

UTILISATION DE LA NOTION DE DISTANCE DANS LA MESURE DU NIVEAU DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUE

A. DRAMAIS
Aspirant du F.N.R.S.

1. Introduction

1.1. Les études portant sur un ensemble d'unités macro - ou micro-économiques (pays, régions, secteurs industriels, filiales, etc.) soulèvent fréquemment le problème du classement de ces unités, en fonction de leur niveau de développement ou de leurs réalisations au cours d'une période donnée. Or, dans la plupart des cas, l'obtention d'un classement significatif implique la prise en compte de facteurs socio-économiques très divers (Produit national, régional ou sectoriel, productivité du travail et/ou du capital, chiffre d'affaire, indicateurs de niveau de vie, etc.). Il est dès lors nécessaire de combiner ces facteurs dans un indice global de développement ou de réalisation dont le niveau déterminera la position respective des unités économiques considérées.

1.2. Le calcul d'un tel indice entraîne toutefois certaines difficultés que nous évoquerons brièvement ci-dessous.

Tout d'abord, les indicateurs de développement évoqués ci-dessus étant exprimés en unités différentes, leurs niveaux absolus ne sont pas comparables et l'indice de développement devra être construit en considérant leurs écarts relatifs par rapport au niveau qu'ils atteignent dans une unité économique réelle ou fictive prise comme base de référence.

En outre, les indicateurs ne sont en général pas indépendants l'un de l'autre, de sorte que le niveau atteint par un indicateur X_j s'expliquera en partie par le niveau d'un autre indicateur X_i . Seule la contribution propre de X_j devra donc être retenue dans le calcul de l'indice, sous peine de compter deux fois l'influence de X_i .

De même, il conviendra de tenir compte de la variance des indicateurs, l'écart existant entre deux unités économiques, relativement à l'indicateur X_j , étant d'autant plus significatif que la variance de X_j est faible.

Enfin, l'indice devra être suffisamment logique pour être acceptable. Ainsi, les divers indicateurs devront être classés par ordre d'importance et pondérés : il est manifeste, par exemple, qu'on ne peut attribuer la même

influence dans un classement de pays ou de régions au revenu par tête et au nombre de téléphones par habitant. Il sera également souhaitable que le calcul de l'indice reste relativement simple et que le classement obtenu soit suffisamment stable par rapport à de faibles modifications des indicateurs.

1.3. Dans cette étude, nous proposons une méthode de calcul d'indice de développement qui s'inspire des travaux de Branislav Ivanovic [1] sur le classement des 107 districts de la Yougoslavie (a). Nous y avons apporté certaines modifications qui nous semblent de nature à permettre une meilleure prise en compte des effets spécifiques de chaque indicateur.

Nous avons retenu, comme exemple d'application, le classement par niveau de développement des pays d'Amérique latine, les données nécessaires étant immédiatement disponibles. Nous espérons toutefois qu'en dehors de son intérêt propre, cet exemple serve surtout à illustrer les possibilités offertes par la méthode, principalement dans le domaine microéconomique. Nous pensons en particulier aux problèmes d'évaluation des résultats obtenus par un ensemble d'agences bancaires, de filiales ou de points de vente.

2. Notations

Nous désignerons par :

- P_i le i^{e} pays P_0 le pays de base
- X_j le j^{e} indicateur de développement
- X_{ij} le niveau absolu du j^{e} indicateur dans le i^{e} pays
- X_{0j} = minimum X_{ij} le niveau du j^{e} indicateur dans le pays de base
- \bar{X}_{ij} = $X_{ij} - X_{0j}$ le niveau relatif du j^{e} indicateur dans le i^{e} pays
- w_j l'écart-type de X_j
- r_{jk} le coefficient de corrélation totale entre X_j et X_k
- $r_{jk, 2, \dots, n}$ le coefficient de corrélation partielle entre X_j et X_k
- $R_j (1, 2, \dots, n)$ le coefficient de corrélation multiple entre X_j et l'ensemble des $n-1$ autres indicateurs
- I_i l'indice de développement du i^{e} pays

(a) Ce classement avait pour but de fournir un critère objectif d'orientation de la planification régionale.

3. Propriétés

3.1. Nous reprendrons dans cette section la formalisation mathématique des propriétés que doit posséder un bon indice de développement [(cf. Ivanovic (1))].

3.2. Ces propriétés sont au nombre de treize et visent à assurer l'unicité de la solution et à vérifier les conditions énumérées dans l'introduction.

1°) *Commutativité* : la distance D entre un pays k et un pays r doit être telle que $D(r, k) = D(k, r)$

2°) *Non négativité* : $D(r, k) \geq 0$

3°) *Fonction homogène des d_{ij}* : $D(r, k) = 0$ si et seulement si les d_{ij} sont nuls pour tout j .

4°) *Condition du triangle* : $D(r, k) + D(k, s) \geq D(r, s)$

5°) *D fonction croissante des d_{ij}* : $(\delta D / \delta d_{ij}) \geq 0$ pour tout j

6°) *Condition d'assymétrie* : les indicateurs de développement doivent être classés par ordre d'importance et l'indice construit de telle manière que toute diminution de l'importance d'un indicateur amène une modification de l'indice.

7°) *Condition de variabilité* : les d_{ij} doivent être pondérés de manière que leur contribution à l'indice I_i soit inversement proportionnelle à la variance (ou l'écart-type) des X_j . Les d_{ij} interviendront donc dans la formule sous la forme d_{ij}/w_j .

8°) *Condition de dépendance stochastique* : si deux indicateurs X_j et X_k sont stochastiquement dépendants (r_j compris entre zéro et un), la contribution du k^{me} indicateur doit être diminuée de la part de l'effet discriminatoire qu'il a en commun avec le j^{me} , mesurée par $d_{jk} \cdot rkj$

9°) *Condition d'indépendance* : si tous les indicateurs sont mutuellement indépendants ($rk_j = 0$ pour tout j et pour tout k), l'indice est simplement égal à $\sum_j (d_{ij}/w_j)$

10°) *Condition de dépendance fonctionnelle* : si tous les rk_j sont égaux à 1 ($k, j < k = 1, \dots, n$), l'indice se réduit à son premier terme d_{i1}/w_1 .

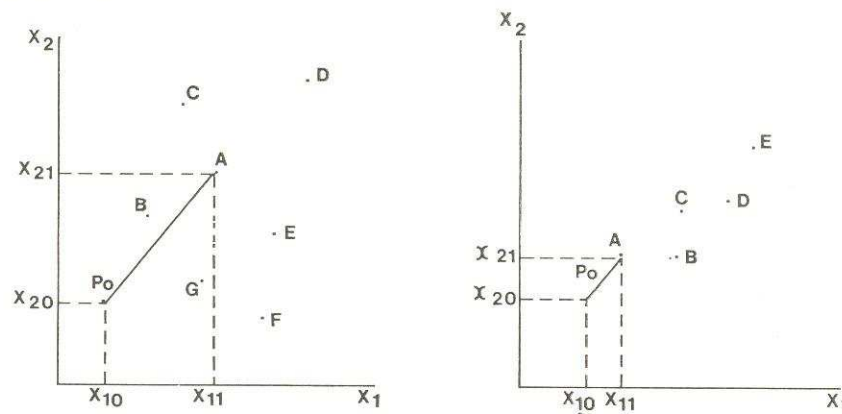
11°) *Si deux groupes d'indicateurs sont mutuellement indépendants* ($rk_j = 0$ pour $j = 1, 2, \dots, k$ et $k = k + 1, \dots, n$), l'indice construit à partir des n indicateurs $I_i(n) = I_i(k) + I_i(n - k)$

12°) *Choix de la base* : si l'on construit deux pays de base P_0^+ et P_0^- dont les indicateurs sont $x_{i0}^+ = \max_i x_{ij}$ et $x_{i0}^- = \min_i x_{ij}$ et si l'on note les indices I_i^+ et I_i^- , dans ce cas, pour deux pays quelconques k et r nous

aurons que en valeur absolue $(I_k - I_r^-) = (I_k^+ - I_r^+)$. En d'autres termes, le choix de la base est sans effet sur la position relative des pays.

13°) Si l'on prend un $n + 1^e$ indicateur après avoir calculé $I(n)$, il sera souhaitable que $I_i(n + 1)$ soit égal à $I_i(n) +$ une quantité traduisant l'influence du $n + 1^e$ indicateur, ceci afin d'éviter de devoir recommencer tous les calculs.

3.3. Mathématiquement, la méthode d'Ivanovic s'appuie sur la notion de distance. En effet, si nous considérons n indicateurs formant un espace à n dimensions, chaque pays peut se représenter par un point dans cet espace et, en choisissant une base appropriée, il est possible de définir la position relative des pays d'après la distance qui les sépare de la base. Toutefois, la distance géométrique n'est pas satisfaisante comme le montrent les exemples ci-dessous.



Supposons n'avoir que 2 indicateurs X_1 et X_2 . La distance du pays A à la base P_0 est donnée par la formule :

$$D = \sqrt{(X_{11} - X_{10})^2 + (X_{21} - X_{20})^2}$$

On voit que cette formule satisfait les propriétés 1, 2, 3, 4, 5, 12, 13 mais non les autres. Or, si nous considérons la figure 2 traduisant une relation linéaire entre X_2 et X_1 , la différence $(x_{21} - x_{20})$ sera une conséquence directe de $(x_{11} - x_{10})$ et la distance D sera exagérée (cf. propriétés 8, 9, 10) d'où l'introduction de coefficients de corrélation dans la formule (cf. infra, 5).

3.4. La notion de distance peut donc s'utiliser pour mesurer les niveaux de développement économique, à condition toutefois d'aménager la formule

en conséquence. L'utilisation de cette notion dans les raisonnements économétriques n'a d'ailleurs rien d'exceptionnel; ainsi la méthode des moindres carrés ne fait rien d'autre que de minimiser la somme des distances des points observés aux points ajustés. En outre, une méthode plus raffinée, celle des moindres carrés généralisée, introduit également des termes correctifs dans la formule classique pour tenir compte de l'autocorrélation des termes erreurs (cf. Johnston, (7), chap. VII).

3.5. La méthode d'Ivanovic présente toutefois un inconvénient : l'interprétation des résultats est assez délicate. En effet, si elle permet de classer les pays selon leur niveau de développement, il est difficile de se représenter la signification des écarts entre pays, contrairement à ce qui se produit quand on ne compare que les P.N.B. par tête, par exemple.

D'autre part, l'introduction d'indicateurs monétaires pour des comparaisons inter-pays pose des problèmes de conversion et de comparaisons de pouvoirs d'achat (a).

4. Champ d'application

4.1. Notre étude portera sur 24 pays d'Amérique latine, choisis en fonction des disponibilités en matériel statistique parmi ceux formant la zone C4 du modèle Megistos, élaboré par le Département d'Economie Appliquée de l'Université Libre de Bruxelles (cf. E.S. Kirschen, [2]) et qui se répartissent comme suit :

Amérique du Sud (11 pays) : Argentine, Bolivie, Brésil, Colombie, Chili, Equateur, Guyane, Paraguay, Pérou, Surinam, Uruguay.

Amérique Centrale et Antilles (13 pays) : Barbade, Costa-Rica, El Salvador, Guatemala, Haïti, Honduras, Jamaïque, Mexique, Nicaragua, Panama, Porto-Rico, République Dominicaine, Trinidad et Tobago.

4.2. Les indicateurs de développement choisis sont au nombre de six et sont relatifs à l'année de base du modèle, soit 1960.

X₁ Produit intérieur brut par tête, en dollars E.U. (U.N., 3 et 4).

X₂ Produit intérieur brut, au coût des facteurs, de l'industrie, par tête de population économiquement active dans l'industrie, en dollars E.U. (U.N. 3 et 4).

X₃ Produit intérieur brut, au coût des facteurs, de l'agriculture, par tête de population économiquement active dans l'agriculture, en dollars E.U. (U.N. 3 et 4).

(a) Ce problème n'a pas été rencontré par Ivanovic, dont l'étude porte sur le classement des 107 districts de la Yougoslavie.

- X_4 Nombre de voitures de tourisme par 1.000 habitants (U.N. 5).
 X_5 Nombre de téléphones par 1.000 habitants (U.N. 5).
 X_6 Consommation d'énergie par habitant, en kg équivalent charbon (U.N. 5).

Le premier indicateur donne une idée du niveau de performance global de l'économie, les deuxième et troisième une mesure de la productivité du travail dans l'industrie et l'agriculture, les quatrième et cinquième une idée du niveau de vie de la population et le sixième une appréciation sur le degré de technicité de l'économie.

Les données exprimées en dollars ont été converties sur base de taux de change corrigés pour tenir compte des pouvoirs d'achats effectifs des monnaies considérées (E.C.L.A. 6).

4.3. Le pays de base a été construit en lui attribuant la valeur la plus faible de chaque indicateur de développement. Les indicateurs n'intervenant dans la formule que par leurs écarts par rapport à la base, l'indice vaudra zéro pour le pays de base et sera d'autant plus supérieur à zéro que le pays étudié est plus développé.

5. Formules de l'indice de développement

5.1. L'indice de développement d'Ivanovic I_1 s'obtient par la formule :

$$I_1 = d_{i1/w_1} + (d_{i2/w_2}) (1 - r_{21}) + (d_{i3/w_3}) (1 - r_{31}) (1 - r_{32}) + \dots \\ + (d_{i6/w_6}) (1 - r_{61}) \dots (1 - r_{65}) \quad (a)$$

On voit aisément que cette formule répond aux conditions posées dans l'introduction : la contribution de chaque indicateur, d_{ij} , est inversement proportionnelle à son écart-type, l'introduction des coefficients de corrélation élimine l'effet des interdépendances et les produits $(1 - r_{n1}) (1 - r_{n2}) \dots (1 - r_{n, n-1})$, qui sont de plus en plus petits à mesure que le nombre de termes augmente, jouent le rôle de coefficients de pondération.

5.2. Toutefois, il nous est apparu que l'indice d'Ivanovic, en utilisant les coefficients de corrélation totale, sous-estimait l'influence des derniers X_j .

Considérons par exemple le produit $(1 - r_{31}) (1 - r_{32})$. Le niveau atteint par le coefficient r_{32} s'explique en partie par la dépendance effective de X_3 envers X_2 mais aussi par le fait que X_3 et X_2 dépendent tous deux d'un même troisième, X_1 .

(a) Dans cette formule, nous avons posé $r_{34} = 0$. En effet, la valeur du coefficient de corrélation entre X_5 (téléphones) et X_4 (voitures) n'a aucune signification et résulte uniquement de ce que X_5 et X_4 dépendent tous deux des autres X_j .

En conséquence, dans le produit $(1 - r_{31}) (1 - r_{32})$, la dépendance de X_3 envers X_1 est comptée deux fois et la contribution de X_3 au niveau de développement global en est sous-estimée.

C'est pourquoi nous jugeons préférable de remplacer le coefficient de corrélation totale r_{32} par le coefficient de corrélation partielle $r_{32.1}$ qui nous donne la dépendance de X_3 envers X_2 , après élimination de l'influence de X_1 .

Le raisonnement s'étendant aux autres termes de la formule, celle-ci devient :

$$I'_1 = d_{i1/w_1} + (d_{i2/w_2}) (1 - r_{21}) + (d_{i3/w_3}) (1 - r_{31}) (1 - r_{32.1}) + \dots \\ + (d_{i6/w_6}) (1 - r_{61}) (1 - r_{62.1}) \dots (1 - r_{65.1234})$$

5.3. Les distorsions évoquées ci-dessus pourraient également être évitées en utilisant les coefficients de corrélation multiple qui mesurent la dépendance entre X_j et l'ensemble des autres indicateurs, ce qui nous donne :

$$I''_1 = d_{i1/w_1} + (d_{i2/w_2}) (1 - r_{21}) + (d_{i3/w_3}) (1 - R_{3(12)}) + \dots \\ + (d_{i6/w_6}) (1 - R_{6(12345)})$$

5.4. Les formules I' et I'' ont les mêmes propriétés que celles d'Ivanovic. Toutefois, elles entraînent un allongement des calculs. En outre, les termes

$$(1 - R_{n(1,2,\dots,n-1)})$$

étant plus grands que les termes

$$(1 - r_{n1}) (1 - r_{n2.1}) \dots (1 - r_{n,n-1,1,2,\dots,n-2})$$

I'' donne plus de poids aux indicateurs considérés comme les moins importants, ce qui pourrait améliorer exagérément la position de certains pays.

6. Résultats

6.1. Les indices résultant des formules ci-dessus n'étant pas très « parlants », nous avons adopté la procédure suivante :

1°) nous avons construit un pays fictif P^* en lui attribuant la valeur la plus élevée de chaque indicateur de développement.

Son indice I^* correspondra donc à celui d'un pays qui serait le plus développé dans tous les domaines;

2°) nous avons pris I^* comme base pour exprimer les autres indices, par la formule $(I_i/I^*) \cdot 100$. Nous avons ainsi obtenu une série d'indices de base 100 ce qui facilite la lecture des tableaux.

A titre d'information, nous avons indiqué également les indices obtenus par la méthode de Frechet (citée par Ivanovic [1]), soit :

$$F_i = d_{i1/w_1} + d_{i2/w_2} + \dots + d_{i6/w_6},$$

qui ne tient pas compte des dépendances entre indicateurs, ceci afin de faire apparaître les distorsions qui en résultent.

6.2. Les pays sont classés dans le tableau I ci-après par niveau de développement en ordre décroissant, suivant l'indice d'Ivanovic I_i . Nous avons indiqué en parallèle le niveau des indices I'_i , I''_i et F_i avec, dans les colonnes G/P le nombre de places gagnées ou perdues par le pays considéré.

Nous avons indiqué également la valeur moyenne des indices I , I' , I'' et F , calculés d'après les valeurs moyennes des indicateurs.

6.3. Les tableaux II, III et IV montrent les modifications de la position relative des pays selon que l'on utilise 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 indicateurs. L'indice d'Ivanovic supprime pratiquement l'effet des quatre derniers indicateurs, ce phénomène étant d'autant plus marqué que les corrélations entre indicateurs sont élevées. D'autre part, les réserves que nous émettons au point 5.4. sur l'utilisation des coefficients de corrélation multiple nous paraissent justifiées si l'on considère le gain de trois places qu'ils accordent à la Barbade. Or, ce pays a un P.I.B. par tête très moyen et des niveaux de productivité industrielle et agricole particulièrement médiocres. Par contre, le nombre de voitures et de téléphones par 1.000 habitants y est très élevé. Ces facteurs ont évidemment un rôle à jouer dans la détermination de l'indice mais celui que leur attribue la formule I'' nous paraît excessif.

7. Autres approches

7.1. Mahalanobis (cité par Ivanovic [1]) utilise une formule de distance différente de celle d'Ivanovic et qui s'écrit :

$$D^2 = \sum_i \sum_j w^{ij} d_i d_j$$

où les w sont les éléments de la matrice inverse de variance-covariance.

Cette formule demande des calculs plus complexes que celle d'Ivanovic puisqu'elle recourt à une inversion de matrice. En outre, la propriété 13 n'est

Tableau I — Indices de développement

Pays	I _i	I _i '	G/P	I _i ''	G/P	F	G/P
1. Porto-Rico	100,0	100,0	—	100,0	—	100,0	—
2. Trinidad et Tobago	97,3	97,1	—	96,6	—	86,9	—
3. Argentine	80,9	79,9	—	79,0	—	81,6	—
4. Uruguay	77,4	75,1	—	73,0	—	65,6	—
5. Chili	66,5	64,7	—	62,7	—	54,7	—
6. Jamaïque	56,7	52,4	—	48,6	—	34,9	—
7. Mexique	43,5	41,8	—	40,5	—	30,4	— 2
8. Panama	42,9	40,3	—	38,3	—	33,0	+ 1
9. Costa-Rica	38,7	37,2	—	36,0	— 1	29,9	— 1
10. Surinam	35,2	34,1	—	33,2	— 1	25,0	— 2
11. Barbade	31,9	30,4	— 1	29,1	— 2	20,8	— 3
12. Guyane	31,5	33,8	+ 1	36,4	+ 3	32,4	+ 4
13. Colombie	30,2	30,2	—	29,9	+ 1	28,2	+ 2
14. Pérou	25,1	23,9	—	22,7	—	22,1	+ 1
15. Brésil	23,8	22,4	—	21,2	—	19,8	—
16. Guatémala	18,0	17,2	—	16,8	—	15,1	—
17. Equateur	17,49	16,6	—	15,7	—	10,8	—
18. Paraguay	16,1	16,0	—	14,8	—	10,4	— 1
19. Nicaragua	15,5	14,8	—	13,7	— 1	9,6	— 1
20. République dominicaine	11,8	11,1	— 1	14,2	+ 1	10,6	+ 2
21. El Salvador	11,6	11,6	+ 1	10,4	— 1	8,3	— 1
22. Honduras	10,8	10,1	—	11,6	+ 1	8,8	+ 1
23. Bolivie	6,2	6,0	—	9,5	—	8,0	—
24. Haïti	0,4	0,3	—	5,8	—	5,7	—
	32,9	31,6	—	0,3	—	0,4	—
				30,6		25,5	

Position relative des 24 pays selon que l'on utilise 1, 2, 3, 4, ou 6 indicateurs

TABLEAU II — Indice d'Ivanovic

1. Porto-Rico	_____	Porto-Rico
2. Argentine	_____	Trinidad
3. Trinidad	_____	Argentine
4. Uruguay	_____	Uruguay
5. Chili	_____	Chili
6. Jamaïque	_____	Jamaïque
7. Mexique	_____	Mexique
8. Panama	_____	Panama
9. Surinam	_____	Costa-Rica
10. Costa-Rica	_____	Surinam
11. Barbade	_____	Barbade
12. Guyane	_____	Guyane
13. Colombie	_____	Colombie
14. Pérou	_____	Pérou
15. Guatémala	_____	Brésil
16. Equateur	_____	Guatémala
17. Brésil	_____	Equateur
18. Nicaragua	_____	Paraguay
19. Paraguay	_____	Nicaragua
20. El Salvador	_____	Rép. Dominicaine
21. Rép. Dominicaine	_____	El Salvador
22. Honduras	_____	Honduras
23. Bolivie	_____	Bolivie
24. Haïti	_____	Haïti

TABLEAU III — Indices corrigés I'

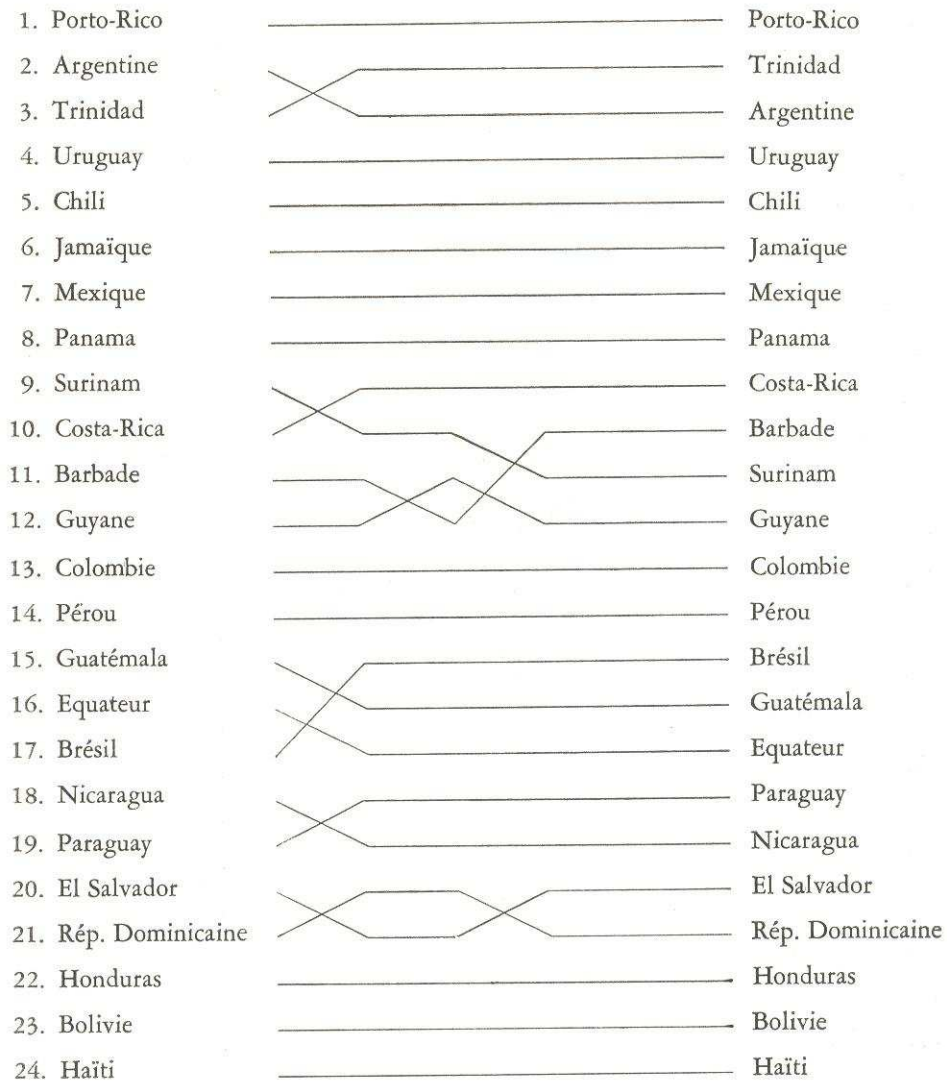
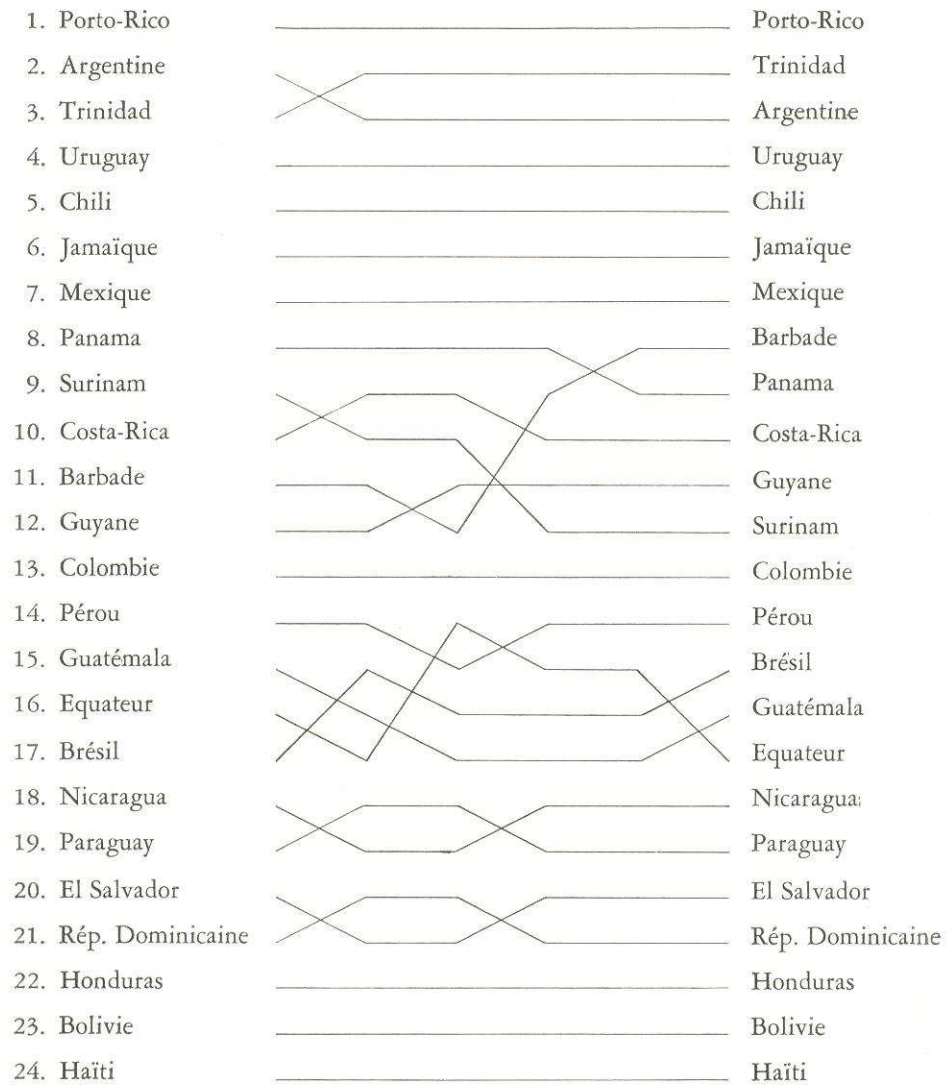


TABLEAU IV — Indices corrigés I''



plus satisfaite : l'adjonction d'un nouvel indicateur implique la révision de la majorité des calculs. En effet, l'adjonction d'une ligne et d'une colonne à la matrice de variance-covariance modifie tous les termes de la matrice inverse. D'autre part, cette formule ne vérifie pas les propriétés 4, 5 et 6, ce qui est susceptible d'entraîner des distorsions.

7.2. Les autres méthodes ne font pas appel à la notion de distance et classent le plus souvent les pays d'après le niveau du P.N.B. (ou bien du revenu national) par tête, le problème étant de trouver un moyen d'exprimer ces grandeurs en une unité monétaire commune en évitant les distorsions dues à l'emploi des taux de change officiels. Les études en la matière sont fort nombreuses (a) et peuvent se classer en trois grands groupes : 1°) celles qui effectuent des comparaisons quantitatives dans le cadre de la comptabilité nationale;

2°) celles qui sont basées sur des comparaisons internationales de niveau de prix;

3°) celles qui utilisent des indicateurs non monétaires.

Comme exemple du premier type, nous citerons l'étude bien connue de M. Gilbert et Ass. [9] qui construit des indices de P.N.B. par tête (ou de consommation privée par tête) pour 8 pays européens, les U.S.A. étant pris comme base. L'indice obtenu est un indice de quantité pondéré soit par les prix moyens européens soit par les prix U.S.

Dans le deuxième groupe, l'étude de l'Economic Commission for Latin America [6] construit un indice de prix pondéré par un « panier » de biens censés procurer le même bien-être dans tous les pays étudiés, le coût du panier permettant d'évaluer le pouvoir d'achat de la monnaie du pays et par conséquent d'obtenir un taux de change représentatif.

Ces deux études souffrent des difficultés inhérentes à la construction d'indices. Ainsi, dans l'étude de M. Gilbert, le choix de l'une ou l'autre des pondérations conduit à des indices de P.N.B. sensiblement différents. En outre, le choix des biens à incorporer dans le panier est rendu assez complexe par les différences de qualité, de structure de consommation,...

W. Beckerman [8], quant à lui, cherche à établir une relation fonctionnelle (linéaire, semi-logarithmique, bi-logarithmique,...) entre la consommation « réelle » par tête d'une part, et une série d'indicateurs non monétaires

(a) BECKERMAN (8) en cite vingt et une.

d'autre part (a). Cette méthode suppose que l'on dispose au préalable d'une série suffisante de consommation réelle, de manière à pouvoir construire les droites de régression. Or, ces données ne concernent pratiquement que des pays développés. L'utilisation des équations pour prédire la consommation par tête de pays sous-développés paraît donc peu sûre.

En outre, les corrélations entre variables explicatives posent des problèmes d'estimation considérables et, en fait, W. Beckerman n'a jamais pu utiliser simultanément plus de deux ou trois indicateurs sur les huit qu'il avait retenus.

8. Conclusions

8.1. La méthode d'Ivanovic permet de tenir compte de plus d'éléments dans la détermination du niveau de développement que ne le font les méthodes citées ci-dessus, mais son interprétation est plus délicate : chacun peut se représenter ce qui signifie un écart de 100 dollars dans les P.N.B. ou les consommations par tête, mais le fait que l'indice d'Ivanovic soit de 0,4 pour Haïti et de 97,3 pour Porto-Rico ne signifie pas que l'un est 240 fois plus développé que l'autre.

8.2. Pour ce qui concerne l'Amérique latine, les indices de développement montrent toutefois fort bien les profondes divergences qui existent entre les niveaux de développement des pays qui la constituent. La position des deux premiers, Porto-Rico et Trinidad s'explique par des facteurs très particuliers : relation avec les U.S.A. pour le premier, industrie pétrolière pour le second. Si l'on considère les pays les plus importants, on peut distinguer deux grands groupes :

- 1°) l'Argentine, l'Uruguay et le Chili qui jouissent d'un niveau de développement relativement élevé et dont se rapproche le Mexique.
- 2°) la Colombie, le Pérou et surtout le Brésil qui figurent parmi les pays les moins développés de la zone.

La situation d'ensemble de l'Amérique latine paraît donc peu favorable, la majorité de la population se trouvant dans les pays les moins développés. Le niveau médiocre de la moyenne traduit d'ailleurs bien le manque de développement de l'ensemble.

(a) Consommation d'acier, de ciment, nombre de téléphones, ..., par habitant.

ANNEXE

Tableau I. Valeur moyenne et écart-type des indicateurs

Indicateurs	Unités	Moyennes	Ecart-type
1. P.I.B. par tête	dollars	293	156
2. P.I.B. de l'industrie par tête de population économiquement active dans l'industrie	dollars	1.355	578
3. P.I.B. de l'agriculture par tête de population économiquement active dans l'agriculture	dollars	332	251
4. Nombre de voitures de tourisme par 1.000 habitants	voitures	11	8
5. Nombre de téléphones par 1.000 habitants	téléphones	20	16
6. Consommation d'énergie par habitant	kilos équivalent charbon	565	341

Tableau II. Matrice de corrélation totale

	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆
X ₁	1	0,8794	0,9246	0,8299	0,8684	0,9093
X ₂		1	0,7521	0,8300	0,6572	0,9765
X ₃			1	0,7466	0,9387	0,7649
X ₄				1	0,7019*	0,8063
X ₅					1	0,6960
X ₆						1

* Posé égal à zéro dans la formule (cf. supra 4.1).

Tableau III. Corrélations partielles

$r_{32.1} = 0,3363$	$r_{43.12} = 0,3341$	$r_{54.123} = 0,0833^*$	$r_{65.1234} = 0,2935$
$r_{42.1} = 0,3773$	$r_{53.12} = 0,6741$	$r_{65.123} = 0,2963$	
$r_{52.1} = 0,4511$	$r_{63.12} = 0,4276$		
$r_{62.1} = 0,8929$			

* Posé égal à zéro dans la formule (cf. supra 4.1).

Tableau IV. Corrélations multiples

$$R_{3(12)} = 0,9335$$

$$R_{5(123)} = 0,9472$$

$$R_{4(123)} = 0,8561$$

$$R_{6(12345)} = 0,9987$$

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Branislav IVANOVIC : « Classification of underdeveloped areas according to level of Economic Development », *Mathematical Studies in Economics and Statistics in the U.S.S.R. and Eastern Europe*, Spring 1965, vol. 1, n° 3.
- [2] E.S. KIRSCHEN : « Vers un modèle prévisionnel mégisto-économique ». *Cahiers Economiques de Bruxelles*, n° 16, octobre 1962.
- [3] UNITED NATIONS : *Yearbook of National Accounts Statistics 1965* — U.N., New York, 1966.
- [4] UNITED NATIONS : *Demographic Yearbook 1965* — U.N., New York, 1966.
- [5] UNITED NATIONS : *Statistical Yearbook 1965* — U.N., New York, 1966.
- [6] E.C.L.A. : « A measurement of price levels and the purchasing power of currencies in Latin America, 1960-62 », *Economic Bulletin for Latin America*, vol. VIII, n° 2, octobre 1963.
- [7] J. JOHNSTON : « *Econometric Methods* », Kogakusha Company, Ltd, Tokyo, s.d.
- [8] W. BECKERMAN : « *Comparaisons internationales du revenu réel* ». O.C.D.E., Paris, 1966.
- [6] M. GILBERT and Ass. : « *Comparative National Products and Price Levels* », O.C.D.E., Paris, 1958.