

L'ANALYSE ET LA MODELISATION SPATIALES DES TRANSPORTS DE MARCHANDISES PAR LA METHODE DES COEFFICIENTS STRUCTURELS

SANDRINE DURAND

LABORATOIRE D'ECONOMIE DES TRANSPORTS

1. INTRODUCTION

Deux caractéristiques déterminantes du système des transports de marchandises conduisent à s'intéresser à la structure spatiale du transport interurbain de marchandises sur le territoire français et à son évolution de long terme.

La première caractéristique porte sur la croissance qu'a connu le transport national de marchandises au cours des décennies 70 et 80, marquée davantage par un allongement des distances parcourues que par une augmentation des volumes chargés. Ainsi, entre 1975 et 1994 le fret national s'est accru de 11 % en tonnes-kilomètres (132 milliards de TKM en 1994) alors qu'il a diminué de 9 % en tonnes transportées (1,39 milliards de tonnes en 1994), conduisant ainsi à une hausse de la distance moyenne nationale de transport de 22 % (OEST, 1995). Cette évolution générale se différencie selon plusieurs modalités de transport, comme le mode de transport, l'échelle géo-

graphique de transport ou la catégorie de marchandises. La croissance du transport national de marchandises provient exclusivement de hausses dans les trafics routiers, dans les distances intrarégionales de transport et dans les tonnes transportées sur les liaisons interrégionales. Entre 1975 et 1994, le trafic routier a augmenté de 44 % en tonnes-kilomètres alors que les trafics ferroviaire et fluvial ont baissé de 36 % et 55 % respectivement. La distance moyenne de transport en intrarégional a augmenté de 24 % alors que la distance moyenne du trafic interrégional s'est réduite de 3,5 %. Enfin, en volume physique transporté, le fret interrégional a augmenté de 16,6 % alors que le fret intrarégional s'est contracté de 15,5 %¹.

La seconde caractéristique tient au fait que le transport interrégional de marchandises ne se répartit pas de façon uniforme sur le territoire et devient de plus en plus consommateur d'espace, tendant ainsi à générer ou à aggraver, toutes choses égales par ailleurs, les nuisances environnementales et les disparités spatiales. La structure de l'occupation de l'espace par les transports de marchandises en France constitue un objet d'analyse intéressant de part l'hétérogénéité de sa répartition spatiale qui conduit d'un côté à l'émergence ou au renforcement de lieux de concentration d'infrastructures et de congestion de trafics et d'un autre côté à la persistance de zones peu traversées et paradoxalement peu ou pas assez mises en valeur du point de vue socio-économique les rendant par conséquent peu attractives économiquement.

Ces deux caractéristiques, croissance des trafics et distribution spatiale hétérogène sur le territoire national, ont été les points de départ de notre recherche. Celle-ci a été axée autour d'une problématique centrale qui consistait à expliciter et formaliser les effets des modifications productives du système économique national et les effets des transformations spatiales sur le volume du fret national et sur sa distribution spatiale. Cette recherche a été guidée notamment par les deux interrogations suivantes : les transports de marchandises sont-ils révélateurs d'une structuration du territoire et d'interdépendances régionales ? Une approche spatialisée en modélisation des flux de transport peut-elle permettre de dégager des caractéristiques et des sensibilités particulières du fret à l'activité économique selon l'échelle géographique de transport ?

La démarche d'analyse que nous avons choisie est une modélisation agrégée opérationnelle des transports interurbains de marchandises en coupe transversale puis en série chronologique de long terme. Ce choix s'explique par la volonté de bâtir un outil d'aide à la décision permettant de rendre

¹ Le découpage géographique considéré dans notre analyse et dans notre modèle est régional. Deux échelles géographiques de transport sont donc distinguées : l'intrarégionale et l'interrégionale. Le territoire national est divisé en 21 régions (Provence-Alpes-Côte-d'Azur et Corse regroupées).

compte des impacts des principales évolutions économiques et spatiales sur les transports de marchandises et de fournir des tendances globales d'évolution du fret généré sur le territoire national dans un horizon de long terme (horizon 2015).

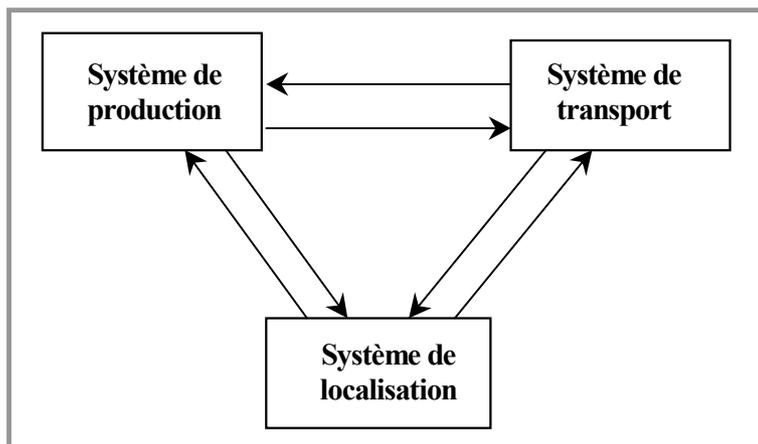
2. DEMARCHE ET OUTILS METHODOLOGIQUES

Deux éléments fondamentaux ont guidé la démarche méthodologique : les fondements théoriques du fonctionnement du système de transport et la méthode d'analyse et de modélisation. Les fondements théoriques reposent principalement sur les interrelations existant entre le système de transport et les systèmes de production et de localisation. La méthode d'analyse et de modélisation spatiales des flux de transport se particularise par le calcul de ratios (coefficients structurels) entre un trafic observé et un trafic théorique. Les coefficients structurels expriment la déformation du volume de biens échangé entre deux zones engendrée par l'existence de facteurs de structuration spatiale et socio-économique favorisant ou au contraire freinant les échanges (DURAND, 1999 et 2001) par rapport à une situation d'échanges commerciaux fondée uniquement sur les capacités globales régionales à l'émission et à la réception de biens.

2.1. LES FONDEMENTS THEORIQUES

Notre démarche d'analyse a été guidée par les interrelations qu'entretiennent trois systèmes : le système de production, le système de localisation (structuration du territoire par les activités, les infrastructures...) et le système de transport des marchandises (Figure 1). Ces interrelations sont relativement complexes. Celles qui s'établissent entre le système de production et le système de transport correspondent aux répercussions de la croissance et des déformations sectorielles économiques sur les volumes de marchandises transportés d'une part et à la contribution des transports au développement économique (PLASSARD, 1990) d'autre part. La relation entre les systèmes de localisation et de transport exprime les impacts de la transformation de l'organisation spatiale des activités sur la géographie des flux et, dans le sens opposé, elle porte sur les effets du système de transport en tant que générateur d'externalités économiques positives sur les choix de localisation des activités. La dernière relation entre le système de production et le système de localisation rend compte à la fois des impacts des différents modes de consommation et de production sur l'organisation spatiale des activités ainsi que de la contribution des avantages de certaines formes de localisation sur la structure économique (externalités positives, rendements croissants).

Figure 1 : Articulation générale du fonctionnement du système de transport de marchandises



Nous avons exploré deux de ces relations, étant consciente de la réduction que nous engendrons mais également de la complexité et de la multiplicité des formes d'interrelations entre ces trois systèmes. La première relation étudiée est la relation « Production→Transport » qui concerne les répercussions des transformations économiques sur les volumes physiques de marchandises transportés. L'analyse de cette relation a consisté à expliciter et formaliser l'interface entre les quantités produites et les tonnages générés annuellement, à l'échelle nationale ou à l'échelle régionale. Dans une première approche en coupe transversale, relative aux interactions de transport de marchandises entre les différentes régions françaises pour une année donnée, l'investigation a porté sur les liens entre les niveaux productifs et socio-économiques régionaux et les volumes de fret générés. Dans l'approche dynamique de long terme, l'accent a plus particulièrement été mis sur la forme fonctionnelle de la corrélation entre la croissance industrielle nationale et les variations du tonnage global transporté en interrégional ou en intrarégional.

La seconde relation « Espace→Transport » traite des conséquences liées à des changements dans la division spatiale des activités et/ou des infrastructures sur la distribution spatiale des flux interrégionaux. La méthode d'analyse et de modélisation utilisée pour exprimer et formaliser cette relation est la méthode des coefficients structurels. La démarche a consisté à modéliser les coefficients structurels et leur évolution à long terme afin d'explicitier la part du transport de marchandises imputable à la structuration du territoire. Une corrélation a été recherchée entre le niveau, puis la tendance d'évolution, des coefficients structurels d'un côté et des facteurs de séparation spatiale, de proximité spatiale et d'attraction socio-économique des lieux d'origine et de destination des flux de l'autre côté.

2.2. LA METHODE D'ANALYSE : LES COEFFICIENTS STRUCTURELS

A l'instar de la logique gravitaire de modélisation, la méthode des coefficients structurels permet d'analyser et de modéliser la distribution spatiale des flux de transport au sein d'un territoire découpé en zones d'échange. Nous tenons à souligner brièvement dans cet article les principaux avantages à utiliser cette méthode (DURAND, 1999 et 2001).

La méthode des coefficients structurels fournit une expression particulière des flux de transport en rapportant les volumes observés à des volumes théoriques calculés par le produit des volumes totaux émis ou reçus (tonnages exportés ou importés en interrégional) par les deux zones de l'échange rapporté au trafic total interrégional. Ce flux théorique est considéré comme potentiellement réalisable entre les deux régions i et j dans une situation d'indépendance des émissions et réceptions, c'est-à-dire une situation dans laquelle les contraintes géographiques et socio-économiques influant généralement sur les échanges n'interviennent pas.

$$CS_{ij} = \frac{T_{ij}}{\left(\frac{T_i \times T_j}{T_{..}} \right)} \Leftrightarrow T_{ij} = \underbrace{T_i * T_j / T_{..}}_{\text{Dimension de structure économique}} * \underbrace{CS_{ij}}_{\text{Dimension de structuration du territoire}} \quad [1]$$

CS_{ij} : Coefficient structurel entre les régions i d'émission et j de destination

T_{ij} : Tonnage observé entre les régions i d'émission et j de destination

T_{ij}^* : Tonnage théorique entre les régions i d'émission et j de destination

$T_{..}$: Tonnage total interrégional

T_i : Tonnage émis par la région i à destination des autres régions françaises

T_j : Tonnage reçu par la région j en provenance des autres régions françaises

Le rapport entre flux observé et flux théorique qu'est le coefficient structurel rend compte des effets de la structuration du territoire sur le volume des échanges commerciaux et s'interprète comme l'intensité structurelle des échanges de marchandises. Une relation d'échange est définie comme privilégiée ou préférentielle quand le coefficient structurel est supérieur à l'unité, autrement dit quand le flux observé est supérieur au flux théorique. Une relation est en revanche dite désavantagée ou freinée quand le coefficient structurel est inférieur à l'unité.

Cette méthode établit une distinction entre ce qui a un caractère économique et qui porte sur le volume global de fret généré (« dimension de structure économique »), et ce qui a un caractère de structuration spatiale et fait que certaines liaisons interrégionales d'échange sont davantage utilisées, autrement dit sont préférentielles (PUMAIN, ST JULIEN, 1989 ; DAMETTE, 1994), et que d'autres liaisons sont moins empruntées, c'est-à-dire subissent un frein à l'échange (« dimension de structuration du territoire »)².

² La dimension de « structuration du territoire » équivaut à la dimension « structurelle » et celle de « structure économique » à la dimension « conjoncturelle » (DURAND, 1999 et 2001).

La dimension de structure économique rend compte de la relation « Production→Transport » et en particulier des effets de la structure sectorielle du fret sur la sensibilité des volumes transportés face à la croissance industrielle. La dimension de structuration du territoire correspond à la relation « Localisation→Transport » et exprime les impacts de facteurs de structure, spatiaux ou socio-économiques, qui caractérisent le territoire et le rendent hétérogène et hiérarchisé. Ce sont des facteurs de séparation spatiale, de proximité spatiale ou organisationnelle (BELLET et *al.*, 1993) et des facteurs d'attraction ou d'émission socio-économique exprimant les atouts, les besoins ou les spécificités sectorielles des régions (PINI, 1992).

La méthode des coefficients structurels fournit également une approche méthodologique novatrice dans l'architecture générale des modèles d'interaction spatiale. Les phases de génération et de distribution spatiale du fret sont en effet réalisées de façon indépendante, les résultats de l'une n'interférant donc pas sur ceux de l'autre et ne pouvant pas de ce fait engendrer des enchaînements d'erreurs (Cf. annexe). Enfin, du point de vue de la prévision, cette méthode fournit des éléments déterminants. Les coefficients structurels présentent en effet des tendances lourdes à long terme qui rendent pleinement compte de la lenteur des mutations spatiales (ALVERGNE, 1997) et qui constituent un guide précieux pour la prévision.

3. LA STRUCTURATION DU TERRITOIRE ET LE TRANSPORT DE MARCHANDISES

Les interactions entre la structuration du territoire et le transport de marchandises sont abordées selon deux axes, l'un relatif aux volumes régionaux générés et l'autre relatif à la structure spatiale des échanges interrégionaux. Le volume annuel de marchandises généré sur le territoire national révèle des différences de structure et des divergences d'évolution à deux niveaux, celui de l'échelle géographique de transport et celui de la région considérée en tant que zone d'émission ou de réception des flux. La structure spatiale des échanges interrégionaux de marchandises présente quant à elle des caractéristiques lourdes et qui ne diffèrent pas ou très légèrement selon les liaisons d'échange, les régions considérées ou l'évolution à long terme.

3.1. DES ECHELLES GEOGRAPHIQUES DE TRANSPORT OPPOSEES

Les deux échelles géographiques de transport issues d'un découpage régional de l'espace national présentent des divergences significatives et apportent chacune une contribution bien particulière à la structure du fret national ainsi qu'à son évolution de long terme.

La première différence entre le fret interrégional et le fret intrarégional concerne leur poids respectif selon l'unité de mesure du fret. En tonnes

transportées, le fret intrarégional domine dans un rapport de 1 à 3 (1 040 millions de tonnes contre 348,7 pour l'année 1994) alors qu'en tonnes-kilomètres le fret interrégional l'emporte et dans des proportions équivalentes (96,9 milliards de TKM contre 35,4). La seconde différence porte sur la structure sectorielle du fret, en particulier en tonnes transportées. Le fret intrarégional est fortement dominé par une catégorie de produits, les matériaux de construction (59 % du tonnage total en 1994) alors que le fret interrégional affiche une structure plus équilibrée reposant principalement et dans des proportions variant entre 13 et 22 % sur quatre catégories de produits : les produits agro-alimentaires, les matériaux de construction, les produits manufacturés et les produits agricoles. La troisième différence porte sur la distance moyenne de transport. Le fret intrarégional, qui peut être défini comme un transport de distribution, se caractérise par de faibles distances, oscillant en moyenne selon les catégories de produits entre 23 kilomètres (matériaux de construction) et 58 kilomètres (produits pétroliers). La quatrième différence porte sur le partage modal entre les modes routier et ferroviaire. La répartition modale est plus fortement déséquilibrée en intrarégional, le mode routier représentant 93,4 % des tonnes-kilomètres (72,7 % en interrégional). Enfin, la dernière différence concerne l'évolution à long terme. Entre 1975-1994, le fret intrarégional suit, en tonnes, une décroissance alors que le fret interrégional est orienté à la hausse. Cette divergence s'inverse pour les distances de transport et s'annule finalement en tonnes-kilomètres, les deux échelles de transport connaissant alors une tendance à la hausse (12,6 % à l'interrégional et 6,5 % à l'intrarégional).

Ces différences de structure et divergences d'évolution relativement fortes soulignent la nécessité d'analyser ces deux échelles de trafic de façon séparée. Il apparaît en effet important d'étudier le fret intrarégional du point de vue du volume transporté et le fret interrégional, qui génère de grandes distances de transport, du point de vue des tonnes-kilomètres parcourues. L'analyse et la modélisation dissociées des deux échelles géographiques du transport national permet en outre de conserver les spécificités propres à chacune d'elles et de mieux comprendre l'évolution du fret national à travers ses deux composantes géographiques très différentes.

3.2. DES DIFFERENCIATIONS ET HIERARCHIES REGIONALES MOINS PRONONCEES DANS LE FRET

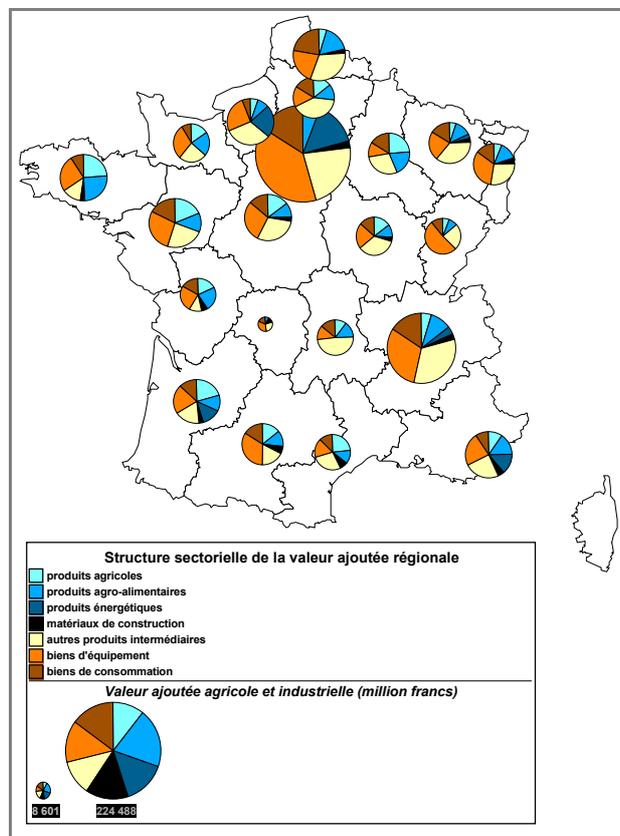
L'analyse spatiale conjointe des transports régionaux de marchandises et des structures socio-économiques régionales fait apparaître des différenciations et des hiérarchies régionales de degrés variables entre les deux domaines.

La hiérarchie socio-économique régionale est très prononcée du fait de la position dominante de la région Ile-de-France en particulier en valeur ajoutée brute (VAB). Au regard des statistiques économiques régionalisées (INSEE, 1996), l'écart entre la première région économique, Ile-de-France, et la

seconde, Rhône-Alpes, est en effet de 1 à 3 en 1992 et celui entre la première et la dernière région, Limousin, est de 1 à 29. Il est toutefois important de garder à l'esprit les problèmes méthodologiques d'estimation des VAB régionales. La régionalisation des indicateurs nationaux s'effectuant sur la base de la masse salariale et non sur les quantités produites (CALZADA, PENDEL, 1999), les estimations en VAB sont surestimées dans les grandes régions économiques où se concentrent un nombre d'employés élevé mais où la production physique est plus faible.

La différenciation régionale apparaît dans les structures sectorielles économiques (Figure 2) et à travers l'existence de spécificités productives. En VAB, une classification peut être établie entre des régions tertiaires (plus de 70 % de la VAB dans ce secteur pour Ile-de-France et PACA), des régions industrielles (plus de 35 % dans ce secteur pour Haute-Normandie et Franche-Comté) et des régions agricoles (plus de 6 % dans ce secteur pour Bretagne et Champagne-Ardenne).

Figure 2 : Structure sectorielle régionale de la VAB agricole et industrielle (1992)



Source : DURAND, 2001

Les spécialisations sectorielles régionales peuvent aussi être très significatives. A travers les coefficients de spécialisation (ISARD, 1972), de fortes spécialisations ressortent, par exemple pour les régions Franche-Comté, Champagne-Ardenne, Languedoc-Roussillon, ou Bretagne.

Tableau 1 : Coefficients de spécialisation régionale en VAB agricole et industrielle (1992)

Nord Pas de Calais	251	Midi-Pyrénées	232
Picardie	237	Champagne-Ardenne	341
Ile-de-France	272	Lorraine	269
Centre	164	Alsace	194
Haute-Normandie	259	Franche-Comté	367
Basse-Normandie	288	Bourgogne	199
Bretagne	284	Auvergne	230
Pays de la Loire	217	Rhône-Alpes	171
Poitou-Charentes	273	Languedoc-Roussillon	298
Limousin	234	PACA-Corse	270
Aquitaine	259		

Sources statistiques : I.N.S.E.E. et D.R.A.F. (base 100) - Calculs : DURAND, 2001

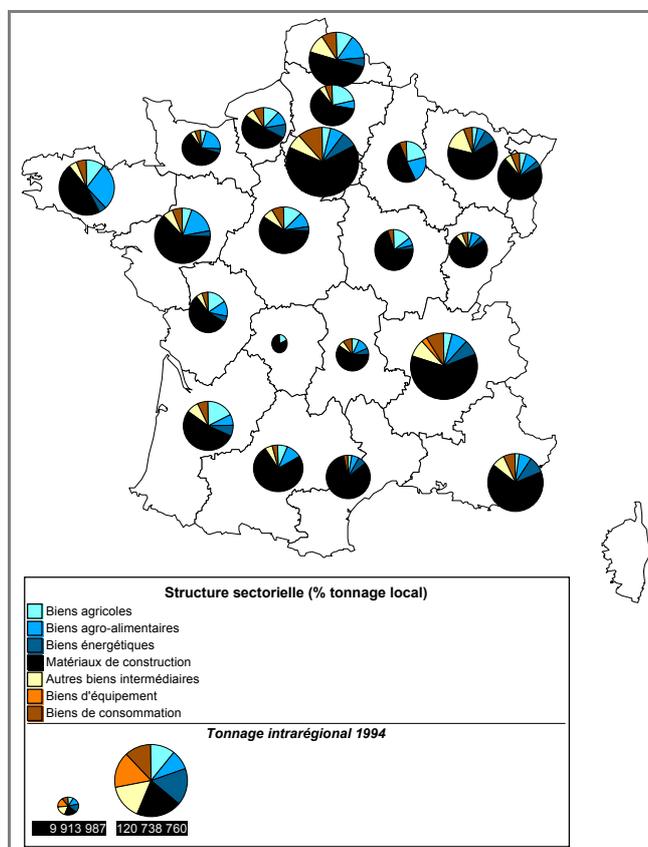
La hiérarchie régionale en transport de marchandises est déformée par rapport à celle de la sphère socio-économique. Si la première région génératrice de fret est toujours la région Ile-de-France, les écarts avec les autres régions sont moins importants. En 1994, le rapport entre les deux premières régions génératrices de fret (Ile-de-France et Rhône-Alpes) est en effet au maximum de 1 à 2 et le rapport entre la première région génératrice et la dernière (Limousin) ne dépasse pas 1 à 12. Entre les deux principales régions génératrices, le coefficient multiplicateur n'est que de 1,4 à l'exportation, il atteint 2 à l'importation et est négligeable en intrarégional (1,15). Entre les deux régions extrêmes, il atteint 8,7 à l'importation, 11 à l'exportation et 12 en intrarégional.

En rapportant le tonnage généré à la population ou à la VAB, on remarque que la hiérarchie régionale de la sphère économique est fortement modifiée dans la sphère du transport de marchandises. Ainsi la grande région économique qu'est l'Ile-de-France se révèle la plus faible zone génératrice de fret par habitant ou par million de francs créé en VAB. A l'exportation par exemple, l'Ile-de-France est faiblement génératrice de fret en rapport avec sa VAB ou sa population. Ainsi en 1994, le rapport est de 15,9 tonnes par million de francs et de 3,2 tonnes par habitant alors qu'il est de 112 tonnes par million de francs et de 11,6 tonnes par habitant pour la Picardie (qui exporte en volume brut 21,5 millions de tonnes contre 34,6 pour l'Ile-de-France).

Les différenciations régionales en termes de structures sectorielles diffèrent également dans la sphère du fret par rapport à la sphère économique. En intrarégional, la structure sectorielle du fret est très déséquilibrée mais

présente peu de variations d'une région à l'autre. Elle affiche ainsi beaucoup moins de différenciations régionales que la structure économique régionale. En revanche, pour le fret exporté et surtout pour le fret importé, on relève plus de différenciations dans la structure du fret que dans celle de l'activité économique (DURAND, 2001).

Figure 3 : Structure sectorielle du transport intrarégional de marchandises (1994)



Source : DURAND, 2001

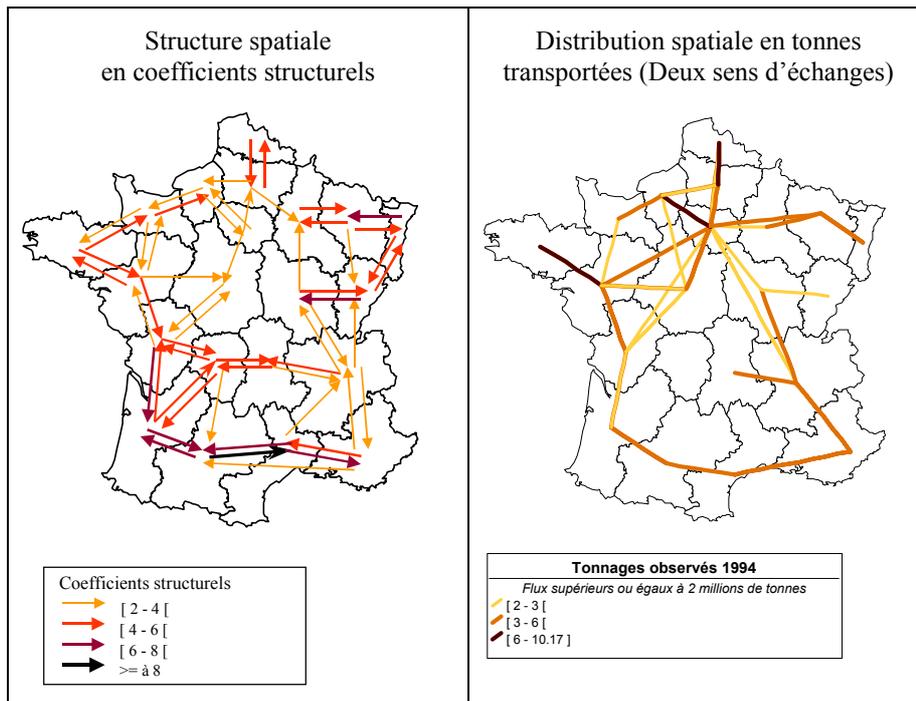
Cette analyse spatiale comparative des différenciations et hiérarchies régionales révèle une non-proportionnalité entre les niveaux économiques ou démographiques et les volumes de fret régionaux générés.

3.3. UNE STRUCTURE SPATIALE DES ECHANGES DE MARCHANDISES REVELATRICE DE LA STRUCTURATION DU TERRITOIRE ET DES INTERDEPENDANCES REGIONALES

La structure spatiale des flux interrégionaux de marchandises exprimée à l'aide des coefficients structurels peut être appréciée à travers deux schémas : celui de l'ensemble des liaisons interrégionales et celui des liaisons d'échange relatives à une seule région.

Dans le premier cas, la structure obtenue à partir des plus forts coefficients structurels (traduisant un trafic observé au moins deux fois plus important que le trafic théorique) fait ressortir des relations de voisinage (Figure 4). Cette structure diffère fortement de la distribution spatiale du fret exprimée par l'importance des tonnages transportés. La lecture du système d'échange par les tonnages transportés est plus classique et met logiquement en évidence les principaux corridors de circulation, tels que l'axe Nord-Sud par la vallée du Rhône, ainsi qu'une dynamique soutenue des échanges de marchandises dans le quart Nord-Ouest du territoire et dans le grand bassin parisien.

Figure 4 : Deux expressions du système d'échange interrégional de marchandises (1994)

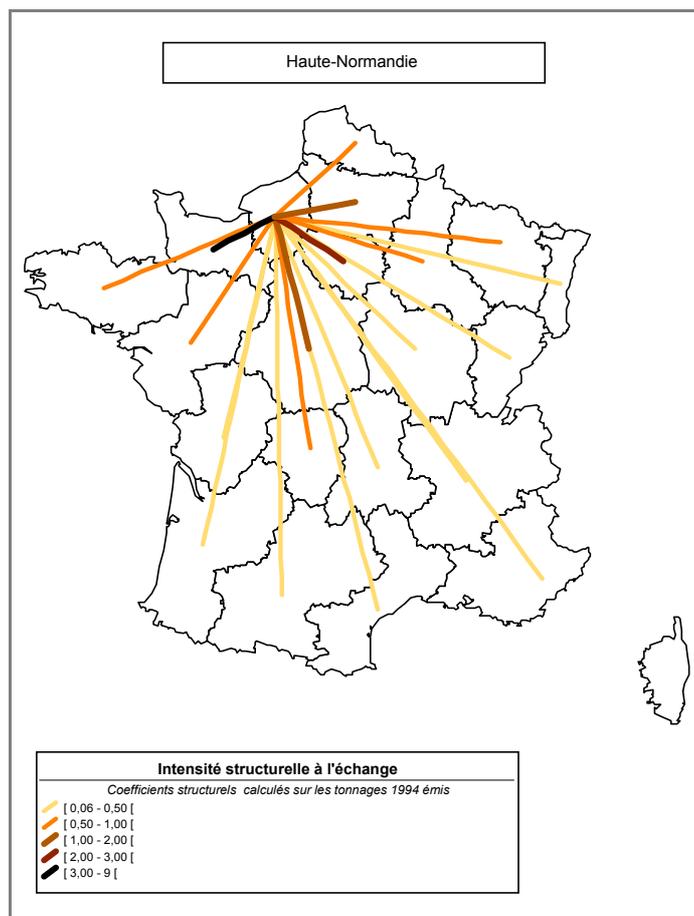


Source : DURAND, 2001

L'armature de la structure spatiale du fret interrégional repose sur un faible nombre de liaisons d'échange. Les liaisons préférentielles (CS>1) ne représentent que 25 % de l'ensemble des liaisons interrégionales et les plus fortement privilégiées, c'est-à-dire celles pour lesquelles le fret observé est plus de deux fois supérieur au fret théorique (CS≥2) n'en représentent que 13 %. Cette répartition déséquilibrée entre liaisons préférentielles et désavantagées s'explique par des facteurs de structuration spatiale. La représentation ci-après (Figure 5) illustre l'impact déterminant des facteurs spatiaux sur la structure spatiale du fret d'échange, avec d'un côté l'effet

favorable de la proximité spatiale et de l'autre côté l'effet de frein de la longue distance.

Figure 5 : Structure spatiale du fret interrégional à l'origine d'une seule région (1994)



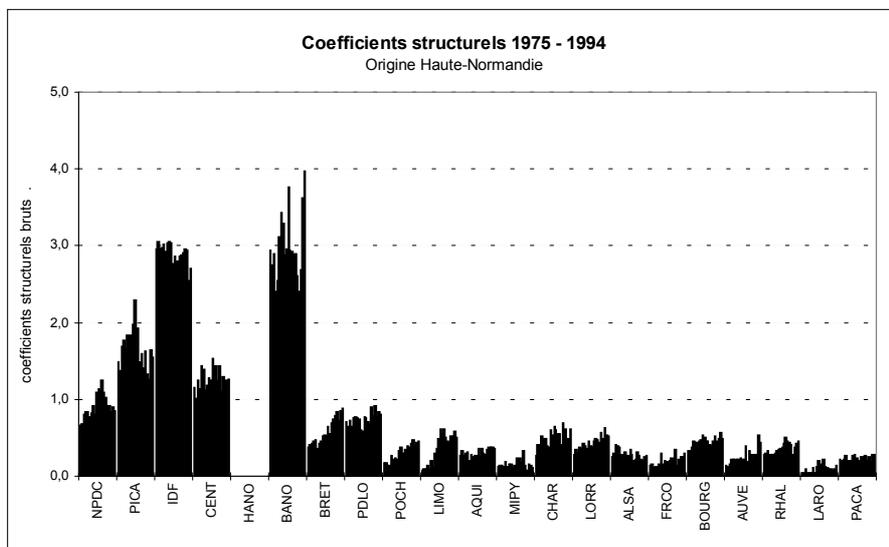
Source : DURAND, 2001

Toutefois, on remarque que la structure spatiale des échanges n'est pas exclusivement fonction de facteurs géographiques comme la proximité spatiale ou la distance de transport. Les coefficients structurels connaissent en effet des variations de niveau au sein de liaisons issues de régions limitrophes comme au sein de liaisons issues de régions géographiquement éloignées. D'autres facteurs, d'ordre socio-économique, jouent donc également un rôle dans la composition de la structure spatiale des échanges de marchandises. Ces facteurs correspondent notamment à l'importance et à la structure de la sphère productive pour les régions d'émission et de la sphère de consommation pour les régions de destination.

En évolution de long terme, la structure spatiale des échanges interrégionaux

de marchandises présente une caractéristique très forte d'invariance. En effet, quelle que soit la région considérée mais également l'année d'observation, la structure spatiale reste pratiquement inchangée. La tendance d'évolution de la structure spatiale des échanges entre 1975 et 1994 révèle une inertie fortement marquée de la variation du niveau des coefficients structurels de chaque liaison d'échange. Cette stabilité concerne les liaisons désavantagées comme les liaisons préférentielles (Figure 6). De rares inflexions significatives toutefois rendent compte d'une lente mutation de la structure spatiale des échanges. Cette lente mutation se caractérise par une déformation du jeu des facteurs spatiaux de proximité et de distance. On observe en effet que les liaisons d'échange préférentielles connaissent davantage une réduction de leur intensité structurelle alors que les liaisons désavantagées ont plutôt tendance à l'améliorer. Selon cette première approche descriptive, on remarque une tendance au desserrement de l'impact favorable de la proximité et à la réduction des effets de frein de la distance. Ces différents éléments sont révélateurs de l'inertie territoriale ou de la rigidité du territoire aménagé (LE BERRE, 1992) qui est directement dépendante des aménagements lourds réalisés par le passé tels que de grandes infrastructures de transport ou la création d'une ville nouvelle ou d'une zone d'activités économiques de grande envergure. Ces aménagements constituent des contraintes dont les effets sont durables. L'inertie spatiale, ou la lente mutation spatiale, exprime ainsi la mémoire du territoire face aux aménagements passés, mémoire qui se répercute dans l'évolution des différentes actions économiques comme par exemple la distribution spatiale des transports de marchandises.

Figure 6 : Variations annuelles* des coefficients structurels à l'origine d'une région

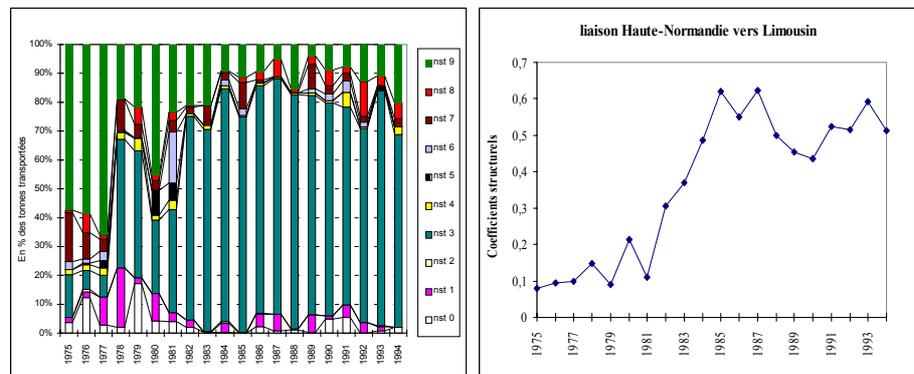


* chaque bâton représente une année

La Figure 7 présente l'évolution annuelle de l'intensité structurelle des liaisons d'échange à l'origine de la région Haute-Normandie. Le premier enseignement de cette représentation concerne la différence de niveau très nette entre les coefficients structurels des régions proches géographiquement et ceux des régions éloignées. Le second est la tendance générale à la stabilité des coefficients structurels à long terme. On remarque que les liaisons préférentielles avec de forts coefficients structurels comme les liaisons désavantagées avec des faibles coefficients conservent leur statut à long terme. Enfin, le troisième enseignement porte sur l'existence de quelques inflexions qui expriment des modifications relativement lentes mais régulières dans l'organisation spatiale des échanges de marchandises. Les tendances d'évolution des liaisons avec Bretagne et Limousin traduisent un renforcement significatif de l'intensité structurelle des échanges en variation relative. Les transformations de la structuration du territoire auraient donc bénéficié fortement à ces deux liaisons d'échange et en revanche défavorisé la liaison à destination de l'Ile-de-France.

Enfin, le dernier élément relatif à l'évolution de la structure spatiale du fret tient à des différences prononcées dans la déformation de la structure sectorielle des tonnages transportés selon les liaisons d'échange. Les différentes analyses quantitatives réalisées sur un certain nombre de liaisons d'échange ont révélé une concordance entre l'intensité d'évolution des coefficients structurels et l'importance d'une déformation sectorielle du fret pour une même liaison d'échange. Les liaisons structurelles stables à long terme ne présentent pas de déformation sectorielle significative au contraire des liaisons évolutives pour lesquelles la nature des principales marchandises transportées diffère fortement au cours du temps. L'exemple de la liaison Haute-Normandie vers Limousin (Figure 7) fournit une bonne illustration des répercussions de changements dans la nature des échanges interrégionaux sur l'évolution des coefficients structurels.

Figure 7 : Déformation sectorielle et évolution structurelle
(Haute-Normandie vers Limousin)



Ces différentes observations et analyses spatiales ont contribué à la construction du modèle spatial de simulation du fret. Nous présentons brièvement les enseignements de la structure causale du modèle avant de nous consacrer aux enseignements fournis par les scénarios de simulation.

4. LES ENSEIGNEMENTS DE LA MODELISATION SPATIALE ET DES SCENARIOS DE SIMULATION A LONG TERME

Le modèle de simulation comporte deux grands modules traduisant les relations fondamentales du fonctionnement du système de transport soulignées précédemment.

Le module de génération traite des effets de structure et croissance économiques sur les volumes de marchandises générés annuellement par les différentes régions françaises. Les travaux réalisés en coupe transversale ont eu pour but de déceler les principaux facteurs socio-économiques explicatifs des volumes régionaux générés et de repérer les différences de sensibilité du fret à l'activité économique selon l'échelle géographique de transport, soit intrarégionale soit interrégionale, et selon le sens de l'échange, soit importation/émission interrégionale soit exportation/réception interrégionale. Les ajustements établis sur la dynamique de long terme du fret ont eu pour objectifs de retranscrire les évolutions passées et de réaliser des simulations de trafic à long terme sous différentes hypothèses de croissance économique.

Le module de distribution spatiale s'attache aux impacts de la structuration du territoire sur la distribution spatiale du fret. Nous nous sommes concrètement intéressée aux corrélations pouvant exister entre d'un côté les facteurs de structure, spatiaux et socio-économiques, tels que la distance kilométrique ou le coût de transport, les spécificités économiques, le fort potentiel productif ou le bassin de consommation des régions et de l'autre côté, l'existence de liaisons d'échange interrégionales préférentielles ou désavantagées.

4.1. L'OPERATIONNALITE DES STRUCTURES CAUSALES DU MODELE

4.1.1. Dans la phase de génération des volumes transportés

Les modèles établis en coupe transversale entre les niveaux régionaux de VAB ou de population et les volumes de fret interrégionaux ou intrarégionaux mettent en évidence des corrélations satisfaisantes mais différenciées entre d'un côté les flux importés et de l'autre les flux exportés et intrarégionaux (Figure 8). Les ajustements sont linéaires et très satisfaisants pour les flux importés traduisant un rôle important du niveau socio-économique de la région de réception sur le volume de fret reçu. Ce modèle est toutefois conditionné par la position atypique de la région Ile-de-France qui dispose d'une forte concentration d'activités de service et de

structures logistiques³. Cette région introduit donc un biais statistique relatif à l'estimation de sa richesse économique en VAB surestimée par rapport au volume de fret généré mis en correspondance dans la régression. Sans la région Ile-de-France, les corrélations entre tonnage et VABAI ont une fiabilité statistique moindre⁴ (DURAND, 2001), mais cela ne modifie en rien les enseignements que l'on peut retirer de cette analyse. L'élément central que l'on souhaite faire ressortir dans cette analyse est précisément la différence de sensibilité entre les flux à l'exportation et ceux à l'importation.

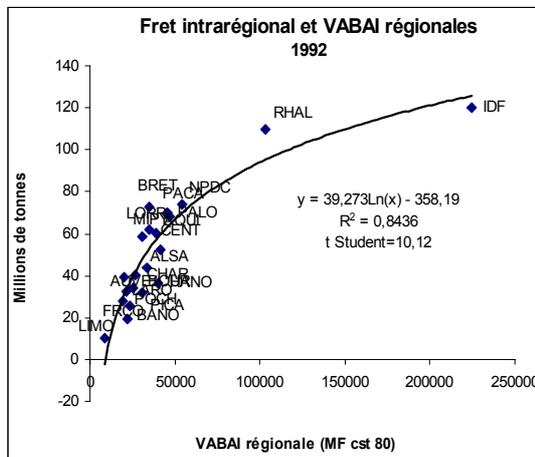
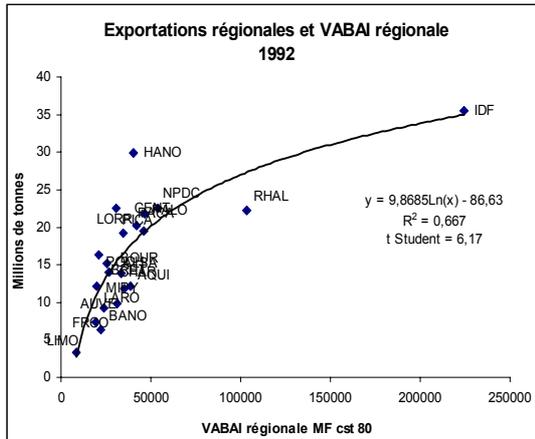
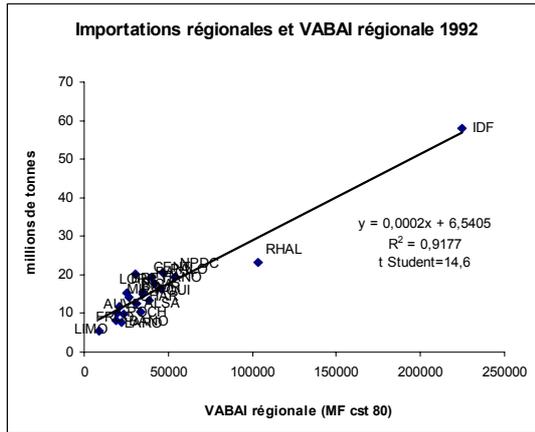
Les ajustements obtenus pour les flux exportés ou intrarégionaux sont en revanche dégressifs et beaucoup moins influencés par la position de la principale région économique. La qualité des modèles est également moins satisfaisante traduisant une prise en compte incomplète des facteurs explicatifs des volumes de fret. L'effet de structure n'intervient donc pas de façon aussi importante. Des facteurs d'une autre nature expliquent donc davantage le niveau et la croissance du fret. Si l'indicateur principal isolé pour décrire la structure régionale du fret est la valeur ajoutée brute, d'autres facteurs explicatifs exprimant un effet régional (BONNET, 1995), c'est-à-dire un dynamisme particulier à chaque région et indépendant de la structure économique, sont à rechercher. Des facteurs de dynamisme régional, tels que ceux mis en évidence par CATIN (1992) sur le taux d'exportation à l'international, comme le niveau de qualification de la main d'œuvre ou le degré d'industrialisation, sont à identifier.

Cette voie de recherche déterminante sur l'impact des effets régionaux sur les flux importés et surtout sur les flux exportés n'a pas pu être approfondie dans la phase chronologique de modélisation. Le principal obstacle a porté sur l'indisponibilité et la qualité relative des statistiques socio-économiques régionales sur des séries chronologiques longues (CALZADA, PENDEL, 1999), que les données soient en valeur ou physiques. Cependant, les liaisons temporelles construites entre le total des volumes de marchandises générés à l'échelle interrégionale (exportation et importation) ou à l'échelle intrarégionale et la croissance économique nationale fournissent des éléments de compréhension déterminants sur la dynamique de long terme du fret.

³ Cela renvoie au problème d'estimation des indicateurs macro-économiques régionaux. D'un côté, le mode de construction de la nomenclature d'activités et de produits affecte un même code A.P.E. (Activité Principale d'Etablissements) aux activités des différents établissements d'une entreprise. D'un autre côté, la répartition régionale des activités selon cette nomenclature pose problème avec un mode de régionalisation basé sur la masse salariale. La VAB agricole et industrielle en Ile de France est très élevée en raison de l'intégration d'activités de services internes à de grandes entreprises du secteur secondaire dans des activités codées en secondaire alors que ces services génèrent peu ou pas de VAB.

⁴ Sans l'Ile de France, les régressions entre VABAI et tonnages générés donnent les résultats suivants : pour les flux importés $R^2=0,73$, pour les flux exportés $R^2=0,61$ et pour l'intrarégional : $R^2=0,78$.

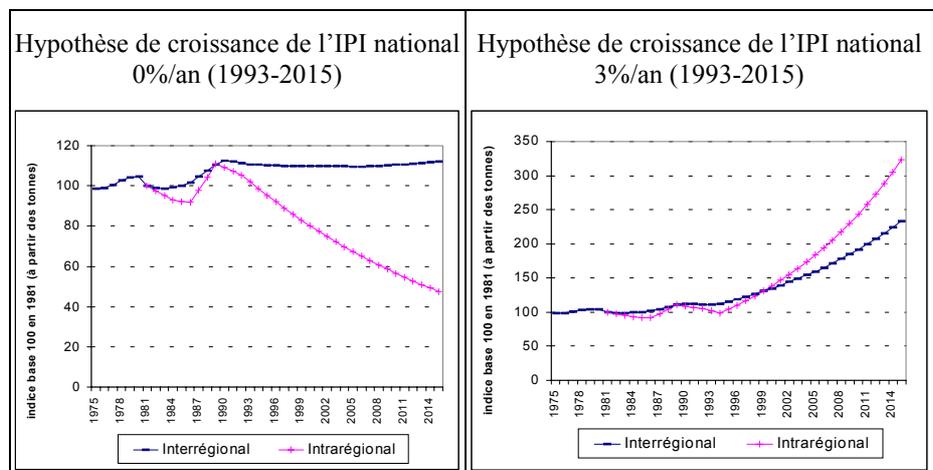
Figure 8 : Régression des tonnages importés, exportés ou locaux et de la VABAI régionale*



*VABAI : Valeur ajoutée brute des branches agricoles et industrielles

Les modèles de génération sont riches d'enseignements sur la pertinence des fonctions à élasticité variable pour rendre compte de la sensibilité des tonnages transportés aux variations de la croissance industrielle. Le recours à des fonctions à élasticité variable permet d'intégrer la tendance qu'a le fret à amplifier les fluctuations de la production industrielle (LATREILLE, 1997 ; SAVY, 1996). Cette forte sensibilité du fret aux fluctuations de la production industrielle se différencie selon deux critères. Le premier est la catégorie de marchandises. Les matériaux de construction et le matériel de transport par exemple constituent des catégories très sensibles à la conjoncture industrielle alors que les produits agricoles ou les combustibles minéraux solides sont plutôt indifférents. Le second critère est l'échelle géographique du transport. Le tonnage intrarégional s'avère nettement plus réactif à la conjoncture industrielle que le tonnage interrégional et est plus sensible aux variations négatives de la conjoncture industrielle alors que le tonnage interrégional est plus réactif aux variations positives.

Figure 9 : Sensibilité différenciée du fret à la croissance industrielle selon l'échelle géographique de transport



IPI : Indice de Production Industrielle

Source statistique : données SITRAM (OEST, 1995) ;

Simulations réalisées avec le modèle (DURAND, 2001)

La différence de sensibilité des deux échelles de trafic tient à leur structure sectorielle. Le fret intrarégional présente une structure très déséquilibrée et dominée par une catégorie de produits très réactive à la conjoncture industrielle, les matériaux de construction. En revanche, le fret interrégional est composé dans des proportions plus équilibrées à la fois de produits indifférents et de produits réactifs à la conjoncture industrielle (produits agricoles et produits manufacturés).

Entre les deux scénarios contrastés précédents, la structure sectorielle du fret connaît des déformations importantes pour le fret interrégional mais prati-

quement aucune pour le fret intrarégional (prédominance des matériaux de construction et module de génération non désagrégé par produit). Ainsi dans l'hypothèse taux IPI = 0 %, la part dans le fret national des produits insensibles à la conjoncture industrielle tend à s'accroître : les produits agricoles notamment passent de 22 % à 36 %. Dans l'hypothèse taux IPI = 3 %, les produits insensibles à la conjoncture industrielle stabilisent leurs parts relatives alors que les produits réactifs tels que les matériaux de construction ou les produits manufacturés augmentent leurs parts relatives, respectivement de 51 % à 54,5 % et de 7,3 % à 10,6 %.

La plus forte sensibilité pour le fret intrarégional s'explique plus précisément par la présence d'une forte élasticité imputable à un coefficient de régression élevé et une ordonnée à l'origine négative ($Y = 3,08 X - 0,0342$). Le fret interrégional en revanche est moins réactif du fait de catégories de produits insensibles à la conjoncture industrielle (produits agricoles et agroalimentaires principalement) qui amortissent les fluctuations du tonnage face aux variations de la croissance industrielle.

4.1.2. Dans la phase de distribution spatiale du trafic d'échange

Dans l'étape de modélisation en coupe transversale sur l'année 1994, nous avons cherché à déterminer les facteurs de structuration du territoire pouvant influencer la distribution spatiale du fret. La méthode a consisté à confronter les coefficients structurels avec des facteurs d'interrelation ou de position caractérisant soit les liaisons d'échange, comme le coût de transport, soit les régions du point de vue de leur activité économique, de leurs spécificités sectorielles ou de leur bassin de consommation.

Le modèle pertinent que nous avons pu établir met en évidence l'impact significatif des variables spatiales, principalement le coût de transport et en second lieu la proximité spatiale mesurée par un indicateur de contiguïté interrégionale pondérée. Un impact moindre mais non négligeable de facteurs d'attraction socio-économique, comme l'activité économique des régions d'origine et la population des régions de destination, a aussi été formalisé.

$$CS_{ij} = CT_{ij}^{a_1} \times W_{ij}^{a_2} \times PIB_i^{a_3} \times POP_j^{a_4} \quad [1]$$

$$\Rightarrow \ln CS_{ij} = -1,27 \ln CT_{ij} + 43,39 \ln W_{ij} + 0,15 \ln PIB_i + 0,27 \ln POP_j$$

$$t \text{ Student} \quad (22,7) \quad (9,04) \quad (4,32) \quad (6,94)$$

CT_{ij} : coût d'exploitation du transport de marchandises entre les régions i et j

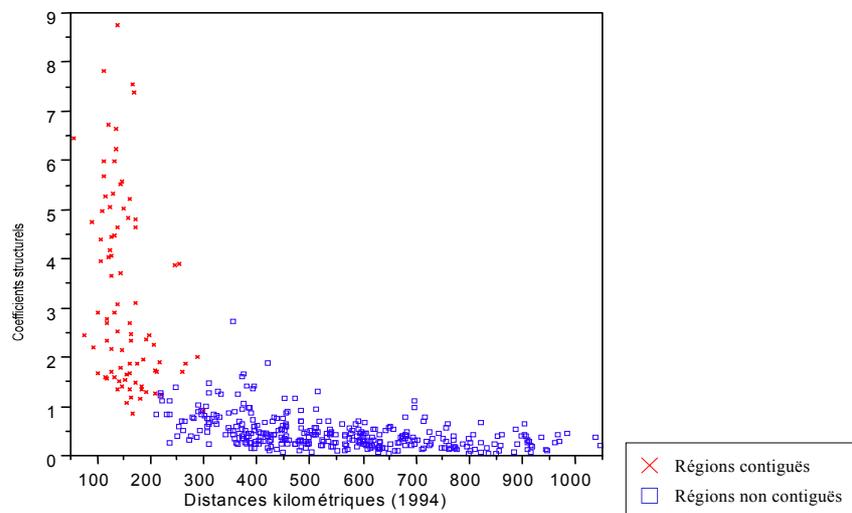
W_{ij} : contiguïté spatiale pondérée par les capacités routières entre i et j et la superficie de i

PIB_i : produit intérieur brut de la région i

POP_j : population de la région j

L'apport particulier de ce modèle tient à l'impact significatif du facteur de proximité spatiale et à son rôle complémentaire à celui de la distance ou du coût de transport. En effet, le modèle met en évidence deux effets spatiaux déterminants. Le premier est l'effet inhibiteur de la distance, entendu comme un coût à payer fonction du temps d'acheminement, des opérations de chargement/déchargement, etc (JOURQUIN, 1996). Le second est l'effet incitateur de la proximité spatiale au sens où la contiguïté stricte entre deux régions établit une zone de contact direct à travers laquelle les échanges de marchandises s'effectuent sans entrave institutionnelle ou économique au même titre qu'à l'intérieur d'une région. L'effet de contact de la proximité est renforcé par une pondération en fonction des capacités routières de communication interrégionale. Ces deux effets spatiaux complémentaires sont représentés dans la Figure 10 qui met en relation les coefficients structurels avec la distance kilométrique et établit un codage des liaisons d'échange entre régions strictement contiguës et entre régions sans frontière commune.

Figure 10 : Coefficients structurels en fonction de la distance et de la proximité interrégionales



L'examen de cette distribution des coefficients structurels montre la distinction très nette qu'établit la contiguïté interrégionale stricte entre les liaisons d'échange préférentielles et les liaisons désavantagées. L'effet de la distance de transport est aussi tout à fait déterminant avec un niveau des coefficients structurels qui va en s'affaiblissant très fortement sur de courtes distances, exprimant les trafics de distribution entre régions limitrophes, jusqu'aux longues distances représentatives des trafics d'approche d'ordre national.

Dans une seconde étape de modélisation portant sur l'évolution à long terme de la distribution spatiale des échanges de marchandises, la caractéristique

de forte inertie de la structure spatiale des échanges interrégionaux a été tout à fait déterminante. Cette caractéristique a fortement conditionné le choix de la méthode de prévision à long terme des coefficients structurels. L'hypothèse de stabilité temporelle des coefficients structurels a été validée par l'estimation d'un modèle autorégressif qui fournit un coefficient d'autorégression élevé (proche de 1) entre les coefficients structurels d'une année et ceux de l'année précédente (DURAND, 2001). Le modèle d'évolution de la distribution spatiale du fret a donc été développé sur la base d'une projection temporelle des tendances passées. Cette projection a reposé soit sur un ajustement linéaire ou logarithmique du trend sur la période 1975-1994 dans le cas d'inflexions significatives soit sur un ajustement à la valeur moyenne des observations dans le cas d'absence de tendance marquée. Cette seconde option s'est avérée majoritaire en s'appliquant à 80 % des liaisons d'échange. Le modèle d'évolution de la distribution spatiale conduit donc à maintenir une structure pratiquement inchangée à l'horizon 2015. Les évolutions du fret proviennent essentiellement de modifications dans les volumes globaux de fret générés en fonction d'hypothèses scénariales sur la croissance industrielle.

Le passage des tonnes transportées aux tonnes-kilomètres parcourues est ensuite effectué par une projection des tendances d'évolution des distances moyennes de transport de chaque liaison d'échange interrégionale. Ces distances moyennes ne connaissant pas de fluctuations importantes au cours des vingt années d'observation, le schéma d'évolution des tonnes-kilomètres suit sensiblement celui des tonnages transportés.

4.2. VERS DES ELEMENTS D'AIDE A LA DECISION EN PROSPECTIVE DES TRANSPORTS

Plusieurs scénarios contrastés de croissance économique et d'aménagement du territoire ont été testés. Les trois hypothèses macro-économiques testées ne renvoient qu'à des simulations simplifiées dans le sens où ne sont considérées que des taux de croissance constants à long terme. L'objectif est alors de repérer les différences de sensibilité et d'évolution des volumes transportés en intrarégional et en interrégional en fonction d'hypothèses économiques contrastées. Le choix de ces trois hypothèses est cohérent avec les scénarios de prospective économique nationale à long terme testés par le Ministère des transports et étudiés par le Commissariat Général du Plan (CGP, 1998). Ces hypothèses ne reposent pas sur la détermination d'élasticités sectorielles.

4.2.1. Le rôle déterminant du facteur de sensibilité économique

Trois scénarios de sensibilité économique, oscillant entre une croissance de la production industrielle stable jusqu'en 2015 (taux de croissance moyen annuel de la production industrielle de 0 %), une croissance médiane

prolongeant le fil de l'eau des deux dernières décennies (taux moyen de 2 %) et une croissance forte retrouvée (taux moyen de 4 %), mettent en évidence une forte variabilité du volume global de fret à l'horizon 2015.

Tableau 2 : Taux de croissance simulés du fret entre 1993 et 2015

	Crise (tcma IPI 0%)* Taux global/tcma	Fil de l'eau (tcma IPI 2%) Taux global/tcma	Croissance retrouvée (tcma IPI 4%) Taux global/tcma
NATIONAL			
Tonnes	-40,7% / -2,35%	67,4% / 2,37%	414,4% / 7,73%
Tonnes-kilomètres	-14,3% / -0,70%	60,9% / 2,19%	280,5% / 6,26%
INTERREGIONAL			
Tonnes	1,11% / 0,05%	56,4% / 2,05%	199,4% / 5,11%
Tonnes-kilomètres	-1,3% / -0,06%	52,6% / 1,94%	192,1% / 4,99%
INTRAGIONAL			
Tonnes	-53,3% / -3,40%	70,7% / 2,46%	479,2% / 8,31%
Tonnes-kilomètres	-49,8% / -3,08%	83,7% / 2,80%	523,1% / 8,67%

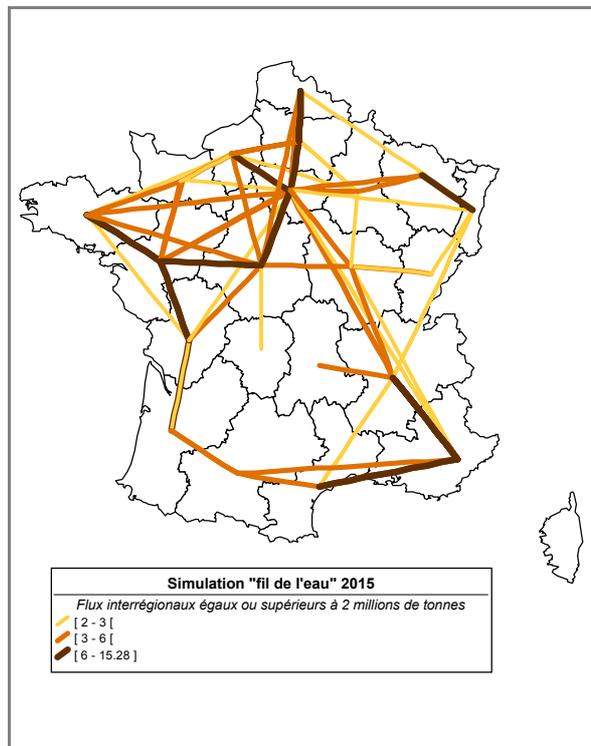
*taux de croissance moyen annuel de l'Indice de Production Industrielle national

Les simulations issues des scénarios de sensibilité économique montrent à nouveau la plus forte réactivité du fret intrarégional à des taux de croissance contrastés de la production industrielle. La tendance d'amplification du fret est bien retranscrite dans les simulations, les taux de croissance moyens annuels estimés des tonnes et des tonnes-kilomètres étant supérieurs à ceux de la production industrielle. Ces simulations mettent en évidence le rôle déterminant du niveau de la croissance économique sur le volume de fret généré annuellement sur le territoire national et les risques de saturation que peut faire encourir une longue période de croissance économique soutenue et régulière si de fortes mesures de long terme en politique des transports ne sont pas prises pour maîtriser la croissance et la distribution spatiale du trafic.

Ces simulations basées seulement sur les variations de la croissance économique s'accompagnent de tendances lourdes dans l'évolution des contributions régionales au fret généré. La projection à long terme des contributions régionales relatives aux tonnages générés à l'exportation, à l'importation et en intrarégional n'engendrent pas de modifications importantes dans la hiérarchie régionale. On observe toutefois une tendance plus positive pour les régions de l'Ouest qui participent davantage au commerce interrégional (DURAND, 2001). A l'exportation en particulier, les régions du quart Nord-Ouest, comme Pays de Loire, Bretagne ou Centre accroissent fortement leurs contributions. Ainsi, suivant la tendance au fil de l'eau, la région Pays de Loire constituerait à l'horizon 2015 une région aussi importante que Rhône-Alpes en tonnage émis à l'interrégional. La région Ile-de-France resterait cependant la principale région d'émission du fret interrégional et aurait une position dominante renforcée à l'importation.

Dans un tel scénario, la distribution spatiale du fret qui se mettrait en place présente trois grands lieux de circulation du fret : le bassin parisien, le quart Nord-Ouest et l'axe Nord-Sud Lille-Paris-Lyon-Marseille.

Figure 11 : Principaux échanges interrégionaux en 2015 dans le scénario « fil de l'eau » (Deux sens d'échange)



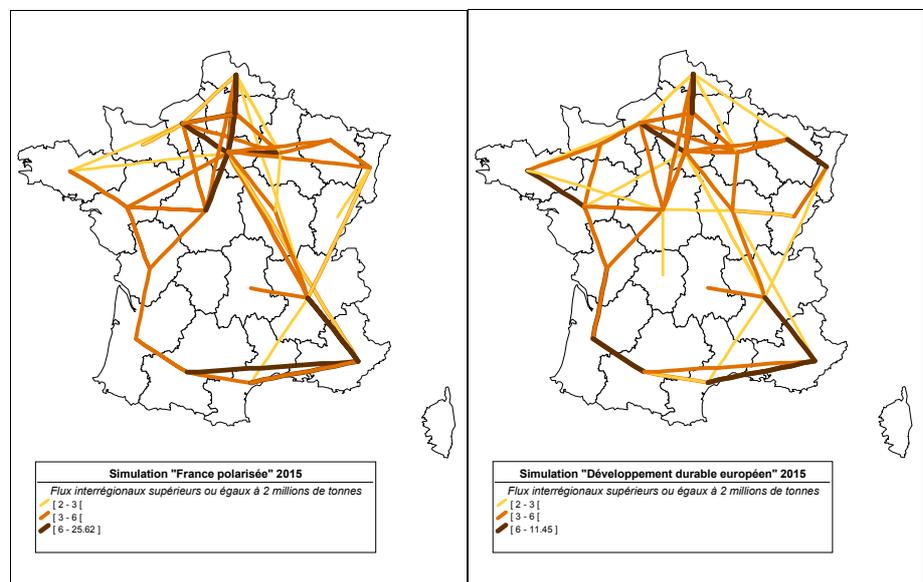
Source : DURAND, 2001

4.2.2. Les impacts plus modestes mais intéressants des transformations spatiales

Les simulations élaborées à partir de contextes différenciés d'aménagement du territoire permettent d'apprécier quelques impacts de transformations spatiales sur la géographie du fret d'échange. Les scénarios reposent exclusivement sur des hypothèses différenciées d'évolution des contributions régionales relatives au fret généré. La structure spatiale des échanges, autrement dit les coefficients structurels, n'est pas modifiée par rapport au fil de l'eau. La mise en œuvre de tels scénarios pourrait se réaliser grâce à des mesures d'accompagnement et de création d'entreprises au niveau régional, soit dans l'objectif d'accroître des compétitivités régionales acquises soit dans le but de favoriser un rééquilibrage en soutenant la production dans les régions économiquement défavorisées et en limitant celle des grandes régions économiques.

Le scénario « France polarisée » traduit une accentuation des tendances d'évolution des contributions régionales, à savoir un renforcement du potentiel générateur du bassin parisien et d'un petit nombre de régions de province portées par une grande métropole, comme la région Rhône-Alpes. Le scénario « Développement durable européen » prend le contre-pied du précédent et vise une réduction des disparités régionales et la constitution d'interrégions économiquement plus homogènes⁵. Dans le scénario de polarisation, l'hypothèse de transformation spatiale se traduit par des taux de croissance des contributions régionales relatives élevés et positifs pour le grand bassin parisien et pour un petit nombre de régions de province comme Rhône-Alpes ou PACA et par des taux négatifs pour les régions économiquement faibles ou rurales. Ce scénario engendre une forte concentration du fret sur le bassin parisien et sur l'axe Nord-Sud. Le scénario de développement durable aboutit en revanche à une distribution du fret plus diffuse sur le territoire et permet de délester légèrement le couloir rhodanien et le bassin parisien.

Figure 12 : Principaux échanges en 2015 dans les scénarios d'aménagement du territoire (Deux sens d'échange)



Source : DURAND, 2001

Les gains obtenus dans le scénario de développement durable en termes de plus grande diffusion du fret sur le territoire national restent toutefois limités et de surcroît au regard de la distribution établie dans le scénario au fil de

⁵ Hypothèses : baisse de 10 à 20 % des contributions relatives au fret généré des grandes régions économiques et hausse de 10 à 40 % des contributions des régions en difficulté économique ou rurales.

l'eau. L'effet particulièrement notable porte sur le délestage du couloir rhodanien. Une réduction assez prononcée des disparités spatiales dans le scénario de développement durable aboutit à une diminution des tonnes-kilomètres parcourues dans le couloir rhodanien de 16 % par rapport au scénario de France polarisée et de 10 % par rapport au fil de l'eau (estimations 2015). Ce différentiel est d'autant plus intéressant qu'il provient en majorité de trafics non captifs de cet axe de circulation. Les transports interrégionaux n'empruntant pas « en théorie » ce couloir de circulation de façon certaine connaissent une croissance très dynamique dans les scénarios au fil de l'eau et développement durable alors que ceux empruntant systématiquement cet axe ont une croissance plus faible. Ainsi, même si les effets de transformations spatiales relatives aux masses régionales d'émission de fret sont limitées, elles n'en sont pas moins intéressantes du point de vue de la régulation spatiale du fret puisqu'elles affectent des trafics non captifs des corridors de circulation menacés de saturation.

6. CONCLUSION

Ce travail est porteur d'enseignements à plusieurs titres. Concernant l'analyse spatiale du fret national, les divergences profondes entre le fret intrarégional et le fret interrégional ont permis de renforcer l'hypothèse selon laquelle le transport de marchandises est pluriel et nécessite des approches ou des analyses différenciées, adaptées à chaque fonction de transport. C'est le cas entre le fret urbain et le fret interurbain, mais aussi entre le fret régional et interrégional.

La répartition régionale des transports de marchandises fait apparaître une moins grande disparité que la répartition de l'activité économique. Les grandes régions économiques ne sont pas les principaux pôles générateurs de fret eu égard à leur potentiel économique et/ou démographique (cf. rapport des tonnages générés sur la VAB, §3-2). La structure spatiale des échanges présente quant à elle une stabilité temporelle très forte et est principalement contrainte par des modalités d'ordre spatial, comme la proximité spatiale ou le coût de transport. En revanche, en évolution de long terme, les variations observées dans les coûts de transport au cours des dernières décennies n'ont pas affecté la structure spatiale du fret. Ce point amène à s'interroger de nouveau sur la faiblesse des effets structurants des infrastructures (PLASSARD, 1990) qui contribuent, par le biais de leur accroissement ou amélioration, à diminuer les coûts de transport. Si les effets de mesures sur l'offre de transport sont limités, l'accent ne doit-il pas être mis sur des mesures affectant la demande de transport ? Des mesures de tarification ou de réglementation différenciées dans l'espace pourraient constituer des solutions d'avenir en matière de régulation de la circulation du fret sur les grands axes de circulation nationaux. Les simulations développées dans ce travail ont notamment montré l'impact à la fois modeste mais pertinent d'une

action sur la demande de transport par le biais d'une modification des contributions régionales relatives au fret généré.

Les résultats apportés par ce modèle quant aux impacts dominants des facteurs de sensibilité économique sur le taux de croissance global du fret et quant aux effets beaucoup plus limités de certaines transformations spatiales sur la géographie du transport de marchandises suscitent des réflexions sur la difficile mise en cohérence des objectifs et des méthodes de la politique des transports et de la politique d'aménagement du territoire.

Même s'il s'avère difficile de résoudre les dysfonctionnements du système des transports par des mesures relatives à l'aménagement du territoire, il est en revanche tout à fait pertinent d'intégrer des considérations d'aménagement du territoire dans des politiques globales de régulation du système de transport en raison des interrelations étroites entre le système de transport et le système de structuration du territoire. Les simulations présentées dans ce travail confirment ce dernier point, avec la mise en évidence des impacts de transformations spatiales, même s'ils sont modestes, qu'il est a priori possible d'obtenir à travers des scénarios certes simplificateurs mais non utopiques. De tels résultats nous incitent à approfondir les recherches prospectives sur les mesures combinées en transport et en aménagement du territoire pouvant être envisagées pour contribuer à une répartition plus équilibrée des transports sur le territoire national, mais aussi européen, en cohérence avec des objectifs d'économie des transports, d'aménagement du territoire et d'environnement.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALVERGNE C. (1997) **25 ans d'innovation dans l'industrie et les territoires français**. L'Harmattan, 207 p.

BELLET M., COLLETIS G., LUNG Y. (1993) Introduction au numéro spécial : Economie des proximités. **Revue d'Economie Régionale et Urbaine**, 3, pp. 357-361.

BONNAFOUS A. (1992) Calcul économique et objectifs d'aménagement du territoire. **6ème Conférence Mondiale sur la Recherche dans les Transports, Selected proceedings**. Lyon, tome 1, pp. 231-241.

BONNET J. (1995) Les dynamiques régionales et leurs facteurs. **Revue d'Economie Régionale et Urbaine**, n° 1, pp. 3-34.

CALZADA C., PENTEL A. (1999) Analyse des données macro-économiques. **Club d'échanges sur le transport de marchandises**. Paris, S.E.S., D.A.E.I.

CATIN M. (1993) Performances à l'exportation, structures de production et niveaux de développement des régions. **Revue d'Economie Régionale et Urbaine**, 4, pp. 633-647.

COMMISSARIAT GENERAL DU PLAN (1998) Les perspectives de la demande de transport à l'horizon 2015 : analyses et commentaires. **Atelier sur les orientations stratégiques de la politique des transports et leurs implications à moyen terme**, juin, 65 p.

DAMETTE F. (1994) **La France en villes**. Paris, DATAR / La documentation française.

DURAND S. (1999) Interregional commodity flow modelling: comparative analysis and application of structural coefficients. **8th WCTR proceedings**, Vol. 3, Elsevier Ed.

DURAND S. (2001) **Analyse et modélisation spatiales à long terme du transport national de marchandises**. Lyon, Université Lumière Lyon 2, 440 p. + annexes (Thèse pour le doctorat de sciences économiques).

INSEE (1996) **Les P.I.B. régionaux, sources et méthodes**. INSEE Méthodes, n° 20.

ISARD W (1972) **Méthodologie d'analyse régionale**. Paris, Dunod, 2^{ème} Ed.

JAYET H., PUIG J.P., THISSE J.F. (1996) Enjeux économiques de l'organisation économique du territoire. **Revue d'Economie Politique**, 106 (1), pp. 127-158.

JOURQUIN B. A. M. (1996) **Un outil d'analyse économique des transports de marchandises sur des réseaux multi-modaux et multi-produits, Le réseau virtuel, concept, méthodes et applications**. FUCAM, 212 p. (Thèse de doctorat en sciences économiques appliquées).

LATREILLE C. (1997) **Le modèle Quinquin Fret, un modèle de simulation à l'horizon 2015 des flux nationaux de transport de marchandises**. Lyon, Université Lumière Lyon 2 (Thèse pour le doctorat de science économique).

LE BERRE M. (1992) Territoires. In A. Bailly et al. **Encyclopédie de géographie**. pp. 617-638.

O.E.S.T. (1995) **Les trafics de marchandises, SITRAM Résultats généraux**. Statistiques de l'année 1994, Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et du Tourisme.

PINI G. (1992) L'interaction spatiale. In A. Bailly et al. **Encyclopédie de géographie**. pp. 557-576.

PLASSARD F. (1990) Axes autoroutiers et développement des régions. **les Cahiers Scientifiques du Transport**, 22, pp. 82-97.

PUMAIN D., SAINT-JULIEN TH. (1989) **Atlas des villes de France**. Reclus - La documentation française, 175 p.

SAVY M. (1996) Les temps du fret. **Transports**, 376, pp. 89-93.

ANNEXE

ARCHITECTURE DU MODELE QUINQUIN FRET MULTIREGIONAL

