

I. PAPADIMITRIOU

Décomposition d'une matrice de Léontief par l'analyse des correspondances

Les cahiers de l'analyse des données, tome 12, n° 2 (1987), p. 147-168

http://www.numdam.org/item?id=CAD_1987__12_2_147_0

© Les cahiers de l'analyse des données, Dunod, 1987, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Les cahiers de l'analyse des données » implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques

<http://www.numdam.org/>

DECOMPOSITION D'UNE MATRICE DE LEONTIEF PAR L'ANALYSE DES CORRESPONDANCES

[LEONTIEF]

I. Papadimitriou ()*

0. Les données

0.1 Origine de la structure : On utilise comme données de base la matrice de Léontief, concernant les "demandes intermédiaires" de l'économie grecque pour l'année 1958; telles qu'elles sont publiées dans le "INPUT-OUTPUT TABLES OF THE GREEK ECONOMY"; Th. Shoutzos, C.S. Mattheos; Center of planing and economic research; Athens 1980.

Un tableau des entrées-sorties présente de façon exhaustive les échanges [consommations intermédiaires] des biens et des services entre les diverses branches de l'économie pour une année particulière. Le tableau d'entrées-sorties est un tableau de dimensions $(n \times n)$. Pour le cas de l'économie grecque, la dimension du tableau est 35×35 . C'est dire que l'économie grecque est divisée en 35 branches. [agriculture, mines, alimentation, boissons, tabac, textiles, chaussures, habillement, bois, meubles, papier, imprimerie, cuir, caoutchouc, plastiques, industrie chimique, produits du pétrole, ciment, verre, produits non métalliques, métallurgie, produits métalliques, machines, machines électriques, moyens de transport, autres manufactures, constructions, électricité, transport, communications, commerce, banques, autres services, logements et services publics].

Les 35 lignes (I_0) de cette matrice représentent les diverses branches de l'économie considérées comme producteurs de biens et de services, tandis que les 35 colonnes (J_0) présentent ces mêmes branches comme usagers de diverses entrées.

(*) Lecteur à l'école des hautes études industrielles de Tessalonique - Grèce

Les branches portent les mêmes dénominations et se correspondent parfaitement. Chaque ligne i du tableau décrit de façon précise le(s) produit(s), produit par cette branche et consommés par les autres branches. [y compris l'autoconsommation] la somme de chaque ligne est donc égale à la demande pour les produits de la branche par toutes les autres. [demande des consommations intermédiaires]. Chaque colonne j , montre la consommation de la **branch**e correspondante des produits des autres branches de l'économie. La somme de chaque colonne, donne les entrées en biens et services nécessaires pour la réalisation des produits de la branche. En ajoutant à la somme précédente la valeur ajoutée on obtient la production brute de la branche. Pour le cas grec la valeur ajoutée est distinguée en salaires, profits et charges du capital [appelée autre valeur ajoutée] et les taxes perçues par l'état.

Il est évident qu'un tableau d'entrées-sorties constitue une source d'information riche, décrivant exhaustivement les structures de l'économie. Mais une remarque s'impose: étant donné qu'il est impossible pour diverses raisons [disponibilité des données, problèmes d'ordre statistique, problèmes du traitement empirique, etc.] de construire des tableaux selon une nomenclature très fine, on est obligé d'agréger plusieurs produits et par conséquent des branches par simple sommation. Il est donc clair qu'en agrégation empirique il y a une perte d'information. D'autant plus qu'il n'existe pas un modèle d'agrégation unique [voir par exemple Malinvaud 1957] et que la méthode choisie dépend de son utilisation ultérieure.

Il se pose ainsi le problème de la fiabilité de l'agrégation utilisée pour la constitution du tableau, c'est-à-dire si elle est idéale pour la description de la structure de l'économie

Pour pouvoir exploiter au maximum l'information contenue dans le tableau nous nous proposons une analyse des tableaux fondée sur des méthodes d'analyse des données [analyse des correspondances et classification ascendante hiérarchique] permettant l'évaluation empirique de la fiabilité de l'agrégation ou d'une hypothèse économique particulière.

0.2 La forme du tableau est adéquate pour une application des méthodes d'analyse des données ?

On peut distinguer trois types d'évolution de l'économie grecque.

Le premier type comprend les branches : agriculture, mines, alimentation, boissons, tabac, textiles, chaussures, habillement, bois (I_1 ou J_1).

Le deuxième type comprend les branches: meubles, papier, imprimerie, cuir, caoutchouc, plastiques, industrie chimique, industrie du pétrole, ciment, verre, produits non métalliques, produits métalliques, métallurgie, machines, machines électriques (I_2 ou J_2).

Le troisième type comprend les branches: moyens de transports, autres manufactures, constructions, électricité, transport, communications, commerce, banque, autres services, logements, services publics (I_3 ou J_3).

I_1, I_2, I_3 sont les branches (lignes) de chaque type considérées comme producteurs de biens et de services.

J_1, J_2, J_3 sont les branches (colonnes) de chaque type considérées comme consommateurs des diverses entrées intermédiaires.

$$I_1 \cup I_2 \cup I_3 = I_0; \quad J_1 \cup J_2 \cup J_3 = J_0$$

Nous nous proposons d'étudier les implications de cette distinction de l'économie et plus particulièrement si les échanges décrits par le tableau entrées-sorties correspondent à cette distinction.

La méthode mise en oeuvre est l'analyse des correspondances et la classification ascendante hiérarchique. Dans cette analyse des correspondances, un tableau ($n \times p$) est représenté par un nuage de n points dans un espace à p dimensions. Le grand nombre p de dimensions ne permet pas une vue directe des données rendant par là l'interprétation presque impossible. On doit donc déterminer des axes de synthèse, définissant un espace de dimension moindre rendant plus aisée l'interprétation. On prend pour cela les axes d'inertie du nuage, en déterminant les directions principales pour lesquelles les points se dispersent autour du centre de gravité. Les 5 premiers axes donnent généralement une bonne description du nuage. La projection du nuage sur les divers plans (déterminés par les axes pris deux à deux) donne les distances entre points. On peut faire de même symétriquement avec les p points dans un espace à n dimensions. Les axes factoriels de deux nuages peuvent être considérés un à un comme identiques et la projection simultanée des deux nuages sur les plans factoriels permet d'interpréter les positions relatives de deux points d'un nuage par rapport à chaque point de l'autre nuage.

L'algorithme de la classification ascendante hiérarchique construit l'arbre hiérarchique à partir des branches. Cette procédure consiste en une agrégation ascendante de toutes les branches (individus). A chaque fois on cherche le couple constitué de deux branches qui se ressemblent le plus. Dans l'étape suivante le couple choisi à l'étape précédente est considéré comme une branche. C'est-à-dire à chaque agrégation, l'inertie intraclasse de la partition qui en résulte doit croître le moins possible. La construction se poursuit jusqu'au sommet de l'arbre où est créée la classe comprenant toutes les branches. La lecture de cet arbre de haut en bas détermine les faits définissant les dichotomies successives rencontrées dans cette lecture descendante.

La première partie de cette étude (§ 1) comprend:

a) La classification de toutes les branches (I_0) d'après leurs sorties vers les branches déterminant chacun des trois types (J_1, J_2, J_3). En même temps, les branches J_1, J_2, J_3 sont classées d'après leurs entrées venant du I_0 .

b) La classification de toutes les branches (J_0) d'après leurs entrées en provenance de branches (I_1, I_2, I_3) déterminant chacun des trois types. En même temps les branches I_1, I_2, I_3 sont classées d'après leurs sorties vers J_0 .

c) Enfin, la classification des branches de I_0 d'après leurs sorties vers J_0 et en même temps, la classification des branches J_0 d'après leurs entrées venant de I_0 .

Dans la deuxième partie nous classerons un modèle plus fin et plus substantiel.

1 Analyse de la matrice selon un modèle de l'économie en trois types

1.1 Branches du premier type

1.1.1 Classification des branches du premier type d'après leurs sorties

On analyse ici le tableau $I_1 \times J_0$. Sur le plan 1×2 des deux premiers axes factoriels (le long duquel l'inertie du nuage est de 0.65) les branches du premier type apparaissent divisées en trois groupes:

(a) industrie minière et bois

(b) agriculture, alimentation, boissons, tabac, chaussures et habillement

(c) textiles.

i) Le groupe (a) contient des biens qui vont principalement vers les branches: meubles, papier, ciment, verre, produits non métalliques, métallurgie, moyens de transport, constructions et électricité.

ii) le groupe (b) contient des biens qui vont principalement vers les branches: agriculture, industrie minière, alimentation, boissons, tabac, imprimerie, cuir, industrie chimique, communications, commerce, banque, autres services, logement et machines.

iii) La branche textiles qui constitue à elle seule le groupe (c) dirige ses produits principalement vers les branches: textiles, chaussures, habillement, plastiques, caoutchouc et machines électriques.

1.1.2 Classification des branches du premier type d'après leurs entrées

On analyse ici le tableau ($I_0 \times J_1$). Le plan 1 x 2 (le long duquel l'inertie est 0.63) permet de diviser les branches du premier type en trois groupes:

- (a) industries des mines et bois
- (b) agriculture, alimentation, boissons et tabac
- (c) textiles, habillement.

i) Le groupe (a) utilise les entrées intermédiaires venant principalement des branches: chaussures, habillement, bois, meubles, verre, métallurgie, produits métalliques, machines électriques et électricité.

ii) Les branches du groupe (b) ont des entrées de produits venant des branches: agriculture, industrie minière, boissons, tabac, papier d'imprimerie, produits chimiques, produits non métalliques, machines, moyens de transport et constructions.

iii) Les branches textiles et habillement qui constituent le groupe (c) utilisent des biens provenant principalement des branches: textiles, autres industries, communication et commerce.

(iv) la branche chaussure est dès le commencement isolée de toutes les autres et utilise des biens provenant de branches cuir et caoutchouc.

1.1.3 Relations de toutes les branches avec celles du premier type

Les branches du premier type, comme branches de sorties (analyse 1.1.1) et branches d'entrées (analyse 1.1.2) sont divisées en trois groupes:

- (a) industrie minière et bois
- (b) agriculture, alimentation, boissons, tabac
- (c) textiles (habillement).

i) Les branches du premier type, agriculture, industrie de mines, alimentation, boissons et tabac produisent et utilisent des biens rattachés au groupe (b), tandis que la branche textiles est en rapport avec le groupe (c).

ii) Les entrées et les sorties de branches du deuxième type, meubles, verre et métallurgie sont en relation avec le groupe (a), tandis que les branches imprimerie et industrie chimique sont liées au groupe (b). Les branches caoutchouc, plastiques et machines électriques sont les seules branches du deuxième type à avoir des relations avec le groupe (c) (textiles) et sont absorbées en majeure partie par les branches textiles, chaussures et habillement.

iii) La branche électricité du troisième type, quant à ses entrées et ses sorties est reliée au groupe (a), tandis que les branches communications, commerce,

banque, autres services et logement utilisent des entrées intermédiaires provenant du groupe (b). Les sorties de branches services publics sont dirigées surtout vers le groupe (b) du premier type.

1.2 Branches du deuxième type

1.2.1 Classification des branches du deuxième type selon leurs sorties

On analyse le tableau $I_2 \times J_0$. Sur le plan 1×2 (le long duquel l'inertie est 0.50) on voit que les branches du deuxième type se divisent en trois groupes.

(a) ciment, verre, produits non métalliques, métallurgie, produits métalliques et machines électriques

(b) caoutchouc, produits chimiques, industrie du pétrole et machines

(c) meubles, imprimerie et papier.

i) Les biens produits par le groupe (a) sont dirigés principalement vers les branches: bois, meubles, produits non métalliques, métallurgie, produits métalliques, machines, machines électriques, constructions et moyens de transport.

ii) Les sorties de branches du groupe (b) touchent fortement les branches agriculture, mines, alimentation, boissons, textiles, caoutchouc, plastiques, produits chimiques, produits tirés du pétrole, ciment, verre transport, autres industries et électricité.

iii) Les branches du groupe (c) produisent des biens qui sont dirigés principalement vers les branches: tabac, papier, imprimerie, communications et commerce.

iv) Les branches du deuxième type cuir et plastiques se distinguent des autres branches de sorties et sont liées par leurs entrées aux branches: chaussures, habillement et cuir.

1.2.2. Classification des branches du deuxième type d'après leurs entrées

Pour accomplir cette classification, on analyse le tableau $(I_0 \times J_2)$. Le plan 1×2 (le long duquel l'inertie est 0.40) permet de classer les branches du deuxième type en 3 groupes.

(a) cuir

(b) meubles, plastiques, produits chimiques, industrie du pétrole, ciment, verre, produits non métalliques, métallurgie, produits métalliques, machines, machines électriques et caoutchouc

(c) imprimerie et papier.

i) La branche cuir (groupe (a)) utilise des biens venant des branches cuir, alimentation et habillement.

ii) Le groupe (b) du deuxième type utilise des entrées intermédiaires venant de toutes les branches excepté: les biens de consommation individuels.

iii) Les branches impression et papier (groupe (c)) reçoivent des entrées de la branche papier.

1.2.3. Relations entre toutes les branches et celles du deuxième type

Les branches du deuxième type, comme branches de sorties (analyse 1.2.1) et branches d'entrées (analyse 1.2.2) sont divisées en 3 groupes:

(a) cuir et plastiques

(b) papier et imprimerie

(c) meubles, caoutchouc, produits chimiques, industrie du pétrole, ciment, verre, produits non métalliques, produits métalliques, métallurgie, machines et machines électriques.

i) Le groupe (a) produit des biens qui sont dirigés principalement vers les branches: chaussures, vêtements et cuir, tandis qu'il utilise les entrées intermédiaires issues des branches: alimentation, habillement et cuir.

ii) Le groupe (b) utilise des produits venant principalement de la branche imprimerie et fournit des biens aux branches communications et commerce et aussi aux branches tabac, papier et imprimerie.

iii) Le reste des branches utilise et produit des biens de branches du deuxième type.

1.3. Les branches du troisième type

1.3.1. Classification des branches du troisième type d'après leurs sorties

Une première analyse (où nous avons tenu compte de toutes les branches du troisième type) nous oblige à considérer à part la branche constructions, avec ses services et biens destinés exclusivement à la branche logement. On poursuit en analysant le troisième type sans la branche logement et constructions qui sont mises en supplémentaires.

L'analyse du tableau $[I_3 - \{\text{constructions}\}] \times [J_0 - \{\text{logement}\}]$ donne le plan 1x2 (le long duquel l'inertie est 0,614) . On distingue les groupes:

(a) transport et commerce

(b) électricité, communications, et services publics

(c) autres industries, banques, autres services, logement (suppl.)

(d) moyens de transport

(e) constructions (élément supplémentaire)

i) Le groupe (a) fournit ses services aux branches: alimentation, boissons, tabac, chaussures, habillement, bois, meubles, papier, cuir, caoutchouc, plastiques, produits chimiques, industrie du pétrole, autres industries et constructions.

ii) Le groupe (b) fournit ses services aux branches: verre, ciment, commerce, banque et électricité.

iii) Le groupe (c) fournit ses services aux branches: agriculture, textiles, industrie minière, impression, produits non métalliques, produits métalliques, métallurgie, machines et machines électriques, communications et autres services.

iv) La branche moyens de transport (groupe (d)) fournit ses services aux branches: moyens de transport et transport.

1.3.2. Classification des branches du troisième type d'après leurs entrées.

Puisque, comme nous l'avons déjà signalé, les sorties de la branche constructions sont dirigées en majeure partie vers la branche logement, nous excluons ces deux branches de l'analyse qui suit, c'est-à-dire: logement est exclu des entrées et constructions des sorties.

L'analyse du tableau $[I_0 - \{\text{constructions}\}] \times [J_3 - \{\text{logement}\}]$ fournit un plan 1×2 (le long duquel l'inertie est 0,760) où apparaissent 4 groupes.

(a) constructions

(b) moyens de transport, électricité et transport

(c) commerce, banque et autres services

(d) autres industries, et communications.

i) Les entrées du groupe (a) proviennent des branches : mines et bois, verre, ciment, produits non métalliques, métallurgie, produits métalliques, machines, machines électriques et commerce.

ii) Les branches du groupe (b) utilisent des entrées intermédiaires issues des branches: caoutchouc, industrie du pétrole, moyens de transport.

iii) Le groupe (c) est touché par les entrées venant des branches: habillement, agriculture, alimentation, textiles, meubles, papiers, imprimerie, autres industries, électricité, communications, et services publics.

iv) Enfin, le groupe (d) est touché par les entrées venant des branches: boissons, tabac, chaussures, cuir, plastiques, produits chimiques, transports, banque, autres services et logement.

1.3.3. Relations de toutes les branches avec celles du troisième type

a) Branches du premier type

i) Sorties :

Les branches agriculture, alimentation, textiles et vêtements produisent des biens dirigés principalement vers: commerce, banque, et autres services.

Les branches boissons, tabac et chaussures produisent des biens dirigés vers les branches: communications et autres services.

Les branches mines et bois envoient toute leur production à la branche construction.

ii) Entrées:

Les branches: agriculture, mines, textiles utilisent des entrées intermédiaires venant principalement des branches: logement, banques, autres services.

Les branches alimentation, boissons, chaussures, habillement, bois et tabac, ont les entrées provenant des branches transport et commerce.

b) Branches du deuxième type

i) Sorties:

Les branches cuir, plastiques et produits chimiques fournissent aux branches communications et autres industries.

Les branches meubles, papier et imprimerie dirigent leurs sorties vers les branches banque, autres services et commerce.

Les branches caoutchouc et industrie du pétrole, vers les branches: moyens de transport, électricité et transports.

Les branches ciment, verre, produits non métalliques, produits métalliques, métallurgie, machines et machines électriques vers constructions.

ii) Entrées

Les branches meubles, papier, cuir, caoutchouc, plastiques, produits chimiques et industrie du pétrole absorbent les entrées intermédiaires provenant principalement des branches: transport et commerce.

Les branches imprimerie, produits non métalliques, produits métalliques, métallurgie, machines et machines électriques, absorbent les entrées des branches: banque, logement, autres services et autres industries.

Les branches ciment, verre utilisent des biens provenant des branches électricité, communications et services publics.

c) Branches du troisième type

i) Sorties:

Les branches autres industries, électricité, communications, services publics, et moyens de transport apportent leurs entrées principalement aux branches: commerce, banque, autres services.

Les branches transports, banque, autre services et logement aux branches: autres industries et communications.

La branche commerce possède la branche constructions.

ii) Entrées:

Les branches autres industries et constructions absorbent les entrées intermédiaires provenant principalement des branches transport et commerce.

Les branches électricité, commerce et banque des branches: électricité, communications et services publics.

Les branches communications et autres services des branches: autres industries, banque, autres services et logement.

Les branches moyens de transport et transport de la branche moyens de transport.

La branche logement de la branche constructions.

1.4 Analyse de toutes les branches

L'analyse du tableau $I_0 \times J_0$ de toutes les entrées et sorties des branches de l'année 1958 montre, sur le plan des deux premiers axes factoriels, que les sorties du cuir et des plastiques d'une part, les entrées du cuir et des chaussures sont les seuls éléments qui sont séparés des autres. Ainsi, recommençons-nous l'analyse en mettant en éléments supplémentaires les sorties du cuir et des plastiques, ainsi que les entrées du cuir et des chaussures, afin d'étudier le comportement des branches restantes. Le tableau principal analysé est donc:

$$[I_0 - \{\text{cuir, plastiques}\}] \times [J_0 - \{\text{cuir, chaussures}\}].$$

Sur le plan 1 x 2 (le long duquel l'inertie est 0.35) on voit que les branches se divisent en 6 groupes.

(a) agriculture, alimentation, boissons, tabac,

(b) textiles,

(c) métallurgie, produits non métalliques, produits métalliques, machines, électriques,

(d) transports, électricité, banque, industrie du pétrole, papier, imprimerie, communications,

(e) logement, industrie chimique,

(f) cuir.

Les branches de chacun de ces 6 groupes ont de fortes interrelations aussi bien relativement à la production de biens (sorties) que relativement à l'entrée des biens intermédiaires. De plus:

- i) Les biens produits par le groupe (b) (textiles) vont à la branche habillement.
- ii) Le groupe (c) est en relation directe avec les sorties des branches: bois, mines, verre, ciment; tandis que ses productions vont principalement aux branches: machines, moyens de transports et constructions.
- iii) Les branches du groupe (d) utilisent des entrées intermédiaires provenant des branches: autres services, caoutchouc, meubles, commerce, autres manufactures, moyens de transports et services publics; tandis que leurs produits vont aux branches: mines, ciment, verre et commerce.
- iv) La branche logement (groupe (e)), utilise des entrées venant des branches: constructions et machines et dirige ses sorties principalement vers les branches: autres industries et bois.
- v) La branche cuir fournit la branche chaussures.
- vi) Le groupe (a) est isolé et n'a pas de relations avec les autres branches. Les sorties de produits et les entrées de biens intermédiaires se font entre ces quatre branches. (agriculture, alimentation, boissons et tabac).

De l'expérience précédente, il s'avère que l'application des méthodes d'analyse des données du tableau tel quel est possible. Mais l'indépendance entre certaines branches amène à la description de relations banales apparaissant dans le tableau analysé, ce qui rend difficile l'interprétation des résultats.

2 Un tableau-modèle adéquat pour l'application des méthodes d'analyse des données

2.1 Dans la deuxième partie de cette étude nous avons construit un autre tableau, qui permet d'étudier une série chronologique de tableaux "entrées-sorties" de l'économie grecque. Un tableau issu du tableau précédent permettant l'exploitation de toute l'information contenue dans un tableau "entrées-sorties". Le nouveau tableau permet de supprimer les complexités précédemment apparues principalement du fait que les liens spécifiques induits entre branches (e.g. entre chaussures et cuir...) prédominent les liens génériques essentiels entre formes de production et modes d'utilisation du capital, du travail et du savoir faire permettant de plus d'entreprendre ultérieurement une étude de changements structurels intertemporels. Pour la construction du nouveau tableau, nous nous proposons une agrégation générique de 35 branches en dix secteurs d'activité.

Nous avons considéré la branche de l'agriculture comme un secteur (AGRI). De plus les branches: transports, commerce, banque et logements sont également considérées comme des secteurs uniques autonomes, irréductibles aux autres (TRAN, COME, BANQ, LOGE).

En revanche, le reste de l'économie est réparti entre quatre secteurs, dont l'unité générique nous paraît résulter du fait que les compétences et les ressources techniques et financières y sont utilisées de manière analogue.

Les branches de l'alimentation, des boissons, du tabac, des textiles, des chaussures, de l'habillement, des meubles, du cuir, de l'imprimerie sont regroupées en un secteur que l'on appelle "Léger" et qui représente le cumul de ces branches (LEGE).

Nous avons créé un autre secteur celui de "Poids" qui représente le cumul des branches: mines, bois, papier, caoutchouc, plastiques, ciment, produits chimiques, verre, produits non métalliques, produits métalliques, métallurgie et constructions (POID).

Le troisième secteur construit dans ce nouveau tableau modèle est celui qu'on a nommé "Technique" et qui représente le cumul des branches: machines, machines électriques, moyens de transport et autres industries (TECH).

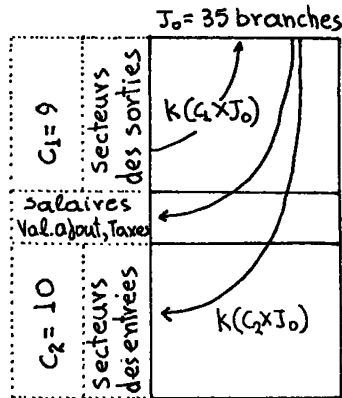
Un quatrième secteur appelé "Energie" représente le cumul des branches produits du pétrole et électricité (ENER).

Enfin le cumul des branches communications, services publics et autres services est représenté dans un secteur que l'on a nommé "Services" (SERV).

De cette manière les 9 nouvelles lignes des sorties intermédiaires (AGRI, LEGE, POID, TECH, ENER, TRAN, COME, BANQ, SERV) donnent des entrées complètes pour chaque branche de l'économie. Le tableau $K(C_1 \times J_0)$ que nous pouvons maintenant construire à 9 lignes (les sorties des 9 secteurs) et 35 colonnes. Chaque colonne du tableau $K(C_1 \times J_0)$ donne les entrées de cette branche.

Pour disposer dans chaque colonne d'autres informations nous considérons en plus comme lignes les entrées des branches salaires, autres valeurs ajoutées et taxes (SALA, V. A., TAXE). Aussi nous avons ajouté au bas du tableau $K(C_1 \times J_0)$ le tableau $K(C_2 \times J_0)$. Les trois premières lignes de ce tableau correspondent aux entrées des Salaires, Autres valeurs ajoutées et Taxes, les 9 suivantes correspondent aux entrées intermédiaires des 9 secteurs nommés précédemment (AGRI, LEGE, POID, TECH, ENER, TRAN, COME, BANQ, SERV) et la treizième aux entrées de la branche logement (LOGE). La branche logement n'a pas de sorties dans le tableau de la demande intermédiaire. Chaque colonne du tableau $K(C_2 \times J_0)$ nous donne les sorties de la branche correspondante. De cette manière le tableau $K(C \times J_0)$ que nous étudierons comporte 35 colonnes (les 35 branches de l'économie grecque) et 22 lignes. Les 9 premières lignes correspondent aux sorties et les 13 dernières aux entrées. Chaque colonne contient maintenant interprétée génériquement toutes les informations économiques que nous pouvons tirer sur cette branche d'un tableau "entrées-sorties". Au croisement de la ligne c et de la colonne j figurent les entrées de la branche j qui proviennent du secteur c si $c \in C_1$, ou les sorties de la branche j qui se dirigent vers le secteur c si $c \in C_2$ (figure 1).

Figure 1 : Le tableau modèle



2.2 Classification ascendante hiérarchique sur J_0 et analyse factorielle des correspondances du tableau $K(C \times J_0)$

Premièrement nous avons fait une classification ascendante hiérarchique sur les 35 branches J_0 du tableau $K(C \times J_0)$. Le but de cette classification est de découvrir les groupes qui existent entre les 35 branches de l'économie grecque, en tenant compte de toute l'information que nous donne le tableau "entrées-sorties". Autrement dit, faire une classification ascendante hiérarchique sur les 35 branches de l'économie grecque prenant en considération leurs entrées et sorties.

L'ensemble J_0 des branches (présentant $C \times J_0$) est représenté par un nuage de profils sur C . Chaque classe c a un centre de gravité. Le centre de gravité du nuage des branches qui correspond au sommet de la hiérarchie (69) se situe à l'origine dans le système des axes factoriels. Nous avons fait ensuite une analyse des correspondances du tableau $K(C \times J_0)$ en ajoutant en colonnes supplémentaires les classes de la hiérarchie. Chaque classe de la hiérarchie restreinte est un ensemble des branches; son centre de gravité n'est autre que le profil de la colonne obtenue en cumulant les colonnes du tableau $K(C \times J_0)$ afférentes aux branches de la classe. Les centres des classes sont projetés en éléments supplémentaires dans le plan (1,2).

Figure 2 : A.F.C. du tableau modèle (35 branches x 22 secteurs)

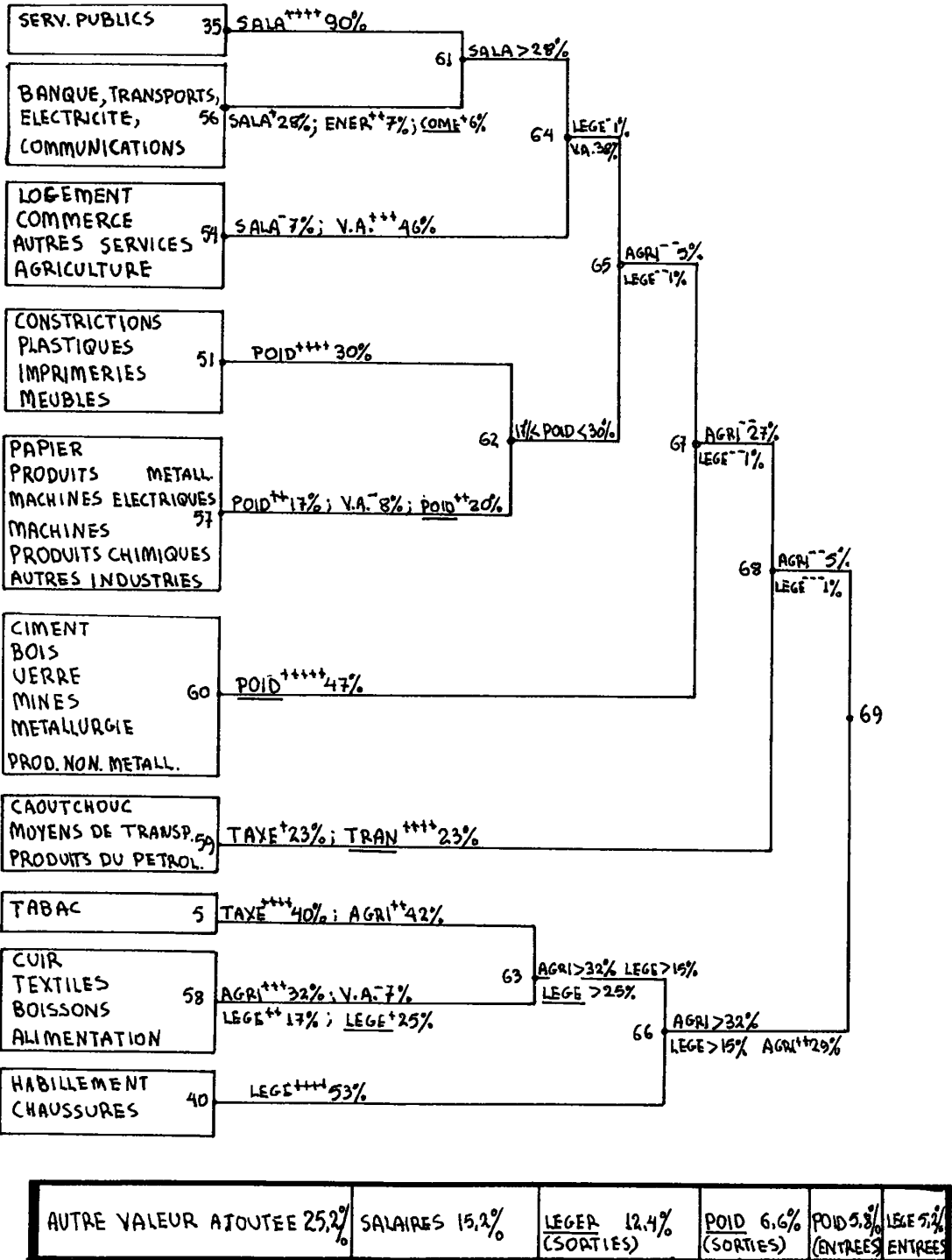
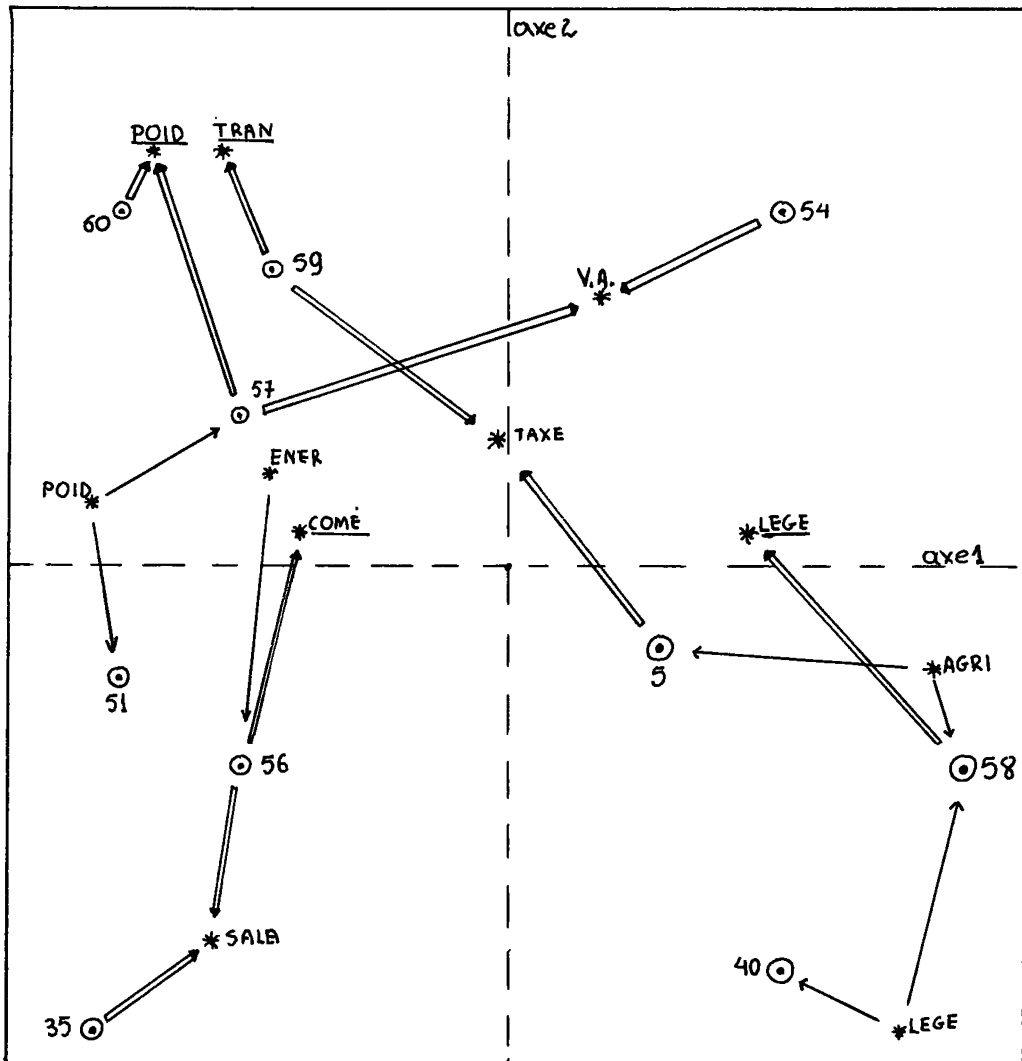


Figure 3: Arbre de la C.A.H. sur les 35 branches du tableau modèle



- | | | |
|---|--------------------|------------------|
| 5: Tabac | $\lambda_1 = 0.45$ | $\tau_1 = 0.243$ |
| 35: Services publiques | $\lambda_2 = 0.30$ | $\tau_2 = 0.161$ |
| 40: Habillement, chaussures | | |
| 51: Constructions, Plastiques, Meubles, Imprimerie | | |
| 54: Agriculture, Logement, Commerce, Autres Services | | |
| 56: Banque, Electricité, Communications, Transports | | |
| 57: Machines, Mach. électriques, Prod. métal., Prod. Chimiques, Papier, Autres Industries | | |
| 58: Cuir, Textiles, Boissons, Alimentation | | |
| 59: Caoutchouc, moyens de transport, Prod. du pétrole. | | |
| 60: Ciment, Bois, Verre, mines, métallurgie, Prod. non métalliques. | | |

La position des centres donne immédiatement une interprétation approchée des classes; interprétation que le listage FACOR précise. Le plan (1,2) montre la tendance des classes. Pour obtenir une vision quantitative plus précise de l'interprétation d'une classe retenue, il convient de recourir au tableau d'aide à l'interprétation VACOR. Le listage VACOR comprend un tableau relatif aux classes de la hiérarchie et un second tableau relatif aux dipôles définis par les noeuds.

La partition retenue, définie par les 9 noeuds les plus hauts de la hiérarchie, rend compte de près de 75% de l'inertie; les noeuds suivants apportent à l'inertie des contributions inférieures à 2%. Parmi les 22 secteurs, 4 jouent un rôle très important dans notre analyse et déplacent 60% de la demande intermédiaire; ce sont l'Autre valeur ajoutée (V.A. 25,2% les Salaires (SALA 12,4%) les entrées du secteur Léger (LEGE 12,4%) et les sorties de l'Agriculture (AGRI 10,1%). Le reste est partagé entre les 7 secteurs: entrées et sorties du secteur Poid (POID 6,6% , POID 5,8%) sortie des secteurs Léger et Energie (LEGE 5,2%, ENER 1.4%), entrées du Commerce, Taxes et Transports (COME 1,6%, TAXE 4,1%, TRAN 1,2%). Les secteurs représentant 1% ou moins de la demande intermédiaire n'ont pas été considérés ici.

2.3 Les 9 noeuds les plus hauts de la hiérarchie

Nous nous bornerons à une suite descendante des noeuds à partir du sommet (figure 3).

1. Le noeud 69. Au sommet (69) l'ensemble des branches J_0 se scinde en deux classes $A(69) = 68$ et $B(69) = 66$, inégales entre elles, car la classe 66 se compose exclusivement de 7 branches parmi lesquelles on a caractérisé comme Légers, entre autres, le tabac, le cuir, les textiles, les boissons, l'alimentation, l'habillement et les chaussures, tandis que la classe 68 comporte le reste de J_0 . Le point 69, centre de gravité de la classe 69, n'est autre que le centre du nuage $N(J_0)$ des branches à classer. Le support du dipôle (68,66) est aussi le support des rayons joignant le centre du nuage aux centres 68 et 66, et les \cos^2 des analyses formés par cette droite avec les axes des variables se lisent aussi bien sur le listage des centres des classes (COR) que sur les listages des dipôles (COD) du tableau VACOR. Le tableau des dipôles montre que le noeud 69 se scinde dans la direction des axes E_{AGRI} et E_{LEGE} en deux classes: $A(69) = 68$ et $B(69) = 66$

$$COD_{AGRI}(69) = 30,8 ; COD_{LEGE}(69) = 35,9$$

La classe 66 est associée aux E_{AGRI} , E_{LEGE} , E_{LEGE} , c'est à ceux qui ont dans la classe 66 un % supérieur à la moyenne générale (cl. 69); tandis que la classe 68 ce % est inférieur à la moyenne (cl. 69).

$$\text{moyenne \% } AGRI = AGRI(69) = 10,1\% ; AGRI(66) = 29,1\% ; AGRI(68) = 4,7\%$$

$$\text{moyenne \% } LEGE = LEGE(69) = 12,4\% ; LEGE(66) = 20,0\% ; LEGE(68) = 10,3\%$$

$$COR_{AGRI}(66) = COR_{AGRI}(68) = 30,8;$$

$$\text{COR}_{\text{LEGE}}(66) = \text{COR}_{\text{LEGE}}(68) = 35,9;$$

$$\text{COR}_{\underline{\text{LEGE}}}(66) = \text{COR}_{\underline{\text{LEGE}}}(68) = 3,9$$

La classe 68 peut être caractérisée comme une classe dans laquelle les secteurs AGRI (sorties), LÉGE et LEGE (entrées) ont un % inférieur à la moyenne générale; au contraire la classe 66 est caractérisée par un % supérieur à la moyenne pour les secteurs AGRI, LEGE et LEGE. La classe 68 présente par rapport à 66 un fort excédent en SALA et en V.A..

$$\text{SALA}(68) = 17,6; \text{SALA}(66) = 6,5; \text{SALA}(69) = 15,2 = \% \text{ moyenne}$$

$$\text{V.A.}(68) = 29,9; \text{V.A.}(66) = 8,3; \text{V.A.}(69) = 25,2 = \% \text{ moyenne}$$

2. Le noeud 68. En moyenne d'après le profil de son centre de gravité, la classe 68 est caractérisée par une part prépondérante de *E SALA* et de *E V. A.*. On verra cependant que cette prépondérance ne s'étend pas à toutes les subdivisions. Sur la ligne 68 du tableau des dipôles du listage VACOR on lit :

$$\text{SALA}(68) = 11,1; \text{V.A.}(68) = 21,7; \text{TAXE}(68) = -20,9; \underline{\text{TRAN}}(68) = -22,7$$

Le tableau des centres des classes permet de placer les deux descendants immédiats de 68, 67 et 59 ($A(68) = 67, B(68) = 59$) sur les axes *E SALA*, *E V. A.*, *E TAXE* et TRAN.

$$\text{SALA}(67) = 18,0; \text{V. A.}(67) = 30,9, \text{TAXE}(67) = 2,4; \underline{\text{TRAN}}(67) = 0,7$$

$$\text{SALA}(59) = 6,9; \text{V. A.}(59) = 3,8; \text{TAXE}(59) = 23,3; \underline{\text{TRAN}}(59) = 23,4$$

$$\text{SALA}(69) = 15,2; \text{SALA}(69) = 25,2; \text{TAXE}(69) = 4,1; \underline{\text{TRAN}}(69) = 1,2$$

Nous pouvons conclure de ce tableau que les branches: caoutchouc, moyens de transport et produit du pétrole, qui constituent la classe 59, ont un % très élevé par rapport au % moyen de TAXE et de TRAN (entrées) et un % très bas par rapport au % moyen de SALA et de V.A.. La classe 59 a aussi par rapport à 67 un excédent très fort en TAXE et en TRAN.

3. Le noeud 67. En comparant les coordonnées des centres 65 et 60 ($A(67)=65, B(67) = 60$) par rapport aux axes *E AGRI*, *E LEGE*, *E V. A.*, *E TAXE*, et E POID avec le centre de gravité du nuage (69) et entre eux on remarque que:

$$\text{AGRI}(65) = 5,0; \text{AGRI}(60) = 3,1; \text{AGRI}(69) = 10,1$$

$$\text{LEGE}(65) = 1,1; \text{LEGE}(60) = 0,4; \text{LEGE}(69) = 5,1$$

$$\text{V.A.}(65) = 32,5; \text{V.A.}(60) = 9,3; \text{V.A.}(69) = 25,2$$

$$\underline{\text{POID}}(65) = 5,1; \underline{\text{POID}}(60) = 47,0; \underline{\text{POID}}(69) = 6,6$$

$$\text{TAXE}(65) = 2,2; \text{TAXE}(60) = 5,0; \text{TAXE}(69) = 4,1$$

La classe 65 a par rapport au % moyen général un déficit en AGRI (sorties), LEGE, POID et TAXE un excédent en V. A.; la classe 60 a aussi par rapport au % moyen général un déficit en AGRI (sorties), LEGE, V. A. mais un excédent en TAXE et un excédent très fort en POID (entrées). Ce qui peut caractériser le dipôle (65,60) est le très fort excédent en POID et aussi le très fort déficit en V. A. de la classe 60 par rapport à 65.

$$\text{COD}_{\text{POID}} (67) = 81,4 ; \text{COD}_{\text{V. A.}} (67) = 19,1$$

4. Le noeud 66. (A(66) = 63, B(66) = 40) l'ensemble des branches du noeud 66 se scinde en deux classes 63 et 40. La classe 40 est constituée par les branches habillement et chaussures, tandis que la classe 63 est le centre de gravité des branches cuir, textiles, boissons et alimentation. Le tableau des dipôles du listage VACOR montre que le noeud 66 se scinde dans la direction des axes *E* AGRI et *E* LEGE.

$$\text{COD}_{\text{AGRI}} (66) = 22,8 ; \text{COD}_{\text{LEGE}} (66) = 56,5$$

En comparant les coordonnées des centres 63 et 40 aux axes *E* AGRI, *E* LEGE mais aussi aux axes *E* SALA, *E* V. A. et *E* LEGE on voit que les classes 63 et 40 ont un % supérieur.

$$\text{AGRI}(63) = 33,1 ; \text{AGRI}(40) = 0 ; \text{AGRI}(69) = 10,1$$

$$\text{LEGE}(63) = 15,4 ; \text{LEGE}(40) = 52,8 ; \text{LEGE}(69) = 5,2$$

$$\text{V. A.}(63) = 6,5 ; \text{V. A.}(40) = 21,2 ; \text{V. A.}(69) = 25,2$$

$$\text{SALA}(63) = 5,9 ; \text{SALA}(40) = 10,6 ; \text{SALA}(69) = 15,2$$

$$\text{LEGE}(63) = 22,6 ; \text{LEGE}(40) = 1,0 ; \text{LEGE}(69) = 12,4$$

à la moyenne générale de LEGE (sorties) et un % inférieur aux moyennes générales des SALA et de V. A.. La classe 63 a un % très élevé à AGRI (sorties), pour LEGE (entrées), 63 et 40 s'opposent de part et d'autre de la moyenne; tandis que la classe 40 a un % très bas en AGRI (sorties). Quant à LEGE (sorties) les deux subdivisions 63 et 40 dépassent la moyenne générale (69); mais l'excédent est surtout remarquable pour la classe 40.

5. Le noeud 65. L'ensemble des branches du noeud 65 se scinde en deux classes 64 et 62 (A(65) = 64, B(65) = 62)). Le tableau des dipôles montre que le noeud 65 se scinde dans la direction des axes POID et V. A. .

$$\text{COD}_{\text{POID}} (65) = 51,8 ; \text{COD}_{\text{V. A.}} (65) = 19,1$$

La classe 64 peut être caractérisée comme une classe dans laquelle le secteur V.A. a un % supérieur à la moyenne et le secteur POIS (entrées) un % inférieur à la moyenne.

$$V. A.(64) = 38,4 ; V. A.(62) = 10,8 ; V. A.(69) = 25,2$$

$$POID(64) = 2,5 ; POID(62) = 24,4 ; POID(69) = 5,8$$

La classe 62 peut aussi être caractérisée comme un ensemble de branches dans lesquelles le secteur V.A. a un % inférieur à la moyenne et le secteur POID (sorties) un % très élevé par rapport à la moyenne.

6. Le noeud 64. ($A(64) = 61$, $B(64) = 54$). Dans le tableau des dipôles on voit que le noeud 64 se scinde dans la direction des axes E SALA et E V.A.

$$COD_{SALA}(64) = 61,9 ; COD_{V.A.}(64) = 18$$

En comparant les coordonnées des centres 61 et 54 sur les axes E SALA et E V.A. on peut remarquer que :

$$SALA(61) = 54,0 ; SALA(54) = 7,0 ; SALA(69) = 15,7$$

$$V.A.(61) = 13,1 ; V. A.(54) = 46,5 ; V. A.(69) = 25,2$$

la classe 61 a par rapport à 54 un très fort déficit en V.A. mais aussi un fort déficit par rapport à la moyenne. Au contraire la classe 61 a un très fort excédent en SALA par rapport à 54 et 69.

$$COR_{SALA}(61) = 69,9 ; COR_{V.A.}(54) = 49,4$$

La classe 61 peut être caractérisée comme ayant un très grand excédent en SALA et la classe 54 par un très grand excédent en V.A..

7. Le noeud 63. ($A(63) = 05$, $B(63) = 58$). L'ensemble des branches du noeud 63 se scinde en deux classes 05 et 58. La classe 05 est la branche du tabac dans laquelle les secteurs AGRI (sorties) et TAXE ont un % très élevé par rapport à la moyenne générale.

$$AGRI(05) = 42,5 ; AGRI(69) = 10,1 ; TAXE(05) = 40,3 ; TAXE(69) = 4,1$$

Dans la classe 58 des branches cuirs, textiles, boissons et alimentation le secteur AGRI a un % élevé ($AGRI(58) = 32,1$) mais les secteurs LEGE et LEGE ont également un % supérieur à la moyenne.

$$LEGE(58) = 17,0 ; \underline{LEGE}(58) = 25,0 ; LEGE(69) = 5,0 ; \underline{LEGE}(69) = 12,4$$

La classe 05 de la branche tabac peut être caractérisée comme une branche très affectée par TAXE et AGRI (sorties).

La classe 58 est associée à l'agriculture comme la classe 05 mais aussi aux entrées et aux sorties du secteur LEGE. La classe 58 peut se caractériser de plus par un déficit fort, par rapport à la moyenne en V.A..

$$V.A.(58) = 7,6 ; V.A.(69) = 25,2 ; COR_{V.A.} (58) = 11,2$$

8. Le noeud 62. (A(62) = 51, B(62) = 57). Le noeud 62 se divise en deux classes 51 et 57 dans la direction des axes POID, POID et SALA.

$$COD_{POID}(62) = 13,2 ; COD_{POID}(62) = 31,0 ; COD_{SALA}(62) = 10,9$$

La classe 51 par rapport à 57 présente un très fort déficit en POID (entrées) un excédent en POID (sorties) et un fort excédent en SALA.

$$POID(51) = 0,3 ; POID(57) = 20,5 ; POID(69) = 6,6$$

$$POID(51) = 29,8 ; POID(57) = 17,4 ; POID(69) = 5,8$$

$$SALA(51) = 27,1 ; SALA(57) = 7,6 ; SALA(69) = 15,2$$

L'excédent de la classe 51 par rapport à 57 en POID (sorties) est encore plus fort par rapport à la moyenne. La classe 57 a un déficit en POID (sorties) par rapport à 51 mais un fort excédent par rapport à la moyenne générale en POID;

9. Le noeud 61. La branche des services publics se trouve avec les branches de banque, d'électricité, de transport et de communication dans la même classe, la 61 mais le noeud 61 se scinde en deux classes (A(61) = 35, B(61) = 56). La classe 35 se compose exclusivement de la branche des services publics et la classe 56 du reste. Ce qui oppose la branche des services publics (35) à la classe 56 des autres branches des services et le très fort excédent en SALA. ($COD_{SALA}(61) = 72,8$). Tandis que toutes les branches de la classe 61 ont un fort excédent par rapport à la moyenne en SALA, la classe 56 peut aussi être caractérisée par un excédent en SALA par rapport à la moyenne.

$$SALA(35) = 90,0 ; SALA(56) = 28,4 ; SALA(69) = 15,2$$

et par un excédent en ENER et COME (entrées) par rapport à la moyenne.

$$ENER(56) = 6,5 ; ENER(69) = 1,4 ; COR_{ENER}(56) = 23,4$$

$$COME(56) = 5,9 ; COME(69) = 1,6 ; COR_{COME}(56) = 24,$$

2.4. Les 10 classes

1. La classe 35. La classe 35 constituée uniquement par la branche des services publics et peut être caractérisée par un très fort excédent des salaires par rapport aux autres branches de services et par rapport à toutes les branches de l'économie grecque.

2. La classe 56. La classe 56 est le centre de gravité des autres branches de services : Banques, Electricité, Transport et Communication lesquelles, bien que différentes entre elles peuvent se caractériser par un fort excédent en salaire par rapport à la moyenne générale. La classe 56 utilise les entrées intermédiaires venant principalement du secteur Energie (ceci ne valant pas pour la banque) et fournit ses services à la branche du commerce.

3. La classe 54. Les branches du Logement, des Autres services, du Commerce et de l'Agriculture composent la classe 54. La classe 54 peut être caractérisée par un déficit en salaire et par un très fort excédent en Valeur Ajoutée.

4. La classe 51. Le centre de gravité des branches Constructions, Plastiques, Imprimeries et Meubles est le noeud 51. Cette classe utilise des entrées intermédiaires venant du secteur Poid.

5. La classe 57. La classe 57 est constituée par les branches Machines électriques, Machines, Produits non métalliques, Produits chimiques, Papiers et autres industries. Cette classe utilise des entrées provenant principalement du secteur Poid et produit des biens qui sont dirigés vers le secteur Poid. La classe 57 peut être aussi caractérisée par un déficit en Autre valeur ajoutée.

6. La classe 60. Les branches Ciment, Bois, Verre, Mines, Produits non métalliques et Métallurgie construisent la classe 60 qui est caractérisée par un très fort excédent de ses biens vers le secteur Poid.

7. La classe 59. La classe 59 est composée par les branches Caoutchouc, Moyens de transport et Produits du pétrole. Cette classe a un très fort excédent en Taxes et ses biens sont dirigés principalement vers le secteur des Transports.

8. La classe 5. Elle est la classe de la branche du Tabac et utilise des produits venant principalement de l'Agriculture et est grevée par un très fort taux en Taxes.

9. La classe 58. La classe 58 est construite par les branches Cuirs, Textiles, Boissons et Alimentation. cette classe utilise des produits venant des secteurs Agriculture et Léger, et produit des biens qui sont dirigés vers le secteur Léger.

10. La classe 40. Cette classe est composée par les branches Habillement et Chaussures, et utilise des produits venant principalement du secteur Léger.

3 Conclusion

Nous nous sommes proposés d'étudier l'application des méthodes d'analyse des données aux tableaux "entrées-sorties". Il apparaît que l'application des méthodes à la forme usuelle du tableau est possible mais la complexité des interdépendances spécifiques des branches rend difficile l'interprétation des résultats obtenus.

En outre une étude intertemporelle du tableau dans cette forme est impossible. C'est pourquoi au § 2 nous avons construit à partir du tableau usuel un nouveau tableau, permettant l'exploitation totale au niveau générique de toute l'information contenue dans le tableau d'origine. Il apparaît d'ailleurs que la méthode proposée pour l'étude du nouveau tableau dans la partie § 2 est tout à fait satisfaisante pour une étude intertemporelle des changements structurels de l'économie, décrits par les tableaux "entrées-sorties". Chaque branche fournissant annuellement une colonne à notre tableau, le mouvement du profil de ces colonnes pourra être représenté sur les graphiques plans issus de l'analyse factorielle classes construites par la CAH.

Bibliographie

J.P. BENZECRI, M.O. LEBEAUX, M. JAMBU : Aide à l'interprétation en classification automatique, Les Cahiers de l'Analyse des Données, n° 1 (1980) pp. 101-123.

J.P. BENZECRI, F. BENZECRI, Y.L. CHEUNG, S. MAIZA : Aides à l'interprétation et étiquetage des arbres en classification ascendante hiérarchique: listages FACOR, VACOR et INSUP, Les Cahiers de l'Analyse des Données, n° 3 (1985) pp. 339-348.

B. BURTSCHY: Analyse factorielle des matrices d'échanges, Data analysis and informatics, III, Elsevier Science Publishers B.V. (North-Holland) 1984.

A. EL MOUSSAOUI: Etude de la consommation du carburant auto en France au cours des mois successifs de la période 72-81: variation à long terme effets saisonniers. Les Cahiers de l'Analyse des Données, n° 4 (1986) pp. 383-402.

Th. SKOUTZOS, C.S. MATTHEOS: Input-output tables of the greek economy, Center of planing and economic research, Athènes 1980.