

A. EL MOUSSAOUI

**Disparités départementales en France d'après
la consommation mensuelle de quatre produits
pétroliers. Étude de synthèse**

Les cahiers de l'analyse des données, tome 12, n° 2 (1987),
p. 169-194

http://www.numdam.org/item?id=CAD_1987__12_2_169_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/>

DISPARITES DEPARTEMENTALES EN FRANCE D'APRES LA CONSOMMATION MENSUELLE DE QUATRE PRODUITS PETROLIERS. ETUDE DE SYNTHESE

[4 PROD. PETROL.]

A. El M oussaoui (*)

0 Objectif et plan de l'étude

Le présent exposé fait suite à l'article intitulé [CARBU-AUTO] paru in CAD Vol XI, n° 4, 1986; où on a étudié, d'une part l'évolution, de la consommation du carburant-auto, dans les départements français, au cours des années de la période (1972-1981) sans distinction de mois, et d'autre part les disparités saisonnières sans distinction d'années.

Les données dont on a disposé se présentent sous forme d'un tableau quaternaire K_{DAMP} croisant 4 ensembles:

- L'ensemble D des départements français (il s'agit des départements continentaux et de la Corse); Card D = 95.
- L'ensemble A des 10 années de la période (1972-1981).
- L'ensemble M des 12 mois.
- L'ensemble P des 4 produits pétroliers : carburant-auto, gazoil, fuel domestique et fuel lourd.

Remarque : Les statistiques relatives au fuel lourd excluent les quantités fournies aux centrales d'EDF et GDF.

On se propose ici de traiter ensemble les 4 produits pétroliers. Pour cette étude de synthèse, on élimine l'effet diachronique à long terme, en ne mettant en évidence qu'une tendance moyenne des disparités entre les départements suivant la consommation mensuelle des 4 produits.

Pour cela on a construit le tableau $K_{D,[MP]}$ sous forme rectangulaire, obtenu à partir de K_{DAMP} cumulé sur les années.

$$k(d,mp) = \sum\{k(d,am,p) ; a \in A\}$$

(*) Docteur 3° cycle en statistique.

Dans un premier § on aborde l'analyse factorielle du tableau D x [MP]; le 2-ème § est consacré à la classification ascendante hiérarchique ainsi que le § 3: dans le premier § 2.1 il s'agira de la classification sur les Mois-Produits, suivie d'une note sur des calculs de variance inter (intra) produits et inter (intra) mois; dans le second § 2.2 de la CAH sur les départements; et finalement dans le 3-ème , § 2.3, de la représentation cartographique.

1 Analyse factorielle du tableau D x [MP]

Comme d'habitude on analysera les facteurs successifs en donnant des vues globales d'après les graphiques plans croisant deux facteurs. En bref, chaque facteur montre un aspect de consommations relatives au carburant-auto, au gazoil, au fuel domestique et au fuel lourd (ces aspects sont parfois saisonniers), dépendant des activités dominantes (industries, agriculture, tourisme, tertiaire,..., etc.) dans les départements, de leurs degrés et qualités d'urbanisation et de leurs situations géographiques.

1.0 Valeurs propres

La première valeur propre ($\lambda^1 \approx 076$) domine nettement avec plus de 70% de l'inertie totale ($\tau^1 \approx 70\%$). Les valeurs propres 2, 3 et 4 apportent respectivement 14,3%, 6% et 4,6% de l'inertie. Le cumul des 4 premiers axes détient un peu plus que 95% de l'information contenue dans le tableau initial; ce qui est important étant donné le nombre élevé de variables envisagées (48).

1.1 Interprétation axe par axe

1.1.1 Axe 1 : $\lambda_1 \approx 0,076$; $\tau_1 \approx 70,22\%$

Cet axe est sous la dépendance du fuel lourd ($G1 < 0$) qui détermine de loin cet axe; en effet il contribue pour environ 76% à l'inertie le long du premier axe. Du côté positif ($G1 > 0$), seuls les profils en juillet et août du carburant-auto apportent une contribution significative: JLCA : $G1=250$; COR1=553; CTR1=20; AOCA : $G1=292$; COR1=459; CTR1=27.

| ----- | | | | | | | | | |
|-----------------------|------|------------|----------|-------|--------|---|--------|---|--------|
| 1 LES VALEURS PROPRES | | | | | | | | | |
| VAL(1)= 1.00000 | | | | | | | | | |
| ----- | | | | | | | | | |
| NUM | ITER | VAL PROPRE | POURCENT | CUMUL | !! | HISTOGRAMME DES VALEURS PROPRES DE LA MATRICE | | | |
| ----- | | | | | | | | | |
| ! | 2 | ! | 0.07637 | ! | 70.217 | ! | 70.217 | ! | !***** |
| ! | 3 | ! | 0.01557 | ! | 14.316 | ! | 84.533 | ! | !***** |
| ! | 4 | ! | 0.00659 | ! | 6.062 | ! | 90.595 | ! | !***** |
| ! | 5 | ! | 0.00507 | ! | 4.660 | ! | 95.255 | ! | !**** |
| ! | 6 | ! | 0.00201 | ! | 1.851 | ! | 97.106 | ! | !*** |
| ! | 7 | ! | 0.00116 | ! | 1.065 | ! | 98.171 | ! | !** |
| ! | 8 | ! | 0.00066 | ! | 0.605 | ! | 98.777 | ! | !* |
| ! | 9 | ! | 0.00026 | ! | 0.242 | ! | 99.019 | ! | ! |

| ! | J! | GLT | POID | INR! | 1#F | CCR | CTR! | 2#F | CCR | CTR! | 3#F | CCR | CTR! | 4#F | CCR | CTR! | 5#F | CCR | CTR! |
|-----|--------|-----|------|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|------|-----|------|
| 1! | JACA! | 979 | 18 | 8! | 164 | 595 | 6! | -50 | 55 | 3! | 115 | 289 | 37! | -20 | 9 | 1! | 31 | 21 | 9! |
| 2! | FECA! | 974 | 17 | 7! | 166 | 588 | 6! | -53 | 61 | 3! | 115 | 291 | 35! | -24 | 13 | 2! | 25 | 13 | 5! |
| 3! | HRCA! | 993 | 20 | 9! | 168 | 618 | 8! | -62 | 83 | 5! | 108 | 254 | 36! | -22 | 10 | 2! | 20 | 9 | 4! |
| 4! | AUCA! | 987 | 22 | 11! | 184 | 643 | 10! | -93 | 164 | 12! | 93 | 164 | 29! | -18 | 6 | 1! | -1 | 0 | 0! |
| 5! | MICA! | 992 | 22 | 10! | 172 | 622 | 9! | -82 | 142 | 10! | 99 | 209 | 33! | -13 | 3 | 1! | 6 | 1 | 0! |
| 6! | JNCA! | 993 | 22 | 11! | 187 | 626 | 10! | -96 | 165 | 13! | 104 | 193 | 36! | -20 | 7 | 2! | -4 | 0 | 0! |
| 7! | JLCA! | 995 | 25 | 26! | 250 | 553 | 20! | -189 | 316 | 57! | 67 | 39 | 17! | -49 | 21 | 12! | -68 | 41 | 57! |
| 8! | AGCA! | 998 | 24 | 42! | 292 | 459 | 27! | -268 | 385 | 113! | 25 | 3 | 2! | -71 | 27 | 24! | -128 | 89 | 200! |
| 9! | SPCA! | 992 | 22 | 13! | 197 | 619 | 11! | -114 | 208 | 19! | 95 | 145 | 31! | -25 | 10 | 3! | -20 | 6 | 4! |
| 10! | OCCA! | 996 | 22 | 9! | 167 | 610 | 8! | -61 | 80 | 5! | 110 | 265 | 41! | -15 | 5 | 1! | 20 | 9 | 4! |
| 11! | NGCA! | 992 | 20 | 8! | 164 | 593 | 7! | -58 | 73 | 4! | 112 | 275 | 38! | -12 | 3 | 1! | 27 | 16 | 7 |
| 12! | DECA! | 991 | 21 | 9! | 170 | 597 | 8! | -60 | 76 | 5! | 114 | 269 | 42! | -23 | 11 | 2! | 27 | 15 | 7! |
| 13! | JAGZ! | 991 | 8 | 6! | 135 | 236 | 2! | -178 | 413 | 17! | -120 | 197 | 19! | 70 | 63 | 8! | 31 | 66 | 27! |
| 14! | FEGZ! | 992 | 8 | 6! | 135 | 240 | 2! | -180 | 428 | 17! | -119 | 197 | 17! | 64 | 55 | 7! | 76 | 77 | 24! |
| 15! | HRGZ! | 993 | 9 | 6! | 131 | 235 | 2! | -179 | 438 | 19! | -118 | 190 | 19! | 64 | 57 | 7! | 71 | 69 | 23! |
| 16! | AVGZ! | 997 | 9 | 7! | 135 | 248 | 2! | -182 | 452 | 21! | -123 | 194 | 21! | 65 | 55 | 8! | 67 | 58 | 21! |
| 17! | MIGZ! | 995 | 9 | 7! | 135 | 216 | 2! | -196 | 454 | 23! | -134 | 213 | 26! | 68 | 55 | 9! | 67 | 52 | 21! |
| 18! | JNGZ! | 994 | 9 | 7! | 141 | 240 | 2! | -194 | 454 | 23! | -130 | 204 | 24! | 62 | 46 | 7! | 60 | 44 | 17! |
| 19! | JLGZ! | 993 | 9 | 8! | 164 | 279 | 3! | -218 | 493 | 28! | -125 | 161 | 21! | 52 | 28 | 5! | 49 | 25 | 11! |
| 20! | ADGZ! | 958 | 7 | 9! | 177 | 248 | 3! | -255 | 510 | 31! | -145 | 166 | 24! | 31 | 8 | 1! | 32 | 8 | 4! |
| 21! | SPGZ! | 994 | 9 | 7! | 137 | 227 | 2! | -195 | 457 | 22! | -131 | 206 | 24! | 66 | 52 | 8! | 64 | 50 | 19! |
| 22! | OCCZ! | 989 | 10 | 7! | 120 | 202 | 2! | -178 | 440 | 21! | -120 | 200 | 22! | 85 | 100 | 14! | 56 | 44 | 16! |
| 23! | NOGZ! | 993 | 9 | 6! | 114 | 178 | 2! | -182 | 453 | 20! | -116 | 184 | 19! | 96 | 127 | 17! | 59 | 47 | 16! |
| 24! | DEGZ! | 989 | 10 | 7! | 124 | 207 | 2! | -184 | 451 | 21! | -113 | 171 | 19! | 88 | 103 | 15! | 62 | 52 | 19! |
| 25! | JAFD! | 981 | 61 | 19! | 115 | 389 | 11! | 139 | 565 | 75! | -3 | 0 | 0! | -14 | 6 | 2! | 5 | 1 | 1! |
| 26! | FEFD! | 993 | 51 | 17! | 116 | 361 | 9! | 148 | 587 | 71! | 3 | 0 | 0! | -14 | 5 | 2! | 5 | 1 | 1! |
| 27! | HRFD! | 979 | 44 | 15! | 124 | 411 | 9! | 138 | 507 | 53! | 7 | 1 | 0! | -15 | 6 | 2! | 2 | 0 | 0! |
| 28! | AVFD! | 947 | 36 | 11! | 115 | 412 | 6! | 128 | 510 | 38! | -22 | 15 | 3! | 2 | 0 | 0! | 2 | 0 | 0! |
| 29! | MIFD! | 941 | 29 | 10! | 113 | 346 | 5! | 119 | 388 | 27! | -75 | 153 | 25! | 15 | 6 | 1! | -8 | 2 | 1! |
| 30! | JNFD! | 925 | 22 | 9! | 105 | 255 | 3! | 110 | 278 | 17! | -110 | 281 | 41! | 3 | 0 | 0! | -23 | 12 | 6! |
| 31! | JLFD! | 928 | 13 | 5! | 110 | 305 | 2! | 53 | 71 | 2! | -112 | 319 | 25! | -1 | 0 | 0! | -45 | 52 | 14! |
| 32! | ADFD! | 908 | 14 | 8! | 83 | 114 | 1! | -9 | 1 | 0! | -175 | 509 | 64! | -5 | 0 | 0! | -87 | 127 | 53! |
| 33! | SPFD! | 944 | 24 | 7! | 80 | 212 | 2! | 53 | 93 | 4! | -113 | 426 | 48! | 20 | 13 | 2! | -45 | 67 | 25! |
| 34! | OCCFD! | 939 | 31 | 7! | 99 | 387 | 4! | 97 | 368 | 19! | 52 | 106 | 13! | 22 | 19 | 3! | -29 | 32 | 13! |
| 35! | NOFD! | 954 | 40 | 14! | 108 | 312 | 6! | 151 | 614 | 59! | -7 | 1 | 0! | 15 | 6 | 2! | -15 | 6 | 4! |
| 36! | DEFD! | 982 | 57 | 19! | 115 | 368 | 10! | 146 | 596 | 79! | -6 | 1 | 0! | -1 | 0 | 0! | -4 | 0 | 0! |
| 37! | JAF! | 992 | 21 | 44! | -452 | 908 | 57! | 51 | 11 | 4! | 58 | 15 | 11! | -43 | 8 | 8! | 78 | 27 | 63! |
| 38! | FE! | 996 | 20 | 43! | -466 | 913 | 56! | 42 | 7 | 2! | 43 | 8 | 5! | -65 | 18 | 16! | 85 | 30 | 70! |
| 39! | HR! | 994 | 19 | 45! | -486 | 927 | 60! | 17 | 1 | 0! | 18 | 1 | 1! | -98 | 37 | 36! | 67 | 18 | 43! |
| 40! | AV! | 993 | 17 | 44! | -509 | 937 | 59! | -16 | 1 | 0! | -5 | 0 | 0! | -105 | 40 | 37! | 53 | 10 | 24! |
| 41! | MIF! | 993 | 16 | 46! | -542 | 936 | 62! | -52 | 9 | 3! | -41 | 5 | 4! | -116 | 43 | 42! | 9 | 0 | 1! |
| 42! | JN! | 992 | 15 | 50! | -584 | 917 | 65! | -72 | 14 | 5! | -78 | 16 | 13! | -116 | 36 | 39! | -44 | 5 | 14! |
| 43! | JL! | 991 | 13 | 49! | -599 | 878 | 61! | -107 | 28 | 10! | -82 | 16 | 13! | -139 | 47 | 50! | -53 | 7 | 18! |
| 44! | AD! | 974 | 11 | 48! | -638 | 838 | 57! | -140 | 41 | 13! | -86 | 15 | 12! | -146 | 44 | 45! | -65 | 9 | 22! |
| 45! | SP! | 990 | 14 | 48! | -587 | 941 | 65! | -67 | 12 | 4! | -65 | 12 | 9! | -70 | 13 | 14! | -50 | 7 | 17! |
| 46! | OCC! | 996 | 19 | 66! | -563 | 858 | 81! | -42 | 5 | 2! | 51 | 7 | 9! | 134 | 102 | 145! | -86 | 20 | 72! |
| 47! | NO! | 997 | 22 | 69! | -527 | 803 | 79! | -13 | 0 | 0! | 95 | 26 | 30! | 236 | 161 | 239! | -45 | 6 | 22! |
| 48! | DE! | 997 | 24 | 63! | -490 | 930 | 74! | 25 | 2 | 1! | 111 | 43 | 44! | 184 | 117 | 158! | 3 | 0 | 0! |

Il s'agit donc d'un facteur faisant une dichotomie entre le fuel lourd d'une part, le carburant-auto, le gasoil et le fuel domestique d'autre part.

CARB : F1 = 193 ; COR1 = 644

GAZL : F1 = 137 ; COR1 = 233

FULD : F1 = 110 ; COR1 = 428

FULO : F1 = 527 ; COR1 = 997

Quant aux départements, on distingue associés au fuel lourd (du côté F1<0) et rangés dans l'ordre des valeurs décroissantes des contributions :

| d | CTR1 | COR1 | F1 |
|-------------------|-------|------|------|
| Pas-de-Calais | 11,1% | 880 | -578 |
| Nord | 10,2% | 984 | -394 |
| Moselle | 6,7% | 916 | -470 |
| Seine-Maritime | 5,2% | 789 | -317 |
| Haut-Rhin | 4,2% | 956 | -477 |
| Isère | 3,9% | 908 | -382 |
| Meurthe & Moselle | 3,3% | 955 | -402 |
| Aisne | 2,2% | 659 | -369 |
| Jura | 1,9% | 866 | -511 |
| Bouches-du Rhône | 1,7% | 706 | -187 |
| Ardèche | 1,5% | 811 | -495 |
| Mayenne | 1,4% | 841 | -440 |
| Marne | 1,2% | 634 | -272 |

Ils contribuent pour 54,5% à λ_1 ; la consommation du fuel lourd y domine celle des 3 autres produits. Au contraire du côté positif de l'axe 1, et en opposition avec le fuel lourd on note particulièrement parmi les départements qui contribuent le plus à l'inertie λ_1 ($1,0\% \leq \text{CTR1} \leq 2,6\%$): la Seine-Saint-Denis, le Loiret, les Côtes-du-Nord, le Finistère, le Morbihan, la Vendée, la Charente-Maritime, la Haute-Garonne, la Côte d'Or, la Drôme, la Haute Savoie, l'Hérault, les Alpes-Maritimes, le Var et la Corse. Mis à part la Seine-Saint-Denis (COR1 = 386) et le Finistère (COR1 = 450), les départements sont relativement bien corrélés à l'axe 1, avec COR1 > 500. La consommation de l'un des 3 produits (Carburant auto, Gasoil, Fuel domestique) y domine ou dépasse en valeur relative celle du fuel lourd).

Remarque: Soit $K : D \times P \rightarrow R^+$ la fonction qui à tout couple (d,p) associe la quantité $K(d,p)$ en m^3 de consommation du produit p dans le département d sur toute la période 1972 \rightarrow 1981.

On dit que, dans d , la consommation du produit p_1 domine celle de p_2 si la part relative à d dans la consommation nationale en p_1 dépasse celle en p_2 ; c'est-à-dire :

$$(k(d,p_1)/k(p_1)) > (k(d,p_2)/k(p_2)) \text{ i.e. } f_d^{p_1} > f_d^{p_2}$$

1.1.2 Axe 2 : $\lambda_2 \approx 0,0156$; $\tau_2 \approx 14,3\%$.

Quant aux variables cet axe est dominé par une opposition entre produits.

Du côté positif : Le fuel domestique hors saison d'été (juillet, août, septembre) qui contribue de 43% à l'inertie le long de cet axe.

Du côté négatif : Le gasoil étalé sur tous les mois de l'année, avec une contribution de l'ordre de 26,3% et le carburant-auto en juillet, août (et septembre) avec une contribution de 19% à λ_2 .

La projection des produits sur l'espace des facteurs montre que l'axe 2 sépare les profils mensuels de consommation du fuel domestique ($G_2 > 0$) de ceux du carburant-auto et du gasoil ($G_2 < 0$) :

fuel domestique : $G_2 = 120$; $COR_2 = 628$

gasoil : $G_2 = -186$; $COR_2 = 411$

carburant-auto : $G_2 = -94$; $COR_2 = 175$

Mais d'autre part, ainsi qu'il apparaîtra clairement dans l'examen des plans (1,2) et (2,3) (cf. § 1.2), il y a sur l'axe pour tous les 4 produits un étalement du cycle des profils mensuels, étiré entre Août (vers $F_2 < 0$) et Janvier-Décembre (vers $F_2 > 0$).

Au niveau des départements cet axe oppose :

| Du côté négatif : | d | F2 | COR2 | CTR2 |
|-------------------|------------------|------|------|------|
| | Finistère | -193 | 222 | 30 |
| | Morbihan | -248 | 278 | 40 |
| | Landes | -235 | 700 | 18 |
| | Pyr. Atlantiques | -272 | 270 | 29 |
| | Saône & Loire | -158 | 270 | 16 |
| | Aude | -225 | 386 | 21 |
| | Gard | -164 | 324 | 15 |

Ces départements contribuent pour 17% à λ_2 et sont associés aux profils de consommation du gasoil sur toute l'année et ceux du carburant-auto en juillet, août et septembre; dans ces départements la consommation du gasoil et/ou celle du carburant-auto domine en valeur relative celle du fuel domestique; et l'activité estivale est relativement importante.

| <u>Du côté positif :</u> | <u>d</u> | <u>F2</u> | <u>COR2</u> | <u>CTR2</u> |
|--------------------------|-------------------|------------|-------------|-------------|
| | Yvelines | 118 | 517 | 19 |
| | Hts-de-Seine | 291 | 729 | 134 |
| | Seine-St-Denis | 274 | 554 | 107 |
| | Val-de-Marne | 188 | 505 | 42 |
| | Bas-Rhin | 252 | 672 | 93 |
| | Rhône | 131 | 776 | 40 |
| | <u>Hte Savoie</u> | <u>185</u> | <u>205</u> | <u>22</u> |

Ils contribuent pour 45,7% à λ_2 et sont associés au fuel domestique en dehors de juillet, août et septembre; dans ces départements la consommation du fuel domestique domine celle du gasoil et du carburant-auto; et l'activité estivale et n'est pas dominante (elle est même très faible dans la banlieue parisienne).

1.1.3 Axe 3 : $\lambda_3 \approx 0,0066$; $\tau_3 \approx 6\%$.

Du côté positif cet axe est dominé par les profils du carburant-auto en dehors de juillet et août qui contribuent pour 35,8% à λ_3 et qui s'associent aux départements :

| | |
|------------|--------------------------------------|
| Paris | : CTR3 = 204 ; COR3 = 750 ; F3 = 222 |
| Yvelines | : CTR3 = 25 ; COR3 = 287 ; F3 = 88 |
| Essonne | : CTR3 = 45 ; COR3 = 450 ; F3 = 136 |
| Val d'Oise | : CTR3 = 17 ; COR3 = 547 ; F3 = 94 |

Et du côté négatif, il est dominé par le gasoil dont la contribution est de 25,4% et par les profils du fuel domestique en juin, juillet août et septembre:

| | |
|------|--|
| JNFD | : (CTR3 = 41 ; COR3 = 281 ; G3 = -110) |
| JLFD | : (CTR3 = 25 ; COR3 = 319 ; G3 = -112) |
| AOFD | : (CTR3 = 64 ; COR3 = 519 ; G3 = -175) |
| SPFD | : (CTR3 = 48 ; COR3 = 426 ; G3 = -113) |

et qui s'associent aux départements :

| | |
|-----------|--|
| Finistère | : (CTR3 = 70 ; COR3 = 217 ; F3 = -191) |
| Bas-Rhin | : (CTR3 = 90 ; COR3 = 277 ; F3 = -162) |

Ain : (CTR3 = 16 ; COR3 = 239 ; F3 = -124)

1.1.4 Axe 4 : $\lambda_4 \approx 0,005$; $\tau_4 \approx 4,66\%$

Suivant cet axe apparaît un phénomène qu'on n'a pas rencontré jusqu'ici, à savoir un phénomène saisonnier très caractérisé à l'intérieur d'une série "produit" $M \times \{p\}$, $p = \text{fuel lourd}$. L'axe étant dominé par le profil de consommation du fuel lourd durant le 4-ème trimestre qui contribue de 54,2% à l'inertie le long de cet axe :

| mp | G4 | COR4 | CTR4 |
|------|-----|------|------|
| OCFL | 194 | 102 | 145 |
| NOFL | 236 | 161 | 239 |
| DEFL | 184 | 117 | 158 |

Associés à ce trimestre les départements :

| d | F4 | COR4 | CTR4 |
|---------------|-----|------|------|
| Eure | 87 | 754 | 14 |
| Somme | 317 | 528 | 205 |
| Seine & Marne | 128 | 441 | 74 |
| Oise | 140 | 356 | 50 |
| Aisne | 251 | 305 | 151 |
| Marne | 163 | 226 | 66 |

Ils contribuent de 56% à λ_4 et il s'agit de départements où sont implantées des usines sucrières consommant d'importantes quantités de fuel lourd pour la transformation des betteraves en cette saison après la récolte d'été (septembre).

D'autre part, entre (OCFL, NOFL, DEFL) les variables OCGZ, NOGZ, DEGZ ont avec l'axe 4 positif une corrélation élevée ($COR4 > 100$); même si les CTR4 sont faibles (< 20); la cause économique pourrait être, ici encore, l'industrie sucrière.

1.2 Etude de deux plans

1.1.2 le plan (1,2) : $\tau_1 + \tau_2 \approx 84,5\%$.

Du côté négatif de l'axe 1 ($F1 < 0$) se projette le fuel lourd sous forme de chaîne cyclique dans l'ordre chronologique des mois: janvier, situé dans le quadrant ($F1 < 0$; $F2 > 0$) s'opposant à août ($F1 < 0$; $F2 < 0$); suivant une ligne inclinée sur l'axe 2.

Cette série mensuelle du fuel lourd s'associe fortement aux départements : Nord, Pas-de-Calais, Moselle, Meurthe-et-Moselle, Haut-Rhin, Jura, Mayenne, Isère, Seine-Maritime, Marne, Vosges ; et à un moindre degré (avec des valeurs F1 moins élevées) avec : Somme, Deux-Sèvres, Gard, Charente, Alpes-de-Haute-Provence, Oise et Bouches-du-Rhône.

Le Nord-Pas-de-Calais constitue la région française qui consomma la plus importante quantité de fuel lourd durant toute la période 72 → 81, soit une moyenne annuelle de 2,5 millions de tonnes et une part variant entre 13,3% et 16,5% de la consommation totale. Parmi les industries consommatrices nous citons: la sidérurgie, combustibles minerais solides, l'industrie de verre dans les 2 départements; et une forte implantation de l'industrie du papier et carton dans le Pas-de-Calais.

Dans la Moselle et la Meurthe-et-Moselle (bassin lorrain) on trouve principalement la sidérurgie, l'industrie du verre, la fonderie; et les combustibles et minerais solides dans la Moselle. Ils consommaient 775 et 480 milles tonnes annuellement (moyenne sur les 10 ans) et détenaient une part variant entre 1,9% et 5,6%, 1,3% et 3,3% respectivement. Et dans les Vosges, département voisin des 2 précédents, on note en particulier l'industrie du verre et du papier et carton; sa consommation annuelle moyenne est de l'ordre de 218000 tonnes, soit une part oscillant entre 1% et 1,5% sur la période 72 → 81.

La région de Picardie (Aisne, Oise, Somme) constitue l'une des régions où l'industrie des biens intermédiaires est fortement implantée (consommation annuelle moyenne voisine d'un million de tonnes) parmi celles-ci on distingue: la sidérurgie, fonderie et travail des métaux, industrie du papier et carton dans l'Aisne; la métallurgie, l'industrie du verre, chimie-fibres synthétiques, caoutchouc, matières plastiques dans l'Oise; l'industrie du verre, fonderie et travail des métaux, caoutchouc, matières plastiques dans la Somme; plus une implantation des sucreries, forte dans l'Aisne et la Somme.

Le département de l'Isère est le premier consommateur de fuel lourd dans la région Rhône-Alpes (une consommation annuelle est de l'ordre de 636000 tonnes, et une part variant entre 2,6% et 4 % de la consommation totale); la métallurgie, la chimie et la construction mécanique sont les principales industries dans ce département.

Dans le Haut-Rhin, consommation moyenne annuelle de l'ordre de 48000 tonnes et une part oscillant entre 2% et 3% entre 72 et 81 on note la présence de l'industrie du verre, des matériaux de construction, de la métallurgie, de la chimie-fibres artificielles, de l'industrie du papier et carton et de la construction mécanique.

La Marne constitue le plus important consommateur de fuel lourd de la Champagne (consommation annuelle moyenne de 347000 tonnes et une part entre 1,6% et 2,3%). On note dans ce département l'industrie du verre, du papier et carton et les sucreries parmi les principales industries consommatrices.

Dans l'Ardèche, on distingue particulièrement la chimie, l'industrie du papier et carton; et dans le Jura : les matériaux de construction, chimie-fibres synthétiques, caoutchouc-matières plastiques, construction mécanique.

Dans les Bouches-du-Rhône on note parmi les principales industries la sidérurgie, la construction navale, la chimie organique et pétrochimie, l'industrie des métaux (chaudronnerie), les industries agro-alimentaires,....

Dans le quadrant ($F1 < 0$; $F2 > 0$) s'installe la Seine-Maritime en association avec le profil du fuel lourd durant la saison (décé-mars): la consommation moyenne annuelle étant de 1 million de tonnes; sa part dans la consommation totale oscille entre 5,5% et 7,6% sur la période 72 → 81 dont en moyenne 33% est relative à cette saison. A part les quantités consommées dans le chauffage en cette saison froide, parmi les industries concommatrices on note: industrie du verre, industrie du papier et carton, sucreries, parachimie et chimie de base.

A l'opposé du fuel lourd et plus précisément dans le quadrant ($F1 > 0$; $F2 > 0$) on a la série mensuelle du fuel domestique s'associant aux départements: Paris, Essonne, Val-d'Oise, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne, Rhône, Bas-Rhin, Haute Savoie, Territoire de Belfort, Aube, Doubs, Loiret, Hautes-Alpes,... Il s'agit de départements exposés à un climat plutôt froid (et bien équipés en chauffages). L'étude précise des variations saisonnières mérite une étude particulière; la décroissance de la consommation pendant les mois d'été est certes générale: mais inégalement marquée selon les départements; comme on peut le voir sur le tableau des facteurs placé au début du § 1, les plus fortes consommations estivales de FD (i.e. les décroissances minima de la consommation pendant cette saison) sont associées à un facteur $F3 < 0$ (ce fait a déjà été signalé au § 1.1.3 et sera repris au § 1.1.2).

Dans le quadrant ($F1 > 0$; $F2 < 0$) on a la série mensuelle du gasoil qui est très concentrée avec un léger détachement en juillet et août; et celle du carburant-auto dont l'excentricité par rapport à son centre de gravité est essentiellement due aux mois de juillet et août où elle croît. Pour le carburant auto, le mouvement des mois de mars à août présente entre avril et mai un rebroussement (principalement en projection sur l'axe 2), le mois d'avril est tiré vers août ; ce qui signifie que sur l'ensemble des départements le mois d'avril est plus estival que celui de mai, les vacances de Pâques déplacent beaucoup d'automobilistes sur les routes. La proximité distributionnelle manifestée dans ce quadrant entre les 2 produits sera confirmée par la classification sur mois x produits. Un tel lien s'explique dans certains secteurs d'utilisation qui sont similaires, en particulier: si le carburant-auto est surtout consommé par les voitures, il en est de même pour une importante quantité de gasoil, soit $450 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ en 1972 représentant 6,5% de la consommation totale de gasoil en cette année revient aux voitures particulières et commerciales, et cette quantité a fortement augmenté en 1981 pour atteindre $2390 \cdot 10^3 \text{ m}^3$ soit 20,5% de la consommation totale en cette année. Ces deux produits s'associent à des départements où les activités touristiques et/ou de transport et/ou tertiaires sont dominantes. Au voisinage du gasoil on note: le Tarn-et-Garonne, les Landes, la Saône-et-Loire, la Haute-Marne, le Finistère, l'Aude, le Morbihan, la Manche;

et au voisinage du carburant-auto, associés à ces profils en juillet et août on distingue particulièrement: le Finistère, l'Aude, le Morbihan, les Pyrénées-Atlantiques, la Corse, le Lot, les Pyrénées-Orientales, le Var, le Gers, la Lozère, les Côtes-du-Nord, etc. . Il s'agit de départements où la consommation du carburant-auto et/ou du gasoil domine celle du fuel lourd; globalement ils sont moins urbanisés et moins industrialisés que ceux qui se projettent à l'extrême soit du côté $F1 < 0$, soit dans le quadrant ($F1 > 0$; $F2 > 0$).

1.1.2 Plan (2,3) $\tau_2 + \tau_3 \approx 20,4\%$.

C'est dans ce plan que les profils du gasoil manifestent leur meilleure représentation ($600 \leq COR_m \leq 676$), installés dans le quadrant ($F2 < 0$ $F3 < 0$) ils s'associent aux départements: Finistère, Morbihan, Haute-Marne (départements: Finistère, Morbihan, Haute-Marne, (départements à forte activité de transport liées à l'agriculture, à certaines industries agro-alimentaires: viande et lait,... etc. Quant au carburant-auto, s'opposant au gasoil suivant l'axe 3, il figure dans le quadrant ($F2 < 0$; $F3 > 0$) avec des corrélations variant entre 328 (avril) et 388 (août). Le mouvement mensuel de ce produit y est tel que: les mois d'octobre à mars sont très serrés, avril, mai, juin et septembre se détachent légèrement (avec un rebroussement d'avril à mai); puis les mois de juillet et août se détachent de ce groupe pour s'orienter suivant l'axe 2 (COR_3 (juillet)=39 ; COR_3 (août)=2) et s'associer suivant la direction du même axe aux départements: Corse, Pyrénées-Atlantiques, Landes, Hautes-Pyrénées, Lot, Gard, Pyrénées-Orientales et la Haute-Garonne.

Quant au fuel domestique, situé du côté $F2 < 0$, on a d'une part la saison froide (nov. → avril) concentrée au voisinage de l'axe 2 ($0 \leq COR_3 \leq 15$; $-2 \leq F3 \leq 7$) s'associant aux départements : Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne, Essonne, Val d'Oise, Seine-et-Marne, Doubs, Loire, Rhône, (chauffage urbain); et d'autre part les mois restants qui présentent suivant l'axe 3, dans le sens des facteurs $F3$ croissants, un mouvement suivant 2 arcs: un curviligne d'avril à août et l'autre presque linéaire d'août à novembre. Les profils de ce produit en cette saison chaude s'associent en particulier aux départements: Haute-Savoie, Savoie, Bas-Rhin, Territoire de Belfort, Hautes-Alpes, Seine-Maritime, Aube.

2 Classifications ascendantes hiérarchiques

2.1 Classification sur les Mois x Produits et dépouillement à l'aide de FACOR.

Cette classification est faite à partir du tableau des facteurs $[MP] \times \{G_\alpha^{[MP]}; \alpha = 1, 2, \dots, 7\}$ issu de l'AFC sur $D \times [MP]$. L'arbre étant coupé au noeud (89), on retient une partition en 8 classes possédant 98% de l'inertie (dans l'espace des 7 premiers axes).

Noeud (95) : $A(n) = 94$; $B(n) = 92$; $v(n) = 0,065$. La classe (94) contient le carburant-auto, le gasoil, et le fuel domestique; et la classe (92) contient le fuel lourd. La subdivision de ce noeud s'inscrit presque exclusivement suivant la direction du premier axe factoriel, en effet :

$$D1 = 668 ; COD1 = 997 ; CTD1 = 971$$

$$F1(94) = 141 ; F1(92) = -527$$

Ceci ne confirme que la définition de l'axe 1: dichotomie entre le fuel lourd et les trois autres produits pétroliers.

Noeud (94) : $A(n) = 93$; $B(n) = 89$; $v(n) = 0,014$. La classe (89) contient le fuel domestique et la classe (93) contient le carburant-auto et le gasoil. La séparation se manifeste sur l'axe 2, résultat confirmé lui aussi par l'analyse factorielle : $D2 = -253$; $COD2 = 878$; $CTD2 = 804$

$$(93) : F2 = -130 ; COR2 = 345$$

$$(89) : F2 = 122 ; COR2 = 529$$

Noeud (93) : $A(n) = 91$, $B(n) = 80$; $v(n) = 0,0056$. La classe (91) désigne le carburant-auto et (80) le gasoil. La scission s'inscrit suivant le 3-ème axe factoriel :

$$A(n) - B(n) : D3 = 219 ; COD3 = 647 ; CTD3 = 553$$

$$A(n) : F3 = 95 ; COR3 = 155$$

$$B(n) : F3 = -124 ; COR3 = 192$$

Noeud(92) : $A(n) = 90$, $B(n) = 87$; $v(n) = 0,0050$. La classe (87) contient les profils du fuel lourd en octobre, novembre et décembre et (90) ceux du même produit pour les autres mois de l'année.

La subdivision se fait suivant l'axe 4 et est quasiment expliquée dans le plan (1,4) de l'analyse factorielle :

$$A(n) - B(n) = D4 = -299 ; COD4 = 856 ; CTD4 = 792$$

$$A(n) = 90 : F4 = -95 ; COR4 = 31 ; F1 = -528 ; COR1 = 964$$

$$B(n) = 87 : F4 = 204 ; COR4 = 128 ; F1 = -524 ; COR1 = 842$$

$$\text{Noeud (91)} : A(n) = 83 ; B(n) = 85 ; v(n) = 0,0024$$

La classe (85) contient les profils du carburant-auto en juillet et août, et la classe (83) ceux des mois restants de l'année. La séparation s'inscrit et faiblement sur le plan(5,7):

$$A(n) - B(n) : D5 = 110 ; COD5 = 206 ; D7 = 86 ; COD7 = 125$$

$$A(n) : F5 = 12 ; F7 = 26 ; COR(5,7) = 17$$

$$B(n) : F5 = -98 ; F7 = -60 ; COR(5,7) = 91$$

Noeud (90) : $A(n) = 84$; $B(n) = 86$; $v(n) = 0,0022$. La classe (84) contient les profils du fuel lourd en saison (janvier, février, mars, avril) et la classe (86) ceux du même produit en saison (mai, juin, juillet, août, septembre).

Noeud (89) : $A(n) = 88$; $B(n) = 77$; $v(n) = 0,0020$. $A(n)$ contient les profils du fuel domestique en saison chaude (de mai à octobre) et $B(n)$ ceux du même produit durant le reste de l'année (de novembre à avril) ; la séparation se signale faiblement suivant l'espace des axes factoriels 4, 6 et 7.

Conclusion : La classification sur les mois x produits donne d'abord les agrégations des mois à l'intérieur de chaque série mensuelle "produit" $M \times \{p\}$, ensuite les produits. Ainsi l'effet "produit" domine l'effet saisonnier, c'est-à-dire mois; autrement dit pour un département d *a priori* quelconque, si on considère la fonction $C_d(m,p)$ à deux paramètres m et p désignant la consommation du produit p durant le mois m dans le département d (rapportée à la consommation nationale totale) alors sa variation suivant le paramètre p est plus importante que celle relative au paramètre m.

Quant au choix de la partition sur [MP] on s'est borné à retenir le niveau associé au noeud (89), et par conséquent on a adopté la partition définie par les noeuds situés au dessus de celui-ci. Celle-ci nous paraît intéressante dans la mesure où, d'une part les classes forment un tout cohérent bien caractérisé (compacité des classes) et d'autre part sont distinctes les unes des autres (séparabilité des classes). Les dichotomies afférentes au sous-arbre étudié correspondent à des divisions géométriquement bien tranchées et conceptuellement interprétables. Pour deux classes associées à deux produits différents la distinction se manifeste clairement suivant l'un des axes factoriels 1,2 ou 3 ; alors que ce n'est pas le cas pour deux classes relatives à un même produit (ou tout au plus elle se manifeste très faiblement). Toutefois la distance distributionnelle, pour un même produit, entre deux classes (donc entre deux saisons ou groupes de mois) dans un plan factoriel $\alpha\beta$ ($\alpha, \beta = 1, 2, 3, 4 ; \alpha \neq \beta$) est assez significative (e.g. juillet et août pour le carburant-auto (CA85); octobre, novembre, décembre pour le fuel lourd (FL87); mai → octobre pour le fuel domestique (FD88); ... etc.) pour parler de dichotomie géométrique factorielle bien illustrée.

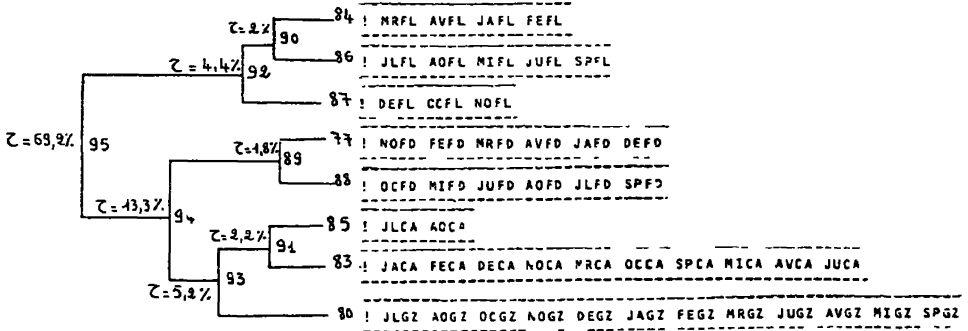
Ajoutons finalement, que la partition coïncide avec les résultats de l'analyse factorielle:

- 1) - Le gasoil varie très peu sur les axes 1, 2, 3 et 4 quel que soit le mois.
- 2) - Le fuel domestique et le carburant-auto varient suivant une courbe linéaire ("va" et "vient" de août à janvier).
- 3) - Seul le fuel lourd montre une courbe cyclique avec l'automne bien séparé du printemps (voir plan (2,4)).

SOMME DES INDICES DE NIVEAU 0.10744E+00

```

-----
! J ! I(J) ! A(J)! B(J)!T(J)!T(2)! HISTOGRAMME DES INDICES DE NIVEAU DE LA HIERARCHIE
-----
!  3!   74!  94!  92!  692!  692!*****
!  4!   14!  93!  89!  133!  625!*****
!  3!    6!  91!  30!   52!  877!****
!  2!    5!  90!  37!   44!  921!***
!  1!    2!  83!  85!  22!  943!**
!  0!    2!  84!  35!  20!  963!*
!  9!    2!  85!  77!  18!  990!#
!  2!    0!  75!  22!   3!  984!#
!  7!    0!  46!  81!   2!  986!#
    
```

Note : Variance inter-produits (entre les produits) et variance inter-mois (entre les mois)

Considérons les deux partitions triviales M et P sur l'ensemble produit MP où chaque mois m est identifié à l'ensemble {m} x P et chaque produit p est identifié à l'ensemble M x {p}. On a :

$$m = \{m\} \times P = mP = \{(m,p); p \in P\} \text{ et } p = M \times \{p\} = Mp = \{(m,p); m \in M\}$$

$$\text{avec } \cup \{mP ; m \in M\} = \cup \{Mp ; p \in P\} = MP.$$

Les deux tableaux D x M et D x P juxtaposés en supplémentaires par rapport au tableau principal D x MP permettent, à l'aide de l'analyse factorielle, d'apprécier quantitativement (en terme de variance ou d'inertie relative) d'une part l'amplitude de variation des profils f_D^P des produits sans distinction de mois (variance inter-produits: CTR(P)) et donc, par complémentarité grâce au théorème de Huygens, l'amplitude de variation des profils mensuels f_D^{mp} pour chaque produit (variance intra-produits: CTR(MP-P)). Et d'autre part l'amplitude des variations saisonnières, c'est-à-dire des profils f_D^m , sans distinction de produits (variance inter-mois: CTR(M)) et donc aussi l'amplitude de variation des profils f_D^{mp} suivant les produits pour chaque mois m (variance intra-mois: CTR(MP-M)).

On rappelle les formules :

$$CTR(P) = \sum \{f_p \parallel f_D^P - f_D \parallel^2 / I_{tot} ; p \in P\} \tag{1}$$

$$CTR(MP-P) = \sum \{ \{f_{mp} \parallel f_D^{mp} - f_D^P \parallel^2 / I_{tot} ; m \in M\} ; p \in P\} \tag{2}$$

$$CTR(P) + CTR(MP - P) = 1$$

$$CTR(M) = \sum \{f_m \parallel f_D^m - f_D \parallel^2 / I_{tot} ; m \in M\} \tag{3}$$

$$CTR(MP - M) = \sum \{ \{f_{mp} \parallel f_D^{mp} - f_D^m \parallel^2 / I_{tot} ; p \in P\} ; m \in M\} \tag{4}$$

$$CTR(M) + CTR(MP - M) = 1$$

où I_{tot} désigne l'inertie totale du nuage $N_D(MP)$ par rapport à son centre de gravité f_D : $N_D(MP) = \{(f_{mp}, f_{Dmp}) ; mp \in MP\}$ et

$$I_{tot} = \sum \{f_{mp} \| f_D^{mp} - f_D\|^2 ; mp \in MP\}.$$

Les différentes variances (1), (2), (3) et (4) sont calculées dans l'espace R_D et sur les 5 premiers axes factoriels issus de l'AFC du tableau $D \times MP$ (il suffit dans les formules de considérer les distances entre points projetés et de remplacer I_{tot} par λ_α); on a alors les résultats suivants (en %) :

| | R_D | Axe 1 | Axe 2 | Axe 3 | Axe 4 | Axe 5 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Variance inter-produit | 86,8% | 98,5% | 85,1% | 68% | 13,7% | 24,3% |
| Variance intra-produit | 13,2% | 1,5% | 14,9% | 32% | 86,3% | 75,7% |
| Variance inter-mois | 8% | 0,4% | 28,4% | 13,8% | 28,1% | 44,3% |
| Variance intra-mois | 92% | 99,6% | 71,6% | 86,2% | 71,9% | 55,7% |

Ces résultats apparaissent d'abord parfaitement cohérents, en ce qu'ils montrent à la fois la prédominance de la variance inter-produits et de la variance intra-mois qui résulte précisément des effets inter-produits pour chaque mois; ils confirment le caractère secondaire des variations saisonnières relativement aux variations entre produits qui dominent à la fois le plan (1,2) de l'analyse factorielle et les dichotomies supérieures de la CAH; ils montrent cependant l'intérêt des effets saisonniers qui deviennent prédominants à partir de l'axe 4 (lequel, il est vrai rend compte de m) ont pour l'économie une signification originale que la CAH sur les départements soulignera.

2.2 Classifications sur les départements et dépouillement à l'aide de FACOR et VACOR

2.2.0 Interprétation de la CAH d'après des variables synthétiques créées par cumul des variables primaires

Au lieu de procéder, comme d'habitude, en expliquant les séparations au sein des noeuds dans la hiérarchie par les variables initiales, ici au nombre de 48, à savoir les 12 mois de l'année (M) croisés avec les 4 produits pétroliers (P), on a préféré utiliser les résultats de la classification sur $(M \times P)$ où l'on a une partition P en 8 classes. Celles-ci reflètent d'une part une distinction entre les produits et d'autre part les phénomènes saisonniers dominant dans la consommation de chacun des produits.

Ces classes sont: (cf. § 2.1) :

- a) - FD77 = {nove - avril} fuel domestique
- b) - FD88 = {mai-octobre} fuel domestique
- c) - CA83 = {septembre-juin} carburant-auto
- d) - CA85 = {juillet, août} carburant-auto
- e) - GZ80 = {janvier-décembre} gasoil

- f) - FL84 = {janvier-avril} fuel lourd
 g) - FL86 = {mai-septembre} fuel lourd
 h) - FL87 = {octobre-décembre} fuel lourd

Dès lors le dépouillement sera envisagé à partir du nouveau tableau $D \times P$ (MP) où chaque nouvelle variable "classe" est obtenue par le cumul des blocs de colonnes mois \times produits qui la composent. L'interprétation sera aussi plus simple qu'avec les 48 variables initiales tout en se fondant sur l'essentiel de l'information traitée.

Remarque méthodologique : Soit I un ensemble de sujets quelconques sur lesquels sont mesurées des variables $j \in J$. En bref, on se donne un tableau de correspondance k_{IJ} .

Supposons faite une classification sur I qu'il faut expliquer par l'ensemble des variables J

Pour toute classe retenue le tableau VACOR des centres des classes donne:

Le profil de c sur R_j , soit f_j^c .

La corrélation de c avec chaque axe porté par la variable $j \in J$, c'est-à-dire ∂_j^c .

On sait que :

$$\sum \{f_j^c; j \in J\} = 1000(10^{-3})$$

$$\sum \{COR_c(j); j \in J\} = 1000(10^{-3})$$

La corrélation moyenne étant: $COR_m = 1000/CARDJ$, donc plus $CARDJ$ est grand, plus COR_m est faible, et il en est de même pour $COR_j(c)$, sauf si on dispose d'un tableau de mesures où figurent un grand nombre de valeurs nulles.

En somme, sur un ensemble J de grande taille, on est confronté à des hésitations dans le report des variables à telle classe ou autre du fait de la faiblesse des corrélations et des profils (comparativement à la moyenne); et, c'est le cas, dans l'étude qui nous concerne, pour les noeuds inférieurs et pourtant le nombre des variables n'est pas si important.

Ainsi l'intérêt de substituer à l'ensemble J des variables une partition sur J est, au moins, lié à des considérations numériques (étiquetage de l'arbre,...); cette substitution est d'autant plus intéressante si chaque classe retenue peut s'offrir une signification claire (homogénéité de ses composantes).

2.2.1 Dépouillement

On a retenu une partition de 12 classes possédant 87,1% de l'inertie totale, l'arbre étant coupé au noeud (179).

Noeud (189) : $A(n) = 187$; $B(n) = 188$; $\tau(n) = 54,5\%$

La subdivision de ce noeud se fait nettement suivant la direction de l'espace des profils mensuels du fuel lourd à raison de 78,6%. En effet, le tableau VACOR des dipôles donne en colonne D les valeurs positives suivantes des différences: 68 pour FL84, 79 pour FL86, 62 pour FL87; avec des corrélations COD valant 222, 339 et 224 resp. Donc le fuel lourd s'associe à la classe "aîné" (187); ceci étant principalement justifié par la présence dans cette classe de départements gros consommateurs de ce produit tels que: Nord, Pas-de-Calais, Moselle, Meurthe-et-Moselle, Meuse, Jura, Ardèche, Vosges, Mayenne, Haut-Rhin, Seine-Maritime, Marne, Aisne, Oise, Somme, Charente, Bouches-du-Rhône, Deux-Sèvres, Gard et Alpes-de-Haute-Provence. L'autre classe, c'est-à-dire (188), contient le reste des départements et est caractérisée par une faible consommation de fuel lourd ($FL84^- = 5,5\%$; $FLM86^- = 4,3\%$; $FL87^- = 4,5\%$ contre 7,7%, 6,98% et 6,5% respectivement sur l'ensemble des départements respectifs: le pourcentage est pris par rapport au total des 4 produits pétroliers).

Cette subdivision, au sein du sommet (c'est-à-dire l'ensemble de tous les départements), s'effectue presque exclusivement suivant l'axe 1 issu de l'analyse factorielle; en effet pour le dipôle A(n) - B(n), on a:

$$D1 = -517 ; COD1 = 990 = COR1(188) = COR1(187)$$

$$F1(187) = -349 ; F1(188) = 168.$$

Subdivision de (187)

La scission au sein de ce noeud, associé au fuel lourd, rend compte de 3,5% de l'inertie totale et sépare les classes (183) et (185); elle se fait à raison de 71,2% ($712 = 368 + 344$) suivant les profils de consommation du fuel lourd hors le 4-ème trimestre (FL87):

$$FL84 : D = 38 ; COD = 368 ; CTD = 74 \quad A(187) = 183$$

$$FL86 : D = 35 ; COD = 344 ; CTD = 51 \quad B(187) = 185$$

Ces profils s'associent à la classe "aîné" (183) qui contient le Nord, le Pas-de-Calais, la Moselle, la Meurthe-et-Moselle, les Vosges, l'Isère, la Mayenne, l'Ardèche, le Jura, le Haut-Rhin et la Seine-Maritime. Comme on l'a déjà signalé, ces départements sont de gros consommateurs de fuel lourd grâce à l'implantation d'industries consommatrices et essentiellement celles des biens intermédiaires: sidérurgie, transformation des métaux ferreux et non ferreux, industrie du verre, industrie du papier et carton, chimie, cimenteries, etc. . De cette classe s'isole le Pas-de-Calais caractérisé en bref, en plus par une forte consommation de fuel lourd au 4-ème trimestre de l'année ($FL^{++} = 15,3\%$, la moyenne est de 6,5%), et son profil en ce produit dépasse le double de la moyenne nationale (45,1% contre 22,3%).

Alors que la classe "benjamin" (185) est marquée par une faible consommation de fuel domestique de novembre à avril (FD77) (24,6% contre 28,9% en moyenne) et une forte consommation de fuel lourd au 4-ème trimestre ($FL87^{+++} = 10,4\%$ contre 6,5 en moyenne); consommation justifiée par la présence dans les départements de cette classe d'industries sucrières en pleine activité durant ce trimestre pour la transformation des betteraves; surtout dans son descendant

(169): la Picardie (Aisne, Oise, Somme) et la Marne. Les 2 classes (185) et (183) sont fortement corrélées à l'axe 1 négatif: $COR1(185)=865$; $COR1(183)=981$; (183) y est plus excentrique: $F1(183)=-418$ et $F1(185)=-219$.

La classe (169) ($FL87^{++++} = 14,4\%$ contre une moyenne de $6,5\%$ se différencie de (163) suivant la direction du 4-ème axe factoriel et corrélativement dans le plan (3,4):

(169) : $F1 = -265$; $COR1 = 576$; $F4 = 212$; $COR4 = 368$

(163) : $F1 = -185$; $COR1 = 707$; $F4 = -83$; $COR4 = 141$

et le dipôle associé est essentiellement orienté suivant l'axe 4:

$D4 = 295$; $COD4 = 876$

La classe (163) ($FL87^{++} = 10,5\%$; $FL86^{++++} = 10,9\%$ contre $7,7\%$ et $6,9\%$ en moyenne resp.) contient la Meuse, la Charente, les Deux-Sèvres, le Gard, les Alpes-de-Haute-Provence et les Bouches-du-Rhône.

Subdivision du noeud (188) : $A(n) = 186$; $B(n) = 184$; $\tau(n) = 12,9\%$.

Au sein de ce noeud, la séparation entre les deux classes se fait à raison de 29% suivant $FL84$ ($D = 30$) et $FL86$ ($D = 28$) qui représentent le profil du fuel lourd sur la saison (octo-avril) à raison de $29,7\%$ suivant le profil du gasoil $GZ80$ ($D = -51$), et à raison de $20,4\%$ suivant celui du carburant-auto en juillet et août ($CA85$ ($D = -29$)).

La classe (186) est liée au côté positif du 2-ème axe factoriel ($F2 = 134$; $COR2 = 803$) qui est défini par le fuel domestique durant la saison (octo-juin : $FD77$; $CTR2 = 43,8\%$), et l'on a pour (186): $f^{(186)}_{FD77} = 33,8\%$; $COR = 401$; $f_{FD77} = 28,9\%$. Elle est aussi marquée par un déficit en gasoil ($GZ80^- = 8,6\%$ contre $10,8\%$ en moyenne) et en fuel lourd en (mai-sept) : $FL86^- = 5,1\%$ contre $6,9\%$ en moyenne. La forte consommation du fuel domestique en dehors de l'été se justifie par la présence dans cette classe de départements plutôt froids et qui disposent largement de chauffages (centraux ou urbains) à fuel domestique : Ile-de-France, Haute-Savoie, Savoie, Rhône, Loire, Territoire-de-Belfort, Bas-Rhin, Ardennes, Eure, Cher, etc. .

L'autre classe (184) est liée au côté positif de l'axe 1 ($F1 = 254$; $COR1 = 912$); ainsi elle est marquée par un fort déficit en fuel lourd ($12,1\%$ contre $21,1\%$ en moyenne), la corrélation avec ce produit est de 679 . On note aussi dans cette classe un excédent en gasoil ($GZ80^+ = 13,7\%$ contre $10,8\%$ en moyenne) et en carburant-auto durant juillet et août ($CA85^+ = 6,8\%$ contre $4,9\%$ en moyenne), principalement marqué dans son descendant immédiat la classe (173) (Var, Alpes-Maritimes, Pyrénées-Orientales, Pyrénées Atlantiques, Lot, Hautes-Pyrénées, Corse) qui présentent un profil qui est le double de la moyenne ($9,9\%$). Notons que cette classe est fortement déficitaire en fuel lourd ($5,7\%$ contre $21,1\%$ en moyenne nationale): il s'agit de départ .dont les activités

industrielles sont faibles et où dominent nettement les activités touristiques et tertiaires.

Quant à la forte consommation du gasoil dans (184), elle se manifeste dans l'autre descendant (181) et surtout dans sa subdivision la classe (136) qui contient la Haute-Marne, le Finistère et le Morbihan, avec un profil proche du double de la moyenne ($GZ^{++++} = 21,1\%$ contre $10,7\%$). L'autre classe issue de (181) est (179) qui est constituée d'une part de la classe (172) caractérisée par un fort déficit en fuel lourd ($8,7\%$ contre $21,1\%$ en moyenne); elle contient : Hautes-Alpes, Lozère, Indre, Corrèze, Creuse, Aveyron, Cantal, Côtes-du-Nord, Vendée, Gers, Charente-Maritime, Vienne,... Et d'autre part la classe (177) marquée, elle aussi, par un déficit en fuel lourd, moins important (14%); et par un excédent en gasoil plus important que celui de la classe (172), soit $13,5\%$ contre $13,3\%$, la moyenne sur l'ensemble des départements est de $10,8\%$. La classe (177) contient: Aude, Ariège, Vaucluse, Hérault, Gironde, Drôme, Puy-de-Dôme, Saone-et-Loire, Landes, Manche, Calvados, Sarthe,...

Pour l'autre classe, (186), issue de (188), associée au fuel domestique en saison froide (novembre-avril); sa subdivision en les classes (180) et (182) s'inscrit principalement suivant le même produit et durant la même saison (FD77 : D = 87; COD = 457). La classe (180) ($FD^{+++} = 39,5\%$ contre une moyenne de $28,9\%$) est aussi marquée par une faible consommation de fuel lourd ($13,9\%$ contre $21,1\%$ en moyenne); elle contient d'autre part la Seine-Saint-Denis, les Hauts-de-Seine, le Val-d-Marne formant la classe (164), et d'autre part par le Territoire-de-Belfort, la Haute-Savoie, la Bas-Rhin qui constituent la classe (175). La séparation entre ces 2 classes se fait suivant le profil du carburant-auto en dehors de juillet et août (D = -64 ; COD = 344), et du fuel domestique en la saison (mai-octobre) (D = 58 ; COD = 447). La petite couronne (164) est marquée par une forte consommation de fuel domestique en (octobre-avril) ($FD77^{+++} : 40,5\%$ contre une moyenne nationale de $28,9\%$) et un déficit en fuel lourd assez important en (mai-sept) ($7,6\%$ contre $13,4\%$ en moyenne). La classe (175), elle aussi, est marquée par une forte consommation de fuel domestique en la même saison ($FD77^{++} = 37,7\%$), un déficit du fuel lourd en (mai-sept), moins important ($8,4\%$), une forte consommation de fuel domestique en (mai-octobre) ($FD88^{++} = 19,7\%$ contre $13,5\%$ en moyenne) et un fort déficit en carburant-auto (19% contre $25,7\%$ en moyenne).

Quant à (182), frère de (180) il est marqué par de faibles consommations en gasoil ($GZ80^{--} = 9,1$ contre $10,8\%$ en moyenne), en carburant-auto durant juillet et août ($CA85^{-} = 4,2\%$ contre $4,9\%$ en moyenne) et du fuel lourd en (mai-sept) ($FL86^{-} = 5,8\%$ contre $6,9\%$ en moyenne); (182) contient: Paris, Essonne, Yvelines, Seine-et-Marne, Val-d'Oise, Savoie, Rhône, Loire, Doubs, Eure, Ardennes, Aube, Tarn et le Cher. (182) est lié au plan (2,3) de l'AFC où $COR_{(182)} = 892$. Le dipôle associé est lié à l'axe 3 (COD3 = 666) et sa subdivision donne la classe (159) (Paris, Essonne) liée au même axe (COR = 710) et marquée par une forte consommation du carburant-auto hors juillet et août ($CA83^{++} = 26,7\%$ contre une moyenne de $20,8\%$) et une faible

consommation de fuel lourd en (mai-sept) (FL86⁻ = 3,3% contre 6,9% en moyenne). L'autre classe doit 88,7% de sa représentation à l'axe et se signale par une forte consommation de fuel domestique en hiver (FD77⁺⁺ = 31,1% contre 28,9% en moyenne) moins forte en été (FD88⁺ = 14,7% contre 13,5% en moyenne) et une faible consommation en gasoil ((GZ80⁻ = 9,2%, la moyenne nationale est de 10,8%).

SOMME DES INDICES DE NIVEAU 0.10877E+00

 ! J ! I(J) ! A(J)! B(J)!T(J)!T(Q)! HISTOGRAMME DES INDICES DE NIVEAU DE LA HIERARCHIE

| | | | | | | |
|--------|-----|------|------|------|------|-------|
| ! 189! | 59! | 187! | 188! | 545! | 545! | ***** |
| ! 188! | 14! | 186! | 184! | 129! | 673! | ***** |
| ! 187! | 4! | 183! | 185! | 35! | 708! | *** |
| ! 186! | 4! | 180! | 182! | 35! | 743! | *** |
| ! 185! | 3! | 169! | 163! | 25! | 769! | ** |
| ! 184! | 3! | 173! | 181! | 25! | 794! | ** |
| ! 183! | 2! | 178! | 2! | 19! | 813! | ** |
| ! 182! | 2! | 159! | 176! | 17! | 830! | ** |
| ! 181! | 2! | 136! | 179! | 15! | 845! | * |
| ! 180! | 2! | 175! | 164! | 14! | 859! | * |
| ! 179! | 1! | 177! | 172! | 13! | 872! | * |

Classification sur D à
partir du tableau D x (MP).

| Classes de Mois x Produits | | CA83 | CA85 | GZ80 | FD77 | FD88 | FL84 | FL86 | FL87 |
|----------------------------|--|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|
| Profil moyen | | 20,8% | 4,9% | 10,8% | 28,9% | 13,5% | 7,7% | 6,9% | 6,5% |

NORD, ISERE, MOSELLE, MEURTHE&MOSELLE, VOSGES, ARDECHE, MAYENNE, JURA, HT-RHIN, SEINE-MARIT.

178 CA83 → 14,8%; FL84 → 13,5%.
 FL86 → 13,2%; FL87 → 10,3%.
 FD77 → 15,6%; FL84 → 14,6%.
 FL86 → 15,2%; FL87 → 15,3%.
 C = 19,183

PAS-DE-CALAIS

MARNE, AISNE, OISE, SOMME

169 FL87 → 14,4%.
 C = 2,57
 FD77 < 24,4%
 187
 FL84 → 8,9%; FL86 → 8,6%.
 FL87 → 7,4%.

MEUSE, CHARENTE, DEUX-SEVRES, GARD, ALPES-DE-HTE-PROV., BOUCHES-DU-RHONE.

163 FD77 → 24,4%; FL84 → 10,5%.
 FL86 → 10,9%; FD88 → 11,4%.
 C = 3,5%
 185
 FL84 → 5,9%.
 FL86 → 8,6%, FL87 → 7,4%.

TER. DE BELFORT, HTE-SAVOIE, BAS-RHIN

175 FD77 → 34,4%; CA83 → 15,4%; FD88 → 19,4%.
 FL86 → 14,4%; FL87 → 17,4%.
 180
 FD77 → 34,4%; GZ80 < 9,6%.
 FD77 → 34,4%; FL87 < 4,2%.
 GZ80 → 6,5%; FL86 → 3,4%.
 C = 54,4%

SEINE-ST-DENIS, HTS-DE-SEINE, VAL DE MARNE

164 FD77 → 40,5%; CA83 → 14,4%.
 GZ80 → 6,5%; FL86 → 3,4%.
 C = 3,5%
 186
 FD77 → 30,1%.

PARIS, ESSONNE

159 CA83 → 26,4%; FL86 → 3,3%.
 FD88 → 11,4%.
 C = 1,4%
 182
 FD77 → 34,4%; GZ80 → 9,9%.
 CA85 → 4,1%; FD88 → 14,4%.
 GZ80 < 9,2%; CA85 < 4,5%.
 FL86 < 6,5%.
 188
 FL84 → 5,5%.
 FL86 < 4,6%.
 FL87 → 4,5%.

SEINE&MARNE, EURE, ARDENNES, AUBE, CHER, TARN YVELINES, VAL D'OISE, SAVOIE, RHONE, LOIRE, DOUBS

176 FD77 → 34,4%; GZ80 → 9,9%.
 CA85 → 4,1%; FD88 → 14,4%.
 C = 2,5%
 184
 GZ80 < 4,6%; FL87 < 4%.

VAR, PYR., ORINET., PYR. ATLANT., LOT, CORSE, HTES-PYRENEES, ALPES-MARITIMES.

173 CA83 → 34%; CA85 → 9,9%.
 FL84 → 2,2%; FL86 → 2,2%; FL87 → 1,5%.
 C = 2,5%
 184
 GZ80 → 9,4%; FL84 → 3,3%.
 FL86 → 3,6%; FL87 → 2,4%.

HTE-MARNE, FINISTERE, MORBIHAN

136 GZ80 → 3,3%.
 FL86 → 3,6%; FL87 → 2,4%.
 C = 2,5%
 184
 GZ80 → 13,5%; CA83 → 23,4%
 181
 GZ80 → 13,3%; FL84 < 5,4%.
 CA85 → 6,3%; FL84 → 5,4%.
 FL86 → 4,6%; FL87 → 4%.

INDRE&LOIRE, ORNE, PUY DE DOME, ALLIER, LOIRE-ATLANT., GIRONDE, CALVADOS, SARTHE, AIN, SAONE&LOIRE, ARIEGE, ILLE&VILLAINE, TARN&GARONNE, LANDES, VAUCLUSE, AUDE, YONNE, HERAULT, HTE-GARONNE, DROME.

177 GZ80 → 13,5%; CA83 → 23,4%
 181
 GZ80 → 13,3%; FL84 < 5,4%.
 CA85 → 6,3%; FL84 → 5,4%.
 FL86 → 4,6%; FL87 → 4%.

LOIRET, EURE&LOIRE, HTE-SAONE, LOIR&CHER, COTE D'OR, DORDOGNE, MAINE&LOIRE, HTE-VIENNE, NIEVRE, LOZERE, INDRE, CORREZE, CREUSE, AVEYRON, CANTAL, VENDEE, GERS, COTES-DU-NORD, VIENNE, CHAR. -MARIT., LOT&GARONNE,

172 FL84 → 3,2%; FL86 → 2,4%.
 FL87 → 2,16%.
 C = 4,3%
 179
 GZ80 → 13,3%; FL84 < 5,4%.
 FL86 < 4,6%; FL87 < 4%.

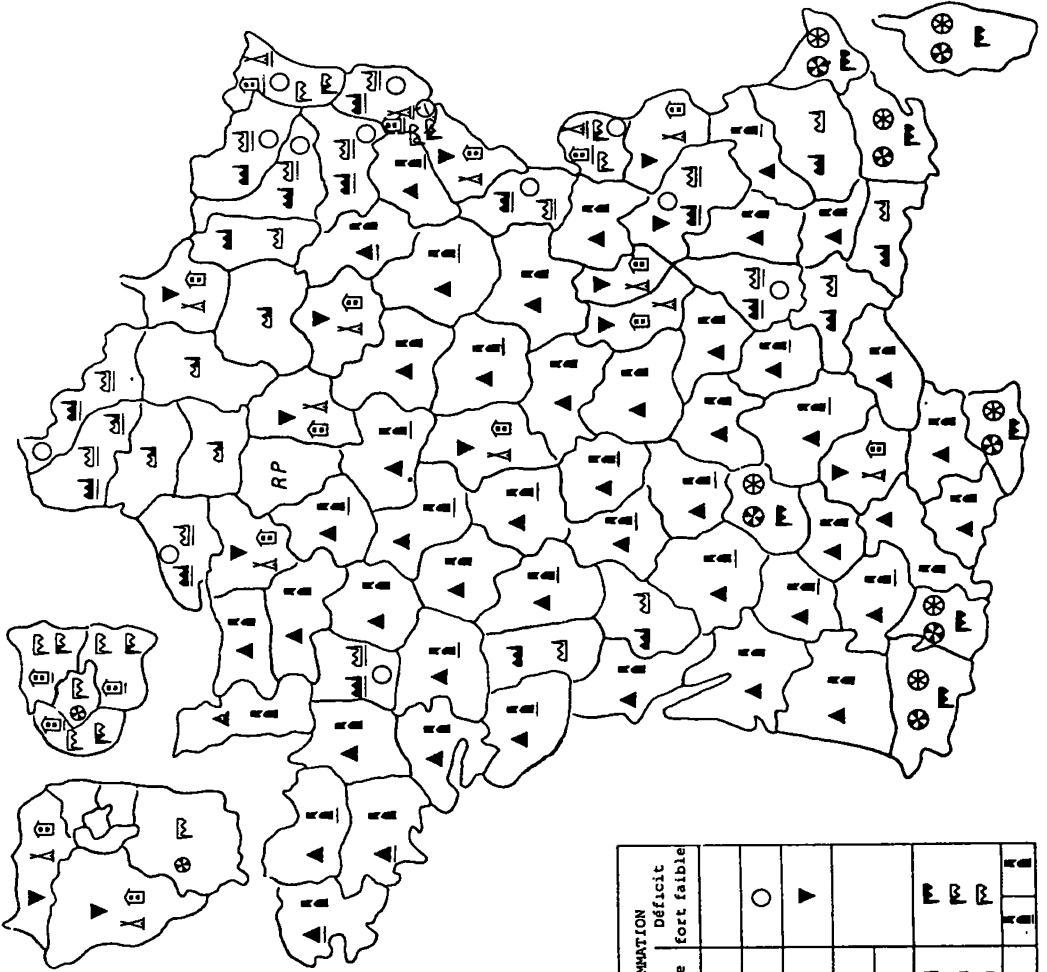
2.2.2. Représentation cartographique

Pour donner une vue d'ensemble de la classification, on a représenté cartographiquement les 12 classes de la partition retenue sur les départements en leur associant des symboles faciles à interpréter.

La carte traduit les excédents et les déficits de la consommation mensuelle (moyenne sur la période 72/81 des départements par rapport au profil moyen (consommation totale en France). Les symboles sont différenciés qualitativement et quantitativement; Toutefois, il convient de noter que pour rendre compte du fuel lourd tout au long de l'année, plutôt que de juxtaposer 3 symboles couvrant la période intéressée, on a choisi de les remplacer par un seul.

Autant que faire se peut, des symboles figuratifs ont été attribués aux quatre produits pétroliers. Leurs tonalités claires et foncées correspondent aux périodes d'été et d'hiver, et les symboles à la fois sombres et clairs sont utilisés pour illustrer les saisons de transition.

La région parisienne, laissée en blanc sur la carte principale et désignée par les lettres RP, se trouve détaillée par deux cartons annexes extérieurs à deux échelles différentes.



Consommations mensuelles des produits pétroliers 1972-1981

| PRODUITS | MOIS | CONSUMATION | |
|-----------------|------------------|---------------|---------------------|
| | | Excédent fort | Déficit fort faible |
| CARBURANT-AUTO | Juillet et août | ⊗ | |
| | Septembre...juin | ⊕ | ○ |
| GAZOL | Toute l'année | ▲ | ▼ |
| | Novembre...avril | ◻ | |
| FUEL DOMESTIQUE | Mai...octobre | ▲ | ▼ |
| | Janvier...avril | ◻ | |
| FUEL LOURD | 4e trimestre | ◻ | ◻ |
| | Mai...septembre | ◻ | ◻ |
| | Toute l'année | ▲ | ▼ |