

Emissions et attractions de voyageurs à longue distance

Analyse des déterminants et esquisse de modélisation

L'Enquête Nationale Transports et Déplacements (ENTD) réalisée en 2007-2008 est l'occasion de faire le point sur les pratiques de déplacements en 2008 et leurs mutations depuis la précédente enquête réalisée il y a quinze ans, au cours des années 1993-94. Partant d'exploitations statistiques de l'ENTD, la collection "Mobilités à longue distance" éditée par le Sétra a pour objectif de présenter des résultats sur les pratiques de déplacements des résidents de France métropolitaine et leurs évolutions, au travers d'analyses thématiques. Cette collection est principalement centrée, au moins dans un premier temps, sur l'étude de la mobilité à longue distance, qui se situe dans le champ de compétence du Sétra. Elle pourra cependant s'appuyer, à l'occasion, sur des résultats complémentaires, provenant par exemple d'analyses de la mobilité locale. Elle s'adresse à l'ensemble des acteurs et des personnes intéressés par le domaine des transports et de la mobilité : services du Ministère, opérateurs des transports, collectivités territoriales, entreprises, usagers et citoyens.

Le sixième numéro de la collection « Mobilités à longue distance » cherche à identifier les principaux facteurs de génération et de distribution des voyages à longue distance. On commence par une analyse des régions d'origine et de destination des voyages à longue distance, que l'on désagrège ensuite en fonction du motif. Cette étude permet de mettre en évidence les principaux déterminants des émissions et des attractions des flux inter-régionaux de voyageurs, dont certains diffèrent en fonction du motif de déplacement. Par exemple, les émissions dépendent de la population résidente, mais aussi, pour certains motifs, du taux d'actifs occupés, des revenus de la population, de sa structure socio-professionnelle. Les attractions reflètent quant à elles, outre la population et/ou l'emploi de la région de destination, ses avantages naturels (climat, géographie, densité...). Les flux de voyageurs entre deux régions suivent aussi une loi décroissante en fonction de leur éloignement, mais dépendent également de la demande induite par l'offre de transport qui permet, dans certains cas, de réduire les temps de parcours. A l'issue de ces analyses préliminaires, on esquisse la forme d'un premier modèle général des flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance estimé à partir de l'ENTD, qui pourra ultérieurement être développé, notamment en désagrégeant le modèle par motif, et en affinant la prise en compte des effets de l'offre de transport rapide (TGV, avion...) sur les temps de parcours et la demande induite.

Sommaire

1. Introduction	4
2. Origines et destinations des voyages à longue distance, sans distinction des motifs	5
3. Déterminants des émissions, des attractions, et des flux inter-régionaux de voyageurs, sans distinction des motifs	7
4. Déterminants des émissions et attractions, par motif	16
5. Impact de l'offre de transport et amorce de modélisation	54
6. Conclusion et perspectives	72
7. Références	74

Sommaire détaillé

1. Introduction	4
2. Origines et destinations des voyages à longue distance, sans distinction des motifs	5
3. Déterminants des émissions, des attractions, et des flux inter-régionaux de voyageurs, sans distinction des motifs	7
3.1 Les émissions régionales sont proportionnelles à la population	7
3.2 Les attractions régionales dépendent de la population mais aussi de l'attractivité variable des différentes régions	8
3.3 La proportion de voyages intra-régionaux dépend des dimensions régionales et de l'attractivité	9
3.4 La majorité des voyages s'effectue au sein de la région ou à destination des régions limitrophes	10
3.5 Les flux de voyageurs diminuent avec la distance selon une loi de type "puissance"	11
3.6 La modélisation des flux inter-régionaux de voyageurs s'accorde bien avec une formulation de type "gravitaire"	12
3.7 Les voyages des franciliens apparemment indépendants de l'éloignement	15
4. Déterminants des émissions et attractions, par motif	16
4.1 Voyages de vacances ou à destination d'une résidence secondaire	16
4.1.1 Origines et destinations des voyages de vacances ou vers une résidence secondaire	16
4.1.2 La population et les ressources financières des habitants permettent très bien de prévoir les émissions régionales de voyages liés aux vacances	17
4.1.3 La population n'est pas un prédicteur suffisant des attractions de vacances, en raison d'une forte variabilité des attractivités régionales	20
4.1.4 Une modélisation de l'attractivité régionale permet d'améliorer la prévision des attractions	21
4.1.5 La distance moins déterminante, du fait de voyages plus éloignés que pour les autres motifs	24
4.2 Voyages pour affaires professionnelles	27
4.2.1 Origines et destinations des voyages professionnels	27
4.2.2 Des déterminants des émissions multiples et complexes à modéliser: population active occupée, structure socioprofessionnelle, organisation territoriale du tissu économique, rôle spécifique de l'Ile-de-France dans l'économie nationale, offre de transport	29
4.2.3 Les attractions professionnelles dépendent principalement de la population active occupée de la région de destination	33
4.2.4 Au sein des voyages professionnels, davantage de flux à distance intermédiaire	34
4.3 Visites aux parents et aux amis	35
4.3.1 Origines et destinations des visites	35
4.3.2 Comme pour les vacances, des émissions surtout proportionnelles à la population	37
4.3.3 Hors Ile-de-France, des attractions de voyages sociaux plus fortement déterminées par la population que pour les vacances	38
4.3.4 Une attractivité pénalisée en cas de forte densité	38
4.3.5 Une décroissance régulière avec l'éloignement	40
4.4 Activités de loisirs	42
4.4.1 Des activités moins éloignées du bassin de vie local	42
4.4.2 Origines et destinations des voyages de loisirs	43
4.4.3 La population régionale est un bon prédicteur des émissions de loisirs	43
4.4.4 Les émissivités augmentent avec le niveau de vie et diminuent avec la densité	44
4.4.5 Du fait d'activités de loisirs plus proches du domicile, les attractions de loisirs sont également bien déterminées par la population de la région de destination	48
4.4.6 Les attractivités de loisirs régionales diminuent avec la densité	48
4.5 Conclusion générale sur les déterminants des émissions, attractions et flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance	51
5. Impact de l'offre de transport et amorce de modélisation	54
5.1 Esquisse d'un modèle de forme gravitaire des flux inter-régionaux par région d'origine	54
5.2 Les valeurs des paramètres des lois régionales s'expliquent en partie par les différences de mobilité et d'attractivité	55
5.3 Un modèle unifié pour les différentes régions	59
5.4 L'intensité des flux augmente en présence d'une offre de transport inter-régionale rapide qui génère du trafic induit	60
5.5 ...mais par ailleurs l'utilisation des modes rapides augmente avec le taux d'urbanisation	62

5.6 La prise en compte de la variabilité des temps de parcours inter-régionaux liée à la part des modes rapides améliore les résultats du modèle.....	64
5.7 Conclusion générale de l'esquisse de modélisation des flux inter-régionaux de voyageurs	71
6. Conclusion et perspectives.....	72
7. Références	74

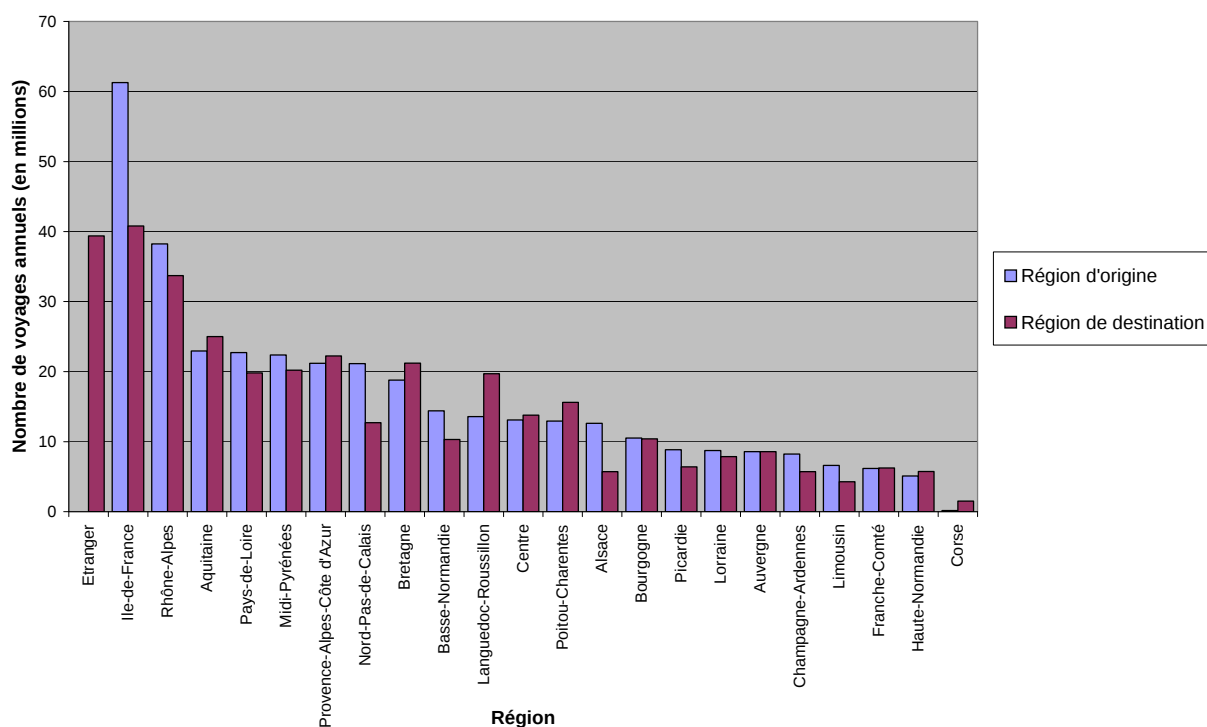
1. Introduction

Cette note est en partie descriptive, mais elle vise aussi à mettre en évidence certains des facteurs qui influent sur les émissions régionales, les attractions régionales, et les flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance. On a pris le parti dans cette analyse d'utiliser comme maille de base des émissions, des attractions et des flux inter-régionaux l'échelon régional. Cette échelle présente l'avantage de répondre à plusieurs objectifs : d'une part, de disposer d'échantillons suffisamment robustes pour obtenir des estimations plus fiables des émissions et attractions, en vue de caler un premier modèle des flux inter-régionaux de voyageurs ; d'autre part, de s'inscrire dans le cadre institutionnel du transport ferroviaire de voyageurs qui est régionalisé depuis les lois de décentralisation ; enfin, cette échelle est également cohérente par rapport à notre objet d'analyse que constituent les voyages à longue distance. Néanmoins, on aurait pu choisir d'autres vecteurs d'analyse territoriale, et en particulier des typologies territoriales basées par exemple sur la taille d'agglomération ou encore sur la densité humaine. Densité humaine et taux d'urbanisation régional seront évoqués dans cette étude, mais leur impact ne sera pas pleinement évalué. On cherchera dans une note ultérieure à mieux évaluer l'impact de ces dimensions essentielles de la description des territoires sur les flux de voyageurs, tout en restant dans le cadre d'un modèle interrégional qui est esquissé ici. Par ailleurs, il faut garder à l'esprit que les résultats présentés ici, en particulier les estimations de moyennes régionales, recouvrent en réalité de très fortes différences intra-régionales liées notamment à l'hétérogénéité des grandes régions telles que Rhône-Alpes et PACA, par exemple. En outre, lorsqu'on parle d'attractivité des différentes régions, on se réfère implicitement à l'attractivité vis-à-vis des seuls résidents de France métropolitaine. En effet, seuls ces derniers ont été enquêtés dans l'ENTD, mais on ignore quels sont les flux originaires des pays étrangers à destination des différentes régions françaises, de sorte que l'image de l'attractivité régionale qui en résulte peut s'en trouver faussée. C'est le cas en particulier de l'Ile-de-France, qui est la première destination touristique mondiale mais semble être délaissée par les résidents de France métropolitaine, mais aussi sans doute des régions françaises frontalières dont l'attractivité est systématiquement sous-estimée puisqu'on ignore par exemple les attractions exercées sur les régions étrangères limitrophes. Il serait intéressant de voir dans une étape ultérieure de modélisation quel est le rôle joué par ces « effets de bord » dans l'estimation et la modélisation des attractivités.

On rappelle que dans l'ENTD on définit les voyages à longue distance comme les voyages à plus de 80 km du domicile et/ou impliquant au moins une nuit passée hors du domicile. Après avoir étudié quelques-uns de ces déterminants à partir de l'ENTD 2007-2008, la note se conclut par l'esquisse d'un modèle simplifié du trafic à longue distance entre régions (en voyageurs), sachant qu'on inclut aussi dans cette définition les flux internes à une région. On étudie successivement la distribution des voyages par région d'origine, par région de destination, enfin la distribution des destinations en fonction de la région d'origine. Ces analyses sont ensuite désagrégées par motif et par mode, ce qui permet de mettre en évidence la nécessité d'une segmentation de l'étude et de la modélisation des flux inter-régionaux de voyageurs en fonction des caractéristiques des déplacements effectués (motif, mode...), mais aussi de dégager des facteurs d'émissivité et d'attractivité des régions, ou encore de variabilité de la distribution des destinations en fonction de la région d'origine. Parmi ces facteurs, figurent la population et l'emploi de la région de résidence et/ou de destination, la distance entre régions, l'attractivité touristique de la région de destination. Certaines caractéristiques de la population résidente influent également sur sa propension à voyager ainsi que sur le type de voyages effectués : revenus, proportion d'actifs et/ou de retraités, catégories socio-professionnelles. Enfin, à caractéristiques constantes, une offre de transport exceptionnelle entre deux régions (par exemple une ligne de train à grande vitesse) est également susceptible d'induire un surcroît de demande de transport ainsi qu'un report en provenance des autres modes sur la liaison desservie. Ces différents facteurs sont ensuite introduits comme variables explicatives dans le cadre d'un modèle simplifié des flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance.

2. Origines et destinations des voyages à longue distance, sans distinction des motifs

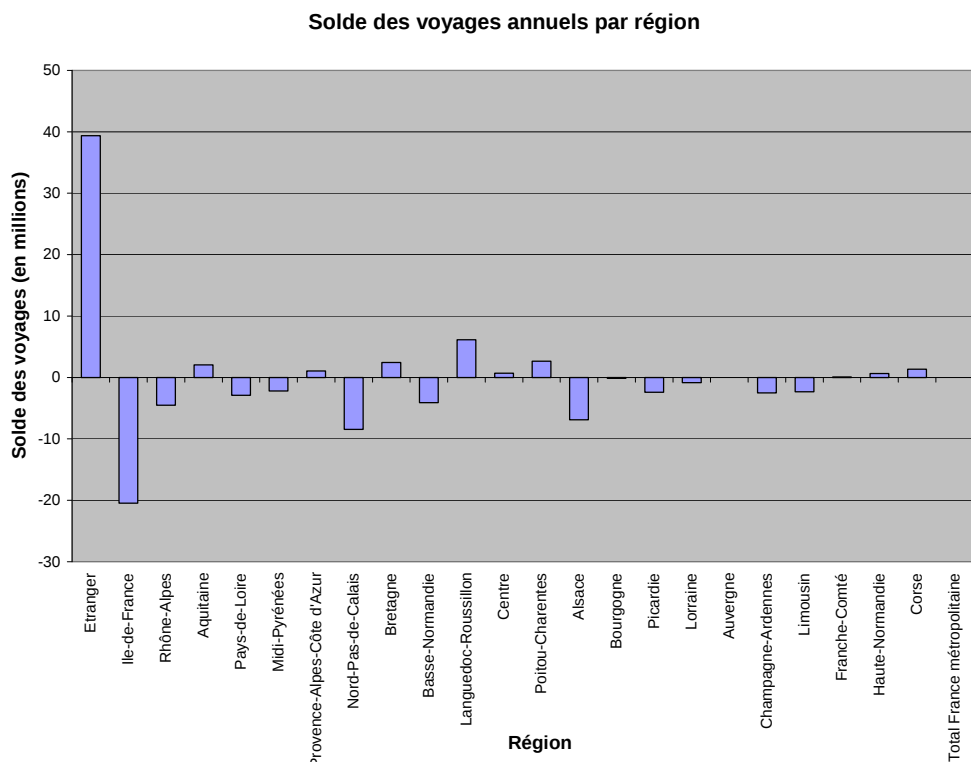
Flux interrégionaux (nombre de voyages annuels), par origine et destination



Graphique 1 - Répartition des voyages à longue distance par région d'origine et de destination
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

La région à l'origine du plus grand nombre de voyages à longue distance, qui est aussi la plus peuplée, est bien entendu l'Ile-de-France. 17,1 % des voyages sont effectués par les franciliens, ce qui est légèrement inférieur au poids démographique de la région. La seconde région émettrice est la région Rhône-Alpes qui est à l'origine de 10,7 % des voyages, suivie de l'Aquitaine (6,4 %), des Pays-de-la-Loire (6,3 %), de Midi-Pyrénées (6,3 %), de Provence-Alpes-Côte d'Azur (5,9 %), et du Nord-Pas-de-Calais (5,9 %). Ces sept régions, qui sont aussi parmi les plus peuplées, émettent donc à elles seules 58,6 % des voyages à longue distance des habitants de France métropolitaine.

Tous motifs confondus, 11 % des voyages sont à destination de l'étranger. Les premières régions de destination métropolitaines sont l'Ile-de-France (11,4 %) et Rhône-Alpes (9,4 %), suivies par l'Aquitaine (7 %), PACA (6,2 %), la Bretagne (5,9 %), Midi-Pyrénées (5,6 %), les Pays-de-la-Loire et le Languedoc-Roussillon (5,5%). Ces huit régions et les destinations étrangères attirent donc à elles seules 67,6 % des voyages à longue distance.



Graphique 2 - Solde des voyages à longue distance par région
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

On calcule ensuite le solde des voyages par région, que l'on définit comme la différence entre les voyages à destination de la région et les voyages émis par la région. Ce calcul permet de mettre en évidence des régions plus émissives qu'attractives, et à l'inverse des régions plus attractives qu'émissives. Le solde des voyages vers l'étranger est excédentaire par construction, puisqu'on ne s'intéresse qu'aux voyages effectués par les résidents de France métropolitaine. A l'inverse, le solde des voyages pour l'ensemble de la France métropolitaine est déficitaire par construction, puisque seule une partie des voyages des résidents est à destination de France métropolitaine. Il y a donc naturellement plus de régions déficitaires qu'excédentaires. On remarque que, dans certaines régions, les flux émis et attirés sont équilibrés ou quasi-équilibrés : c'est notamment le cas de la Bourgogne, de la région Centre, de la Haute-Normandie, de la Lorraine et de PACA. Dans d'autres régions au contraire, les flux sont déséquilibrés, avec des régions plutôt émettrices et des régions plutôt réceptrices. En valeur absolue, c'est l'Ile-de-France qui présente le solde le plus négatif, étant à l'origine d'environ 61 millions de voyages mais n'étant la destination que de 41 millions d'entre eux. Ce solde négatif, toutefois, ne tient compte que des destinations des résidents de France métropolitaine, et exclut donc l'ensemble des voyages touristiques et/ou professionnels des étrangers à destination de l'Ile-de-France, qui représentent un volume très important, l'Ile-de-France étant la première région visitée par les étrangers se rendant en France pour motifs touristiques¹. Mais d'autres régions émettent nettement plus de voyages qu'elles n'en reçoivent : c'est en particulier le cas du Nord-Pas-de-Calais (21,1 millions de voyages émis pour 12,7 millions de voyages reçus), de l'Alsace (12,6 millions de voyages émis pour 5,7 reçus), de Rhône-Alpes (38,2 millions de voyages émis pour 33,7 reçus). A l'opposé, en valeur absolue, la région la plus excédentaire est le Languedoc-Roussillon avec 19,7 millions de voyages reçus pour 13,6 émis. Elle est suivie par Poitou-Charentes (15,6 millions de voyages reçus pour 12,9 émis), la Bretagne (21,2 reçus pour 18,8 émis) et l'Aquitaine (25 reçus pour 23 émis), les déséquilibres étant cependant cette fois de bien moindre ampleur. Ces déséquilibres dans les flux de voyageurs dessinent une première carte de l'attractivité des régions, dans un contexte où 80 % des voyages à longue distance sont effectués pour des motifs personnels, ce qui donne une prime aux régions les plus attractives sur le plan résidentiel et/ou touristique.

Toutefois, l'Ile-de-France cesse d'être la région la plus déficitaire si on raisonne en valeur relative et non plus en valeur absolue, en rapportant le solde régional au nombre de voyages émis par la région. La hiérarchie des régions excédentaires et déficitaires change alors : la région la plus déficitaire devient l'Alsace (-54,7 %), suivie par le Nord-Pas-de-Calais (-39,9

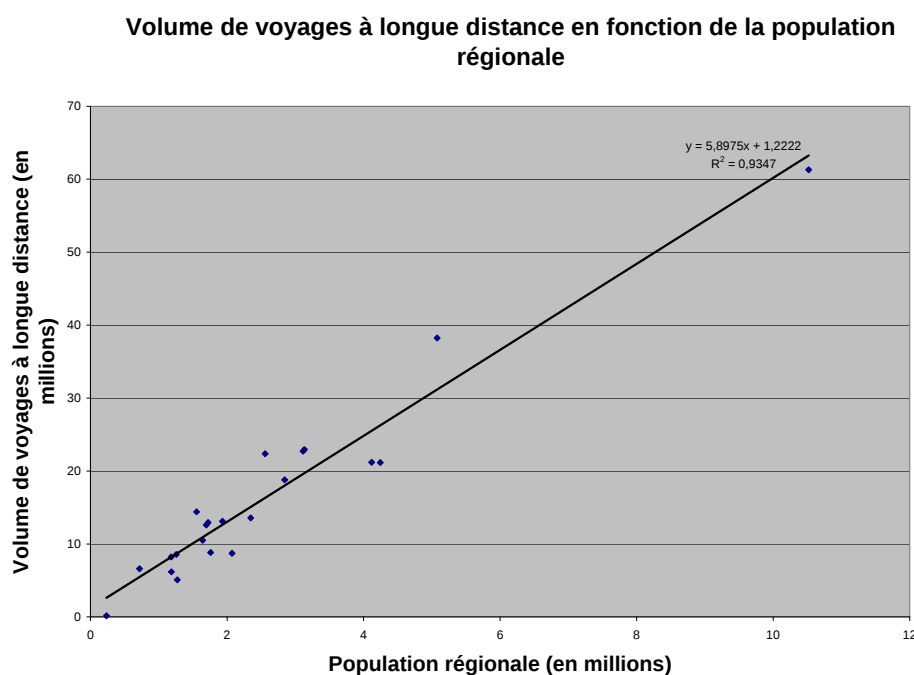
¹ Ainsi, selon l'Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Ile-de-France (IAURIF), l'Ile-de-France est la première destination touristique mondiale avec 60 millions de visiteurs par an.

%), le Limousin (-35,1 %), l'Ile-de-France (-33,4 %) et Champagne-Ardenne (-30,5 %). La région la plus excédentaire, en revanche, demeure le Languedoc-Roussillon (45,2 %).

Cette image change également si on corrige le solde de manière à tenir compte du déséquilibre structurel des flux des résidents de France métropolitaine en faveur de l'étranger. Pour corriger ce déséquilibre, on calcule cette fois le solde, non plus sur l'ensemble des voyages effectués par les résidents, mais uniquement sur les voyages à destination de France métropolitaine. L'Ile-de-France reste alors déficitaire vis-à-vis des autres régions, mais ce déficit est amoindri: 10,7 millions de voyages au lieu de 20 millions. Il en va de même pour le Nord-Pas-de-Calais (5,5 millions au lieu de 8,4) et l'Alsace (3,8 au lieu de 6,9). Les régions excédentaires, en revanche, le sont encore plus. Ainsi, l'excédent du Languedoc-Roussillon passe de 6,1 à 7,7 millions, celui de Poitou-Charentes de 2,7 à 3,8 millions, celui de la Bretagne de 2,4 à 3,9 millions. Enfin, des régions qui étaient déficitaires deviennent excédentaires (Bourgogne, Lorraine).

3. Déterminants des émissions, des attractions, et des flux inter-régionaux de voyageurs, sans distinction des motifs

3.1 Les émissions régionales sont proportionnelles à la population

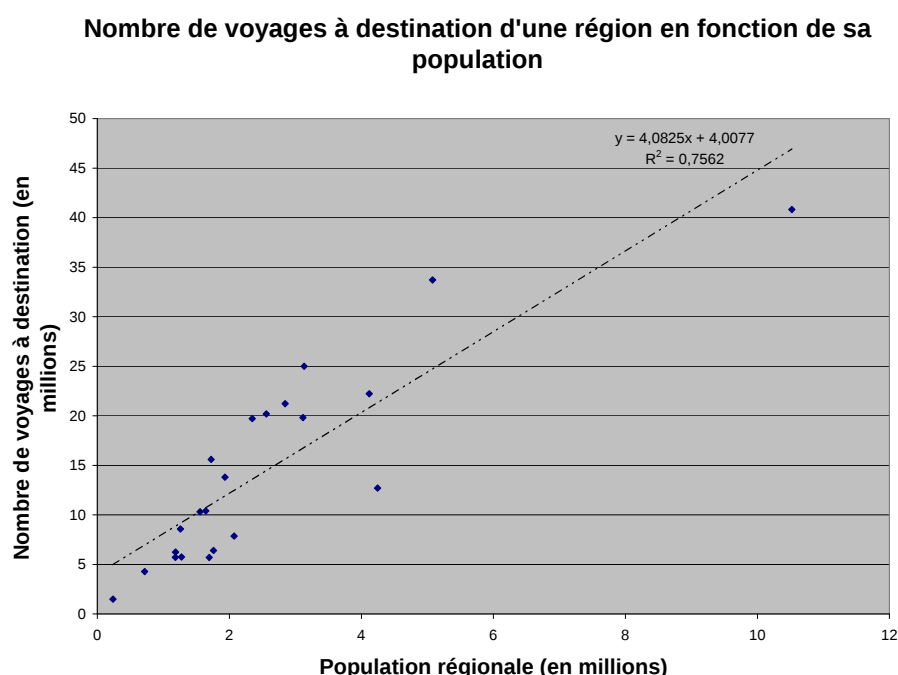


Graphique 3 - Emissions régionales en fonction de la population régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Le premier facteur influant sur le volume de voyages émis par une région est bien entendu la population régionale. Plus une région est peuplée, plus la demande potentielle est importante. On observe une relation linéaire entre le volume des voyages à longue distance émis par une région et sa population (graphique 3), avec un taux de corrélation très fort ($R^2=0,93$). En moyenne, le volume de voyages à longue distance émis par une région est donc proportionnel à sa population résidente (6,38 voyages par personne en 2008), mais on observe cependant, d'une région à l'autre, des variations qui dépendent du niveau de mobilité à longue distance de ses habitants. En effet, les émissions régionales de voyages à longue distance ne correspondent pas exactement aux poids démographiques régionaux, car on voyage plus dans certaines régions que dans d'autres. Les habitants de Basse-Normandie effectuent ainsi en moyenne 9,3 voyages par personne et par an. Ils sont suivis par les habitants du Limousin (9,2), de Rhône-Alpes (7,5). A l'inverse, c'est en Corse qu'on voyage le moins souvent (0,7 voyage par an et par personne), en Haute-Normandie (4), en Lorraine (4,2). Ces résultats sont cependant plus fragiles dans les régions faiblement peuplées en raison de la petite taille de l'échantillon qui peut entraîner une plus grande sensibilité des estimations à la distorsion des pondérations, en particulier en présence de navetteurs à longue distance, de sorte que certains écarts à la moyenne pourraient refléter davantage des biais de pondération qu'une structure de population réellement spécifique.

3.2 Les attractions régionales dépendent de la population mais aussi de l'attractivité variable des différentes régions

Tous motifs confondus, on peut émettre quelques hypothèses sur les déterminants des attractions régionales, que l'on pourra ensuite vérifier dans l'analyse désagrégée par motifs : on peut penser que les destinations des voyages doivent logiquement résulter à la fois du poids démographique de la région de destination, mais aussi de son dynamisme économique et de son attractivité relative pour les activités de tourisme et de loisirs, liée au climat ou à la présence d'aménités particulières (mer, montagne...). L'Ile-de-France compense ainsi partiellement une faible attractivité pour le tourisme et les loisirs par son poids démographique et son importance économique. Le poids démographique doit exercer une influence sur l'intensité des visites à la famille et aux amis, tandis que le dynamisme économique est susceptible d'attirer les voyages professionnels. Enfin, les destinations de vacances ou pour se rendre à une résidence secondaire semblent davantage liées à l'attractivité naturelle du territoire pour les activités de loisirs.



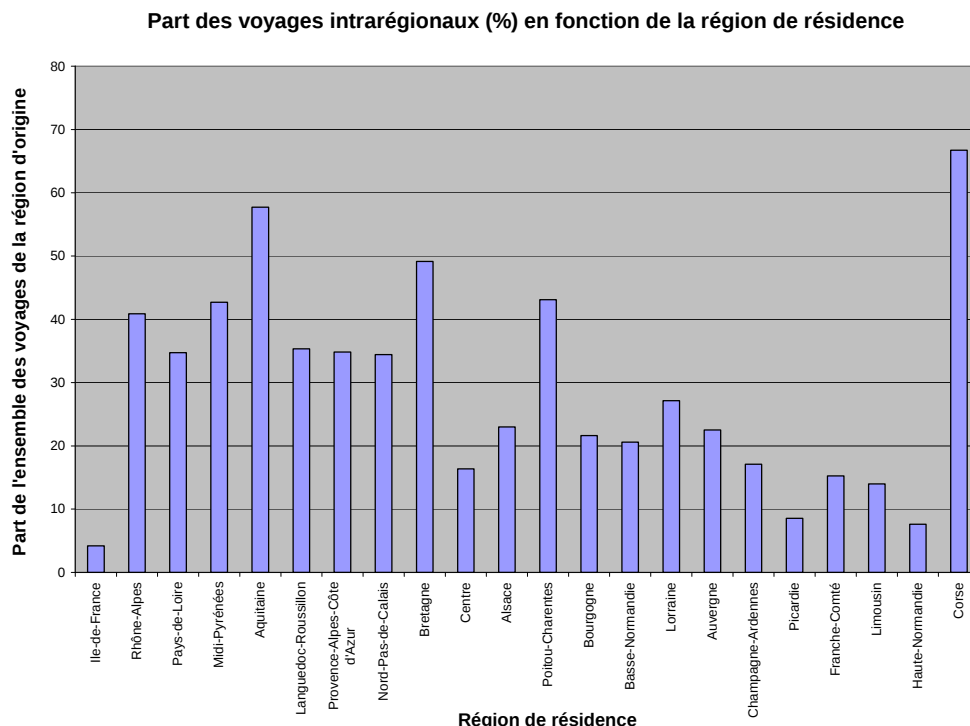
Graphique 4: Attractions régionales en fonction de la population régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Tout comme les émissions, les attractions suivent aussi une tendance proportionnelle à la population, mais la dispersion autour de la tendance centrale est beaucoup plus importante que pour les émissions, ainsi que l'illustre le graphique ci-dessus. D'une manière générale, il semble donc que la population soit un prédictiveur moins efficace des attractions que des émissions. Cette dispersion met en évidence deux tendances bien distinctes :

- d'un côté, des régions peu attractives, en deçà de la tendance moyenne, dont le pouvoir d'attraction est inférieur au poids démographique (Alsace, Lorraine, Picardie, Nord-Pas-de-Calais, Ile-de-France...) ;
- de l'autre, des régions très attractives, au-delà de la tendance moyenne (Rhône-Alpes, Aquitaine, Bretagne, Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon, Poitou-Charentes), dont le pouvoir d'attraction est supérieur au poids démographique.

Cette carte de l'attractivité oppose les régions du nord-est et du sud-ouest de la France. Différents facteurs peuvent contribuer à l'attractivité variable d'une région : on pense bien sûr aux avantages du climat ou aux autres aménités naturelles qui sont inégalement distribuées sur le territoire (mer, montagne...), mais la localisation de l'emploi constitue également un facteur d'attractivité pour les voyages professionnels, qui représentent environ 20 % des voyages à longue distance. En outre, on observe que les régions peu attractives (Alsace, Nord-Pas-de-Calais, Ile-de-France...) sont aussi des régions très urbanisées avec une forte densité humaine. Il pourrait donc y avoir une relation inverse entre la densité humaine et l'attractivité pour les mobiles touristiques. Le critère de population n'est donc sans doute pas suffisant pour décrire le facteur de masse au niveau de l'attractivité, et d'autres dimensions doivent être prises en compte : emploi, géographie, climat, densité humaine.

3.3 La proportion de voyages intra-régionaux dépend des dimensions régionales et de l'attractivité



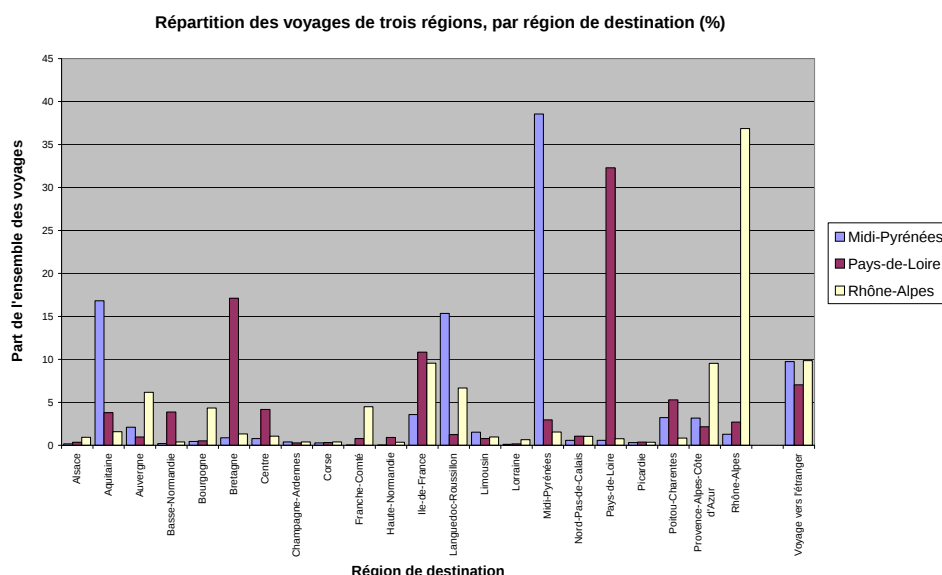
Graphique 5 - Taux de voyages intra-régionaux (proportion des voyages à destination de la région, au sein des voyages émis par la région), par région de résidence

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Par ailleurs, les destinations des voyages diffèrent selon la région d'origine. Tout d'abord, on définit le taux de voyages intra-régionaux comme la part des voyages émis par une région qui ont pour destination la même région. On observe que le taux de voyages intra-régionaux varie fortement d'une région à l'autre. C'est en Ile-de-France qu'il est le plus faible (seulement 2,7 %), mais il est également très réduit dans les régions Centre, Champagne-Ardenne, Picardie, Franche-Comté, Limousin, Haute-Normandie (entre 7 et 17 %). A l'inverse, la part des voyages intra-régionaux est très élevée en Aquitaine (57,7 %), Bretagne (49,2 %), Poitou-Charentes (43,1 %), Midi-Pyrénées (42,7 %), Rhône-Alpes (40,9 %), Languedoc-Roussillon (35,3 %), Pays-de-la-Loire, PACA (34,8 %) et Nord-Pas-de-Calais (34,4 %). La part variable des voyages intra-régionaux s'explique en partie par les dimensions régionales, qui amènent à sortir plus ou moins rapidement des limites administratives régionales. C'est ainsi que le taux de voyages intra-régionaux est très élevé dans les plus grandes régions telles que Midi-Pyrénées, Rhône-Alpes et Aquitaine, ou dans des régions de dimensions un peu plus faibles mais encore assez importantes telles que les Pays-de-la-Loire, PACA, le Languedoc-Roussillon, la Bretagne et Poitou-Charentes. A l'inverse, dans des régions de petites dimensions telles que l'Ile-de-France, la Haute-Normandie, la Franche-Comté, le Limousin, la Picardie et l'Alsace, qui font toutes moins de 20 000 km², la part des voyages intra-régionaux est nettement plus réduite. En Ile-de-France, par exemple, le fait d'effectuer un voyage à longue distance fait presque automatiquement sortir des limites régionales. Néanmoins, il se trouve que les régions de plus grandes dimensions sont aussi des régions littorales ou de montagne attractives sur le plan touristique, tandis que les régions de petites dimensions sont souvent des régions touristiquement moins attractives. En raison de cette corrélation, on ignore si la variabilité du taux de voyages intra-régionaux doit plutôt être imputée aux dimensions de la région ou à la hiérarchie des attractivités régionales. On observe cependant que pour des dimensions régionales comparables, la variabilité du taux de voyages intra-régionaux demeure très forte. En particulier, dans trois régions de petites dimensions, le taux de voyages intra-régionaux est nettement au-dessus de la tendance centrale : l'Alsace, le Nord-Pas-de-Calais et la Corse. De même, au sein des régions de dimensions moyennes, le taux de voyages intra-régionaux est supérieur à la tendance centrale pour la Bretagne et Poitou-Charentes, et inférieur à la tendance pour la Picardie, la Bourgogne, Champagne-Ardenne et la Lorraine. Ces écarts reflètent sans doute pour partie une opposition entre des régions insulaires, littorales ou frontalières, dont les échanges avec les autres régions françaises sont plus limités, et les régions de transit où ils sont plus importants. On voit ainsi apparaître à nouveau un axe Nord-Est/Sud-Ouest, illustrant sans doute le fait que les personnes vivant dans des régions jugées attractives éprouvent moins le désir d'en sortir pour leurs déplacements touristiques. Cette tendance n'est cependant pas toujours vérifiée, ainsi que

l'illustrent les exemples de l'Alsace et du Nord-Pas-de-Calais, qui semblent plus attractives pour leurs propres résidents que pour les autres résidents de France métropolitaine.

3.4 La majorité des voyages s'effectue au sein de la région ou à destination des régions limitrophes

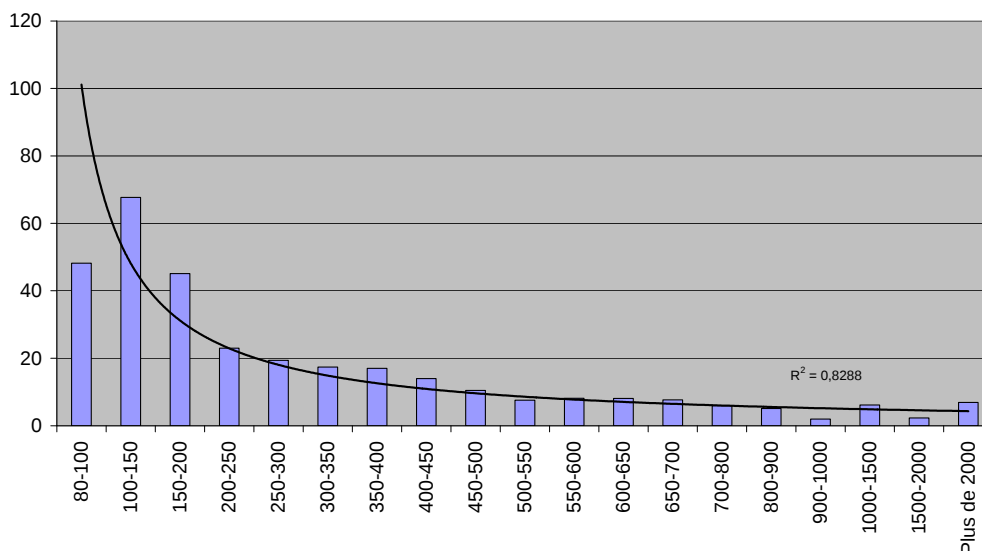


Graphique 6 - Répartition des voyages par destinations (%), pour trois régions d'origine
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

La dépendance du taux de voyageurs intra-régionaux vis-à-vis des dimensions régionales reflète la décroissance des flux de voyageurs avec la distance. A l'exception de l'Ile-de-France, la majorité des voyages à longue distance sont en fait soit intra-régionaux, soit à destination des régions limitrophes. Certaines régions présentent également un tropisme particulier vers l'Ile-de-France. Ainsi, par exemple, hors voyages intra-régionaux ou vers l'étranger, la destination des voyages des habitants de la région Rhône-Alpes est très concentrée sur les voyages vers l'Ile-de-France (9,6 %), PACA (9,5 %), le Languedoc-Roussillon (6,7 %), et l'Auvergne (6,2 %). Si on considère deux autres grandes régions que sont les Pays-de-la-Loire et Midi-Pyrénées, on observe de même, outre le très fort taux de voyages intra-régionaux, la prééminence des voyages à destination des régions limitrophes ou de l'Ile-de-France : l'Aquitaine (16,8 %) et le Languedoc-Roussillon (15,3 %) pour Midi-Pyrénées, la Bretagne (17,1 %) et l'Ile-de-France pour les Pays-de-la-Loire (10,8 %).

3.5 Les flux de voyageurs diminuent avec la distance selon une loi de type "puissance"

Nombre de voyages (en millions) en fonction de la distance (km) entre le domicile et la destination principale du voyage



Graphique 7 - Loi empirique de décroissance des flux de voyageurs avec la distance
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

On observe en effet que la majorité des voyages s'effectuent sur des distances relativement "courtes" et que l'intensité des flux de voyages décroît régulièrement avec la distance², selon une loi de type "puissance"³, avec un bon coefficient de détermination R^2 de 0,83⁴. Ainsi, 36 % des voyages à longue distance ont une destination éloignée de moins de 150 km du domicile, et plus de 63 % d'entre eux s'effectuent à moins de 300 km du domicile. A contrario, seuls 4,8 % des voyages à longue distance sont éloignés de plus de 1000 km du domicile. Ce dernier chiffre pourrait étonner dans la mesure où 11 % des voyages à longue distance sont à destination de l'étranger, mais on observe en fait que, si la distance moyenne des voyages vers l'étranger est bien de 1583 km, seuls 42,2 % des voyages vers l'étranger sont éloignés de plus de 1000 km du domicile. D'une part, une grande partie des voyages vers l'étranger ont pour destination des pays proches (Espagne, Italie,

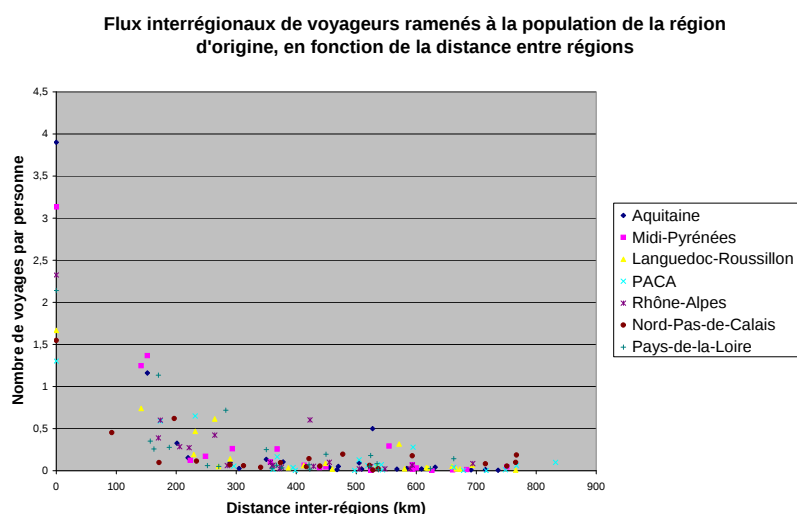
² On s'intéresse ici seulement à la loi de distribution empirique des déplacements selon la distance, qui ne tient pas compte des émissivités ni des opportunités offertes par chaque zone. Dans la modélisation gravitaire qui suivra (section 5), la loi de décroissance des flux avec la distance correspondra au contraire à une "fonction résistive", les flux inter-régionaux ayant été normalisés en tenant compte des émissivités et attractivités régionales. La formulation du modèle gravitaire peut être reliée au concept d'accessibilité (cf. master de recherche de Thomas VILLALBA [1]), dans laquelle le trafic entre deux zones dépend des opportunités offertes par la zone de destination (ici le nombre d'habitants ou d'emplois) et du coût d'accès à ces opportunités ou fonction résistive, donc finalement de l'accessibilité partielle de la zone de destination rapportée à l'accessibilité totale de la zone émettrice. Ce coût d'accès aux opportunités est généralement décrit comme un coût généralisé. Ici, on ne considère que la distance, mais dans une approche économétrique, on peut aussi envisager le coût monétaire et temporel du déplacement: la question du temps de déplacement sera partiellement traitée dans la section 5 où on étudie sommairement l'influence de la vitesse de déplacement sur le volume des flux inter-régionaux.

³ La fonction "puissance" n'est pas la seule spécification possible. On peut utiliser aussi une fonction exponentielle ou "mixte". Cependant, la forme exponentielle s'accorde mieux avec la modélisation des déplacements en milieu urbain et pour des déplacements courts, tandis que la forme "puissance" s'accorde mieux avec l'étude des déplacements de longue distance (cf. master de recherche de Thomas VILLALBA [1]), ce qui correspond ici à notre objet. Notre choix de cette formulation ne repose néanmoins pas tant sur une justification théorique que sur un résultat empirique (cf. note n°4).

⁴ En dépit d'un R^2 très proche pour les deux formulations "exponentielle" et "puissance" à environ 0,83, la formulation "puissance" a été préférée à l'exponentielle, qui en raison d'une décroissance plus progressive tend à fortement sous-estimer les flux à moins de 200 km et inversement à surestimer les flux entre 200 et 400 km. L'adéquation de l'exponentielle aux données est donc moins bonne pour les déplacements "courts", c'est-à-dire intra-régionaux, vers les régions limitrophes ou de faible éloignement. En utilisant le fichier des navettes domicile-travail du recensement, Thomas VILLALBA trouve que la formulation "exponentielle" est plus adaptée, et surtout la formulation mixte. Pour ce qui concerne le choix entre formulation exponentielle ou puissance, cette différence de résultat s'explique vraisemblablement par les facteurs suivants: d'une part, l'ENTD intègre l'ensemble des motifs de déplacements et non les seuls déplacements domicile-travail, qui ne représentent qu'une très faible proportion des déplacements à longue distance; d'autre part, le filtre de la longue distance exclut tous les déplacements locaux. Une formulation mixte, en revanche, pourrait donner de meilleurs résultats, car elle autorise davantage de degrés de liberté.

Belgique, Suisse, Angleterre). D'autre part, les phénomènes transfrontaliers (migrations pendulaires ou déplacements de loisirs) représentent sans doute une part substantielle de ces voyages vers l'étranger. C'est ainsi qu'à l'exception de l'Ile-de-France, c'est dans des régions frontalières que la proportion de voyages vers l'étranger est la plus importante: Alsace (24,2 %), Languedoc-Roussillon (11,5 %), Lorraine (19,5 %), Nord-Pas-de-Calais (14 %), PACA (15,1 %). En Ile-de-France, la proportion élevée de voyages vers l'étranger (15,9 %) s'explique en partie par l'accès à une offre de transport exceptionnelle incluant plusieurs aéroports internationaux et des lignes ferroviaires à grande vitesse, mais aussi par des revenus supérieurs à la moyenne métropolitaine.

3.6 La modélisation des flux inter-régionaux de voyageurs s'accorde bien avec une formulation de type "gravitaire"



Graphique 8 - Flux interrégionaux de voyageurs ramenés à la population de la région d'origine, pour 7 régions d'origine, distance intra-régionale nulle

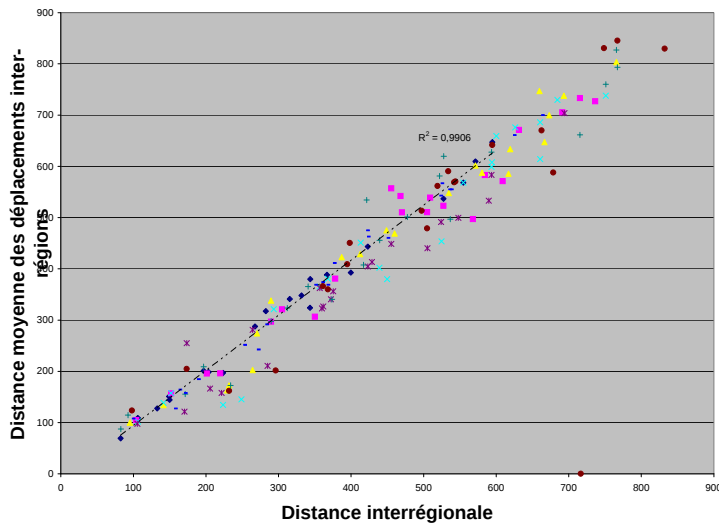
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

La décroissance régulière des voyages avec l'éloignement, et même la forme de cette relation s'accordent assez bien avec l'utilisation de modèles de forme gravitaire, et se retrouve dans la distribution des flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance, ainsi que l'illustre le graphique 9, dans lequel on a représenté, pour les sept plus grandes régions, à l'exception de l'Ile-de-France pour laquelle la distribution des voyages selon la distance est particulière, les flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance en fonction de la distance entre centroïdes des régions⁵. On observe que les flux les plus importants s'effectuent entre régions proches, et qu'au-delà de 400 km les échanges entre régions deviennent nettement plus faibles.

On pourrait penser a priori que la distance entre centroïdes des régions ne représente pas nécessairement bien les distances effectives des déplacements entre régions qui sont liées à la localisation de l'habitat, des emplois ou des sites touristiques, de sorte que le centre de gravité fonctionnel de la région n'est pas nécessairement le centre géographique. Cependant, on constate qu'en fait, la distance entre centroïdes des régions constitue une très bonne approximation des distances moyennes des déplacements inter-régionaux à longue distance, les deux indicateurs étant très fortement corrélés avec un R^2 de 0,99, ainsi que l'illustre le graphique 10 où ont été représentées les distances moyennes de déplacements par O/D en fonction de la distance entre centroïdes des régions, chaque couleur représentant une région d'origine différente.

⁵ Les flux pour lesquels la valeur en abscisse est égale à 0 correspondent aux flux intra-régionaux. En outre, les flux sont ramenés à la population résidente de la région d'origine, de manière à tenir compte des différences de poids démographiques régionaux.

Distance moyenne des déplacements inter-régions en fonction de la distance moyenne inter-régionale



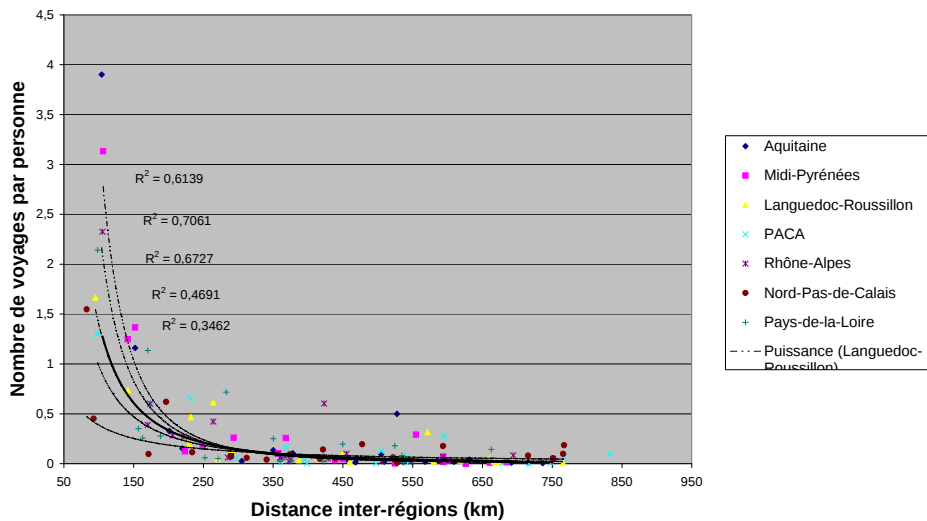
Graphique 9 - Distance moyenne des déplacements inter-régionaux en fonction de la distance moyenne inter-régionale. Les distances sont exprimées en km.

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

En revanche, cet indicateur présente l'inconvénient d'affecter une valeur nulle aux déplacements intra-régionaux alors que ces derniers sont tous plus de 80 km, ce qui explique que les points représentant les flux intra-régionaux se situent en dehors de la tendance générale dans le graphique 9. Pour remédier à ce problème, il faut s'intéresser plus précisément à la distance des déplacements intra-régionaux à longue distance. On peut penser que celle-ci est liée aux dimensions de la région. Pour étudier cette relation, on peut par exemple calculer le "diamètre" de la région, que l'on définit comme le diamètre d'une région de forme circulaire et de même surface, et étudier la relation entre la distance moyenne des déplacements intra-régionaux et le "diamètre" régional. On observe alors bien une relation linéaire, bien qu'assez faiblement déterminée ($R^2=0,32$), la distance moyenne des déplacements intra-régionaux dépendant sans doute aussi de la forme de la région et de son organisation territoriale (localisation des pôles urbains, des lieux d'activités...). On peut néanmoins utiliser cette relation empirique⁶ pour déterminer une distance intra-régionale de référence qui sera assimilée à une distance inter-régionale lorsque la région de destination est aussi la région d'origine.

⁶ Ce calcul s'appuie sur la relation empirique entre la distance observée des déplacements intra-régionaux et une variable exogène, en l'occurrence le "diamètre" de la région, pour définir une distance intra-régionale de référence. Pour la modélisation des flux de déplacements, il est aussi possible de définir la distance "intra-zonale" de manière purement théorique à partir de variables exogènes (cf. master de recherche de Thomas VILLALBA, où la distance intra-zonale est définie à partir de la surface régionale et de la distance aux zones les plus proches).

Flux interrégionaux de voyageurs ramenés à la population de la région d'origine, en fonction de la distance entre régions



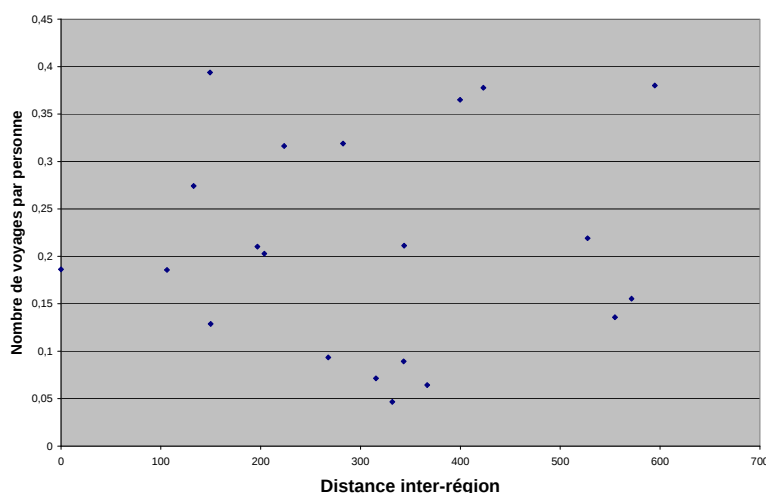
Graphique 10 - Flux interrégionaux de voyageurs ramenés à la population de la région d'origine, pour 7 régions d'origine, en fonction de la distance inter-régionale (une distance intra-régionale de référence est calculée par régression sur le diamètre régional)
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

En affectant aux voyages intra-régionaux la distance intra-régionale de référence au lieu de la valeur nulle, les flux intra-régionaux se rattachent à la tendance centrale, la distance moyenne des déplacements intra-régionaux étant proche, par construction, de la distance intra-régionale de référence. On peut donc redessiner la courbe des flux de voyageurs en fonction de ces distances inter-régionales corrigées pour les déplacements intra-régionaux. La forme mathématique de la courbe de distribution est difficile à déterminer a priori, mais elle montre un comportement asymptotique où les flux décroissent très rapidement au-delà de 300 km, et montent rapidement en-deçà de 200 km. Des fonctions de type "puissance" avec un calage différent en fonction des régions d'origine (le niveau de mobilité et la part des déplacements intra-régionaux variant d'une région à l'autre en fonction des caractéristiques de la population, des dimensions régionales et de son attractivité), s'accordent néanmoins assez bien avec les flux observés. Différentes formes mathématiques pourraient être testées ultérieurement dans le cadre du développement d'un modèle de forme gravitaire.

Le succès de cette loi est néanmoins variable selon les régions : la loi tendancielle de décroissance de la mobilité inter-régionale avec l'éloignement de la région de destination est beaucoup plus nette pour les régions méridionales (Aquitaine, Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon, PACA...) que pour les régions au nord de la Loire (Ile-de-France, mais aussi Pays-de-la-Loire et PACA). Cette différence peut sans doute s'expliquer par le fait que dans les régions méridionales, les régions les plus proches sont aussi les plus attractives sur le plan touristique, ce qui tend à renforcer l'effet de proximité sur l'intensité des flux, tandis qu'à l'inverse, dans les régions plus septentrionales, les régions touristiquement les plus attractives sont aussi les plus éloignées, de sorte que l'effet d'attractivité joue en sens inverse de l'effet d'éloignement. C'est ainsi que par exemple en Ile-de-France, les quatre régions les plus éloignées sont les régions PACA, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées et Aquitaine. Mais par ailleurs, les attractions exercées par ces régions sont aussi renforcées par leur poids démographique qui est loin d'être négligeable : PACA est la troisième région la plus peuplée, l'Aquitaine la sixième, Midi-Pyrénées la huitième, Languedoc-Roussillon la neuvième. Cette question sera approfondie ultérieurement en tenant compte de l'ensemble de ces éléments: on cherchera à voir s'il est possible de modéliser les flux pour motifs personnels en calculant un indicateur basé à la fois sur la population de la région d'origine, la population de la région de destination, la distance entre régions et l'attractivité de la région de destination. Dans la modélisation d'ensemble, on n'intégrera pas pour l'instant les effets de taille et de densité mais ces derniers seront à envisager dans le cadre du développement ultérieur d'un modèle des flux inter-régionaux de voyageurs, ce qui impliquera d'en obtenir une description plus fine.

3.7 Les voyages des franciliens apparemment indépendants de l'éloignement

Flux interrégionaux en fonction de la distance interrégionale, origine Ile-de-France



Graphique 11- Mobilité à longue distance des franciliens (nombre de voyages par personne), par région de destination, en fonction de la distance inter-régionale (km)

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

L'Ile-de-France forme un cas à part, car les flux ne montrent pas de polarisation particulière vers les régions limitrophes. Les destinations prioritaires des franciliens sont souvent non limitrophes de l'Ile-de-France : Basse-Normandie (6 %), Bretagne (6,9 %), Nord-Pas-de-Calais (4 %), Pays-de-la-Loire (6 %), PACA (7,2 %), Rhône-Alpes (7,1 %). Le tropisme de l'Ile-de-France pour les Pays-de-la-Loire et Rhône-Alpes s'explique à la fois par son poids démographique et économique, mais aussi par l'existence de lignes ferroviaires à grande vitesse qui réduisent les temps de parcours entre ces régions, bien qu'elles ne soient pas limitrophes. Le critère de temps peut donc s'avérer utile, en plus du critère de distance, comme facteur explicatif des flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance. Cette question sera abordée dans la section 6 de la note où on examine l'impact éventuel de l'offre de transport, et en particulier de l'existence de lignes ferroviaires à grande vitesse, sur les flux de voyageurs en tant que facteur d'induction de trafic.

Comparativement à d'autres grandes régions sur le plan démographique, la destination des voyages des franciliens est la plus éparpillée et indépendante de la distance, vers l'étranger et l'ensemble des régions de France métropolitaine. Les franciliens voyagent plus loin que les autres: ainsi, ils partent en moyenne à 600 km de leur domicile, contre 370 km pour les résidents de France métropolitaine, toutes régions confondues. La structure des réseaux sur le territoire national et en particulier la centralisation des transports ferroviaires tend sans doute à réduire les coûts généralisés de transport vers des destinations éloignées, par ailleurs l'Ile-de-France joue vraisemblablement un rôle de "hub" dans les échanges transversaux entre régions par le mode ferré. Mais par ailleurs, les destinations des franciliens, plus éloignées que la moyenne, s'expliquent en partie par une plus forte proportion de voyages de vacances liée à des revenus élevés, ainsi que par la dispersion des réseaux familiaux et sociaux dans les différentes régions de France.

Ainsi, si en France métropolitaine, 24,5 % des voyages sont effectués pour les vacances ou pour se rendre à une résidence secondaire, cette proportion atteint 39 % chez les franciliens, ce qui s'explique par une mobilité de vacances nettement plus élevée que la moyenne (2,1 voyages annuels par personne contre 1,4 pour l'ensemble de la France métropolitaine). Mais par ailleurs, quel que soit le motif de déplacement, les déplacements des franciliens sont aussi nettement plus éloignés que la moyenne : 735 km contre 610 km pour les déplacements de vacances, 530 km contre 313 km pour les visites à la famille et aux amis, 532 km contre 306 km pour les déplacements de loisirs, 592 km contre 342 km pour les déplacements pour affaires professionnelles. La centralisation de l'économie, le brassage continu des populations originaires de province ou de l'étranger dont les réseaux relationnels sont éclatés, la proportion plus importante des hauts revenus, tendent à accroître considérablement la part des déplacements extérieurs à la région chez les franciliens et à faire de l'ensemble du territoire français "l'hinterland" naturel de l'Ile-de-France. Néanmoins, on verra par la suite que le diagnostic d'indépendance apparente des voyages des franciliens doit être nuancé dès lors qu'on prend en considération l'influence de l'attractivité et de la population des régions de destination sur les flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance.

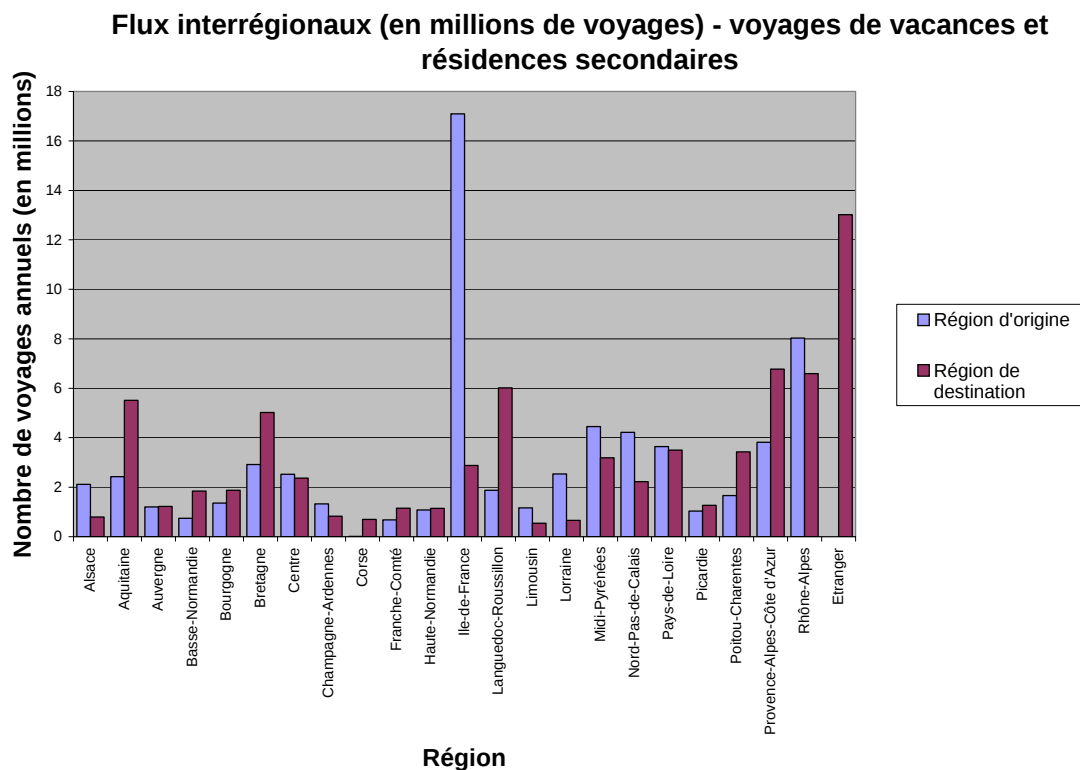
4. Déterminants des émissions et attractions, par motif

Une analyse plus détaillée fait cependant apparaître des résultats très différents de ceux qui précèdent si on distingue les motifs des voyages. Les motifs de mobilité varient en effet fortement en fonction de la région d'origine, mais aussi de la région de destination, selon que celle-ci est attractive pour les déplacements touristiques, pour les déplacements professionnels, ou ni l'un ni l'autre. L'organisation des flux sur le territoire est par ailleurs extrêmement contrastée en fonction des motifs de déplacements. L'analyse des flux par motifs permettra de mettre en évidence la nécessité de segmenter l'analyse et la modélisation des flux de voyageurs à longue distance, ainsi que d'autres déterminants (emploi, revenus, attractivité...) spécifiques à certains motifs. On examine successivement dans les chapitres qui suivent les déterminants des émissions et attractions pour les quatre principaux motifs des voyages à longue distance: les voyages de vacances ou à destination d'une résidence secondaire, les voyages pour affaires professionnelles, les visites à des parents et amis, les activités de loisirs.

4.1 Voyages de vacances ou à destination d'une résidence secondaire

4.1.1 Origines et destinations des voyages de vacances ou vers une résidence secondaire

Dans ce chapitre, on analyse les déterminants des flux de voyageurs pour les motifs de vacances ou à destination d'une résidence secondaire. Pour simplifier la rédaction, on parlera parfois du motif "vacances" ou de "vacanciers" en se référant à la fois aux voyages de "vacances" au sens strict, et aux voyages à destination d'une résidence secondaire, qui sont identifiés comme des motifs distincts dans l'ENTD. Lorsqu'on voudra parler du seul motif "vacances" dans l'ENTD, à l'exclusion des voyages vers les résidences secondaires, on parlera de "vacances seules".



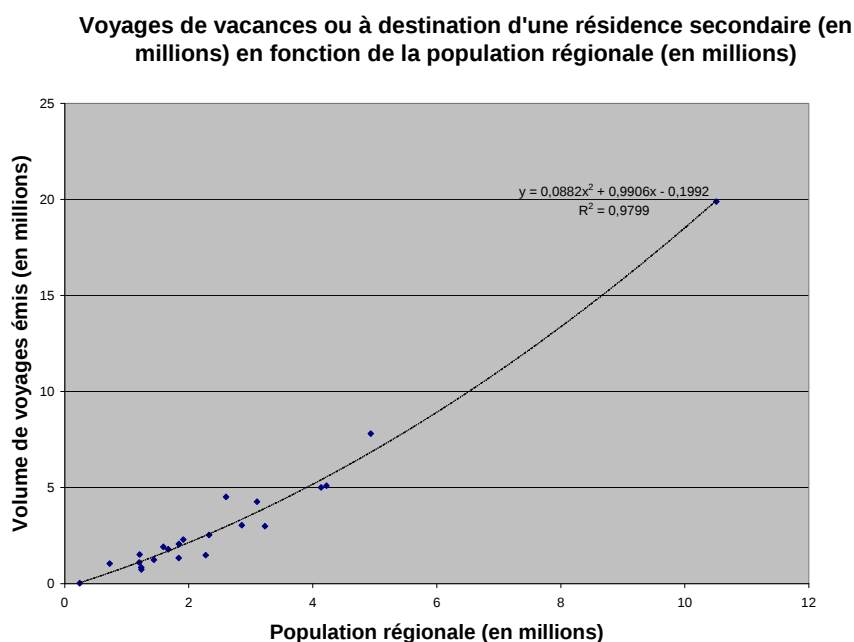
Graphique 12 - Origines et destinations des voyages de vacances ou pour joindre une résidence secondaire
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

La première région d'origine des voyages de vacances ou à destination d'une résidence secondaire est de très loin l'Ile-de-France : plus de 27 % d'entre eux sont effectués par les franciliens, ce qui représente bien plus que le poids démographique de l'Ile-de-France (18 %). Viennent ensuite les habitants de Rhône-Alpes (10,8 %), PACA (7 %), Nord-Pas-de-Calais (6,9 %), Midi-Pyrénées (6,2 %). La prédominance des franciliens est extrêmement marquée si on considère les voyages vers les résidences secondaires. Près de 32 % des voyages vers les résidences secondaires sont effectués par les franciliens. Les

habitants de la région Midi-Pyrénées en effectuent seulement 7,7 %, les habitants de la région PACA 6,4 %, les habitants de Rhône-Alpes 6,3 %, de Nord-Pas-de-Calais 5,8 %, des Pays-de-la-Loire 5,7 %. De fait, cette prééminence francilienne correspond aussi à la proportion des franciliens parmi les détenteurs de résidences secondaires (environ 30 %). Ces comportements spécifiques à l'Ile-de-France s'expliquent sans doute en partie par le niveau élevé des prix immobiliers, qui fait que certaines personnes vivant en Ile-de-France, mais originaires de province, préfèrent acheter leur résidence secondaire en province et demeurer locataires de leur résidence principale en Ile-de-France. Une forte concentration des hauts revenus en Ile-de-France favorise aussi la détention de résidences secondaires par les franciliens. Les franciliens effectuent également 24,4 % des voyages de "vacances". Ils sont suivis par les habitants de Rhône-Alpes (13,9 %), du Nord-Pas-de-Calais (7,7 %), de PACA (7,5 %), des Pays-de-la-Loire (6 %).

La hiérarchie des destinations de vacances diffère fortement de celle des émissions. Environ 18 % des voyages pour motifs de vacances et résidences secondaires sont à destination de l'étranger. Les destinations de vacances les plus recherchées en France métropolitaine sont ensuite les régions PACA et Rhône-Alpes (un peu plus de 9 % pour chacune d'entre elles), le Languedoc-Roussillon (8,3 %), suivis par l'Aquitaine (7,6 %), la Bretagne (6,9 %). Par contre, certaines régions, dont l'Ile-de-France, sont très rarement destinations de vacances des habitants de France métropolitaine. L'Ile-de-France n'est ainsi destination que de 4 % des voyages de vacances des résidents de France métropolitaine, en dépit de son poids démographique (18 % de la population métropolitaine). De même, seulement 0,8 % des voyages de vacances sont à destination du Limousin, 0,9 % de la Lorraine, 1 % de la Corse, 1,1 % de l'Alsace ou de Champagne-Ardenne, 1,6 % à destination de la Franche-Comté ou de la Haute-Normandie, 1,7 % à destination de l'Auvergne.

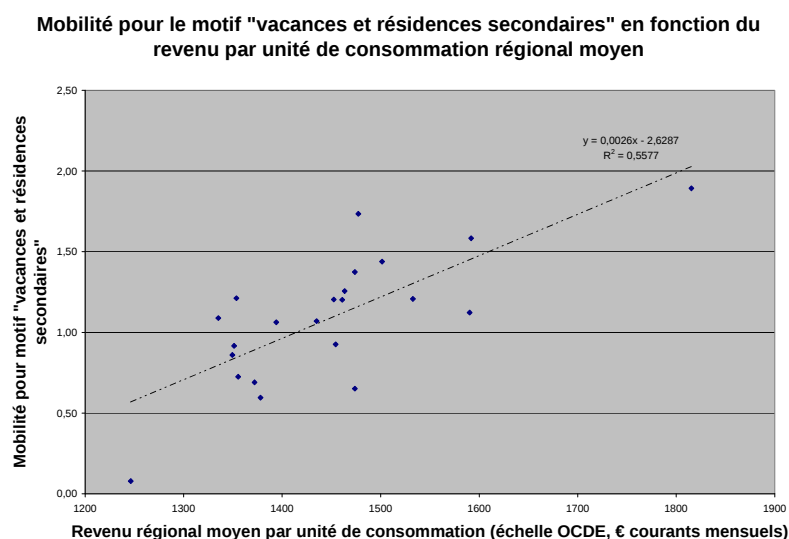
4.1.2 La population et les ressources financières des habitants permettent très bien de prévoir les émissions régionales de voyages liés aux vacances



Graphique 13 - Emissions régionales de vacanciers en fonction de la population régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Pour le motif de vacances également, les flux émis augmentent avec la population régionale. Une relation linéaire entre les émissions de vacances et la population convient très bien, mais une relation polynomiale de degré 2 s'accorde quasiment parfaitement avec les données, avec un coefficient de détermination $R^2=0,98$, contre $R^2=0,95$ pour une relation linéaire, notamment du fait de la forte mobilité de vacances des franciliens. Pour ce motif, les contrastes inter-régionaux dans les niveaux de mobilité sont beaucoup plus importants que pour l'ensemble des voyages, tous motifs confondus. Les franciliens sont ceux qui voyagent le plus pour leurs vacances ou pour se rendre à leur résidence secondaire, effectuant en moyenne 1,89 voyage annuel pour ce motif. Ils sont suivis par les habitants des régions Midi-Pyrénées (1,73) et Rhône-Alpes (1,58). A l'extrême inverse, on trouve la Corse dont les habitants ne se déplacent quasiment jamais pour partir en vacances, puis la Franche-Comté (0,6), l'Auvergne (0,69), la Lorraine (0,65) et la Picardie (0,73). La fréquence plus ou moins élevée des départs en vacances peut être liée à l'attractivité plus ou moins grande des régions qui fait que leurs habitants éprouvent

plus ou moins le besoin et/ou le désir de partir en vacances et de se dépayser, mais aussi aux différences de revenu des habitants.



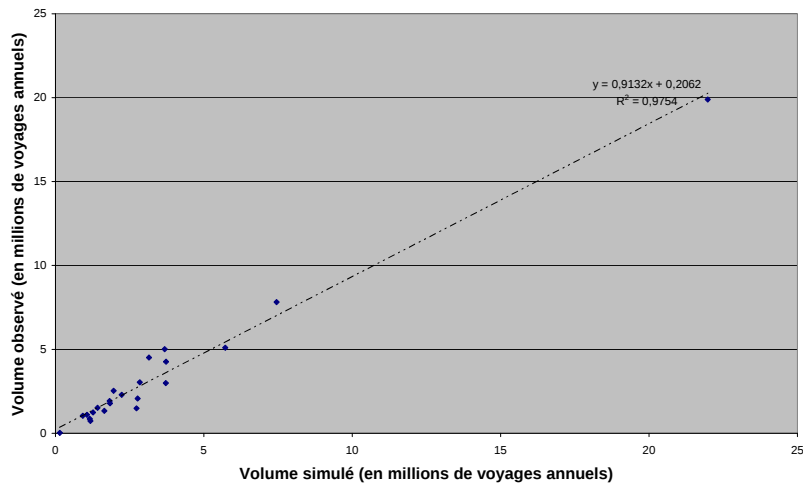
Graphique 14 - Mobilité de vacances (nombre de voyages annuels par personne) en fonction du revenu par UC (unités de consommation⁷)

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

La fréquence, la durée et l'éloignement des voyages de vacances, en effet, sont contraintes par les ressources financières, en raison des coûts du voyage, non seulement du transport, mais également des dépenses réalisées sur le lieu de destination : hébergement, restauration, activités. Toutes les analyses de la mobilité à longue distance ont jusqu'ici montré que les ressources financières en constituaient le principal facteur explicatif [2,3,4]. Dans le graphique 14, on a représenté pour les différentes régions la mobilité de vacances en fonction du revenu par unité de consommation moyen des habitants. De fait, on observe bien une relation linéaire de détermination moyenne ($R^2=0,56$) entre la mobilité de vacances et le revenu par unité de consommation moyen régional. Cette relation permet d'expliquer en grande partie la forte mobilité de vacances des franciliens, des habitants de la région PACA, de Rhône-Alpes, de Midi-Pyrénées, des Pays-de-la-Loire. Néanmoins, certaines régions se situent au-dessus de la tendance moyenne, telles que Midi-Pyrénées, les Pays-de-la-Loire, le Limousin, le Nord-Pas-de-Calais, le Languedoc-Roussillon. D'autres à l'inverse, se situent très en-deçà de la tendance moyenne, telles que la Corse, la Franche-Comté, la Lorraine et l'Alsace. D'autres facteurs entrent donc probablement en ligne de compte, mais la dispersion autour de la tendance centrale résulte aussi en partie des erreurs de mesure à ce niveau de finesse de la désagrégation, qui peuvent être considérées comme une variable aléatoire. Les analyses menées ne permettent pas en tous cas de mettre en évidence d'influence significative de l'attractivité touristique régionale ou encore de la structure de la population (âge et statut d'activité) sur la fréquence des voyages pour les vacances. Celle-ci varie peu en fonction de la position dans le cycle de vie, sauf chez les plus de 75 ans, où la fréquence des voyages diminue, quel que soit le motif. Néanmoins, la part des plus de 75 ans varie dans de faibles proportions d'une région à l'autre (entre 3,5 % pour le Nord-Pas-de-Calais et 12,4 % pour la Corse) et n'est pas susceptible d'expliquer des écarts importants de mobilité. L'attractivité régionale ne semble pas non plus être un facteur explicatif. Pourtant, on aurait pu penser que le fait d'habiter dans une région ensoleillée ou proche du littoral, par exemple, limitait la propension à voyager. Or, l'examen de la dispersion des régions autour de la tendance centrale ne met pas en évidence de telle relation, l'attractivité de la région ou des régions limitrophes exerçant une influence sur l'éloignement des voyages, mais non sur leur fréquence.

⁷ Les unités de consommation sont destinées à permettre de comparer les niveaux de vie entre ménages de compositions et de tailles différentes, en tenant compte des économies d'échelle liées à la mutualisation de certaines dépenses. On utilise ici l'échelle OCDE, le nombre d'unités de consommation valant 1 pour le 1^{er} adulte du ménage, 0,5 pour les autres personnes de plus de quinze ans, et 0,3 pour les enfants de moins de quinze ans.

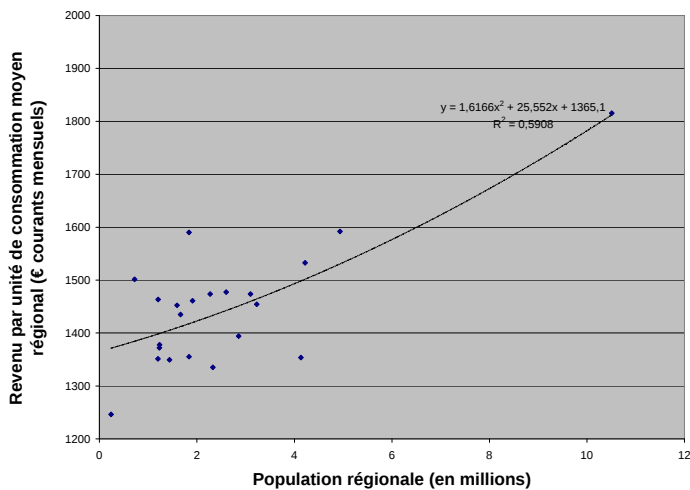
Volume de voyages de vacances observé et volume de voyages théorique simulé en fonction de la population et du revenu moyen régional



Graphique 15 - Emissions régionales théoriques de vacances et émissions simulées à partir de la population et du revenu moyen régional
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Si on simule à présent un volume de voyages théorique émis par la région pour les vacances à partir de sa population et de la relation empirique entre la mobilité de vacances et le revenu moyen régional, on reconstitue quasi-parfaitement les émissions régionales de vacances avec un $R^2 = 0,98$, équivalent à celui de la relation polynomiale de degré 2 sur la population constatée en première analyse. L'amélioration de la performance relative de la régression sur la population avec une formule polynomiale peut en fait s'interpréter comme un effet du revenu moyen régional ou de la distribution régionale des revenus qui est corrélée avec la population régionale.

Revenu par unité de consommation moyen régional (échelle OCDE, € courants mensuels) en fonction de la population (en millions)



Graphique 16 - Relation entre le revenu moyen et la population régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

La proportion des hauts revenus, et corrélativement le revenu moyen régional, tendent en effet à augmenter avec la population régionale, du fait de la tendance des hauts revenus à être concentrés dans les régions les plus peuplées qui sont aussi les plus urbaines. Une relation linéaire décrit assez bien cette tendance mais d'autres fonctions (par exemple

polynomiale de degré 2) conviennent bien aussi. Dès lors, puisque le volume des émissions régionales de vacances est le produit de la population régionale P par la mobilité de vacances régionale M ;

$$V = P M,$$

Que par ailleurs on suppose que la mobilité moyenne à longue distance croît linéairement avec le revenu moyen régional R (en faisant abstraction des constantes affines) ;

$$M = K_1 R,$$

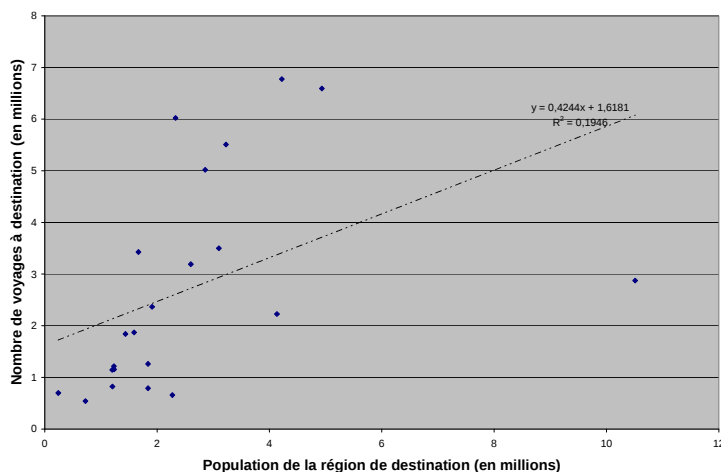
Et qu'enfin on suppose que le revenu croît par exemple linéairement avec la population ;

$$R = K_2 P,$$

On a la relation $V = P K_1 R = P K_1 K_2 P = K' P^2$, et on retrouve bien une relation d'ordre 2 du volume d'émissions sur la population. Il est bien entendu possible d'essayer des polynômes de degré supérieur qui peuvent aussi convenir.

4.1.3 La population n'est pas un prédicteur suffisant des attractions de vacances, en raison d'une forte variabilité des attractivités régionales

Nombre de voyages de vacances à destination en fonction de la population de la région de destination



Graphique 17 - Attractions régionales en fonction de la population, Ile-de-France incluse
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

La population régionale est aussi un déterminant des attractions de vacances. Les flux inter-régionaux pour les "vacances" se dispersent autour d'une tendance linéaire en fonction de la population de la région de destination, à condition d'exclure l'Ile-de-France qui constitue une observation "influente", faussant les résultats de la régression en raison de sa très faible attractivité pour les vacances. La population de la région de destination est donc un critère à prendre en compte, y compris pour ce motif. La dispersion est cependant beaucoup plus importante que pour les émissions et reflète la forte variabilité des attractivités régionales pour les vacances. Il y a tout d'abord le cas très spécifique de l'Ile-de-France qui n'est absolument pas décrit par cette tendance linéaire. En effet, bien qu'étant de loin la région la plus peuplée, elle n'est la destination que d'une faible part des vacances des résidents de France métropolitaine. Ensuite, même en excluant l'Ile-de-France de la représentation, le coefficient de détermination de la relation entre les attractions et la population reste moyen ($R^2=0,59$). Les résultats sont encore perturbés par la région Languedoc-Roussillon, extrêmement attractive pour les vacances au regard de sa population, et les régions Nord-Pas-de-Calais et Lorraine, particulièrement peu attractives au regard de leur population, bien que dans une moindre mesure que l'Ile-de-France. Si on exclut maintenant ces trois régions en plus de l'Ile-de-France, on trouve cette fois une relation linéaire entre les attractions et la population avec une dispersion beaucoup moins forte ($R^2=0,86$).

D'une manière générale, on observe que certaines régions se trouvent au-dessus de la tendance centrale : outre le Languedoc-Roussillon, c'est en particulier le cas de Rhône-Alpes, PACA, de l'Aquitaine, de la Bretagne, de Poitou-Charentes. En dehors de l'Ile-de-France, d'autres se trouvent au contraire en-deçà : le Nord-Pas-de-Calais, la Lorraine, l'Alsace et la Picardie.

Destination	Répartition par destination (%)
Vacances seules	
Montagne	19,7
Littoral	37,0
Voyages vers une résidence secondaire	
Montagne	16,8
Littoral	37,2
Ensemble	
Montagne	18,4
Littoral	37,1

Tableau 1: Part des voyages de vacances à destination de la montagne et du littoral

On observe en outre que 37,1 % des voyages de vacances et vers les résidences secondaires sont à destination du littoral, et 18,4 % à destination de la montagne. Pour les seuls voyages de vacances, la montagne et le littoral sont encore plus prisés, puisqu'ils représentent près de 57 % des destinations, mais la répartition est un peu plus équilibrée. Les voyages vers les résidences secondaires sont aussi très souvent à destination de la montagne et du littoral (54 %), mais principalement vers le littoral (37,2 %).

La comparaison entre les flux attirés par les régions et leur population pour le motif "vacances" met donc bien en évidence, d'une part un effet de taille, d'autre part un effet d'attractivité touristique régionale qui explique bien la dispersion autour de la tendance centrale obtenue par régression sur la population. Une hiérarchie de l'attractivité touristique des différentes régions de vacances se dessine ainsi avec un très fort attrait des régions du littoral ou de la montagne (activités liées à la mer et à la montagne telles que le ski ou la randonnée), plutôt situées au sud et à l'ouest, en particulier les régions du littoral méditerranéen et atlantique et les régions alpines, qui s'opposent au

quart nord-est du pays incluant l'Ile-de-France. L'attrait des activités liées à la montagne dans les Pyrénées peut expliquer en partie l'attractivité de ces régions, bien qu'on ne puisse pas a priori dissocier cet effet de l'attrait du littoral dans les régions Languedoc-Roussillon et Aquitaine. On peut donc d'ores et déjà mettre en évidence quelques facteurs essentiels qui influent de manière déterminante sur les émissions et les attractions de vacances, à prendre en considération dans des modèles statiques ou dynamiques : population de la région d'origine et de destination, revenu des habitants, attractivité touristique des régions de destination notamment liée à la présence du littoral ou de la montagne.

4.1.4 Une modélisation de l'attractivité régionale permet d'améliorer la prévision des attractions

L'introduction d'un indice d'attractivité touristique permettrait de tenir compte de cette hiérarchie. On peut essayer de modéliser l'attractivité régionale afin d'améliorer les résultats de simulation des "attractions" régionales à partir de paramètres connus. Le graphique 17 qui présente les résultats de la régression des attractions régionales sur la population, montre que les résultats de la régression sont très mauvais ($R^2=0,14$) si l'on inclut toutes les régions, principalement du fait de l'Ile-de-France qui constitue une observation influente située très en-deçà de la tendance centrale, mais aussi d'autres régions telles que le Nord-Pas-de-Calais et la Lorraine, qui se caractérisent par une très faible attractivité pour les vacances. Afin de remédier à ce problème, on peut chercher à construire un indice d'attractivité qui tienne compte des aménités régionales (ensoleillement, littoral, montagne, densité humaine...), dans la mesure où celles-ci s'avèreraient influentes sur l'attractivité régionale. Pour cela, on peut commencer par définir un indice d'attractivité observée, puis effectuer une régression de l'attractivité observée sur un certain nombre de facteurs d'attractivité connus, pour enfin utiliser les paramètres estimés de la régression (si celle-ci fournit des résultats significatifs) pour modéliser l'attractivité. On pourra alors voir si l'utilisation d'une attractivité simulée permet d'améliorer la prévision des attractions observées, par rapport à la prise en compte de la seule population. Il serait également possible de construire un indicateur d'attractivité basé sur les données de fréquentation hôtelière issues de l'INSEE et de la DGCIS, qui présentent l'avantage d'être suivies à l'échelle régionale. Néanmoins, ici l'objectif était plutôt d'essayer de modéliser l'attractivité à partir de données exogènes. Or, les données de fréquentation hôtelière sont déjà endogènes par rapport à l'attractivité puisqu'elles en constituent un effet et non un facteur explicatif. Cependant, notre approche présente l'inconvénient d'expliquer l'attractivité régionale par des facteurs statiques, ce qui pourrait conduire à sous-estimer l'impact de la variabilité des pratiques au fil du temps dans le cadre d'une modélisation dynamique des flux inter-régionaux de voyageurs. Il conviendra donc de recourir à de telles données lorsqu'on cherchera à élaborer une modélisation dynamique.

Dans ce chapitre, on a défini l'attractivité observée comme le rapport entre le volume de voyages effectifs à destination ou attraction régionale et le volume de voyages théorique obtenu en appliquant la tendance centrale de la régression des attractions sur la population, obtenue en excluant les régions perturbatrices. Au vu de la position des attractions régionales par rapport à la tendance centrale, on a choisi de retenir comme facteurs d'attractivité l'ensoleillement, la présence de la haute montagne, propice au tourisme hivernal, ou à l'inverse du littoral, propice au tourisme estival, ainsi que la densité de population régionale, les trois premiers facteurs étant susceptibles d'augmenter l'attractivité régionale pour les vacances, le dernier de la réduire. En effet, on observe que les régions ayant une attractivité supérieure à la moyenne (Languedoc-Roussillon, Rhône-Alpes, PACA, Aquitaine, Bretagne, Poitou-Charentes) sont caractérisées soit par la présence du littoral, méditerranéen ou atlantique (Languedoc-Roussillon, PACA, Aquitaine, Bretagne, Poitou-Charentes...), soit par la présence de hautes montagnes (Rhône-Alpes, Languedoc-Roussillon, Aquitaine). En revanche, toutes les régions caractérisées par la

présence de haute montagne ne figurent pas parmi les régions les plus attractives: c'est en particulier le cas de la région Midi-Pyrénées dont l'attractivité se situe dans la moyenne, sans doute parce que l'activité liée à la montagne et en particulier les domaines skiables y sont moins importants que dans les zones alpines. En outre, il semble que, au moins pour les régions littorales qui sont davantage fréquentées pendant la période estivale, le facteur d'ensoleillement doit aussi être pris en compte. En effet, les régions littorales du nord de la Bretagne, Normandie, Picardie et Nord-Pas-de-Calais, où le degré d'ensoleillement est faible, sont nettement moins fréquentées que les régions littorales plus méridionales. Il se trouve que ces différentes aménités sont en partie corrélées, les régions bénéficiant d'une bonification d'ensoleillement étant aussi des régions de littoral et/ou de montagne: Languedoc-Roussillon, PACA, Corse, mais aussi Poitou-Charentes, Rhône-Alpes, ainsi qu'une partie des Pays-de-la-Loire et de l'Aquitaine. A l'inverse, les régions les plus pénalisées au niveau de l'ensoleillement sont la Normandie, la Picardie, une partie de l'Ile-de-France, le Nord-Pas-de-Calais, la Champagne-Ardenne, la Lorraine, l'Alsace ainsi qu'une partie de la Bretagne. Enfin, l'Ile-de-France, le Nord-Pas-de-Calais et l'Alsace, régions pour lesquelles on observe une très faible attractivité, se caractérisent également par une forte urbanisation et une forte densité de peuplement (respectivement 964 h/km², 326 h/km² et 219 h/km²). On peut donc supposer que les régions les plus urbanisées souffrent sans doute aussi d'une pénalité spécifique liée à la densité de leur environnement urbain. A l'instar des avantages, les inconvénients d'ensoleillement, d'aménités naturelles et de densité sont donc souvent cumulatifs.

Il faut ensuite choisir des indicateurs représentatifs des différents facteurs d'attractivité. On a pris en compte les indicateurs suivants: pour l'ensoleillement, le nombre annuel moyen d'heures d'ensoleillement, calculé au niveau régional par moyenne sur un certain nombre de stations météorologiques de la région; pour la présence du littoral, une estimation du linéaire côtier en km (on peut supposer en effet que les possibilités d'accueillir un volume important de touristes estivaux dépendent de la longueur des côtes); pour la montagne, une estimation de la superficie des pistes de ski des domaines skiables; pour la densité, le nombre d'habitants/km². On doit ensuite spécifier un modèle. Dans cet exemple, on a adopté le modèle suivant:

$$\ln(Y) = \beta_0 + \sum \beta_i X_{i\text{cn}} \quad (1),$$

Où Y représente l'attractivité observée, β_0 un paramètre qui doit normalement être proche de 0 (puisque l'attractivité moyenne est proche de 1), $X_{i\text{cn}}$ sont les indicateurs des facteurs d'attraction (nombre de journées d'ensoleillement, linéaire côtier, densité...) centrés normalisés (c'est-à-dire qu'on divise l'écart à la moyenne par rapport à la moyenne, cette méthode permettant de ramener l'ensemble des variables sur une échelle de comparabilité allant de -1, pour les variables égales à 0, à +∞). La formulation logarithmique de l'attractivité permet d'obtenir des plages de variation cohérentes entre l'attractivité et les facteurs d'attractivité. Avec cette formulation, un ensoleillement supérieur à la moyenne, par exemple, toutes choses égales par ailleurs, est représenté (si le signe du paramètre associé est conforme à l'intuition et donc positif) par un facteur d'attractivité positif, et donc un effet positif sur $\ln(Y)$, soit une augmentation de l'attractivité. De la même manière, un ensoleillement inférieur à la moyenne représentera un facteur d'attractivité négatif et donc baissera la valeur de l'attractivité. De sorte que si tous les facteurs d'attractivité sont égaux à la moyenne, la valeur de l'attractivité doit être égale à 1.

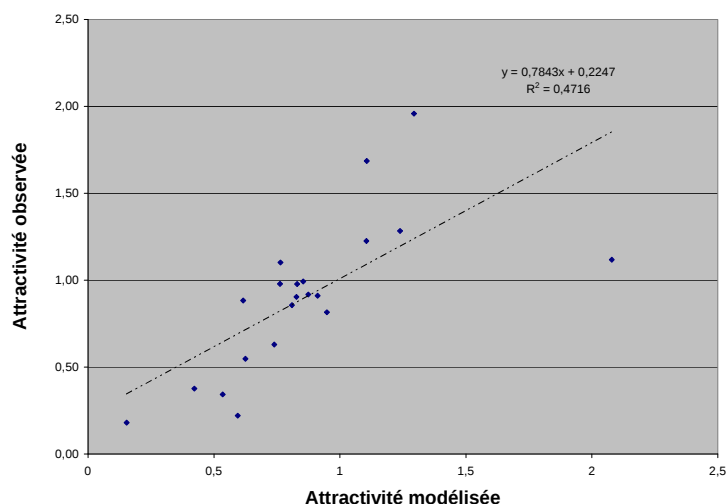
On estime ensuite la valeur des paramètres par régression des attractivités observées sur les facteurs d'attractivité calculés pour les 22 régions. On obtient ainsi un $R^2 = 0,68$, ce qui est assez probant compte tenu des probables erreurs de mesure des flux à destination et par conséquent des attractivités observées.

	Intercept	Ensoleillement (j/an)	Densité (hab/km ²)	Surface skiable (km ²)	Linéaire côtier (km)
β_i	-0,19	2,15	-0,25	-0,01	0,07
Erreur standard	0,08	0,75	0,06	0,03	0,06

Tableau 2 - Régression linéaire de $\ln(Y)$ sur les facteurs d'attractivité centrés normalisés – valeurs des paramètres β_i

Les signes des paramètres sont dans l'ensemble conformes aux attentes (influence positive de l'ensoleillement et du linéaire côtier sur l'attractivité, négative de la densité...), le paramètre le plus déterminant de l'attractivité de vacances étant l'ensoleillement moyen, suivi par la densité. Néanmoins, le résultat est contre-intuitif pour l'influence supposée de la "surface skiable" sur l'attractivité. En outre, l'erreur standard associée à ce paramètre est très importante. Sans doute ce paramètre est-il peu significatif dans la mesure où la pratique du ski ne constitue qu'un déterminant parmi d'autres de l'activité liée à la montagne. Ce résultat contre-intuitif peut sans doute aussi s'expliquer par des problèmes d'endogénéité liés à la forte corrélation des avantages naturels, résultant dans la "captation" par l'un des paramètres des effets corrélés de plusieurs autres paramètres, ou encore par l'hétérogénéité non-observée (autres facteurs d'attractivité importants non pris en compte). D'une manière générale, les estimations des deux derniers paramètres, relatifs aux variables de surface skiable et de linéaire côtier, sont entachées d'une forte erreur standard au regard de leur valeur estimée et sont donc moins fiables. La modélisation pourrait donc être améliorée en dé-corrélant les paramètres de manière à mesurer des effets "purs". Néanmoins, en utilisant les valeurs estimées des paramètres dans la formule de régression, on peut déjà estimer une attractivité théorique qui ne nécessite pas d'autres informations que des données exogènes et qui permet assez bien de reconstituer les attractivités observées (on pourrait en fait se contenter des deux paramètres d'ensoleillement et de densité humaine).

Attractivité observée en fonction de l'attractivité théorique obtenue par régression sur les facteurs d'attractivité

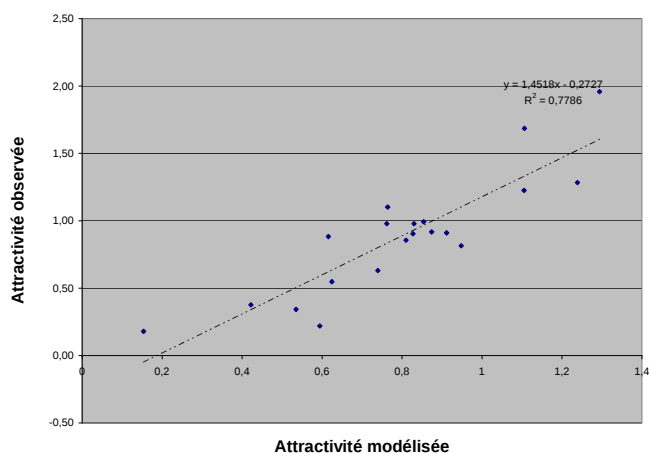


Graphique 18- Attractivité observée et attractivité modélisée en fonction des facteurs d'attractivité (ensoleillement, littoral, montagne, densité humaine)

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Une représentation graphique (dans le graphique ci-dessus, la Corse est exclue) des attractivités observées en fonction des attractivités théoriques calculées avec le modèle que l'on vient d'estimer montre qu'il est possible de reconstituer dans une large mesure les attractivités pour les vacances à partir d'informations sur les avantages naturels ou artificiels. Les résultats de la régression sont néanmoins perturbés par une observation influente qui ne rentre pas dans la tendance générale, en l'occurrence la région PACA, pour laquelle l'attractivité modélisée est le double de l'attractivité observée qui se situe juste au-dessus de la moyenne. C'est donc qu'un autre facteur intervient, limitant l'attractivité de vacances de la région PACA. Comme toutes les régions frontalières, il se peut que l'attractivité de la région pour ses propres résidents soit limitée du fait de la proximité d'un pays étranger, ce qui biaise l'estimation globale de l'attractivité régionale pour les résidents de France métropolitaine. On remarque ainsi que près de 18 % des voyages à longue distance des habitants de la région PACA sont à destination de l'étranger, ce qui en fait une des régions où le taux de voyages vers l'étranger des résidents est le plus élevé, avec l'Alsace (32 %), la Lorraine (24 %), le Nord-Pas-de-Calais (17 %). Mais on remarque également que la formulation cumulative des avantages climatiques et géographiques aboutit dans le cas de la région PACA à prévoir une attractivité particulièrement élevée: peut-être faudrait-il spécifier une fonction limitant le caractère cumulatif de l'impact des avantages sur l'attractivité.

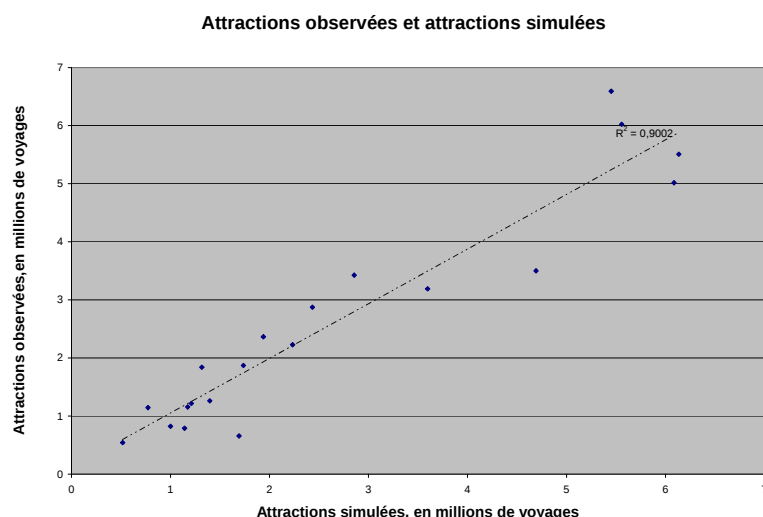
Attractivité observée en fonction de l'attractivité théorique obtenue par régression sur les facteurs d'attractivité



Graphique 19 - Attractivité observée et attractivité modélisée, PACA et Corse exclues

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Si en revanche on exclut la région PACA, on observe que la régression de l'attractivité observée sur l'attractivité simulée fonctionne bien avec un $R^2 = 0,78$. La simulation tend cependant à sous-estimer l'attractivité des régions les plus attractives, on peut donc encore l'améliorer avec une régression polynomiale, qui permet de mieux représenter l'attractivité des régions Poitou-Charentes et Languedoc-Roussillon et fait passer le R^2 à 0,8. Une représentation polynomiale permet en outre d'éviter la possibilité d'attractivités négatives, qui n'ont pas de sens. On peut ensuite utiliser les attractions simulées pour estimer les flux de vacanciers attirés par les régions, compte tenu à la fois de leur population et de leur attractivité théorique, en calculant l'attractivité simulée.



Graphique 20 - Attractions observées et attractions simulées à partir de la population et d'un modèle d'attractivité de vacances
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

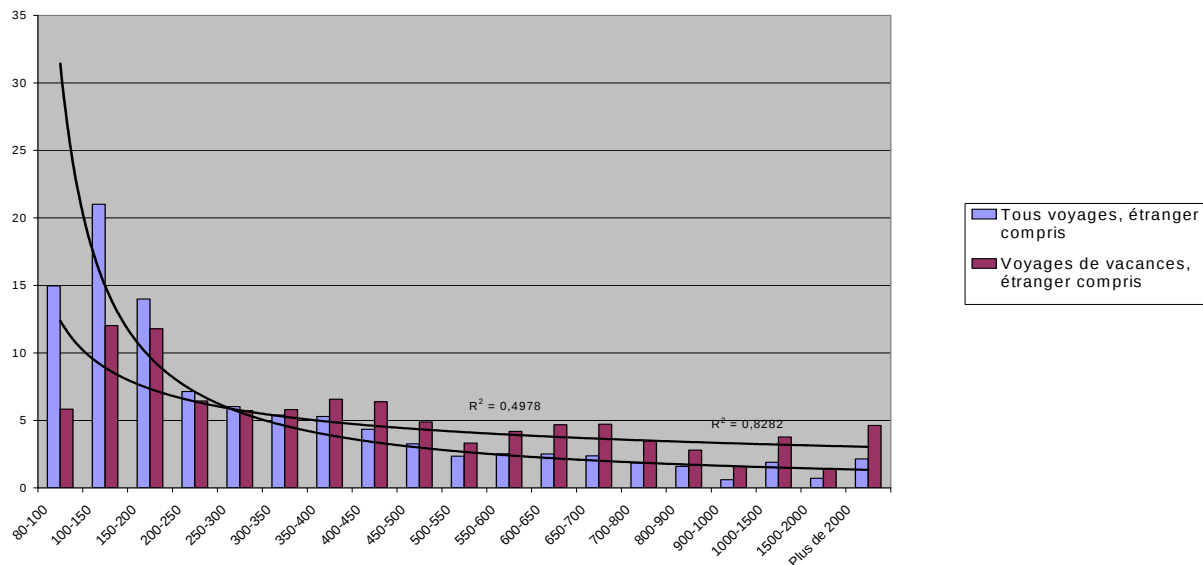
En utilisant ce modèle, on arrive déjà très bien à reconstituer les attractions avec un R^2 à 0,90, hors régions PACA et Corse. On peut comparer ces résultats à ceux de la régression effectuée en prenant en compte la seule population, en prenant le même champ d'observation, c'est-à-dire en excluant PACA et la Corse⁸. On observe que l'exclusion de la région PACA et Corse ne modifie pas sensiblement les résultats de la régression sur la seule population, à savoir un coefficient de détermination très faible $R^2 = 0,14$, qui tient en partie à l'effet perturbateur de la région Ile-de-France, mais aussi aux autres observations particulièrement extérieures à la tendance, à savoir le Nord-Pas-de-Calais, la Lorraine et le Languedoc-Roussillon. L'amélioration apportée par l'introduction d'un indice d'attractivité fondé sur les avantages naturels/artificiels respectifs des régions est donc considérable puisqu'elle permet de porter la variance des attractions de vacances expliquée de 14 % à 90 %.

4.1.5 La distance moins déterminante, du fait de voyages plus éloignés que pour les autres motifs

Comme pour l'ensemble des voyages, on doit pouvoir mettre en évidence une influence de la distance sur les flux inter-régionaux de voyageurs, mais cette influence est-elle semblable à celle que l'on observe pour l'ensemble des voyages, tous motifs confondus ? Il est vraisemblable que non, car les voyages de vacances présentent des caractéristiques spécifiques en termes d'éloignement : ce sont en effet les voyages en moyenne les plus éloignés : 680 km contre 380 km tous motifs confondus.

⁸ Il reste évidemment à comprendre pourquoi le modèle ne fonctionne pas dans le cas de PACA et de la Corse. Si on exclut la Corse, pour laquelle les flux ne sont sans doute pas significatifs, une interprétation plausible est que la prise en compte du double avantage lié au littoral et à l'ensoleillement conduise à surestimer l'attractivité dans une formulation cumulative, notamment du fait du très fort avantage lié à l'ensoleillement et au littoral dans ces deux régions. D'autres formulations pourraient être testées pour essayer de les rattacher au modèle, permettant de modérer les effets de cumul des avantages.

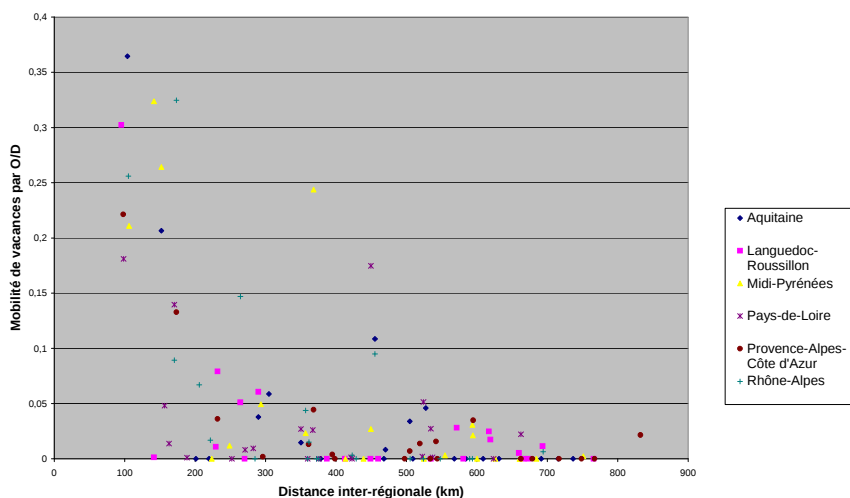
Distribution des voyages par tranche d'éloignement, tous motifs et voyages de vacances (%)



Graphique 21 - Distribution des voyages par tranche de distance, tous motifs et vacances
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

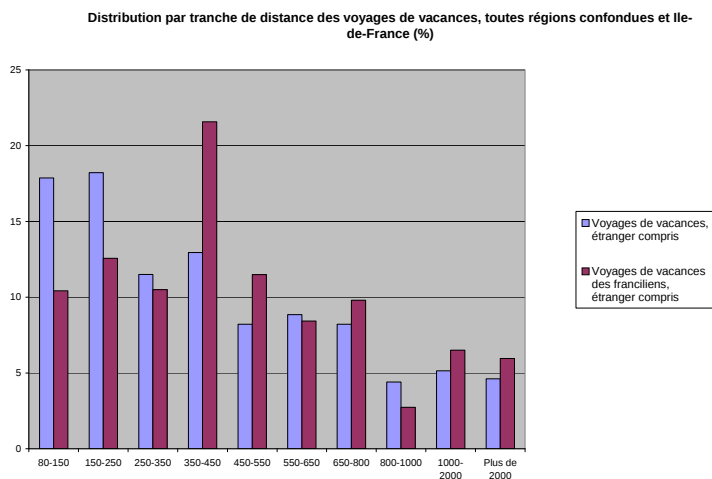
Ainsi qu'on peut l'observer, la distribution des voyages de vacances par tranche de distance diffère sensiblement de la distribution des voyages, tous motifs confondus, avec une sous-représentation des voyages proches à moins de 200 km, et une nette sur-représentation des voyages éloignés de plus de 350 km. En spécifiant comme précédemment une fonction de type "puissance", on observe que le coefficient de détermination est nettement moins bon pour les voyages de "vacances" ($R^2 = 0,5$) que pour l'ensemble des voyages, tous motifs confondus ($R^2 = 0,82$). La précision de l'estimation de la distribution en fonction de la distance est forcément moins bonne, car l'échantillon des voyages de vacances est plus restreint que celui de l'ensemble des voyages, et la régression pourrait sans doute être améliorée en regroupant les tranches de distances. Il est cependant moins évident de dégager une décroissance régulière des voyages avec la distance: on observe plutôt un palier au-delà de 200 km, puis un second palier au-delà de 450 km, et un troisième palier au-delà de 700 km.

Nombre de voyages de vacances par personne et par région de destination, en fonction de la distance inter-régionale, par région d'origine



Graphique 22 - Mobilité à longue distance par destination pour six régions d'origine, en fonction de la distance inter-régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Comme pour l'ensemble des voyages, on retrouve le même type de tendance pour la décroissance de la mobilité de vacances en fonction de la distance inter-régionale, même si, à ce niveau de désagrégation, des distorsions importantes dans le calcul peuvent résulter des pondérations utilisées ou de l'attractivité relative des régions de destination, les faisant ressortir de la tendance générale. Comme pour l'ensemble des voyages, on observe que la loi de décroissance est moins marquée pour les régions situées au nord de la Loire (Nord-Pas-de-Calais, Pays-de-la-Loire), en raison de la compensation entre éloignement et attractivité. Par ailleurs, parmi les flux issus des régions d'origine représentées ci-dessus, ceux qui sont situés nettement au-dessus de la tendance générale sont Midi-Pyrénées vers PACA, Pays-de-la-Loire vers Midi-Pyrénées, Aquitaine vers Rhône-Alpes, Rhône-Alpes vers Aquitaine, c'est-à-dire plutôt des flux vers des régions attractives.

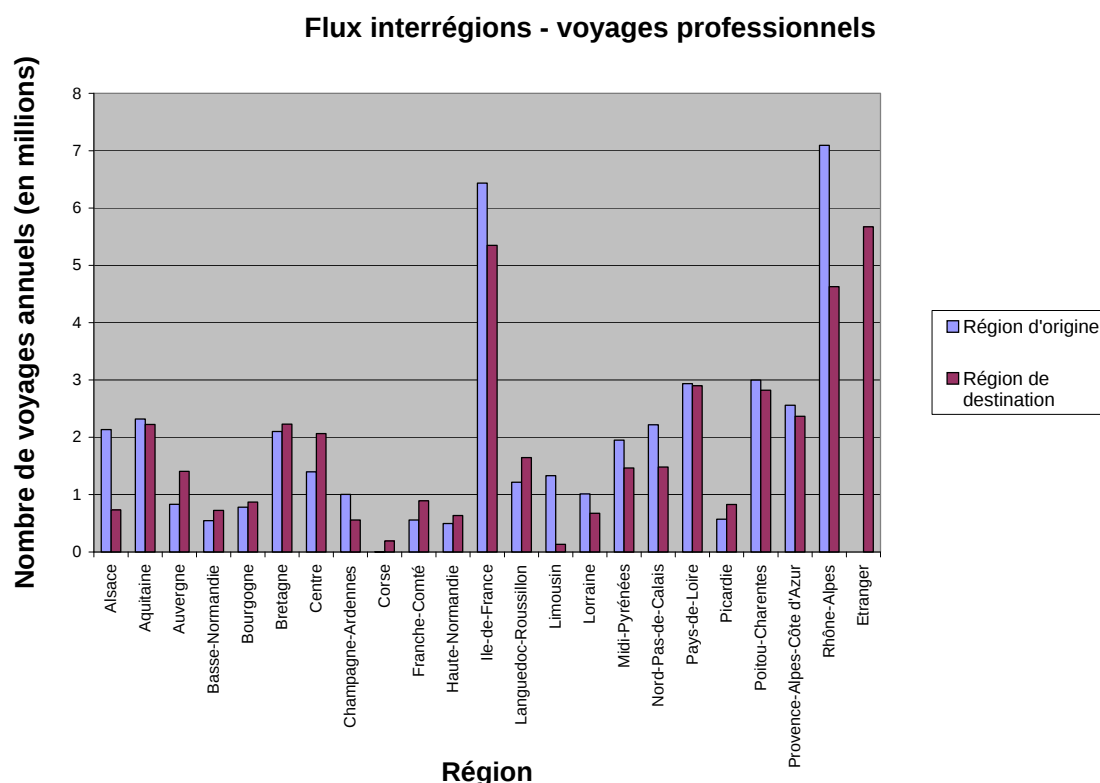


Graphique 23 - Distribution des voyages de vacances par tranches de distance (en km), tous individus et franciliens
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Comme pour l'ensemble des voyages, tous motifs confondus, on observe une distribution différente des voyages des franciliens dont les pratiques de vacances sont spécifiques. En effet, ainsi que nous l'avons indiqué plus haut, les franciliens voyagent en moyenne plus loin que les autres, quel que soit le motif. En ce qui concerne les vacances, la distribution de leurs voyages présente l'apparence d'une courbe en cloche symétrique avec une pointe autour de 400 km, plutôt que d'une décroissance régulière des flux avec la distance, les flux restant très importants jusqu'à 800 km. Pour les vacances comme pour l'ensemble des motifs sans distinction, aucune relation entre l'éloignement de la destination et l'intensité de la mobilité ne peut être mise en évidence (on a même une légère relation de croissance). Outre les facilités d'accès à l'ensemble des régions françaises par les moyens de transport disponibles et en particulier l'offre ferroviaire, cette absence de relation s'explique, comme on le verra, par le fait que les régions les plus éloignées de l'Ile-de-France sont aussi les plus attractives et sont très peuplées, l'ensemble de ces facteurs jouant en sens inverse de l'effet d'éloignement. Au sein du groupe des régions les plus proches de l'Ile-de-France (Champagne-Ardenne, Haute-Normandie, Picardie, Centre, Basse-Normandie, Bourgogne), ce sont les régions Bourgogne, Centre et les régions normandes qui semblent attirer les flux de franciliens les plus importants pour les vacances. Enfin, parmi les régions à distance intermédiaire (300 à 500 km), on observe une opposition entre l'Auvergne, la Lorraine, l'Alsace, la Franche-Comté, le Limousin, qui attirent peu de flux de franciliens, et la Bretagne, les Pays-de-la-Loire, Poitou-Charentes et Rhône-Alpes, qui attirent des flux importants, c'est-à-dire plutôt des régions attractives au niveau du littoral, de la montagne et/ou de l'ensoleillement, comme on l'a montré précédemment. Il se trouve qu'il s'agit aussi de régions bénéficiant d'une desserte ferroviaire à grande vitesse, alors que les premières n'en possèdent pas⁹. On verra ultérieurement s'il est possible de modéliser ces différents effets de manière à améliorer la prévisibilité des flux inter-régionaux de transport de voyageurs à longue distance.

⁹ La mise en service de la ligne à grande vitesse est-européenne a eu lieu en Juin 2007, c'est-à-dire pendant la réalisation de l'enquête qui a eu lieu de Mai 2007 à fin Avril 2008, et ne pouvait donc pas être considérée comme fonctionnant encore à plein régime. L'expérience montre en effet que la montée en puissance de la fréquentation des lignes à grande vitesse n'est que graduelle, une grande partie du trafic étant constituée de trafic induit.

4.2 Voyages pour affaires professionnelles



Graphique 24 - Origines et destinations des voyages pour affaires professionnelles
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

On n'étudie ici que les facteurs de génération et de distribution (ou d'émissivité et d'attractivité) des seuls voyages pour affaires professionnelles. On exclut donc les migrations pendulaires quotidiennes effectuées par les navetteurs à longue distance pour se rendre à leur travail. En effet, bien que les migrations pendulaires aient été estimées à environ 7 % de l'ensemble des voyages à longue distance, l'échantillon qui sert à l'estimation n'est constitué que de 49 navetteurs à longue distance, sur les 18632 individus "Kish" de l'échantillon. Ils ne représentent donc que 0,3 % de l'échantillon (et de la population représentée), mais effectuent 7 % de l'ensemble des voyages. Or, les navetteurs à longue distance de l'échantillon sont inégalement répartis dans les différentes régions, ce qui amène à fausser les estimations des voyages professionnels si on intègre les migrations pendulaires, et en particulier à surestimer les voyages professionnels dans les régions où les navetteurs sont sur-représentés (Aquitaine, Limousin, Centre, Basse-Normandie, Picardie), leur échantillon ne pouvant être supposé représentatif de la population des navetteurs à l'échelle régionale. Dans une étape ultérieure, il pourrait être intéressant d'étudier la distribution des navetteurs à longue distance sur le territoire qui peut être connue à partir du recensement de la population. Cette description présente en outre l'avantage d'être renouvelée en continu, ce qui se prête à des tentatives de modélisation dynamique.

4.2.1 Origines et destinations des voyages professionnels

La région effectuant le plus de voyages pour motifs professionnels, hors migrations pendulaires, est Rhône-Alpes (16,7 %), suivie par l'Île-de-France qui arrive seulement en deuxième position (15,1 %), les Pays-de-la-Loire et Poitou-Charentes (environ 7 % chacune), PACA (6 %), l'Aquitaine (5,5 %), le Nord-Pas-de-Calais et l'Alsace (un peu plus de 5 %). Ensemble, ces huit régions sont à l'origine de 67,5 % des voyages pour affaires professionnelles. La première destination de voyages pour motifs professionnels est l'étranger (13,4 %). Elle est suivie par l'Île-de-France qui est la destination de 12,6 % des voyages professionnels, puis par Rhône-Alpes (10,9 %), les Pays-de-la-Loire (6,8 %), Poitou-Charentes (6,6 %). Le taux de voyages professionnels vers l'étranger varie assez fortement d'une région à l'autre mais les estimations ne sont pas nécessairement significatives à ce niveau de désagrégation : on peut néanmoins observer que le taux de voyages

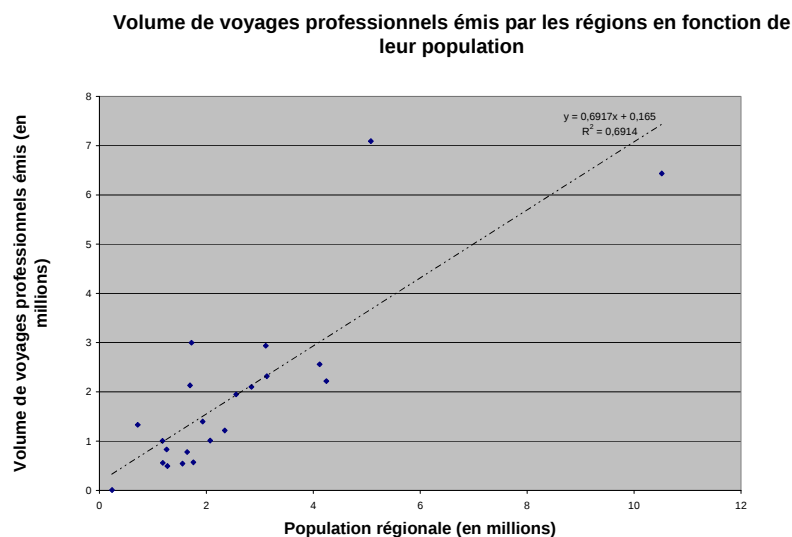
professionnels à destination de l'étranger est nettement supérieur à la moyenne en Ile-de-France où ils représentent plus d'un voyage professionnel sur cinq, ce qui révèle sans doute le caractère plus internationalisé de l'emploi francilien.

On observe que les régions à l'origine de la plus grande part des voyages professionnels sont des régions bien desservies par les lignes ferroviaires à grande vitesse qui permettent de diminuer les temps de parcours vers Paris. La question du temps de parcours est en effet plus cruciale pour les voyages professionnels que pour les voyages de vacances et de loisirs, notamment du fait de la durée des voyages professionnels, dont les deux tiers s'effectuent dans la journée. On rappelle que la proportion des voyages professionnels dans la journée a même augmenté de 1994 à 2008, passant de 59 à 66 %, en relation avec l'augmentation de la part du train qui a progressé de 26,5 à 40,4 % des voyages professionnels. Il est donc vraisemblable que la grande vitesse ferroviaire a suscité une demande nouvelle pour les déplacements professionnels ou du moins permis l'expression d'une demande latente de mobilité pour motifs professionnels, qui sans cette offre nouvelle ne se serait pas manifestée.

Les principaux déséquilibres de flux liés aux voyages professionnels paraissant statistiquement significatifs sont les suivants : l'Ile-de-France qui présente un solde excédentaire ; elle est plus attractive qu'émissive, ce qui est compréhensible en raison de sa centralité dans l'économie nationale. Inversement, Rhône-Alpes est plus émissive qu'attractive. La destination des voyages professionnels des franciliens et des habitants de Rhône-Alpes apporte un éclairage complémentaire. Les voyages professionnels des franciliens présentent un profil spécifique, d'abord orienté vers l'étranger : c'est en effet la destination de plus de 22 % d'entre eux. Le reste des déplacements professionnels des franciliens se répartit entre les régions avec comme principales destinations Rhône-Alpes, les Pays-de-la-Loire, le Centre et PACA. L'Ile-de-France est en outre la région ayant la plus faible part de déplacements professionnels intra-régionaux (moins de 3 %), ce qui s'explique par les dimensions très réduites de la région.

Les voyages professionnels des habitants des autres régions sont généralement plus polarisés : pour l'essentiel, ils sont soit internes à la région, soit à destination de régions limitrophes ou dans leur sphère d'influence. Certaines régions sont aussi très polarisées vers l'Ile-de-France. Par exemple, près d'un tiers des voyages professionnels des habitants de la région Rhône-Alpes sont internes à la région, et les destinations suivantes des voyages professionnels des habitants de la région Rhône-Alpes, hormis l'étranger, sont PACA (7 %), la Franche-Comté (7 %), la Bourgogne (4 %), et l'Auvergne (12 %). On observe également, dans le cas de la région Rhône-Alpes, une forte attractivité de l'Ile-de-France (21 %). Rhône-Alpes présente donc une forte polarisation vers l'Ile-de-France, qui semble aussi pouvoir expliquer en partie la fréquence très élevée des voyages professionnels des habitants de Rhône-Alpes. Le TGV, en mettant Lyon à deux heures de Paris, a sans doute grandement facilité les déplacements professionnels vers Paris et il est possible que ces déplacements correspondent en grande partie à des personnes ayant choisi d'habiter dans les environs de Lyon ou en région Rhône-Alpes et effectuant des déplacements réguliers vers l'Ile-de-France, où ils ont peut-être une partie, voire l'essentiel de leur activité professionnelle. De même, les habitants de la région Pays-de-la-Loire effectuent environ 30 % de voyages professionnels intra-régionaux, et les destinations suivantes de leurs voyages professionnels, à l'exception des voyages vers l'étranger, sont Poitou-Charentes (4 %), le Centre (8 %), la Bretagne (14 %), mais également l'Ile-de-France (22 %).

4.2.2 Des déterminants des émissions multiples et complexes à modéliser: population active occupée, structure socioprofessionnelle, organisation territoriale du tissu économique, rôle spécifique de l'Ile-de-France dans l'économie nationale, offre de transport

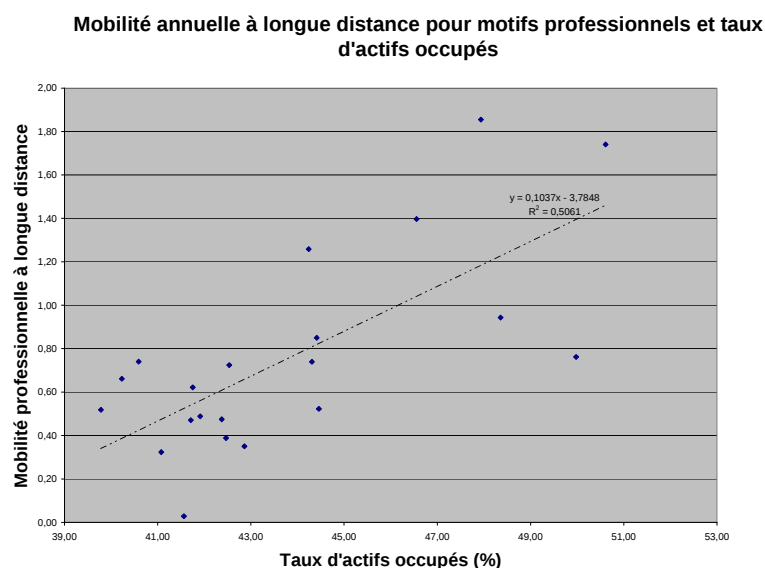


Graphique 25 - Emissions professionnelles régionales en fonction des populations
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Bien entendu, l'intensité des émissions professionnelles régionales dépend de la population régionale, avec un coefficient de détermination moyen ($R^2=0,69$), nettement moins bon que pour les émissions de vacanciers. La dispersion des régions autour de la tendance centrale reflète des niveaux de mobilité professionnelle très variables d'une région à l'autre. Les deux régions les moins bien décrites par la tendance centrale sont Rhône-Alpes et Poitou-Charentes, pour lesquelles le niveau de mobilité professionnelle à longue distance estimé à partir de l'ENTD est particulièrement important. Dans les régions au-dessus de la tendance centrale, figurent également le Limousin, l'Alsace et les Pays-de-la-Loire. A l'inverse, en-deçà de la tendance centrale figurent l'ensemble des régions (Basse-Normandie, Bourgogne...), caractérisées par un faible niveau de mobilité professionnelle à longue distance.

La hiérarchie des volumes de voyages professionnels peut néanmoins sembler surprenante à première vue dans la mesure où la région concentrant la population active la plus importante est de loin l'Ile-de-France, mais c'est Rhône-Alpes qui est à l'origine du plus grand nombre de voyages professionnels. Si on rapporte les émissions professionnelles à la population régionale en calculant un indice de mobilité pour affaires professionnelles, les niveaux les plus élevés sont observés en Limousin (1,86 voyage annuel par personne), Poitou-Charentes (1,74), Rhône-Alpes (1,4), Alsace (1,26). A contrario, les niveaux de mobilité professionnelle observés sont faibles en Ile-de-France (0,61), Languedoc-Roussillon (0,52), et PACA (0,61), et très faibles en Basse-Normandie, en Bourgogne, en Corse, en Franche-Comté, en Haute-Normandie, en Lorraine.

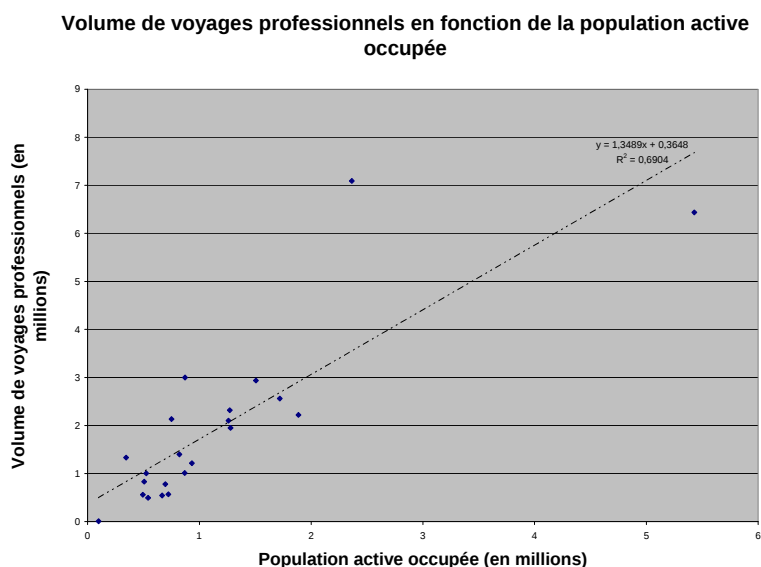
Plusieurs explications peuvent être proposées pour interpréter les différences régionales. Tout d'abord, en ce qui concerne l'Ile-de-France, on peut penser que la concentration des centres de décision, de formation et d'animation des réseaux professionnels nationaux engendre un moindre besoin de déplacements professionnels de longue distance pour les salariés résidant en Ile-de-France, tandis qu'à l'inverse les salariés de province sont plus souvent amenés à se déplacer pour rencontrer leurs homologues d'autres départements, régions ou pour participer à des réunions nationales en région parisienne [2]. La structure des flux professionnels est donc asymétrique comme on le verra par la suite en considérant les destinations des voyages professionnels.



Graphique 26 - Mobilité à longue distance pour affaires professionnelles (nombre de voyages annuels par personne) en fonction du taux d'actifs occupés

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Dans les analyses qui suivent, on effectue donc des régressions en excluant l'Ile-de-France de manière à tenir compte de cette asymétrie, ce qui améliore les résultats des régressions, le taux de mobilité professionnelle en Ile-de-France ne pouvant pas être modélisé selon les mêmes critères. Le niveau de mobilité professionnelle régional dépend bien entendu du taux d'actifs occupés, qui varie entre 40 et 50 % sur l'ensemble des régions, avec un coefficient de détermination moyen ($R^2=0,50$) si on exclut l'Ile-de-France, de sorte que la population active occupée est un meilleur prédicteur de la mobilité professionnelle que la population totale, et permet d'améliorer le coefficient de régression de 0,62 à 0,69 pour l'émission de voyages professionnels hors Ile-de-France.



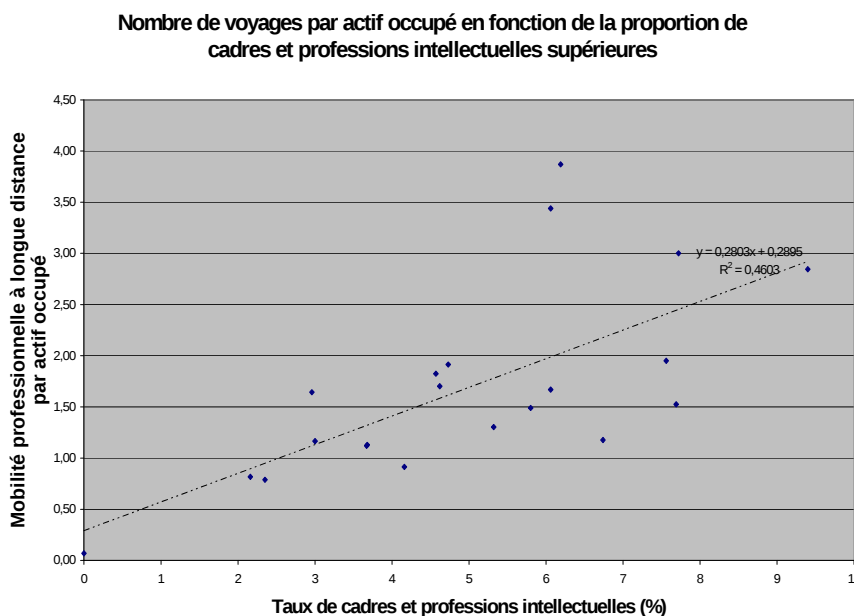
Graphique 27 - Emissions régionales de voyages professionnels en fonction de la population active occupée

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

En revanche, la prise en compte du taux d'activité n'améliore pas la prédiction si on intègre l'Ile-de-France au calcul, notamment du fait de l'organisation asymétrique des flux professionnels liée à la centralisation de l'économie et du comportement atypique des franciliens qui, bien qu'ayant le taux d'activité le plus élevé (51 %) de l'ensemble des régions,

effectuent assez peu de voyages professionnels. Si on continue de raisonner hors Ile-de-France, on peut donc améliorer la prévision de la demande de mobilité professionnelle à longue distance en s'appuyant, non plus sur la population, mais sur la population active occupée. On observe ainsi que la mobilité professionnelle par actif occupé demeure encore assez nettement supérieure à la moyenne dans les régions Rhône-Alpes, Poitou-Charentes, Alsace et Limousin, alors qu'elle est légèrement en-dessous de la moyenne dans la plupart des régions, et plus nettement inférieure à la moyenne dans les régions Nord-Pas-de-Calais et PACA. Mais quels sont les facteurs contribuant à la variabilité inter-régionale de la mobilité professionnelle par actif occupé ?

Un facteur déterminant est sans doute la structure socioprofessionnelle de la population active. Les analyses des articles précédents [2] ont montré que les voyages professionnels sont très concentrés sur les catégories socioprofessionnelles supérieures. Une analyse plus détaillée des taux de mobilité professionnelle à longue distance selon les catégories socioprofessionnelles montre en effet que les voyages professionnels à longue distance sont essentiellement le fait de quatre groupes socioprofessionnels : les cadres et professions intellectuelles supérieures, avec 6,7 voyages annuels, les chefs d'entreprise (11 voyages annuels), les professions libérales (5 voyages annuels), les artisans et commerçants (8 voyages annuels). A contrario, les employés et professions intermédiaires n'effectuent en moyenne que 1,6 voyage annuel pour motif professionnel, les agriculteurs 1,5, les personnels des services aux particuliers 0,0, les ouvriers 0,4. Ce type de mobilité est donc extrêmement structuré en fonction de la position socioprofessionnelle, de sorte que les régions ayant une proportion élevée de cadres et/ou de commerçants et d'artisans devraient avoir une mobilité professionnelle à longue distance plus élevée que les autres régions.



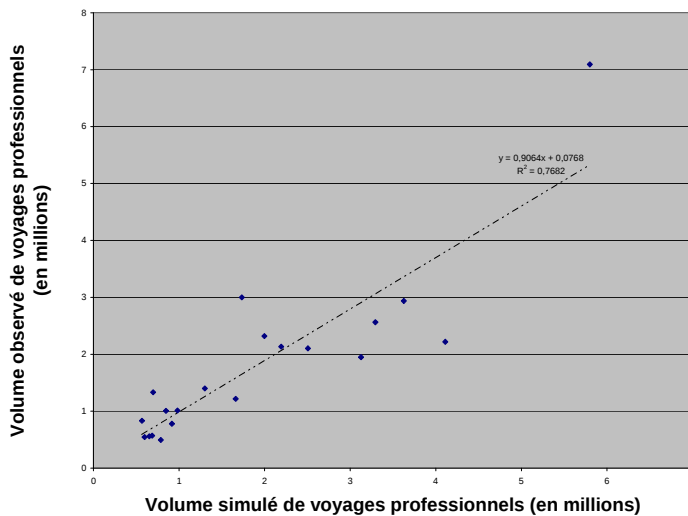
Graphique 28 - Mobilité professionnelle à longue distance par actif occupé en fonction du taux de cadres et de professions intellectuelles supérieures

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

On observe en effet que le taux de cadres et professions intellectuelles supérieures, par exemple, explique une part significative de la variabilité inter-régionale du nombre annuel de voyages professionnels par actif occupé, avec un coefficient de détermination de 0,46. Les régions au-dessus de la mobilité professionnelle moyenne par actif occupé (Alsace, Rhône-Alpes, Poitou-Charentes, Limousin) sont ainsi caractérisées par un taux de cadres relativement important (respectivement 9,4 % ; 7,7 % ; 6,1 % ; et 6,2 %). Si on intègre l'influence de la structure socioprofessionnelle sur les émissions régionales en simulant le nombre de voyages par actif occupé à partir de la relation empirique issue de la régression de la mobilité professionnelle par actif occupé sur le taux de cadres, on arrive à améliorer assez significativement la capacité prédictive des volumes régionaux de voyages professionnels à longue distance¹⁰.

¹⁰ Une modélisation plus fine a été expérimentée, tenant compte de la structure socioprofessionnelle régionale complète, dans laquelle le taux de mobilité professionnelle par actif occupé a été calculé en pondérant le taux de mobilité professionnelle de chaque catégorie socioprofessionnelle (agriculteurs, artisans et commerçants, cadres et professions intellectuelles, chefs d'entreprise, employés et professions intermédiaires, ouvriers, professions libérales...) par son poids. Néanmoins, cette modélisation ne donne pas de résultats plus concluants.

Relation entre voyages professionnels observés et voyages professionnels simulés en fonction du taux d'activité et du taux de cadres



Graphique 29 - Emissions professionnelles régionales observées et simulées à partir de la population, du taux d'activité et du taux de cadres

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Le coefficient de détermination de la relation entre les émissions professionnelles observées et simulées progresse ainsi à $R^2=0,78$. On arrive donc, par la prise en compte du taux d'activité et de la structure socio-professionnelle, à améliorer considérablement la prévisibilité des émissions régionales liées aux affaires professionnelles. Néanmoins, une part encore significative de la variabilité inter-régionale des émissions professionnelles demeure inexpliquée, beaucoup plus que les vacances pour lesquelles la prise en compte de la population et du revenu suffit à expliquer presque intégralement le niveau des émissions. Tout d'abord, l'Ile-de-France se trouve, une fois de plus, en contradiction flagrante avec cette relation, puisque sa mobilité professionnelle à longue distance par actif occupé est parmi les plus faibles, en dépit de la très forte proportion de cadres qui y représentent 25 % de la population active. Cette contradiction renvoie, comme indiqué précédemment, à l'orientation des flux professionnels. Par ailleurs, au sein des régions de province, si on exclut le cas particulier du Limousin, région de faible peuplement où l'estimation des émissions est sans doute moins fiable et où la précision de l'estimation des flux a moins d'impact, le taux de voyages professionnels par actif occupé est encore assez mal reconstitué dans quatre régions : Rhône-Alpes et Poitou-Charentes, pour lesquelles il est nettement sous-estimé par la simulation; le Nord-Pas-de-Calais et Midi-Pyrénées, où il est sur-estimé.

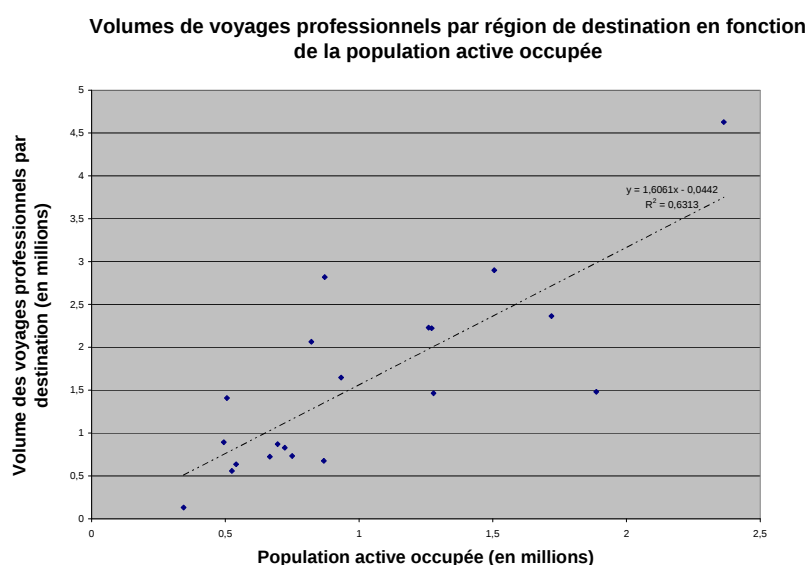
Ces écarts correspondent sans doute à des spécificités régionales : les cadres de la région Rhône-Alpes effectuent par exemple plus de 11 voyages professionnels par an en moyenne, une spécificité qui s'explique sans doute par l'impact de la grande vitesse ferroviaire qui a contribué à banaliser les voyages professionnels vers l'Ile-de-France. En effet, l'ouverture de lignes à grande vitesse, en réduisant les temps de parcours entre régions éloignées, facilite les déplacements professionnels courts, en particulier les allers-retours dans la journée qui permettent l'économie des frais d'hôtellerie, et contribuent donc à l'augmentation des voyages professionnels sur les liaisons desservies. D'après les estimations du CGDD [5], près de la moitié du surcroît de trafic ferroviaire induit par l'ouverture de lignes ferroviaires à grande vitesse est ainsi du trafic induit, l'autre moitié provenant du report de la route ou de l'avion. Pourtant, la région Pays-de-la-Loire, par contre, se situe dans la tendance générale, bien que Nantes ne soit située, comme Lyon, qu'à 2 h de Paris par le train à grande vitesse. Néanmoins, l'ouverture d'une ligne à grande vitesse vers/depuis Paris y est plus récente qu'à Lyon, et des travaux de recherche ont montré le caractère progressif de l'induction de trafic [6,7,8] provoquée par la mise en service d'une ligne à grande vitesse, l'effet de croissance du trafic n'étant pas immédiat mais différé. En outre, le niveau de service de l'offre ferroviaire régionale des TER est aussi susceptible d'induire des différences au niveau des pratiques de mobilité à longue distance pour raisons professionnelles. Dans l'ensemble, en effet, 18,7 % des voyages professionnels à longue distance sont effectués en train, et cette part a considérablement augmenté depuis 1994 où elle n'était que de 13,9 %.

Les différences résiduelles entre régions peuvent peut-être aussi s'expliquer par des facteurs qualitatifs plus difficilement mesurables, telles que des différences de tissu économique, certaines régions étant plus autonomes vis-à-vis de Paris tandis que d'autres fonctionneraient davantage en relation avec Paris, ce qui semble être le cas de Rhône-Alpes mais pas de Midi-Pyrénées, comme on l'a vu précédemment en considérant les destinations des voyages en fonction de la région d'origine. La distance ou le temps d'accès à Paris constituent sans doute des critères influents mais également la taille de la région et la

répartition géographique des emplois au sein de la région. Ainsi, la région Midi-Pyrénées, par exemple, cumule une assez forte centralisation économique autour de l'agglomération toulousaine et un temps d'accès élevé à Paris (6 h) qui réduit à la fois les besoins et possibilités de voyages à longue distance pour motifs professionnels vers la région parisienne, par exemple. D'autre part, un tissu économique assez dense et des dimensions réduites limitent peut-être aussi le besoin de déplacements professionnels à longue distance au sein de la région Nord-Pas-de-Calais.

Mais il est aussi vraisemblable, à ce niveau de désagrégation, que les écarts représentent purement et simplement, ou du moins en partie, des erreurs de mesure, compte tenu des faibles dimensions de certains échantillons régionaux. La distribution géographique des navetteurs présents dans l'échantillon de l'enquête peut en particulier avoir une influence sur les voyages pour affaires professionnelles déclarés, dans la mesure où la distinction entre migrations pendulaires et voyages pour affaires professionnelles n'est peut-être pas toujours parfaitement claire dans l'esprit des personnes enquêtées.

4.2.3 Les attractions professionnelles dépendent principalement de la population active occupée de la région de destination

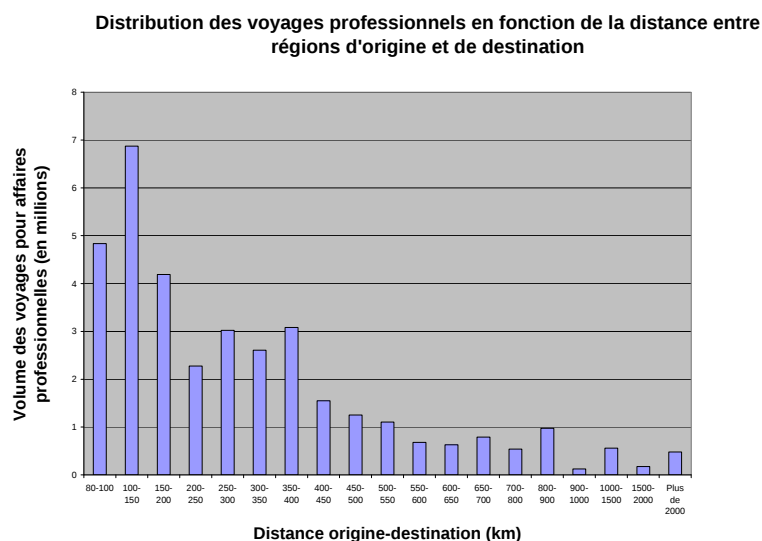


Graphique 30 - Attractions professionnelles régionales en fonction de la population active occupée
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Comme pour les émissions, hors Ile-de-France, la population active occupée de la région de destination est un assez bon prédicteur des attractions avec un coefficient de détermination $R^2=0,66$. La population active occupée joue donc à la fois comme facteur d'émission et comme facteur d'attraction. Néanmoins, contrairement à ce qu'on observait pour les émissions, la prise en compte du taux de cadres de la région de destination ne permet pas d'améliorer significativement l'estimation des attractions, sans doute parce que le facteur de distance entre en ligne de compte, ainsi que nous le verrons par la suite. Les régions assez nettement au-dessus de la tendance centrale pour les attractions demeurent Rhône-Alpes et Poitou-Charentes, les régions les plus nettement en-dessous de la tendance centrale deviennent le Nord-Pas-de-Calais et la Lorraine.

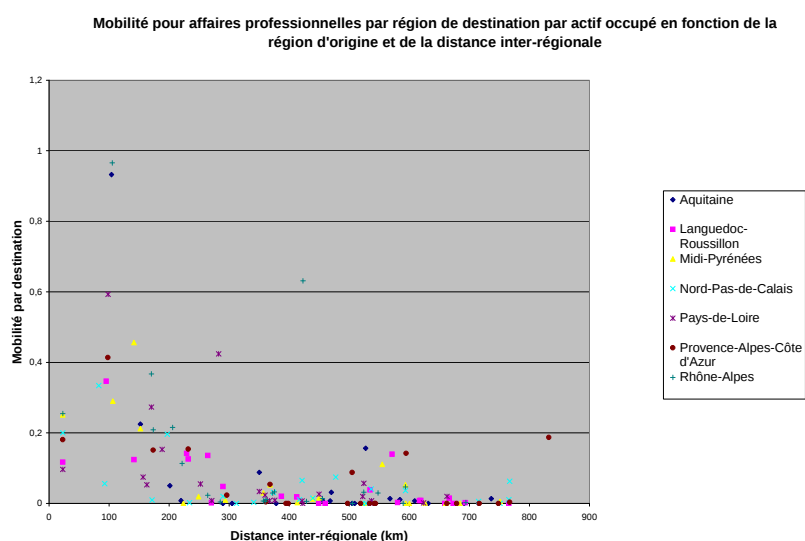
Il est normal qu'on retrouve les mêmes facteurs et les mêmes positions respectives des régions par rapport à la tendance centrale au niveau des émissions et des attractions dans la mesure où l'existence d'une forte population active occupée est à la fois génératrice et attractrice de voyages professionnels. Dans l'ensemble, les régions émissives sont donc aussi des régions attractives, on a d'ailleurs une relation linéaire avec un $R^2=0,84$ entre les émissions et les attractions régionales de flux professionnels à longue distance. Les régions en-deçà de la tendance centrale telles que Rhône-Alpes, le Nord-Pas-de-Calais ou Midi-Pyrénées pourraient être interprétées comme des régions plus émissives qu'attractives, tandis que les régions au-dessus de la tendance centrale telles que l'Ile-de-France ou les Pays-de-la-Loire apparaissent comme des régions plus attractives qu'émissives pour les voyages professionnels. Toutefois, en l'absence d'informations plus précises sur les événements générant ces flux professionnels, on est ici aux limites de l'interprétabilité.

4.2.4 Au sein des voyages professionnels, davantage de flux à distance intermédiaire



Graphique 31- Distribution des voyages professionnels selon la distance
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Outre la population active occupée, la distance (ou le temps de parcours) est aussi un facteur de distribution des flux professionnels. On observe ainsi, comme pour les autres types de voyages, une relation inverse entre les flux de voyageurs et la distance de déplacement. Néanmoins, les voyages professionnels ont des destinations plus souvent que la moyenne des voyages entre 200 et 400 km du domicile, c'est-à-dire généralement vers les régions limitrophes. Contrairement à l'ensemble des voyages pour lesquels on observe une décroissance régulière, on peut clairement distinguer trois niveaux de fréquence : les voyages de proximité (jusqu'à 200 km, très fréquents ; les voyages à moyenne portée entre 200 et 400 km, encore relativement fréquents ; et les voyages de plus de 400 km, beaucoup moins fréquents). Le taux de voyages professionnels intra-régionaux s'élève à 25,5 %, avec de fortes variations d'une région à l'autre. Il est particulièrement élevé en régions Aquitaine (51 %) et en Bretagne (38 %), plus élevé que la moyenne en régions Rhône-Alpes (32 %), Pays-de-la-Loire (30 %), Nord-Pas-de-Calais (28 %), PACA (28 %). On observe une relation mais faible (car sans doute dominée par le bruit statistique) entre le taux de voyages professionnels intra-régionaux et les dimensions régionales, mesurées par le diamètre ou la surface.

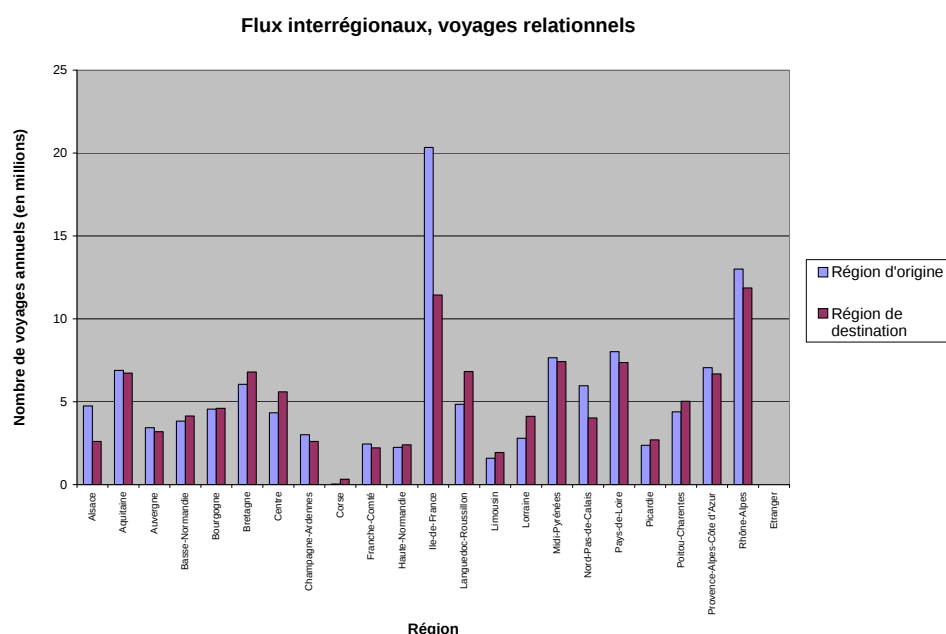


Graphique 32 - Mobilité pour affaires professionnelles pour six régions de destination, par région d'origine, en fonction de la distance inter-régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

On retrouve bien aussi pour les voyages professionnels une influence de la distance inter-régionale, plus ou moins nette selon la région d'origine, mais globalement vérifiée, sur l'intensité des flux de voyages professionnels, et semblant également suivre une fonction de type "puissance". On a néanmoins cette fois ramené le flux à la population active occupée, et non plus seulement à la population, de manière à tenir compte des différences de taux d'activité et d'emploi d'une région à l'autre. A l'exception des flux intra-régionaux, les flux sont assez bien représentés par cette loi de décroissance¹¹, qui doit être calibrée différemment pour chaque région (sans doute peut-on améliorer la relation en tenant compte des différences de structure socio-professionnelle régionale, les groupes socioprofessionnels supérieurs étant plus mobiles pour raisons professionnelles que les autres). Les flux se situant nettement au-dessus de la tendance générale sont les flux Pays-de-la-Loire vers Ile-de-France, Rhône-Alpes vers Ile-de-France, Aquitaine vers Ile-de-France, Languedoc-Roussillon vers Ile-de-France et PACA vers Ile-de-France. L'importance des voyages professionnels vers l'Ile-de-France, en dépit de leur éloignement, s'explique à la fois par le poids de l'emploi en Ile-de-France, l'accessibilité par les transports et l'attractivité de l'Ile-de-France pour les voyages professionnels. L'ensemble de ces facteurs devront donc être pris en compte dans le cadre d'une modélisation des flux inter-régionaux de voyageurs professionnels à longue distance.

4.3 Visites aux parents et aux amis

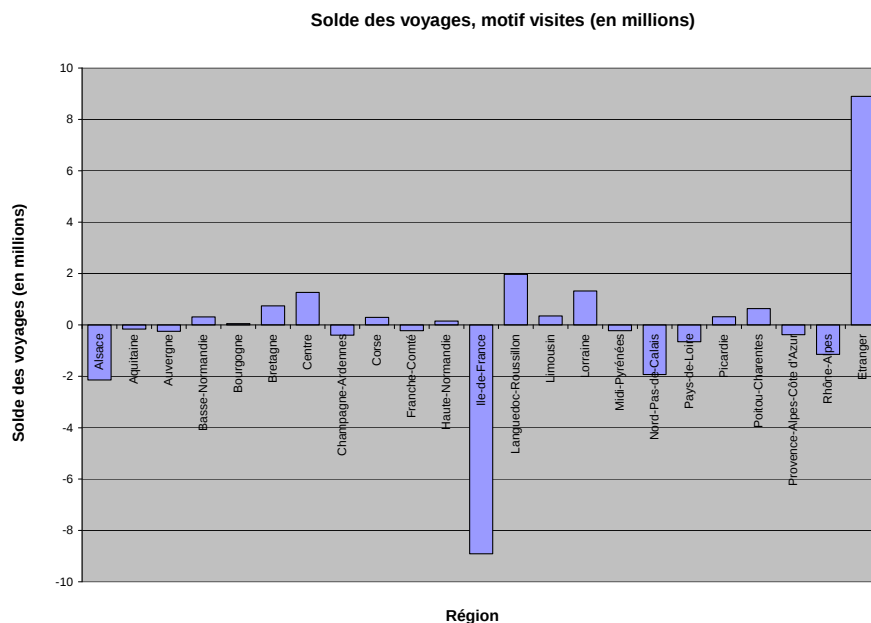
4.3.1 Origines et destinations des visites



Graphique 33 - Régions d'origine et de destination des visites à des parents et amis
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

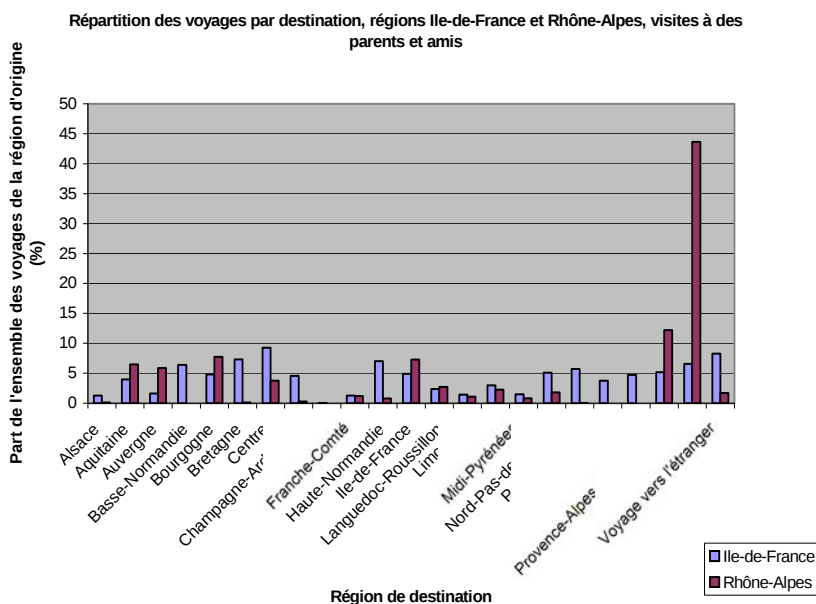
Considérons à présent les voyages pour motifs relationnels, c'est-à-dire les visites à des parents et à des amis. L'origine des déplacements "sociaux" est assez bien répartie entre les régions. L'Ile-de-France est à l'origine de 17 % des visites à des parents et amis, suivie par Rhône-Alpes (10,9 %), les Pays-de-la-Loire (6,7 %), Midi-Pyrénées (6,4 %), PACA (5,9 %), l'Aquitaine (5,8 %), la Bretagne (5,1 %). Par contre, les premières destinations de voyages relationnels sont, à égalité, Rhône-Alpes et l'Ile-de-France. On observe donc que le poids de l'Ile-de-France au sein des destinations des voyages relationnels est très inférieur à son poids démographique.

¹¹ Comme pour les autres motifs, on a utilisé une distance intra-régionale de référence pour les flux intra-régionaux, plutôt qu'une distance nulle ne correspondant pas à la réalité. La distance intra-régionale de référence a néanmoins été recalculée pour chaque motif, afin de tenir compte de la variabilité des distances de déplacements selon les motifs (plus élevée pour les vacances, intermédiaire pour les visites et les affaires professionnelles, plus réduite pour les loisirs).



Graphique 34 - Solde des voyages relationnels par région
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Le plus important déficit lié à ce motif est celui de l'Ile-de-France. Ce sont plus fréquemment les franciliens qui rendent visite à leurs relations en province que l'inverse. On observe également des déficits dans les régions PACA, Aquitaine, Nord-Pas-de-Calais et Alsace, et à l'inverse des excédents dans les régions Lorraine et Haute-Normandie, mais aussi Bretagne, Languedoc-Roussillon, Centre et Poitou-Charentes.



Graphique 35 - Répartition par destinations des visites relationnelles des franciliens et des habitants de la région Rhône-Alpes
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

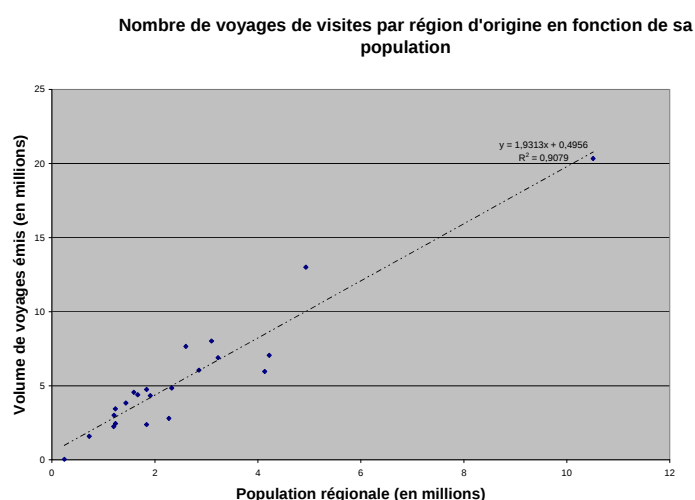
Pour comprendre ce déséquilibre, étudions de façon plus détaillée la destination des voyages liés à ce motif. On constate que les destinations de voyages relationnels des franciliens ne présentent pas de tropisme particulier : elles sont orientées vers toutes les régions françaises, mais seulement 5 % de ces voyages ont une destination interne à la région. Pour les autres régions, la destination des visites est généralement soit interne à la région, soit dans une région limitrophe. Pour Rhône-Alpes, par exemple, près de 45 % des visites à des parents et amis sont vers une destination interne à la région. Viennent

ensuite PACA (11,7%), la Bourgogne (7,5%), l'Aquitaine et l'Ile-de-France (7%). De même, les visites des habitants des Pays-de-la-Loire sont orientées vers les Pays-de-la-Loire, la Bretagne, l'Ile-de-France, le Centre, le Poitou-Charentes, la Basse-Normandie.

On retrouve donc un résultat qui était déjà ressorti de l'analyse des autres motifs de voyages. Ces résultats nous informent aussi sur la distribution spatiale des réseaux relationnels. Il semble qu'à l'exception de l'Ile-de-France qui fonctionne en relation avec l'ensemble du territoire métropolitain, les réseaux sociaux des autres régions se déploient à l'échelle d'une inter-région, principalement en interne à la région et vers les régions limitrophes. Le rôle central de la région capitale dans l'économie nationale fait que les franciliens, pris ensemble, ont de la famille et des amis dans toute la France, car ils viennent de toutes les régions de France. Cela ne signifie pas qu'au niveau individuel, les personnes habitant en Ile-de-France aient de la famille et des amis dans toute la France. Chaque francilien a probablement des attaches dans une ou deux régions : la région où habite une partie de sa famille, les régions où habitent ses amis. C'est l'étude des déplacements pour visites à un niveau individuel qui permettrait de répondre plus précisément à cette question.

Pourquoi les personnes habitant en Ile-de-France sont-elles moins souvent visitées que les autres ? Cela tient-il au fait que l'Ile-de-France concentre une part importante des jeunes actifs qui ont fréquemment leur famille en province ? Une explication plausible serait en effet que ce sont plus fréquemment ces actifs qui partent visiter leur famille et leurs amis en province plutôt que l'inverse, ne serait-ce que parce que les franciliens habitent plus souvent des petits appartements où ils ne peuvent recevoir leur famille, mais peut-être aussi est-ce en partie lié au fait que de nombreuses personnes en province, et en particulier des personnes retraitées dont les enfants travaillent en région parisienne, n'ont pas l'habitude de prendre le train et que ce mode est pourtant le plus adapté pour venir visiter des enfants qui habiteraient dans la partie centrale de l'agglomération.

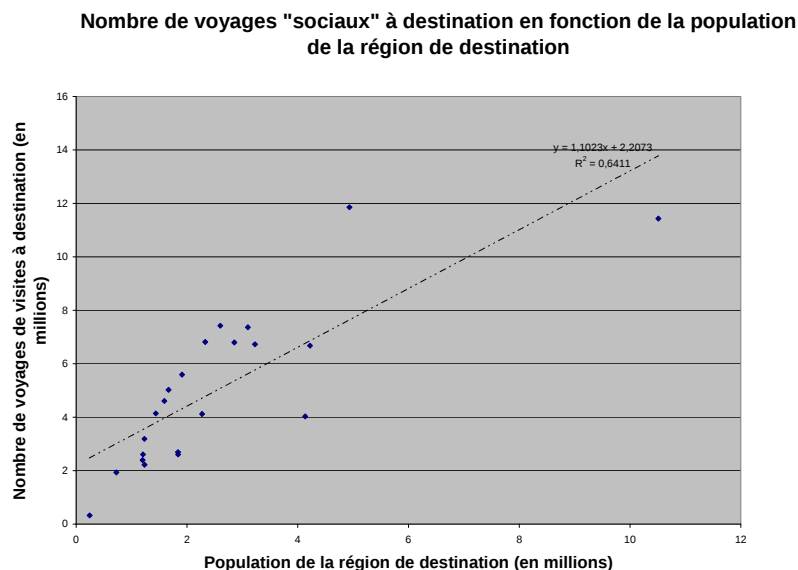
4.3.2 Comme pour les vacances, des émissions surtout proportionnelles à la population



Graphique 36 - Emissions régionales de voyages relationnels en fonction de la population régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Comme pour les vacanciers, les volumes de voyages "sociaux" émis par une région sont assez logiquement proportionnels à sa population, avec un très fort taux de corrélation ($R^2=0,91$). Contrairement aux voyages de vacances, l'analyse ne permet pas en revanche de mettre en évidence d'effet significatif du revenu moyen régional sur la fréquence des visites à la famille et aux amis, ce qui rapproche davantage ces déplacements des motifs contraints que des motifs de loisirs. Cette absence de corrélation entre la mobilité à longue distance "sociale" et le revenu s'explique sans doute d'une part par le moindre coût des visites familiales ou amicales, en particulier du fait de l'absence des coûts d'hébergement et de restauration, mais aussi par le fait qu'ils sont pour partie contraints, s'inscrivant dans le cadre des obligations familiales et sociales des individus. En outre, bien qu'on observe une relation entre la mobilité à longue distance pour motifs relationnels et l'âge, avec une mobilité plus forte chez les moins de 35 ans et en déclin après 75 ans, on ne parvient pas à mettre en évidence de relation claire entre la structure par âge et la mobilité pour ce motif à l'échelle régionale.

4.3.3 Hors Ile-de-France, des attractions de voyages sociaux plus fortement déterminées par la population que pour les vacances



Graphique 37 - Attractions régionales pour les voyages relationnels en fonction de la population régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

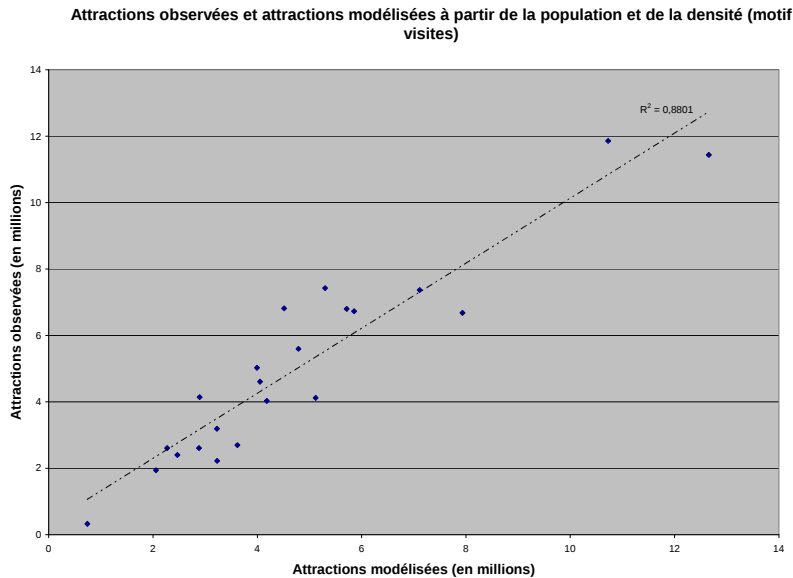
La population de la région de destination exerce évidemment une influence sur les attractions régionales, mais contrairement aux attentes, cette relation reste moyennement déterminée ($R^2=0,64$), comme pour les voyages de vacances et les voyages professionnels, bien que l'Ile-de-France soit moins perturbatrice que pour les vacances avec une attractivité plus proche de la moyenne. Comme pour les voyages de vacances, on observe que certaines régions perturbent assez fortement le résultat de la régression. La plus forte perturbation est tout d'abord provoquée par l'Ile-de-France qui se situe en-deçà de la tendance centrale et s'avère l'une des régions les plus faiblement attractives pour ce motif. Néanmoins, même en excluant l'Ile-de-France, les résultats de la régression restent encore relativement dispersés avec un $R^2=0,66$. Il faut exclure une nouvelle région qui se situe elle aussi très en-deçà de la tendance centrale avec une faible attractivité pour ce motif, le Nord-Pas-de-Calais, pour améliorer les résultats de la régression avec cette fois-ci un R^2 à 0,82. La régression est encore améliorée en excluant PACA, avec un R^2 qui passe à 0,88.

Après avoir pour l'instant exclu ces trois régions, on trouve, au-dessus de la tendance centrale, Rhône-Alpes, Midi-Pyrénées, le Languedoc-Roussillon, le Centre, Poitou-Charentes. On trouve, à l'inverse, même après avoir exclu l'Ile-de-France et le Nord-Pas-de-Calais, des régions moins attractives que la moyenne pour les "visites": PACA, l'Alsace et la Picardie.

On observe que, dans l'ensemble, la hiérarchie de l'attractivité des régions pour les motifs "sociaux" recoupe assez bien celle de l'attractivité pour le motif "vacances". En regroupant les deux motifs, on trouve une opposition entre un bloc de régions attractives regroupant le Languedoc-Roussillon, Rhône-Alpes, l'Aquitaine, la Bretagne, le Centre, le Poitou-Charentes, et un groupe de régions peu attractives regroupant l'Ile-de-France, le Nord-Pas-de-Calais, la Lorraine, l'Alsace et la Picardie, qui est en grande partie une opposition entre le nord-est et le sud-ouest de la France. La population et l'attractivité se retrouvent donc dans les déterminants à la fois des destinations de vacances et des destinations de visites. En revanche, les déterminants des émissions diffèrent, la fréquence des visites n'étant pas liée au revenu régional, contrairement à celle des vacances.

4.3.4 Une attractivité pénalisée en cas de forte densité

Il semble possible, comme pour les vacances, d'améliorer la qualité des prévisions des flux à destination en utilisant un indice d'attractivité. Néanmoins, si on réutilise l'indice d'attractivité simulée calculé pour les vacances, qui représente l'influence des aménités offertes par une région sur la propension à s'y rendre en voyage, la prédiction des attractions tend cependant à se détériorer, avec un effet d'attractivité sur les flux "sociaux" surestimé par rapport à la réalité, en particulier dans les régions très attractives pour les vacances.

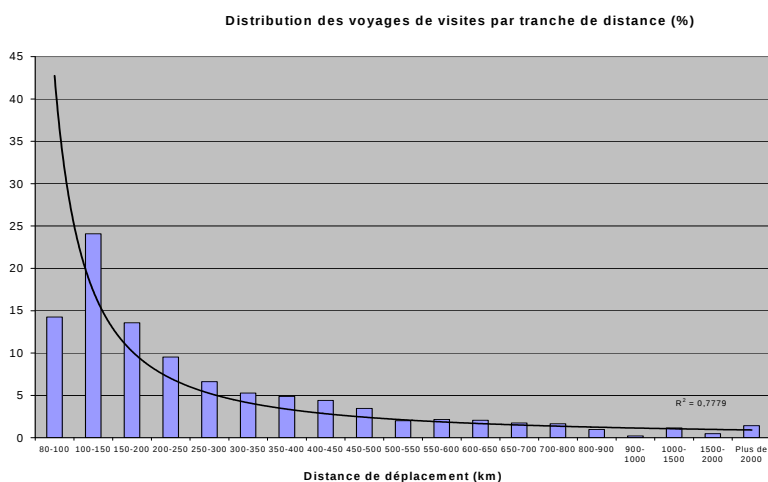


Graphique 38 - Attractions relationnelles observées et modélisées en fonction de la population et de la densité humaine, hors Ile-de-France

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

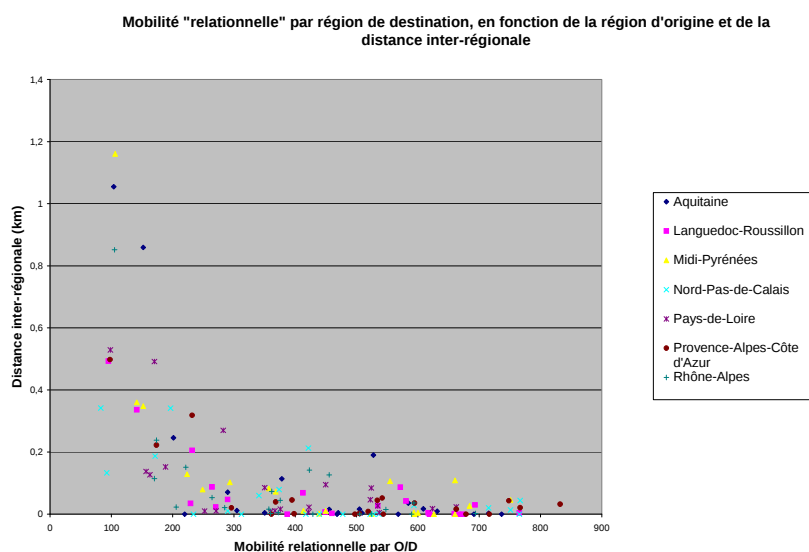
Il est donc préférable de construire un indice d'attractivité spécifique pour ce motif, représentant l'impact des aménités régionales sur la propension à visiter ses proches et amis, en effectuant une nouvelle régression de l'attractivité observée sur les facteurs d'attractivité connus ou supposés. On peut déjà remarquer que les régions Ile-de-France, Nord-Pas-de-Calais, PACA, Alsace, Lorraine et Picardie, caractérisées par une faible attractivité pour les voyages "sociaux" ont en commun une forte densité humaine. On peut donc supposer qu'une forte densité humaine ou un degré d'urbanisation élevés sont des facteurs limitant l'attractivité régionale. Cette relation inverse peut sans doute s'expliquer en partie par le besoin de repos et de dépaysement pendant les périodes de congés, qui favorise les environnements naturels "aérés" sur les destinations urbaines plus denses, mais aussi par la taille des logements qui permet moins facilement aux populations urbaines de recevoir de la famille ou des amis. A l'issue de la régression, on observe de fait que le seul coefficient significatif est celui de la densité humaine, qui permet au mieux de séparer le groupe des régions les plus denses (Ile-de-France, Nord-Pas-de-Calais, Alsace) des autres régions en leur attribuant une pénalité spécifique. Cette relation inverse entre l'attractivité et la densité, de faible corrélation ($R^2=0,21$), fonctionne à condition d'exclure l'Ile-de-France dont l'attraction passe cette fois-ci au-dessus de la tendance générale, si on tient compte du facteur de densité qui devrait pénaliser l'attractivité francilienne davantage que ce qu'on observe dans les faits. Toujours en excluant l'Ile-de-France, l'intégration du facteur de densité permet d'améliorer très significativement la prévisibilité des attractions régionales, avec un coefficient de détermination de la relation entre attractivités observées et attractivités modélisées qui progresse de 0,67 à 0,86. Ce critère de densité justifierait de développer des modélisations plus fines fondées par exemple sur le type de territoire (taille d'aire urbaine et position dans l'aire urbaine), ou même sur d'autres segmentations permettant encore mieux d'en rendre compte basées directement sur la densité [9].

4.3.5 Une décroissance régulière avec l'éloignement



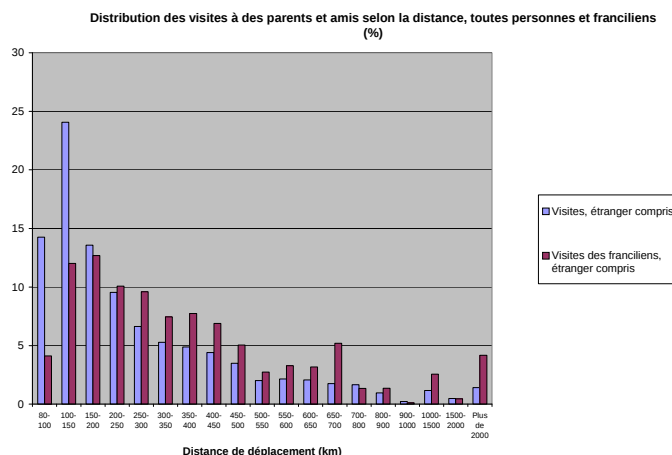
Graphique 39 - Distribution des visites à la famille et aux amis par tranche de distance
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Comme pour les autres motifs, la distance influence la fréquence des visites à la famille et aux amis. L'intensité des flux décroît également avec la distance, selon une fonction de type "puissance", cette fois-ci très régulière et assez forte, avec un bon coefficient de détermination ($R^2 = 0,78$).



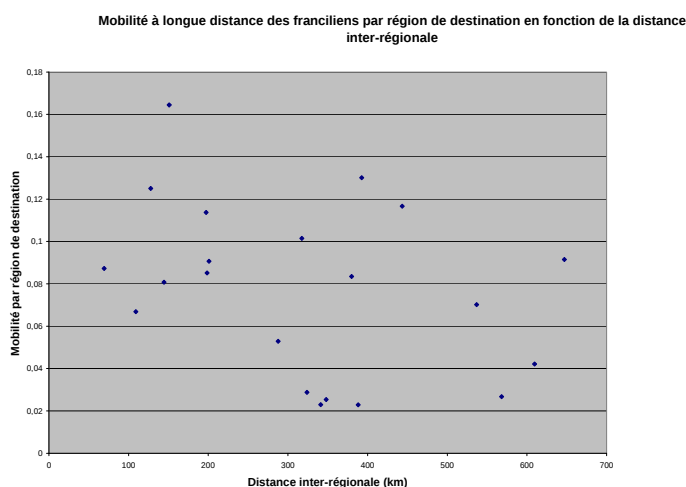
Graphique 40 - Mobilité relationnelle par région de destination, en fonction de la région d'origine et de la distance inter-régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Cette régularité se retrouve logiquement dans la décroissance de la mobilité inter-régionale "relationnelle" avec la distance inter-régionale. La pente de la courbe varie d'une région à l'autre selon la part de voyages intra-régionaux: contrairement aux vacances, on ne peut mettre en évidence de clivage aussi clair entre les régions méridionales et septentrionales: la proportion de voyages relationnels intra-régionaux est ainsi relativement faible en Nord-Pas-de-Calais mais aussi en Languedoc-Roussillon.



Graphique 41 - Répartition des visites des franciliens par tranche de distance
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

La distance semble cette fois-ci avoir une influence même sur les franciliens, contribuant sans doute à réduire la fréquence des visites, mais la décroissance des flux avec la distance est nettement moins marquée que pour l'ensemble des résidents de France métropolitaine. Cette influence plus marquée de la distance pour les visites peut sans doute s'expliquer par le choix restreint de la destination par rapport à d'autres motifs tels que les vacances ou les motifs professionnels, où la destination peut être choisie en fonction de l'offre de transport à disposition et des opportunités commerciales. En effet, la possibilité de recourir à des modes rapides alternatifs à la voiture (TGV, avion...), en réduisant le temps de parcours, facilite l'accès à des destinations plus éloignées.



Graphique 42 - Mobilité relationnelle des franciliens par région de destination, en fonction de la distance inter-régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

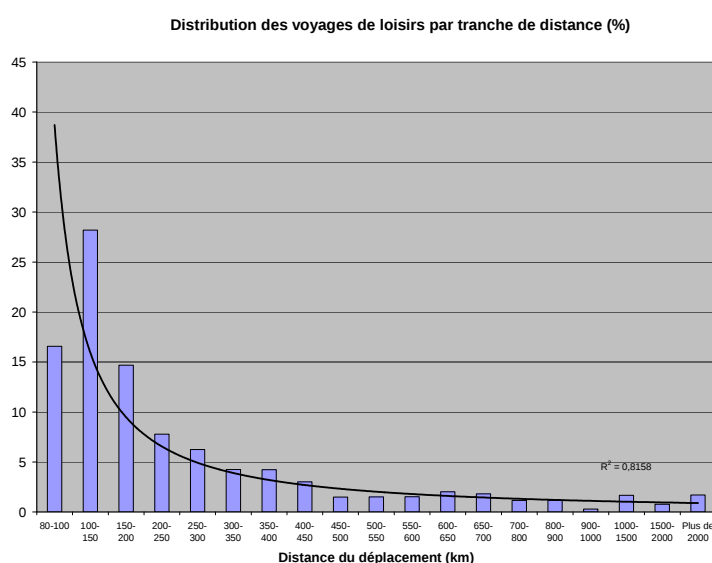
Néanmoins, à l'échelle régionale, on ne peut mettre en évidence de relation forte entre la mobilité "relationnelle" des franciliens par région de destination et la distance inter-régionale. Comme précédemment, l'effet de distance est en partie compensé par l'attractivité des régions les plus éloignées. Parmi les régions d'éloignement intermédiaire (entre 300 et 500 km), on trouve à nouveau une opposition entre l'Auvergne, la Lorraine, l'Alsace, le Limousin, la Franche-Comté, qui attirent peu de visites des franciliens, et les Pays-de-la-Loire, Poitou-Charentes, la Bretagne et Rhône-Alpes, qui en attirent davantage. De même, au sein des régions les plus proches, on trouve que les régions Centre, Basse-Normandie et Haute-Normandie, attirent davantage les franciliens que les régions Champagne-Ardenne, Picardie, Nord-Pas-de-Calais et Bourgogne. Pour pouvoir mettre en évidence des attractivités "pures", il faudrait néanmoins tenir compte non seulement de l'éloignement mais aussi de la population de la région de destination et de la desserte inter-régionale, en particulier l'existence d'une offre ferroviaire à grande vitesse.

4.4 Activités de loisirs

4.4.1 Des activités moins éloignées du bassin de vie local

Dans l'ENTD, les "loisirs" regroupent une très grande variété de motifs [10] : activités associatives ou religieuses, centres de loisirs ou d'attraction, restauration à l'extérieur du domicile, visites de monuments, spectacles, activités sportives, etc. Ils se distinguent généralement des voyages déclarés comme « vacances » par des activités plus proches du domicile [10] et des voyages plus brefs (excursions à la journée ou escapades de deux ou trois jours, par exemple le temps d'un week-end). Les loisirs correspondent généralement à des activités plus régulières s'inscrivant dans les plages de temps libre de la vie quotidienne. Ainsi, l'éloignement moyen d'un voyage pour motif de "loisirs" est de 290 km, contre 680 km pour les vacances, et sa durée moyenne de 2 nuitées, contre 9,5 nuitées pour un voyage de vacances.

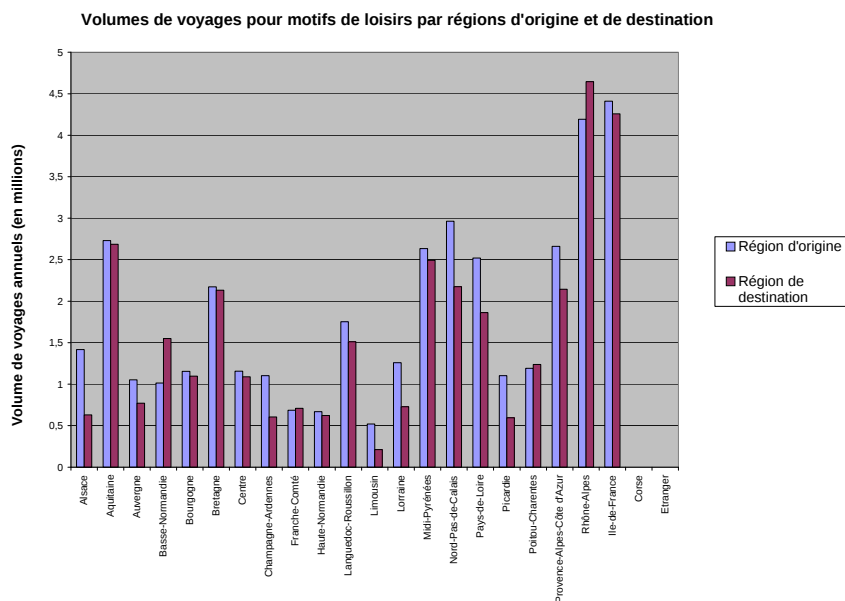
De ce fait, la distribution des voyages pour motifs de loisirs par tranche de distance est très différente de celle des vacances et dans le cadre d'un modèle de génération/distribution des flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance, il conviendrait de caler une fonction d'impédance spécifique pour ce motif.



Graphique 43 - Distribution des voyages de loisirs (%) par tranche de distance
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Comme pour les visites à la famille et aux amis, la décroissance de la fréquence des déplacements de loisirs avec l'éloignement est très régulière, avec un bon coefficient de détermination ($R^2 = 0,82$), et les déplacements de loisirs diminuent très fortement au-delà de 200 km. Compte tenu de la relative proximité de ces activités, on peut penser que les attractions devraient être plus proches des émissions que pour les autres motifs, une grande partie des déplacements de loisirs devant s'effectuer à l'intérieur d'une même région. De fait, on observe que le taux de voyages pour motifs de loisirs intra-régionaux est en moyenne assez élevé puisqu'il atteint 35,4 %, contre 25,5 % pour les voyages pour affaires professionnelles, par exemple.

4.4.2 Origines et destinations des voyages de loisirs

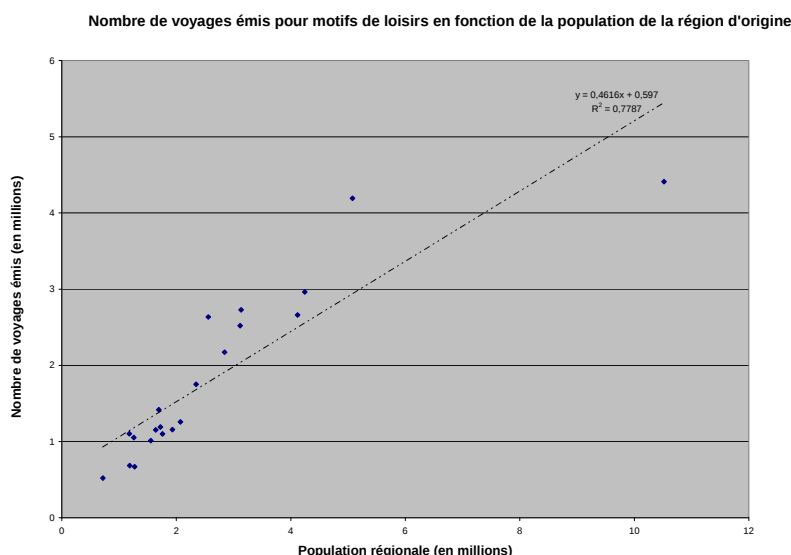


Graphique 44 - Origines et destinations des voyages de loisirs

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Seulement 11,5 % des voyages pour motifs de loisirs ont pour origine l'Ile-de-France, ce qui est très inférieur au poids démographique régional. Les régions les plus émettrices sont ensuite Rhône-Alpes (10,9 %), le Nord-Pas-de-Calais (7,7 %), l'Aquitaine (7,1 %), PACA et Midi-Pyrénées (6,9 %), les Pays-de-la-Loire (6,6 %). Les premières destinations des activités de loisirs sont dans l'ordre décroissant Rhône-Alpes (12,1 %), l'étranger (12 %), l'Ile-de-France (11,1 %), très loin devant les autres destinations. Viennent ensuite Midi-Pyrénées (6,5 %), le Nord-Pas-de-Calais (5,7 %), le Poitou-Charentes et la Bretagne (5,6 %).

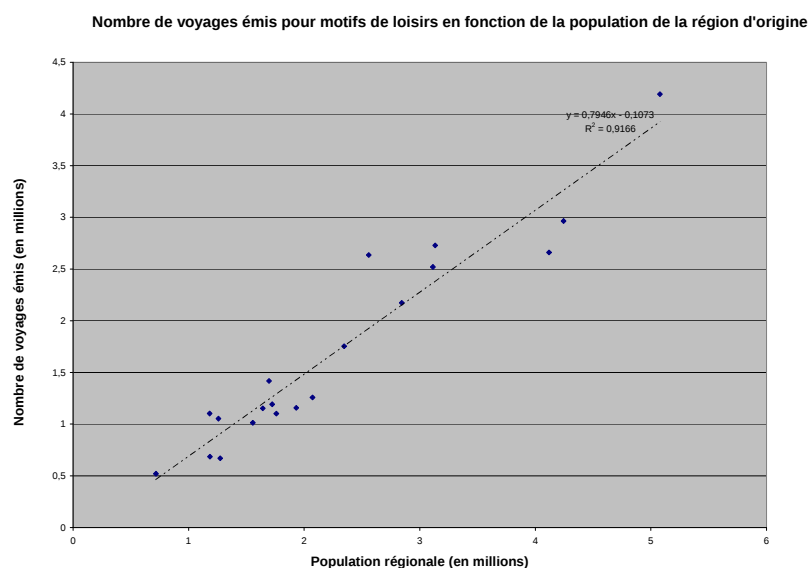
4.4.3 La population régionale est un bon prédicteur des émissions de loisirs



Graphique 45 - Emissions de loisirs en fonction de la population régionale

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

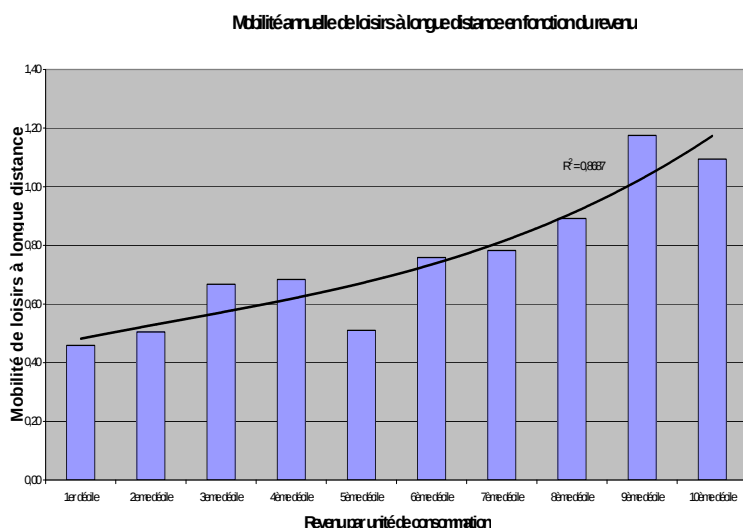
Les émissions sont directement proportionnelles à la population, avec un bon coefficient de détermination ($R^2 = 0,78$). On observe néanmoins que la régression est perturbée par une observation influente, en l'occurrence l'Ile-de-France dont la mobilité pour motifs de loisirs est inférieure à la moyenne (0,4 voyage annuel par personne).



Graphique 46 - Emissions de loisirs en fonction de la population régionale, hors Ile-de-France
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

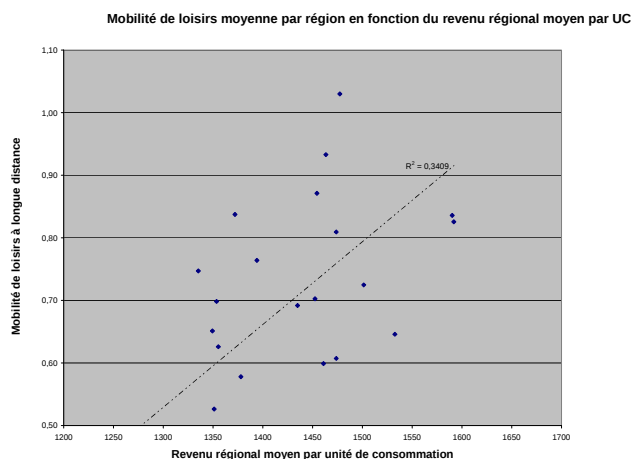
En excluant l'Ile-de-France, les résultats de la régression sont nettement améliorés ($R^2 = 0,93$), et la dispersion autour de la tendance centrale devient alors extrêmement faible. Est-il néanmoins possible d'améliorer encore les résultats de la régression en identifiant d'autres facteurs permettant d'expliquer une partie de la variance résiduelle ? Parmi les régions situées le plus nettement au-dessus de la tendance centrale on trouve les régions Midi-Pyrénées, Aquitaine, Rhône-Alpes, Champagne-Ardenne, Alsace, Pays-de-la-Loire. A l'inverse, les régions dont les émissivités sont inférieures à la moyenne sont les régions PACA, Nord-Pas-de-Calais, Lorraine, Centre, Haute-Normandie, Picardie, Franche-Comté. Comme pour les voyages professionnels, l'analyse de la variance résiduelle est ici rendue difficile par la plus petite taille de l'échantillon des voyages de loisirs (environ 12 % de l'ensemble des voyages), qui fait qu'une grande partie de la variance résiduelle est sans doute constituée par les erreurs de mesure.

4.4.4 Les émissivités augmentent avec le niveau de vie et diminuent avec la densité



Graphique 47 - Mobilité annuelle de loisirs en fonction du revenu par unité de consommation regroupé en déciles
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

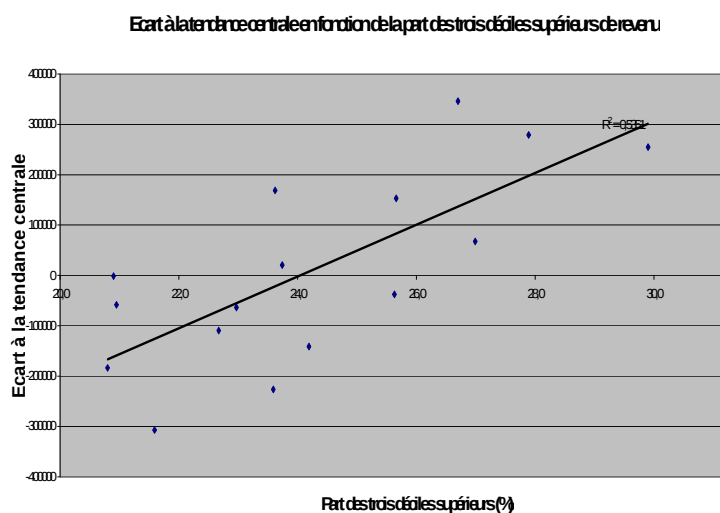
Essayons néanmoins de dégager d'autres facteurs. En particulier, on songe à l'influence du revenu sur la mobilité de loisirs, de faibles revenus pouvant être un obstacle à une forte mobilité de loisirs à longue distance qui impliquent des coûts de transport, de restauration, d'activités de loisirs et le cas échéant d'hébergement, en cas de nuitées passées à proximité du lieu des activités. La mobilité de loisirs à longue distance augmente en effet de manière assez importante avec le revenu, d'environ 0,5 voyage annuel dans les trois premiers déciles à 1,1 voyage annuel dans les trois déciles supérieurs de revenu par unité de consommation.



Graphique 48: Mobilités de loisirs à longue distance en fonction du revenu par unité de consommation moyen régional (base mensuelle, € courants, échelle OCDE)

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

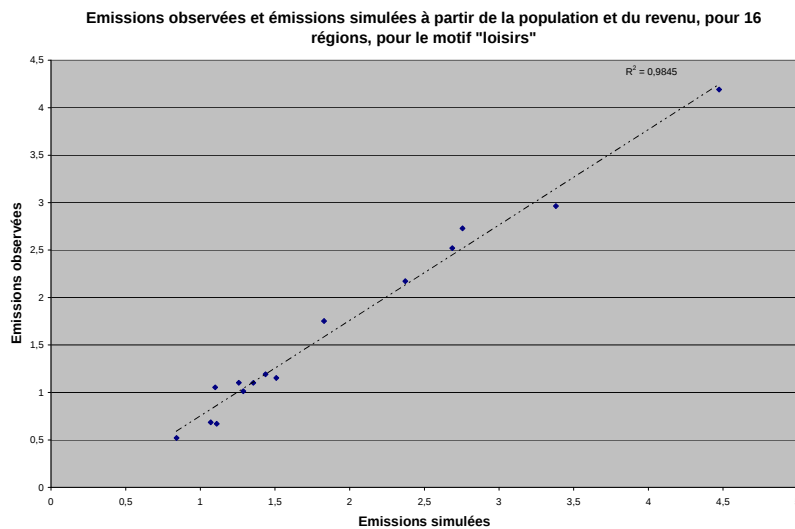
De fait, on observe bien une certaine relation entre le revenu moyen régional et la mobilité de loisirs à longue distance, bien qu'avec un degré de corrélation faible ($R^2 = 0,34$). Néanmoins, l'utilisation de cette relation empirique pour simuler la mobilité de loisirs à l'échelon régional ne permet pas d'améliorer le résultat de la régression, peut-être parce que d'autres facteurs jouent en sens inverse du revenu. On n'observe d'ailleurs pas de relation entre l'écart par rapport à la tendance centrale et le revenu moyen régional, soit que le bruit lié aux erreurs de mesure étouffe l'influence du revenu, soit que celui-ci n'exerce pas d'influence déterminante sur la mobilité de loisirs à longue distance. On trouve une relation entre l'écart des émissions par rapport à la tendance centrale en fonction de la population et du revenu, à condition d'exclure un assez grand nombre de régions (Alsace, Centre, Lorraine, Midi-Pyrénées, PACA) en plus de l'Ile-de-France.



Graphique 49: Résidu de la régression des émissions régionales sur la population en fonction de la part des trois déciles supérieurs de revenu par unité de consommation, sur seize régions

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Sur seize régions, on trouve une relation entre l'émissivité régionale et la part des trois déciles supérieurs de revenu, avec un R^2 de 0,54. Il est également intéressant de constater que si on met en œuvre cette relation empirique pour simuler l'écart à la tendance centrale des émissions en fonction de la population, on arrive quasiment à prévoir de façon déterministe les émissions pour seize régions.



Graphique 50: Emissions observées et émissions simulées (en millions de voyages) à partir de la population et du revenu, pour seize régions

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

La relation entre émissions observées et émissions simulées affiche alors un R^2 de 0,99 contre un R^2 de 0,87 en ne tenant pas compte de la distribution régionale des revenus, si on s'en tient à ces seize régions. Le coefficient de détermination de la régression sur la population seule est en revanche dégradé par rapport à la prise en compte de 21 régions. Si maintenant on réintègre l'ensemble des régions hors Ile-de-France, l'utilisation de cette relation empirique n'améliore pas la prévision mais ne la dégrade pas non plus, avec un R^2 de 0,92.

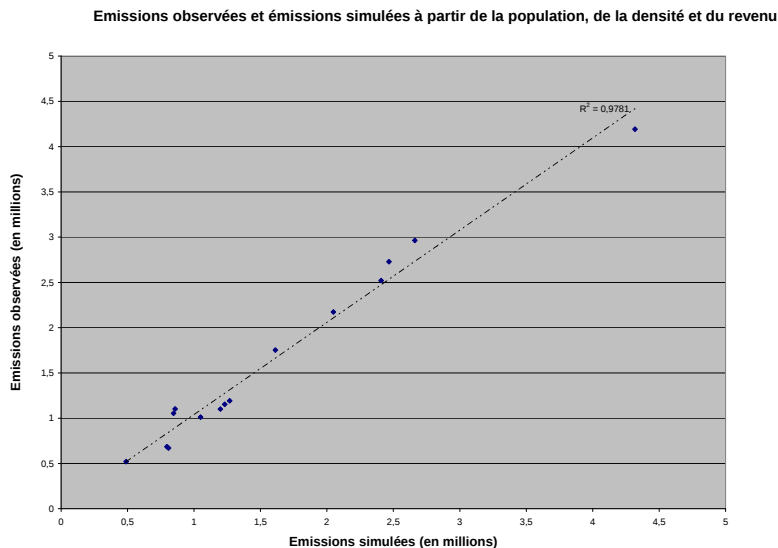
Les régions pour lesquelles les émissions "observées" (en fait estimées à partir des pondérations de l'Enquête Nationale Transport) sont supérieures aux émissions simulées à partir de la population et du revenu sont les régions Midi-Pyrénées, Aquitaine, Pays-de-la-Loire, Languedoc-Roussillon et Rhône-Alpes, c'est-à-dire plutôt des régions caractérisées par la présence de facteurs d'attractivité naturels favorisant les activités de loisirs extérieures (ensoleillement, littoral, montagne...). On trouve également au-dessus de la tendance centrale les régions Bretagne, Auvergne, et Champagne-Ardenne. Les régions pour lesquelles les émissions "observées" sont le plus nettement inférieures aux émissions simulées sont les régions PACA, Centre et Lorraine, mais on y trouve également les régions Alsace, Haute-Normandie, Franche-Comté. Bien sûr, il est vraisemblable qu'à ce niveau de désagrégation, l'erreur de mesure soit plus importante que la significativité des variables influentes, compte tenu de la proportion plus faible des voyages de loisirs. A l'exception de la région PACA, il semble néanmoins que les facteurs d'attractivité naturelle jouent un rôle dans l'intensité des activités de loisirs extérieures pratiquées au sein d'une région, à population et niveau de revenu comparable. On peut donc essayer de voir s'il est possible d'améliorer les résultats de la régression en effectuant, comme pour la modélisation des attractivités de vacances, une régression de l'émissivité pour les motifs de loisirs sur les facteurs d'attractivité naturelle et le revenu moyen régional, selon la même spécification :

$\ln(Y) = \beta_0 + \sum \beta_i X_{i\text{cn}}$ (1), Où Y représente cette fois-ci l'émissivité observée (soit le rapport entre les émissions observées et les émissions simulées en fonction de la population et du revenu), β_0 un paramètre qui doit normalement être proche de 0 (puisque l'émissivité moyenne est proche de 1), $X_{i\text{cn}}$ sont les indicateurs des facteurs d'émission (nombre de journées d'ensoleillement, linéaire côtier, densité, revenu moyen régional...) centrés normalisés (c'est-à-dire qu'on divise l'écart à la moyenne par rapport à la moyenne, cette méthode permettant de ramener l'ensemble des variables sur une échelle de comparabilité allant de -1, pour les variables égales à 0, à $+\infty$).

En intégrant l'ensemble de ces facteurs d'émissivité pour le motif de "loisirs", le coefficient de détermination de la régression de l'émissivité sur les facteurs d'émissivité est égal à 0,49. En fait, on s'aperçoit que seuls le revenu et la densité sont véritablement significatifs, le facteur le plus influent étant la densité humaine, expliquant 42 % de la variance résiduelle, la densité ayant une influence négative sur l'intensité des activités de loisirs. Les régions les plus denses sont dans l'ordre décroissant les régions Ile-de-France, Nord-Pas-de-Calais, Alsace, Haute-Normandie, PACA. On observe que ce sont aussi une grande partie des régions situées au-dessous de la tendance centrale déterminée par la population et le revenu moyen régional. A l'inverse, les régions les plus émissives pour le motif de loisirs (Midi-Pyrénées et Aquitaine) sont à la fois caractérisées par des facteurs d'attractivité naturels propices aux activités de loisirs extérieures au domicile et une faible densité humaine moyenne. On peut donc supposer qu'il existe une relation négative entre la pratique des activités de loisirs extérieures et la densité humaine, un environnement humain plus dense pouvant entraîner un besoin de repli sur la

sphère privée du domicile. Mais on pourrait aussi l'expliquer par le fait que dans un milieu humain plus dense, les différentes activités peuvent être réalisées dans un rayon plus proche du domicile, et occasionnent de ce fait moins de déplacements à longue distance.

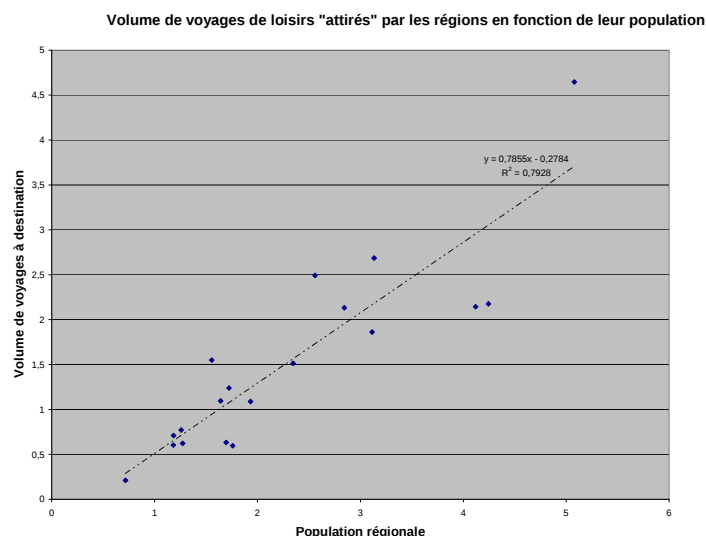
Limiter la régression au revenu et à la densité humaine fournit en fait des résultats équivalents ($R^2=0,49$), et les facteurs d'attractivité naturelle ne semblent donc pas jouer de rôle réellement significatif. Aussi, dans ce qui suit, on simule les émissions régionales à partir de la relation empiriquement observée entre les émissivités et ces deux variables.



Graphique 51: Emissions observées et émissions simulées à partir de la population, de la densité et du revenu
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

L'intégration de la densité et du revenu permet en effet d'améliorer considérablement les résultats de la régression en faisant passer le R^2 à 0,94 en ayant intégré l'Ile-de-France, l'effet de la densité humaine sur les émissions de voyages de loisirs à longue distance étant correctement reproduit, contre 0,78 si on effectue la régression sur la seule population. Si maintenant on exclut l'Ile-de-France, le modèle n'apporte pas d'amélioration, car l'estimation de l'effet de densité est pour l'essentiel déterminée par la densité extrêmement élevée de l'Ile-de-France. Il est donc nécessaire de voir s'il subsiste un effet de densité dans le cas où la situation francilienne est modélisée à part. On exclut donc à nouveau l'Ile-de-France, et on effectue cette fois une nouvelle régression de l'émissivité sur le revenu et la densité, en excluant l'Ile-de-France. Les résultats de la régression sont cette fois beaucoup moins satisfaisants (R^2 à 0,19), mais on observe que même en excluant l'Ile-de-France, les seules variables véritablement significatives demeurent le revenu et la densité humaine, avec un effet positif du revenu et un effet négatif de la densité humaine sur l'émissivité pour motifs de loisirs. Toutefois, même ainsi, on ne parvient pas à améliorer de façon très significative les résultats de la régression, hors Ile-de-France. Le seul résultat tangible de l'intégration des effets de densité humaine et de revenu est ainsi de réintégrer au modèle le cas francilien, ce qui améliore la performance globale du modèle.

4.4.5 Du fait d'activités de loisirs plus proches du domicile, les attractions de loisirs sont également bien déterminées par la population de la région de destination



Graphique 52 - Attractions régionales de loisirs (en millions de voyages) en fonction de la population (en millions d'habitants)
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Compte tenu de la plus grande proximité des voyages de loisirs en comparaison des autres motifs, on trouve logiquement une relation plus forte, toujours hors Ile-de-France, entre la population de la région de destination, qui est aussi souvent la région d'origine, et les "attractions" régionales, avec un coefficient de détermination de 0,8, très au-dessus de ceux qu'on avait trouvés pour les autres motifs. Peut-on expliquer, cependant, une partie de la variance résiduelle par d'autres facteurs, tels que les facteurs d'attractivité (ensoleillement, littoral, montagne) qui se sont avérés avoir un fort pouvoir explicatif pour les destinations de vacances ?

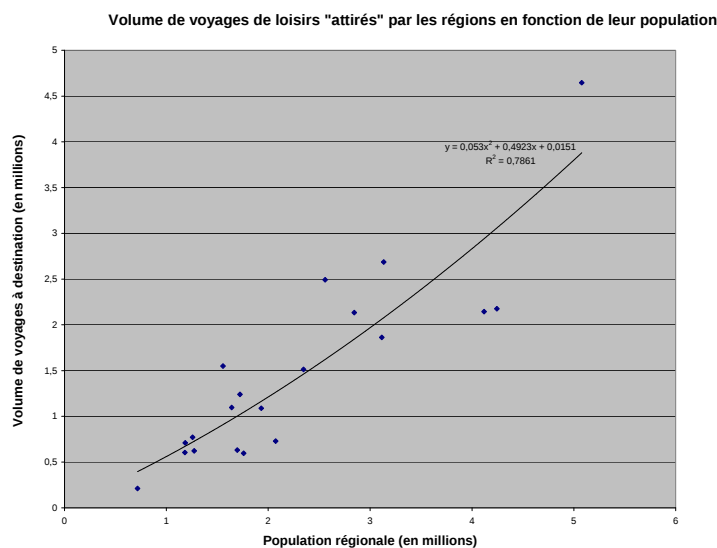
4.4.6 Les attractivités de loisirs régionales diminuent avec la densité

L'examen des régions de part et d'autre de la tendance centrale permet de mettre en évidence les résultats suivants. Les attractions situées le plus nettement au-dessus de la tendance centrale sont celles des régions Midi-Pyrénées, Aquitaine, Rhône-Alpes, Basse-Normandie. Au contraire, les régions le plus nettement en-dessous sont les régions Nord-Pas-de-Calais, PACA, Lorraine, Picardie, Alsace. Il semble donc que les facteurs d'attractivité utilisés pour les vacances (densité, climat, géographie...) jouent un rôle important pour les attractions de loisirs.

Pour voir si la prise en compte des facteurs d'attractivité permet d'améliorer la modélisation des attractions pour le motif de loisirs, on construit, comme précédemment, un modèle de la forme suivante :

$$\ln(Y) = \beta_0 + \sum \beta_i X_{icn} \quad (1),$$

Où Y représente l'attractivité observée (soit le rapport entre l'attraction observée et l'attraction théorique issue de la tendance centrale à partir de la population), β_0 un paramètre qui doit normalement être proche de 0 (puisque l'attractivité moyenne est proche de 1), X_{icn} sont les indicateurs des facteurs d'attraction (nombre de journées d'ensoleillement, linéaire côtier, densité...) centrés normalisés (c'est-à-dire qu'on divise l'écart à la moyenne par rapport à la moyenne, cette méthode permettant de ramener l'ensemble des variables sur une échelle de comparabilité allant de -1, pour les variables égales à 0, à +∞).



Graphique 53 - Attractions de loisirs en fonction de la population régionale (relation polynômiale), hors Ile-de-France
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Pour cela, on prend pour le calcul de l'attractivité théorique une fonction de régression polynômiale sur la population plutôt que linéaire, qui améliore légèrement la régression mais surtout permet d'éviter d'avoir des flux simulés négatifs pour les petites régions.

	Intercept	Ensoleillement (j/an)	Densité (hab/km²)	Surface skiable (km²)	Linéaire côtier (km)
β_i (hors Ile-de-France)	- 0,14	- 0,054	- 0,28	0,024	0,054
β_i (Ile-de-France incluse)	-0,1	0,070	- 0,15	0,018	0,048
Erreur standard (hors Ile-de-France)	0,09	0,65	0,16	0,026	0,047
Erreur standard (Ile-de-France incluse)	0,07	0,63	0,05	0,025	0,046

Tableau 3 - Régression linéaire de $\ln(Y)$ sur les facteurs d'attractivité centrés normalisés – valeurs des paramètres β_i

Hors Ile-de-France, les résultats de la régression de l'attractivité sur les facteurs d'attractivité utilisés pour les vacances, à savoir la géographie (linéaire côtier, surface skiable), le nombre de journées d'ensoleillement et la densité humaine, sont nettement moins bons que pour les vacances, avec un coefficient de régression R^2 de 0,23. De plus, certains paramètres ne sont pas fiables: pour le paramètre d'ensoleillement, l'erreur standard est très forte et le signe contre-intuitif, le paramètre n'est donc pas significatif; pour les paramètres censés représenter l'attractivité du littoral ou de la montagne, l'erreur standard est également assez forte, mais le signe demeure intuitif. Les régions de plus faible densité s'avèrent plus attractives comme destinations de loisirs, toutes choses égales par ailleurs. Le faible pouvoir explicatif du modèle s'explique sans doute en grande partie par la forte composante aléatoire de la dispersion des attractions autour de la tendance centrale en raison des erreurs d'estimation à ce niveau de désagrégation de l'échantillon, et aussi par l'utilisation de l'échelle régionale qui est sans doute trop grossière pour saisir les déterminants des attractivités de loisirs à longue distance. Si on intègre l'Ile-de-France, le pouvoir explicatif de la régression augmente, le R^2 s'élevant alors à 0,41, mais l'effet de densité se trouve réduit. Cela s'explique par le fait que les franciliens ont une mobilité de loisirs élevée en raison d'une forte proportion de ménages à hauts revenus, dont une grande partie s'effectue au sein de la région. Les autres paramètres ne sont pas changés d'une façon significative, si ce n'est le paramètre d'ensoleillement dont le signe devient intuitif mais qui reste entaché d'une très forte erreur standard, ce qui le rend non significatif. En raison de la forte proportion de déplacements de loisirs à longue distance qui s'effectuent au sein de la région d'origine, les attractivités sont vraisemblablement dépendantes du niveau de vie de la région de destination, ce que suggère le cas de l'Ile-de-France. Il peut donc être intéressant de tester

un modèle alternatif intégrant le niveau de vie de la région de destination en tant que variable explicative de l'attractivité. On supprimera par ailleurs de ce modèle la variable calculée d'ensoleillement moyen qui s'avère non significative.

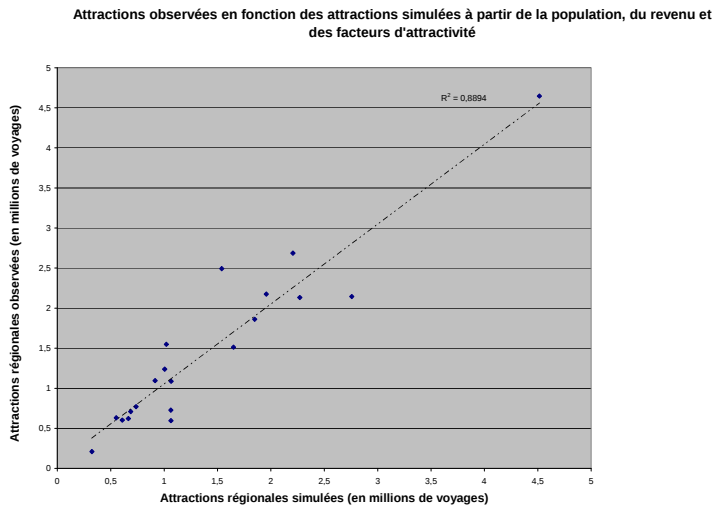
	Intercept	Revenu par unité de consommation (€ courants)	Densité (hab/km²)	Surface skiable (km²)	Linéaire côtier (km)
β_i (hors Ile-de-France)	- 0,27	- 2,48	- 0,29	0,045	0,046
β_i (Ile-de-France incluse)	-0,16	- 1,38	- 0,1	0,029	0,042
Erreur standard (hors Ile-de-France)	0,12	1,65	0,15	0,026	0,042
Erreur standard (Ile-de-France incluse)	0,09	1,53	0,074	0,025	0,044

Tableau 4 - Régression linéaire de $\ln(Y)$ sur les facteurs d'attractivité centrés normalisés – valeurs des paramètres β_i

L'ajustement aux données est amélioré par l'intégration du niveau de vie de la région de destination et l'éviction de l'ensoleillement moyen, le R^2 progressant à 0,33, hors Ile-de-France, et à 0,44, Ile-de-France incluse. L'estimation de l'effet de la densité n'est pas sensiblement modifiée par la prise en compte du revenu et l'éviction de l'effet d'ensoleillement, et semble donc relativement fiable. De façon contre-intuitive, toutes choses égales par ailleurs, le niveau de vie de la région de destination exerce une influence négative sur l'attractivité. Les effets de densité et de revenu sont cependant moins forts lorsqu'on intègre l'Ile-de-France, qui présente une forte mobilité de loisirs à longue distance intra-régionale en dépit d'une très forte densité et de revenus largement supérieurs à la moyenne nationale.

D'autres facteurs, non pris en compte ici, contribuent sans doute à expliquer l'intensité de la mobilité de loisirs, en particulier la structure par âge et composition familiale de la population. Sous réserve d'approfondissements plus substantiels, on peut supposer par exemple que la fréquence des déplacements de loisirs dépend à la fois des ressources individuelles en argent et en temps disponible: la proportion élevée de jeunes actifs des catégories socioprofessionnelles supérieures, encore célibataires ou vivant en couple sans enfants, ainsi que de retraités aisés en Ile-de-France, jouerait dans le sens d'une forte mobilité de loisirs, dans la mesure où ce groupe de population jouit de ressources financières importantes sans encore subir une trop forte contrainte professionnelle et familiale, venant généralement limiter le temps disponible en milieu de cycle de vie. A l'inverse, l'effet négatif du revenu sur les attractivités de loisirs pourrait en fait refléter l'effet de l'activité professionnelle et de la position dans le cycle de vie sur les émissivités de loisirs, les actifs, et en particulier les actifs vivant dans des couples avec de jeunes enfants, ayant moins de temps disponible pour leurs loisirs que les inactifs. Pour obtenir un estimateur non biaisé de l'effet de revenu, il pourrait être utile de tester l'influence de variables socio-démographiques telles que la structure par âge et composition familiale de la région.

D'une manière générale, à cette échelle d'observation et avec un maillage aussi large, les facteurs d'attractivité "naturels" n'ont en revanche qu'un faible pouvoir explicatif sur les attractivités de loisirs, à l'exception de la variable de densité humaine exprimée en hab/km², qui permet d'atteindre à elle seule un R^2 à 0,35.



Graphique 54 - Attractions observées et attractions simulées à partir de la population, du revenu et des facteurs d'attractivité
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

En utilisant la relation (1) pour simuler les attractivités régionales avec les valeurs estimées des paramètres de la régression, on peut améliorer assez sensiblement la prévision des attractions avec un coefficient de détermination de la relation entre attractions régionales observées et attractions régionales simulées qui progresse à $R^2 = 0,87$, contre 0,7 pour une régression sur la population seule. L'utilisation de ces facteurs permet en particulier de mieux représenter la situation francilienne qui n'a plus besoin d'être exclue du modèle, étant donné l'influence négative exercée par la densité sur l'attractivité pour les déplacements de vacances et de loisirs. Mais même en excluant l'Ile-de-France, le coefficient de régression progresse encore de 0,78 à 0,84 en intégrant le revenu, la densité et les facteurs d'attractivité, ce qui montre qu'elle permet aussi de représenter une partie de la variance des attractivités dans les autres régions. Ces facteurs rendent cependant encore assez mal compte des attractions dans certaines régions, en particulier PACA, dont l'attraction est assez inférieure à ce que prévoit la simulation, et aussi à l'inverse Midi-Pyrénées, l'Aquitaine et la Basse-Normandie, dont les attractions restent supérieures aux prévisions. L'introduction d'autres variables non prises en compte (structure par âge, proximité de l'Ile-de-France...) pourrait peut-être contribuer à améliorer le modèle en aidant à résoudre les problèmes d'endogénéité qui font que les estimations des valeurs de certains paramètres sont biaisées, voire contre-intuitives. Néanmoins, il se peut aussi que les pondérations entraînent des erreurs dans l'estimation de certaines attractions, et que le terme d'erreur masque les effets significatifs potentiels.

4.5 Conclusion générale sur les déterminants des émissions, attractions et flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance

En résumé, l'analyse précédente a permis de mettre en évidence quelques-uns des principaux déterminants des émissions et attractions, ainsi que des flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance. En premier lieu, l'analyse des origines et destinations des voyages à longue distance permet de faire ressortir les différences de mobilité et d'attractivité régionales. Bien entendu, lorsqu'on considère l'ensemble des voyages à longue distance sans distinction de motifs, les émissions régionales sont en moyenne proportionnelles à la population. Le coefficient de détermination très élevé de cette relation montre que la population régionale est de loin le premier facteur explicatif des émissions régionales. En dehors de cet effet de taille, la dispersion autour de cette tendance centrale permet de mettre en relief les différences de mobilité régionale. De façon moins intuitive, les attractions régionales sont également corrélées à la population régionale. Néanmoins, le coefficient de détermination de cette relation est nettement plus faible en raison de fortes différences d'attractivités entre régions, en particulier entre le Nord-Est et le Sud-Ouest de la France, reflétant les avantages naturels du climat (ensoleillement) ou de la géographie (littoral, montagne...), mais aussi des facteurs anthropiques tels que la densité humaine qui est un facteur de faible attractivité.

Ces différences d'attractivité se reflètent dans la proportion des voyages intra-régionaux, qui dépendent également des dimensions régionales. Or, il se trouve que ces deux dimensions ne sont pas indépendantes mais corrélées puisque les régions de grandes dimensions sont aussi des régions touristiquement attractives, et les régions de petites dimensions souvent des régions peu attractives sur le plan des avantages naturels ou anthropiques. D'une manière générale, les flux de voyageurs diminuent avec l'éloignement. C'est pourquoi la majorité des voyages à longue distance sont soit intra-régionaux, soit à destination d'une région limitrophe, et diminuent très vite au-delà de 400 km. Certaines régions présentent

néanmoins un tropisme particulier vers l’Île-de-France, en raison de sa position centrale dans l’économie et l’organisation des flux sur le territoire national. C’est en particulier le cas de la région Rhône-Alpes, ce qui peut s’expliquer en partie par les caractéristiques de l’offre de transport avec en particulier la desserte par la grande vitesse ferroviaire qui permet de relier Lyon et Paris en seulement deux heures. Une formulation de type « puissance » reproduit assez bien la forme de la loi de décroissance des flux de voyageurs à longue distance avec l’éloignement, qui se prête à une modélisation de type « gravitaire ». Il est néanmoins nécessaire, au moins dans un premier temps, de caler des lois différentes par région d’origine dans la mesure où la vitesse de décroissance des flux avec l’éloignement est variable d’une région à l’autre, semblant indiquer l’existence de comportements plus « sédentaires » ou plus « nomades » selon les régions. Ces différences de comportements s’expliquent en fait par l’attractivité variable des régions : dans les régions les plus attractives, le taux de voyages intra-régionaux est plus élevé. Par ailleurs, du fait de la taille des aires d’extension géographique des avantages naturels concourant à l’attractivité territoriale, les régions attractives sont aussi fréquemment entourées elles-mêmes de régions attractives, ce qui tend à produire un effet de « grappe » accentuant la décroissance des flux avec l’éloignement. À l’inverse, dans les régions peu attractives sur le plan des avantages naturels ou anthropiques, les régions attractives sont souvent éloignées, ce qui tend à atténuer l’effet d’éloignement. Dans un cas donc, effet d’attractivité et éloignement se renforcent, tandis que dans l’autre ils se compensent. Mais par ailleurs, l’effet d’attractivité de certaines régions est aussi renforcé par leur poids démographique élevé. Les effets de taille régionale et de densité humaine, sensibles, ne sont pas analysés en détail ici mais devront être approfondis dans le cadre de l’élaboration d’un modèle affiné des flux inter-régionaux de voyageurs allant au-delà de cette première analyse.

Néanmoins, les déterminants des flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance, ainsi que leur importance relative, divergent selon les motifs. On a donc distingué dans l’analyse les quatre principaux motifs des voyages à longue distance : les vacances et les voyages à destination d’une résidence secondaire, les activités de loisirs, les visites à la famille et aux amis, les déplacements pour affaires professionnelles.

Plus d’un quart des voyages de vacances ou à destination d’une résidence secondaire sont effectués par les franciliens. La forte proportion de détenteurs de résidences secondaires vivant en Île-de-France s’explique sans doute en partie par le niveau des prix immobiliers amenant une partie des franciliens à privilégier des acquisitions immobilières en province plutôt qu’en Île-de-France. La concentration des hauts revenus en Île-de-France favorise quant à elle des voyages à longue distance plus fréquents chez les franciliens que chez les provinciaux. Les destinations de vacances permettent de mettre en évidence les régions françaises attractives pour ce motif : PACA, Rhône-Alpes, le Languedoc-Roussillon, l’Aquitaine, la Bretagne. La population régionale, d’une part, les ressources financières de ses habitants, d’autre part, elles-mêmes corrélées à la population régionale du fait de la tendance des hauts revenus à être concentrés dans les régions les plus peuplées qui sont aussi les plus urbaines, expliquent très bien le volume des émissions de voyages à longue distance pour les vacances. En revanche, la population n’est pas un très bon prédicteur des attractions régionales, en raison des fortes différences d’attractivité des régions pour les vacances. Du côté des régions les plus attractives pour ce motif, on trouve Rhône-Alpes, PACA, le Languedoc-Roussillon, l’Aquitaine, la Bretagne, Poitou-Charentes. L’analyse des destinations de vacances montre en particulier l’attrait du littoral et de la montagne. Du côté des régions peu attractives, l’Île-de-France, le Nord-Pas-de-Calais, la Lorraine, l’Alsace et la Picardie. Dans la suite, on a cherché à modéliser l’attractivité régionale à partir des avantages naturels et anthropiques respectifs des différentes régions. Dans notre analyse, nous avons retenu quatre paramètres pour caractériser l’attractivité régionale : le nombre moyen de journées d’ensoleillement, le linéaire côtier, la surface des domaines skiables et la densité humaine. Cette démarche permet dans une large mesure de reconstituer les attractivités observables à partir de paramètres exogènes, et par voie de conséquence de reconstituer bien mieux les attractions qu’en se basant sur la seule population de la région de destination. Pour les vacances, la distance s’avère un facteur explicatif des flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance moins déterminant que dans le cas général, du fait de voyages plus éloignés que pour les autres motifs. Le besoin de dépaysement permet d’expliquer en partie cette déconnexion, ainsi que la durée des séjours qui justifie davantage des voyages éloignés dans le cas de séjours de vacances, mais aussi la dissociation partielle entre les zones touristiquement attractives et les zones de peuplement.

Aussi bien les émissions que les attractions régionales liées aux visites à la famille et aux amis sont dans une large mesure proportionnelles à la population, et cela bien davantage que pour les vacances. À l’exception de l’Île-de-France qui est plus souvent l’origine que la destination des visites, les flux sont relativement symétriques, et s’effectuent soit au sein de la région, soit à destination d’une région limitrophe. Pour ce motif, contrairement à ce qu’on observait pour les vacances, le revenu ne constitue pas un facteur déterminant des émissions régionales. Les attractivités régionales liées à leurs avantages naturels expliquent en partie la variabilité des attractions régionales, et en particulier la densité humaine qui pénalise l’attractivité des régions pour ce motif.

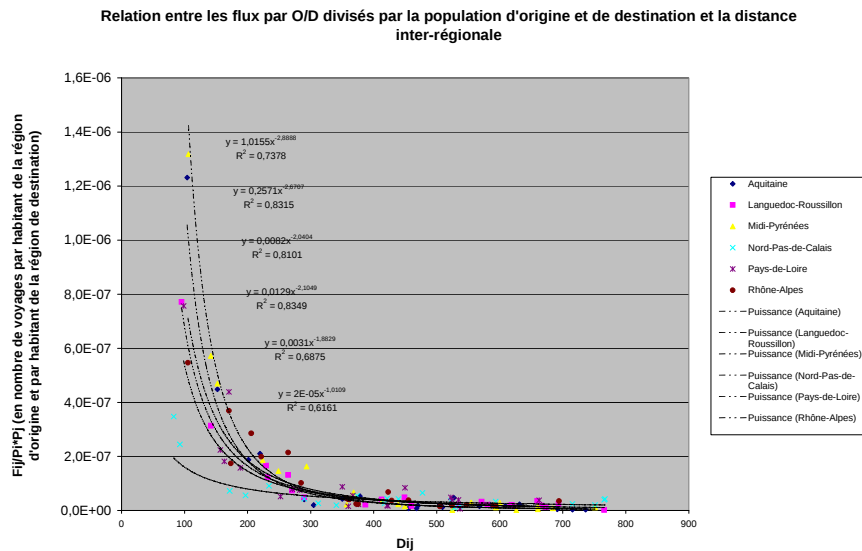
Les activités de loisirs sont généralement plus proches du domicile et du bassin de vie local. Cela se traduit par un taux de voyages intra-régionaux plus important que pour les autres motifs. Les émissions comme les attractions de loisirs sont bien déterminées par la population régionale. Comme pour les vacances, la fréquence des voyages pour des activités de loisirs tend à augmenter avec le revenu des habitants, la densité régionale exerçant quant à elle une influence inverse. Il en va de même pour les attractivités régionales. Comme pour les visites à la famille et aux amis, la décroissance des voyages avec l’éloignement suit une loi très régulière.

L'analyse des déterminants des voyages professionnels montre que l'intensité des voyages professionnels des habitants d'une région est liée à la fois à la population régionale, au taux d'activité de la population, et à la structure socioprofessionnelle de la population active. Plus précisément, la proportion de cadres et de professions intellectuelles supérieures au sein de la population active occupée est un facteur explicatif déterminant de la fréquence des déplacements professionnels des actifs occupés, qui est très concentrée sur les cadres, cette concentration tendant même à s'accroître au fil du temps. Néanmoins, même en prenant en considération ces deux facteurs, une part significative de la variabilité inter-régionale des émissions professionnelles demeure inexpliquée. Tout d'abord, l'Ile-de-France constitue un cas très spécifique avec une mobilité professionnelle à longue distance très faible en dépit d'un fort taux d'activité et d'une forte proportion de cadres au sein de la population active, ce qui peut s'expliquer notamment par l'orientation des flux professionnels du fait de la centralisation de l'économie. Cette variabilité, outre l'imprécision de la mesure et les confusions possibles entre les déplacements pour affaires professionnelles et les navettes quotidiennes, peut être liée à l'offre de transport existante (offre de transport ferroviaire à longue distance facilitant les liaisons inter-régionales dans la journée, extension et performance du réseau TER...), mais aussi à l'organisation territoriale du tissu économique régional et aux dimensions de la région. Les attractions professionnelles, quant à elles, dépendent en premier lieu de la population active occupée de la région de destination. Néanmoins, ce seul critère laisse un tiers de la variance inter-régionale des attractions inexpliquée. D'autres facteurs tels que la desserte en transport et la densité régionale sont susceptibles d'expliquer une partie de cette variabilité. La diminution des voyages professionnels avec l'éloignement est moins régulière que ce qu'on observe pour les déplacements pour motifs personnels, du fait d'une forte sur-représentation des déplacements de moyenne portée. La grande majorité des déplacements professionnels se situe soit au sein de la région, soit à destination d'une région limitrophe.

Le cas francilien apparaît spécifique, quel que soit le motif, du fait de voyages plus éloignés que dans les autres régions, et d'une déconnexion apparente entre les flux inter-régionaux et la distance inter-régionale. Cet effet se retrouve plus généralement pour les régions au nord de la Loire. En outre, les émissions/attractions de l'Ile-de-France sont assez spécifiques, quel que soit le motif. Certaines régions, comme Rhône-Alpes, présentent des flux relativement équilibrés : elles engendrent à la fois un fort volume de déplacements professionnels et de déplacements de vacances, en arrivées comme en départs. D'autres régions, comme PACA, la Bretagne ou le Languedoc-Roussillon, engendrent peu de déplacements professionnels mais présentent un profil essentiellement résidentiel et touristique qui en font un lieu de destination privilégié des séjours de vacances. A l'inverse, l'Ile-de-France se caractérise par le fait qu'elle est à l'origine d'une grande partie des voyages de vacances, qu'elle concentre les détenteurs de résidences secondaires, et qu'elle est, dans une moindre mesure, la destination d'une grande partie des déplacements professionnels. A l'inverse, elle est moins souvent à l'origine de flux professionnels que son poids économique et démographique ne pourrait le laisser supposer a priori, et se trouve particulièrement sous-représentée comme destination de voyages de vacances ou de visites à des parents et amis. L'importance de l'Ile-de-France comme foyer de détenteurs de résidences secondaires marque fortement d'autres régions françaises qui concentrent les résidences secondaires des franciliens (Bretagne, Languedoc-Roussillon, Bourgogne, PACA, Centre). Il semble donc à première vue qu'il pourrait être utile de spécifier d'abord un modèle pour les échanges entre régions hors Ile-de-France, puis de construire un modèle spécifique pour les flux ayant pour origine ou destination l'Ile-de-France. On verra qu'il est néanmoins possible d'intégrer le cas francilien au cas général, sur la base d'une modélisation gravitaire prenant en compte à la fois la population de la région d'origine, la population de la région de destination et la distance inter-régionale, ainsi que certains facteurs régionaux spécifiques, en particulier l'effet de densité qui est particulièrement élevée en Ile-de-France.

5. Impact de l'offre de transport et amorce de modélisation

5.1 Esquisse d'un modèle de forme gravitaire des flux inter-régionaux par région d'origine



Graphique 55 - Flux de voyageurs par O/D interrégionale divisés par la population de la région d'origine et la population de la région de destination (flux unitaires) en fonction de la distance inter-régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Dans ce chapitre, on se demande si les caractéristiques de l'offre de transport sont susceptibles d'exercer une influence sur les émissivités/attractivités régionales pour les flux de voyageurs à longue distance. Le facteur le plus discriminant de l'offre de transport entre les liaisons est sans doute l'existence d'une desserte ferroviaire à grande vitesse. On cherche également à élaborer un premier modèle général des flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance, sans désagréger la modélisation par motif, ce qui sera étudié dans une note ultérieure. En s'inspirant d'autres modèles de forme similaire tels que MODEV [11,12], on construit un modèle de forme "gravitaire". On commence par étudier les flux, tous motifs confondus, en se limitant aux flux issus des grandes régions (Aquitaine, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Nord-Pas-de-Calais, Pays-de-la-Loire, PACA, Rhône-Alpes), de manière à éviter d'avoir des flux de valeur nulle issus de l'échantillon.

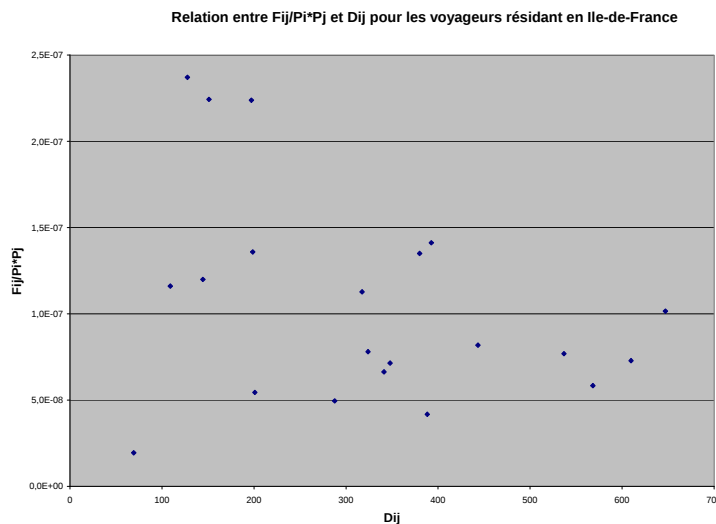
Etant donné que les émissions sont dans l'ensemble proportionnelles à la population de la région d'origine, les attractions proportionnelles à la région de destination, et qu'on a par ailleurs constaté que les flux par O/D décroissaient avec la distance selon une fonction de type "puissance", on postule qu'il existe une relation simple de type :

$F_{ij} = K P_i P_j D_{ij}^{\alpha}$, (2) où K et $\alpha < 0$ sont des paramètres à déterminer.

On représente donc $F_{ij}/P_i P_j$, que l'on nommera "flux unitaires", en fonction de D_{ij} , pour les régions d'origine indiquées ci-dessus.

Pour la plupart des régions, une régression selon une loi de type "puissance" en fonction de la distance s'accorde en effet très bien avec les observations, avec néanmoins des estimations des valeurs de paramètres différentes selon les régions qui semblent liées notamment à leur attractivité relative, ainsi qu'un coefficient de détermination variable. Ainsi, c'est pour les régions du Midi (Aquitaine, Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, Rhône-Alpes) que cette relation semble s'accorder le mieux avec les observations, avec un R^2 variant entre 0,7 et 0,85. La régression est en revanche un peu moins bonne pour les régions au nord de la Loire, Pays-de-la-Loire et Nord-Pas-de-Calais, avec un R^2 entre 0,6 et 0,7. On observe que la valeur estimée du coefficient α est souvent assez proche de - 2 (pour les 6 régions représentées, c'est le cas des régions Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon, Rhône-Alpes, Pays-de-la-Loire). Ce résultat correspond à la représentation intuitive d'une loi gravitaire "naturelle" dans laquelle l'intensité des flux décroît avec le carré de la distance. Dans le cas de l'Aquitaine, la décroissance est plus rapide, avec un paramètre de - 2,7. Dans le cas du Nord-Pas-de-Calais, α est proche de - 1. Enfin, les valeurs de coefficients K varient dans des proportions assez importantes, étant assez sensibles aux valeurs estimées des paramètres α . Les valeurs estimées du couple (K, α) reflètent à la fois les différences de mobilité à longue

distance des habitants d'une région, dues à différents facteurs (population active, revenus, structure socio-professionnelle...) et les différences d'attractivité régionale qui entraînent une proportion plus ou moins élevée de voyages intra-régionaux et une amplification ou au contraire une atténuation de la loi de décroissance des flux inter-régionaux avec la distance inter-régionale.



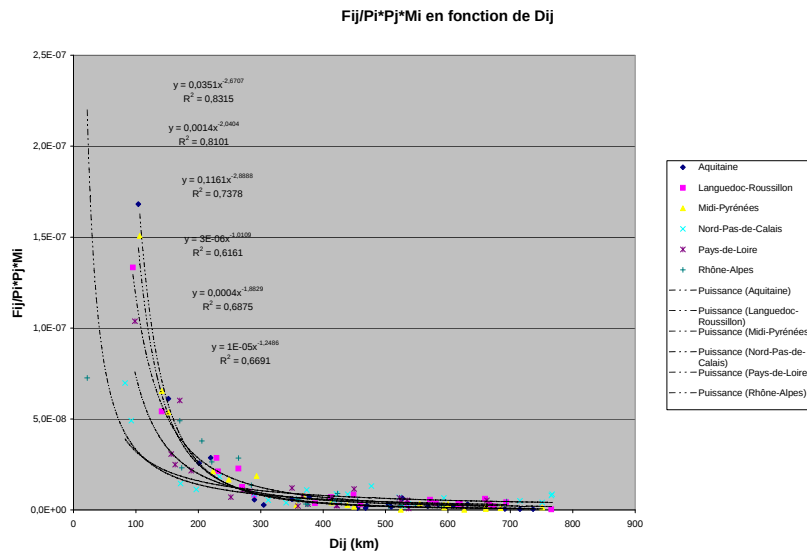
Graphique 56 - Flux unitaires ($F_{ij}/P_i P_j$) de l'Ile-de-France vers les régions en fonction de la distance inter-régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

C'est pour l'Ile-de-France qu'on observe la relation la plus faible entre l'intensité des flux unitaires et la distance inter-régionale, avec une forte hétéroscédasticité (variance forte pour les régions proches et plus faible pour les régions lointaines). Pour les différentes tranches de distance, les régions normandes, le Centre, la Bretagne, le Poitou-Charentes, PACA sont apparemment les plus attractives pour les franciliens. A l'inverse, les moins attractives pour les franciliens sont l'Ile-de-France elle-même, le Nord-Pas-de-Calais, la Lorraine, l'Alsace, Midi-Pyrénées. Outre les facteurs d'attractivité "naturels" (ensoleillement, littoral...), on peut aussi penser que les facilités d'accès jouent un rôle dans l'attractivité régionale (la région Midi-Pyrénées en particulier est peu accessible pour les franciliens avec par exemple 6 heures de TGV pour atteindre Toulouse).

5.2 Les valeurs des paramètres des lois régionales s'expliquent en partie par les différences de mobilité et d'attractivité

Peut-on prendre en compte les facteurs influant sur la mobilité (revenu, taux d'activité et structure socio-professionnelle) et les différences d'attractivité de la région d'origine, ainsi que d'attractivité des régions de destination, dans la modélisation des flux inter-régionaux de voyageurs ? En ce qui concerne les facteurs d'attractivité, il semble que la valeur absolue de α et la valeur de K soient d'autant plus élevées que la région est attractive et que les régions qui l'entourent sont attractives. En effet, plus une région est attractive, plus elle aura tendance à capter, toutes choses égales par ailleurs, une part importante des voyages qu'elle émet. De la même manière, plus une région est entourée par des régions attractives, plus ces régions auront tendance à attirer les flux émis par la région d'origine, toutes choses égales par ailleurs. Inversement, moins une région est attractive, moins elle aura tendance à capter une part importante des flux qu'elle émet. De la même manière, si elle est entourée de régions peu attractives, ces régions auront tendance à ne capter qu'une faible part des voyages émis par la région d'origine. Il en résultera dans un cas une amplification de la loi générale de décroissance des flux inter-régionaux avec la distance, dans l'autre cas une atténuation de cette loi. Or, attractivité et proximité de régions attractives sont liées du fait de la distribution géographique des facteurs naturels d'attractivité : connexité des régions caractérisées par la présence d'ensoleillement, du littoral ou de la haute montagne.

Mais quelle est la forme de cette loi générale ? On peut tout d'abord ramener les flux F_{ij} issus des différentes régions d'origine sur une base commune en neutralisant les différences de mobilité à longue distance des habitants des différentes régions, de manière à étudier les facteurs d'attractivité. Pour cela, on calcule $F_{ij}/P_i P_j M_i$, que l'on appellera "flux unitaires standard", où M_i est la mobilité à longue distance des habitants de la région d'origine, puis on représente les "flux unitaires standard" en fonction de D_{ij} .



Graphique 57 - Flux unitaires standard en fonction de la distance inter-régionale, par région d'origine
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

En neutralisant ainsi les différences d'émissivité entre régions, on obtient une image différente dans laquelle les courbes des régions méridionales (Aquitaine, Midi-Pyrénées, Languedoc-Roussillon) se rapprochent beaucoup, et où la région Rhône-Alpes devient très proche de la région Nord-Pas-de-Calais pour ce qui est de la forme générale de la loi de décroissance avec la distance qui représente ici le flux entre la région d'origine et la région de destination, rapporté aux émissions totales de la région d'origine et à la population de la région de destination. La région Pays-de-la-Loire se situe dans une position intermédiaire. Les positions respectives des différentes courbes de tendance reflètent en partie la part des déplacements intra-régionaux ou à destination des régions proches dont on peut penser qu'elle augmente avec l'attractivité de la région d'origine et des régions limitrophes. Elles peuvent refléter aussi en partie les niveaux de revenus des différentes régions ou l'importance relative des déplacements professionnels qui peuvent être à l'origine de voyages à plus longue distance.

Réécrivons la formule (2) en tenant compte de l'attractivité variable des différentes régions. Les flux F_{ij} sont globalement proportionnels aux émissions E_i de la région d'origine, puisque $\sum_j F_{ij} = E_i$, par ailleurs la part des émissions E_i captée par la région de destination j est proportionnelle à la population de la région de destination, décroît selon une loi de type "puissance" avec l'éloignement entre la région d'origine et la région de destination, et augmente avec l'attractivité de la région de destination. On peut donc écrire :

$$F_{ij} = K E_i a_j P_j D_{ij}^{\alpha} \text{ avec } \alpha < 0, \text{ et avec } E_i = P_i M_i, \text{ on a :}$$

$$F_{ij} = K a_j P_i M_i P_j D_{ij}^{\alpha}$$

$$\text{Donc } F_{ij} / P_i M_i P_j = K a_j D_{ij}^{\alpha}.$$

où a_j représente l'attractivité de la région j , définie ici comme le rapport entre le nombre de voyages « attirés » par la région j et sa population. Dans cette formulation, on voit que l'attractivité variable des différentes régions devrait tendre à déformer la loi de décroissance "canonique" des flux avec la distance dans un sens variable selon la proximité des régions attractives. Si les régions attractives sont proches de la région d'origine, et les régions moins attractives plus éloignées, et en particulier si la région d'origine est elle-même attractive, les flux vers les régions proches seront majorés et les flux vers les régions éloignées seront minorés, de sorte que la valeur absolue estimée de α s'en trouvera augmentée. A l'inverse, si les régions attractives sont éloignées de la région d'origine, et que les régions peu attractives sont proches, en particulier si la région d'origine elle-même est peu attractive, les flux vers les régions proches seront minorés et les flux vers les régions éloignées seront majorés, de sorte que la valeur absolue estimée de α s'en trouvera diminuée. Enfin, en l'absence de relation entre l'attractivité et l'éloignement (présence de régions attractives et peu attractives proches, de régions attractives et peu attractives éloignées), la valeur absolue de α sera estimée correctement. Il convient donc de tenir compte de l'attractivité variable des différentes régions de destination.

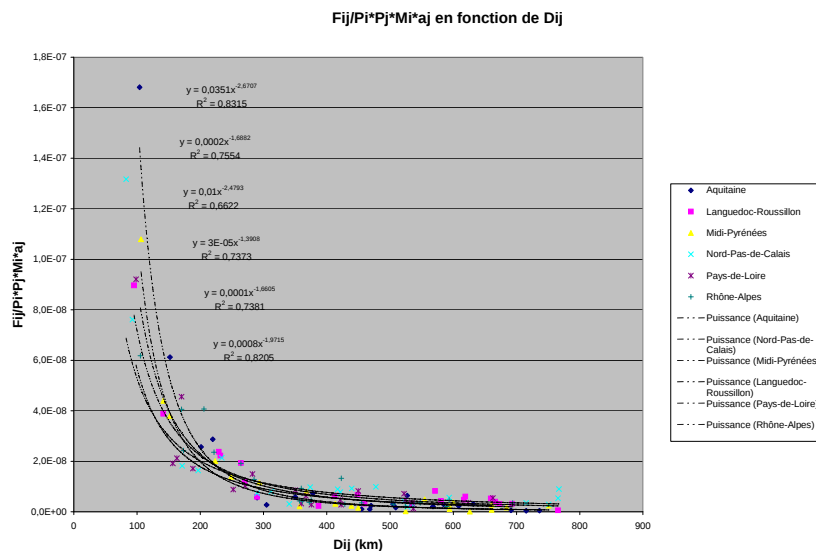
Pour cela, on représente cette fois $F_{ij} / P_i M_i P_j a_j$ en fonction de D_{ij} , où les attractivités a_j sont définies comme le rapport entre le nombre de voyages à destination de la région et le nombre de voyages qui devrait logiquement résulter de la

population régionale, compte tenu du nombre moyen de voyages par personne à destination de la France métropolitaine constaté à l'échelon national, ce qui donne la hiérarchie suivante des attractivités :

Région	Attractivité régionale
Poitou-Charentes	1,60
Languedoc-Roussillon	1,49
Aquitaine	1,41
Midi-Pyrénées	1,40
Bretagne	1,32
Centre	1,26
Auvergne	1,21
Rhône-Alpes	1,17
Basse-Normandie	1,17
Pays-de-la-Loire	1,13
Bourgogne	1,12
Corse	1,12
Limousin	1,06
Provence-Alpes-Côte d'Azur	0,96
Franche-Comté	0,93
Champagne-Ardenne	0,86
Haute-Normandie	0,80
Ile-de-France	0,69
Lorraine	0,67
Picardie	0,65
Alsace	0,60
Nord-Pas-de-Calais	0,53
Total France métropolitaine	1,00

Tableau 3 - Hiérarchie des attractivités régionales
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

On utilise ces attractivités régionales estimées d'après les attractions observées sur l'échantillon pondéré, pour estimer les valeurs des paramètres K et α .



Graphique 58 - Flux unitaires standard à attractivité constante, en fonction de la distance inter-régionale, par région d'origine
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

On observe que la prise en compte des attractivités régionales définies comme dans le tableau ci-dessus permet de rapprocher considérablement les courbes de tendance relatives aux différentes régions, et d'obtenir des résultats de régression globalement meilleurs (même si les résultats sont un peu détériorés pour les régions méridionales). En tenant compte de l'effet des attractivités, on observe que les valeurs estimées des paramètres α dans les différentes régions d'origine tendent aussi à se rapprocher: Midi-Pyrénées et Aquitaine demeurent à des valeurs élevées avec $\alpha = -2,7$ et $\alpha = -2,5$, Rhône-Alpes s'en rapproche avec $\alpha = -2$, Languedoc-Roussillon et Pays-de-la-Loire se rapprochent avec un α proche de $-1,7$, et α remonte à $-1,4$ pour le Nord-Pas-de-Calais.

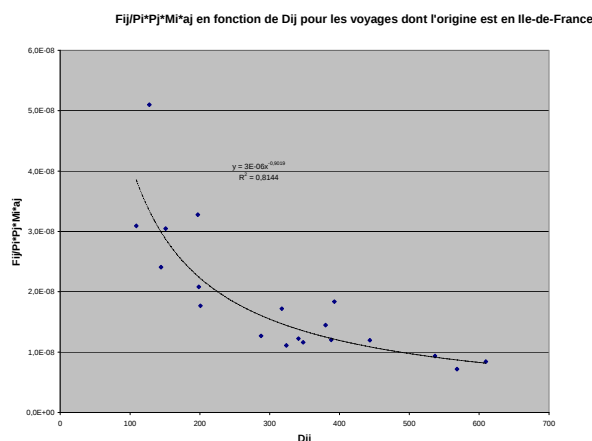
Dans cette formulation, on n'a pas cherché pour l'instant à respecter les contraintes aux marges qui seraient nécessaires à la cohérence du modèle sur le plan mathématique¹² :

$$\sum_j F_{ij} = E_i = P_i M_i \Leftrightarrow \sum_j a_j P_j D_{ij}^\alpha = 1/K$$

$$\sum_i F_{ij} = A_j = a_j P_j \Leftrightarrow \sum_i M_i P_i D_{ij}^\alpha = 1/K$$

Il faudrait de plus que $F_{ij} = a_j F_i = M_i F_j$. Notre objectif ici est en effet davantage pour le moment d'obtenir une bonne simulation des flux par O/D à partir d'un modèle « compréhensif » relativement simple fondé sur quelques facteurs explicatifs, plutôt que d'aboutir à un modèle mathématiquement cohérent. On pourra par la suite, soit envisager de modifier le modèle de manière à respecter les conditions de marge, soit continuer à utiliser deux formulations différentes selon que l'on vise à la simulation des flux par O/D, ou bien au calcul des flux émis ou attirés par une région, auquel cas on utilisera simplement les relations $E_i = P_i M_i$ et $A_j = a_j P_j$ qui reproduisent, par définition de M_i et a_j , les données d'observation.

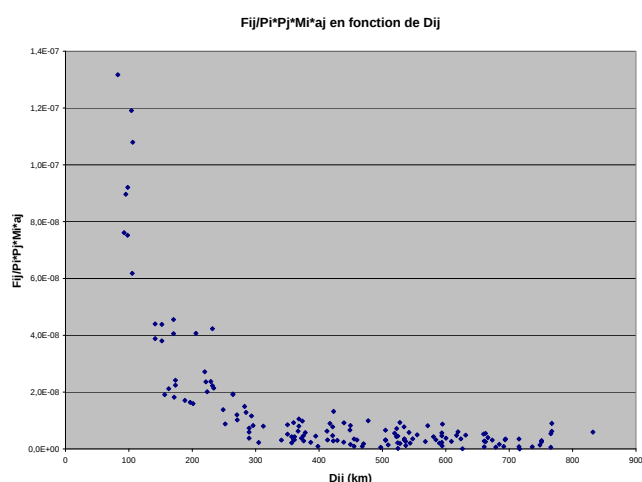
¹² Cf. thèse d'Habilitation à diriger des Recherches de Patrick BONNEL [13], « Prédiction de la demande de transport », Distribution des déplacements, p. 192-218, décembre 2001. Contrairement aux F_{ij} observés, les F_{ij} simulés ne respectent plus les contraintes aux marges. Le respect des contraintes aux marges impliquerait ici, une fois K et α estimés, de considérer M_i et a_j non plus comme des données empiriquement observées, mais comme des inconnues de deux systèmes de n équations à n inconnues. La résolution exacte de ces équations n'étant pas toujours possible (il n'existe pas toujours de solution calculable), le calage sur marges de la matrice de distribution des flux obtenue par simulation peut s'effectuer à l'aide d'algorithmes de calcul itératifs sur les lignes et les colonnes, par exemple l'algorithme de Furness ou l'algorithme de Fratar, qui convergent rapidement. Les coefficients M_i et a_j recalculés après ajustement des F_{ij} perdent cependant alors une partie de leur interprétabilité naturelle en tant que facteurs d'émissivité et d'attractivité. De plus, le forçage du modèle par le respect des contraintes aux marges n'est pas toujours possible car il dépend des données disponibles, et le modèle sans contrainte aux marges tend à être privilégié en interurbain.



Graphique 59 - Flux unitaires standard à attractivité constante, origine Ile-de-France, en fonction de la distance inter-régionale (km)
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Même si les voyages dont l'origine se situe en Ile-de-France demeurent les moins dépendants de la distance (α proche de -1), en intégrant les attractivités régionales empiriquement constatées et les populations des différentes régions de destination, on arrive à obtenir une bonne représentation des flux F_{ij} à partir d'une loi de type gravitaire, avec un R^2 de 0,82, sauf pour les flux Ile-de-France vers Ile-de-France et Ile-de-France vers PACA qui ont été exclus de la régression car ils se situent hors de la tendance générale. Ce résultat signifie qu'une grande partie de l'indépendance des flux originaires de l'Ile-de-France vis-à-vis de la distance s'explique par la distribution des attractivités, les régions les plus attractives étant aussi les plus éloignées de l'Ile-de-France, l'autre partie s'expliquant vraisemblablement par le niveau de l'offre de transport rapide qui permet de réduire considérablement les temps de parcours des franciliens vers les destinations lointaines, et du même coup de réduire l'écart avec les destinations plus proches. L'indépendance apparente des flux issus de l'Ile-de-France à l'égard de l'éloignement s'explique donc en partie par la corrélation entre éloignement et attractivité.

5.3 Un modèle unifié pour les différentes régions

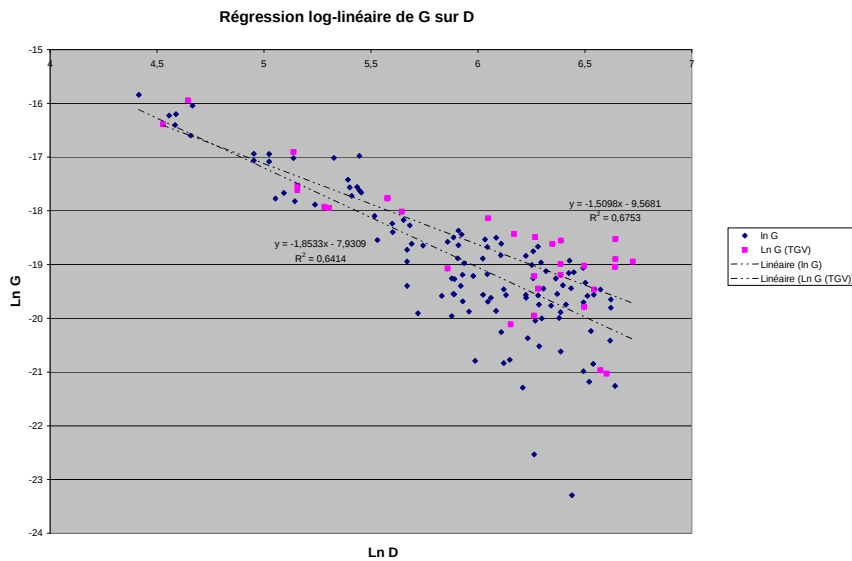


Graphique 60 - Flux unitaires standard corrigés des attractivités, toutes régions confondues
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Si on regroupe les courbes ci-dessus, à l'exception de l'Ile-de-France, en une seule, on observe effectivement que les données sont assez proches et semblent dessiner une loi générale de décroissance des flux en fonction de la distance. On peut soit définir des valeurs de (K, α) spécifiques à chaque région d'origine, soit rechercher une valeur du couple (K, α) générale qui permette de décrire la loi générale pour l'ensemble des régions d'origine, en intégrant ensuite des paramètres qui permettront d'adapter cette loi générale aux spécificités régionales.

On pose $G_{ij} = F_{ij} / P_i M_i P_j a_j$ et on suppose donc qu'il existe une loi de la forme $G = K D^\alpha$, et on cherche à déterminer les valeurs de (K, α) .

La relation $G = K D^\alpha$ peut aussi s'écrire $\ln G = \ln K + \alpha \ln D$, et on peut donc déterminer K et α par régression log-linéaire de G sur D .



Graphique 61 - Régression log-linéaire de G sur D
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

On obtient $\ln K = -7,9309$, soit $K = 3,6 \text{ E-}4$, et $\alpha = -1,8533$.

Les résultats de la régression linéaire donnent un coefficient de détermination $R^2 = 0,64$, avec une forte hétéroscédasticité, la variance des $\ln(G_{ij})$ étant plus importante pour les distances inter-régionales élevées, au-delà de 400 km. Cette variance résiduelle tient dans une large mesure aux imprécisions dans l'estimation des flux par O/D, compte tenu de la faible taille de l'échantillon. Compte tenu de la forte diminution des flux à cette distance, l'erreur d'estimation tend à devenir très importante par rapport à la valeur réelle. On peut cependant penser qu'elle reflète aussi certaines caractéristiques de l'offre de transport qui peut être à l'origine d'une demande induite supplémentaire et non seulement de report modal, ainsi que des effets de densité ou de taux d'urbanisation de la population. En effet, quels sont les facteurs pouvant entraîner de fortes variations des flux d'une O/D à l'autre, une fois neutralisés les effets démographiques, ainsi que les effets de l'émissivité de la région d'origine et de l'attractivité de la région de destination, comme c'est le cas ici, et en particulier pour les distances supérieures à 400 km ?

5.4 L'intensité des flux augmente en présence d'une offre de transport inter-régionale rapide qui génère du trafic induit...

On peut supposer que les caractéristiques de l'offre de transport exercent une influence sur l'intensité des échanges interrégionaux, toutes choses égales par ailleurs, plus précisément le temps de parcours qui est lié à la vitesse des moyens de transport desservant les différentes liaisons. L'hétérogénéité des temps de parcours peut ainsi être à l'origine d'une forte variabilité des flux interrégionaux, y compris pour une même région d'origine et une même distance inter-régionale. En facilitant les déplacements et en raccourcissant considérablement les temps de parcours entre les pôles urbains majeurs de la région d'origine et de la région de destination, l'existence d'une liaison ferroviaire à grande vitesse ou d'une liaison aérienne directes sont ainsi susceptibles d'induire des échanges supplémentaires entre régions qui n'auraient pas eu lieu en leur absence. C'est ainsi que différents travaux (références) montrent par exemple qu'une grande partie de la demande de transport ferroviaire à grande vitesse est induite par l'existence même de cette offre de transport supplémentaire.

L'existence de telles liaisons est de plus un bon discriminant des O/D car, contrairement au réseau routier, elles ne forment pas un maillage dense desservant l'ensemble du territoire et les différentes régions françaises sont très inégalement desservies. A partir de l'ENTD, on observe que les régions ayant la plus forte mobilité ferroviaire à grande vitesse et à longue distance sont dans l'ordre les régions Alsace (0,97), Ile-de-France (0,85), Rhône-Alpes (0,75), Poitou-Charentes (0,66), Bretagne (0,65), Pays-de-la-Loire (0,53), Nord-Pas-de-Calais (0,5). Si on observe les régions d'origine et de destination des voyages en TGV qui sont généralement, mais pas toujours (il manque par exemple Toulouse) les régions contenant les plus grandes agglomérations urbaines françaises, on constate ainsi que 33,8 % des voyages en train à grande vitesse sont originaires de l'Ile-de-France, 15,6 % de Rhône-Alpes, 7 % de Bretagne, 6,9 % du Nord-Pas-de-Calais, 6,3 %

des Pays-de-la-Loire, 5,8 % de PACA, 4,5 % d'Aquitaine, 3,9 % de Poitou-Charentes. A elles seules, ces huit régions sont à l'origine de 84 % des voyages à longue distance en train à grande vitesse, l'Ile-de-France en représentant à elle seule plus d'un tiers, et l'Ile-de-France et la région Rhône-Alpes près de la moitié. Pour ces régions, la part des voyages réalisés en TGV est respectivement de 16 %; 11,8 %; 10,7 %; 9,5 %; 8 %; 7,9 %; 5,6 %; 8,8 %, pour une moyenne de 8,1 % des voyages à longue distance à l'échelon national.

De la même manière, l'Ile-de-France est la destination de 35,6 % des voyages ferroviaires à grande vitesse à longue distance, Rhône-Alpes de 9,5 %, PACA de 8,3 %, la Bretagne de 5,7 %, les Pays-de-la-Loire de 5,1 %, l'Aquitaine de 4,9 %, le Nord-Pas-de-Calais de 3,9 %, le Languedoc-Roussillon de 3,6 %, Poitou-Charentes de 3,1 %. A nouveau, l'Ile-de-France et Rhône-Alpes sont à elles seules les destinations de près de la moitié des voyages en train à grande vitesse, et les neuf régions ci-dessus sont destinations de 79,7 % des voyages ferroviaires à grande vitesse à longue distance.

Or, une grande partie du trafic ferroviaire à grande vitesse étant du trafic induit [5], on peut penser que l'offre ferroviaire à grande vitesse tend à amplifier les échanges entre les grandes agglomérations urbaines desservies par le TGV et par conséquent aussi entre les régions contenant ces agglomérations. Les flux d'échanges entre les régions d'origine et de destination mentionnées ci-dessus (Rhône-Alpes, PACA, Pays-de-la-Loire, Aquitaine, Nord-Pas-de-Calais, Languedoc-Roussillon, Ile-de-France, Bretagne, Poitou-Charentes), sont-ils effectivement supérieurs à ce que prévoit la tendance centrale de la régression ? Pour les six premières régions, qui ont été représentées sur le graphique, on ne peut mettre en évidence de tendance particulière, les échanges entre ces six régions s'avérant très proches de la tendance moyenne. Ce résultat est logique car le fait que les principales métropoles de la région d'origine et/ou la région de destination soient desservies par le TGV ne signifie pas qu'il existe une liaison directe entre ces métropoles permettant de réduire les temps de parcours par rapport à une desserte routière ou une liaison ferroviaire classique: par exemple, Montpellier et Bordeaux sont chacune reliées par le TGV, mais une liaison ferroviaire à grande vitesse entre Montpellier et Bordeaux passant par Paris ne permet pas de réduire le temps de parcours par rapport à une liaison directe en train classique passant par Toulouse.

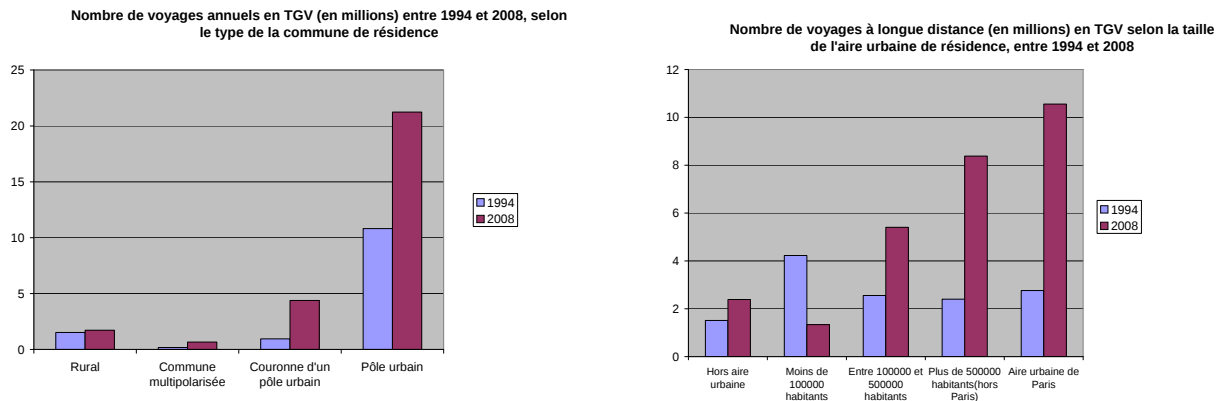
En revanche, on a représenté en rose sur le graphique 61 des O/D interrégionales pour lesquelles il existe une liaison ferroviaire directe dont une partie est parcourue à grande vitesse, permettant un gain de temps par rapport à une desserte routière ou ferroviaire classique. Le tableau suivant synthétise les principales de ces liaisons :

	Aquitaine	Bretagne	Ile-de-France	Languedoc-Roussillon	Nord-Pas-de-Calais	Pays-de-la-Loire	Provence-Alpes-Côte d'Azur	Rhône-Alpes
Aquitaine			X					
Bretagne			X					
Ile-de-France	X	X		X	X	X	X	X
Languedoc-Roussillon			X					X
Nord-Pas-de-Calais			X	X			X	X
Pays-de-la-Loire		X	X	X			X	X
Provence-Alpes-Côte d'Azur		X	X		X	X		X
Rhône-Alpes		X	X	X	X	X	X	

Tableau 4 - Principales liaisons ferroviaires à grande vitesse en 2007

On observe ainsi que l'ordre de grandeur estimé des flux d'échanges correspondant à ces dessertes inter-régionales est effectivement supérieur à la tendance définie par la régression, ce qui indique qu'il existe un effet spécifique de l'offre de transport et en particulier de l'offre ferroviaire à grande vitesse sur les flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance, toutes choses égales par ailleurs. L'existence de telles liaisons induit donc une demande de transport supplémentaire sur l'O/D correspondante.

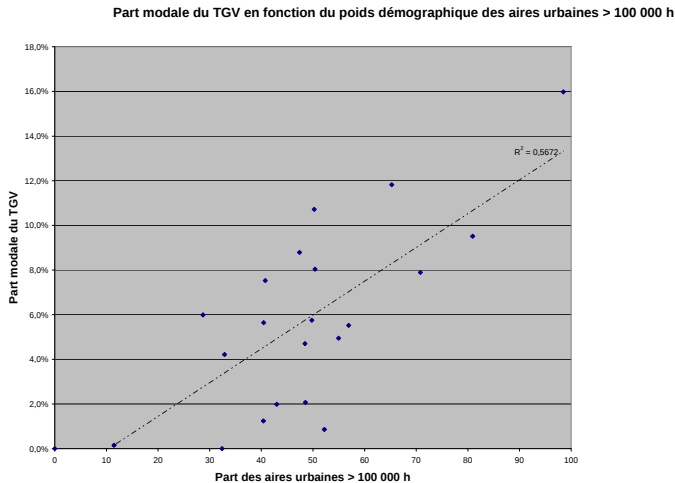
5.5 ...mais par ailleurs l'utilisation des modes rapides augmente avec le taux d'urbanisation



Graphique 62 - Volumes et croissance des flux de voyageurs TGV en fonction du type de territoire de résidence
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Mais plus précisément, on observe que les voyages à longue distance ferroviaires augmentent très fortement avec la densité urbaine. Plus des trois quarts des voyages à longue distance ferroviaires sont originaires des agglomérations et 91 % des aires urbaines, et 89 % sont à destination des agglomérations. De la même manière, 67,4 % des voyages en TGV sont originaires des très grandes aires urbaines (plus de 500 000 habitants) et 86,7 % si on intègre l'ensemble des aires urbaines de plus de 100 000 habitants. L'utilisation de la grande vitesse ferroviaire est donc un phénomène essentiellement urbain. La très forte croissance de ce mode de transport observée entre 1994 et 2008 demeure elle-même focalisée sur les grandes agglomérations dont il tend à amplifier les échanges.

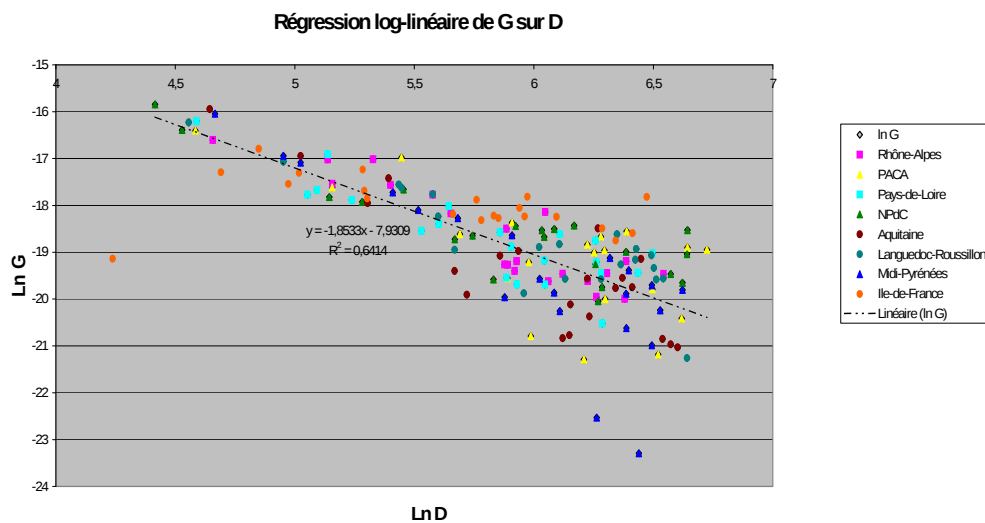
Cela signifie sans doute aussi que ce n'est pas seulement l'existence d'une desserte TGV entre régions qui exerce une influence sur l'intensité de leurs échanges en réduisant les temps de parcours, mais aussi la possibilité de réellement bénéficier de cet avantage à travers la proximité d'une grande agglomération urbaine desservie ou d'une agglomération plus petite mais directement reliée par le train à l'agglomération desservie. Cette possibilité doit aussi exercer une influence sur les déplacements à longue distance de plus courte portée réalisés en train, un fort taux d'urbanisation facilitant les échanges entre les principales agglomérations de la région et/ou des régions limitrophes. A cet égard, le taux d'urbanisation de la région d'origine, et en particulier la proportion de la population vivant dans les aires urbaines de plus de 100 000 habitants, doit exercer une influence sur le degré d'utilisation du TGV, mais aussi le taux d'urbanisation de la région de destination, dans la mesure où il facilite également les déplacements terminaux. Ce résultat souligne l'intérêt d'analyses intra-régionales ou selon d'autres critères géographiques (par exemple typologies territoriales selon la taille de l'agglomération de résidence ou la localisation de la résidence au sein de l'aire urbaine), permettant de faire ressortir certains déterminants géographiques essentiels des flux de voyageurs à longue distance, en particulier l'effet de densité.



Graphique 63 - Part modale du TGV par régions, en fonction du taux de population urbaine (aires urbaines de plus de 100 000 habitants)

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

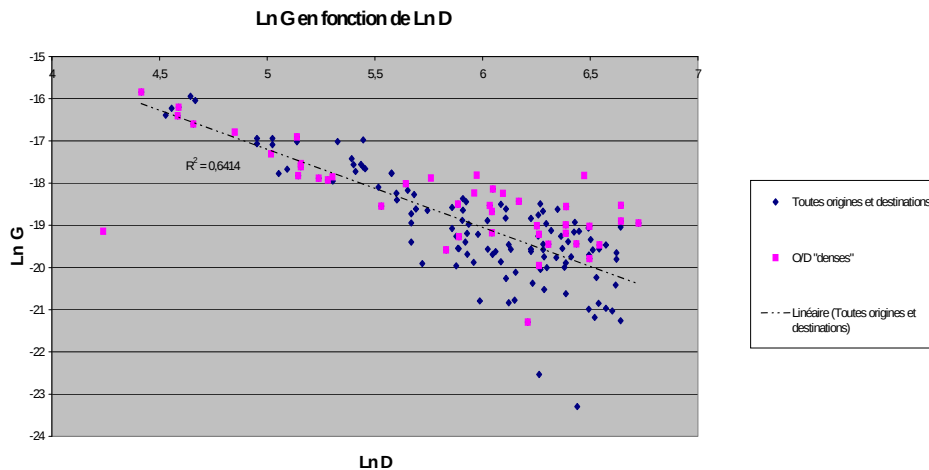
Or, à l'échelle régionale, on montre en effet que l'utilisation du TGV pour les différents O/D est reliée, outre l'existence d'une liaison TGV, au taux d'urbanisation (que l'on peut calculer par exemple à partir de la proportion d'habitants des aires urbaines de plus de 100 000 habitants). On observe en premier lieu que la part modale du TGV tend à augmenter linéairement avec le poids démographique des grandes aires urbaines au sein de la région. Les régions où la part de la population résidant dans les aires urbaines de plus de 100 000 habitants est supérieure à 50 %, à savoir l'Alsace, la Bretagne, le Centre, la Haute-Normandie, l'Ile-de-France, le Nord-Pas-de-Calais, les Pays-de-la-Loire, PACA, Rhône-Alpes, coïncident ainsi en grande partie avec celles où la part du TGV est importante. Au sein des régions où la part du TGV est importante, seuls Poitou-Charentes et l'Aquitaine se caractérisent par un faible taux d'urbanisation.



Graphique 64 - Régression log-linéaire de G sur D, avec identification des origines

Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

En isolant à nouveau les séries relatives aux différentes régions d'origine (auxquelles on a rajouté l'Ile-de-France en série de données supplémentaires, bien que l'Ile-de-France n'ait pas participé à la régression) et en observant leur position par rapport à la régression, on observe bien en effet une relation entre le taux d'urbanisation régional (défini comme précédemment) et le résidu de la régression. Les $\ln(G)$ sont plutôt au-dessus de la droite de régression pour les régions avec un fort taux d'urbanisation (Ile-de-France, PACA, Nord-Pas-de-Calais), les régions moins urbanisées (Aquitaine, Midi-Pyrénées) sont plutôt situées en-dessous de la droite de régression.

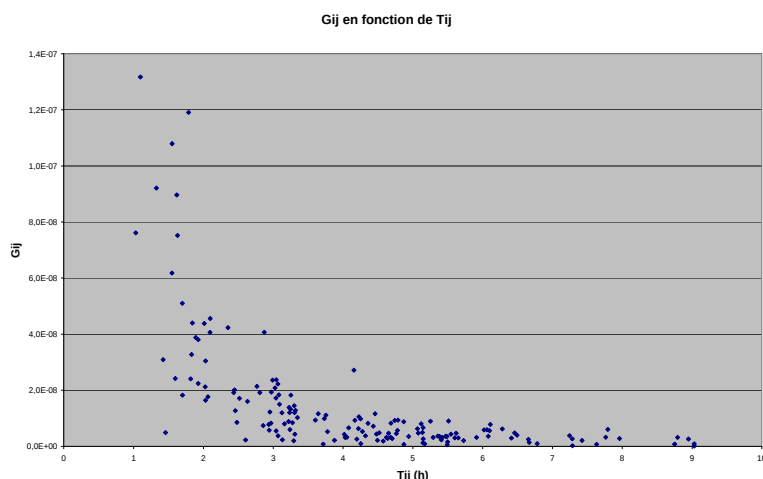


Graphique 65 - Régression log-linéaire de G sur D, O/D "denses"
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Si on ne considère, toujours au sein du sous-groupe de régions d'origine ci-dessus, que les liaisons entre les régions les plus urbanisées (plus de 50 % de la population vivant dans les aires urbaines de plus de 100 000 habitants), soit des régions Ile-de-France, Rhône-Alpes, PACA, Nord-Pas-de-Calais, et Pays-de-la-Loire, vers les régions Alsace, Bretagne, Centre, Haute-Normandie, Ile-de-France, Nord-Pas-de-Calais, Pays-de-la-Loire, PACA et Rhône-Alpes, la tendance est encore plus marquée, un fort taux d'urbanisation de la région d'origine et de la région de destination favorisant des échanges plus importants que ce que laisserait à première vue supposer l'éloignement entre les régions. On voit donc qu'effectivement, aussi bien une forte urbanisation de la région d'origine et de destination que l'existence de liaisons ferroviaires à grande vitesse tendent à être un facteur d'augmentation des échanges constatés sur l'O/D interrégionale. Il est vraisemblable que l'existence de liaisons aériennes joue un rôle similaire, avec une part importante de trafic induit sur l'O/D liée à l'existence d'une offre de transport supplémentaire, qui a pour effet de renforcer la part du mode aérien et de réduire le temps de parcours sur l'O/D.

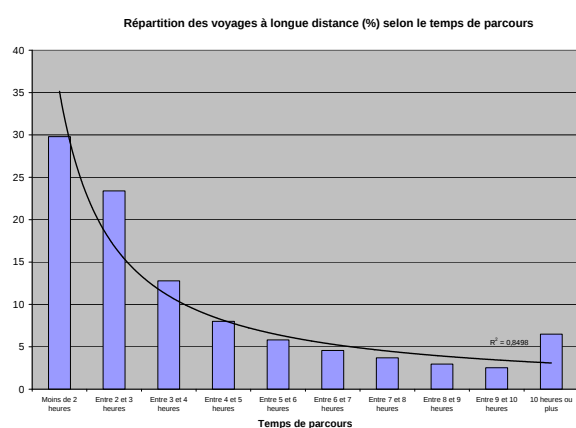
5.6 La prise en compte de la variabilité des temps de parcours inter-régionaux liée à la part des modes rapides améliore les résultats du modèle

En vue de modéliser cet effet sans tenir compte pour l'instant des caractéristiques de l'offre de transport, qui impliquerait une parfaite connaissance des liaisons et l'utilisation d'un logiciel de modélisation d'accessibilité multimodale avec des hypothèses sur la distribution spatiale des populations régionales, on peut de manière empirique considérer que la vitesse moyenne de déplacement sur l'O/D est un bon indicateur à la fois de la part des modes rapides (train à grande vitesse, avion) et des gains d'accessibilité qu'ils induisent. Si nos hypothèses sont justes, des gains de temps de parcours devraient logiquement se traduire par une augmentation des flux sur l'O/D considérée, toutes choses égales par ailleurs. Une estimation de la vitesse moyenne des déplacements interrégionaux par O/D peut être obtenue à partir des distances déclarées et des temps de parcours déclarés pour le déplacement aller du voyage, en divisant la distance cumulée des déplacements constituant les voyages inter-régionaux par leur durée cumulée. Pour une même distance de déplacement, un temps de parcours réduit induit-il une augmentation de la demande de transport ?



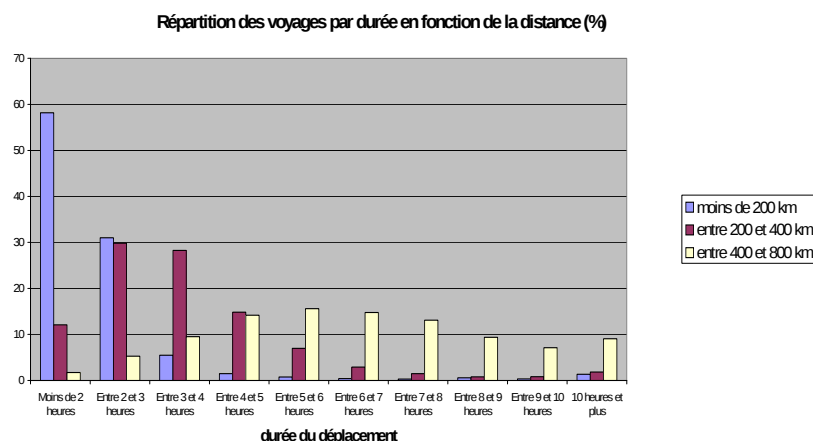
Graphique 66 - Flux unitaires standard corrigés des attractivités en fonction des temps de parcours (en heures)
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Tout d'abord, on peut observer que la relation entre les densités de flux corrigées des émissivités et attractivités régionales G_{ij} et les temps de parcours moyens inter-régionaux, tels qu'ils sont observés empiriquement dans l'ENTD (et donc sujets à d'importantes imprécisions de mesure en particulier pour les flux entre régions éloignées qui sont de plus faible amplitude), est de même forme que la relation entre les flux et la distance, mais elle est plus faiblement déterminée, une régression log-linéaire de G sur T ne permettant d'obtenir qu'un R^2 de 0,5 contre un R^2 de 0,64 pour une régression sur les distances inter-régionales.



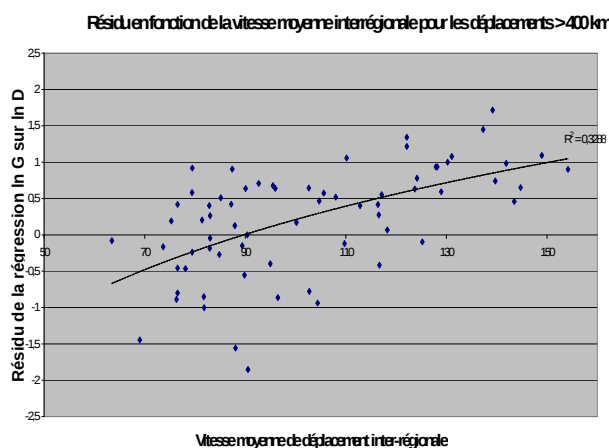
Graphique 67 - Répartition des voyages à longue distance selon le temps de parcours
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

On observe de fait que la distribution des voyages à longue distance selon le temps de parcours est bien décrite par une loi de type "puissance", avec un R^2 de 0,85. Cela est naturel dans la mesure où le temps de parcours et la distance sont fortement corrélés, l'influence du choix de mode sur la vitesse moyenne des déplacements n'entrant en ligne de compte que pour environ un quart des voyages (les trois quarts étant réalisés en voiture).



Graphique 68 - Répartition des voyages à longue distance par durée en fonction de l'éloignement
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Néanmoins, la corrélation entre distance et durée n'est pas aussi nette selon l'éloignement. Cette corrélation est très forte pour les voyages peu éloignés, moins forte pour les distances intermédiaires, et nettement plus faible pour les voyages les plus éloignés, au-delà de 400 km, pour lesquels on observe une forte variabilité des temps de parcours déclarés qui se distribuent selon une gaussienne. Or, c'est aussi pour ces voyages que l'on observe la plus forte variabilité des G_{ij} ou densités de flux corrigées des émissivités et attractivités régionales, variabilité qui reflète sans doute en partie la plus forte incertitude de la personne enquêtée sur son temps de parcours pour les voyages éloignés, mais aussi la diversité de l'offre de transport avec un partage modal qui se rééquilibre au profit des modes rapides (train à grande vitesse, avion...) pour les déplacements les plus longs [2]. La tranche d'éloignement entre 400 et 800 km correspond au domaine de pertinence par excellence du train à grande vitesse qui y a connu sa plus forte progression entre 1994 et 2008. Ainsi, l'avion est utilisé pour 4,6 % des déplacements à plus de 400 km, contre seulement 0,3 % des déplacements à moins de 200 km. Mais surtout, le train à grande vitesse est utilisé pour 16,3 % des déplacements entre 400 et 800 km, contre seulement 1,3 % des déplacements à moins de 200 km. Au total, les modes rapides représentent plus de 20 % des voyages entre 400 et 800 km. A l'échelle d'une O/D inter-régionale, la part des modes rapides peut être beaucoup plus importante, et la part variable des modes rapides selon les O/D induire une forte variabilité des temps de parcours moyens pour les O/D éloignées de plus de 400 km, qui est elle-même susceptible d'expliquer la partie non-aléatoire de la dispersion des $\ln(G_{ij})$ pour les O/D éloignées de plus de 400 km.



Graphique 69 - Résidu de la régression de $\ln G$ sur $\ln D$ en fonction de la "vitesse moyenne inter-régionale" (km/h) pour les déplacements de plus de 400 km
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

On définit ensuite une "vitesse moyenne inter-régionale" par O/D comme la vitesse moyenne constatée pour les voyages inter-régionaux. Tout comme G , cette vitesse est une mesure empirique qui est pour une large part aléatoire à l'échelle de l'O/D, du fait du faible nombre de voyages effectués. De fait, on n'observe pas de corrélation entre le résidu de la régression log-linéaire de G sur D et la "vitesse moyenne inter-régionale" pour les déplacements de moins de 400 km. En revanche, pour les déplacements de plus de 400 km, on a bien une corrélation positive montrée par le graphique ci-dessus, à condition toutefois d'exclure quelques O/D "influentes" situées en-dehors de la tendance centrale qui perturbent les résultats de la

régression. Il semble donc bien que, pour les déplacements les plus éloignés, une réduction des temps de parcours permise par des vitesses accrues favorise une augmentation des échanges inter-régionaux en réduisant le coût généralisé de déplacement.

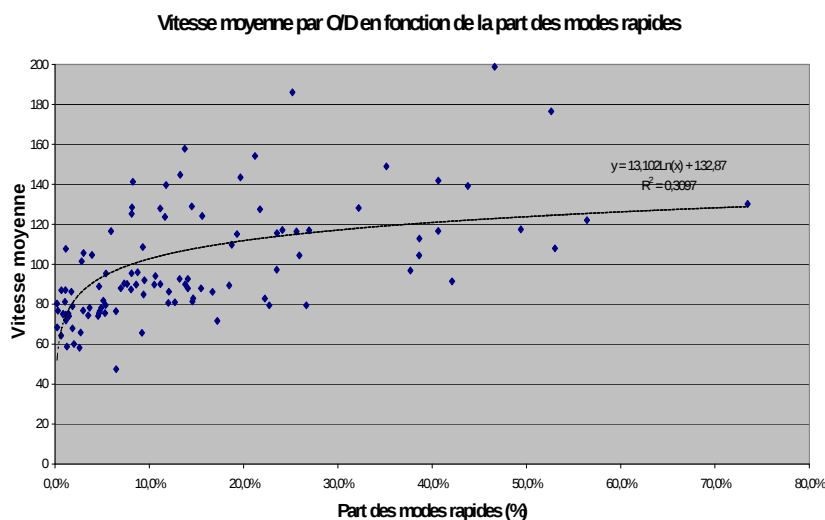
Ce résultat est logique si on suppose que la résistance à la mobilité est constituée, non plus par l'éloignement, mais par le temps de parcours. On a alors $G = K T^\alpha$ et par suite :

$$\begin{aligned} \ln G &= \ln K + \alpha \ln T, \text{ et avec } T = D/V, \\ \ln G &= \ln K + \alpha \ln D - \alpha \ln V \end{aligned}$$

Et donc le résidu r de la régression log-linéaire de G sur D s'écrit :

$r = -\alpha \ln V$, avec $\alpha < 0$, de sorte que r est une fonction croissante de V . L'estimation du paramètre α par la régression donne un résultat proche de -2 , cohérent avec ce schéma théorique.

En-deçà de 400 km, on peut considérer que, d'une part l'erreur de mesure sur la densité de flux de l'O/D est plus faible, car les flux sont plus volumineux, d'autre part que la distribution des flux par O/D estimés autour de la tendance centrale de la régression est entièrement aléatoire, les différences de vitesses par O/D n'étant pas suffisamment significatives pour induire une modification substantielle de l'ordre de grandeur des flux. Au-delà de 400 km, l'hétérogénéité des vitesses estimées par O/D à partir du sous-échantillon de voyages reflète donc pour l'essentiel la forte composante aléatoire des caractéristiques des voyages recensés sur l'O/D, mais elle illustre aussi pour partie (environ 1/3) l'hétérogénéité des vitesses effectives par O/D, liées en particulier aux caractéristiques inégalement distribuées de l'offre de transport à longue distance sur le territoire national. En particulier, la part variable des modes rapides, plus importante sur certaines liaisons, accroît la vitesse moyenne de ces liaisons et exerce un effet d'induction sur la demande.



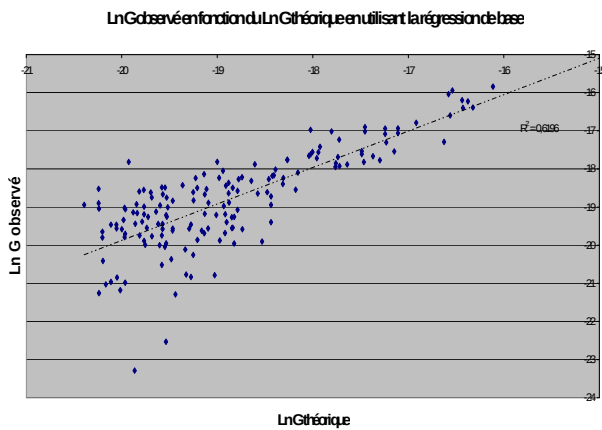
Graphique 70 - Vitesse moyenne par O/D (en km/h), en fonction de la part des modes rapides
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

La vitesse moyenne par O/D est effectivement liée à la part des modes rapides au sein des voyages de l'O/D, ainsi que l'illustre le graphique ci-dessus où on a exclu les O/D dont les vitesses moyennes sont manifestement excessives (au-delà de 200 km) et celles où la part des modes rapides est manifestement excessive (plus de 80 %) ou nulle, en raison des points d'accumulation créés. Néanmoins, le relevé empirique des vitesses moyennes observé ici est peu fiable dans la mesure où la déclaration du temps de parcours est sans doute assez approximative. Aussi, plutôt que d'estimer la vitesse moyenne à partir des temps de parcours déclarés et des distances moyennes déclarées sur l'O/D, on peut envisager de la simuler à partir du partage modal de l'O/D et des vitesses moyennes constatées par modes, ce qui permet déjà de réduire la variabilité à l'aléa des voyages recensés sur l'O/D. La part des modes rapides pourrait elle-même être simulée, en tenant compte par exemple du taux d'urbanisation des régions d'origine et de destination, et de l'existence d'une desserte rapide.

Dans un premier temps, on utilise la relation empirique ci-dessus entre la vitesse moyenne de l'O/D et la part des modes rapides, que l'on notera P , d'une part, et la relation empirique au-dessus entre le résidu r de la régression de $\ln G$ sur $\ln D$ et la vitesse moyenne V , d'autre part, pour voir si on parvient à diminuer la variance de $\ln G$ pour $D > 400$ km. On pose donc :

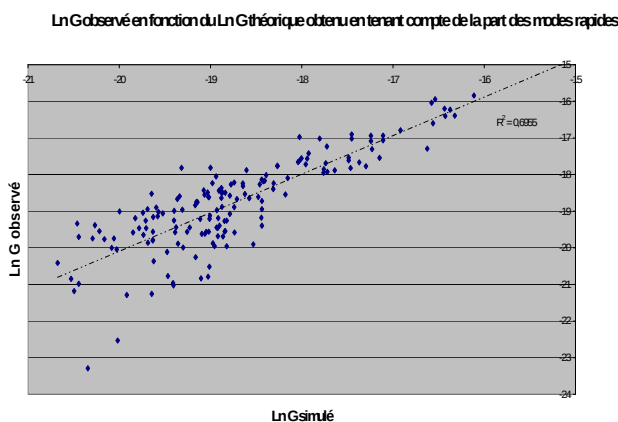
$$V = 13,102 \ln P + 132,87 \text{ et } r = 1,9332 \ln V - 8,6931$$

Lorsque la part observable des modes rapides est égale à 0, on applique plutôt la tendance linéaire en fixant la vitesse à 70 km/h, dans le prolongement de la formule linéaire. En appliquant ces relations aux O/D de plus de 400 km, on simule la composante déterministe du résidu de la régression basée sur l'induction de trafic résultant de la part variable des modes rapides. On simule alors, pour les déplacements de plus de 400 km, la valeur obtenue pour $\ln G$ en utilisant la relation empirique de régression sur $\ln D$ et la simulation de la composante déterministe de l'aléa liée à la part variable des modes rapides en fonction des O/D.



Graphique 71 - $\ln G$ observé en fonction du $\ln G$ simulé à partir de la régression sur la distance inter-régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Le graphique ci-dessus représente le $\ln G$ observé en fonction du $\ln G$ théorique simulé à partir de la régression sur la distance inter-régionale, dans lequel on a juste enlevé une observation manifestement en dehors de la tendance centrale qui perturbait le résultat de la régression. Comme précédemment, on remarque la forte hétéroscédasticité qui reflète notamment la part croissante de l'erreur à mesure que les flux diminuent avec l'augmentation des distances inter-régionales.



Graphique 72 - $\ln G$ observé et $\ln G$ simulé en tenant compte de la distance et de la part des modes rapides
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

En ajoutant l'effet d'induction simulé à partir de la part variable des modes rapides en fonction des O/D, pour les voyages à plus de 400 km, qui permet d'expliquer une partie de la variance résiduelle, on arrive à diminuer la variance des $\ln G$ observés pour des $\ln G$ simulés élevés en valeur absolue et à améliorer le résultat de la régression du $\ln G$ observé sur le $\ln G$ théorique avec un R^2 qui passe de 0,62 à 0,7.

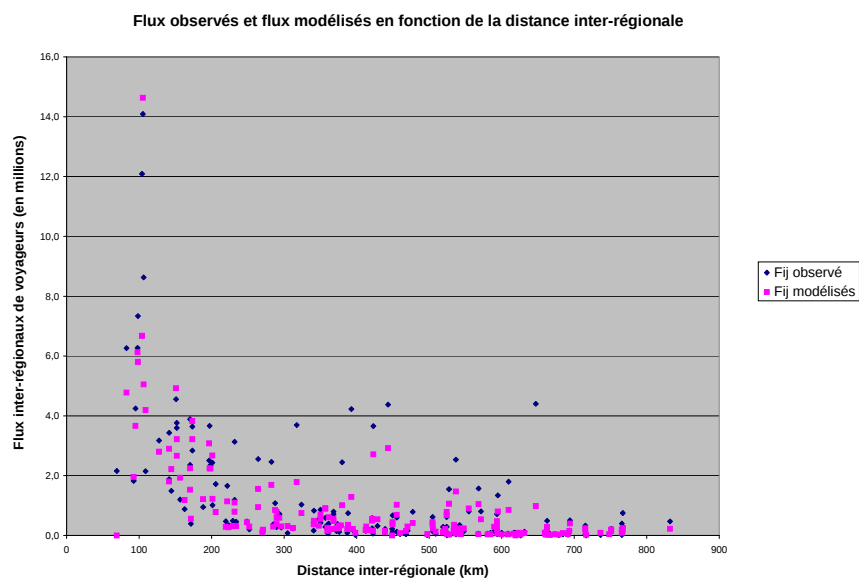
En remontant, on peut donc finalement en déduire un premier modèle général simplifié pour les flux par O/D, tous motifs confondus :

$\ln G = \ln K + \alpha \ln D + r$, avec $r = f(P)$ où P est la part des modes rapides et f est obtenue en utilisant les deux relations de r sur V et de V sur P précédemment mentionnées.

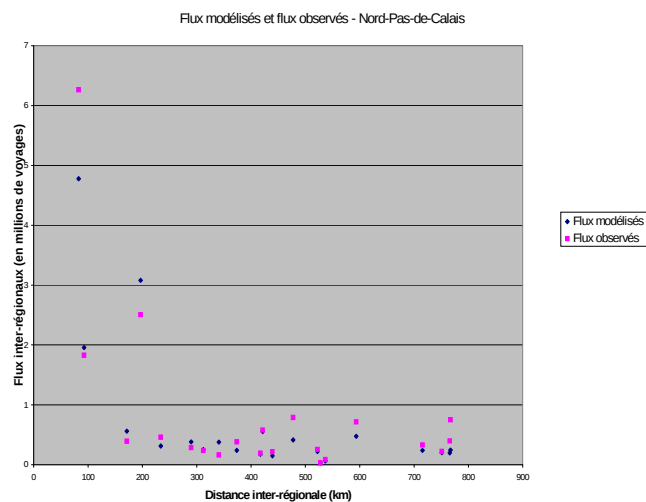
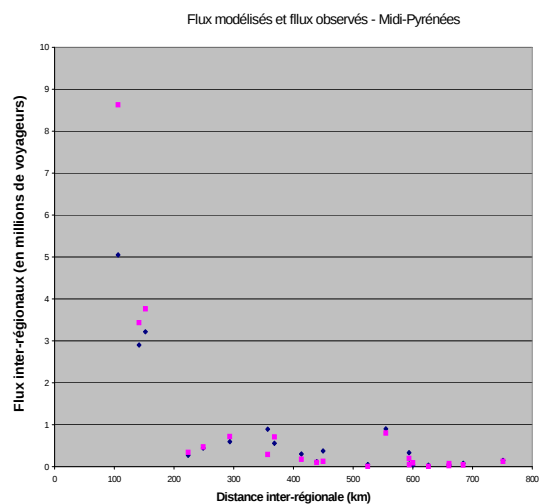
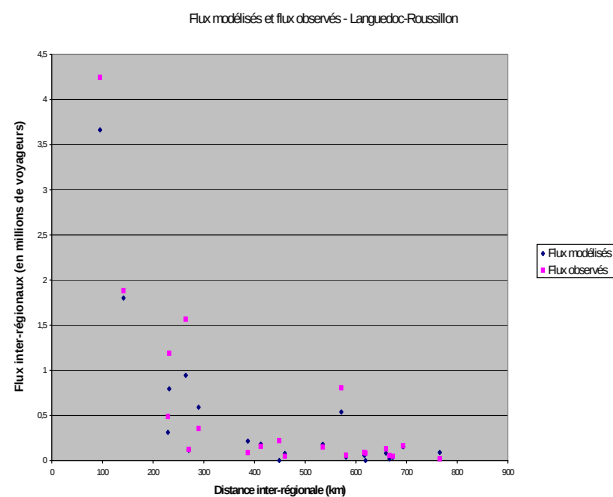
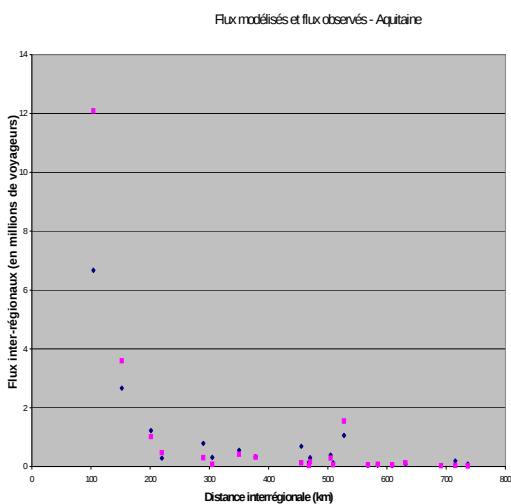
Soit $G = K D^\alpha e^{f(P)}$. Or, $G_{ij} = F_{ij}/P_i P_j M_i a_j$,

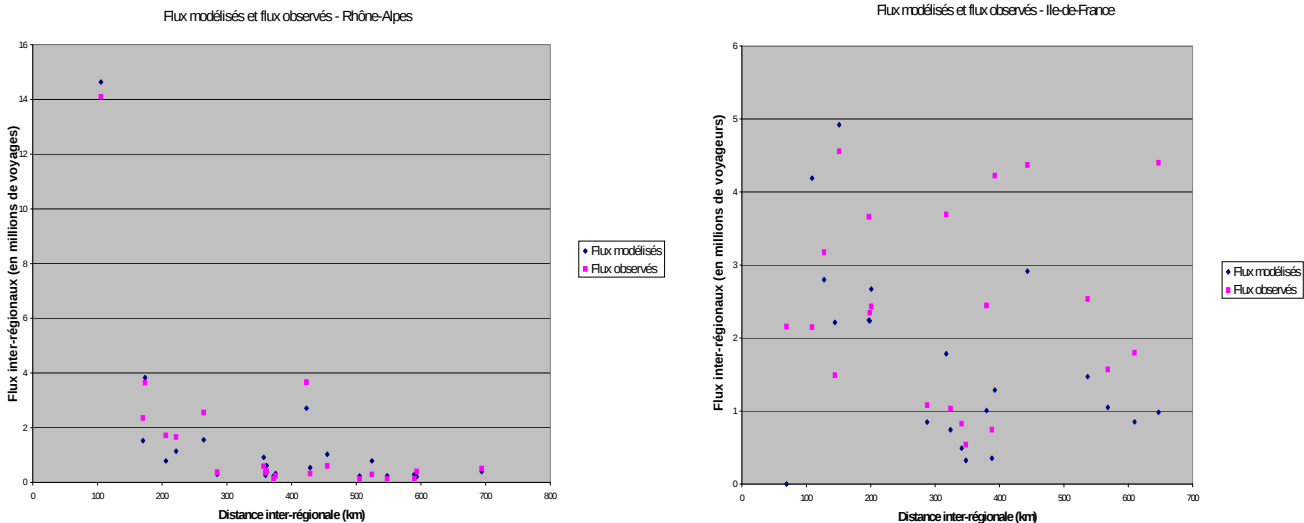
Donc on obtient finalement $F_{ij} = K P_i P_j M_i a_j D^\alpha e^{f(P)}$.

On calcule ensuite les flux F_{ij} selon ce modèle théorique pour voir si on arrive à bien reconstituer les flux F_{ij} observés.



Graphique 73 - Flux observés et flux modélisés, en fonction de la distance inter-régionale
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements



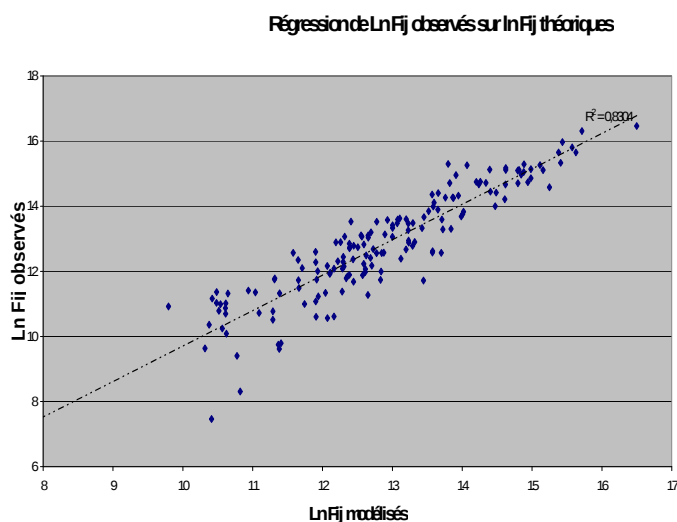


Graphique 74 - Flux observés et flux modélisés, par région d'origine, en fonction de la distance inter-régionale

La reconstitution de la distribution générale des flux observée est assez bonne. On observe néanmoins que certains flux inter-régionaux à moyenne longue distance ou très longue distance, et non des moindres, tels qu'estimés à partir de l'ENTD, sont situés nettement au-dessus de la distribution et donc sous-estimés par le modèle, en particulier Languedoc-Roussillon vers PACA, PACA vers Languedoc-Roussillon, Pays-de-la-Loire vers Ile-de-France, Ile-de-France vers Pays-de-la-Loire, Ile-de-France vers Bretagne, Rhône-Alpes vers Ile-de-France, Ile-de-France vers Rhône-Alpes, Ile-de-France vers Aquitaine, Ile-de-France vers Languedoc-Roussillon, Ile-de-France vers PACA¹³. La prise en compte de la part des modes rapides au sein de l'O/D, qui est en partie aléatoire, n'est sans doute pas un indicateur suffisamment représentatif, ni suffisamment fiable, pour prendre en compte les effets de la grande vitesse ferroviaire sur ces liaisons majeures où le raccourcissement des temps de parcours est considérable. Des techniques de modélisation plus sophistiquées fondées sur une estimation des temps de parcours moyens interrégionaux à partir d'un logiciel de modélisation de l'accessibilité multimodale pourraient être utilisées afin d'introduire une variable modélisée de temps de parcours dans la fonction de résistance. Il conviendrait aussi de prendre en compte l'effet spécifique du taux d'urbanisation régional qui, outre le gain d'accessibilité aux moyens de transport à grande vitesse qu'il procure, engendre aussi des pratiques de mobilité spécifiques liées notamment aux habitudes contractées dans les déplacements quotidiens.

La reconstitution des flux demeure correcte en désagrégeant par régions d'origine, ainsi que le montre le graphique 74, même dans le cas de l'Ile-de-France dont la distribution est très spécifique puisque quasiment indépendante de la distance inter-régionale. La distribution modélisée des flux originaires de l'Ile-de-France tend néanmoins à sous-estimer les flux vers les régions les plus éloignées, l'effet de distance étant moins important dans le cas de l'Ile-de-France que pour les autres régions, notamment du fait des gains de temps considérables sans doute insuffisamment pris en compte via le seul indicateur de la part des modes rapides. En outre, le modèle tend parfois à sous-estimer les flux intra-régionaux. A moins d'imposer ces derniers comme contrainte dans le calage du modèle, ils sont difficiles à estimer précisément avec la formule utilisée qui entraîne une forte sensibilité des flux aux variations de distance pour les courtes distances.

¹³ La liste n'est pas exhaustive. On n'a pas représenté ici les flux issus de toutes les régions, de sorte que par exemple le flux de l'Ile-de-France vers la Bretagne a été modélisé, mais non celui de la Bretagne vers l'Ile-de-France. Pour les liaisons sur lesquelles on dispose des flux dans les deux sens, la qualité de reconstitution du flux (pour les faibles distances) ou de l'ordre de grandeur du flux (pour les longues distances) n'est pas nécessairement symétrique. Ainsi, l'ordre de grandeur du flux de voyages à longue distance de PACA vers l'Ile-de-France est correctement reconstitué mais pas celui, beaucoup plus important, de l'Ile-de-France vers PACA. La majeure partie des flux dont l'ordre de grandeur est mal reconstitué ont pour origine l'Ile-de-France. Le modèle calé sur les données nationales sous-estime donc vraisemblablement la demande de transport induite par l'offre ferroviaire à grande vitesse chez les franciliens pour les liaisons majeures avec la province.



Graphique 75 - Régression log-linéaire des flux observés sur les flux modélisés
Source : Enquête Nationale Transports et Déplacements

Une régression log-linéaire des flux observés sur les flux modélisés permet par ailleurs de voir que l'ordre de grandeur des flux F_{ij} est correctement reconstitué par le modèle avec un R^2 de 0,83.

5.7 Conclusion générale de l'esquisse de modélisation des flux inter-régionaux de voyageurs

Dans ce chapitre, on a cherché à esquisser un premier modèle général simplifié de forme gravitaire prenant en compte à la fois la population de la région d'origine, la population de la région de destination, la distance inter-régionale ainsi que les différences de mobilité et d'attractivité régionale, sans pour l'instant désagréger la modélisation par motifs. On n'a donc pas encore pleinement tiré parti pour l'instant des analyses des déterminants des émissions et attractions de voyageurs à longue distance par motif effectuées dans la section 4, dans la mesure où on cherchait pour l'instant à établir un modèle général. Les résultats des analyses précédentes devront être prises en compte dans le cadre de l'élaboration d'un modèle segmenté, ce qui pourra être l'objet d'une prochaine note dans laquelle on chercherait également à mieux prendre en compte les effets de la densité et du taux d'urbanisation sur les émissions et attractions de voyageurs à longue distance, ainsi que les « effets de maille » ou si l'on préfère des dimensions régionales. On a néanmoins essayé de prendre en compte, outre les facteurs mentionnés ci-dessus, l'impact de l'offre de transport inter-régionale et en particulier de l'offre de transport rapide sur la création d'une demande induite *via* la diminution des temps de parcours. On se limite à l'étude des flux issus de quelques grandes régions, où les volumes plus importants garantissent a priori une plus grande fiabilité des analyses produites : l'Aquitaine, le Languedoc-Roussillon, Midi-Pyrénées, le Nord-Pas-de-Calais, les Pays-de-la-Loire, PACA, Rhône-Alpes.

En procédant par étapes, on a pu établir que les flux inter-régionaux pouvaient dans une large mesure être reconstitués à partir d'une formulation de type gravitaire prenant en compte la population de la région d'origine, la population de la région de destination, la distance inter-régionale, la mobilité des habitants de la région d'origine et l'attractivité de la région de destination. On n'a pas cherché ici à modéliser les mobilités et les attractivités régionales en tirant parti des déterminants analysés dans le chapitre précédent, qui diffèrent en fait d'un motif à l'autre, mais on a repris les mobilités et attractivités régionales observées à partir des données. La forme de cette modélisation a en particulier permis de réintégrer l'Ile-de-France au cas général, et de montrer par là-même que l'indépendance apparente des flux ayant pour origine l'Ile-de-France vis-à-vis de la distance inter-régionale est en grande partie liée au fait que les attractivités et les populations régionales sont positivement corrélées avec l'éloignement de l'Ile-de-France. Ce schéma prévaut, d'une manière plus générale, pour les régions du Nord de la France. Ces effets sont encore accentués par l'offre de transport rapide, notamment ferroviaire, qui permet de réduire les temps de parcours entre l'Ile-de-France et les régions éloignées.

Ce constat permet de construire un modèle fonctionnant en tant que cadre unificateur pour les grandes régions, une grande partie des différences inter-régionales dans la forme de la distribution des flux étant expliquée. On peut donner de ce modèle une formulation logarithmique, dont le sens sous-jacent est que plus la destination est éloignée de l'origine, plus les flux inter-régionaux sont réduits ainsi que la précision dans l'estimation des flux inter-régionaux. Sur les très longues distances, il s'agit donc moins d'estimer précisément les flux que d'estimer leur ordre de grandeur. De cette manière, on

peut estimer les paramètres de la loi gravitaire par régression linéaire, et par ailleurs montrer que l'ordre de grandeur de la demande de transport sur une liaison inter-régionale est modifié par la demande induite par l'existence d'une offre de transport à grande vitesse, en raison d'une diminution des temps de parcours sur la liaison. Le transport ferroviaire à grande vitesse tend en particulier à amplifier les échanges entre les territoires urbanisés, et de fait on observe que l'utilisation des modes rapides est plus importante dans les régions fortement urbanisées, se traduisant par l'émergence d'une demande de transport induite et par conséquent une modification de l'ordre de grandeur de la demande de transport, toutes choses égales par ailleurs (c'est-à-dire que la part des modes rapides et le taux d'urbanisation expliquent une partie du résidu de la régression des flux observés (en base logarithmique) par rapport aux flux modélisés à partir de la loi gravitaire). Aussi cherche-t-on à prendre en compte l'impact de la variabilité des temps de parcours sur la demande de transport inter-régionale. C'est en fait seulement pour les voyages de plus de 400 km que l'impact des gains de temps liés à l'existence de transports rapides se manifeste. En supposant que les flux diminuent non plus avec la distance inter-régionale mais avec le temps de parcours, on peut reformuler le modèle en introduisant un paramètre de vitesse inter-régionale complémentaire du paramètre de distance. On montre qu'on peut définir empiriquement une vitesse moyenne inter-régionale et on introduit l'influence des modes rapides à travers une régression entre la vitesse moyenne inter-régionale et la part des modes rapides sur l'O/D. A l'aide de ce modèle reformulé, on parvient à reconstituer assez bien les flux par O/D. Néanmoins, les effets de la grande vitesse ferroviaire sont sous-estimés sur les liaisons majeures. Une modélisation plus sophistiquée basée sur des calculs d'accessibilité multimodale pourrait sans doute être appliquée, mais il faudrait avant tout, dans le cadre d'un approfondissement de ce modèle, intégrer les effets de taille régionale et de densité qui pour l'instant n'ont pas été pris en compte séparément dans la modélisation.

6. Conclusion et perspectives

Ce premier travail, après une analyse des déterminants des flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance, a donc abouti à l'ébauche d'un modèle. Ce modèle pourrait par la suite être amélioré en vue d'être opérationnalisé, en approfondissant les points suivants :

- désagréger le modèle par motifs. On a vu en effet que la mobilité à longue distance possède certains déterminants qui sont influents pour certains motifs de déplacements, mais pas pour l'ensemble des motifs, et qui ne sont pas pris en compte par le modèle général. Par exemple, le revenu des habitants exerce une influence sur la fréquence des voyages de vacances et de loisirs, mais pas pour les visites à la famille et aux amis. De la même manière, le taux d'activité et la structure socio-professionnelle de la région d'origine exercent une influence sur la fréquence des voyages professionnels, mais pas sur les autres types de voyages. En outre, les facteurs d'attractivité diffèrent selon le motif de voyage: ainsi, les aménités naturelles (climat, géographie...) sont déterminantes pour les voyages de vacances mais pas pour les motifs de loisirs ou professionnels. La spécification et l'estimation d'un modèle différent pour chaque motif, dont la forme générale demeurerait toutefois la même, permettrait donc sans doute d'améliorer sa capacité prédictive et de mieux reconstituer les flux totaux à l'échelle des liaisons inter-régionales ;
- mieux prendre en compte les effets de l'offre de transport sur la demande : en particulier, la demande induite par la diminution des temps de parcours sur les liaisons ferroviaires à grande vitesse majeures entraîne des effets supérieurs à ce que laisse prévoir la modélisation basée sur la seule prise en compte de la part des modes rapides observée dans l'échantillon. Un indicateur de temps de parcours inter-régional moyen tenant compte des temps de parcours de gare à gare relevés à partir des horaires de la SNCF, de la distribution des populations au sein de la région d'origine et de la région de destination, et de temps d'accès aux gares modélisés à partir d'un logiciel de calcul d'accessibilité multimodale permettrait de construire un tel indicateur, qui pourrait ensuite être pris en compte dans la modélisation des flux inter-régionaux de voyageurs ;
- mieux représenter la part des déplacements intra-régionaux dans chaque région, soit en l'utilisant comme contrainte empirique pour caler le modèle, soit en la modélisant ;
- modéliser les mobilités et les attractivités régionales, à partir des observations formulées dans l'analyse désagrégée par motifs, au lieu d'utiliser les données observées. Bien que la modélisation de ces indicateurs puisse dégrader la qualité de reconstitution des flux observés dans l'ENTD, elle est susceptible d'introduire plus de robustesse de la modélisation à des fins prospectives. Les mobilités et les attractivités, en effet, ne sont pas constantes, et varient, non seulement d'une région à l'autre, mais au cours du temps en fonction de leurs déterminants (revenus, structure socio-professionnelle, coûts d'usage des transports, coûts de l'hébergement et des activités à destination, etc.) ;
- mieux évaluer l'impact de la densité et des effets de maille (dimensions régionales) sur les flux de voyageurs à longue distance, à travers des analyses basées sur des typologies territoriales, de manière à pouvoir tenir compte dans la modélisation des particularités des configurations territoriales régionales (part de l'urbain et du rural, taille d'agglomération...) en testant différents indicateurs (densité humaine, typologies territoriales).

Par ailleurs, au-delà de la reconstitution de la partie déterministe des flux estimés à partir de l'échantillon de l'ENTD, la modélisation peut être utilisée à des fins prospectives, ce qui implique de construire un modèle dynamique, qui peut intégrer, en plus des variables du modèle statique, des données macro-économiques, et plus généralement des variables

apportant au modèle de l'information supplémentaire permettant de mieux saisir la variabilité temporelle. A cet effet, il pourrait être utile, dans un premier temps, de construire un modèle de forme équivalente sur les données de 1994, et de voir de quelle manière ont évolué les paramètres du modèle. Cet exercice permettrait en même temps de voir de quelle manière les mobilités et les attractivités régionales, mais aussi la distribution des populations sur le territoire national, ont contribué à l'évolution des flux inter-régionaux de voyageurs à longue distance. Dans un second temps et en vue de construire un outil pouvant être utilisé à des fins de prévision, on pourrait intégrer ces facteurs de variabilité temporelle, ainsi que d'autres (coûts de transport, temps de transport, évolution des revenus...) dans le cadre d'un modèle dynamique des flux inter-régionaux de voyageurs qui pourrait par exemple être calé sur les données du Suivi de la Demande Touristique apportant de l'information continue sur l'évolution des comportements d'un ensemble de panelistes.

7. Références

- [1] "Méthode d'évaluation des quantités de biens accessibles – Calibrage de la fonction de distribution des déplacements pour mise à jour des préconisations ministérielles", Thomas VILLALBA, Master Recherche "Territoires, Espaces, Réseaux".
- [2] « Mobilité à longue distance : plus de voyages s'effectuent en train, mais les seniors restent adeptes de la voiture », Richard Grimal, in « La mobilité des Français – panorama de l'enquête nationale transports et déplacements 2008 », Revue du CGDD, Décembre 2010.
- [3] « Départs en vacances : la persistance des inégalités », Christine Rouquette, Économie et Statistique n°345, 2001.
- [4] « Hausse des départs en vacances, mais 21 millions de Français ne partent pas », Thomas Le Jeannic et José Ribera., Insee Première n° 1093, 2006.
- [5] "Le bilan positif d'une évaluation du programme TGV", le point sur n°34, Novembre 2009, CGDD.
- [6] "Prévisions à long terme du trafic automobile", Jean-Loup Madre et Thierry Lambert, rapport CREDOC, Paris, n°60, 1989.
- [7] "Le TGV-Atlantique : entre récession et concurrence", Olivier Klein et Gérard Claisse, Laboratoire d'Economie des Transports, collection Etudes et Recherches, Lyon, 1997.
- [8] "Modélisation à long terme de l'évolution des trafics voyageurs à longue distance en France", Isabelle Cabanne, thèse pour le doctorat de sciences économiques, 2005.
- [9] "La mobilité dans les espaces peu denses à partir des enquêtes nationales transport", Jean-Paul Hubert, François Delisle et Clotilde Minster, rapport CERTU, Avril 2012.
- [10] "Evolution des volumes et des caractéristiques des voyages à longue distance", Richard Grimal, collection "Mobilités à longue distance", note n°2, SETRA, Avril 2010.
- [11] "Le modèle multimodal de transport intérieur à longue distance du SES : MODEV", Jean Calio et Jean-Claude Meteyer, notes de synthèse du SES, Juillet-Août 2001.
- [12] "Modèle voyageur – note méthodologique", MVA pour le compte du Ministère des Transports, SEEIDD, Mars 2010.
- [13] « Préviation de la demande de transports », thèse d'habilitation à diriger des recherches, Patrick BONNEL, Décembre 2001.

Rédacteur

Richard GRIMAL – Sétra
téléphone : 33 (0)1 46 11 34 65 – télécopie : 33 (0)3 83 18 41 00
mél : richard.grimal@developpement-durable.gouv.fr

Renseignements techniques

Richard GRIMAL – Sétra

À l'heure où la volonté de maîtriser les émissions de gaz à effet de serre et les nuisances liées aux transports est de plus en plus forte, l'observation et la compréhension des comportements de mobilité deviennent essentielles. Le succès des objectifs ambitieux de la puissance publique dépend en effet en partie de la capacité à mieux comprendre les déterminants des comportements de mobilité individuelle, de façon à inventer des réponses de compromis intelligentes, permettant de concilier les enjeux collectifs liés au changement climatique et à la maîtrise de la demande énergétique avec la satisfaction des besoins de mobilité et l'évolution des modes de vie. C'est dans la possibilité de cette rencontre que se situent au moins en partie les marges de manœuvre pour décliner les impératifs du changement climatique en mesures économiquement efficaces et socialement acceptables.

C'est dans ce contexte que se situe la collection « Mobilités à grande distance ».

Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements
110 rue de Paris – BP 214 – 77487 Provins Cedex – France
téléphone : 33 (0)1 60 52 31 31 – télécopie : 33 (0)1 60 52 31 69

Document consultable et téléchargeable sur les sites web du Sétra :
• Internet : <http://www.setra.developpement-durable.gouv.fr>
• Intranet (Réseau du ministère) : <http://intra.setra.i2>

Ce document ne peut être vendu. La reproduction totale du document est libre de droits.
En cas de reproduction partielle, l'accord préalable du Sétra devra être demandé.
Référence : 1304w – ISRN : EQ-SETRA--13ED04--FR

Le Sétra appartient
au Réseau Scientifique
et Technique
du MEDDE

