

MODÉLISATION DES FLUX D'IMPORTATIONS RÉGIONALES

H. HAMMADOU (CESURE),
Christian CALZADA



Le travail présenté dans cet article s'intègre dans la réflexion menée au sein du département des études économiques du SES sur la conception d'un outil de simulation des flux interrégionaux de marchandises (voir Notes de synthèse N°99, février 1996) et traite plus particulièrement ici des flux d'importations régionales de marchandises par produit. Cette démarche vise, sur la base d'une analyse statistique puis économétrique, à fournir des éléments de prévision des flux de trafic à long terme (horizon 2015) sur la base de prévisions macro-économiques régionalisées.

Mesure de l'impact de la spécialisation sectorielle sur l'évolution des flux

L'analyse prospective développée ci-après concerne les flux d'importations régionales de marchandises en tonnages, tous modes confondus sans distinction des zones étrangères d'émission, pour douze familles de produits et sur la période 1975-1992.

Afin d'évaluer l'impact de la spécialisation sectorielle sur l'évolution des flux d'importations, dans chaque région et pour chaque période, une analyse dite « *structurelle-géographique* » (voir encadré 1) a été menée. L'analyse des corrélations dans le temps entre effets de structure et effets géographiques s'avère faible d'une période sur l'autre. On constate par ailleurs une forte instabilité des effets, notamment des effets géographiques. L'analyse moyenne de ces effets sur la période 1975-1992 (tableau 1) fait ressortir que la structure sectorielle des importations a un effet moyen plus important sur leur croissance que leur structure géographique. Le Languedoc-Roussillon et l'Aquitaine sont les seules régions subissant un double effet négatif. En revanche, les régions très ouvertes sur l'extérieur et qui bénéficient d'un effet structurel positif, alors qu'elles subissent un effet géographique négatif, sont caractéristiques de régions à importations diversifiées ; c'est le cas du Nord-Pas-de-Calais, de l'Île-de-France, de la Basse-Normandie et de la Lorraine (graphique 1).

Choix du type de modèle

Les données utilisées comportent une double dimension, temporelle et spatiale (régionale). Les spécifications des modèles de panel classiques ignorent les effets qui proviennent de cette dimension spatiale des échanges, en particulier deux d'entre eux : « *l'autorégression spatiale* » et « *l'autocorrélation spatiale* ». Dans le cadre d'une spécification avec « *autorégression spatiale* », les flux d'importations de chaque région ne sont pas uniquement expliqués par la matrice des variables explicatives mais aussi par les interactions spatiales entre régions. L'autocorrélation spatiale traduit l'idée que les valeurs prises par une variable X dans un ensemble de régions ne sont pas disposées au hasard mais sont souvent proches pour deux observations spatiales voisines. Pour chaque année, les tests effectués concluent à la nullité de ces deux effets. Ce résultat permet de considérer les données non plus comme des données spatio-temporelles mais comme des données individuelles-temporelles. Afin donc de tenir compte de ces deux dimensions, on a eu recours à l'économétrie des données de panel et plus particulièrement aux modèles dits à erreurs composées (MEC) (voir encadré 2).

RÉGIONS

Choix de la spécification

L'analyse de la variance inter-individuelle et intra-individuelle, l'absence d'hétéroscédasticité dans les séries des variables explicatives et expliquées ainsi que le souci d'appréhender au mieux les effets conjoncturels nous ont conduit à retenir une spécification en variables par tête.

Sur la base de l'analyse des coefficients techniques du tableau *entrées-sorties* des comptes de la nation, une correspondance a été établie entre les familles de produits de la NST et les branches de la NAP 40.

Analyse économétrique par secteur d'importation

L'objectif central de cette étude était la prévision à long terme des flux d'importations régionales par secteur, ce qui a contraint le choix de variables explicatives régionales disponibles sur longue période (en l'occurrence ici le revenu disponible brut régional et les valeurs ajoutées régionales des branches concernées). De même, en matière de projection, on utilise les projections d'emploi en 40 secteurs [modèle DIVA-REGIONS, Bipe] pour les valeurs ajoutées régionales par branche ainsi que les projections de population régionale à l'horizon 2020 issues du modèle OMPHALE (INSEE) pour le RDB régional (tableau 2).

- Le groupe des produits agricoles représente 4% des importations globales. L'on observe que toute baisse de la production agricole française entraîne une hausse des flux d'importations qui se substituent à la production nationale.
- Pour les produits agro-alimentaires (6% des flux d'importations globales), on retrouve une relation inverse entre les flux d'importations et la production agricole. Il existe aussi un phénomène de substitution entre les flux d'importations de produits agro-alimentaires et agricoles.
- Les importations en tonnes de combustibles et minéraux solides ne représentent que 0,09% des flux d'importations globales.
- Les produits pétroliers regroupent les produits pétroliers raffinés et les produits pétroliers bruts et représentent à eux seuls plus de 50% des importations en tonnages. Toutes les variables explicatives ont une relation positive avec les flux d'importations de produits pétroliers, sauf le secteur « électricité, gaz et eau ». On peut supposer la présence d'un phénomène de substitution entre la production électrique et l'importation de produits pétroliers. Ce phénomène traduit les possibilités de substitution entre formes d'énergie et le fait que l'électricité utilisée en France est aujourd'hui principalement d'origine nucléaire.
- Les flux d'importations de produits ferreux regroupent deux secteurs : minerais ferreux et déchets pour la métallurgie, produits métallurgiques ferreux. C'est le deuxième groupe le plus important, du point de vue des tonnages, après celui des produits pétroliers. Il représente 10% des importations globales. L'ensemble des variables a un effet positif sur la variable expliquée, sauf pour la valeur ajoutée de l'industrie mécanique.
- Les flux d'importations de produits non ferreux sont composés de minerais et déchets non ferreux (4B) et des produits métallurgiques non ferreux (5B). C'est un ensemble qui représente une faible part des importations globales (2%). Ils sont principalement utilisés en tant que consommations intermédiaires par le secteur T15A (matériels électriques et électroniques) et en consommation finale par les ménages.
- 7% des importations globales sont concernées par les flux de minéraux bruts ou manufacturés et matériaux de construction. Le signe négatif du coefficient du secteur T09 n'est pas surprenant, il traduit sans doute l'existence d'un phénomène de substitution entre les flux d'importations de minéraux bruts ou manufac-

RÉGIONS

turés et matériaux de construction et la production intérieure de matériaux de construction et minéraux divers.

- Les flux d'importations de produits chimiques regroupent cinq groupes de produits ; il est donc naturel de trouver une liste importante de variables explicatives. Celles-ci ont toutes un effet positif sur les flux d'importations, à l'exception du revenu disponible brut, dont l'effet est peu significatif.
- Le groupe des produits en verre, des faïences et des porcelaines représente un très faible tonnage dans les importations globales, proche de 0%. Les variables explicatives ont toutes un effet positif sur les flux d'importations, sauf pour la valeur ajoutée des industries parachimique et pharmaceutique.
- Les flux de machines et articles métalliques ne représentent que 1% des importations globales. Seule la valeur ajoutée de la construction navale et aéronautique a une relation négative avec les flux d'importations de machines et articles métalliques.
- Le secteur des matériels de transport et matériels agricoles (1% du total) n'ont que deux variables explicatives, le revenu disponible brut et le secteur T16 (construction de véhicules automobiles et d'autres matériels de transport terrestre), qui ont toutes deux un effet positif sur l'évolution des flux.
- Les flux d'importations d'autres articles manufacturés qui représentent seulement 3% des importations globales sont expliqués par plusieurs variables. Là aussi ces variables explicatives ont toutes un effet positif sur les flux d'importations du secteur autres articles manufacturés, à l'exception de la valeur ajoutée de la branche « bois, meubles et industries diverses ».

Bilan de l'opération

L'analyse statistique puis économétrique des flux d'importations régionaux a permis de soulever nombre de questions quant à la méthodologie à utiliser. Ainsi l'on s'aperçoit qu'en moyenne la structure sectorielle des importations a un effet sensiblement plus important sur leur dynamique que leur structure régionale. En outre les flux d'importations d'un secteur et d'une région donnés s'avèrent ne pas conditionner les flux d'importations de ce même secteur pour des régions voisines.

La méthodologie économétrique la plus appropriée s'est avérée être celle des données de panel. En effet, face à un problème d'hétérogénéité des flux (les comportements des flux d'importations diffèrent sensiblement d'une région à l'autre), l'utilisation du MEC et le choix d'une spécification en variables par tête permet de donner à ce problème une solution qui intègre mieux les phénomènes conjoncturels.

Exemple de projection à l'horizon 2015 : le secteur des minéraux et matériaux de construction

Le taux de croissance annuel moyen des importations de minéraux et matériaux de construction entre 1975 et 1992 se situait aux alentours de 3%, le taux prévu est de 1,8% et suit donc une légère tendance à la baisse. Les taux de croissance des importations de chaque région sont assez homogènes, compris entre -3,8% et 4,9% par an. Les hausses les plus importantes sont enregistrées dans le Poitou-Charentes avec 4,9% et le Languedoc-Roussillon avec 4,3%. Les seules régions en baisse sont le Limousin (-3,8%) et Provence-Alpes-Côte d'Azur (-0,5%) (tableau 3).

RÉGIONS

Tableau n° 1 : Analyse moyenne des effets géographiques et structurels sur la croissance des importations par produits (1975-1995)

<i>Effet géographique</i> <i>Effet de structure</i>	<i>négatif</i>	<i>positif</i>
<i>négatif</i>	<i>Languedoc-Roussillon, Aquitaine.</i>	<i>Pays de la Loire, Alsace, Haute-Normandie, Rhône-Alpes, PACA.</i>
<i>positif</i>	<i>Nord, Ile-de-France, Basse-Normandie, Lorraine.</i>	<i>Champagne-Ardenne, Bourgogne, Bretagne Auvergne, Picardie, Centre, Corse, Franche-Comté, Poitou-Charentes, Limousin, Midi-Pyrénées.</i>

**Tableau n° 3 : Projections à moyen terme du secteur 6A
(Minéraux bruts ou manufacturés et matériaux de construction)
TCAM en % (1992-2015)**

<i>Régions</i>	<i>Revenu disponible brut régional RDB*</i>	<i>Valeur ajoutée régionale de la branche matériaux de construction VAR T09**</i>	<i>Valeur ajoutée régionale de la branche bâtiment, génie civil et agricole VAR T24**</i>	<i>Estimation MEC</i>
CHAMPAGNE-ARDENNE	-3,4	-4,0	-0,4	3,1
CENTRE	15,3	-1,3	0,2	2,0
BASSE-NORMANDIE	5,0	-1,8	0,4	1,9
BRETAGNE	9,1	-1,9	0,3	3,7
AQUITAINE	13,3	-1,1	0,1	0,5
LANGUEDOC-ROUSSILLON	30,3	-0,2	1,0	4,3
PACA-CORSE	25,1	0,3	0,0	-0,5
NORD	-1,2	-1,8	0,4	3,5
PICARDIE	10,7	-0,4	-2,0	0,5
HAUTE-NORMANDIE	11,0	-2,3	0,3	3,1
BOURGOGNE	1,6	-3,1	-0,5	3,7
LORRAINE	-6,8	-0,8	-0,4	3,3
FRANCHE-COMTE	0,8	-0,4	0,1	3,7
PAYS DE LOIRE	10,6	-1,8	0,2	2,5
POITOU-CHARENTES	0,8	-1,5	-1,0	4,9
MIDI-PYRENEES	9,4	0,3	0,0	2,5
AUVERGNE	-4,7	-1,7	-0,4	0,9
ALSACE	11,6	-1,7	0,2	3,1
ILE-DE-FRANCE	13,5	-2,0	0,1	1,4
LIMOUSIN	-7,1	-0,9	-0,7	-3,8
RHÔNE-ALPES	18,8	-1,1	0,6	2,3
FRANCE				1,8

T09 : *Branche matériaux de construction*

T24 : *Branche bâtiment, génie civil et agricole*

RDB* : *Les projections du revenu disponible brut régional sont basées sur celles de la population régionale à l'horizon 2020 issues du modèle OMPHALE (INSEE)*

** : *La projection de la valeur ajoutée des branches T09 et T24 est basée, sur les projections d'emploi régional en 40 secteurs [modèle DIVA-REGIONS, Bipe] pour un scénario dit médian*

RÉGIONS

Tableau n° 2 : Résultats des estimations par secteur d'importation
Valeurs des coefficients estimés issus du modèle à erreurs composées (MEC)

NST	0	1	2	(3A+3B)	(4A+5A)	(4B+5B)	6A	6B+7+ 8A+8B+8C	9 A	9 B	9 C	9 D
RDB	-0,66	2,16	0,36	32,23	2,53	0,76	1,89	-2,24	0,39	0,62	0,39	1,84
<i>T</i>	-1,85	-2,64	-0,21	-3,44	-2,27	-2,40	-5,86	-2,07	-5,24	-8,98	6,57	-8,85
VAR T01	-23,36	-69,53										
<i>T</i>	-4,60	-6,46										
VAR T02	61,84	223,31										
<i>T</i>	-3,21	-5,39										
VAR T03	66,58	112,66										
<i>T</i>	-6,63	-7,69										
VAR T05				2210,77								
<i>T</i>				-15,13								
VAR T06			-238,09	-3596,64								
<i>T</i>			-2,35	-9,46								
VAR T07			898,04		1173,88							
<i>T</i>			-5,43		-27,32							
VAR T09							-197,96					
<i>T</i>							-2,47					
VAR T10											60,67	
<i>T</i>											20,14	
VAR T11				3456,09				314,58		-7,58		
<i>T</i>				-8,10				7,58				
VAR T12								391,01		-6,55	-7,41	35,92
<i>T</i>								6,55			-4,15	-3,22
VAR T13								266,32		-7,43		
<i>T</i>								7,43				
VAR T14										22,23		
<i>T</i>										-12,97		
VAR T15A										10,68		
<i>T</i>										-4,28		
VAR T16					40,59			147,79	14,39	-7,79	2,90	40,24
<i>T</i>					-1,68			7,79	-13,52		2,91	-10,19
VAR T17										-29,38		
<i>T</i>										-11,04		
VAR T18												80,56
<i>T</i>												-22,06
VAR T19												142,00
<i>T</i>												-4,90
VAR T20												-175,14
<i>T</i>												-10,28
VAR T24							116,00					
<i>T</i>							-4,15					
Constante	172,59	104,68	357,89	916,80	-62,28	96,53	-140,66	-163,17	-1,18	-8,63	-3,84	14,99
<i>T</i>	-6,60	-1,77	-2,04	-2,21	-0,90	-6,09	-1,01	-2,77	-0,28	-2,43	-1,30	-1,04
R ²	0,87	0,97	0,80	0,96	0,65	0,40	0,93	0,96	0,96	0,98	0,98	0,95

1^{ère} ligne : valeurs des coefficients estimés

2^{ème} ligne : T représente la statistique de Student

RDB : revenu disponible brut régional

VAR TXX : valeur ajoutée régionale de la branche TXX

Nomenclature produits NST agrégée

0 : Produits agricoles

1 : Agro-Alimentaires

2 : Combustibles minéraux solides

3A+3B : Produits pétroliers

4A+5A : Produits ferreux

4B+5B : Produits non ferreux

6A : Minéraux bruts ou manufacturés et matériaux de construction

6B+7+8A+8B+8C : Produits chimiques

9A : Matériel de transport et matériel agricole

9B : Machines et articles métalliques

9C : Verre, faïences, porcelaine

9D : Autres articles manufacturés

Nomenclature des branches NAP 40 (INSEE)

T01 : Agriculture, sylviculture, pêche

T02 : Viandes et produits laitiers

T03 : Autres produits alimentaires

T05 : Pétrole brut et raffiné, gaz naturel

T06 : Electricité, gaz et eau

T07 : Minerais et métaux ferreux

T09 : Matériaux de construction

T10 : Verre

T11 : Chimie de base, fibres synthétiques

T12 : Parachimie et pharmacie

T13 : Fonderie et travail des métaux

T14 : Mécanique

T15A : Matériels électriques et électroniques professionnelle

T16 : Matériels de transport terrestre

T17 : Construction navale et aéronautique

T18 : Textiles et habillement

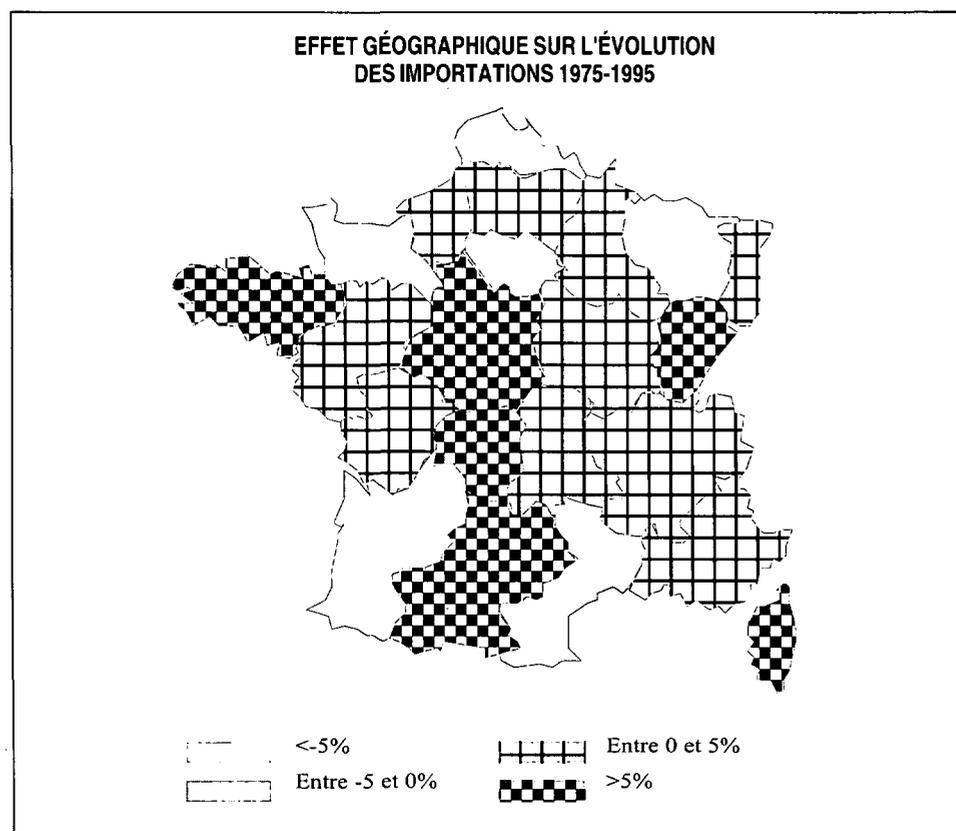
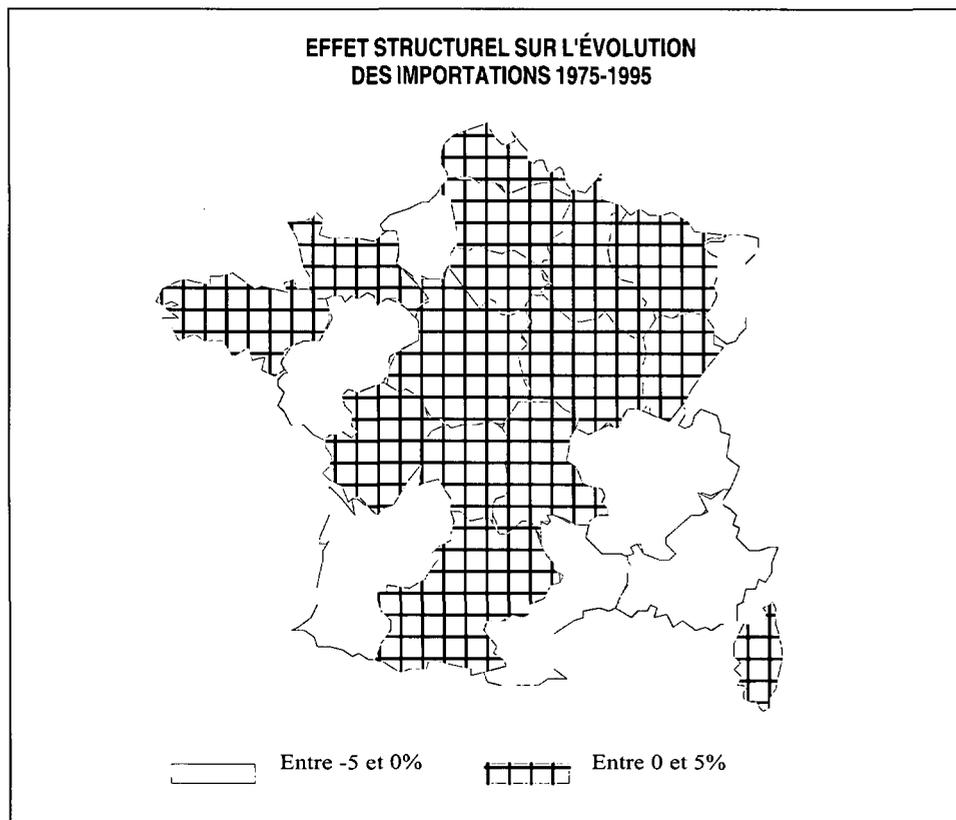
T19 : Cuir et chaussures

T20 : Bois, meubles et industries diverses

T24 : Bâtiment, génie civil et agricole

RÉGIONS

Graphique n° 1



ANALYSE STRUCTURELLE-GÉOGRAPHIQUE :

Soient :

x_{ri} = Taux de croissance des importations du produit i par la région r .

z_{ri} = Volume d'importations en tonnages de la région r pour le produit i en début de période.

A partir de z_{ri} et de x_{ri} , on peut calculer le taux de croissance moyen pour la région r (x_r) et pour le produit i (x_i), ainsi que le taux moyen global (x).

L'analyse *structurelle-géographique* permettra de séparer, dans les différences entre taux moyens régionaux, la part qui revient à l'un et à l'autre des effets dits *structurels* et *géographiques*.

On peut écrire :

$$(1) \quad \begin{cases} x_{ri} = m + e_i + u_{ri} \\ \sum_i z_{ri} e_i = 0 \end{cases} \quad Eu_{ri} = 0, \quad Vu_{ri} = \sigma^2 / z_{ri}$$

$$\text{où } z_{.i} = \sum_r z_{ri}$$

$$\text{avec } m = x \quad e_i = (x_{ri} - x_i) \quad u_{ri} = (x_{ri} - x_r)$$

C'est un modèle linéaire qu'on peut estimer par les moindres carrés. Un des principaux défauts de l'analyse *structurelle-géographique descriptive* est que l'effet du facteur géographique n'est pas mesuré directement mais est une moyenne des résidus d'estimation \hat{u}_{ri} . Celle-ci est censée mesurer un effet propre à la région, effet issu d'une composante proprement spatiale ou d'éléments de structure non pris en compte par le découpage en l catégories utilisés. L'interprétation de l'effet géographique n'a donc d'intérêt que si cet effet n'est pas toujours nul. Or, une hypothèse de base du modèle (1) est que les résidus u_{ri} sont d'espérance nulle. Pour traiter ce problème de spécification, il faut, en suivant la proposition de JAYET (1978), introduire explicitement l'effet géographique g_r , ce qui donne le modèle suivant :

$$(2) \quad \begin{cases} x_{ri} = m + e_i + u_{ri} \\ \sum_i z_{ri} e_i = \sum_r z_{ri} g_r = 0 \end{cases} \quad Eu_{ri} = 0, \quad Vu_{ri} = \sigma^2 / z_{ri}$$

On a maintenant un modèle d'analyse de variance à deux facteurs sans interactions (2). L'estimateur de \bar{m} est, là encore, égal à x . Les estimateurs \bar{e}_i et \bar{g}_r ne peuvent être écrits explicitement. On montre cependant en écrivant les équations normales qu'ils sont liés par les relations suivantes :

$$(3) \quad \begin{aligned} x_r - \bar{m} &= \sum_i \frac{z_{ri}}{z_r} \bar{e}_i + \bar{g}_r \\ x_i - \bar{m} &= \sum_r \frac{z_{ri}}{z_i} \bar{g}_r + \bar{e}_i \end{aligned}$$

En examinant de plus près (3), on constate que cette dernière est une égalité *structurelle-géographique*. Puisque \bar{m} est égal à x , il suffit de la réécrire sous la forme :

$$x_r - \bar{m} = \bar{s}_r + \bar{g}_r$$

où $\bar{s}_r = \sum_i \frac{z_{ri}}{z_r} \bar{e}_i$, qui ne diffère d'une région à l'autre qu'en raison des écarts entre répartitions

à l'intérieur de chaque région, s'interprète comme l'effet structurel. Quant à \bar{g}_r , c'est par définition l'effet géographique (pour plus d'information, voir H. JAYET, *Analyse spatiale quantitative, Une introduction*, Bibliothèque de Science Régionale, Economica, 1993, pp. 35-51).

LE MODÈLE À ERREURS COMPOSÉES (MEC) :

Syntaxe générale :
$$y_{it} = \sum_{j=1}^p x_{j,it} \beta_j + \varepsilon_{it}$$

avec :
$$\varepsilon_{it} = \alpha_i + \lambda_t + u_{it}$$

Le MEC revient à décomposer la perturbation en trois parties distinctes :

- une composante temporelle (qui constitue un résumé des variables omises dans la liste des variables explicatives et dont la valeur est identique pour tous les individus à l'instant t),
- une composante individuelle,
- une composante résiduelle.

La méthode d'estimation de ce modèle est basée sur l'utilisation de la variabilité (variance) dans tout ou partie de ces dimensions. Ainsi, la décomposition de la variance totale de chaque série en deux sous-variances orthogonales : *inter-individuelle* (ou inter, dite aussi BETWEEN) et *individuelle* (ou intra, dite aussi WITHIN), nous fournit une indication sur la variabilité dominante.

Cette décomposition s'écrit : $\text{Var}_{\text{tot}} = \text{Var}_{\text{intra}} + \text{Var}_{\text{inter-ind}}$

Où :
$$\text{Var}_{\text{tot}} = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (y_{it} - y_{i..})^2 \quad \text{avec} \quad y_{i..} = \frac{1}{NT} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T y_{it}$$

$$\text{Var}_{\text{inter-ind}} = T \sum_{i=1}^N (y_{i.} - y_{..})^2 \quad \text{avec} \quad y_{i.} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_{it}$$

$$\text{Var}_{\text{intra}} = \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (y_{it} - y_{i.})^2$$

Suivant la spécification retenue et les méthodes d'estimation, on choisit de privilégier telle ou telle variabilité. Pour le modèle à erreurs composées, on ne décompose (le plus souvent) le terme résiduel qu'en incluant une perturbation aléatoire individuelle, sans considérer la perturbation temporelle car la dimension individuelle est en général la composante dominante sur les données de panel. Le terme résiduel se décompose de la façon suivante :

$$\varepsilon_{it} = \alpha_i + u_{it}$$

L'on cherche ainsi à neutraliser les « bruits » et non pas à les faire ressortir comme des signaux à estimer.