

# JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ STATISTIQUE DE PARIS

JEAN-JACQUES BOULANGER

## Remarques sur la croissance de la productivité de la main-d'œuvre

*Journal de la société statistique de Paris*, tome 118, n° 3 (1977), p. 234-240

[http://www.numdam.org/item?id=JSFS\\_1977\\_\\_118\\_3\\_234\\_0](http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1977__118_3_234_0)

© Société de statistique de Paris, 1977, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Journal de la société statistique de Paris » (<http://publications-sfds.math.cnrs.fr/index.php/J-SFdS>) 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/>

## REMARQUES SUR LA CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ DE LA MAIN-D'ŒUVRE

Jean-Jacques BOULANGER

*Dans cette étude l'auteur analyse l'évolution du taux d'accroissement de la productivité de la main-d'œuvre depuis 25 ans, estime sa valeur la plus probable pour la période 1977-1980 et essaie de le décomposer selon ses principaux éléments.*

*In this study the author analyses the evolution of the rate of increase of the productivity of the manpower since 25 years. He estimates its most probable value for the 1977-1980 period and tries to break it up according to its main parts.*

*In dieser Studie analysiert der Verfasser am Hand von Prozentsätzen die Entwicklung der Produktivität der nicht spezialisierten Arbeiter für die letzten 25 Jahre. Davon ausgehend macht er eine Abschätzung für den wahrscheinlichsten Wert für die kommende Periode für die Jahre 1977 bis 1980 und versucht sie in ihre hauptsächlichsten Elemente zu zerlegen.*

Soient  $Q_0$  la production en volume à l'époque 0,  $Q_\theta$  celle à l'époque  $\theta$ ,  $(MO)_0$  le nombre des heures-ouvrées durant l'année 0,  $(MO)_\theta$  celui relatif à l'année  $\theta$ ,  $\frac{Q_0}{(MO)_0}$  la production par heure-ouvrée à l'époque 0,  $\frac{Q_\theta}{(MO)_\theta}$  celle relative à l'époque  $\theta$ , on a :

$$\frac{Q_\theta}{Q_0} = \frac{\frac{Q_\theta}{(MO)_\theta} \cdot (MO)_\theta}{\frac{Q_0}{(MO)_0} \cdot (MO)_0}$$

Appelons  $\alpha$ ,  $\rho$ ,  $\nu$  les taux d'accroissement instantané de  $Q$ ,  $\frac{Q}{MO}$  et  $MO$ , on a :

$$\frac{Q_\theta}{Q_0} = e^{\alpha\theta}, \quad \frac{\frac{Q_\theta}{(MO)_\theta}}{\frac{Q_0}{(MO)_0}} = e^{\rho\theta}$$

et

$$\frac{(MO)_\theta}{(MO)_0} = e^{\nu\theta}, \quad \text{d'où } \alpha = \rho + \nu$$

De même, si  $\nu'$  et  $\eta$  sont les taux d'accroissement instantané de la population active et de la durée hebdomadaire du travail, on a :  $\nu = \eta + \nu'$ , d'où :  $\alpha = \rho + \eta + \nu'$ .

Cette relation est valable pour un atelier, pour une entreprise, pour une branche économique, pour l'ensemble de l'économie.

Si l'on utilise les taux d'accroissement annuel on peut obtenir rapidement :

$$1 + \alpha_1 = (1 + \rho_1)(1 + \eta_1)(1 + \nu'_1)$$

( $\alpha_1$ ,  $\rho_1$ ,  $\eta_1$  et  $\nu'_1$  étant les taux annuels correspondant à  $\alpha$ ,  $\rho$ ,  $\eta$  et  $\nu'$ ) et comme la plupart du temps  $\eta_1$  et  $\nu'_1$  sont voisins de zéro, on peut vérifier que l'on a :  $\alpha_1 \approx \rho_1 + \eta_1 + \nu'_1$  et admettre que la relation  $\alpha = \rho + \eta + \nu$  est également valable pour les taux d'accroissement annuel. Dans les pages qui suivent la relation  $\alpha = \rho + \eta + \nu'$  concerne l'ensemble des branches marchandes de l'économie.

TABLEAU I

*Valeurs moyennes*

Périodes	$\bar{\alpha}$	$\bar{\rho}$	$\bar{\nu}$	$\bar{\eta}$	$\bar{\nu}'$	$\bar{\rho}'$
1950-1960 . . .	5,0	5,1	-0,1	0,1	-0,2	5,2
1955-1965 . . .	5,25	5,0	0,25	-0,05	0,3	4,95
1961-1971 . . .	5,4	5,15	0,25	-0,35	0,6	4,8
1964-1974 . . .	5,2	5,2	-	-0,6	0,6	4,6
1967-1974 . . .	5,2	5,45	-0,25	-0,85	0,6	4,6

Le tableau I donne les valeurs moyennes de  $\alpha$ ,  $\rho$ ,  $\nu$ ,  $\eta$  et  $\nu'$  pour diverses périodes. La valeur de  $\rho$  est légèrement surévaluée car on a supposé que la durée hebdomadaire du travail dans l'agriculture évoluait comme celle des autres branches marchandes. Si on la suppose constante, la correction est négligeable pour les 3 périodes 1950-1960, 1955-1965, 1961-1971 et ne dépasse pas 0,1 pour les deux autres périodes.

On utilise parfois également le taux d'accroissement  $\rho'$  de la production par personne active. On a alors :  $\rho' = \rho + \eta$  et  $\alpha = \rho' + \nu'$ . Mais  $\rho'$  paraît moins satisfaisant que  $\rho$  pour les raisons suivantes :

1°  $\rho'$  a davantage varié que  $\rho$  entre 1950 et 1974 (tableau I), si l'on excepte la période 1967-1974 (1). Or  $\rho$  et  $\rho'$  étant des résidus obtenus en retranchant  $\nu$  et  $\nu'$  de  $\alpha$ , il est avantageux que ce résidu soit aussi stable que possible.

2° Il n'est pas rationnel de faire entrer dans  $\rho'$ , que l'on ne connaît pas directement, une variable  $\eta$ , que l'on connaît, elle, beaucoup mieux puisqu'elle fait partie des données statistiques. Il vaut mieux séparer le connu de l'inconnu.

1. Il s'agit probablement d'une coïncidence,  $\rho$  croissant pendant que  $\eta$  décroît.

Si l'on reprend le tableau I, on remarquera que la croissance de  $\alpha$  provient principalement de la croissance de  $\varrho$  (ou  $\varrho'$ ). On peut donc dire que c'est l'accroissement de la productivité de la main-d'œuvre qui, presque à lui seul, permet l'accroissement de la production et, compte tenu de l'évolution de la population totale, celui du standard de vie. Par contre, si un accroissement suffisant de la production n'accompagne pas l'accroissement de la productivité de la main-d'œuvre, celui-ci entraîne le chômage. Un taux d'accroissement élevé de la productivité de la main-d'œuvre est en effet « à double tranchant », car plus il est élevé plus le standard de vie augmentera rapidement, mais si la production ne croît pas suffisamment, il en résultera un chômage rapidement important. Et comme  $\varrho$  ne varie que lentement et dépend peu à court terme de la décision des responsables économiques, ce sont  $\eta$  et (principalement)  $\nu'$  qui permettent l'ajustement de l'équation  $\alpha = \varrho + \eta + \nu'$  à un taux de croissance plus ou moins décidé.

TABLEAU II

*Estimation de l'accroissement annuel de la production par heure-ouvrée (en %) par branche pour la période 1977-1980*

Branche $i$	$\varrho_i$
01 Produits de l'agriculture et de la sylviculture . . . . .	5,7
02 Produits des industries agricoles et alimentaires . . . . .	4
03A Combustibles minéraux solides . . . . .	1
03B-04 Gaz distribué, électricité, eau et divers . . . . .	8
05 Gaz naturel et produits pétroliers . . . . .	5
06A Matériaux de construction et céramique . . . . .	7
06B Verre . . . . .	6
07 Minéral de fer et produits de la sidérurgie . . . . .	6,6
08 Minéraux et métaux non ferreux . . . . .	5,4
09A Produits de la première transformation et du travail des métaux . . . . .	5,1
09B Machines et appareils mécaniques . . . . .	3,5
09C Machines et appareils électriques . . . . .	6,4
09D Automobiles, motocycles et cycles . . . . .	4
09E Produits des constructions navale et aéronautique, et armement . . . . .	3,6
10 Produits chimiques et caoutchouc . . . . .	6,1
11A Textiles . . . . .	5,4
11B Habillement . . . . .	4
11C Cuir . . . . .	4,7
12A Produits de l'industrie du bois . . . . .	6,4
12B Pâtes, papiers et cartons . . . . .	5,7
12C Produits de la presse et de l'édition . . . . .	2,7
12D Produits des industries diverses . . . . .	6,5
13 Bâtiment et travaux publics . . . . .	4,5
14A Transports . . . . .	6,8
14B Services de télécommunications . . . . .	6
15 Service du logement . . . . .	3,6
16 Autres services . . . . .	1,9
19 Commerces . . . . .	4
Ensemble . . . . .	4,4

Si l'on se demande comment va évoluer, dans les années qui viennent, le taux d'accroissement de la production par heure-ouvrée, on peut estimer dans une certaine mesure la valeur  $\varrho_i$  du taux d'accroissement annuel de la productivité de la main-d'œuvre dans la branche  $i$  pendant la période 1977-1980 en extrapolant la valeur de  $\varrho_i$  obtenue pour les 8 années de la période 1967-1974 et pour les 29 branches de l'ancienne nomenclature des Comptes de la Nation, ce qui conduit au tableau II.

La valeur de  $\rho$  pour l'ensemble de l'économie française a été obtenue en pondérant les  $\rho_i$  par les effectifs de chaque branche  $i$  en 1974. On obtient ainsi une valeur de  $\rho = 4,4 \%$  (1) inférieure de plus de 10 % au chiffre moyen relatif à la période antérieure à 1974, ce qui s'explique par le fait que, même avant 1974, la productivité de certaines branches avaient commencé de baisser, mais surtout par le fait que l'on ne tient pas compte, dans le calcul, des transferts de population active entre les branches.

Le taux d'accroissement  $\rho$  de la productivité de la main-d'œuvre pour l'ensemble de l'économie marchande est en effet un taux composite que l'on peut, d'une façon simplifiée, décomposer en 4 éléments :

1<sup>o</sup> Le taux d'accroissement  $\rho_1$  de la productivité de la main-d'œuvre lié au progrès technique, qui signifie que les équipements nouveaux permettent une diminution du nombre des heures-ouvrées nécessaires à la fabrication d'un produit déterminé. Ce taux représente la part la plus importante du taux global d'accroissement de la productivité de la main-d'œuvre.

2<sup>o</sup> Le taux d'accroissement  $\rho_2$  de la productivité de la main-d'œuvre lié à l'organisation de la production. Ce taux apparaît lorsque l'on réorganise la production d'une entreprise par la simplification des tâches, la réduction des temps morts, l'amélioration des circuits de la production... Ce taux a pu avoir une certaine importance durant les années 1950, mais on ne doit le considérer que pour mémoire pour les années postérieures à 1960.

3<sup>o</sup> Le taux d'accroissement  $\rho_3$  de la productivité de la main-d'œuvre lié à la diminution de la durée des équipements. A capacité de production égale une durée d'utilisation plus courte des équipements entraîne une part plus importante des équipements les plus récents, donc un accroissement assez important de la productivité de la main-d'œuvre que l'on a chiffré à 0,75 % par an pour la période 1961-1971. Ce chiffre a été déterminé en calculant d'abord le raccourcissement de la durée moyenne d'utilisation des équipements, qui est de l'ordre de 5 ans entre le début 1956 et le début 1966 et de 3 ans entre le début 1966 et le début 1972. Or un raccourcissement de la durée d'utilisation des équipements de 5 ans sur une période de 10 ans entraîne un accroissement de la productivité de la main-d'œuvre de 0,7-0,8 % par an.

4<sup>o</sup> Le taux d'accroissement  $\rho_4$  de la productivité de la main-d'œuvre lié aux transferts de population active entre branches qui provient de ce que, lorsqu'une personne active

1. On peut estimer la précision de  $\rho_{ensemble}$  de la manière suivante : on suppose que l'erreur  $\Delta\rho_i$  sur  $\rho_i$  ne dépasse pas 1 et plus précisément qu'il y a 95 chances sur 100 pour que l'on ait :  $|\Delta\rho_i| < 1$ . Posons  $\Delta\rho_i = \sigma_i t_i$ ,  $t_i$  étant supposé suivre une loi de Gauss réduite (moyenne nulle, dispersion unité). On en déduit  $\sigma_i = 0,5$ . Posons  $\Delta\rho = \sigma t$ ,  $t$  suivant une loi de Gauss réduite. Soit  $N_i$  l'effectif de la branche  $i$  en 1974,  $N$  l'effectif total des branches marchandes on a :

$$N = \sum N_i, N\rho = \sum N_i\rho_i \quad \text{et} \quad N\Delta\rho = \sum N_i\Delta\rho_i$$

d'où :

$$N\sigma = \sum N_i t_i \sigma_i = 0,5 \sum N_i t_i$$

On suppose en outre qu'il n'y a pas d'erreur systématique, donc que toutes les covariances sont nulles ( $E[t_i t_j] = 0$ ). On a dans ce cas comme expression de la variance :

$$E[N^2 t^2 \sigma^2] = 0,25 \cdot E[\sum N_i t_i]^2$$

d'où :

$$N^2 \sigma^2 E[t^2] = N^2 \sigma^2 = 0,25 \cdot \sum N_i^2$$

Le calcul donne :  $\sum N_i^2 = 29,29.10^{12}$  et  $N^2 = 307,6.10^{12}$

d'où :

$$\sigma^2 = 0,0238 \quad \text{et} \quad \sigma = 0,154$$

d'où :

$$4,40 - 0,31 < \rho_{ensemble} < 4,40 + 0,31 \quad \text{donc} : 4,1 < \rho_{ensemble} < 4,7$$

pour un seuil de probabilité de 5 %.

quitte une branche à faible valeur ajoutée par heure-ouvrée pour une branche à valeur ajoutée plus élevée, le Produit intérieur brut par heure-ouvrée augmente, d'où l'apparition de  $\varrho_4$ .

La valeur de  $\varrho_4$  pour la période 1951-1969 a été estimée par J.-J. Carré, P. Dubois et E. Malinvaud dans « La croissance française » à 0,6 % par an. De notre côté nous avons trouvé pour la période 1961-1971 un écart de 0,54 % entre le taux d'accroissement de la production par heure-ouvrée calculé directement pour l'ensemble de l'économie marchande et celui obtenu en pondérant les taux d'accroissement par branche par les effectifs de la main-d'œuvre par branche en 1965. Nous avons pris  $\varrho_4 = 0,6$  % par an pour les années 1961-1971. D'autre part on a obtenu pour la période 1967-1974 une valeur  $\varrho_4 = 0,67$  %. Nous avons pris 0,65 % pour cette période.

Ainsi pour les années 1961-1971 on a :

$\varrho = \varrho_1 + \varrho_2 + \varrho_3 + \varrho_4$  avec  $\varrho = 5,15$  %,  $\varrho_2 = 0$ ,  $\varrho_3 = 0,75$  %,  $\varrho_4 = 0,6$  % d'où :  $\varrho_1 = 3,8$  % pour le taux d'accroissement de la productivité de la main-d'œuvre lié au progrès technique. Pour les autres périodes on obtient des résultats voisins, avec un maximum pour la période 1967-1974, comme le montre le tableau III.

TABLEAU III

*Décomposition du taux d'accroissement annuel de la production par heure-ouvrée*

Périodes	$\varrho$	$\varrho_1$	$\varrho_2$	$\varrho_3$	$\varrho_4$
1955-1965 . . . . .	4,9	3,4	0,15	0,75	0,6
1961-1971 . . . . .	5,15	3,8	0	0,75	0,6
1964-1974 . . . . .	5,2	3,95	0	0,65	0,6
1967-1974 . . . . .	5,45	4,2	0	0,6	0,65
Prévision 1977-1980 . . . . .	3,7	3,4	0	0,05	0,25

Nous allons maintenant comparer les valeurs de  $\varrho_3$  et  $\varrho_4$  pour les périodes 1967-1974 et 1977-1980 :

Dans les deux cas  $\varrho_2$  est supposé nul,  $\varrho_3$  a été supposé égal à 0,65 % pour la période 1964-1974 et à 0,6 % pour la période 1967-1974. En effet on peut admettre que la durée d'utilisation optima des équipements correspond au total minimum des coûts annuels d'investissement et de charges salariales et il semble bien que cet optimum ait été approché dès 1972 pour l'économie française. Ce qui entraîne que la durée moyenne d'utilisation des équipements a vraisemblablement peu varié de 1972 à 1974 et qu'elle ne diminuera pratiquement pas d'ici à 1980, d'où :  $\varrho_3 = 0,05$  % pour la période 1977-1980.

$\varrho_4$  a été supposé égal à 0,65 % pour la période 1967-1974. Par contre pour la période 1977-1980 il a été choisi égal à 0,25 % pour les raisons suivantes : avec le temps le nombre des agriculteurs (et accessoirement des commerçants et artisans) changeant de branche diminue en valeur absolue, s'il ne varie pas en valeur relative. Par contre l'importance du

chômage freinera grandement durant les années 1977-1980 l'exode vers une autre branche des jeunes agriculteurs qui ne sont pas partis antérieurement et l'on peut penser que seuls partiront les jeunes agriculteurs venant d'atteindre l'âge adulte, les agriculteurs anciens prenant, eux, leur retraite.

Nous allons maintenant estimer le taux d'accroissement global de la productivité de la main-d'œuvre pour l'ensemble de l'économie marchande et la période 1977-1980. A la valeur 4,4 % estimée précédemment qui représenterait la somme  $\varrho_1 + \varrho_3$  ( $\varrho_2 = 0$ ) si  $\varrho_3$  n'avait pas varié de la période 1967-1974 à la période 1977-1980, on retranche la valeur  $\varrho_3 = 0,6$  % relative à la période 1967-1974 et ajoute la valeur  $\varrho_3$  supposée égale à 0,05 % pour la période 1977-1980. On a :  $\varrho_1 + \varrho_3 = 4,4 - 0,6 + 0,05 = 3,85$  %. Si l'on ajoute la valeur  $\varrho_4$  estimée plus haut, on en déduit pour la période 1977-1980 :  $\varrho = \varrho_1 + (\varrho_2) + \varrho_4 + \varrho_4 = 3,85 + 0,25 = 4,1$  %.

Nous avons d'autre part estimé les taux de croissance en volume  $\alpha_i$  pour les 29 branches de l'économie marchande et la période 1977-1980 et, pondérant ces  $\alpha_i$  par les valeurs ajoutées des branches en 1974, obtenu comme estimation de  $\alpha$  pour l'ensemble de l'économie marchande et la période 1977-1980 :  $\alpha = 4,8$  %. Or  $\varrho$  croît avec  $\alpha$ , et on a déterminé la pente de la ligne de régression de  $\varrho$  par rapport à  $\alpha$  égale à 0,49, d'où comme estimation finale du taux d'accroissement de la productivité de la main-d'œuvre pour l'ensemble de l'économie marchande et la période 1977-1980 :  $\varrho = 4,1 + 0,49(\alpha - 4,8)$ . En supposant  $\alpha$  égal à 4,0 % pour la période 1977-1980, on en déduit :  $\varrho = 3,7$  % (tableau III).

Incidentement on peut essayer de prévoir le chômage en France en 1980. Partant des données suivantes pour 1976 :

Population active des branches marchandes . . . . .	18 000 000
Services non marchands . . . . .	3 500 000
Chômeurs . . . . .	930 000
Population active totale . . . . .	22 430 000

et supposant un taux de croissance des effectifs des services non marchands de 1,5 %, un taux de diminution de la durée hebdomadaire du travail égal à celui observé pour la période 1970-1974 ( $\eta = -1,0$  %) et un taux de croissance des effectifs des branches marchandes de 1,3 % ( $\nu' = \alpha - \varrho - \eta = 4,0 - 3,7 + 1,0 = 1,3$  %), on obtient pour 1980 :

Population active des branches marchandes . . . . .	18 950 000
Service non marchands . . . . .	3 715 000
Chômeurs . . . . .	565 000
Population active totale . . . . .	23 230 000

Ajoutons 85 000 personnes qui auraient été licenciées avant la fin de 1976, si l'on n'avait considéré que les raisons économiques, on obtient un nombre de chômeurs de 650 000 en 1980. Mais il ne faut pas accorder à ce chiffre une très grande précision. On a vu plus haut que pour un seuil de probabilité de 5 % l'erreur maxima sur la somme  $\varrho_1 + \varrho_2 + \varrho_3$  est de 0,31. Admettons que dans les mêmes conditions elle est de 0,15 sur  $\varrho_4$  et supposons ces deux erreurs indépendantes, l'erreur maxima sur  $\varrho$  pour un seuil de probabilité de 5 % sera de  $\sqrt{(0,31)^2 + (0,15)^2} = 0,345$ , soit un écart  $\Delta\nu'$  sur 4 ans de  $0,345 \cdot 4 = 1,38$ , soit un écart de  $\pm 250 000$  chômeurs environ en 1980.

La valeur de  $\eta$  a également une influence importante. En effet :  $\eta = -1,0 \%$  correspond à une diminution de la durée hebdomadaire du travail de 25 minutes par semaine pour chacune des 4 années 1977-1980, mais une valeur de  $\eta = -0,5 \%$  (diminution seulement de 12 minutes) entraîne une diminution de  $\nu'$  de 0,5 % par an, soit une augmentation du nombre des chômeurs de 350 000 personnes environ en 1980. Heureusement, en économie, le pire n'est pas le plus sûr et il existe souvent de bénéfiques phénomènes de compensation.