

DEVELOPPEMENT
& AMENAGEMENT

LA DIFFUSION DANS L'ESPACE
DES FLUX
DE TRANSPORTS DE MARCHANDISES

Elisabeth Gouvernal et Paul Hanappe

CDAT
6236

1979

1948

1949

1950

1951

1952

D.G.R.S.T
Décision d'aide à la recherche
n°77.7.1682

Mission de la Recherche
du Ministère des Transports
A.T.P. socio-économie des
transports
32, avenue du Président Kennedy
75775 Paris Cedex 16

LA DIFFUSION DANS L'ESPACE
DES FLUX DE TRANSPORT
DE MARCHANDISES

Rapport de la recherche effectuée par
Elisabeth GOUVERNAL et Paul HANAPPE (directeur scientifique)

DEVELOPPEMENT ET AMENAGEMENT
87, avenue Denfert Rochereau
75014 PARIS

1979

SOMMAIRE

	Page
<u>INTRODUCTION</u>	1
<u>CHAPITRE I - OBJET DE LA RECHERCHE</u>	
HYPOTHESES	6
1.1 Situation du sujet de recherche	7
1.2 Le cadre général d'hypothèses	12
1.3 Hypothèses relatives à la diffusion	15
<u>CHAPITRE II - METHODE</u>	17
2.1 Principe général	18
2.2 Matrices origine-destination disponibles	19
2.2.1 La France	19
2.2.2 La République Fédérale d'Allemagne	27
2.2.3 La Pologne	28
2.3 Choix des indicateurs	28
2.4 Les indicateurs vus sous l'angle de la théorie statistique	32
2.5 Modalités retenues pour l'interprétation des indicateurs	42
<u>CHAPITRE III - RESULTATS</u>	45
3.1 Examen global	46
Cohérence statistique des résultats	52
3.2 Examen analytique des résultats	55
3.2.1 <u>La France</u>	56
3.2.11 Trafic intérieur	56
3.2.111 Comparaison intermodale	
a/ toutes marchandises confondues	56
b/ en distinguant les marchandises	57
3.2.112 Comparaison intermarchandises	
a/ tous modes confondus	60
b/ en distinguant les modes	61
3.2.12 Importations	
3.2.121 Comparaison intermodale	
a/ toutes marchandises confondues	64-
b/ en distinguant les catégories de marchandises	65
3.2.122 Comparaison intermarchandises	
a/ tous modes confondus	68
b/ en distinguant les modes	69

3.2.13	Exportations	
3.2.131	Comparaison intermodale	
	a/ toutes marchandises confondues	72
	b/ en distinguant les catégories de marchandises	73
3.2.132	Comparaison intermarchandises	
	a/ tous modes confondus	76
	b/ en distinguant les modes	77
3.2.2	L'Allemagne	
3.2.21	Trafic intérieur	
3.2.211	Comparaison intermodale	80
 <u>CHAPITRE IV - CONCLUSIONS</u>		81
4.1	Synthèse des résultats	82
4.1.1.	Comparaison intermodales	82
4.1.2.	Comparaison inter-marchandises	84
4.1.3.	Comparaison selon la nature du trafic	85
4.1.4.	Résultat méthodologique	86
4.2	Conclusions générales et voies de recherche	87
4.2.1.	Problèmes de méthodologie statistique	89
4.2.2.	L'identification des mécanismes économiques sous-jacents à la diffusion	90
4.2.3.	Un découpage géographique plus fin	92
4.2.4.	Des comparaisons internationales et dans le temps	93
 ANNEXE		95
Tableaux 1.	Analyse de l'évolution des matrices de transport	98
Tableaux 2.	Graphiques	203
Tableaux 3.	évolution comparée des matrices	205
 Annexe au chapitre II. - valeurs numériques		230
 BIBLIOGRAPHIE		235

"Et murmurant murmure
d'aveugle-né aux quinconces
du savoir"

(Saint-John Perse)

INTRODUCTION

Transports et espace sont des notions étroitement liées. Le sens commun le suggère ; les analyses et les théories le confirment.

Sans doute, la dimension spatiale n'est pas la seule à prendre en compte dans l'étude du transport. En attestent les nombreux et souvent excellents travaux qui portent sur les transports en tant que phénomène économique national ou international, ou comme objet de recherches sociologiques, psychologiques ou autres. Leur masse étonne néanmoins, face aux publications, en nombre beaucoup plus restreint, qui portent sur les aspects spatiaux du transport ; cette appréhension de l'insertion spatiale du transport dans l'économie paraît pourtant essentielle pour comprendre l'articulation, particulièrement riche, de l'activité transport avec le fonctionnement de l'activité économique.

Une des raisons de cette apparente négligence est à trouver sans doute dans la rareté et la faible maniabilité des données sur l'inscription des transports dans l'espace. Pour la plupart des pays européens, ce n'est guère que depuis une dizaine d'années que l'on dispose d'un ensemble cohérent de matrices origines-destinations par modes, par catégories de marchandises et avec un découpage géographique raisonnablement fin ; et encore leur fiabilité n'est pas toujours parfaite. De plus la manipulation de matrices implique le recours à des outils mathématiques qui ne sont certes guère compliqués mais qui vont au delà du recours au simple bon sens ; elle nécessite de surcroît l'utilisation, encore relativement coûteuse, de l'ordinateur.

Ce genre de travaux connaît cependant depuis quelques années un intérêt croissant, que l'on ne peut expliquer simplement par l'abaissement du coût et la facilité d'accès à l'informatique. N'est-ce pas parce qu'il est généralement ressenti, de façon plus ou moins explicite, que l'entrée dans une nouvelle phase économique, marquée par le ralentissement de la croissance et diverses crises, doit

entraîner des répercussions sur l'organisation de l'espace. Plusieurs travaux, dans divers pays, s'inscrivent explicitement dans cette perspective et concluent à la pertinence de cette hypothèse. Après une longue éclipse, due à une foi naïve dans la poursuite indéfinie de l'expansion, les études Kondratieviennes connaissent un vigoureux renouveau d'intérêt tant chez les économistes que chez les historiens, dans la plupart des pays d'Europe occidentale, et dans une moindre mesure aux Etats-Unis et au Japon. Parmi bien d'autres, et seulement parce que leurs préoccupations sont plus proches des nôtres, on peut mentionner les noms de J. Bouvier, R. Cameron, F. Caron, J. Forrester, C. Freeman, H.C. Kuiler, J.J. van Duyn, ... En ce qui concerne l'incidence des mouvements longs sur les transports et sur leur organisation spatiale, il faut citer D. Cornuel et Y. Gorrichon qui repréentent les études historiques longues que D. Renouard avait menées jusqu'aux lendemains de la deuxième guerre mondiale, les travaux de H.C. Kuyler, sur le redéploiement de l'activité, des échanges et des transports de marchandises dans une optique explicitement Kondratievienne, les analyses régionales des échanges ferroviaires de Michel Chesnais, qui conclut lui aussi, mais en recourant à une méthodologie très différente, à une diffusion croissante des trafics, les projets du Nederlands Vervoerwetenschap Instituut qui veut également étudier la diffusion de flux de transport de marchandises, ... Nos travaux de ces dernières années, et celui-ci en particulier, se situent dans cette ligne : ils tendent à montrer comment le retournement des mouvements longs de Kondratieff affecte les transports et l'organisation de l'espace industriel, qu'il s'agisse de l'industrie lourde, des grands ports ou maintenant de la diffusion dans l'espace des flux de transport terrestre.

Alors que nos travaux précédents portaient principalement sur l'industrie lourde ou de grande taille (sidérurgie, automobile, chimie) dont les problèmes de localisation et de transport se posent à l'échelle mondiale, la recherche qui est ici présentée porte sur les transports terrestres de pays européens et sur des produits plus diversifiés. Ceci nécessite d'autres méthodes et en particulier le traitement statistique global de données beaucoup plus nombreuses. Nous avons pu à cet égard bénéficier de l'aide de l'I.R.T. Dans le département de Roger MARCHE (Transports Interurbains et Internationaux), Jean-Michel FOURNIAU et Jean-François LEFOL ont préparé la bonne marche de l'exploitation informatique.

avons discuté abondamment avec Roger MARCHE de l'ensemble de la démarche et des problèmes d'interprétation statistique ; en particulier, nous lui devons l'analyse des relations entre les différents indicateurs, dans l'hypothèse d'une distribution log-normale (paragraphe 2.4. - Les indicateurs, vus sous l'angle de la théorie statistique).

Gilbert CAPLAIN, du département "Recherche Opérationnelle et Informatique", a effectué deux ensembles de travaux : tests de l'hypothèse de log-normalité, étude par simulation de la convergence des indicateurs calculés sur échantillons ; les résultats détaillés de ces travaux seront publiés prochainement et les principales conclusions, rappelées dans le présent rapport, éclairent l'interprétation des résultats obtenus.

Il fallait en effet innover méthodologiquement pour appréhender la concentration ou la diffusion du trafic dans l'espace. A la période de forte croissance qui a suivi la deuxième guerre mondiale correspondait une tendance à la concentration du trafic sur les principaux axes ; du moins de nombreux éléments le suggèrent. Qu'en est-il maintenant que l'économie est entrée dans une autre phase. La réflexion économique, des travaux antérieurs, de Joseph Schumpeter à Bernardo Secchi et, plus près de nous dans le temps et par l'objet, ceux de Michel Chesnais, ainsi que l'expérience vécue des professionnels concouraient à avancer l'hypothèse parallèle, selon laquelle une plus forte diffusion du trafic sur la capillarité des réseaux résulterait de divers mécanismes liés à la crise.

Cette question ne présente pas seulement un intérêt théorique. Les réponses que l'on peut y apporter peuvent éclairer les politiques d'infrastructure et d'exploitation des réseaux : faut-il privilégier les grands axes ou améliorer la capillarité ? faut-il maintenir ou modifier les modalités d'exploitation des petites lignes et des ramifications extrêmes des réseaux ? Le découpage géographique utilisé pour ce travail (la Région en France, le Land en Allemagne) ne permet pas de répondre directement à cette question ; mais la méthode utilisée permettrait, si elle était appliquée à un découpage géographique plus fin, d'y apporter des éclaircissements.

Que la tendance à la diffusion soit établie à l'échelle régionale permet déjà d'éclairer certains choix à l'heure où tant de considérations se conjuguent pour inviter aux économies d'argent et aux économies d'énergie.

A l'issue de ce travail, on peut considérer comme établi que se manifeste depuis le début de cette décennie une tendance globale à la diffusion des trafics terrestres tant en France qu'en République Fédérale Allemande. Cette constatation ne clôt pourtant pas l'affaire.

C'est qu'il faut d'abord la nuancer, par mode de transport, par catégorie de marchandises (1), par nature du trafic, intérieur ou international, et par pays. Ces nuances et les divergences constatées sont en elles-mêmes intéressantes et suggèrent des réflexions dont l'intérêt théorique et pratique apparaîtront à la lecture du texte.

Sur le plan méthodologique, une conclusion d'importance est atteinte : c'est qu'il existe une méthode simple et fiable pour mesurer la diffusion, qui consiste à observer l'évolution dans le temps du coefficient de variation des flux origine-destination autour de leur moyenne. La réflexion théorique autant que l'examen du comportement de nombreux indicateurs amènent à privilégier cette mesure aisée à mettre en oeuvre. Il peut en résulter d'importantes économies de temps et de calcul dans les travaux ultérieurs de ce type.

Tout n'est pas dit dans ces voies au long des pages qui suivent et qui contiennent plutôt une première exploration.

Mais au delà, bien des voies de recherche se dessinent :

- la lecture des résultats à la lumière de la théorie statistique suggère des voies pour l'amélioration de l'appréhension des phénomènes, pour une meilleure connaissance des lois de distribution des flux, de leur structure géographique, et pour la présentation synthétique des résultats.
- si la réalité de la tendance à la diffusion est établie, il reste à explorer la nature et l'ampleur des mécanismes économiques qui la sous-tendent.
- des calculs analogues devraient être effectués en recourant à des découpages géographiques plus fins. Ceci permettrait de répondre théoriquement et empiriquement au problème de la stabilité des indicateurs en fonction de l'échelle du découpage. Et surtout, on pourrait en dégager des conclusions intéressantes en matière de politique des transports, qu'il s'agisse d'infrastructures ou d'exploitation.

(1) celles-ci ont été regroupées par nature économique : produits agricoles, demi-produits industriels, produits industriels finis plutôt que par leur nature physique, qui est à la base des chapitres de la N.S.T. Cette méthode a paru préférable pour l'interprétation économique des phénomènes : le caractère contrasté des résultats obtenus avec ces regroupements en confirme l'intérêt.

- il serait nécessaire d'étendre la connaissance et la mesure du phénomène dans l'espace et dans le temps, dans les limites permises par la disponibilité des données. Parallèlement des analyses portant sur des catégories de trafic ou de mode plus fines sont appelées par l'examen des résultats actuels.

C'est donc un foisonnement de questions qui se découvre, et qui invite à des explorations coordonnées dans de multiples directions ; on peut tenter de devenir un peu moins aveugle dans ces enchevêtrements où commence à se dessiner une organisation cohérente.

CHAPITRE I

OBJET DE LA RECHERCHE - HYPOTHESES

1.1. Situation du sujet de recherche

Le sujet de la recherche se situe au confluent de diverses préoccupations, voies de recherches et éléments d'interprétation de la réalité et de l'analyse économique contemporaine, qui seront évoqués brièvement ici :

a. l'internationalisation de l'économie

Comme toutes les périodes d'expansion soutenue, celle constituée à peu près par les deux décennies qui ont suivi la deuxième guerre mondiale a été marquée par une vague d'internationalisation de l'économie ; elle a été caractérisée essentiellement par l'importation de flux massifs de matières premières et énergétiques, principalement depuis les pays du tiers-monde, par des échanges rapidement croissants de produits industriels finis et semi-finis entre pays industriels d'économie capitaliste (en faisant une place particulière à l'intégration européenne à laquelle sera consacrée un paragraphe ultérieur), par le développement spectaculaire des firmes multinationales à capitaux américains.

Progressivement, mais de façon marquée depuis plus d'une dizaine d'années, se met en place une nouvelle forme d'internationalisation de l'économie, souvent décrite sous le vocable de "nouvelle division internationale du travail". Elle est caractérisée par une certaine forme d'industrialisation dans certains pays du tiers-monde, fondée sur le bas prix de la main-d'oeuvre, la tolérance aux pollutions, parfois l'expansion des marchés locaux ; cette activité industrielle est toutefois étroitement imbriquée dans un procès de fabrication contrôlé techniquement et commercialement par les pays industriels ; il implique des échanges rapidement croissants de produits intermédiaires à l'échelle planétaire (1). Il correspond en fait à une baisse des taux de profit dans les principaux secteurs industriels depuis une dizaine d'années (2), à laquelle les détenteurs de capitaux répondent par un redéploiement sectoriel ; ceci, comme le fait remarquer Destanne de Bernis (3), est classique en raison de la faible mobilité intersectorielle des capitaux dans les phases descendantes des mouvements économiques longs.

(1) Voir en particulier les travaux du GRESI sur ce sujet.

(2) Voir la "fresque historique de l'INSEE" et la polémique entre le professeur M. Feldstein (Harvard) et W. Nordhaus (President's Council of Economic Advisers).

(3) dans son introduction à l'ouvrage de Rolande BORRELY, Les disparités sectorielles des taux de profit, Grenoble, Presses Universitaires de Grenoble, 1975, 259 pp.

b. le retournement des mouvements économiques de longue durée

Un nombre croissant d'auteurs, d'horizons et de pays divers interprètent l'histoire économique d'après guerre en termes de mouvements économiques longs, dits "de Kondratieff" (1). Après une phase d'expansion de longue durée (de 1947 à 1967, ou 1971 selon d'autres auteurs) les économies de libre entreprise sont entrées dans une phase descendante, au sein de laquelle les diverses "crises" contemporaines trouvent leur explication logique (crises monétaire, énergétique, urbaine, de l'emploi, du fret, ...).

Dans un travail réalisé dans le cadre de la préparation du VIIe Plan pour la recherche en socio-économie des transports, nous avons montré comment cette alternance dans l'histoire économique se marque profondément dans l'organisation de l'espace et des transports. On n'en rappellera ici que les éléments qui sont le plus directement en relation avec le sujet traité.

On a déjà évoqué comment les modalités d'internationalisation de l'économie obéissent au rythme des mouvements longs. De façon plus générale, il importe de voir comment ce rythme affecte l'organisation de l'espace.

La période ascendante d'après-guerre a vu jouer à l'échelon européen des forces centripètes entraînant une forte concentration des forces productives sur l'axe central "lotharingien", la constitution de puissantes zones industrialo-portuaires, le renforcement démographique et économique des grandes métropoles telles que la région parisienne, ... et sur le plan des transports la concentration portuaire et aéroportuaire, la constitution d'axes lourds (électrification des chemins de fer, réseaux autoroutiers, axes fluviaux, transports par conduite, ...).

Il serait simpliste d'en conclure qu'avec la phase descendante, ce sont les tendances inverses qui se mettent à prévaloir mécaniquement. L.H. Dupriez pense même que l'élimination des entreprises les moins rentables devrait contribuer à contracter l'espace sur les zones les plus fortes ; toutefois la concurrence plus aigüe amène à rechercher des facteurs de production moins coûteux dans les zones périphériques, à rechercher plus loin des marchés plus diffus. Tant sur le plan du développement des réseaux (en distinguant selon qu'ils

(1) Notamment P. Boccara, P. Dockès, J.J. van Duyn, L.H. Dupriez, J. Forrester, N. Kaldor, E. Mandel, ...

sont ou pas dotés d'ubiquité) que sur celui des flux de transports (2), c'est plutôt l'hypothèse d'une expansion de l'espace économique et d'une diffusion de la fonction transport qui est suggérée.

Semblablement, les travaux de Bernardo Secchi sur l'Italie depuis le début du siècle, montrent que les migrations intérieures et les inégalités régionales croissent surtout pendant les périodes de croissance économique soutenue .

Il faut rappeler enfin que dans le secteur transport comme ailleurs, les phases ascendantes demandent surtout des investissements de capacité, tandis qu'en phase descendante, on est contraint d'améliorer la productivité, les "qualités de service" et que de nombreuses innovations apparues pendant la phase ascendante ne connaissent une application généralisée qu'au cours de la phase descendante suivante.

c. l'intégration européenne

Il s'agit d'un phénomène d'une nature différente de l'internationalisation de l'économie, non seulement en ce qu'il couvre un espace plus restreint, mais surtout en ce qu'il implique des caractéristiques précises, distinctes de celles que l'internationalisation de l'économie a prises au cours des dernières périodes :

- la réalisation effective d'un marché pour la plupart des marchandises, avec un minimum d'entraves invisibles

- la circulation effective des marchandises dans cet espace, se traduisant pendant la période de croissance par une intensification des flux de transports européens plus forte que celle des autres catégories

- la mutation industrielle des pays concernés, et particulièrement de la France, en préparation à et sous l'impulsion de la réalisation de ce marché ; en particulier la constitution de grandes firmes nationales dans les principaux secteurs industriels, puis l'europanisation des implantations de ces firmes.

Cette intégration européenne s'est d'abord réalisée dans l'expansion. La diminution des taux de profit et le ralentissement de la croissance n'ont pas enrayé le processus par un retour au protectionnisme, au moins jusqu'à aujourd'hui ; certes des mécanismes défensifs sont apparus, en particulier d'ordre monétaire ; mais l'intégration n'est pas mise en cause même si elle prend d'autres formes.

(2) D. Renouard a montré l'allongement des distances et la croissance **relative** des tonnages dans les phases dépressionnaires.

Ceci apparaît clairement dans la différenciation technique et sociale de l'espace, par le rôle singulier qu'y jouent certains pays et certains types de région. Cette organisation de l'espace a pour complément indissociable une politique de transport, spécifique à chaque pays en fonction de son rôle dans l'intégration européenne.

- l'Allemagne a développé d'abord ses grands axes intérieurs, tâche d'autant plus nécessaire que les modifications de frontières consécutives à la deuxième guerre mondiale appelaient une orientation nord-sud à substituer à l'ancienne polarisation sur Berlin et à des lignes de forces est-ouest. Plus récemment avec la mise en place de l'intégration européenne, et en raison du poids économique considérable de ce pays, les efforts ont été orientés surtout vers l'extension de ces grands axes jusque dans les pays voisins.

- la Belgique et les Pays-Bas, pays de taille réduite, mais disposant en particulier d'infrastructures portuaires excellentes ont travaillé principalement à relier leurs ports à leur hinterland qui couvre bien plus que le territoire national. D'autre part, sans doute en raison du caractère particulièrement ouvert de leur économie (résultant notamment de la taille des pays), la part des capitaux nationaux investis dans les entreprises de transport est particulièrement importante, et l'une des constantes des politiques nationales a consisté à oeuvrer au plan européen pour en améliorer la rentabilité.

- la France s'est d'abord attachée à la structuration de son espace national, en particulier en fonction de la création de pôles industrialo-portuaires, ainsi qu'à la préservation de son capital transport dans lequel les entreprises artisanales occupent une place importante. Plus récemment, et singulièrement depuis que l'expansion a rencontré ses premiers freins, elle a cherché à se raccorder aux réseaux européens.

- l'Italie a eu comme souci majeur d'améliorer ses relations avec une Europe dans laquelle son industrie aux taux de croissance particulièrement vifs, trouvait ses principaux débouchés. Depuis que ceux-ci se font plus difficiles et que la croissance s'y heurte à des difficultés particulièrement graves, l'effort porte surtout vers les liaisons avec le Midi, cette colonie intérieure, selon un comportement cyclique qui est classique dans ce pays.

d. les effets du retournement sur l'économie maritime et portuaire

Il y a lieu d'évoquer ici l'essentiel des conclusions de la recherche que nous avons effectuée dans le cadre de l'A.T.P. socio-économie des transports au cours du VI^e Plan, sur "les ports industriels et les mouvements économiques longs". Elle montre un net contraste entre la phase ascendante du Kondratieff qui a suivi la deuxième guerre mondiale et sa phase descendante dans laquelle nous sommes maintenant engagés.

Pendant la phase ascendante, sous l'impulsion de la branche pétrolière mais en allant bien au delà des besoins immédiats de celle-ci, tous les efforts des milieux maritimes et portuaires ont porté sur le développement des transports massifs de produits en vrac, avec abaissement concomitant des coûts de transport sous l'effet des investissements de capacité et des économies d'échelle. Il en est résulté une forte concentration portuaire. Par ailleurs la nouvelle orientation géographique des flux ainsi que l'importance du coût des ruptures de charge ont fait des principaux ports des lieux de concentration de l'industrie lourde, au détriment relatif de la fonction commerciale et de transit des ports.

Par contraste, depuis le retournement de la conjoncture longue, cette fonction tend à reprendre la première place, entraînant notamment une redéfinition du rôle et une modernisation des auxiliaires de transport. Le souci d'améliorer la rotation des marchandises et la transmission rapide des produits industriels intermédiaires guide la généralisation d'innovations techniques aussi diverses que les conteneurs, les navires et engins de manutention spécialisés pour des produits très divers, du soufre liquide aux automobiles. Il est demandé aux ports d'être un élément aussi léger que possible dans une chaîne transport à laquelle les chargeurs demandent avant tout souplesse et célérité.

x x

x

C'est ce contexte qui mène à l'interrogation centrale du sujet de recherche proposé : comment le retournement récent de conjoncture longue affecte-t-il la distribution spatiale des flux de transport terrestre. Plus concrètement : comment ce retournement affecte-t-il l'organisation de l'espace européen et des transports correspondants : à une phase de polarisation sur des axes et des régions spécifiques, faut-il opposer, avec le ralentissement de la croissance, une phase d'expansion de l'espace économique et de diffusion des besoins en transports ?

1.2. Le cadre général d'hypothèses

- a. La situation économique contemporaine se caractérise par l'entrée dans une phase descendante des mouvements longs de Kondratieff, caractérisée notamment par un net ralentissement des taux de croissance. Elle contraste de ce point de vue avec la situation qui a prévalu de 1947 à 1967 (ou 1971 selon d'autres critères (1)) et qui était caractérisée au contraire par des taux de croissance soutenus.

- b. Ce retournement a des répercussions sur l'organisation de l'espace mondial et européen, en particulier sur le rôle spécifique des régions et sur leur mode d'articulation au reste du monde. En ce qui concerne l'espace européen, les observations et la logique économique amènent à faire l'hypothèse que, pour des raisons spécifiques sur lesquelles on reviendra plus loin, l'espace économique a tendance à s'étendre et que la fonction transport doit couvrir des espaces plus ramifiés.

Ceci paraît corroboré par l'expérience historique : on peut citer le développement des chemins de fer français qui a commencé logiquement par celui des grands axes, pendant une phase ascendante des mouvements longs, tandis que les mailles secondaires des réseaux ont été développées pendant la phase descendante qui a duré de 1871 à 1893, à une époque où d'ailleurs l'intervention de l'Etat a commencé à se faire sentir plus nettement dans l'économie.

(1) ce qui n'implique pas nécessairement que l'une de ces deux dates soit nécessairement pertinente pour les problèmes de transport : il est en effet courant que certains décalages se produisent pour des catégories particulières de phénomènes ; comme on le verra dans les résultats, c'est dans certains cas 1973 qui apparaît comme la date pivot à propos de la concentration-diffusion des flux de transport.

c. En ce qui concerne plus spécifiquement les transports il faut distinguer :

- les aspects internes à l'activité transport

- les modes d'insertion des transports dans l'économie.

i. l'activité transport subit une crise comme la plupart des activités économiques, avec ses traits habituels : amélioration de la productivité moyenne par élimination des entreprises (et pour certains flux) des modes les moins rentables ; dévalorisation par segmentation entre grandes entreprises et artisanat ; remise en cause des limites entre transports publics et transports privés. L'équilibre qui permettait au système de fonctionner de façon satisfaisante jusqu'à ces dernières années peut être remis en cause par la baisse de volume du fret et sans doute aussi par la hausse du coût de l'énergie dont les effets ne pourront être indéfiniment écartés des transporteurs routiers ; les problèmes des bateliers risquent aussi de devenir beaucoup plus aigus.

L'application d'innovations peut être un remède à certaines de ces difficultés, mais ceci est à voir aussi en liaison avec les exigences nouvelles des chargeurs ; l'exemple maritime et portuaire montre en effet que celles-ci peuvent faire surgir des innovations qui ne vont pas toutes dans le sens d'une diminution des coûts.

ii. les chargeurs, subissant eux-mêmes les contraintes de la crise, et qui se trouvent souvent dans une position dominante à l'égard des transporteurs, présentent des exigences nouvelles, qui ne vont plus dans le sens du transport massif et croissant sur de grands axes. Il importe surtout pour eux maintenant d'accélérer la réalisation de leurs marchandises et d'améliorer la rotation de leur capital. Pour cela, il leur faut atteindre plus vite et plus sûrement un plus grand nombre de marchés.

La singularité de la réponse de l'activité transport au retournement conjoncturel vient de ce qu'elle subit ces deux types d'influence, largement contradictoires.

d. terrain d'investigation

La question posée se pose certainement sur le plan mondial. On peut même affirmer que ce plan est déterminant économiquement. Toutefois les contraintes géographiques qu'il impose à la structure des transports intra-européens sont relativement externes, si bien que le plan mondial et le plan européen peuvent être étudiés de façon assez distincte.

Le plan mondial a déjà fait l'objet de recherches dans le cadre de l'A.T.P. transport au cours du VIe Plan. Le champ est toutefois énorme et de nombreux grands sujets restent à étudier.

La présente recherche est toutefois centrée sur les aspects complémentaires de ceux qui viennent d'être évoqués. Elle se situe en effet sur le plan européen, et de ce fait réserve l'essentiel de la tâche aux transports terrestres.

L'étape actuelle concerne deux pays : la France, qui nous concerne le plus directement et l'Allemagne, pays le plus avancé dans l'industrialisation.

e. période couverte

La problématique générale de la recherche amènerait à retenir une durée suffisamment longue pour couvrir l'ensemble ou au moins une large partie de la période ascendante ainsi que la part de la période descendante sur laquelle nous disposons déjà d'informations.

Toutefois, comme on le verra au chapitre II, des matrices origine-destination relativement fiables ne sont disponibles (sauf reconstitution très laborieuse de fichiers homogènes) pour l'ensemble des modes de transport que depuis une dizaine d'années.

En raison du caractère exploratoire de la recherche, tant sur le plan de la problématique que sur celui de la méthodologie, il était plus prudent de les tester en travaillant sur les banques de données existantes.

En conséquence les résultats obtenus ne couvrent que la période descendante. Si pour cette phase ils se trouvent être en effet conformes à la problématique et aux hypothèses, ils ne suffiront cependant pas à valider l'ensemble de celles-ci.

1.3. Hypothèses relatives à la diffusion

A priori, l'observation d'une plus grande diffusion dans l'évolution d'une matrice de transport peut résulter soit d'une plus grande dispersion dans l'espace de la pondération des lieux d'origine et de destination, soit d'une plus grande mobilité des objets ou des personnes transportés, soit de la combinaison de ces deux catégories de facteurs. Le travail actuel n'a pas été poussé suffisamment loin pour trancher cette question, encore qu'il suggère des méthodes qui devraient permettre de le faire. Mais avant d'aller plus loin dans cette voie, il fallait d'abord répondre à la question préalable : y a-t-il diffusion croissante des trafics ?

Une réponse positive à cette question étant maintenant acquise, il conviendra de réfléchir plus profondément aux déterminants de cette évolution et aux moyens d'identifier leur rôle respectif. Localisation et mobilité ne sont toutefois pas des catégories économiques en tant que telles. Il faut donc rechercher derrière ceci les mécanismes de nature économique qui peuvent expliquer des modifications de comportement des agents. Sur le jeu des facteurs de localisation, sur l'efficacité des politiques d'aménagement du territoire, et sur la diminution de leur efficacité depuis l'entrée des pays occidentaux dans la crise, bien des choses ont été écrites qu'il serait prématuré de reprendre ici. Quant à une plus grande mobilité des marchandises, elle peut résulter de divers mécanismes :

- les producteurs, ressentant de plus grandes difficultés à écouler leurs marchandises, sont amenés à rechercher d'autres marchés, non seulement plus loin, mais aussi dans des zones où la densité de la demande (celle des revenus pour les produits finis) est plus faible et qui avaient été négligées, abandonnées à la production locale artisanale, dans leurs efforts de commercialisation de la période de forte croissance.
- plus généralement, l'histoire économique révèle que les périodes de baisse des mouvements longs entraînent d'importants bouleversements dans les prix relatifs (1).

(1) Cette idée nous a été suggérée par Saul Barkin, professeur à l'Université du Massachusetts à Amherst, et l'un des fondateurs de la "mésio-économie"

Or c'est sur la base d'un système de prix relatifs donné, et relativement stable que s'était établi pendant la période de croissance, un système équilibré d'aires de marché, conforme par exemple à la théorie d'Auguste Loesch et aux observations de Christaller. Les modifications de prix relatifs bouleversent ces équilibres spatiaux ; les tâtonnements qui s'effectuent dans la recherche de nouveaux équilibres suscitent des flux instables, pouvant se croiser les uns les autres ; mais le continuel bouleversement des prix relatifs, dans le cadre des crises diverses qui ne cessent d'apparaître pendant cette phase, remet en cause tout nouvel équilibre avant même qu'on n'ait pu se rapprocher de lui. En conséquence, le poids relatif des flux erratiques doit être beaucoup plus important que lors des phases de croissance régulière.

- enfin, les transporteurs, souffrant comme on l'a dit, d'une "crise dans la crise", améliorent leurs offres, en prix ou en qualité de services, et recherchent eux-mêmes du fret sur les liaisons peu chargées qu'ils négligeaient antérieurement car elles ne permettaient pas de bons coefficients de remplissage, n'assuraient pas suffisamment de fret de retour, ...

Ces diverses explications ne sont pas mutuellement exclusives. Elles mettent toutes trois l'accent sur l'augmentation de mobilité résultant du ralentissement de la croissance et des autres perturbations liées à l'entrée dans une phase descendante des mouvements de Kondratieff. Ces facteurs sont également susceptibles d'agir sur la localisation des lieux d'émission et de réception des trafics et, par ce biais d'influencer la diffusion relative des flux. Evaluer la part respective de ces mécanismes dans l'évolution de la diffusion est une des tâches qu'appelle la conclusion du présent travail ; on y reviendra à la fin de cet ouvrage (1).

(1) cf. Chap. IV, § 4.22, en page 90

CHAPITRE II

METHODE

2.1. Principe général

Afin de mesurer comment évoluent les flux de marchandises, et en particulier de voir si l'on observe une relative diffusion dans l'espace, ou au contraire une concentration croissante des trafics sur les grands axes, on a calculé un certain nombre de paramètres sur des matrices origine-destination comparables dans le temps. On a traité les éléments de chaque matrice origine-destination comme constituant une population caractérisée par l'importance du tonnage sur chaque liaison. Chaque matrice peut ainsi être considérée comme une série de fréquences. On a pris soin auparavant d'éliminer la diagonale de ces matrices, c'est-à-dire le trafic interne à chaque zone qui comprend une part importante de transports terminaux et de distribution qui obéissent à d'autres lois économiques (1). Puis on peut analyser ces séries de fréquences par diverses méthodes statistiques, décrites en 2.3.

Le nombre élevé de matrices traitées (288 pour la France, 36 pour l'Allemagne Fédérale et 2 pour la Pologne) permet de mesurer la sensibilité et la stabilité des résultats.

L'unité de transport retenue est la tonne et non la tonne-kilomètre, car la notion de distance est différente de celle de diffusion. En traitant les matrices en tonnes-kilomètres, on aurait privilégié sans raison les liaisons à longue distance. On a cependant à titre de vérification effectué quelques calculs en tonnes-kilomètres, ce qui a permis d'observer que cela ne change pas fondamentalement la nature des résultats.

Ce travail a été effectué sur trois pays : l'Allemagne Fédérale, la France et la Pologne. De façon à éliminer l'influence de la croissance relativement plus forte du commerce international entre les pays de la CEE, on a traité de façon tout-à-fait séparée les matrices du trafic interne aux pays et celles de leur trafic international terrestre.

(1) C'est aussi une façon de prendre en compte dans une certaine mesure de façon négative l'effet de la distance sur les trafics, effet négligé par ailleurs.

On a distingué trois modes de transports, fer, route et voie d'eau (1), afin de voir si chacun a une spécificité, que l'on croisera avec trois groupes de marchandises, choisies pour représenter : la première, les produits agricoles, dont les flux doivent se modifier surtout en fonction de la géographie de la consommation, les demi-produits, flux inter-industries affectés donc essentiellement par la localisation de l'industrie et les produits finis, flux des industries vers les lieux de consommation, marqués donc tant par la localisation des productions que des consommations.

2.2. Matrices origine-destination disponibles

Il aurait été intéressant de pouvoir traiter des matrices couvrant l'ensemble de la Communauté Economique Européenne ; malheureusement on ne dispose que pour une année de matrices de trafic origine-destination différenciées selon le mode et les marchandises transportées. Dès lors, conformément à ce qui avait été prévu dans la déclaration d'intention on a traité les matrices de deux pays (2), à savoir la France, l'Allemagne Fédérale. A titre de contre exemple, et pour tester la sensibilité de la méthode à des situations très différentes, la méthode a été appliquée également à des matrices polonaises, datant respectivement de 1958 et de 1973. On examinera maintenant pour ces trois pays les caractéristiques des matrices utilisées.

2.2.1. la France

Les matrices utilisées proviennent des fichiers SNCF, ONN, des feuilles de route pour le transport routier public et de l'enquête annuelle du SAEI pour l'ensemble du trafic routier. Ces fichiers ont été regroupés par le SAEI dans le cadre du SITRAM "Système d'information sur les Transports de Marchandises" existant depuis 1970.

(1) en négligeant donc des modes spécifiques ou de tonnages totaux relativement faibles, tels que le transport par conduite, le cabotage et le fret aérien.

(2) Il avait été prévu initialement de travailler également sur des matrices hollandaises ; celles-ci n'ont pas été rendues disponibles en temps utile ; rien ne s'oppose cependant à ce que ce travail soit effectué ultérieurement.

2.2.1.1. années

Les années traitées iront de 1971 (1) à 1976, l'année 1977 n'étant pas encore disponible au moment où les calculs ont été effectués. Il se pose un problème en 1975 car à partir de cette date, pour le transport routier, le trafic des véhicules de charge utile de moins de 3 tonnes jusqu'alors comptabilisé, n'a plus été pris en compte. Les années antérieures et postérieures au 1er janvier 1975 ont donc du être homogénéisées de ce point de vue par une méthode décrite plus loin (voir le paragraphe 2.2.1.4).

2.2.1.2. découpage géographique

Les matrices de trafic de département à département ne sont disponibles dans le SITRAM que depuis 1974 pour la SNCF ; or il importe de pouvoir comparer au fil des années des matrices de structure identique. De plus la fiabilité des données, en particulier pour la route, décroît sensiblement lorsqu'on procède à un découpage géographique plus fin. Dès lors, on a retenu pour le transport intérieur le découpage régional en vingt et une régions (la Corse et la Provence-Côte-d'Azur sont regroupées).

Le trafic international traité distinctement du trafic intérieur, diffère des matrices de ce dernier par le découpage géographique. Pour ce trafic on a traité séparément les importations et les exportations et pour chacun de ces ensembles, les matrices des trafics entre les régions françaises - les 21 définies plus haut - et chacun des pays de la CEE à six (Allemagne Fédérale, Pays-Bas, Union Economique Belgo-Luxembourgeoise et Italie).

On utilise le fichier des douanes, en prenant comme critère le mode en France, et non le mode à l'étranger ou à la frontière ; jusqu'en 1974, il s'agissait du mode utilisé juste après le passage de la frontière ; depuis 1975, il s'agit du mode principal en France. En fait on peut négliger cette distinction qui ne doit peser de façon importante que pour des trafics non pris en compte dans ces calculs, tels que les transports maritimes ou les transports terrestres fluviaux à l'étranger et dans le premier tronçon français, routier ou ferroviaire au delà (avec transbordement à Givet, Strasbourg ou sur la Moselle à grand gabarit par exemple) : en effet ces transports fluviaux concernent largement des marchandises telles que le charbon, les matières premières minérales, non reprises dans le présent travail.

(1) car l'année 1970 a été celle de la mise en route du fichier et le contenu de cette année n'est pas strictement comparable à celui des années suivantes.

2.2.1.3. regroupement par produit

On utilise les 54 groupes NST (à deux chiffres) que l'on regroupe en trois grandes catégories :

1. produits agricoles.
2. produits demi-finis
3. produits finis.

Ces trois catégories dont nous avons déjà vu l'intérêt dans la présentation de la méthode (cf. 2.1), repèrent respectivement les trafics entre :

- lieux de production agricole et lieux de consommation
- les échanges inter-entreprises
- les trafics de l'industrie vers les lieux de consommation.

Le contenu exact des trois catégories a été dicté par des considérations de disponibilité et de comparabilité des regroupements statistiques existants (1).

2.2.1.4. modes de transport

Les modes intéressant cette recherche ont déjà été définis. Quelques problèmes se posent concernant le transport par route.

- a) dans le sondage TRM, les camions de 15 ans d'âge sont éliminés depuis 1975. Mais la différence est minime et peut être négligée.

(1) cf. tableau a.

Tableau a.

Intitulé	Contenu en NST	
	N° NST	Intitulé
1	2	3
Produits alimentaires	02	Pommes de terre
	03	autres légumes et fruits frais
	00-12- -13 -14 -16 -17	animaux vivants, boissons, aliments divers et conserves de viande et de poisson, aliments non sujets à corruption, houblon, aliments pour bétail, déchets.
demi-produits	05	bois et liège
	04 - 09	matières premières, textiles naturels et synthétiques, autres produits bruts d'origine animale ou végétale
	33	gaz liquide ou comprimé
	81 - 82	produits chimiques de base, alumine
	51 - 52	fer et acier, alliages ferreux
	53 - 54	demi-produits sidérurgiques
	55	barres, profilés, rouleaux de fil, éléments pour voies ferrées, buses, tuyaux, fonte brute, pièces forgées en fer et en acier
produits finis	95	verre et céramique
	56	métaux non ferreux
	94	produits métalliques
	91 - 92 93	matériel de transport, tracteurs et machines agricoles, autres machines appareils et moteurs.
	96 - 97	cuirs, produits textiles et habillement, autres produits fabriqués
	98	marchandises diverses

b) le second point a déjà été évoqué, il s'agit de l'élimination des véhicules de charge utile de 1 tonne à 3 tonnes, qui figuraient dans les fichiers jusqu'en 1975 et ont été abandonnés dans les années suivantes. Il apparaît que, même au delà de 150 km, ces trafics peuvent constituer jusqu'à 15 % du total en transport privé ; en transport public, cette proportion est beaucoup plus faible. De plus on constate une tendance à l'allongement des distances moyennes pour les petits véhicules en transport privé. Il est donc apparu nécessaire d'homogénéiser les fichiers en éliminant les véhicules de charge utile de 1 à 3 tonnes pour les années 1971 à 1974. La méthode utilisée et ses justifications sont décrites ci-après.

Elimination des véhicules de charge utile de 1 à 3 tonnes

L'élimination directe du fichier, pour les années 1971 à 1974, des données concernant les charges utiles comprises entre 1 et 3 tonnes est apparue trop compliquée et trop coûteuse. Il fallait donc trouver une méthode plus simple qui permette de retirer forfaitairement cette catégorie.

Les données permettant de faire ce passage de la période antérieure à 1974 aux années suivantes, sont rares.

- la relation la plus significative qui est apparue est celle liant le trafic par catégorie de tonnages à la capacité du parc en service de préférence à celle le liant au nombre de véhicules.
- un problème nouveau se pose alors au niveau des catégories de tonnages. En effet en ce qui concerne le trafic (en tonnes) les catégories de 1 à 3 tonnes et 3 à 6,6 tonnes sont distinguées pour l'année 1974, tandis que la capacité est distinguée seulement selon deux catégories : de 1 à 6,6 tonnes et celles de 6,6 tonnes et plus pour la période de 1965 à 1974.

En prenant l'année 1974 comme base de référence, on voit que la capacité des véhicules utilitaires de moins de 6,6 tonnes représente 32 % de la capacité du parc et assure 19 % du trafic total. Celui-ci se répartit de la manière suivante :

- 8 % pour la catégorie 1 à 3 tonnes
- 11 % pour la catégorie 3 à 6,6 tonnes

C'est-à-dire que la part des 1 à 3 tonnes dans le trafic des 1 à 6,6 tonnes représente $8/19 = 0,4$.

En faisant l'hypothèse d'une part, que le trafic est proportionnel à la capacité, et d'autre part que la part relative du trafic assuré par les 1 à 3 tonnes reste approximativement constante, soit 40 %, on pourra dresser une série chronologique du trafic assuré par les véhicules de 1 à 3 tonnes avant 1974.

Prenons l'exemple du calcul effectué, l'année 74. Les pourcentages mentionnés dans le tableau sont exprimés par rapport, respectivement, au trafic total et à la capacité totale.

catégorie de charge utile	1 à 6,6 t	1 à 3 t	3 à 6,6 t
1	2	3	4
Trafic	19 %	8 %	11 %
Capacité	32 %	12,8 %	19,2 %

Les chiffres de la 2ème colonne (part des 1 à 3 t) dans les petits tonnages sont obtenus en appliquant aux capacités le ratio de 0,4 observé sur les trafics : $32 \% \times 0,4 = 12,8 \%$
et $32 \% \times 0,6 = 19,2 \%$

Le rapport entre capacité et trafic est donc pour la catégorie des véhicules de charge utile de 1 à 3 tonnes de :

$$\frac{12,80 \%}{8 \%} = 1,6$$

Ce qui nous amène au tableau suivant :

unité : %

Eléments de calcul	1966	1970	1971	1972	1973	1974
1	2	3	4	5	6	7
1 Capacité 1 t à 6,6 t (1)	49,7	40	39	37	34	32
2 Capacité 1 t à 3 t (2)	19,9	16	16	15	13,6	12,8
3 Trafic 1 t à 3 t (3)	12,5	10	10	9	8,5	8

Le calcul avec sa série chronologique de 70 à 74 et l'année 1966 comme point de repère permet de remarquer une diminution arithmétique de pourcentage du trafic des 1 à 3 tonnes par rapport au trafic total qui est de 0,5 % par an.

Il est toutefois apparu insuffisant de prendre en considération ce trafic des véhicules de petit tonnage toutes professions confondues. On a donc distingué les évolutions diverses qui ont pu affecter le transport pour compte propre et le transport pour compte d'autrui. Cette différenciation s'avérait nécessaire puisque la part du trafic assurée par les véhicules de charge utile de moins de 3 tonnes est beaucoup plus faible en ce qui concerne les comptes d'autrui.

Compte propre

On suit la même démarche que précédemment en prenant comme référence l'année 1974 qui nous donne respectivement 0,43 comme coefficient de passage de la capacité des 1 à 6,6 tonnes à celles des 1 à 3 tonnes, et 1,74 pour passer de la capacité de cette catégorie au trafic qu'elle assure en ce qui concerne le compte propre.

- (1) chiffres disponibles dans l'enquête sur l'utilisation des véhicules de transport du SAEI
- (2) chiffres obtenus en multipliant la 1ère ligne par le ratio 0,4 obtenu sur l'année pivot 1974
- (3) chiffres obtenus en divisant la 2ème ligne par le ratio 1,6 obtenu sur l'année pivot 1974.

Ce qui nous donne le tableau suivant :

%/total compte propre	65	69	70	71	72	73	74
capacité 1 à 6,6t	60,23	54,43	52,76	51	48,58	45,25	42,6
↓ x 0,43							
capacité 1 à 3t	25,86	23,40	22,7	21,93	20,89	19,46	18,3
↓ ÷ 1,74							
trafic 1 à 3t	14,86	13,45	13,04	<u>12,60</u>	<u>12</u>	<u>11,28</u>	<u>10,5</u>

Ce qui donne à peu près la même décroissance arithmétique du trafic des 1 à 3 tonnes de 0,5 % par an.

Compte d'autrui

La démarche est la même, mais avec d'autres coefficients.

%/total compte d'autrui	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
capacité 1 à 6,6t	20,67	18,94	17,74	15,50	15,24	15,15	14,59	14,15	11,23	10,77
↓ x0,334										
capacité 1 à 3t	6,90	6,33	5,92	5,18	5,09	5,06	4,87	4,73	3,75	3,60
↓ ÷ 1,45										
trafic 1 à 3t	4,76	4,36	4,09	3,57	3,51	3,5	<u>3,4</u>	<u>3,3</u>	<u>2,6</u>	<u>2,4</u>

La moyenne du pourcentage du trafic des véhicules de 1 à 3 tonnes est 3,5 % par an si on la calcule sur 10 ans (depuis 1965) : elle n'est plus que de 3 % de 1970 à 1974.

Les valeurs soulignées dans les tableaux ci-dessus sont celles qui ont été soustraites chaque année donnée du trafic global pour homogénéiser les séries de 1970 à 1976.

c) Le fichier "feuilles de route" est généralement considéré comme plus fiable à un certain niveau de détails que le fichier TRM mais par définition, il ne couvre pas le transport privé. Aussi toujours dans un souci d'homogénéité et de comparabilité a-t-on utilisé le fichier TRM pour l'ensemble des calculs.

2.2.2. la République Fédérale d'Allemagne

Le recueil de données allemandes posait davantage de problèmes. Nos résultats iront donc moins dans le détail.

Caractéristiques des matrices

Nous avons obtenu les matrices du "Statistisches Bundesamt Wiesbaden" qui sont données en 1000 t.

2.2.2.1. les années

Les matrices sont unifiées depuis 1969, qui est donc l'année de départ de notre analyse. Auparavant il y avait des différences dans la nomenclature des marchandises et dans les régions considérées. Nous les avons traitées jusqu'en 1977.

2.2.2.2. découpage géographique

L'Allemagne fédérale utilise plusieurs découpages géographiques. Soit 76 régions, les "VERKEHRBEZIRKS", ou en 22 "régions" du marché commun "VERKEHRGEBIETE" qui correspondent au "Land" ou "1/2 Land".

Au stade actuel nous avons pu disposer d'une matrice "interrégionale" qui distingue les 10 Länder.

- Schleswig-Holstein
- Hamburg
- Niedersachsen
- Bremen
- Nordrhein-Westfalen
- Hessen
- Rheinland-Pfalz
- Baden Wuerttemberg
- Bayern
- Saarland
- Berlin (West)

2.2.2.3. regroupement de produits

Dans les données disponibles immédiatement il n'était pas fait de distinction de marchandises. Le travail s'appuie donc sur toutes les marchandises confondues.

2.2.2.4. mode de transport

Ici seront distingués les trois mêmes modes que pour la France ainsi que leur ensemble.

En amont des sources que nous avons citées, il faut spécifier que le trafic intérieur routier pour compte d'autrui est tenu par le "Bundesanstalt für den Güterfernverkehr" à Cologne et qu'il ne concerne que le long courrier - c'est-à-dire plus de 50 km et ne prend en compte que les véhicules allemands ; tandis que le trafic pour compte propre, - ne tenant toujours compte que des véhicules allemands - est recensé par la "Kraftfahrt Bundesamt" à Flensburg. Les petits trajets de moins de 50 km n'y sont pas non plus repérés.

Les données concernant le chemin de fer et les voies navigables sont disponibles à Wiesbaden.

2.2.3. la Pologne

Il a paru intéressant, à titre de contre épreuve, d'appliquer la méthode à un pays et à une époque différents.

On a pu disposer à cette fin grâce à M. Domansky, Recteur de l'Université de Cracovie, de matrices concernant le transport ferroviaire en Pologne.

Elles portent sur toutes les marchandises confondues et concernent les années 1958 et 1973. Géographiquement, elles distinguent vingt-deux provinces comme origines et destinations.

2.3. Choix des indicateurs

Une première famille de paramètres est empruntée aux méthodes standard d'analyse des séries de fréquence, chaque flux (case d'une matrice) étant considéré comme un élément d'une telle série, dont les classes sont des classes de tonnages : x_i flux sont compris entre tel et tel tonnage.

- la moyenne arithmétique : $M_A = \frac{\sum x_i}{N} = \bar{x}$

qui n'indique rien par elle-même sur la diffusion, mais permet d'identifier d'éventuelles liaisons entre les infléchissements des indices de diffusion et ceux que l'on peut repérer sur le volume global transporté.

- le coefficient de variation : $V = \frac{\sigma}{\bar{x}}$,

la variance σ^2 étant égale à :

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum (x_i - \bar{x})^2$$

qui permet de repérer l'importance des écarts à la moyenne ; la plus grande diffusion possible et la plus équilibrée étant lorsque ce coefficient prend la valeur 0, dans le cas extrême où tous les flux seraient égaux entre eux. C'est-à-dire qu'une tendance à la diffusion du trafic devrait en principe se traduire par une réduction de la valeur de ce coefficient.

On observera que V fluctue en général pour les matrices étudiées entre 4 et 1, ce dernier chiffre correspondant à une diffusion beaucoup plus forte et le premier à une concentration du trafic sur les principaux axes.

- le coefficient d'asymétrie : $SK = - \frac{1}{\sigma} \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^3}{N}}$

Cette valeur est positive si la dominante de toutes les observations est plus forte que la moyenne ; négative si la dominante est inférieure à la moyenne (étalement de la distribution vers les grandes valeurs, ce qui est le cas pour une loi log-normale).

Ce paramètre est compris entre - 1 et + 1 pour les asymétries usuelles, mais reste nettement inférieur pour les courbes en cloches inégales, ce qui indique alors une forte asymétrie "à gauche" due à une forte densité des termes inférieurs - trafics de petit tonnage - et similairement une valeur fortement positive traduit une prépondérance des gros tonnages.

Pour les matrices étudiées, la valeur de SK se situe généralement entre - 1,3 et - 1,9.

On a en outre calculé à partir du quatrième moment, la kurtose

$$E = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^4}{N \cdot \sigma^4} - 3$$

c'est un paramètre dont la valeur positive signifie que l'on se trouve dans un cas de répartition concentrée de Poisson ; la valeur négative indique au contraire une répartition étalée de Lexis. S'il y a répartition en cloche, s'il n'existe pas d'asymétrie, sa valeur est comprise entre - 1,2 et + 1,2.

L'analyse graphique des séries de fréquences (asymétrie plus forte à droite) a amené à penser que ces observations s'organisent d'une façon asymétrique qui suggère plus une loi lognormale. C'est pourquoi nous avons calculé les paramètres en prenant les valeurs logarithmiques ; ces paramètres plus sensibles aux petits tonnages donnent une information supplémentaire permettant d'apprécier l'ampleur relative des petits trafics. Il s'agit de :

La moyenne géométrique $G = \sqrt[N]{x_1 \cdot x_2 \dots x_n}$

et

l'écart géométrique σ_G tel que $\log \sigma_G = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (\log x_i - \log G)^2}$

On a également calculé l'asymétrie et la kurtose géométriques qu'il serait intéressant de pouvoir exploiter.

Il arrive que dans certaines matrices, le flux de transport soit nul entre deux régions déterminées. Pour les valeurs arithmétiques, le flux nul peut être pris en compte sans gêner le déroulement normal des calculs ; par contre pour les paramètres lognormaux, ces flux n'ont pas été pris en compte. Ceci présente l'inconvénient d'avoir des matrices de taille non constante dans le temps, ce qui gêne la comparabilité des résultats.

Une autre possibilité eût consisté à remplacer ces valeurs nulles par des flux positifs très faibles : l'expérience a montré qu'une telle façon de procéder perturbe beaucoup les résultats des paramètres lognormaux car elle donne une influence très forte à ces tout petits tonnages fictifs. Ce choix a cependant des implications sur la signification des mouvements de la moyenne géométrique, qui ne sont plus liés de façon simple à ceux des tonnages totaux ; la question mérite sans doute de nouvelles réflexions.

On a également procédé au calcul d'indices de concentration (utilisés souvent par les écologistes).

- L'indice de Herfindahl : $H = \sum \left(\frac{x_i}{\sum x} \right)^2$

Si cet indice également appelé Simson est égal à 0, on a équidistribution. Donc une tendance à la diffusion sera indiquée par une diminution de la valeur de cet indice par rapport à une valeur initiale plus élevée.

Quelle que soit la distribution statistique (loi de probabilité ou simple échantillon), nous avons, en appliquant le théorème de Huyghens :

$$NH = 1 + \frac{\sigma^2}{M_A^2}$$

Il apparaît ainsi une liaison fonctionnelle entre les valeurs du coefficient de variation ($v = \frac{\sigma}{M_A}$) et l'indice de Herfindahl.

- l'indice d'entropie (ou Shannon) (1) :

$$N_E = \frac{1}{E} \text{ tel que}$$

$$\log N_E = (-\log E) = \sum \left(\frac{x_i}{\sum x} \cdot \log \frac{1}{\frac{x_i}{\sum x}} \right)$$

Ce dernier tend à augmenter s'il y a plus grande diffusion du trafic

$$: \max \log N_E = \log(N(N-1))$$

- l'indice de diffusion :

$$H' = \frac{-\sum \left(\frac{x_i}{\sum x} \cdot \log \frac{x_i}{\sum x} \right)}{\log N(N-1)} = \frac{H}{H_{\max}} \quad 0 \leq H' \leq 1$$

en notant $H = \log N_E$ est en fait l'indice d'entropie normalisé. C'est lorsqu'il s'élève vers 1 qu'il marque une plus grande diffusion. Dans notre cas, sa valeur se situe généralement entre 0,35 et 0,45. (cf. p. 36).

(1) le sigle E utilisé à propos de cet indice est distinct du sigle E qui sert à désigner la Kurtose.

Quelle que soit la distribution statistique (loi de probabilité, quelconque, ou simple échantillon, quelconque), nous avons donc une liaison fonctionnelle entre N_E et H' et une autre entre H et V . Il est donc légitime de concentrer l'attention sur un paramètre de cette famille. Ce pourrait être, au choix, H' , intéressant de par son caractère normalisé ; en fait, nous donnerons plutôt la préférence à V , en raison de son utilisation plus courante.

2.4. Les indicateurs vus sous l'angle de la théorie statistique

Dans les "matrices origine-destination" la répartition des relations selon le tonnage suit, en première approximation, une loi log-normale. Cette hypothèse de log-normalité n'est certainement qu'approximative et des travaux ultérieurs devraient viser à introduire des lois plus générales. La loi log-normale dépend de 2 paramètres seulement, dont l'un ne fait que traduire le niveau des échanges ; on pourrait envisager d'introduire des familles de lois à 3 paramètres.

Cependant, Gilbert Caplain a montré, au moyen de tests X^2 , que l'hypothèse de log-normalité était souvent acceptable. En tout cas, comme la forme de la distribution statistique est voisine d'une loi log-normale, l'analyse des relations entre les indices en faisant, si nécessaire, l'hypothèse de log-normalité doit permettre de mieux interpréter les valeurs numériques obtenues. Cela à différents points de vue :

- à une date donnée : niveau des différents indices et valeurs numériques comparées,
- lorsque l'on examine les variations au cours du temps, les indices prenant alors le sens d'indicateurs de l'évolution temporelle : interprétations des variations comparées de ces différents indicateurs.

Le présent paragraphe a pour but :

- d'exprimer, en fonction des paramètres de la loi log-normale, les divers indices, utilisés pour caractériser la forme de la distribution et l'évolution de cette forme,
- de rechercher les relations entre ces divers indices.

Lorsque la taille N d'un échantillon, tiré dans une loi de probabilité donnée, "tend vers l'infini", la distribution statistique de l'échantillon reproduit fidèlement la loi de probabilité. Donc les indicateurs calculés sur échantillon devraient être des estimateurs "asymptotiquement sans biais" des indicateurs calculés dans la loi de probabilité. Mais :

- il peut y avoir des biais très importants pour des échantillons de faible taille ou même de taille importante, et ce point sera examiné pour chaque indicateur,

- nous examinerons également si l'estimateur est "convergent", en probabilité, c'est-à-dire si son écart-type tend vers zéro lorsque N tend vers l'infini et si, pour des échantillons de taille faible ou même importante, l'écart-type de l'échantillon peut être élevé, rendant donc le résultat obtenu très aléatoire ;
- enfin et même asymptotiquement, un biais important peut être dû au fait que le phénomène étudié ne correspond qu'approximativement à la loi utilisée.

ii. rappel des principales propriétés de la loi log-normale

a. Notations

Nous appellerons :

- . x la variable log-normale, $f(x)$ étant sa densité de probabilité,
- . $z = \ln x$ (logarithme népérien), $\varphi(z)$ étant sa densité de probabilité,

Les lois de probabilité de z et x dépendent de 2 paramètres et nous choisirons la moyenne m et l'écart-type σ de la loi de z.

$$\text{Donc : } \varphi(z) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(z-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad f(x) dx = \varphi(z) dz.$$

b. les moments par rapport à l'origine

Il est facile de montrer que :

$$\mu_n^m(x) = e^{nm + n^2 \sigma^2 / 2}$$

c. Moyenne et variance

La moyenne de x, notée M, est ($n = 1$) : $M = e^{m + \sigma^2 / 2}$

La variance de x, notée Σ^2 , est (théorème de Huyghens) :

$$\Sigma^2 = e^{2m + \sigma^2} (e^{\sigma^2} - 1)$$

Le coefficient de variation (Σ/M) est donc égal à $(e^{\sigma^2} - 1)^{1/2}$

En particulier, si la loi de x subit une simple "homothétie" λ (en fait, une double affinité : x remplacé par λx , mais $f(x)$ remplacé par $f(\frac{x}{\lambda}) / \lambda$) :

- . m est remplacé par $m + \ln \lambda$ et σ est conservé,
- . M et Σ sont multipliés par λ ,
- . on vérifie que le coefficient de variation (mesurant la dispersion relative) reste constant (puisque égal à $(e^{\sigma^2} - 1)^{1/2}$).

d. propriétés des estimateurs

Nous utiliserons comme indicateurs :

- pour la variable z : m_e et σ_e^2
- pour la variable x : M_e, Σ_e^2 et Σ_e/M_e .

Quelle que soit la loi de probabilité :

- m_e et M_e sont des estimateurs de m et M , sans biais et convergents, à condition que les moments d'ordre 1 et 2 existent ;
- σ_e^2 et Σ_e^2 sont des estimateurs de σ^2 et Σ^2 , asymptotiquement sans biais, à condition que les moments existent jusqu'à l'ordre 4 ; on obtient des estimateurs sans biais en prenant $\frac{N}{N-1} \sigma_e^2$ et $\frac{N}{N-1} \Sigma_e^2$;
- les variances de m_e et M_e sont bien connues, égales à σ^2/N et Σ^2/N ;
- les variances de σ_e^2 et Σ_e^2 sont également connues ; μ_n étant le moment centré d'ordre n dans la loi correspondante (de z ou de x) :

$$V(\sigma_e^2 \text{ ou } \Sigma_e^2) = \frac{\mu_4 - \mu_2^2}{N} - 2 \frac{\mu_4 - 2\mu_2^2}{N^2} + \frac{\mu_4 - 3\mu_2^2}{N^3}$$

Les deux variables aléatoires M_e et σ_e^2 étant corrélées, le rapport σ_e^2/M_e est un estimateur biaisé de σ^2/M (il est seulement asymptotiquement sans biais). Le biais dépend de la forme de la loi et, dans le cas de la loi log-normale, il n'est probablement pas simple de le calculer. Les simulations d'échantillons de la loi log-normale effectuées par Gilbert Caplain montrent :

- que l'estimateur est effectivement asymptotiquement sans biais et convergent,

- mais que, même pour des échantillons de taille relativement importante (N de l'ordre de 100), le biais n'est pas négligeable et son écart type est important.

iii. coefficients d'asymétrie et d'aplatissement

a. Coefficient d'asymétrie

Par définition, nous prenons (G désignant le centre de gravité)

$$SK = - G^m_3 \text{ }^{1/3} / \Sigma .$$

Il est évident que SK n'est pas modifié par "homothétie".

Nous obtenons facilement :

$$SK = - (o^m_3 - 3M o^m_2 + 2 M^3) \text{ }^{1/3} / \Sigma .$$

Dans le cas de la loi log-normale, et compte tenu des expressions des § b et c de ii., nous obtenons facilement

$$SK = - (e^{3\sigma^2} + 3e^{2\sigma^2} - 4) \text{ }^{1/6}$$

formule qui montre bien que SK ne dépend que de σ , c'est-à-dire n'est pas modifié par "homothétie".

En particulier :

- on vérifie facilement que : $SK (\sigma = 0) = 0$,

- on vérifie que SK est une fonction décroissante de σ .

b. Kurtose

Par définition, la kurtose est : $E = G^m_4 / \Sigma^4 - 3$.

Il est évident que E n'est pas modifié par "homothétie".

Nous obtenons facilement :

$$E = (o^m_4 - 4M o^m_3 + 6 M^2 o^m_2 - 3 M^4) / \Sigma^4 - 3.$$

Dans le cas de la loi log-normale, et compte tenu des expressions des § a et b de ii, nous obtenons facilement :

$$E = (e^{\sigma^2} - 1) (e^{3\sigma^2} + 3e^{2\sigma^2} + 6e^{\sigma^2} + 6)$$

ou encore :

$$E = e^{4\sigma^2} + 2e^{3\sigma^2} + 3e^{2\sigma^2} - 6$$

formule qui montre bien que E ne dépend que de σ , &'est-à-dire n'est pas modifié par "homothétie".

En particulier :

- on vérifie facilement que $E(\sigma = 0) = 0$,
- on vérifie que E est une fonction croissante de σ , croissant très rapidement (terme principal en $e^{4\sigma^2}$)

C. Remarques

- 1) Le coefficient de kurtose n'est facile à interpréter que pour une loi symétrique.
- 2) Pour contrôle, il est intéressant de rappeler ce que sont SK et E pour une loi normale :

- . SK est évidemment nul (loi symétrique),
- . comme $G_4^m = 3\sigma^4$, il en résulte que $E = 0$.

d. Propriétés des estimateurs

Les indicateurs utilisant des moments centrés d'ordre élevé, les indicateurs comportent des biais importants et leur écart-type est très élevé. Cela a été confirmé par les simulations effectuées par Gilbert Caplain (Voir au Chapitre III l'analyse des résultats concernant l'asymétrie)".

iv. l'indice de Herfindahl

a. définition

Cet indice, $H = \sum x_i^2 / (\sum x_i)^2$, est, pour un échantillon de taille N, tel que :

- . $H = 1$, s'il y a concentration des échanges sur une seule relation (tous les x_i nuls, sauf l'un d'eux),
- . $H = 1/N$ (donc voisin de 0) s'il y a diffusion "uniforme" (tous les x_i égaux à a).

. il n'est pas modifié par une "homothétie" des x_i .

Pour un échantillon de N observations, nous avons (M représentant, comme précédemment, la valeur moyenne) :

$$H = \frac{\sigma^2}{N M^2} = \frac{1}{N} \left(1 + \frac{\sum^2}{M^2} \right)$$

Il faut noter que H dépend de N, ce qui conduit à comparer avec précaution des résultats correspondant à des matrices pour lesquelles le nombre de liaisons est différent.

En fait, la prise en compte de N (dans la définition de H) pose un problème. Imaginons, en effet, une concentration sur une seule liaison parmi N liaisons et supposons que nous doublions le nombre des liaisons, par exemple en découpant en 2 parties chaque zone de destination. Nous devons alors nous attendre à une concentration sur 2 liaisons plutôt qu'une seule et en supposant que ces 2 liaisons correspondent à la même valeur nous obtenons $H = 1/2$ (et non $H = 1$).

En d'autres termes, l'indicateur NH peut être considéré comme aussi intéressant que l'indicateur H.

b. application à un échantillon de la loi lognormale .

Dans le cas d'une loi de probabilité continue, la formule

$$H = \frac{1}{N} \frac{\sigma^2}{M^2} \text{ reste valable.}$$

Dans le cas de la loi log-normale, compte tenu des expressions du §b de ii nous obtenons facilement :

$$H = e^{\frac{\sigma^2}{N}}$$

formule qui montre bien que H ne dépend que de σ c'est-à-dire n'est pas modifié par "homothétie" (pour une taille d'échantillon N donnée).

c. Propriétés des estimateurs :

Compte tenu de la liaison fonctionnelle entre l'indice d'Herfindahl calculé sur l'échantillon et le coefficient de variation, soit

$N H_e = 1 + \sum_e^2 / M_e^2$, les commentaires effectués au point 2.4,ii,d se transposent aisément.

v. l'indice de diffusion

a. définition

L'indice de diffusion a été défini par :

$$H' = - \sum \left(\frac{x_i}{x_i} \ln \frac{x_i}{x_i} \right) / \ln (N (N-1))$$

Il est facile de vérifier que :

. H' est > 0 ,

. H' n'est pas modifié par une "homothétie" des x_i ,

. s'il y a concentration des échanges sur une seule liaison :

$$H' = 0 / \ln (N (N-1)) = 0,$$

. s'il y a diffusion "uniforme" : $H' = \ln N / \ln (N (N-1))$;
lorsque N est suffisamment élevé H' tend donc vers $1/2$.

En définitive :

. H' est bien un indice de diffusion, puisque croissant avec la diffusion (alors que H est un indice de concentration),

. l'introduction de $(N-1)$ dans la définition de H' , qui a certainement été faite avec de bonnes raisons, fait que l'indice n'atteint pas la valeur 1, mais une valeur légèrement inférieure à $1/2$, dans le cas d'une diffusion "uniforme" ; nous pourrions donc considérer également l'indice :

$$H'' = - \sum \left(\frac{x_i}{\sum x_i} \ln \frac{x_i}{\sum x_i} \right) / \ln N.$$

Pour un échantillon quelconque, les indices H' et H'' s'écrivent facilement (M désignant, comme précédemment, la moyenne de l'échantillon) :

$$H' = - \sum \left(\frac{x_i}{NM} \ln \frac{x_i}{NM} \right) / \ln (N(N-1)),$$

$$H'' = - \sum \left(\frac{x_i}{NM} \ln \frac{x_i}{NM} \right) / \ln N$$

Dans la suite du raisonnement, nous considèrerons l'indice :

$$I = - \sum \left(\frac{x_i}{NM} \ln \frac{x_i}{NM} \right) \quad (1)$$

I peut être mis sous la forme :

$$I = - \sum \left(\frac{x_i}{NM} \ln x_i \right) + \ln (NM)$$

b. application à un échantillon de la loi log-normale

Lorsqu'è l'échantillon est tiré dans une loi de probabilité continue, dont la densité de probabilité est $f(x)$,

$$I = \ln (NM) - \frac{1}{M} \int_c^{\infty} \frac{1}{x} (\ln x) f(x) dx$$

Dans le cas d'une loi log-normale, l'intégrale se calcule facilement et nous obtenons :

$$I = \ln (NM) - \frac{1}{M} (m + \sigma^2) e^{m + \sigma^2/2}$$

Compte tenu de $M = e^{m + \sigma^2/2}$, nous obtenons :

$I = \ln N - \sigma^2/2$, formule qui montre bien que I ne dépend que de σ , c'est-à-dire n'est pas modifié par "homothétie" (pour une taille d'échantillon N donnée).

(1) I (ainsi défini) est égal à $\ln (1/\text{Ent.})$, (1/Ent.) étant un "indice d'entropie".

Cette formule est très simple et se relie facilement à la formule de H, obtenue au § b de iv. En effet :

$$\boxed{e^{-I} = e^{\sigma^2/2/N}} \quad (1), \text{ alors que } H = e^{\sigma^2/N}$$

c. Propriétés des estimateurs : les problèmes de biais et de précision des estimateurs n'ont pas été examinés.

vi. l'indice de concentration de Gini-Lorenz

L'indice classique de concentration (de Corrado GINI ou LORENZ) n'a pas été retenu car il ne conduit pas à un traitement simple, sur des échantillons (tri des x_i par ordre croissant et, surtout, aire à calculer par des méthodes d'approximation).

Dans le cas de la loi log-normale, nous avons vu que les indices H et I s'exprimaient très simplement en fonction de σ et étaient reliés simplement l'un à l'autre.

Il est intéressant de se demander si, dans le cas de la loi log-normale, l'indice de concentration de GINI-LORENZ s'exprime également simplement en fonction de σ .

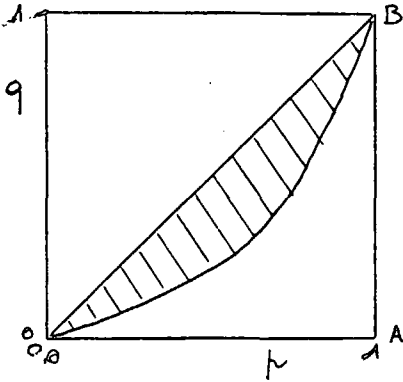
a. définition

Les observations x_i étant classées par ordre croissant, nous considérons :

- la proportion cumulée des observations, $F(x)$, c'est-à-dire la fonction de répartition de la loi de probabilité,
- la proportion correspondante de la masse totale, notée $g(x)$.

La courbe de concentration de GINI-LORENZ est la courbe (p, q) illustrée par le schéma ci-après et l'indice de concentration C est, par définition, 2 fois l'aire hachurée, de telle sorte que :

(1) Compte tenu de la remarque du renvoi 1 page 37 : $e^{-I} = \text{Ent.}$



- dans le cas de concentration très élevée (au sens où une petite fraction d'observations, correspondant à des x_i élevés, comprennent la plus grande partie de la masse), la courbe de concentration est proche de O A B et donc C est voisin de 1 ;

- dans le cas de diffusion "uniforme" ($\Sigma = 0$), la courbe de concentration est égale à O B et donc C = 0.

Notons que C n'est pas modifiée par une "homothétie" sur les x .

b. application à la loi log-normale

Dans le cas où x suit une loi log-normale, en appelant (comme précédemment) $z = \ln x$:

• $f(x)$ est égal à la fonction de répartition $F_{(m, \sigma)}(z)$ dans la loi normale de paramètres m et σ : ou encore $f(x)$ est égal à $\Phi((z - m)/\sigma)$, Φ étant la fonction de répartition de la loi normale réduite (c'est-à-dire correspondant à $m = 0$ et $\sigma = 1$) ;

• il est facile de montrer (en généralisant les formules du § b.ii aux moments tronqués) que $q(x)$ est égal à $F_{(m, \sigma)}(z - \sigma^2)$.

D'une manière générale (c'est-à-dire quelle que soit la densité de probabilité $f(x)$), l'indice de concentration peut être mis sous la forme :

$$C = 1 - 2 \int_0^1 q(r) dr.$$

Il reste donc à calculer $\int_0^1 q dr$ dans le cas de la loi log-normale. Ce calcul conduit au résultat :

$$\int_0^1 q dx = F_{(m, \sigma \sqrt{2})}(m - \sigma^2) = \bar{F}(-\sigma / \sqrt{2}) \quad (1)$$

et donc :

$$C = 1 - 2 \bar{F}(-\sigma / \sqrt{2})$$

Nous vérifions bien que pour $\sigma = 0$: $C = 0$. Il est plus intéressant de noter que lorsque σ tend vers l'infini, C tend vers 1.

c. Propriétés des estimateurs : Les problèmes de biais et de précision des estimateurs n'ont pas été examinés.

vii. Etude numérique des résultats obtenus

Dans le cas d'une loi log-normale, l'indice d'asymétrie SK et les différents indices de concentration (H, C) ou diffusion (I) s'expriment de manière relativement simple en fonction du paramètre σ . Il convient évidemment de calculer numériquement les valeurs de ces différents indices en fonction de σ , ce qui permettra (pour la gamme des valeurs de σ rencontrées dans le problème étudié) d'étudier les relations numériques entre ces différents indices. On trouvera ceci dans l'annexe au chapitre II.

2.5. Modalités retenues pour l'interprétation des indicateurs

L'appréciation de la relative diffusion ou concentration des différents trafics est permise par la combinaison de plusieurs indices. A titre principal, on a utilisé les indices d'entropie, d'Herfindahl et de diffusion ainsi que la variance arithmétique.

Ayant calculé ces indices et paramètres chaque année sur chaque série, c'est-à-dire par pays, par mode et par catégories de marchandises, on a des séries allant de 6 à 9 ans selon les pays ; on a alors calculé les taux d'accroissement moyens annuels de ces différents indices.

(1) Une méthode simple pour effectuer ce calcul consiste à considérer une loi normale à 2 variables (z, z') où :

- . $z = \ln x$, donc loi normale de paramètres m et σ ,
- . la loi conditionnelle de z' correspond à une droite de régression de z' en z passant par le point (m, m) et de pente -1 et à un écart-type égal à σ .

Dans ces conditions, l'intégrale à calculer correspond à la fonction de répartition de la loi de z' , pour $z' = m - \sigma^2$, c'est-à-dire $F_{(m, \sigma \sqrt{2})}(m - \sigma^2)$.

Pour dégager des évolutions, on tient compte de ces taux d'accroissement qui permettent de définir une relative ampleur de la tendance soit à la diffusion, soit à la concentration ainsi que des coefficients de corrélation y correspondant, qui donnent une indication sur la fiabilité de ces tendances.

Ainsi on a considéré que si r , ce coefficient, était supérieur à 0,7, la tendance était fiable - très fiable s'il est supérieur à 0,9 - qu'entre les valeurs 0,5 et 0,7 il était douteux, et qu'en dessous de 0,5 on ne pouvait pas déceler une tendance. Toutefois dans ces derniers des cas on se reporte à un examen graphique (1). On peut dans ce cas déceler quand même une tendance fiable, si c'est un point exceptionnel qui rend le coefficient de corrélation non fiable, mais que dans l'ensemble, il y a croissance ou décroissance.

On a défini pour chacun des coefficients intéressant cette interprétation des catégories de forte, moyenne ou faible tendances à la diffusion ou à la concentration à partir des pentes de ces indices.

Les mêmes catégories permettent d'interpréter les "tendances" aussi bien en trafic intérieur, qu'en importations et exportations puisqu'on compare des taux d'accroissement.

Sur le vu des résultats observés on a défini les normes suivantes de tendances en fonction des taux d'accroissement moyens annuels (en %).

Indices	Tendance à la diffusion			Tendance à la concentration		
	forte	moyenne	faible	faible	moyenne	forte
Herfindahl	$\leq - 3$	$] -3,5 ; 1,5]$	$] 1,5 ; 0]$	$] 0,1]$	$] 1,3 [$	≥ 3
Entropie	$> 2,5$	$[2,5 ; 1 [$	$[1,0]$	$0, -2$	$-2 ; -3$	≤ -3
Diffusion	$\geq 0,5$	$] 0,5 ; 0,1 [$	$[0,1 ; 0]$	$] 0, -0,3]$	$] -0,3 ; -1]$	> -1
Coefficient de de variation arithmétique	$< - 2$	$[-2 ; -1 [$	$[-1 ; 0]$	$] 0,1]$	$] 1,2]$	> 2

(1) Les graphiques correspondants aux tableaux 1 annexés ici sont présentés dans un volume complémentaire.

D'autre part, en dehors des tendances, il faut situer les niveaux de diffusion - toujours donnés par les mêmes indices - non plus par leur accroissement, mais par les valeurs qu'ils prennent. Ainsi pour le coefficient de variation arithmétique qui est égal à 0 pour une équidistribution, c'est-à-dire pour la meilleure diffusion possible, on estime qu'il y a forte diffusion s'il est inférieur à 1,5; moyenne s'il est compris entre 1,5 et 2; s'il est à peu près égal à 2, il s'agit d'une situation intermédiaire; tandis que s'il varie entre 2 et 3, on repère un niveau assez concentré et très concentré s'il est supérieur à 3.

Le seul autre coefficient qui permette des comparaisons inter trafic - c'est-à-dire entre trafic intérieur, importation et exportation et inter pays - est l'indice de diffusion puisqu'il est normalisé. Rappelons qu'il n'est autre que l'entropie divisé par $N(N-1)$; il varie entre 0 et 1, tendant à l'équidistribution quand il tend vers 1, en principe (1).

Pour les autres indices (Herfindahl, entropie, moments d'ordre supérieur à 2), on ne peut les comparer que pour des matrices de même dimension, ainsi export et import. Sinon, ils ne permettent que des jugements relatifs sur la diffusion ou la concentration des modes ou des marchandises, mais seulement pour une même catégorie de trafic.

Bien qu'Herfindahl et diffusion soit tous deux des indices permettant d'apprécier la diffusion, ils n'ont pas tout à fait la même signification. En effet la diversité des flux résulte de deux facteurs; le fait qu'il y ait plus ou moins de flux nuls et d'autre part la valeur des flux. Ainsi le premier aspect, que nous appellerons "qualitatif" est exprimé par la diffusion - donc aussi l'entropie -, tandis que l'indice d'Herfindahl pondère sur le quantitatif, c'est-à-dire l'aspect inégalitaire des flux.

(1) dans la pratique il tendra vers une valeur inférieure
cf. p. 34

CHAPITRE III

RESULTATS

3.1. Examen global

Les résultats détaillés se trouvent dans les tableaux 1 et 3 en annexe de ce présent rapport. Ils ont servi de base à la présentation de ces résultats.

On a vu dans "l'objet de la recherche" que les données disponibles ne couvraient pas une période suffisante pour tester l'ensemble des hypothèses. Il aurait fallu pouvoir analyser des périodes recouvrant également le Kondratieff ascendant.

Pourtant l'objet de la recherche est de déceler des tendances. On peut situer le renversement du Kondratieff en 1966-67, en 1971 ou 1973 selon que l'on mette l'accent sur les aspects de rentabilité du capital, sur les phénomènes monétaires ou sur les manifestations plus spectaculaires de la crise.

L'ensemble de nos données se trouvent donc dans une phase descendante.

Ainsi avec la méthode définie au chapitre II et au vu des tableaux qui suivent, on peut s'assurer de la réalité d'une tendance à la diffusion ou à la concentration des trafics entre 1971 et 1976.

Dans un premier temps les résultats tous modes confondus pour une marchandise donnée n'ont pas été pris en compte, pas plus que ceux par mode toutes marchandises confondues puisqu'ils recourent les résultats pour chaque mode par produit.

En prenant l'ensemble des résultats obtenus sur le trafic intérieur et international français, on s'aperçoit que sur 27 cas, déterminés par "trafic-mode-produits" on décèle une tendance à la diffusion dans 18 cas, à la concentration dans 7 cas ; dans 2 cas on ne peut pas déceler de tendance,

Parmi les 7 cas de concentration, il n'y en a que 3 qui ont une tendance fiable ; sur les 18 cas de diffusion, 14 apparaissent comme fiables. Les 3 cas de concentration correspondent chacun à un trafic différent : ainsi en trafic intérieur c'est celui de demi-produits par voie navigable, en importation, le fer pour les produits demi-finis et pour l'exportation la voie navigable pour les produits finis.

Dans deux cas sur trois il s'agit donc de produits demi-finis circulant donc d'usine à usine. Est-ce là le reflet d'une tendance à la concentration industrielle ?

Quant à la répartition de ces tendances par trafic, globalement l'exportation a plus de cas de forte diffusion, et moins de cas de tendance à la concentration.

Si l'on considère l'ensemble des résultats sans distinguer les catégories de produits, mais par mode, on peut inclure l'Allemagne fédérale dans la comparaison.

Dès lors sur 12 cas (le trafic intérieur français et allemand et l'international français), 8 indiquent une plus grande diffusion et 3 une tendance à la concentration ; seul le trafic intérieur allemand par voie navigable ne manifeste aucune tendance : stabilité sur la période 1969-1977. A l'exportation en France, une plus grande diffusion se dessine pour chaque mode.

Enfin on a procédé à une comparaison, par produit sans distinguer les modes (le cas seul de la France peut être abordé, en raison des données à notre disposition).

Sur 9 cas, (nos trois catégories de marchandises pour chacun des trafics français : intérieur, importation et exportation) on constate 7 cas de diffusion. La voie navigable à l'exportation n'exprime aucune tendance décelable. Le seul cas de concentration - celle-ci étant considérée seulement comme "moyenne faible" - concerne l'importation de produits finis.

Quant aux matrices polonaises, elles révèlent une très légère tendance à la diffusion ; compte tenu du fait qu'on ne dispose pas d'une série chronologique complète mais seulement des deux années extrêmes d'une période de quinze ans, il faut plutôt conclure à l'absence d'une tendance marquée soit à la concentration soit à la diffusion. Nos résultats concernant la France et l'Allemagne prennent d'autant plus de relief en comparaison.

Les tableaux synthétiques de tendance ci-après, qui concernent l'Allemagne et la France, permettront d'apprécier les commentaires que l'on vient de lire.

TRAFIC INTERIEUR FRANCAIS

Catégorie de marchandise	Route	Fer	Voie navigable	Tous modes
Produits agricoles	moyenne à forte diffusion fiable	faible diffusion douteuse	forte diffusion peu fiable fiable depuis 73	diffusion moyenne fiable
Produits demi-finis	diffusion moyenne fiable	diffusion moyenne douteuse	forte concentration fiable	forte diffusion fiable
Produits finis	très forte diffusion très fiable	faible concentration douteuse fiable pour 73 et 74	faible concentration douteuse	très forte diffusion très fiable
Tous produits	forte diffusion très fiable	Dif. faible, peu fiable sur l'ens. période forte dif. depuis 1973	concentration moyenne assez fiable	moyenne à forte diffusion très fiable

IMPORTATIONS FRANÇAISES

Catégorie de marchandise	Route	Fer	Voie navigable	Tous modes
Produits agricoles	moyenne à forte diffusion fiable	forte concentration douteuse	renversement en 1974. Faible dif. douteuse concent. depuis 1975	Diffusion moyenne fiable
Produits demi-finis	moyenne à faible dif. fiable depuis 1972	très forte concentration très fiable	pas de tendance décelable	faible à moyenne concentration assez fiable
Produits finis	Très forte diffusion très fiable	pas de tend. décelable concentration correspondante à la pointe tra	faible dif. douteuse point singulier de concentr. en 1974	forte dif. peu fiable fiable si on élimine 1973
Tous produits	diffusion moyenne très fiable	forte concentration assez fiable	moyenne diffusion assez fiable	faible à moyenne dif. douteuse

EXPORTATIONS FRANÇAISES

Catégorie de marchandise	Route	Fer	Voie navigable	Tous modes
Produits agricoles	très forte diffusion très fiable	très forte diffusion fiable	très forte diffusion assez fiable	forte diffusion fiable
Produits demi-finis	moyenne à faible dif. assez fiable	très forte diffusion très fiable	moyenne forte dif. pas fiable conc. moyenne si on élimine dernière année	forte dif. très fiable
Produits finis	forte dif. pas fiable fiable si on élimine une pointe en 75	très forte concentration pas fiable sauf si on élimine pointe en 74	très forte concentration fiable	pas de tendance décelable
Tous Produits	moyenne dif. très fiable	moyenne diffusion douteuse	forte diffusion assez fiable	forte diffusion fiable

TRAFIC INTERIEUR ALLEMAND (1)

TOUS PRODUITS	
ROUTE	faible concentration peu fiable
FER	Diffusion moyenne très fiable
VOIE NAVIGABLE	Stable. Aucune tendance
TOUS MODES	Diffusion moyenne très fiable

(1) On rappellera que dans l'état actuel des choses, n'ont pu être exploitées pour l'Allemagne que des statistiques portant sur toutes les marchandises confondues.

Cohérence statistique des résultats

Il importe aussi de vérifier si les résultats sont cohérents avec les formules élaborées au Chapitre II et en particulier avec ce qui a été dit des indicateurs sous l'angle de la théorie statistique des lois normales et lognormales. Les résultats sont présentés de façon graphique (figures 4 et 5).

A titre d'exemple, les figures 4 et 5 concernent les échanges entre les 21 régions françaises (N = 420) et les échanges entre les 21 régions françaises et 4 pays de la CEE (N = 84), respectivement. Cela pour 3 ensembles de marchandises :

1 = produits agricoles, 2 = demi-produits, 3 = produits finis.

Du point de vue des niveaux, SK est inférieur à la valeur attendue et σ supérieur, ce qui suggère :

- que des biais (sous-estimations) non négligeables existent pour
 - SK et même pour Σ/M ; ce qui a été confirmé par les simulations effectuées par Gilbert Caplain ;
- ou/et que la loi "théorique" peut être quelque peu éloignée de la loi log-normale ; d'après les tests effectués par Gilbert Caplain : bon accord pour les exportations françaises vers la C.E.E. mais écarts sensibles pour les importations correspondantes et pour le commerce intérieur français (SK est plus faible que dans la loi log-normale) ;
- également, σ peut être sur-estimé (suppression des relations avec tonnage nul).

Quant aux variations temporelles, nous constatons une bonne corrélation entre les indices et Σ/M , ce qui :

- suggère que la forme est conservée, au moins en première approximation,
- montre que les différents indices caractérisent assez bien le phénomène étudié.

Il faut cependant :

- rappeler que les estimateurs (notamment SK) sont entachés d'erreurs aléatoires importantes ;
- mais souligner que les comparaisons dans le temps ne portent pas sur des échantillons "indépendants", puisque ce sont les mêmes relations qui sont considérées ; circonstance qui rend les variations relativement significatives mais qui mériterait une analyse théorique ultérieure, dont l'approche n'est pas simple.

Figure n° 1

Liaisons intérieures France (N° = 420)

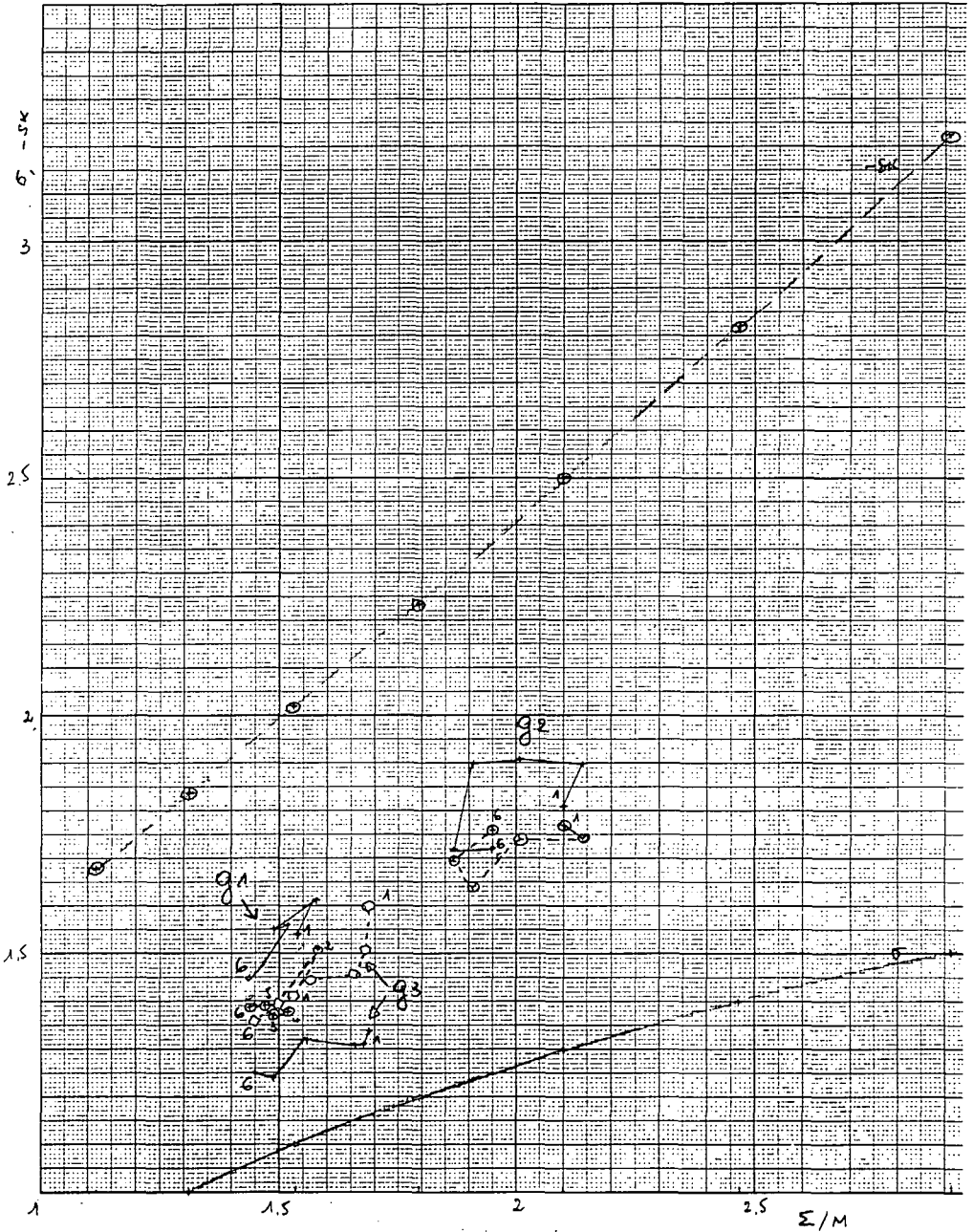
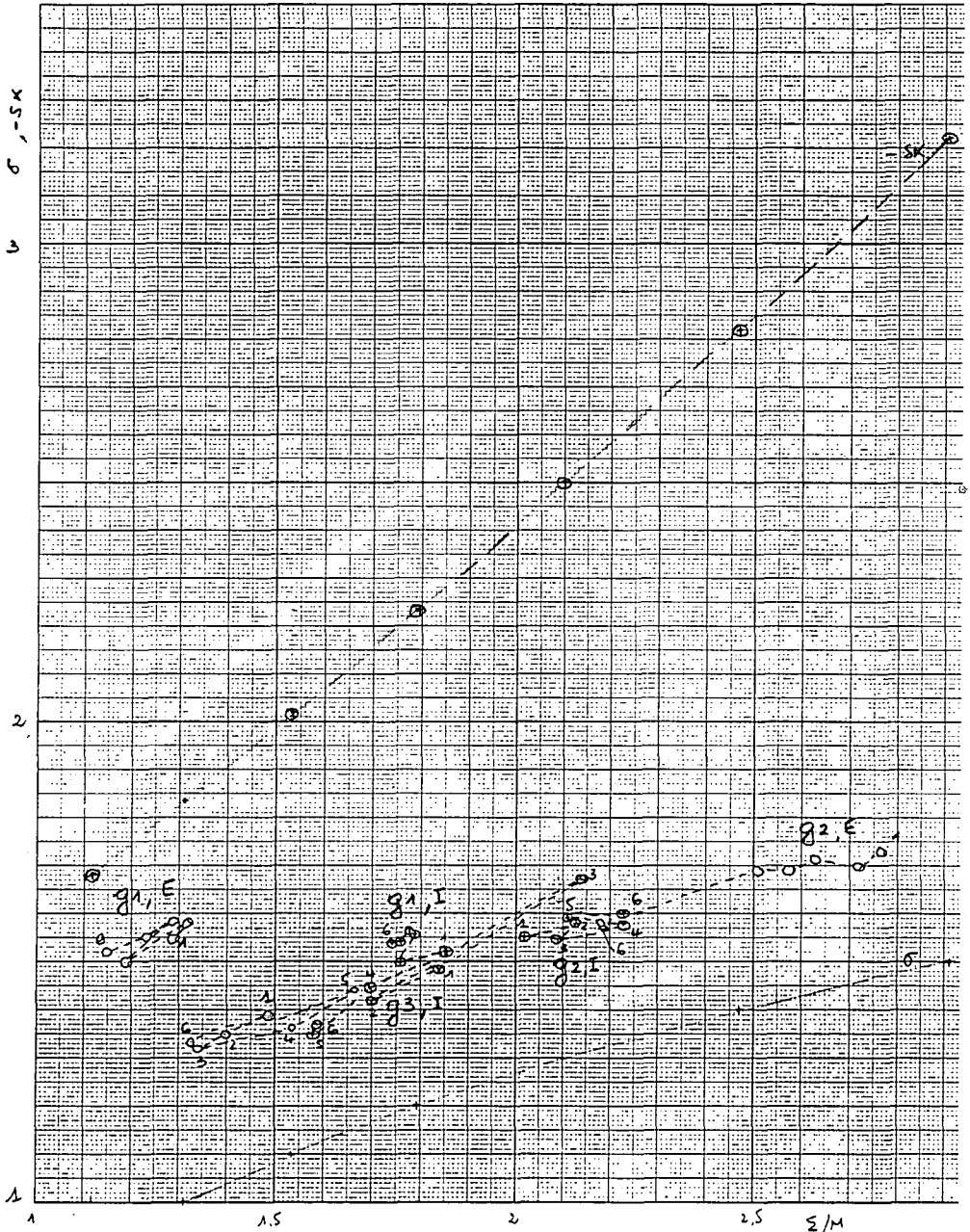


Figure n°2

Liaisons 21 régions France x 4 pays (N = 84)



3.2. Examen analytique des résultats

Il s'agit maintenant pour chaque forme de trafic - intérieur, importation, exportation - par pays, de faire des comparaisons de l'évolution et de la répartition du volume de trafic et également de la tendance à la diffusion et du niveau de celle-ci entre les produits et entre les modes.

On abordera d'abord la France, puis l'Allemagne et pour chaque trafic, on fera dans un premier temps une comparaison intermodale, puis une comparaison inter-marchandise.

En raison de l'abondance des commentaires appelés par la multiplicité des résultats à analyser, il a paru préférable de présenter ceux-ci sous la forme d'une série de tableaux similaires.

3.2.1.1.1 Comparaison intermodale		FRANCE
a) toutes marchandises confondues		trafic intérieur
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Le trafic routier est le seul à augmenter, presque de 5 % par an ; en fait une hausse annuelle beaucoup plus forte, mais perturbée par une chute en 1975. Sur ces dix années on ne peut dégager aucune tendance pour le fer, toutefois légère augmentation de trafic de 71 à 74 et chute très forte en 1975. La voie d'eau a plutôt un trafic en diminution.
	répartition intermodale	1971 : 67 % route ; 32 % fer ; 1 % voie navigable. En 1976 la répartition s'est considérablement modifiée au profit de la route : 73 % du trafic, et seulement 26,5 % pour le fer.
2. Diffusion	évolution	Fer et route affichent une tendance à la diffusion forte, pour la route sur l'ensemble de la période, et forte également pour le fer depuis 1973. Concentration pour la voie d'eau.
	niveau	Forte diffusion pour la route, moyenne pour le fer. Voie d'eau très concentrée
3. Poids relatif petits flux	évolution	Moins de trafic de petits tonnages pour la route, plus pour la voie navigable.
CONCLUSIONS		<i>La route assure une part croissante du trafic avec une bonne diffusion, toutefois depuis 1973 le fer a une propension à la diffusion aussi forte que la route. Mais son trafic diminue .</i>

3.2.1.1.1. Comparaison intermodale		FRANCE
b) en distinguant les marchandises		trafic intérieur
- produits agricoles		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Le trafic par voie navigable augmente le plus rapidement (9 % par an en moyenne). Augmentation de 6 % pour la route tandis que le fer irrégulier baisse.
	répartition intermodale	1971 : 77 % route, 22 % fer 1976 : 81,5 % route, 17,5 % fer
2. Diffusion	évolution	La voie navigable a la plus forte tendance à diffuser son trafic (corrélativement à son accroissement de trafic) surtout depuis 1973. Bien qu'un peu moindre, diffusion moyenne pour la route très fiable. fer : quoique très irrégulière, petite tendance à la diffusion
	niveau	Le niveau de diffusion de la route est bon tandis que le fer est encore assez concentré. Quant à la voie navigable, elle reflète une très forte concentration.
3. Poids relatif petits flux	évolution	De moins en moins de petits flux pour la voie navigable, surtout depuis 1973.
<i>CONCLUSIONS</i>		<i>Pour les produits agricoles, la voie navigable quoique assurant une part de trafic très faible, la voit s'accroître ainsi que sa capacité de diffusion. La route assure tout de même le plus fort trafic avec la meilleure diffusion</i>

3.2.1.1.1. Comparaison intermodale		FRANCE trafic intérieur
- produits demi-finis		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Le trafic par route augmente de 5 % par an mais de manière très irrégulière (forte progression → 73, puis chute et reprise en 76). Aucune tendance ne se dégage pour le fer. (augmentation de 71 à 74 et chute après). Par contre le trafic par voie navigable chute d'une manière très importante (- 6,24 % par an).
	répartition intermodale	Alors qu'en 1971 les parts respectives de trafic prises par la route, le fer et la voie navigable étaient de 47,5 %, 50 % et 2,5 %, la route assure maintenant 55 % du trafic.
2. Diffusion	évolution	Diffusion plus forte par la route, tendance à la diffusion par le fer, mais très irrégulière. Forte concentration pour la voie navigable.
	niveau	La route a la meilleure diffusion. Le fer un niveau de concentration assez important, tandis que la voie d'eau est très concentrée (c'est toutefois le produit pour lequel la voie d'eau est le moins concentrée).
3. Poids relatif petits flux	évolution	Nette tendance à l'augmentation des petits flux par voie navigable
CONCLUSIONS		<i>La route prend de plus en plus le trafic de produits demi-finis, et assure actuellement plus de la moitié du trafic global. Malgré tout le fer tend à se diffuser.</i>

3.2.1.1.1. Comparaison intermodale		FRANCE trafic intérieur
- produits finis		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	La route voit son trafic en augmentation (3 %). Une chute de trafic en 75 tandis que dans le même temps, le fer diminue d'autant. Baisse du trafic voie navigable, 1 point de remontée exceptionnel en 76.
	Répartition intermodale	0,5 % voie navigable, 25,5 % fer, 74 % route, en début de période. 0,4 % voie navigable, 20,2 % fer, 79,4 % route en 1976.
2. Diffusion	évolution	Très forte diffusion par la route. Pas de tendance nette pour le fer et la voie navigable, plutôt concentration faible.
	niveau	La diffusion par le fer était plus forte que par la route en 1971, aujourd'hui la route a dépassé le fer.
3. Poids relatif des petits flux	évolution	Tendance inverse pour la route et le fer. Ce dernier assurant de plus en plus le trafic de petits flux. La route au contraire voit se rétrécir sa part de petits trafics. (1)
CONCLUSIONS		<i>Plus gros trafic par route. Même capacité de diffusion pour le fer et la route, mais en évolution, la route se diffuse tandis que le fer montre une faible tendance à la concentration</i>

- (1) Quelque soient les tendances, dans tous ces trafics, il y a toujours plus forte densité des flux plus petits que la moyenne.

3.2.1.1.2. Comparaison inter-marchandises		FRANCE
a) tous modes confondus		trafic intérieur
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Le trafic de produits agricoles augmente régulièrement depuis 1971, avec une moyenne annuelle de presque 5 %. Les produits finis et demi-finis dont le tonnage transporté augmente fortement de 71 à 74, subissent tous les deux une forte chute en 75. De 71 à 74 respectivement 8,14 % (0,993) et 12 % (0,956).
	niveau	En 1971 les produits agricoles représentent 32,4 % du tonnage, les produits demi-finis 30 % et les produits finis 37,6 %, proportion qui reste à peu près stable sur la période
2. Diffusion	évolution	Pour tous les produits, tendance à une bonne diffusion. Très forte diffusion pour les produits finis et demi-finis, moyenne pour les produits agricoles.
	niveau	Pour les produits agricoles, un très bon niveau de diffusion ; bon niveau pour les produits finis, plutôt une légère concentration des produits demi-finis.
3. Poids relatif des petits flux	évolution	Moins de petits flux dans le transport des produits finis.
CONCLUSIONS		<i>Globalement toutes les catégories de marchandises tendent à mieux de diffuser. Les produits demi-finis sont les plus concentrés.</i>

3.2.1.1.2. Comparaison inter-marchandises FRANCE		
b) en distinguant les modes trafic intérieur		
- la route		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Le trafic routier se développe assez fortement tant en ce qui concerne les produits agricoles (6 % par an en moy.) que les produits demi-finis (5 %). Pour cette dernière catégorie, chute importante de trafic en 75, déjà amorcée en 74. Pour les produits finis, augmentation de 3 % annuelle avec aussi une chute en 75.
	répartition intermarchandise	La répartition, quoique bousculée pendant la période 71-76 reste à peu près similaire en 71 et 76. Respectivement 37 % produits agricoles, 21 % produits demi-finis, 42 % profuits finis et 37,5 % ; 22,5 % ; et 40 %.
2. Diffusion	évolution	Par contre la meilleure tendance à la diffusion concerne les produits finis -alors que le volume transporté par route de produits finis croît moins vite que celui des autres produits - Viennent ensuite les produits agricoles, de manière moindre et les produits demi-finis.
	niveau	Il est difficile de situer le niveau de diffusion des produits les uns par rapport aux autres : les produits finis et demi-finis ont une diffusion un petit peu supérieure à celle des produits agricoles.
3. Poids relatif des petits flux	évolution	Moins de petits flux pour le transport de produits finis par la route.
CONCLUSIONS		<i>La plus grande part du trafic routier appartient plutôt aux produits finis et aux produits agricoles. C'est globalement un mode de transport assurant une bonne diffusion du trafic, avec toutefois une évolution plus rapide vers une plus grande diffusion des produits finis.</i>

3.2.1.1.2. Comparaison inter-marchandises		FRANCE trafic intérieur
- le fer		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	L'évolution du trafic sur 6 ans plutôt en baisse, n'est pas du tout régulière pour aucune des catégories de produits. Pour les produits agricoles, une nette tendance à la baisse, avec une reprise en 76. Les produits demi-finis dont le trafic est en augmentation de 71 à 74, subissent une très forte chute en 75, qui ne lui permet plus d'atteindre le niveau de 71. Baisse également du trafic de produits finis, plus régulière.
	répartition	Le trafic du fer se répartit : 22,4 % produits agricoles, 47,4 % produits demi-finis en 71 qui prend presque 50 % en 76 et 30,2 % pour les produits finis, en 71 et 28 % en 76.
2. Diffusion	tendance	La tendance, quoique assez irrégulière, va vers une plus forte diffusion des produits demi-finis, dans une moindre mesure des produits agricoles. Par contre pour les produits finis, pas de tendance nette, mais concentration à partir de 1973.
	niveau	Les produits finis sont bien diffusés, tandis que les produits agricoles sont un peu concentrés et les produits demi-finis ont un niveau de concentration important.
3. Poids relatif petits flux	évolution	Tendance pour le transport de produits finis à accroître ses petits flux
CONCLUSIONS		<i>Par rapport aux niveaux respectifs de diffusion des produits, la tendance tend à rapprocher leur capacité de diffusion (c'est-à-dire que le produit le plus diffusé tend à se concentrer, tandis que le moins diffus tend vers une plus grande diffusion).</i>

3.2.1.1.2. Comparaison inter-marchandises		FRANCE trafic intérieur
- voie navigable		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	De manière très nette, le trafic de produits agricoles est en très forte hausse (plus de 9 % de moyenne annuelle) tandis qu'à l'inverse les produits demi-finis enregistrent une baisse de trafic de plus de 6 % par an). Aucune tendance nette sur 6 ans pour produits finis : toutefois baisse de 71 à 75 (- 3,83 %) et un point de remontée spectaculaire en 76.
	niveau	Le trafic par voie navigable n'est pas très important, il se répartit de la manière suivante : en 71 22,5 % produits agricoles, 61,5 % produits demi-finis, 16 % produits finis en 1976, respectivement 32 %, 49,5 % et 18,5 %
2. Diffusion	évolution	Forte diffusion des produits agricoles, en fait depuis 1973. Forte concentration pour les produits demi-finis (corrélativement à une baisse de trafic).
	niveau	Le niveau de diffusion le plus important concerne les produits demi-finis. (ceci est relatif car comparé aux autres modes, c'est une forte concentration, mais ceci est dû à la spécificité de la voie d'eau en France, relativement rare et n'ayant pas les mêmes facilités que les autres modes pour la diffusion - infrastructure).
3. Poids relatif petits flux	évolution	Tendance à l'augmentation des petits flux pour les produits demi-finis.
CONCLUSIONS		<i>Chute très nette du trafic de produits demi-finis qui tendent à se concentrer au profit des produits agricoles qui se diffusent de plus en plus. Mais le meilleur niveau de diffusion appartient quand même aux produits demi-finis.</i>

3.2.1.2.1. Comparaison intermodale		FRANCE
a) toutes marchandises confondues		Importation
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Importante croissance du trafic routier presque 10 % annuel, pas de tendance pour le fer, ni pour la voie d'eau.
	répartition	La répartition se modifie beaucoup entre 71 et 76. 71 : 48,2 % route ; 38,8 % fer ; 13 % voie d'eau 76 : 58,5 % route ; 31,5 % fer ; 10 % voie d'eau.
2. Diffusion	tendance	Route : tendance à la diffusion très fiable tandis que le fer se concentre. Diffusion moyenne pour la voie d'eau.
	niveau	La voie d'eau ayant une diffusion inférieure au fer au début de période, le rejoint à la fin à cause des tendances inversées. La route est plus diffuse que les deux autres modes.
3. Poids relatif petits flux	évolution	Plus de petits flux pour le fer, et moins pour la voie d'eau.
CONCLUSIONS		<i>La route a le meilleur niveau de diffusion et voit son volume de trafic augmenter en même temps que mieux se diffuser.</i>

REMARQUE IMPORTANTE

Pour le trafic international, tant à l'importation qu'à l'exportation, la tendance à la diffusion ou à la concentration est analysée du point de vue des terminaisons françaises des flux. En effet, pour des raisons de disponibilité des données, les terminaisons étrangères ne sont connues qu'à l'échelle du pays.

3.2.1.2.1. Comparaison intermodale		FRANCE
b) en distinguant les catégories de marchandises		IMPORTATION
- Produits agricoles		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Le trafic par route croit plus fortement durant ces 6 dernières années (+ 9 % par an) mais augmentation de 4 % pour le fer et la voie d'eau en moyenne. Fer, augmentation du trafic depuis 74. Il a connu une baisse de 71 à 74.
	répartition	La route depuis 1971 a vu s'accroître sa part de trafic. En 1971, 63,3 % pour la route, 19,6 % pour le fer, 17,1 % pour la voie d'eau. En 1976, ceci devient respectivement 70 %, 15 % et 15 %
2. Diffusion	tendance	Plus forte tendance à la diffusion par la route. Concentration pour le fer, mais tendance assez irrégulière. Tendance à la faible diffusion douteuse pour la voie d'eau, mais en fait diffusion fiable de 71 à 74, puis concentration
	niveau	La route est un peu moins concentrée que le fer.
3. Poids relatif petits flux	évolution	Tendance de la route et du fer à avoir plus de petits flux. Pas de tendance nette pour la voie d'eau.
<i>CONCLUSIONS</i>		<i>Les produits agricoles sont essentiellement transportés par la route et la tendance va en s'accroissant. En même temps bonne tendance à la diffusion.</i>

3.2.1.2.1. Comparaison intermodale		FRANCE
		IMPORTATION
- Produits demi-finis		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Le seul trafic très nettement en augmentation est celui par la route, presque 9 % annuel. Le chemin de fer très faible augmentation (à signaler un point de chute du trafic en 75). Le trafic par voie d'eau en régression de 3% par an (même point de trafic très bas en 75).
	répartition modale	1971, 32,7 % par route, 51 % par fer, 16 % voie navigable. 1976 : 40,5 , 47 % fer, 12,5% voie nav. La route a accru sa part de trafic.
2. Diffusion	évolution	Tendance à la concentration assez forte par fer. Diffusion par la route depuis 72 Pas de tendance décelable pour la voie d'eau.
	niveau	La route a le niveau de diffusion le plus élevé.
3. Poids relatif petits flux	évolution	Le fer va vers un trafic de plus petits flux.
<i>CONCLUSIONS</i>		<i>La route prend une part de plus en plus importante du trafic de produits demi-finis, ceci accompagné d'un bon niveau de diffusion et d'une évolution qui accentue cette diffusion. A noter la concentration du fer.</i>

3.2.1.2.1. Comparaison intermodale		FRANCE IMPORTATION
- Produits finis		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Le trafic routier augmente de plus de 10 % par an. Voie navigable stagnante sauf une pointe de trafic. Très légère décroissance pour le fer, avec une pointe très haute en 73.
	répartition	1971, 70 % route, 26 % fer, 4 % voie d'eau en 1976, respectivement 82 %, 15,3 % 2,7 %. Comme pour les produits agricoles et demi-finis, la part de la route en importation pour les produits finis s'accroît fortement
2. Diffusion	tendance	La meilleure tendance à la diffusion, très fiable par route. Aucune tendance décelable pour le fer, faible diffusion pour la voie d'eau, en éliminant le point 73.
	niveau	Bon niveau de diffusion équivalent pour la route et le fer.
CONCLUSIONS		<i>Le trafic routier augmente rapidement ainsi que sa tendance à se diffuser. Toutefois, comme la route, le fer a un bon niveau de diffusion.</i>

3.2.1.2.2. Comparaisons inter-marchandises		FRANCE
a. tous modes confondus		IMPORTATION
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Trafic très fortement croissant pour les produits agricoles. De façon aussi forte mais irrégulière pour les produits finis. Plus faible pour les produits demi-finis
	répartition inter-marchandises	1971 : 16,8 % produits agricoles, 55,3 demi-finis ; 27,9 produits finis. 1976 : 17,2 % produits agricoles, 51,4 demi-finis, 31,4 produits finis.
2. Diffusion	évolution	Diffusion moyenne fiable pour les produits agricoles. Diffusion forte pour les produits finis, si on élimine le point de l'année 73. Concentration pour les produits demi-finis.
	niveau	Les produits demi-finis sont les plus concentrés, puis les produits agricoles sont bien diffusés et les produits finis encore davantage.
3. Poids relatif petits flux	évolution	Davantage de petits trafics de produits demi-finis. L'inverse pour les produits agricoles et finis quoique la tendance soit moins nette.
CONCLUSIONS		<i>Bonne diffusion des produits finis et évolution tendant à confirmer cette tendance. Par contre les produits demi-finis, accentuent, à l'inverse, leur tendance à la concentration.</i>

3.2.1.2.2. Comparaison inter-marchandises . FRANCE		
b) en distinguant les modes IMPORTATION		
- route		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
Volume du trafic	tendance	Forté augmentation de trafic proche de 10 % pour tous les produits
	répartition par produits	La répartition reste sensiblement la même. 1971 : 22 % produits agricoles, 37,4 % produits demi-finis, 40,5 produits finis 1976, respectivement : 20,6 %, 35,6 % et 43,8 %
2. Diffusion	tendance	Très forte tendance à la diffusion pour les produits finis. Moyenne pour les produits agricoles. très forte également pour les produits demi-finis depuis 1972.
	niveau	Les produits finis sont les plus diffusés ; les produits agricoles et les produits demi-finis nettement moins que les premiers.
3. Poids relatif petits flux	évolution	Moins de petits trafics de produits finis
CONCLUSIONS		<i>La tendance très forte à la diffusion des produits finis renforce leur niveau de diffusion déjà bon. Depuis 1972, la tendance à la diffusion des produits demi-finis dès aussi bonne que celle des produits finis - le niveau est par contre nettement moins élevé.</i>

3.2.1.2.2. Comparaison inter-marchandises		FRANCE
		IMPORTATION
- fer		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	tendance	De 71 à 74, baisse de trafic pour les produits agricoles, augmentation depuis. Evolution irrégulière pour les produits demi-finis. Pour les produits finis décroissance de trafic après un maximum en 73, point haut du à des importations venant de RFA.
	répartition	En 1971, 8,5 % produits agricoles, 72,8 produits demi-finis, 18,7 produits finis 1976, respectivement : 8,2 %, 76,5 % et 15,3 %. L'évolution de cette répartition n'est pas significative à cause de l'irrégularité des trafics.
2. Diffusion	évolution	Très forte concentration pour les produits demi-finis. Concentration mais moins nette pour les produits agricoles Pas de tendance décelable pour les produits finis.
	niveau	Les produits finis sont les mieux diffusés (sauf une année de concentration exceptionnelle en 73). - qui correspond d'ailleurs au point exceptionnellement fort de trafic - En niveau également, les produits demi-finis sont les plus concentrés.
3. Poids relatif petits flux	évolution	Davantage de petits flux de produits demi-finis.
CONCLUSIONS		<i>Les produits demi-finis déjà assez concentrés, affichent une tendance nette à la concentration.</i>

3.2.1.2.2. Comparaison inter-marchandises		
		FRANCE
		IMPORTATION
- voie navigable		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Croissance du trafic de produits agricoles (presque 4 %), mouvements irréguliers pour les deux autres produits. Une pointe de trafic exceptionnel en 1974 pour les produits finis.
	répartition	1971 : 22 % pour produits agricoles, 69,2 % produits demi-finis, 8,6 % produits finis. 1976 : respectivement, 26 %, 64,9 % et 9 %.
2. Diffusion	évolution	Pas de tendance nette pour chaque produit pris séparément. Mais pour l'ensemble des produits tendance caractérisée à la diffusion; cela pourrait vouloir dire que chaque produit est transporté de façon concentrée vers des régions particulières. Hypothèse confortée par la pointe de concentration en 1974 pour les produits finis coïncidant avec une pointe de trafic pour ces produits.
	niveau	Niveau à peu près égal pour tous les produits, un tout petit peu plus concentré pour les produits finis.
3. Poids relatif petits flux	évolution	Aucune tendance nette ni importante.
CONCLUSIONS		<i>Aucune tendance nette ne se dégage, tant en ce qui concerne le trafic que la diffusion. On peut seulement dire que les produits demi-finis occupent une part prépondérante dans l'importation par voie d'eau.</i>

3.2.1.3. Comparaison intermodale		FRANCE
a) toutes marchandises confondues		EXPORTATION
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Forte augmentation assez régulière du trafic routier (presque 7 % par an en moyenne). Baisse irrégulière pour le fer, mais de 3 % seulement. Croissance jusqu'en 1974 pour la voie d'eau et baisse ensuite.
	répartition intermodale	1971, 49,3 % route, 38,5%fer, 12,2 % voie d'eau. 1976, respectivement 60 %, 29,6 % et 10,4 %
2. Diffusion	tendance	Diffusion pour tous les modes. Forte pour la voie d'eau, moyenne pour le fer et la route.
	niveau	Concentration forte pour la voie d'eau, moyenne pour le fer. Diffusion moyenne pour la route
3. Poids relatif petits flux	évolution	Davantage de flux plus importants pour le fer.
CONCLUSIONS		<i>La voie d'eau tente de combler son retard, par une très forte tendance à la diffusion. Toutefois la route accroît sa diffusion et a un trafic en très forte augmentation qui lui permet de prendre une part de plus en plus importante de l'exportation.</i>

3.2.1.3. Comparaison intermodale		FRANCE
b) par catégorie de marchandises		EXPORTATION
- produits agricoles		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Le trafic par route augmente de presque 10 % par an très régulièrement, tandis que le fer diminue très fortement plus de 10 % par an, ceci de manière régulière et très fiable. La voie d'eau est en légère augmentation pour ce trafic.
	répartition intermodale	En 1971 : 54,2 % route, 33,7 fer, 15 % voie d'eau. en 1976, respectivement : 69,4 %, 17 % et 13,6 %
2. Diffusion	évolution	Très forte tendance à la diffusion pour tous les modes, surtout la route.
	niveau	Route et fer très diffus, voie d'eau peu diffuse.
3. poids relatif petits flux	évolution	Pour tous les modes, une tendance à assurer moins de petits flux. Tendance plus accentuée encore pour le fer.
CONCLUSIONS		<i>Le fer perd sa part de trafic; son point fort pourrait être sa forte diffusion se renforçant. La route a les mêmes atouts et a pris une part importante du trafic du fer.</i>

3.2.1.3. Comparaison intermodale		FRANCE
- les produits demi-finis		EXPORTATION
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Après avoir fortement monté jusqu'en 1975, le trafic chute pour tous les modes. Sur l'ensemble de la période, malgré tout, la route est le seul mode à enregistrer une légère hausse de trafic.
	répartition	1971 : 40,6 % route, 43,8 % fer, 15,6 voie d'eau. En 1976, 47,9 route, 39,8 fer, 12,3 voie d'eau.
2. Diffusion	tendance	Croissante pour le fer, forte et régulière ; légère et moins régulière pour la route. Jusqu'en 1975, tendance à la concentration pour la voie d'eau
	niveau	Niveau élevé de concentration pour la voie d'eau, élevé mais en baisse pour le fer. Moyen pour la route.
3. Poids relatif petits flux	évolution	Moins de petits flux pour le fer. tendance inverse pour la route, mais moins marquée.
<i>CONCLUSIONS</i>		<i>Le fer quoique encore d'un niveau concentré, tend à se diffuser rapidement.</i>

3.2.1.3. Comparaison intermodale		FRANCE
		EXPORTATION
- les produits finis		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume de trafic	tendance	Sur la période 71-75, croissance spectaculaire de la voie d'eau (37 % par an). (mais très grosse chute en 76). La route en augmentation forte (7,6 %) de manière à peu près régulière. Quant au fer, il baisse très irrégulièrement.
	répartition	La répartition du trafic en 71 et 76 montre la part croissante prise par la route. 1971 : 66,4 % route, 31,4 % fer, 2,2 % voie d'eau. En 1976, respectivement : 76 %, 18 % et 3 %. La chute du trafic de la voie d'eau en 1976, explique la répartition un peu différente en 1975. Route 74,3 %, fer 19,5 % et voie d'eau 6,2 %
2. Diffusion	tendance	Concentration très forte mais irrégulière pour la voie d'eau, également pour le fer mais peu fiable. Forte diffusion pour la route, peu fiable à cause d'un point de concentration en 75.
	niveau	Niveau de diffusion fort pour la route et un peu moins pour le fer. Une pointe de concentration pour le fer en 74, correspondant à une pointe de trafic. Phénomène similaire à celui observé en 73 pour l'importation de produits finis.
3. Poids relatif petits flux	évolution	Aucune tendance
CONCLUSIONS		<i>La route est un mode augmentant à la fois son volume de trafic et son niveau de diffusion</i>

3.2.1.3.2. Comparaison inter-marchandises		FRANCE
a) tous modes confondus		EXPORTATION
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Assez forte croissance du trafic de produits agricoles (3 % par an). très légère pour les produits finis. Totale-ment irrégulière pour les produits demi-finis.
	répartition	La répartition des exportations reste sensiblement la même. 1971 : 22,8 % produits agricoles, 63 produits demi-finis, 24,2 produits finis 1976, respectivement : 24,4, 51,1 et 24,5 %.
2. Diffusion	évolution	Diffusion moyenne à forte sauf pour les produits finis qui n'ex-primant aucune tendance.
	niveau	Diffusion très forte des produits agri-coles, un peu moins forte pour les produits finis. Niveau de concentration élevé pour les produits demi-finis.
3. Poids relatif petits flux	évolution	De moins en moins de petits flux de produits demi-finis.
CONCLUSIONS		<i>Les produits demi-finis d'un niveau de concentration élevé, montrent depuis 1971, une très forte et régulière tendance à la diffusion.</i>

3.2.1.3.2. Comparaison inter-marchandises		FRANCE
a) en distinguant les modes - la route		EXPORTATION
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Très forte croissance du trafic routier: 9,5% croissance annuelle pdts. agricoles 7,56% " pdts. finis 4,3% " pdts. demi-finis
	répartition	1971: 23,6% pdts. agricoles, 43,7% pdts. demi-finis, 32,6% pdts. finis. 1976, respectivement : 28,2%, 40,8%; 31%.
2. Diffusion	évolution	Très forte diffusion pour les pdts. agricoles, assez forte pour les pdts. finis, surtout si on élimine le point 75, plus faible pour les pdts. demi-finis.
	niveau	Niveau de diffusion fort pour les pdts. agricoles et les pdts. finis. Niveau beaucoup plus faible de diffusion pour les pdts. demi-finis.
3. Poids relatif petits flux	évolution	Moins de petits flux pour les pdts. agricoles, au contraire, davantage pour les pdts. demi-finis.
CONCLUSIONS		<i>Le trafic routier s'accroît fortement. Les produits demi-finis sont les moins bien diffusés.</i>

3.2.1.3.2. Comparaison inter-marchandises		FRANCE
- Le fer		EXPORTATION
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Très forte baisse du trafic de produits agricoles. Irrégularité pour les autres, dont le trafic subit une forte chute en 75.
	répartition	1971 : 19,9 % produits agricoles, 60 % produits demi-finis, 19,8 % produits finis. 1976, respectivement : 14 %, 68,7 % et 17,3 %.
2. Diffusion	évolution	Tendance à la diffusion très forte et fiable pour les produits demi-finis, légèrement plus faible pour les produits agricoles. Concentration moyenne pour les produits finis, mis à part la pointe exceptionnelle de très forte concentration en 74 (1).
	niveau	Pour les demi-produits niveau de concentration élevé. Produits finis moyennement diffus et bonne diffusion pour les produits agricoles.
3. Poids relatif petits flux	évolution	Moins de petits flux, tant pour les produits agricoles que les produits demi-finis, tendance inverse pour les produits finis.
CONCLUSIONS		<i>Les produits demi-finis d'un niveau de concentration élevé affichent une très forte tendance à la diffusion.</i>

(1) qui correspond à une forte pointe de trafic avant la chute de 1975.

3.2.1.3.2. Comparaison inter-marchandises		FRANCE
		EXPORTATION
- voie navigable		
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Faible croissance régulière des produits agricoles. Croissance exceptionnelle jusqu'en 75 pour les produits finis. Totale irrégularité pour les produits demi-finis.
	répartition	1971, 28,2 produits agricoles, 67,5 produits demi-finis, 4,3 produits finis 1975, respectivement : 30 %, 55,2 % et 14,8 %. 1976, respectivement : 32 %, 60,7 % et 7,3 %
2. Diffusion	évolution	Très forte tendance à la diffusion pour les produits agricoles. Concentration moyenne jusqu'en 75 pour les demi-produits. Très forte concentration pour les produits finis.
	niveau	Niveau élevé de concentration, surtout pour les demi-produits, plus faible pour les produits agricoles.
3. Poids relatif petits flux	évolution	Moins de petits flux de produits agricoles.
CONCLUSIONS		<i>Les produits agricoles ont une bonne diffusion comparés aux autres produits transportés par voie d'eau et cette tendance s'accroît</i>

3.2.2. L'Allemagne

3.2.2.1. Trafic intérieur		
3.2.2.1.1. Comparaison intermodale		ALLEMAGNE FEDERALE
toutes marchandises confondues		TRAFIC INTERIEUR
Variable analysée	Aspects	commentaires des résultats
1	2	3
1. Volume du trafic	évolution	Le trafic routier est le seul qui augmente, de plus de 5 % par an, tandis que le trafic ferroviaire et fluvial diminuent de 4 % chacun.
	répartition	En 1971 : 32 % route, 43 % fer 25 % voie d'eau. 1976 : respectivement : 48 %, 33 % et 19 %.
2. Diffusion	évolution	Tendance à la diffusion uniquement pour le fer. La route indique plutôt une légère tendance à la concentration, bien que peu fiable. L'évolution de la voie d'eau est beaucoup trop irrégulière pour en tirer une quelconque tendance.
	niveau	La route a un niveau de diffusion fort, le fer moyen et la voie d'eau faible (mais pas concentrée comme en France).
3. Poids relatif petits flux		Pas de tendance importante
CONCLUSIONS.		<i>La diminution de trafic du fer s'accompagne d'une forte tendance à la diffusion.</i>

Note : l'absence de distinction entre les catégories de marchandises dans les statistiques utilisées pour l'Allemagne, ainsi que la seule prise en compte du trafic intérieur par celles-ci empêchent de se livrer à l'ensemble des analyses qui ont été effectuées pour la France.

CHAPITRE IV

CONCLUSIONS

4.1. Synthèse des résultats

Sur l'ensemble des séries chronologiques de matrices analysées on constate une très nette majorité de cas où la diffusion des trafics s'accroît au cours de la période : pour le trafic intérieur français, 18 cas de diffusion croissante (dont 14 fiables) sur 27 et seulement trois cas fiables de concentration ; pour l'ensemble des trafics français et allemands, il y a 7 cas de diffusion croissante sur 9 (1). Les analyses de Gilbert CAPLAIN confirment dans l'ensemble la fiabilité de ces conclusions.

On peut donc conclure que pour la période étudiée, qui va de 1971 à 1976 pour la France et de 1969 à 1977 pour l'Allemagne la tendance à la diffusion croissante est globalement établie. D'autre part, la structure des matrices évolue de façon relativement lente, et sans liaison étroite avec les mouvements conjoncturels des niveaux d'activité et de trafic, ainsi que le montre la relative insensibilité des résultats à la pointe de trafic de 1974.

L'analyse détaillée des résultats invite cependant à apporter des nuances diverses à cette conclusion générale. De plus, des comparaisons spécifiques entre ces résultats analytiques suggèrent nombre de conclusions intéressantes, qui seront développées maintenant. Dans le chapitre III, on avait examiné pour chaque série chronologique de matrices le niveau et la tendance à la diffusion ou à la concentration ; il s'agira maintenant d'établir pour ces éléments des comparaisons intermodales, inter-marchandises et entre types de trafic (intérieur, importation et international).

De façon générale c'est dans la comparaison intermodale que les résultats sont les plus contrastés.

4.1.1. Comparaisons intermodales

Globalement, c'est pour la route que l'on trouve les plus hauts niveaux de diffusion, tant en Allemagne qu'en France, et pour ce dernier pays où l'on peut distinguer les types de trafic, tant en trafic intérieur qu'international (2).

(1) le nombre total de cas est ici plus faible, car le matériel statistique utilisé distingue moins d'éléments.

(2) Pour les comparaisons France-Allemagne, il faut se rappeler que pour l'Allemagne on parle de toutes les marchandises, alors que pour la France, on a trois catégories dont le total ne couvre pas l'ensemble des marchandises; en particulier les pondéreux ne sont pas pris en compte.

Quant au fer, il a en général un niveau de diffusion plus faible, surtout pour les produits agricoles et les demi-produits en trafic intérieur.

La voie d'eau est la moins diffuse dans les deux pays. Elle est cependant moins concentrée en Allemagne qu'en France, en raison sans aucun doute du plus grand développement du réseau.

L'examen des tendances révèle un tableau plus contrasté entre l'Allemagne et la France. Dans le premier pays la route tend à se concentrer, à l'inverse du fer dont la diffusion s'accroît. En France, la diffusion de la route s'accroît sur toute la période ; quant au fer, en trafic intérieur, il se concentre jusqu'en 1973 et se diffuse après ; il se concentre fortement en importations et se diffuse fortement en exportations (sauf pour les produits finis).

Pour la voie d'eau on ne dégage pas de tendance nette ni en Allemagne ni en France, à l'exception toutefois des exportations françaises qui manifestent une très forte tendance à la diffusion pour les produits agricoles et une tendance à la concentration pour les deux autres catégories de produits.

Il reste à dire un mot sur l'évolution globale des tonnages transportés. Le trafic routier augmente dans les deux pays. Le trafic ferroviaire est en forte baisse en Allemagne ; en France, il augmente jusqu'en 1974 et chute fortement en 1975. On remarque que dans les deux pays, la chute de tonnage du trafic ferroviaire coïncide avec une plus grande diffusion de ce mode ; ceci signifie-t-il que le fer a surtout reculé sur les principales liaisons ?

Pour les voies navigables le volume de trafic baisse en Allemagne. En France, on observe en trafic intérieur une très forte croissance des produits agricoles et une chute du trafic de produits demi-finis (dont la diffusion augmente cependant). En importations aussi, le trafic de produits agricoles est le seul à être en hausse. Curieusement, en exportations, ce sont les produits finis qui connaissent une hausse exceptionnelle du trafic sur la voie d'eau ; il faut dire toutefois que la part des produits finis dans le transport par voie navigable se situe à un niveau absolu très faible ; il peut donc s'agir d'un phénomène purement local et accidentel (ce qui est confirmé par la très forte tendance à la concentration pour ce type de transport).

4.1.2. Comparaison inter-marchandises

A la différence de la comparaison intermodale qui pouvait porter à la fois sur la France et sur l'Allemagne, on ne parlera ici que de la France ; en effet on se rappellera que les statistiques allemandes utilisées ne distinguent pas de catégories de marchandises.

Le niveau de diffusion est nettement plus faible pour les produits demi-finis que pour les deux autres catégories ; par définition ils circulent d'usine à usine ; c'est donc sans doute là le reflet de la concentration industrielle sur certaines portions de l'espace national. Ceci est vrai tant en trafic intérieur que dans les deux sens du trafic international.

Les tendances à la diffusion l'emportent de façon très générale sur les tendances à la concentration. C'est le cas en trafic intérieur, surtout pour les produits finis et demi-finis, un peu moins pour les produits agricoles. C'est vrai aussi en importation, sauf pour les demi-produits qui se concentrent dans le trafic ferroviaire, alors qu'ils se diffusent très fortement sur la route. En exportations, la tendance à la diffusion prévaut également, sauf pour les produits finis où l'on ne peut guère déceler de tendance pour le fer et la voie d'eau, tandis que la route continue à se diffuser comme pour les autres produits.

Cette analyse par produit confirme ce qui avait été dit dans le paragraphe précédent sur la tendance de la route à une diffusion fortement croissante, pratiquement dans tous les cas ; cependant pour les autres modes, si la tendance à la diffusion prévaut, on y constate certaines exceptions.

Les volumes de trafic croissent pour toutes les catégories de marchandises. Toutefois en trafic intérieur, produits finis et demi-finis, qui avaient très fortement augmenté jusqu'en 1974, connaissent en 1975 une chute importante. Sur l'ensemble de la période il n'y a toutefois pas de divergences importantes dans la répartition du trafic entre catégories de marchandises, à part un recul relatif modéré des demi-produits dans le commerce international (dont ils constituent cependant toujours la plus grande part).

Il y a aussi une certaine spécialisation des modes par catégories de marchandises. C'est ainsi que le fer a ses positions les plus fortes dans les demi-produits, mais y subit un certain effrètement : corrélativement, la route a une position dominante pour les produits agricoles et finis. La voie d'eau, qui joue un rôle très faible en trafic intérieur, trouve ses positions les plus solides dans le commerce international de produits agricoles et finis.

Ceci invite à des réflexions nuancées sur les stratégies possibles du fer : il est spécialisé dans les produits demi-finis, dont le niveau de diffusion est le plus faible, mais dont la tendance à la diffusion est forte (sauf en importation).

4.1.3. Comparaison selon la nature du trafic

Cette comparaison ne peut être faite que pour la France, pour laquelle nous possédons les données du trafic intérieur et international. Globalement, c'est-à-dire sans distinguer les modes ni les catégories de marchandises, le niveau de diffusion du trafic intérieur est le plus fort, celui des exportations vient juste après et l'importation quoique moins diffuse l'est encore notablement.

Le niveau de diffusion de la route est plus fort en exportation qu'en importation ; ceci est spécialement du au trafic de produits agricoles. Par contre en trafic intérieur la diffusion de la route est du même ordre que pour l'exportation.

Le fer a les mêmes caractéristiques que la route, plus diffus à l'exportation toujours principalement en raison d'une très forte diffusion des produits agricoles, diffus en trafic intérieur. Par contre, enfin il est concentré à l'importation. En effet seuls les produits finis sont bien diffusés dans ce trafic.

La voie d'eau est par contre nettement plus diffuse à l'importation qu'à l'exportation (1) et très concentrée en trafic intérieur.

Les tendances des trafics de 1971 à 1976 indiquent la plus forte diffusion à l'exportation, une diffusion moyenne à forte pour le trafic intérieur, mais beaucoup plus faible à l'importation. Cependant pour tous les trafics, on remarque une tendance à la diffusion - modes et catégories de marchandises pris globalement - qu'il faut toutefois moduler par la tendance à la concentration du fer en importation (alors qu'au contraire il a une très forte tendance à la diffusion en trafic intérieur depuis 1973).

La voie d'eau qui se concentre en trafic intérieur tend à bien se diffuser à l'importation et montre même une très forte tendance à la diffusion à l'exportation.

C'est en trafic intérieur que la route a la plus forte tendance à la diffusion, bien que pour tout trafic par route on retrouve cette même tendance.

Les produits agricoles ont une plus forte tendance à la diffusion à l'exportation que dans les autres trafics. Par contre les produits demi-finis qui ont une forte tendance à la diffusion en trafic intérieur et à l'exportation, tendent à se concentrer à l'importation (spécialement à cause du fer).

Globalement niveaux et tendances montrent donc une diffusion plus forte en trafic intérieur et en exportation.

4.1.4. Résultat méthodologique

La mesure de la diffusion des trafics posait des problèmes méthodologiques difficiles. Les solutions proposées ont été décrites au chapitre II.

(1) bien que déjà d'un certain niveau de concentration par rapport aux autres modes.

L'option principale a consisté à analyser comme une série de fréquences les tonnages apparaissant dans les cases d'une matrice origine-destination, puis à comparer, dans le temps, selon la nature du trafic, la catégorie de marchandises, le mode de transport, ... les caractéristiques des diverses séries de fréquence correspondant à chaque matrice.

De nombreux indicateurs étaient disponibles pour caractériser ces séries de fréquences. L'étude de plusieurs d'entre eux a été menée tout au long du travail, tant sur le plan de la théorie statistique que sur celui de l'analyse empirique des résultats.

On peut en conclure qu'un de ces indicateurs, le coefficient de variation (soit l'écart-type divisé par la moyenne) permet de bien caractériser la diffusion des flux d'une matrice de transport et de procéder aux comparaisons nécessaires.

Cependant des voies de recherche intéressantes sont apparues, notamment sur le plan de la méthode statistique ; on y reviendra dans le paragraphe suivant.

Sans minimiser pour autant l'intérêt de ces voies de recherche, on peut néanmoins au stade actuel retenir que le coefficient de variation constitue une mesure simple, fiable et aisée à mettre en oeuvre, de la diffusion des trafics.

Il sera donc possible désormais de se livrer à des études de diffusion des trafics sans devoir recourir à l'appareil statistique relativement lourd qui a été utilisé au cours de cette recherche.

4.2. Conclusions générales et voies de recherche

On ne reprendra ici que très brièvement l'essentiel des conclusions qui ont été développées au cours des pages précédentes. De ce long et volumineux travail d'analyse qui a porté sur de très nombreuses matrices de transport et sur le comportement de plusieurs indicateurs statistiques, on peut retirer les éléments suivants.

- A. La tendance à la diffusion est établie pour l'ensemble des modes de transport et des catégories de marchandises, en France et en Allemagne Fédérale, et pour la décennie soixante-dix. Il s'agit d'une tendance de fonds, indépendants des variations annuelles et accidentelles de la production et du volume du trafic.
- B. Des variations significatives de comportement apparaissent en fonction des modes de transport, des catégories de produits transportés et de leur place dans le processus de production et de distribution ainsi que de la nature du trafic considéré (intérieur, d'importation, d'exportation). En général, le sens de ces variations correspond à des caractéristiques des catégories concernées et apparaît donc "logique" ; leur analyse ouvre la voie à des réflexions intéressantes, notamment sur les spécialités des trois modes étudiés et peut avoir des incidences sur les politiques commerciales.
- C. L'émergence d'une mesure de la diffusion simple à mettre en oeuvre, est une conclusion méthodologique susceptible de faciliter la généralisation des études de diffusion des trafics. Il ressort en effet de l'analyse théorique et statistique des indicateurs et de leurs estimateurs aussi bien que de l'examen des résultats empiriques obtenus sur un grand nombre de matrices que l'évolution dans le temps du coefficient de variation des éléments des matrices origine-destination est une bonne mesure de la tendance à la diffusion ou à la concentration des trafics.

Par delà ces conclusions générales, s'ouvrent de multiples voies de recherche possibles dans le prolongement de ce travail. On évoquera maintenant celles qui sont plus directement suggérées par le déroulement du travail lui-même et par les interrogations qu'il suscite.

Elles sont d'ordre divers, de la méthodologie et de l'interprétation statistique à l'exploration des causes économiques de la diffusion. Elles peuvent être classées en quatre catégories :

- les problèmes de loi de distribution de la fréquence des flux classés par leur tonnage.
- l'identification des mécanismes économiques sous-jacents à la tendance à la diffusion.
- un découpage géographique plus fin.
- des comparaisons internationales et dans le temps.

Ceci ne clôt bien entendu pas la liste des voies de recherches possibles et intéressantes : au stade actuel il paraît cependant utile de pousser un peu plus loin la réflexion concernant celles qui viennent d'être mentionnées.

4.2.1 Problèmes de méthodologie statistique

i. Problème des estimations sur échantillon

Rappelons que dans l'hypothèse où les observations correspondraient rigoureusement à un échantillon tiré dans une loi log-normale, les valeurs obtenues sont seulement "asymptotiques", c'est-à-dire sont celles vers lesquelles les indices calculés sur l'échantillon convergent lorsque la taille des échantillons augmente.

Or, pour des échantillons de taille modeste ou même relativement importante, les estimations peuvent présenter des biais importants et peuvent être entachées d'erreurs aléatoires non négligeables.

L'analyse mathématique de ces problèmes n'est pas simple et la solution consistant à effectuer des simulations est extrêmement intéressante. Nous avons déjà pu tenir compte des résultats des premiers travaux effectués par Gilbert Caplain pour un certain nombre d'indicateurs et il conviendrait que les recherches soient poursuivies.

i.i Poursuite de l'analyse

Comme il a été dit au 2.4 i. les modifications dans le temps peuvent correspondre :

- soit à une conservation de la forme, c'est-à-dire, dans le cas d'une loi log-normale, à une modification de σ :
- soit, au contraire, à une modification de la forme ou, en d'autres termes, une modification des écarts à la loi prise comme référence.

De plus, nous avons vu les problèmes posés par la variabilité des estimateurs de l'échantillon.

Notons que les résultats décrits en fin du § 3.1 et dans l'annexe du chapitre III permettent déjà de se faire une idée des phénomènes : les covariations dans le temps des différents indices sont généralement cohérentes avec les relations de ces indices dans les formules. Elles mettent toutefois en évidence des différences sensibles tant avec une distribution normale que log-normale des fréquences de flux.

Nous devons donc nous poser le problème d'appréhender directement les variations de forme. Parmi les méthodes a priori envisageables, une méthode consisterait :

- à se donner un degré de liberté supplémentaire, en définissant des courbes dépendant de 3 paramètres (au lieu des deux paramètres de la loi log-normale dont l'un ne fait que traduire le niveau d'échanges) ;
 - à mettre au point une méthode d'estimation de ces paramètres ;
 - à examiner les variations dans le temps de ces paramètres.
- En effet, il faut souligner que le fait que la variance des estimateurs est souvent importante demande que l'analyse de la signification des variations dans le temps soit approfondie. Ce qui peut conduire à d'autres méthodes d'approche, par exemple en cherchant à tenir compte des variations au niveau des différentes relations au lieu d'utiliser la vision globale fournie par les distributions statistiques.

4.2.2. L'identification des mécanismes économiques sous-jacents à la diffusion

On a déjà évoqué à la fin du chapitre I ce problème essentiel de l'origine de la plus grande diffusion : une répartition elle-même plus diffuse de lieux d'émission des trafics, ou une plus grande mobilité des marchandises.

Diverses possibilités se présentent pour "lever le doute" à ce sujet. Quelle que soit la méthode employée, ce problème doit être abordé en partant d'une réflexion sur les mécanismes économiques fondamentaux en cause, et tout particulièrement en l'occurrence sur les interprétations suggérées par les hypothèses Kondratieviennes quant aux modifications observées dans la structure de l'espace et des transports. On a vu au paragraphe 1.3. comment une telle approche fournit des explications plausibles au phénomène de la diffusion croissante en phase descendante du Kondratieff.

Un certain nombre d'explications "économiques" amènent à penser que la phase de baisse doit entraîner une plus grande mobilité des marchandises. Des réflexions sur l'organisation économique et sociale de l'espace vont dans le même sens.

Or, les deux familles d'explications doivent jouer conjointement. Pour départager le poids des influences respectives, diverses méthodes sont envisageables :

- l'élasticité du transport de marchandises à la production et au volume du commerce international doit fournir un premier élément d'explication, en ce qu'une élasticité supérieure à un tendrait à mettre l'accent sur le rôle majeur de l'accroissement de mobilité. Les études faites par la SNCF révèlent ce type d'élasticité. L'extension de cette conclusion aux autres modes ne peut toutefois être faite sans précaution : D. Cornuel et Y. Gorrichon ont bien montré comment les premières conclusions peuvent être trompeuses en la matière, en raison des différences structurelles entre les modes, et de l'influence que ce facteur peut avoir sur les résultats apparents lorsque le partage du trafic entre modes se modifie.
- malgré les réserves qu'inspire leur méthodologie, les modèles gravitaires, ou d'autres techniques inspirées par eux, devraient permettre de distinguer dans une certaine mesure ce qui dans l'évolution de la matrice résulte de modifications des marges d'une part, de transformation de la structure interne d'autre part.
- enfin dans le cas français, le poids particulier de la région parisienne dans l'espace économique justifie peut être la mise au point de méthodes qui prennent explicitement en compte l'évolution de la place singulière de cette région dans l'économie nationale.

Les méthodes qui viennent d'être évoquées vont toutes dans le sens d'une analyse économétrique plus fouillée de l'évolution des matrices de transport. Elles devraient être complétées par une analyse propre de l'évolution des caractéristiques de l'espace économique et des conclusions des travaux de géographie économique et d'économie spatiale.

C'est ainsi que pour interpréter les résultats différents observés en France et en Allemagne, en ce qui concerne en particulier les comportements différents du rail et de la route dans les deux pays, il convient de tenir compte des systèmes de distribution respectifs : en Allemagne, la densité de population est plus élevée et les réseaux de distribution plus concentrés, avec un petit nombre de points d'éclatement alors qu'en France la distribution est plus parsemée, ce qui, toutes choses égales par ailleurs, devrait être plus favorable à la route.

Il faut voir aussi s'il existe dans un pays des zones de sous-traitance sans guère d'interpénétration ou si au contraire, comme on le constate dans de nombreux domaines tels les bassins de main d'oeuvre, on assiste à une destruction des économies régionales au profit de marchés nationaux, voire internationaux ; ceci devrait, même à localisation industrielle constante et à production constante, entraîner une intensification des échanges interrégionaux et sans doute une plus grande diffusion.

De façon plus générale, les évolutions constatées dans la géographie des transports doivent être rapprochées du résultat des études qui portent sur l'évolution de la structure spatiale de l'économie et des échanges observés dans les rôles fonctionnels des diverses régions. Pour que ce rapprochement puisse se faire efficacement, il faudra sans doute analyser l'évolution de la diffusion dans des cadres géographiques plus fins et en distinguant plus les catégories d'objets transportés.

4.2.3. Un découpage géographique plus fin

Une plus grande finesse dans le découpage géographique utilisé permettrait d'enrichir les conclusions sur d'autres plans.

On a déjà évoqué le problème de la sensibilité de certains indicateurs à la finesse du découpage géographique. Une réflexion méthodologique plus poussée sur ce point devrait être accompagnée des vérifications empiriques et des calibrages que pourrait fournir la comparaison des résultats selon que l'on prend en compte la région, le département ou des unités géographiques plus fines et mieux calquées sur la réalité socio-économique de la division de l'espace.

En outre, une telle approche permettrait d'apporter des éléments de réponse à certains problèmes de politique des transports concernant par exemple la politique d'infrastructure routière ou d'exploitation des petites lignes ferroviaires. Il est certain que l'évolution de la diffusion des trafics est un élément à prendre en compte pour choisir par exemple entre un développement du réseau auto-routier et une amélioration du réseau capillaire ; de même, l'incidence de la fermeture de lignes ferroviaires à faible trafic sur la concurrence rail-route doit être évaluée en fonction de la tendance à la concentration ou à la diffusion des trafics.

Les résultats obtenus à l'issue de la présente recherche ne sont toutefois pas directement pertinents à cet égard. En effet, le découpage géographique retenu (la Région en France, le Land

en Allemagne) n'est pas à l'échelle des problèmes qui viennent d'être évoqués. Mais il est certain que de semblables travaux menés à une échelle géographique plus fine et plus appropriée à la nature du problème apporteraient les éclaircissements fortement utiles à ces difficiles problèmes de politique des transports.

Par ailleurs une meilleure compréhension des raisons de la diffusion croissante à l'échelle régionale (rôle de l'évolution des marges de la matrice, poids des systèmes de distribution, etc...) est également nécessaire pour tirer des conclusions pratiques de nos résultats.

Sur un plan plus pratique, des analyses portant sur des produits déterminés ou des ensembles de régions avec des zones plus finement découpées peuvent apporter des éclairages utiles aux politiques commerciales de firmes de transport.

4.2.4. Des comparaisons internationales et dans le temps

La méthode, qui comme on l'a vu, porte des fruits intéressants tout en étant légère à appliquer, pourrait servir à analyser d'autres séries chronologiques de matrices origine-destination, couvrant d'autres pays, d'autres époques, d'autres regroupements géographiques et de marchandises, ... Les limitations à de telles extensions se trouvent seulement dans la relative rareté de séries chronologiques de matrices suffisamment longues et fiables, surtout pour des périodes plus anciennes.

Toutefois pour certains modes de transport - souvent le transport ferroviaire - et pour certains pays on dispose de séries chronologiques remontant assez loin dans le passé. Leur examen permettrait de lever un autre doute : à la diffusion croissante observée en phase descendante du Kondratieff, correspond-il bien une tendance à la concentration pendant la phase ascendante ? Ou, hypothèse bien moins vraisemblable, observerait-on une tendance séculaire à la diffusion, ou encore un tout autre type de comportement ? Ces résultats devraient être rapprochés de l'étude de l'élasticité transport-production à long terme, telle qu'elle a été effectuée par D. Renouard.

Les comparaisons internationales peuvent également être d'un grand intérêt. Il faudrait toutefois être prudent pour comparer les données portant sur des ensembles géographiques différents, à la fois pour des raisons de stabilité des indicateurs et parce qu'il convient de rapprocher les valeurs de ces estimateurs et leur évolution des structures économiques et géographiques des pays concernés.

Une autre possibilité intéressante consiste à refaire les analyses du présent rapport pour des catégories de produits plus fines, pour lesquelles on disposerait d'études ou de recherches récentes sur la localisation des établissements et sur l'organisation de la distribution des produits.

Cette énumération n'épuise certes pas la liste des questions qui se découvrent et foisonnent. Il faut donc clore ce volume en souhaitant que d'autres chercheurs, dans des domaines nouveaux, reprennent et étendent les études sur la diffusion, dont le champ n'est pas clos.