

# TERRITOIRE WALLON ET PÉTROLE EN 2050

## 1. INTRODUCTION : UNE MODELISATION MOBILITE – LOCALISATION

L'objectif de cette partie du projet est d'évaluer les manières de se préparer à une pénurie pétrolière à l'horizon 2050. A cet horizon, nul n'est capable de prédire quel sera le prix du baril, quelles seront les technologies utilisées. Une analyse en terme de prix (à l'instar de ce qui est réalisé pour le temps court) est donc illusoire. L'analyse de temps long se concentre sur la localisation (des emplois et des populations) et sur la mobilité (déplacements et modes de transport) dans l'objectif de réduire la dépendance au pétrole.

Un grand nombre de scénarios peut être imaginé sur la localisation des activités et des populations en 2050. La difficulté inhérente à ce genre de scénarios, c'est d'assurer une cohérence intrinsèque: toute hypothèse sur la localisation a des implications en terme de mobilité. En outre, il est nécessaire qu'une évaluation précise de ces scénarios soit réalisée sur la consommation de pétrole et, de manière plus large et cohérente, sur le bilan énergétique wallon.

C'est ce souci de mise en cohérence qui a conduit à développer un modèle de simulation, 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.<sup>1</sup> Des modules sont consacrés au parc de logements (caractéristiques des logements et 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 Région wallonne dans lequel tous les postes influencés par ces éléments sont endogènes.<sup>2</sup> Il calcule également les distances totales parcourues, par mode de transport, les surfaces nécessaires à l'alimentation et les émissions de CO<sub>2</sub>.

Pour schématiser, le modèle MILES permet de répondre aux trois questions suivantes :

1. Est-ce que les gens bougent trop?  
(question sous-jacente: mobilité entre emploi et résidence?)
2. Est-ce que les gens bougent mal?  
(trop de voitures? Pas assez de modes doux?)
3. Le territoire est-il bien organisé?  
(dispersion et concentration des emplois et lieux de résidence)

Ces trois questions ne sont pas indépendantes, ni dans la réalité, ni dans le modèle MILES. 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 déplacement. Par exemple, déplacer, concentrer ou disperser les 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.

---

<sup>1</sup> On travaille à l'échelle communale. Les déplacements intra-communaux ne sont donc pas pris en considération. De même, les déplacements transfrontaliers ne sont pas pris en compte.

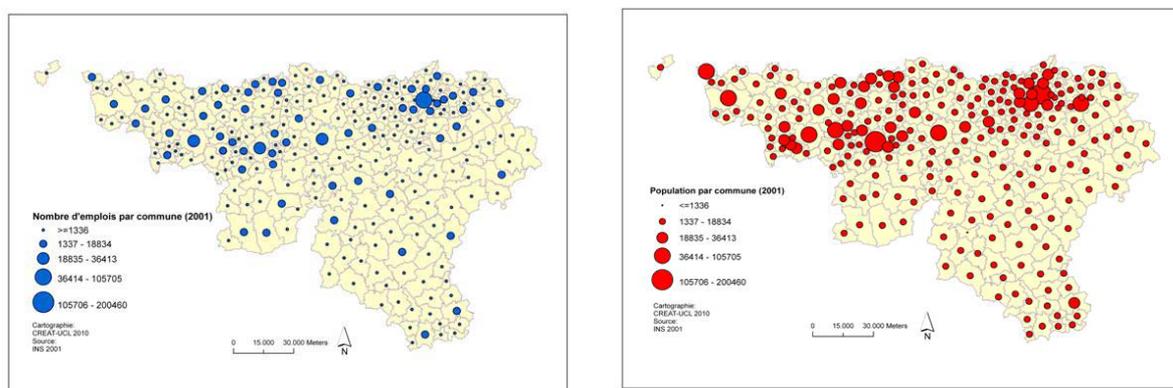
<sup>2</sup> Le bilan énergétique qui sort du modèle ne concerne donc que la partie consommation finale. Certains postes sont fixes (l'industrie, en particulier). Quant à ceux qui sont affectés par le modèle (transport, par exemple), ce n'est souvent qu'une partie du poste qui est endogène. Par exemple pour le transport privé, seul le transport domicile – travail est endogène.

## 2. UN APERÇU DU MODELE MILES

Le modèle MILES est un modèle d'optimisation linéaire. Le modèle détermine la configuration des déplacements domicile - travail entre communes wallonnes qui permet, en prenant comme données les populations 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 (exprimés en kilomètres) les jours ouvrables.<sup>3</sup> 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 bien assurés. Compte tenu des hypothèses réalisées sur les modes de transport, le modèle calcule ensuite un bilan énergétique pour la Région wallonne.

En quoi consiste cette minimisation des déplacements ? Dans chaque commune se trouvent des emplois et de la population. Mais les deux ne coïncident pas. Bien sûr, il existe des pôles d'emplois, et la population n'y est pas nécessairement concentrée, ainsi que l'illustre la figure 1.

Figure 1. Emploi et population par commune (2001)



cartographie CREAT-UCL

Mais ce n'est pas ce qui intéresse le modèle lorsqu'il cherche à minimiser les déplacements. Le modèle s'intéresse au fait qu'il existe quelqu'un qui habite la commune A et va travailler sur la 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 deux 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 n'est pas réaliste d'imaginer que ce genre de *permutation* est toujours possible. Mais l'on peut considérer que *certaines* de ces permutations sont envisageables. Le modèle permet d'en tenir compte.

Pourquoi a-t-on besoin d'un modèle mathématique de programmation linéaire pour réaliser ce calcul ? Parce que le problème est de grande dimension : on considère ici les déplacements entre l'ensemble des communes wallonnes. On demande au modèle de déterminer

<sup>3</sup> 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).

les déplacements entre chacune de ces communes, c'est-à-dire de trouver une valeur pour 346921 inconnues, et ce en respectant 11780 contraintes (les populations et emplois dans chaque commune). Il est impossible de déterminer la solution d'un tel problème à la main ; un ordinateur portable puissant le résout en 3 minutes.<sup>4</sup>

Il est important de garder en tête que le modèle *ne prédit pas* ce qui va se passer en 2050. Il se contente de quantifier, en termes de déplacements, consommation de pétrole et bilan énergétique, les effets de 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*. Le modèle ne dit pas ce qui est *réaliste*. 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).<sup>5</sup> Les solutions sont donc indicatives de ce qu'il serait théoriquement possible de réaliser.

Le modèle ne dit pas non plus *comment* aboutir à un résultat. Par exemple, comment inciter les individus à se déplacer plus près de leur emploi, ou comment délocaliser les emplois. Le modèle se contente de calculer, de manière intrinsèquement cohérente, l'efficacité de tel ou tel scénario pour réduire la dépendance au pétrole.

### 3. DEFINITION DES SCENARIOS

Trois types de scénarios peuvent être réalisés avec le modèle MILES.

Premièrement, il est nécessaire de définir *un scénario de référence*. Celui-ci servira de base de comparaison à tous les autres scénarios. Autrement dit, tous les autres scénarios seront présentés en écart par rapport à ce scénario de référence (en %, ou en différence). En effet, ce qui nous intéresse, c'est la contribution des éléments du scénario sur la consommation de pétrole.

Deuxièmement, il est instructif de réaliser un ensemble de *scénarios techniques*. Ces scénarios ont pour objet de baliser "le domaine des possibles", c'est-à-dire de voir jusqu'où il est possible d'aller, du point de vue théorique, dans la réduction de la dépendance au pétrole.

Enfin, plusieurs familles de *scénarios prospectifs intégrés* peuvent être considérées. Ces scénarios intégrés sont définis par le fait qu'ils possèdent une certaine cohérence intrinsèque. Parmi les quelque trente scénarios qui ont été analysés, nous en retiendrons ici huit, parmi les plus intéressants.<sup>6</sup>

#### 3.1 LE SCENARIO DE REFERENCE

Le modèle part de la configuration des déplacements domicile – travail entre communes et des emplois et populations tels qu'observés en 2001. Il détermine ensuite un scénario de référence 2050, auquel tous les autres scénarios seront comparés, sous les hypothèses suivantes : la population totale a augmenté de 20% par rapport à 2001, mais sa répartition entre les communes et les modes de transport sont inchangés. La première hypothèse est importante car elle influence les résultats de l'analyse, la seconde ne les influence qu'au second ordre. A défaut de savoir ce que sera la mobilité en Wallonie en 2050, ce scénario n'est qu'une référence technique à laquelle tous les autres scénarios seront comparés. Sur la base de ce scénario de référence, un *bilan énergétique de référence* de la Région wallonne est déterminé.

---

<sup>4</sup> Le modèle est résolu sous le logiciel GAMS. Une documentation technique complète est disponible en annexe, incluant le code informatique. Celui-ci est disponible sur simple demande.

<sup>5</sup> Il est toujours possible d'ajouter des contraintes au modèle afin de le rendre plus réaliste. C'est une affaire de disponibilité des données... et d'investissement.

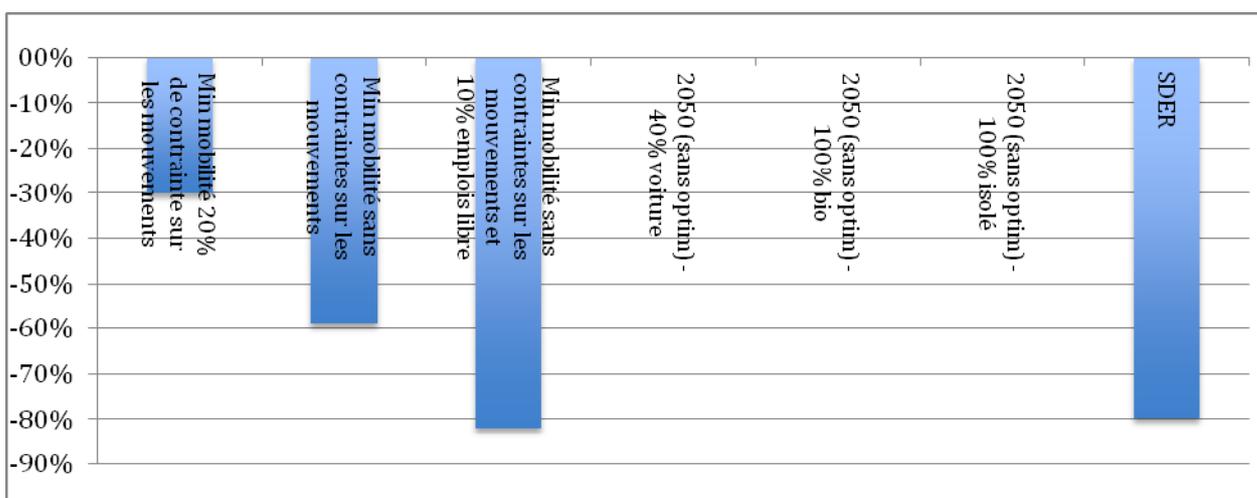
<sup>6</sup> Les résultats de l'ensemble des scénarios intégrés sont repris dans un tableau synthétique, en annexe.

### 3.2 LES ANALYSES TECHNIQUES

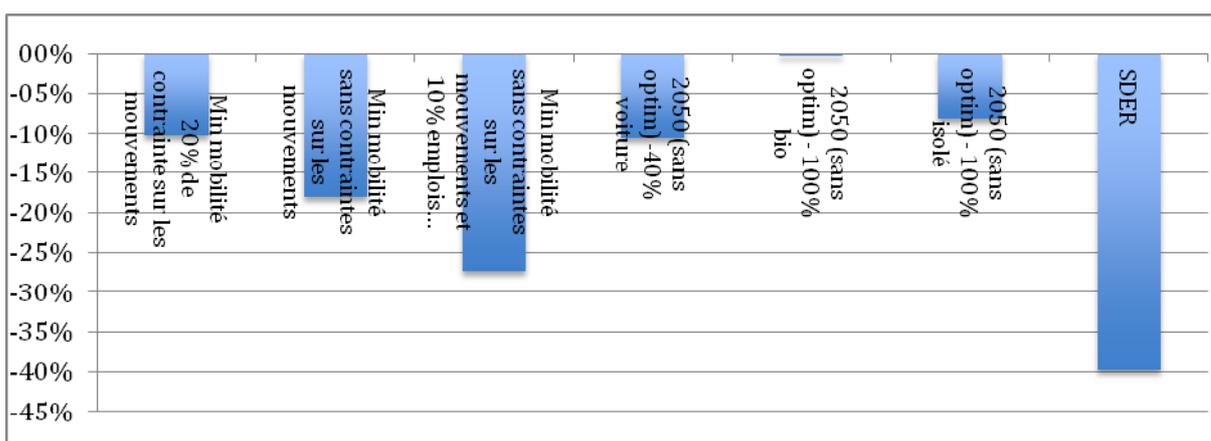
Préalablement à toute analyse de scénario, il est utile de procéder à une série d'analyses techniques. Celles-ci ont pour but d'évaluer l'effet d'une série d'éléments techniques liés à la mobilité sur la consommation de pétrole, sans aucun souci de réalisme. Elles permettent également de mieux comprendre les propriétés du modèle MILES, et surtout, de jauger les marges de manœuvre. Ces analyses indiquent jusqu'où, *en théorie*, la consommation de pétrole pourrait être réduite. Dans *la réalité*, la réduction de consommation sera donc nécessairement en deçà du chiffre théorique.

Les résultats sont présentés dans les graphiques 1 (distances totales parcourues) et 2 (consommation totale de pétrole en Région wallonne), en différence en % par rapport au scénario de référence.

**Graphique 1. Impact des scénarios techniques sur les distances totales (en %)**



**Graphique 2. Impact des scénarios techniques sur la consommation totale de pétrole (en %)**



Les analyses techniques sont au nombre de cinq:

- 1) Minimiser les déplacements: le modèle détermine, en prenant population et emploi comme donnés, une mobilité plus efficace qui réduit, autant que possible, les déplacements, c'est-à-dire la distance totale parcourue. Ceci est un résultat théorique et, bien entendu, irréaliste. Il repose sur des permutations des individus entre leur lieu de résidence et leur lieu de travail. Résultat: une réduction de près de 60% des distan-

ces parcourues (graphique 1, seconde colonne). Ce chiffre donne le gain maximal théorique qui pourrait être obtenu si toutes les permutations étaient possibles. Ce résultat montre que les déplacements actuels sont donc très inefficacement organisés. Pour rendre cette analyse plus réaliste, on peut supposer que seule une fraction de la population est susceptible de permuter (pour diverses raisons). Si on limite cette fraction à 20%, alors la réduction des distances totales parcourues est de 30% (graphique 1, colonne 1). La moitié du potentiel théorique est donc déjà obtenu. Une question empirique intéressante serait de *connaître cette proportion*.<sup>7</sup> Une question politique intéressante serait de savoir *comment inciter ces gens* susceptibles de permuter à le faire. Au total, ces deux hypothèses conduisent à une réduction de la consommation de pétrole en Région wallonne de 10% (si l'on limite les permutations à 20%) et 18% (sans contrainte sur les permutations), voir le graphique 2.

- 2) L'analyse précédente est réalisée en gardant les emplois et les populations par commune fixes. Si l'on suppose qu'une partie de l'emploi est susceptible de se déplacer, par exemple pour se rapprocher des résidences, alors il est possible de réduire encore davantage les déplacements. Par exemple, si l'on suppose que 10% de l'emploi de chaque commune est prêt à se rapprocher de son lieu de résidence (la localisation de la population ne changeant pas), alors la réduction de consommation de pétrole passe à -28%. Cette hypothèse a donc presque le même effet sur la consommation de pétrole que celle de permutations limitées à 20% (colonne 1 dans le graphique 2). L'enquête déplacement domicile de 2006 a révélé que 36% des personnes interrogées seraient prêtes à se déplacer.<sup>8</sup> Autrement dit, notre hypothèse de 10% reste très prudente, et l'on voit qu'elle permet une réduction importante des déplacements. Bien entendu, le modèle cherche d'abord à supprimer les déplacements les plus longs : cela suggère qu'une politique de télétravail ou de relocalisation des emplois ou des populations doit être menée de manière adéquate en ciblant les déplacements les plus longs.
- 3) Réduction de la part modale de la voiture: on suppose ici que la part modale de la voiture est réduite de 40%. Les déplacements restent les mêmes et sont reportés sur les autres modes de manière proportionnelle. Dans ce cas, il n'y a pas de minimisation des déplacements par le modèle). Cette mesure se traduit mécaniquement par une réduction de la consommation de pétrole par le parc de voitures de 40%, mais par une augmentation du transport par bus, ce qui se traduit finalement par une réduction de la consommation totale de -12% à l'échelon global. L'enquête déplacement domicile de 2006 (*cf. supra*) révèle que 32% des automobilistes accepteraient de lâcher leur voiture pour un autre mode.
- 4) 100% de l'agriculture devient biologique, qui est moins intensive en énergie que l'agriculture conventionnelle. Les déplacements ne sont pas minimisés. Même si cette mesure a un effet important sur la consommation du secteur (-68%), le résultat est très faible au niveau agrégé: -1%. Par contre, cela se traduit par une augmentation sensible de la surface nécessaire (23%) car les rendements diminuent.
- 5) 100% du parc de logements est isolé, conformément à la législation. A nouveau, les déplacements ne sont pas minimisés. Il en résulte une réduction de la consommation totale de pétrole de -8% (colonne 5).

---

<sup>7</sup> Un modèle appliqué sur l'Île-de-France aboutit à la conclusion que « si tous les actifs résidaient à moins de 30 minutes de leur emploi, les distances entre le domicile et le travail des ménages (dont au moins un actif se déplace en voiture) seraient réduites de 31%. Elles concerneraient 22% d'actifs résidant et travaillant en IDF». A noter que les autres hypothèses de temps (-20 min, et -45 min) donnent des résultats très différents. Source: M.-H. MASSOT et E. KORSU, *Réguler les mobilités urbaines en automobile par les localisations résidentielles : quels enjeux pour la métropoles franciliennes ?* UMR LVMT, Dossier Recherche de l'Ecole des Ponts n° 11, mai 2007, p. 2, [http://www.enpc.fr/fr/enpc/ecole\\_mouvement/pdf/lettre\\_lvmt.pdf](http://www.enpc.fr/fr/enpc/ecole_mouvement/pdf/lettre_lvmt.pdf) .

<sup>8</sup> Source: [http://www.hdp.be/fr/secr%C3%A9tariat\\_social/news-secretariatsocial/communiquespresse-secretariatsocial/3121-travailleurs\\_sont\\_ils\\_mobiles](http://www.hdp.be/fr/secr%C3%A9tariat_social/news-secretariatsocial/communiquespresse-secretariatsocial/3121-travailleurs_sont_ils_mobiles)

Dans les graphiques 1 et 2 est donné à titre de comparaison le scénario intégré SDER (colonne 6), lequel sera explicité ci-dessous. Il combine certaines des mesures présentées ci-dessus, plus des hypothèses sur les localisations. On constate qu'il permet une réduction de la consommation de pétrole de 40%, soit bien davantage que les mesures techniques isolées qui viennent d'être analysées.

### 3.3 PRESENTATION DES SCENARIOS INTEGRES

On appelle *scénario intégré* un scénario qui assemble plusieurs hypothèses, en termes de mobilité, localisation, ou d'autres hypothèses (qui vont être présentées ci-après), de manière à respecter une certaine logique intrinsèque.

Les scénarios intégrés sont regroupés par famille. Au sein de chaque famille, différentes variantes sont considérées. Ces scénarios sont comparés au *bilan énergétique de référence*. Dans l'ensemble des scénarios, sauf indication contraire, on suppose que 10% des emplois peuvent se relocaliser et que les déplacements sont minimisés (analyse technique 2, cf. ci-dessus).

Le scénario de base pour notre analyse est dénommé SDER. Ce scénario respecte la philosophie du SDER et suppose que celui-ci est d'application en 2050. Techniquement, il suppose un regroupement de la population autour des pôles. Il est complété par des hypothèses sur les modes de transport et les pratiques agricoles, combinées aux modes de consommation alimentaire par souci de cohérence interne (tous les détails ci-après).

A partir de ce scénario de base, les quatre familles de scénarios suivantes ont été élaborées:

- A. Modification de la localisation emploi et/ou population et mobilité: dans cette famille, on modifie la localisation des emplois et/ou de la population entre les communes, et le modèle détermine les implications en termes de mobilité et de bilan énergétique;
- B. Modification des modes de transport: dans cette famille, on élabore des hypothèses alternatives sur les parts modales des différents modes de transport (voiture, train, bus et modes doux) ainsi que sur l'utilisation de la voiture électrique; ces différentes hypothèses ont des implications sur le bilan énergétique;
- C. Modification des pratiques agricoles et des modes d'alimentation: les pratiques peuvent être conventionnelles ou biologiques, et les modes de consommation peuvent être standards ou selon les normes OMS. Ces différentes alternatives ont des implications sur les usages du sol, les modes de production et, donc, le bilan énergétique;
- D. Promotion du transport ferroviaire: dans cette famille de scénarios, on regroupe la population dans les communes avec gare et l'on augmente la part modale du train. Les implications de ces scénarios apparaissent sur la mobilité et sur le bilan énergétique.

Au total, quelque 30 scénarios ont été élaborés (voir annexe). Dans les graphiques ci-dessous, un échantillon des scénarios les plus représentatifs est donc présenté. Les résultats sont analysés sous plusieurs angles: la consommation de pétrole, les consommations énergétiques par vecteurs (grâce aux bilans énergétiques), les émissions de dioxyde de carbone, les distances totales parcourues par modes de transport, les superficies agricoles.

Une sélection de huit scénarios a été effectuée dans cette note afin de permettre une analyse synthétique des résultats. Ces huit scénarios sont présentés en détail et analysés ci-après.

Dans tous ces scénarios, on laisse au maximum à 10% des emplois de chaque commune la possibilité de se relocaliser dans l'objectif de réduire les déplacements.

### 3.4 LES HYPOTHESES DES SCENARIOS INTEGRES

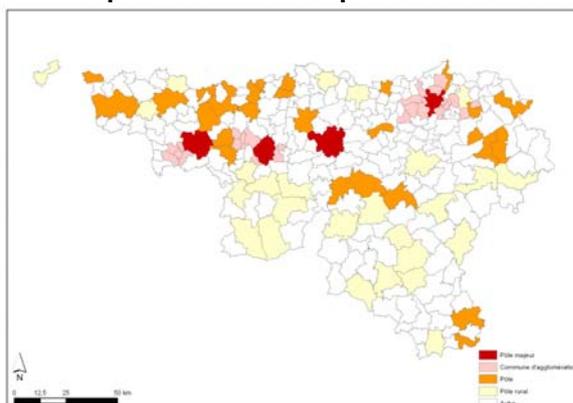
- 1) **SDER**: dans ce scénario, on suppose une réduction de 50% de la population située hors des pôles, une réduction de 25% dans les pôles ruraux et pas de modification dans les pôles.<sup>9</sup> Toute cette population est supposée se relocaliser, à moitié dans les communes d'agglomérations, et à moitié dans les pôles majeurs. Il est supposé une diminution de 40% de la part modale de la voiture, 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.<sup>10</sup>
- 2) **Dispersion**: on suppose une réduction de 50% de la population dans les pôles majeurs, et -25% dans les communes d'agglomération. Cette population est redistribuée pour moitié dans les zones 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 non-pôles, pôles ruraux et 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 -40% pour la voiture dans SDER).
- 6) **CarElec**: mêmes hypothèses que SDER, mais on suppose que, en plus du -40% dans la part modale de la voiture, que 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 gare 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, ou 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.

Dans l'ensemble de ces scénarios, dès qu'une hypothèse de délocalisation des emplois ou des populations est faite, il est supposé que ce surplus est relocalisé dans les autres communes de manière forfaitaire, autrement dit : le même nombre d'individus est relocalisé dans chaque commune d'accueil. Cette hypothèse a été retenue, dans le modèle MILES, pour des questions techniques. Mais il est clair qu'elle peut avoir des implications importantes. Toute commune ne peut pas gérer de la même manière un afflux important de population, tant du point de vue du logement disponible et des équipements que de celui de l'espace disponibles. Ce point mériterait une analyse plus approfondie.

---

<sup>9</sup> 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.

<sup>10</sup> 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.

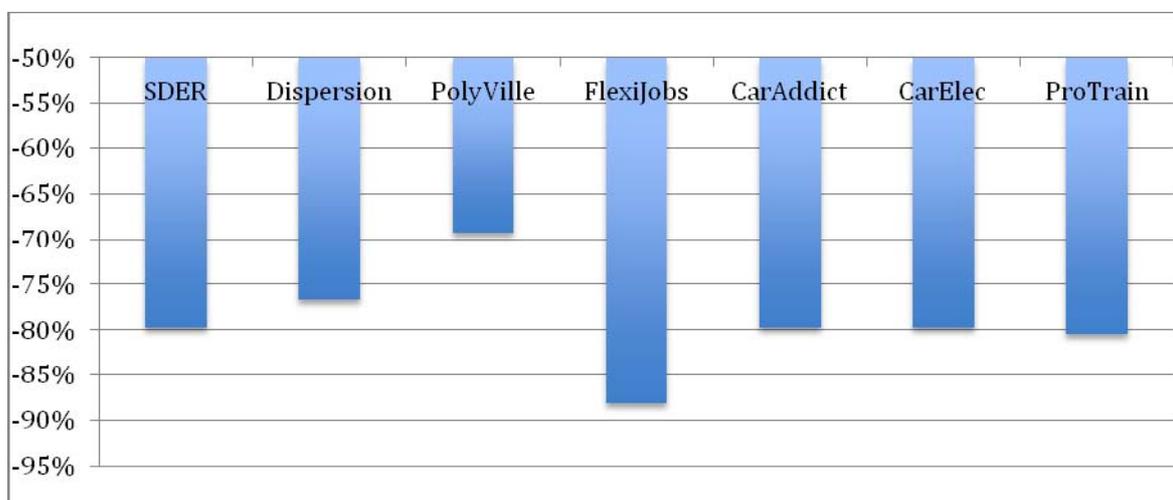
**Graphique 3. Principales communes-pôles de la structure du SDER**

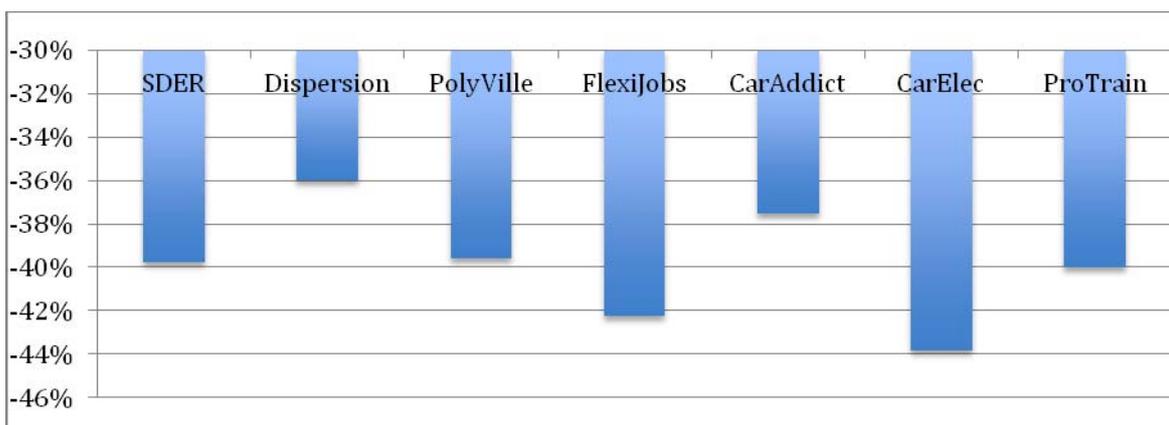
(source: SDER et calculs ultérieurs, cartographie CREAT-UCL)

#### 4. PRINCIPAUX RESULTATS DES SCENARIOS INTEGRES

L'objet de cette analyse est maintenant de comprendre et de comparer les avantages et caractéristiques respectives des différents scénarios et, *in fine*, d'en tirer des enseignements utiles pour l'aménagement du territoire wallon et une réduction de sa vulnérabilité face à la raréfaction du pétrole.

Considérons d'abord les graphiques 4 et 5 qui représentent l'effet des différents scénarios sur les distances totales parcourues et sur la consommation totale de pétrole en Région wallonne (en % par rapport au scénario de référence).

**Graphique 4. Effet des scénarios intégrés sur les distances totales parcourues (en %)**

**Graphique 5. Effet des scénarios intégrés sur la consommation totale de pétrole (en %)**

## 4.1 SDER

La première colonne du graphique 1 représente le scénario SDER: il se traduit par une réduction de la consommation totale de pétrole de près de 40%. Compte tenu de la croissance de population de 20%, mais sans envisager d'hypothèses supplémentaires sur l'activité économique ou la diffusion de nouvelles technologies, notamment, ce chiffre peut être considéré comme plutôt positif. L'analyse technique précédente a montré à quel point la mobilité et les localisations pouvaient y contribuer (-27% de consommation de pétrole). Mais elle a aussi montré que vouloir s'exonérer du pétrole en jouant uniquement sur ces facteurs n'est pas suffisant. C'est donc une conclusion à double tranchant. Les mesures supplémentaires introduites dans ce scénario contribuent donc à diminuer la consommation de pétrole pour environ un tiers de l'effet total. Une remarque technique doit être faite à cet égard : dans nos scénarios, l'efficacité relative de chaque mesure est influencée par l'existence d'autres mesures.<sup>11</sup> En particulier, le fait que les déplacements soient minimisés dans le modèle minore l'efficacité de mesures telles que le shift modal.

## 4.2 DISPERSION ET POLYVILLE

Les scénarios Dispersion et PolyVille permettent de mettre en lumière plusieurs éléments intéressants. En termes de consommation de pétrole, l'on voit (fig. 1) que PolyVille est plus efficace (-39%) que Dispersion (-36%), même si cette différence n'est pas très extrêmement importante. En fait, deux effets s'opposent dans ces scénarios. Compte tenu de sa configuration, PolyVille se traduit par davantage de déplacements que Dispersion (voir les km parcours). Par contre, PolyVille est plus efficace grâce au logement (-49% de pétrole dans PolyVille, contre -30% dans Dispersion). Les logements en ville sont généralement chauffés au gaz naturel, sont plus petits et sont plus souvent des appartements ou des deux façades. On constate aussi que PolyVille est légèrement moins efficace que SDER. Ceci est dû à un nombre plus élevé de déplacements, comme le montre la figure 2: les distances parcourues diminuent de 80% dans SDER, contre 77% dans Dispersion et 68% dans PolyVille. Ce résultat peut sembler paradoxal. Il provient en fait de la manière dont les scénarios ont été élaborés *a priori*. PolyVille, en concentrant les populations suivant la règle définie ci-dessus, n'assure pas que les populations sont nécessairement rapprochées des emplois. Il apparaît même que c'est le contraire, par rapport à SDER. Autrement dit, concentrer les populations auprès des pôles majeurs ne garantit pas que les déplacements

<sup>11</sup> Le fait qu'il existe des interactions entre des options candidates est une chose bien connue, notamment en matière d'efficacité énergétique. La question de l'ordonnancement des mesures est donc importante, et elle se retrouve dans notre analyse.

seront moins nombreux. La conclusion est qu'un scénario de concentration doit être minutieusement élaboré en fonction des relations qui existent entre emploi et résidence.<sup>12</sup> Il doit même, si possible, être combiné avec des mesures favorisant la mobilité des personnes (voir scénario 4).

### 4.3 FLEXIJOBS

Par rapport au scénario SDER, le scénario FlexiJobs autorise une flexibilité accrue des emplois: il suppose que 25% des emplois, au maximum, peuvent se relocaliser au plus près de la population dans le but de réduire les déplacements. Cette hypothèse recouvre, par exemple, le télétravail. Cette flexibilité supplémentaire par rapport à SDER se traduit par une réduction supplémentaire des distances parcourues par rapport à SDER même si elle n'est pas tellement importante (graphique 4: -88%, contre -80% dans SDER). En conséquence, elle entraîne une réduction supplémentaire de la consommation de pétrole : -43%, contre -39% dans SDER. C'est donc une mesure dont l'efficacité est assez relative.

### 4.4 CARADDICT

Dans ce scénario, les parts modales actuelles des différents modes de transport sont conservées alors que, pour rappel, SDER suppose une réduction de la part modale de la voiture de -40%. Il en résulte, mécaniquement, une plus faible réduction de la consommation de pétrole, la mobilité n'étant pas affectée dans le modèle. Cette analyse est très partielle. Une modification de l'hypothèse sur les parts modales devrait, pour être plus réaliste, être liée à une modification des déplacements (et la réciproque est vraie). Ceci n'est pas pris en compte dans le modèle et mériterait de plus amples investigations empiriques et théoriques (sur les changements de modes). L'effet sur la consommation de pétrole est, *in fine*, une réduction de -37,5%, contre -39% avec le scénario SDER. Cette faible différence s'explique par le fait que la distance totale ne change quasiment pas entre les deux scénarios et que les déplacements sont déjà minimisés.

### 4.5 CARELEC

Il est supposé ici une diffusion forte de la voiture électrique puisque, après la mise au rebut de 40% du parc, 75% des voitures restantes deviennent électriques. Ce scénario ne change pas le volume total de déplacements par rapport à SDER, mais il change la consommation de pétrole: celle-ci diminue de -44%, contre -39% dans SDER.

Pour ce scénario, il est intéressant d'aller voir l'effet sur le bilan énergétique (tableau 1).

La consommation électrique globale augmente de 25% par rapport au scénario de référence, soit quelque 4TWh/an.<sup>13</sup> Cela représente *grosso modo* la production annuelle d'un demi-réacteur de la centrale nucléaire de Tihange. A nouveau, ce résultat est obtenu sur des déplacements domicile – travail qui sont minimisés : le gain relatif de la voiture électrique serait plus grand sur des déplacements non minimisés, mais le supplément de consommation électrique afférent serait aussi beaucoup plus important (une simple règle de trois permet de le vérifier). Ceci suggère que mieux organiser les déplacements peut être plus efficace pour diminuer la dépendance au pétrole que certaines améliorations technologiques : se déplacer *moins*, avant de chercher à se déplacer *mieux*. La voiture électrique peut donc apporter un plus significatif, mais à condition qu'elle soit utilisée dans des zones concentrées, c'est-à-dire pour des distances réduites.

---

<sup>12</sup> Pour rappel, notre modèle considère uniquement les déplacements domicile – travail.

<sup>13</sup> L'augmentation de 506% de la consommation électrique du rail est due au fait que, les déplacements étant minimisés, la consommation électrique du rail est beaucoup plus faible dans le modèle qu'en réalité, dans l'ensemble des scénarios. Néanmoins, le surcroît de consommation électrique lié aux voitures électriques demeure à peu près réaliste.

**Tableau 1. Effet du scénario CarElec sur le bilan énergétique wallon**

	Bilan énergétique global de la Wallonie 2050 (différence en %)					
	Produits pétroliers	Gaz	Electricité	Autres	TOTAL	Emissions de CO <sub>2</sub>
INDUSTRIE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
TRANSPORT					0,3%	
> ferroviaire	0,0%		506,9%			11,1%
> routier pour tiers	0,0%					0,0%
> routier pour compte propre						
> > domicile-travail	-79,8%		--			-77,6%
> > privé	0,0%					0,0%
> aérien	0,0%					0,0%
> fluvial	0,0%					0,0%
AGRICULTURE	-19,3%	-29,0%	-19,6%	-18,9%	-23,6%	-22,5%
LOGEMENT	-40,4%	-35,8%	-38,7%		-39,2%	-39,7%
TERTIAIRE	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
CONSO NON-ENERGETIQUE	0,0%	0,0%		0,0%	0,0%	0,0%
<b>TOTAL</b>	<b>-22,7%</b>	<b>-10,3%</b>	<b>25,4%</b>	<b>-0,1%</b>	<b>-9,5%</b>	<b>-16,6%</b>

## 4.6 PROTRAIN

Ce scénario qui favorise les déplacements domicile - travail en train ne s'avère guère meilleur que le scénario SDER en termes de réduction de la consommation de pétrole (-40% dans les deux cas). En fait, les deux bilans énergétiques sont très similaires, probablement parce que la structure des pôles est très corrélée avec le nombre de gares dans les communes.

## 4.7 ALIMAGRO

Ici, l'on teste la contribution de différents modes de consommation alimentaire et de pratiques agricoles sur la consommation de pétrole, mais aussi sur les superficies agricoles nécessaires. Ces scénarios n'ont pas d'impact sur la mobilité et les déplacements. Par contre, ils modifient les consommations énergétiques et les usages du sol. Libérer de l'espace agricole peut permettre, par exemple, de développer la production d'agro-carburants. Cinq cas sont considérés, qui seront à comparer avec SDER. Dans SDER, on observe une réduction des surfaces de 8,3% en raison de modes de consommation moins orientés sur la viande en dépit d'une agriculture plus biologique.

Contrairement à ce qui est supposé dans SDER, on considère ici quatre cas:

- I. 100% des pratiques agricoles sont conventionnelles, et la consommation suit les normes actuelles,
- II. 100% des pratiques sont biologiques, et la consommation suit les normes OMS,
- III. 100% des pratiques sont biologiques, et la consommation suit les normes actuelles,
- IV. 100% des pratiques agricoles sont conventionnelles, et la consommation suit les normes OMS,
- V. 100% des pratiques sont conventionnelles, et la consommation est végétarienne.

Les effets de ces quatre scénarios sur la consommation totale de pétrole sont tenus et proches les uns des autres. Ils sont similaires au scénario SDER. Par contre, les effets sur les surfaces agricoles sont tranchés. Alors que SDER dégageait 8,3% d'espace, le premier cas supprime ce bénéfice (-0,27%) : le retour à un mode de consommation actuel se traduit

par davantage d'espace agricole. Le second cas est très proche de SDER. Par contre, le troisième cas nécessite 22% d'espace en plus, et ce en raison de la combinaison du mode de consommation actuel avec une agriculture biologique. Le quatrième cas libère 26,7% d'espace agricole. Enfin, l'hypothèse végétarienne dégage 59,6% de l'espace.

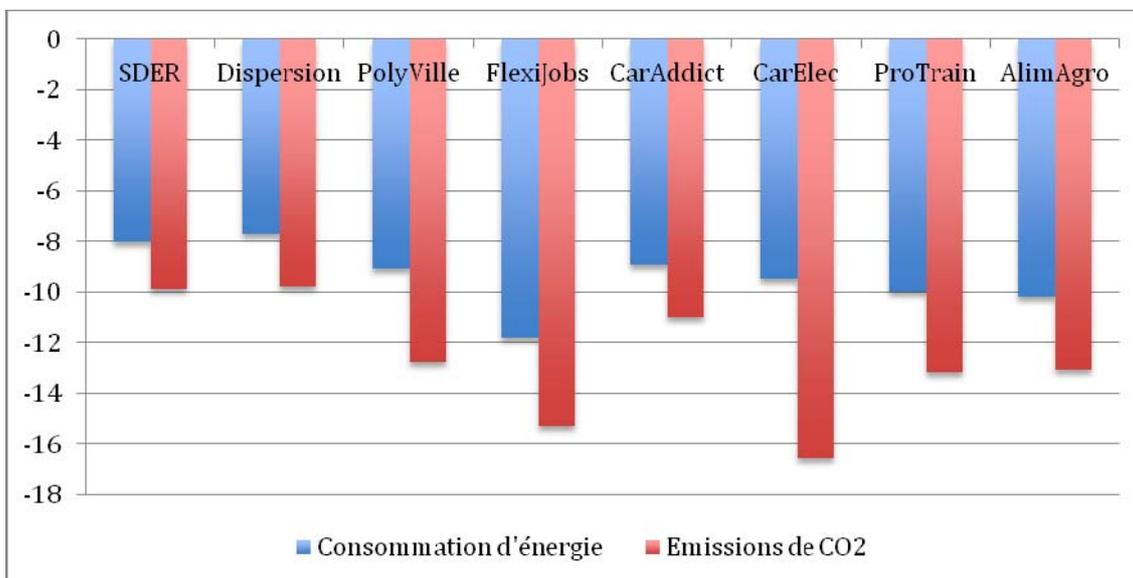
## 5. EFFET DES SCÉNARIOS SUR LA CONSOMMATION D'ÉNERGIE ET LES ÉMISSIONS DE CO<sub>2</sub>

L'analyse des bilans énergétiques permet une analyse plus fine des substitutions éventuelles entre combustibles. Le graphique 6, par exemple, présente les réductions de consommation énergétique totales et d'émissions de CO<sub>2</sub> pour quelques scénarios intéressants.

Ce graphique révèle que réduction de la consommation d'énergie et réduction des émissions de CO<sub>2</sub> ne sont pas nécessairement du même ordre de grandeur. Tout est affaire de substitutions entre combustibles. Par exemple, on peut constater que PolyVille est plus efficace que Dispersion sur ces deux variables, mais que le gain est plus important en terme de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>. PolyVille conduit à un gain plus important en émissions de CO<sub>2</sub> (que Dispersion (-12,8% contre -9,8%)), en raison de du type de logements et des modes de chauffage (cf. 4.2).

C'est FlexiJobs qui permet la réduction la plus importante de la consommation d'énergie (-11,8%) et, en raison d'une meilleure localisation des emplois, y compris à court et moyenne distance (qui sont privilégiées par la voiture), le second meilleur résultat sur les émissions de CO<sub>2</sub> (-15,3%). C'est bien entendu CarElec qui donne le meilleur résultat sur les émissions de CO<sub>2</sub> (-16,6%), même si ce n'est pas significativement mieux que FlexiJobs, et ce pour une consommation d'énergie totale réduite de -9,5%, contre -11,8% pour FlexiJobs. Le scénario ProTrain offre une solution intermédiaire avec une réduction la consommation totale d'énergie de 10%, et une réduction des émissions de CO<sub>2</sub> de 13,2%.

**Graphique 6. Effet des scénarios sur la consommation d'énergie et les émissions de CO<sub>2</sub> en Région wallonne (en %)**



## 6. CONCLUSIONS

Les conclusions suivantes peuvent être tirées de notre analyse. Elles identifient les meilleures pistes pour réduire, à long terme, la dépendance de la Région wallonne au pétrole.

- A. Réduire les déplacements, et plus particulièrement les déplacements domicile – travail (les seuls pris en compte dans notre analyse): il convient de rapprocher individus et emplois, en se concentrant sur les déplacements réalisés en voiture (qui ne sont pas systématiquement les déplacements les plus longs). Deux manières de faire sont possibles: (i) supprimer le déplacement en relocalisant l'individu ou son emploi, (ii) opérer un transfert modal de la voiture vers tout mode de transport moins dépendant du pétrole (le déplacement n'est donc pas supprimé). Notre modélisation a montré qu'organiser les déplacements de manière plus rationnelle et favoriser les relocalisations peut avoir un impact majeur sur la consommation de pétrole.
- B. Concentrer emplois ou populations n'est pas nécessairement efficace pour réduire la consommation de pétrole liée à la mobilité: ce type de politique doit être conçu avec précaution, en ayant en tête de réduire autant que possible les déplacements et de favoriser un transfert modal.
- C. Rendre le parc résidentiel moins consommateur de pétrole: c'est également une stratégie qui s'avère efficace. Ceci peut être réalisé, sur le long terme, en regroupant l'habitat (éviter le quatre façades, par exemple), en isolant mieux les bâtiments et en modifiant les modes de chauffage (passer au gaz naturel ou à du renouvelable).
- D. Modifier les modes de consommation alimentaire, dans l'objectif de libérer de l'espace agricole pour le consacrer à la production d'agro-carburants: passer, par exemple, à une alimentation moins carnée peut être plus efficace que modifier les pratiques agricoles (passer à l'agriculture biologique, par exemple).
- E. Hiérarchiser les mesures: certaines mesures étant plus efficaces que d'autres pour réduire la dépendance au pétrole, il convient de les mettre en œuvre prioritairement. Néanmoins, il doit être tenu compte du fait que les différentes mesures envisageables s'influencent mutuellement. L'efficacité de chaque mesure est influencée par l'ensemble des mesures avec lesquelles elle est adoptée. Certaines associations peuvent être contre-productives, d'autres peuvent générer des synergies.