) *PolyVille* : on suppose une réduction de 50 % de la population dans les zones situées hors des pôles, dans les «pôles ruraux» et dans les «pôles». Cette population est réallouée pour moitié dans les «pôles majeurs» et pour moitié dans les «communes d'agglomérations». Les autres hypothèses sont les mêmes que dans le scénario *SDER*.

4) *FlexiJobs* : mêmes hypothèses que *SDER*, mais on suppose que la proportion d'emplois qui peut se relocaliser dans une autre commune peut monter jusqu'à 25 % (au lieu de 10 % dans *SDER*).

5) *CarAddict* : mêmes hypothèses que *SDER*, mais sans modification de la structure modale de transport (qui est de -40 % pour la voiture dans *SDER*).

6) *CarElec* : mêmes hypothèses que *SDER*, mais on suppose que, en plus de -40 % dans la part modale de la voiture, 75 % des voitures restantes deviennent électriques.

7) *ProTrain* : mêmes hypothèses que *SDER*, mais on regroupe les populations près des gares : -50 % dans les communes sans gare, -25 % dans les communes avec une gare. La réallocation est proportionnelle au nombre de gares dans la commune où il y a deux gares ou plus.

8) *AlimAgro* : mêmes hypothèses que *SDER*, sauf pour les modes de consommation et les pratiques agricoles. Ici, l'on suppose que la consommation est soit entièrement standard, soit qu'elle suit les recommandations de l'OMS. Et l'on suppose que les pratiques agricoles sont soit entièrement biologiques, soit conventionnelles. C'est donc un scénario plus tranché que *SDER* en ce qui concerne ces deux aspects. C'est un scénario qui ne changera pas la mobilité mais qui aura un effet sur l'usage du sol.

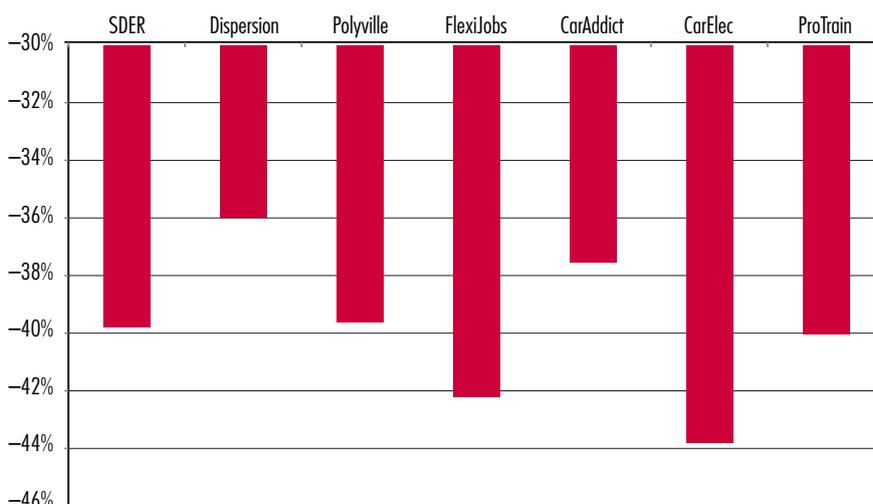
Impact des scénarios sur la dépendance au pétrole

L'impact des différents scénarios sur la consommation totale de pétrole en Wallonie est présenté dans le graphique 2, en écart par rapport au scénario de référence.

Le graphique 2 révèle que le scénario *SDER* se traduit par une baisse de la consommation totale de pétrole de près de 40 %. Ce chiffre peut être considéré comme plutôt encourageant. La réduction des déplacements par les permutations d'habitants et par la relocalisation de 10 % des emplois explique une partie importante de cette baisse (environ 80 %), mais la plus grande concentration de la population a aussi un effet positif qui est loin d'être négligeable. Il est cependant évident que toutes les permutations ne sont pas possibles pour de nombreuses raisons : les emplois ne sont pas substituables, il existe un tissu familial, des réseaux sociaux, des coûts pour ces relocalisations, etc. Si l'on suppose pour être plus réaliste que, par exemple, les permutations sont limitées à 20 % de l'emploi ou de la population d'une commune, alors le modèle MILES montre que la moitié du potentiel maximal peut être exploité (voir l'encadré).

²¹ L'OMS recommande 100 gr. de viande par personne et par jour (contre environ 120 gr. actuellement). On suppose que l'agriculture biologique entraîne une diminution de 20 % des rendements.

Graphique 2. Effet des scénarios sur la consommation totale de pétrole en Wallonie (en % par rapport au scénario de référence)



La différence d'efficacité entre *Dispersion* et *Polyville* est le résultat de deux effets contradictoires. D'un côté, *Polyville* se traduit paradoxalement par davantage de déplacements que *Dispersion*, ce qui s'explique par une surconcentration de la population par rapport aux emplois. Par contre, *Polyville* est plus efficace grâce au logement : les logements dans les villes sont en moyenne moins énergivores en pétrole : généralement chauffés au gaz, plus petits, et plus souvent des appartements ou des deux façades. La comparaison entre le scénario *SDER* et *Polyville* est également instructive : la moindre efficacité de *Polyville* (même si elle est faible) s'explique par un nombre plus élevé de déplacements. L'analyse de ces trois scénarios révèle que concentrer ou disperser ne sont pas, en eux-mêmes, des principes suffisants. Pour réduire les déplacements, il est nécessaire de penser parallèlement le regroupement des emplois et celui de la population.

Les autres scénarios ajoutent des variantes aux trois scénarios qui viennent d'être mentionnés. Le scénario *FlexiJobs*, qui suppose une relocalisation plus massive des emplois près des lieux de résidence, ne permet d'économiser que quelques pourcents de consommation de pétrole en plus que le scénario *SDER*. Le scénario *CarAddict* conserve les parts actuelles des différents modes de transport (au lieu de diminuer la voiture de 40 % comme dans le scénario *SDER*). La réduction de la consommation de pétrole est donc moindre que dans le scénario *SDER* mais n'est pas très importante. Ceci s'explique en partie parce que les déplacements sont déjà minimisés (ce qui réduit le gain relatif de la mesure) mais illustre également le fait que certaines mesures sont bien plus efficaces que d'autres. Autrement dit, avant de bouger autrement, il vaut mieux commencer par bouger moins.

Dans *CarElec*, les déplacements en voiture sont réduits de 40 % (à l'instar du scénario *SDER*) et 75 % de ceux qui subsistent sont effectués en voiture électrique. Ceci entraîne une réduction de la consommation globale de pétrole de 5 points de % supplémentaires par rapport au scénario *SDER*. Le scénario *ProTrain* favorise les déplacements domicile-travail en train. En fait, son bilan énergétique est très similaire à celui du scénario *SDER*, probablement parce que la structure spatiale de ce dernier (par pôles) est très corrélée avec le nombre de gares dans les communes.

L'utilisation des espaces

Dans l'avenir, l'espace libre deviendra un enjeu important pour répondre aux besoins d'habitants de plus en plus nombreux (productions de qualité, agrocarburants, loisirs, biens environnementaux). Les conflits pour l'usage du sol seront inévitables et devront être arbitrés pour atteindre un équilibre selon les comportements énergétiques, alimentaires et environnementaux adoptés par les consomma-

... L'utilisation des espaces

teurs. Parmi ces besoins, la demande énergétique accentuée par le pic du pétrole pose la question de l'espace disponible pour produire des agrocarburants, l'une des alternatives à envisager aux combustibles fossiles.

Dès lors, quelques hypothèses supplémentaires sur les régimes alimentaires et les pratiques agricoles ont été considérées. Ces scénarios, regroupés sous l'acronyme *AlimAgro*, n'ont pas pour objectif premier la réduction de la consommation de pétrole : ils visent à rationaliser la consommation d'espace en Wallonie afin de le dédier à d'autres productions énergétiques.²² Cinq alternatives sont comparées au scénario *SDER* dans le tableau 1. Les cinq scénarios répartissent la population wallonne selon la consommation alimentaire et le type d'agriculture.

Selon le régime et le mode d'agriculture adoptés par le consommateur pour le premier et le producteur pour le second, la superficie agricole utilisée sera différente. Les régimes alimentaires proposés tiennent compte des tendances observées dans les comportements des consommateurs. Comparé au régime actuel, le régime OMS, régime qui suit les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé, diminue la consommation en viande à 100 g/j et augmente la consommation en fruits et légumes à 400 g/j. Le régime végétarien supprime la consommation en viande.

Ces différents régimes influencent fortement la production, elle-même influencée par le mode d'agriculture. Une consommation de viande plus faible conduit à une moindre utilisation de surface pour la production en raison du fait que la production de viande a besoin de relativement plus d'espace que la production végétale. Cependant, une plus grande consommation bio nécessite davantage de surface pour produire les mêmes quantités car, à rendements égaux, l'agriculture biologique utilise en moyenne 20 % de superficie en plus que l'agriculture conventionnelle. Pour estimer la superficie nécessaire à chaque scénario, on calcule les quantités à produire selon les régimes alimentaires adoptés par la population wallonne en 2050.

Tableau 1. Synthèse des hypothèses des scénarios *SDER* et *AlimAgro*

Régime d'alimentation	Mode d'agriculture	Pourcentage de la population					
		SDER	Alim Agro1	Alim Agro2	Alim Agro3	Alim Agro4	Alim Agro5
Régime actuel	Conventionnel	50 %	100 %				
	Biologique				100 %		
Régime OMS ²¹	Conventionnel	25 %				100 %	
	Biologique	25 %		100 %			
Régime végétarien	Conventionnel						100 %

Les résultats sont présentés dans le tableau 2 sous forme de superficie nécessaire à la production. Les effets des différents sous-scénarios d'*AlimAgro* sur les surfaces agricoles sont tranchés. Alors que le scénario *SDER*, qui combinait à la fois plusieurs régimes alimentaires et modes d'agriculture différents, libérait plus de 8 % de la superficie wallonne disponible, les scénarios qui ne modifient pas le régime actuel ne permettent pas de libérer de l'espace lorsque ce régime est associé à une agriculture conventionnelle (*AlimAgro1*) et nécessitent même plus d'espace lorsque ce régime est associé à une agriculture biologique (+0,3 % pour *AlimAgro3*). Par contre, pour un même mode d'agriculture, le régime OMS (*AlimAgro4*) libère 27 % d'agricole, et le régime végétarien (*AlimAgro5*) en dégage près de 60 %. Cet-

²² Ces scénarios peuvent néanmoins avoir des effets non-négligeables sur la dépendance au pétrole du secteur agricole.

te analyse révèle donc que c'est davantage le mode de consommation alimentaire que les pratiques agricoles qui influence l'espace agricole disponible en Wallonie. Cependant, des disparités sous-régionales sont à prévoir. La culture très exigeante de légumes n'est pas envisageable partout en Wallonie.

Tableau 2. Résultats des scénarios *SDER* et *AlimAgro* (en pourcentage de la superficie agricole disponible)

	SDER	Alim Agro1	Alim Agro2	Alim Agro3	Alim Agro4	Alim Agro5
Superficie nécessaire à la production	-8,3 %	-0,3 %	-8,5 %	+0,3 %	-26,7 %	-59,7 %

3. Conclusion et recommandations pour une politique d'aménagement du territoire

Les différentes analyses réalisées dans cette étude ont mis en lumière l'importance de certaines hypothèses par une évaluation quantitative de leur contribution à la réduction de la dépendance en pétrole en Wallonie. Plusieurs recommandations peuvent en être tirées en terme d'aménagement du territoire.

Réduire les déplacements domicile-travail

Les résultats de MILES montrent que c'est à ce niveau que se situe le principal potentiel et le meilleur levier d'action. Avant de bouger *mieux* il faut d'abord bouger *moins*. Rencontrer cet objectif peut être réalisé par quatre principaux groupes d'instruments :

- En premier lieu, une réforme de la fiscalité résidentielle, notamment par la reportabilité des droits d'enregistrement. Cette mesure permettrait une plus grande fluidité du marché du logement;
- En second lieu, activer la production de logements aux meilleures localisations, proche des gares et des pôles d'emplois, c'est-à-dire en pratique les «noyaux d'habitat» dont les périmètres restent à définir. L'ensemble des outils d'aménagement et d'urbanisme (SDER, SSC, plan de secteur, etc.) pourraient être activés, voire revus, pour servir l'objectif d'un meilleur équilibre géographique entre logements et emplois par commune ou bassin de vie;
- En troisième lieu, supprimer les avantages en nature liés à la voiture individuelle et les transformer en avantages à habiter près de son lieu de travail;
- Enfin, toutes les mesures favorisant le télétravail, le partage de bureau, etc.

Favoriser le transfert modal de la voiture vers les TEC et les modes actifs

Favoriser le transfert d'une partie des travailleurs de la voiture individuelle vers les transports publics (trains, RER, tram, métro, bus) et les modes actifs (vélo et marche à pied) reste essentiel. Parmi les mesures pouvant être promues, on relèvera notamment la fiscalité sur la mobilité (péages urbains ou autoroutiers, révision du régime des voitures de société, taxation au kilomètre), l'abaissement des limitations de vitesse sur la totalité ou des tronçons particuliers du réseau autoroutier, la généralisation du stationnement payant dans les villes et dans les pôles d'emplois et un investissement massif vers les transports en commun urbains et périurbains.

Améliorer la performance énergétique des bâtiments

Outre la question des déplacements domicile-travail, une part importante de la consommation énergétique est due au chauffage. Les actions visant une meilleure isolation thermique des logements (*via* les primes, contraintes dans les programmes neufs, etc.), mais aussi la promotion de modes de chauffage alternatif au mazout (le gaz notamment) accroissent la résilience des ménages à la hausse des prix énergétiques. Compte tenu du taux très faible de renouvellement du parc (y compris pour la rénovation), c'est une mesure qui n'exerce ses effets qu'à long terme.

Définir les nouvelles missions du monde rural

La ruralité devrait également s'adapter à la nouvelle contrainte énergétique. Le rural ne pourra probablement plus être un lieu de résidence pour les citadins - navetteurs dans les mêmes proportions. Il ne pourra plus être le support d'une agriculture intensive très dépendante du pétrole. Trois grandes missions pourraient être définies pour la ruralité de demain : la production alimentaire extensive, la production énergétique (biomasse, agrocarburants, parcs éolien) et le tourisme vert de proximité.

Développer une approche systémique

Enfin, une approche systémique de ces différentes mesures est essentielle pour assurer leur efficacité et la lisibilité de l'action publique. Il s'agit notamment de synthétiser une pratique de l'urbanisme et de l'aménagement du territoire privilégiant une planification stratégique d'ensemble, avec un emboîtement efficace des niveaux d'outils, une bonne qualification et quantification des besoins aux diverses échelles ainsi que la mise en œuvre d'une gouvernance d'acteurs la plus efficace possible.

Cette étude a montré à quel point l'aménagement du territoire peut être un levier efficace pour réduire la dépendance au pétrole de la Wallonie. Il peut être beaucoup plus efficace d'attaquer le problème de dépendance au pétrole à sa base, c'est-à-dire en reconsidérant mobilité et localisations. Complémentairement, maints leviers liés aux comportements et à la technologie doivent aussi être mobilisés, et ce n'est qu'en jouant sur l'ensemble de ces leviers qu'une solution vraiment efficace pourra être trouvée à long terme. Une extension intéressante de cette étude serait donc d'incorporer des éléments d'économie spatiale dans le modèle *MILES* et de les combiner avec notre approche prospective par scénarios intégrés.

Cédric Bazet-Simoni est chercheur au GUIDe et à l'IGEAT, Université libre de Bruxelles.

Thierry Bréchet est professeur d'économie à la Louvain School of Management, Université catholique de Louvain (UCL), et chercheur au Center for Operations Research & Econometrics (CORE, UCL).

Pierre Obsomer est chercheur au GUIDe et à l'IGEAT, Université libre de Bruxelles.

Fiorella Quadu est chercheuse au CREAT, Université catholique de Louvain.

Véronique Rousseaux est chercheuse au CREAT, Université catholique de Louvain.

Cédric Bazet-Simoni
Thierry Bréchet
Pierre Obsomer
Fiorella Quadu
Véronique Rousseaux

Références

Aftabuzzaman M. et Mazloumi E. (2011). «Achieving sustainable urban transport mobility in post peak oil era», *Transport Policy*, in press.

Bréchet Th. et van Brusselen P. (2007). «Le pic pétrolier : un regard d'économiste», *Reflète et perspectives de la vie économique*, XLVI(4), 63-81.

Brocorens Ph. (2007). *Pic du pétrole et pic du gaz*, Université de Mons-Hainaut <http://www.aspo.be>.

Dodsun J. et Sipe N. (2007). «Oil vulnerability in the Australian city : assessing socioeconomic risks from higher urban fuel prices», *Urban Studies* 44(1), 37-62.

... *Références*

- Frost M. et Linneker B. (1998). «Excess or wasteful commuting : a selection of British cities», *Transportation Research Part A* 32(7), 529-538.
- Greene D.L., Hopson J.L. et Li J. (2006). «Have we run out of oil yet ? Oil peaking analysis from an optimist's perspective», *Energy Policy* 34, 515-531.
- Guiliano G. et Small K.A. (1993). «Is the journey to work explained by urban structure ?», *Urban Studies* 30(9), 305-312.
- Hamilton B.W. (1982). «Wasteful commuting», *Journal of Political Economy* 90, 1035-1053.
- ICEDD (2007). *Bilan énergétique de la Wallonie*, Institut de Conseil et d'Etudes en Développement Durable, juin 2009.
- IWEPS (2010). *La Wallonie : quelques repères*, novembre 2010.
- Korsu E. et Massot M.H. (2006). «Rapprocher les ménages de leurs lieux de travail : les enjeux pour la régulation de l'usage de la voiture en Île-de-France», *Les Cahiers Scientifiques du Transport* 50, 61-90.
- NRDC (2005). «Securing America : Solving our oil dependence through innovation», Natural Resources Defense Council, Issue Paper, February 2005 (accessible à l'adresse suivante : <http://www.nrdc.org>)
- Sovacool B.K. (2007). «Solving the oil independence problem : is it possible ?», *Energy Policy* 35, 5505-5514.
- Small K.A. et Song S. (1992). «Wasteful commuting : a resolution» *Journal of Political Economy* 100, 888-898.
- Wautelet M. (2007). *Vivement 2050 ! Comment nous vivrons (peut-être) demain*, L'Harmattan, coll. Sciences et Société.
- White M.J. (1988). «Urban commuting journeys are not wasteful» *Journal of Political Economy* 96, 1097-1110.
- World Energy Outlook 2010 (WEO 2010), International Energy Agency, OCDE/AIE, 2010.

Directeur de la publication :

Vincent Bodart

Rédactrice en chef :

Muriel Dejemeppe

Comité de rédaction : Paul Belleflamme,

Vincent Bodart, Thierry Bréchet,

Muriel Dejemeppe, Frédéric Docquier, Jean

Hindriks, François Maniquet,

Marthe Nyssens

Secrétariat & logistique : Anne Davister

Graphiste : Dominos

Regards Économiques IRES-UCL

Place Montesquieu, 3

B1348 Louvain-la-Neuve

<http://www.uclouvain.be/en-regards-economiques>

regard-ires@uclouvain.be

tél. 010/47 34 26

ISSN 2033-3013