

Coût relatif capital-travail et substitution : existe-t-il encore un lien ?

Jérôme Henry, Véronique Leroux, Pierre-Alain Muet

Départements d'économétrie et des études de l'OFCE

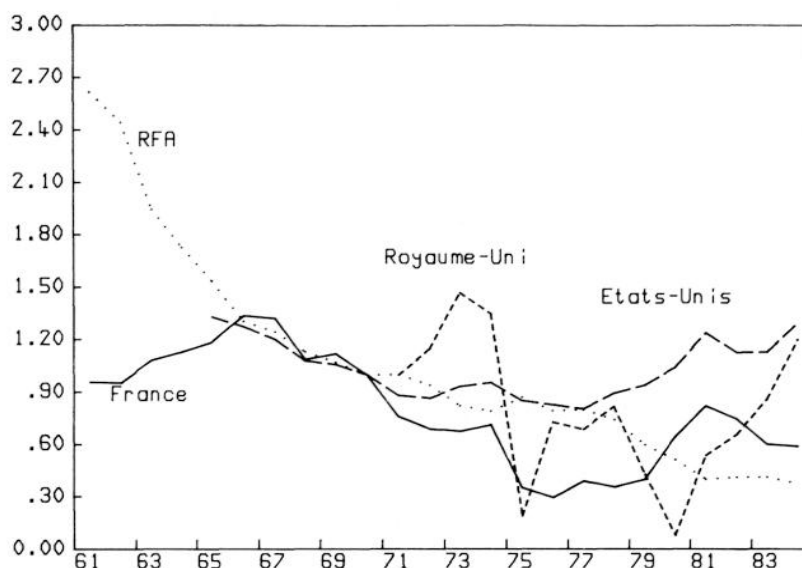
Le ralentissement de la croissance économique intervenu après chacun des chocs pétroliers s'est accompagné en France d'une réduction simultanée des productivités du capital et du travail. Cette évolution, contradictoire avec les effets de substitution qu'auraient dû entraîner la forte montée des taux d'intérêts réels et la stagnation du salaire réel depuis le début des années quatre-vingt, explique notamment les difficultés à mettre en évidence un impact significatif du coût du capital sur l'investissement dans les estimations économétriques incorporant les années récentes.

L'article montre que l'évolution des productivités moyennes des facteurs de production redevient compatible avec celle de leur coût relatif dès lors qu'on prend en compte deux effets : d'une part l'impact des délais d'ajustement du capital au ralentissement de la croissance et d'autre part la diminution des effets favorables de la mobilité intersectorielle des facteurs.

Après avoir examiné différentes hypothèses relatives à l'importance des effets de substitution, on propose un bilan quantitatif des différents éléments susceptibles d'influencer l'évolution des productivités du travail et du capital. L'étude ne mettant pas en évidence de ralentissement marqué du progrès technique, la croissance potentielle de l'économie française devrait rester élevée.

Les coûts des facteurs de production ont été profondément modifiés au cours de la crise. La hausse des prix du pétrole a affecté les techniques de production, tandis que la stagnation du taux de salaire et la forte montée des taux d'intérêt modifiaient profondément l'évolution du coût relatif capital-travail. Alors qu'il baissait régulièrement avant la crise, il a stagné ou même augmenté dans les années quatre-vingt (graphique 1). Cette évolution aurait dû entraîner un ralentissement de la substitution du capital au travail et donc une hausse de la productivité du capital et une baisse de la productivité du travail. Or on a observé en France une réduction simultanée de 2 points environ de la productivité apparente du capital et du travail (tableaux 1 et 2).

1. Evolution du coût relatif capital-travail



Sources : INSEE, OCDE, calculs des auteurs.

Cette réduction de la productivité apparente a en partie sa source dans le phénomène bien connu des retards d'ajustements du capital et du travail à la production. Toutefois dans les modèles économétriques, où cet effet est toujours pris en compte, l'impact du coût relatif capital-travail, qui semblait bien établi dans les travaux passés (cf. P. Artus, P.-A. Muet [1987] chapitres 1 à 7) est généralement non significatif aujourd'hui.

L'objet de cet article est de montrer que la prise en compte des changements intervenus dans la mobilité intersectorielle des facteurs de production permet de retrouver la cohérence entre l'évolution des coûts ⁽¹⁾ et celle des facteurs de production.

L'inertie des facteurs de production...

Avant d'étudier plus en détail l'impact des différents facteurs, il convient de faire la part, dans les évolutions observées, des ruptures structurelles et des conséquences des délais d'ajustement des facteurs à la demande ⁽²⁾.

(1) Le coût d'usage du capital c utilisé pour les comparaisons internationales a été calculé hors effet de la fiscalité :

$$c = q (r - w^a + \delta)$$

avec q prix de l'investissement, r taux d'intérêt à long terme, w^a taux de croissance anticipé du salaire, δ taux de déclassement pris uniformément égal à 0,1. Pour les estimations sur données françaises la série est celle du modèle OFCE-trimestriel (cf. Avouyi-Dovi, Muet [1988] annexe).

(2) Pour chaque facteur de production X la spécification suivante a été estimée :

$$d \ln X = \lambda d \ln X_{-1} + (1 - \lambda) (d \ln VA + \gamma + \Delta \gamma_{(t-T)})$$

avec λ paramètre d'inertie, γ évolution tendancielle, $\Delta \gamma$ rupture de cette tendance, T date de rupture et VA valeur ajoutée en volume.

Les modèles les plus simples représentent ces délais d'ajustement par un paramètre λ , compris entre 0 et 1, qui traduit l'inertie des facteurs de production face aux variations de la demande (cf. relation 1 de l'encadré). Cette relation exprime, par exemple, que si, par suite d'une réduction de la demande, la production diminue de 1 %, la diminution du facteur de production dans l'année en cours ne sera que de $(1 - \lambda)$ %. La productivité du facteur n'augmentera donc pas de γ % dans l'année considérée, mais seulement de $(\gamma - \lambda)$ %.

Une baisse (ou un ralentissement de la croissance) de la productivité apparente peut donc avoir deux origines : une diminution de la croissance tendancielle (diminution de γ) ou un effet d'inertie dû à un ralentissement de l'activité. A plus long terme, une fois la croissance du facteur de production ajustée au nouveau rythme de croissance de la production, la productivité retrouve son rythme de croissance antérieur (γ). Néanmoins, si l'ajustement est lent, c'est-à-dire si λ est proche de 1, cet effet d'inertie peut être suffisamment persistant pour ne pas disparaître à moyen terme.

La prise en compte des délais d'ajustements

Considérons une fonction de production à facteurs complémentaires et une croissance constante au taux γ de la productivité du facteur de production X . Si nous représentons les délais d'ajustements à la production Q par une distribution géométrique de raison λ , nous pouvons écrire la relation suivante entre les taux de croissance :

$$(1) \quad X = \lambda X_{-1} + (1-\lambda)(Q - \gamma)$$

L'évolution de la productivité apparente du facteur de production se décomposera alors en une évolution tendancielle γ et un effet des délais d'ajustement :

$$(2) \quad Q - X = \underbrace{\gamma}_{\text{productivité apparente}} + \underbrace{\lambda(1-\lambda)}_{\text{évolution tendancielle}} (X - X_{-1})_{\text{effet des délais d'ajustements}}$$

Pour une période de n années cette décomposition deviendra :

$$(3) \quad Q - X = \underbrace{\gamma}_{\text{productivité apparente}} + \underbrace{\lambda/[n(1-\lambda)]}_{\text{évolution tendancielle}} (X - X_{-n})_{\text{effet des délais d'ajustements}}$$

Supposons par exemple que la croissance annuelle de la demande passe brutalement de 5 à 2 %, c'est-à-dire diminue de 3 points. Dans les cinq années qui suivent ce ralentissement, la croissance moyenne de la productivité apparente est réduite de 0,6 % si λ est égal à 0,5 et de 2,2 % si λ est égal à 0,9. Au terme de dix années la réduction moyenne n'est plus que de 0,3 point si $\lambda = 0,5$, mais elle s'élève encore à 1,7 point avec $\lambda = 0,9$.

Les estimations économétriques montrent que l'ajustement du capital est lent (λ est compris entre 0,8 et 0,9) et celui de l'emploi rapide (λ est compris entre 0 et 0,5). L'effet des retards d'ajustement va donc être un facteur important de la baisse de la productivité apparente du capital à moyen terme. Pour le travail ce phénomène joue peu à moyen terme et il disparaît presque totalement lorsqu'on considère l'activité et non le volume de l'emploi, car la durée du travail permet d'ajuster rapidement le volume des heures travaillées à la demande et la valeur de λ est alors proche de 0.

...a un impact négligeable sur la productivité du travail...

La comparaison des délais d'ajustement du travail montre que ceux-ci sont plus élevés en France qu'aux Etats-Unis et en Allemagne. Ils sont en outre à peu près semblables dans le secteur tertiaire et dans l'industrie ⁽³⁾, alors qu'ils sont moins élevés dans les services en RFA et aux Etats-Unis. Pour l'ensemble des branches marchandes un ralentissement de la croissance de 1 point engendre, dans l'année en cours, un ralentissement de la productivité horaire du travail de 0,05 point en RFA et aux Etats-Unis et de 0,4 point en France. Dans le secteur industriel l'impact est identique en France (0,36 point) et un peu plus élevé en RFA et aux Etats-Unis (0,15 point environ). A l'horizon étudié (dix ans) l'effet des délais d'ajustement est négligeable sur la productivité horaire du travail, de sorte que l'on peut assimiler le ralentissement de la croissance moyenne de la productivité depuis 1974 à sa composante structurelle (tableau 1).

1. Variation annuelle de la productivité du travail dans les grands pays industrialisés : secteur marchand

	Etats-Unis	France	RFA
Tendance 1962-1973	1,7	5,5	5,9
Tendance 1974-1985 ^(*)	1,0	3,5	4,0
Rupture structurelle	- 0,7	- 2,0	- 1,9
(T student)	(1,1)	(4,0)	(2,4)
Valeur du paramètre λ	0,06	0,4	0,04
(T student)	(1,0)	(4,1)	(0,5)

Sources : OCDE - INSEE.

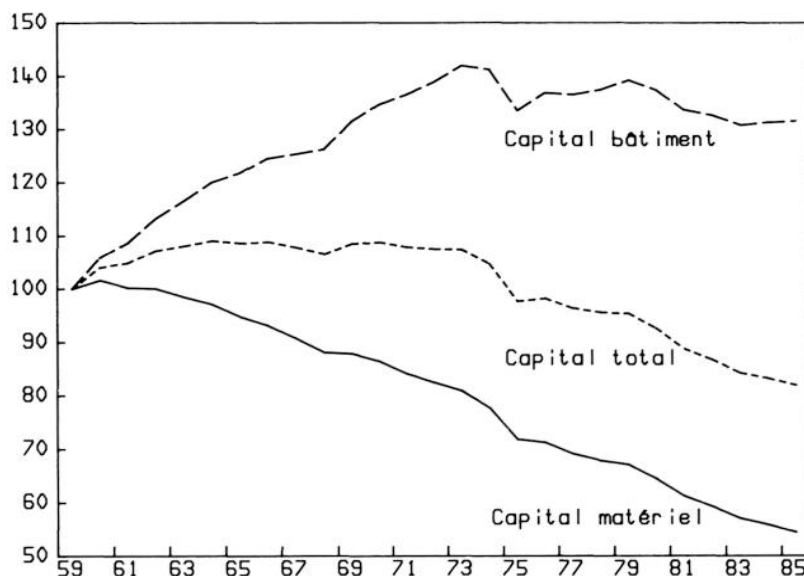
(*) 1974-1984 pour la RFA.

(3) L'industrie correspond pour les comparaisons internationales à l'industrie « au sens large » de la comptabilité nationale française soit à l'agrégation des branches manufacturières, énergie et industries agro-alimentaires (U02 à U06).

Depuis 1974 on observe donc un ralentissement structurel d'environ 2 points de la productivité horaire du travail en France et en RFA, alors qu'il est faible (et non significatif statistiquement) aux Etats-Unis. L'étude menée sur les branches industrielles conduit aux mêmes résultats.

...mais explique la baisse de la productivité du capital des grands pays industrialisés

Le graphique 2 présente l'évolution de la productivité du capital total et celle de ses deux composantes : bâtiment et équipements (matériel) pour l'ensemble de l'économie française. Cette distinction est importante, car si, en moyenne, le coefficient de capital total est généralement stable en longue période, le volume des équipements se développe beaucoup plus rapidement que celui des bâtiments. La productivité des équipements est en effet décroissante, celle des bâtiments croissante (ou encore le coefficient de capital en équipement est croissant, celui du bâtiment décroissant).



2. Productivité du capital total

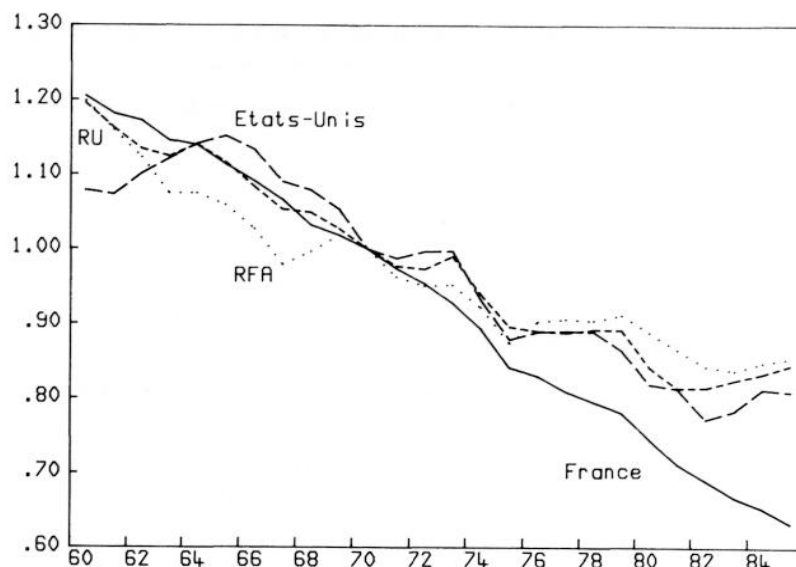
Source : INSEE.

On retrouve des résultats similaires dans les autres pays industrialisés, comme le montre le graphique 3. La productivité des équipements diminue régulièrement dans les quatre pays sur la période étudiée, celle de l'ensemble du capital connaît une faible évolution : relative stabilité aux Etats-Unis, baisse faible mais régulière en RFA et en Grande-Bretagne, hausse puis nette diminution depuis 1974 en France.

Si nous avons pu négliger l'effet des délais d'ajustement pour la productivité horaire, ceci n'est plus possible, même sur une période d'une dizaine d'années pour le capital. Le tableau 2 présente la décom-

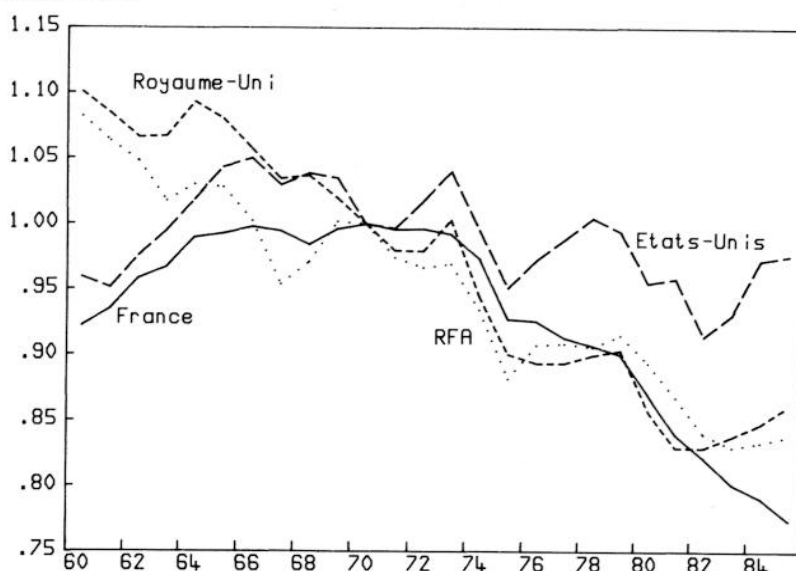
3. Productivité du capital dans les grands pays industrialisés : secteur marchand

a. Equipements



Source : OCDE.

b. Capital total



Source : OCDE.

2. Productivité du capital total : ruptures apparente et structurelle

	Etats-Unis	France	RFA	Grande-Bretagne
<i>Variation annuelle moyenne</i>				
— période 1963-1973	0,5	0,3	- 0,7	- 0,6
— période 1974-1985	- 0,5	- 2,1	- 1,2	- 1,3
<i>Rupture apparente</i>				
— inertie du capital	- 1,0	- 2,4	- 0,5	- 0,7
— écarts conjoncturels	0,2	- 0,1	0,4	0,2
<i>rupture structurelle</i>				
— rupture structurelle	0,1	0,2	- 0,1	0,5
(T student)	(0,2)	(0,2)	(0,1)	(0,2)
<i>Paramètre λ</i>				
(T student)	0,88 (95,5)	0,87 (30,8)	0,90 (54,2)	0,92 (22,4)

position du ralentissement de la productivité du capital en ses trois composantes : délais d'ajustements, évolution structurelle (terme γ) et écarts conjoncturels (résidus de l'estimation).

La conclusion qui se dégage de ces résultats est claire : la baisse de la productivité du capital est due entièrement à l'inertie du capital. Lorsqu'on tient compte de cet effet pour isoler l'évolution structurelle, la rupture n'est plus une baisse, mais une légère augmentation de la productivité du capital total (cette rupture n'est d'ailleurs pas significative statistiquement).

La productivité des équipements diminue dans les quatre pays pour les raisons que nous avons déjà mentionnées. Le tableau 3 montre toutefois qu'à l'exception de la RFA, où la récession de 1967 a fortement freiné l'accumulation du capital, cette diminution est plus rapide depuis 1974. Lorsqu'on élimine l'inertie pour calculer l'évolution structurelle, le ralentissement disparaît en France et une hausse se produit partout ailleurs.

3. Productivité des équipements : ruptures apparente et structurelle

	Etats-Unis	France	RFA	Grande-Bretagne
<i>Variation annuelle moyenne</i>				
— période 1963-1973	- 0,9	- 2,1	- 1,5	- 1,2
— période 1974-1985	- 1,7	- 3,2	- 0,9	- 1,3
<i>Rupture apparente</i>	- 0,8	- 1,1	0,6	- 0,1
— inertie du capital	- 1,5	- 1,1	- 0,4	- 0,6
— écarts conjoncturels	- 0,4	- 0,2	0,5	0,0
— <i>rupture structurelle</i>	1,1	0,2	0,5	0,5
(T student)	(1,1)	(0,3)	(0,5)	(0,5)
Paramètre λ	0,81	0,76	0,81	0,88
(T student)	(31,4)	(16,0)	(22,5)	(22,4)

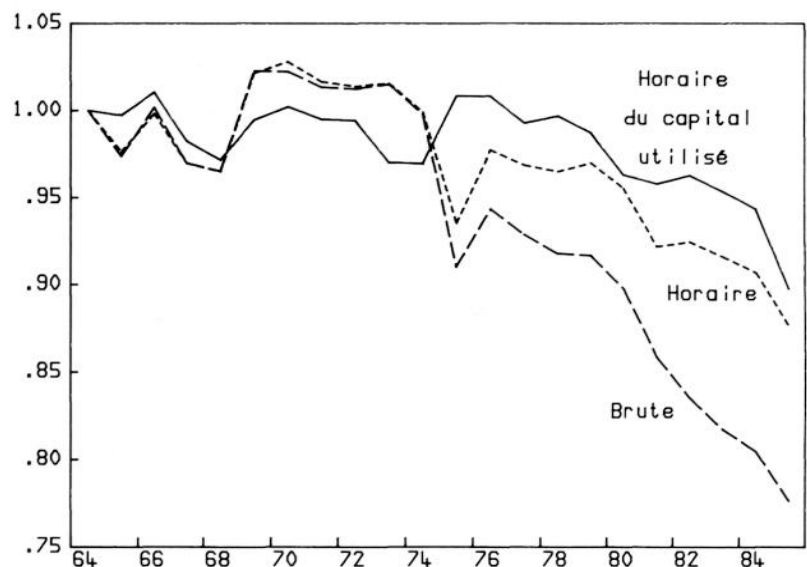
Cependant, comme pour le capital total et à la différence du travail, la rupture dans l'évolution structurelle de la productivité des équipements n'est pas statistiquement significative. Enfin c'est en France que cette évolution est la moins marquée.

La durée d'utilisation des équipements a baissé

Une autre façon de mesurer l'évolution structurelle de la productivité du capital consiste à corriger l'évolution de la productivité apparente d'un indice d'utilisation du capital. Les données sur l'utilisation du

capital sont disponibles en France depuis 1964 pour l'industrie ⁽⁴⁾. L'indicateur comprend deux composantes : le taux d'utilisation des capacités de production et la durée d'utilisation qui résume à la fois l'effet des variations de la durée du travail et celui du degré de recours au travail en équipes. Le graphique 4 montre que lorsqu'on calcule la productivité horaire du capital ainsi corrigée, la baisse de la productivité du capital disparaît presque entièrement.

4. Productivité du capital dans l'industrie française



Source : INSEE.

Il est certes quelque peu excessif d'attribuer toute la baisse de la durée d'utilisation du capital à l'excès de capital engendré par la chute de la demande et l'inertie du capital. Il est clair cependant que la baisse du taux d'utilisation des capacités et le ralentissement dans le degré de recours au travail en équipes en sont la conséquence directe. En ce qui concerne l'analyse quantitative, on retiendra qu'il est à peu près équivalent de tenir compte de l'inertie du capital ou, comme dans de nombreuses études structurelles (cf. par exemple Dubois [1985]), de corriger la productivité apparente d'un indice d'utilisation du capital.

La mobilité des facteurs s'est ralentie

La croissance de la productivité du travail (ou du capital) de l'ensemble de l'économie dépend de deux facteurs : la croissance interne aux firmes ou aux branches et la mobilité du travail (ou du capital) entre les firmes ou entre les branches.

Lorsque l'emploi (ou le capital) passe en effet de secteurs à faible niveau de productivité vers des secteurs à forte productivité, la croissance globale de la productivité est supérieure à celle de chaque

(4) Il s'agit ici de l'industrie *stricto sensu* ou secteur manufacturier (U04 à U06).

secteur. Supposons que l'économie comporte par exemple un secteur traditionnel et un secteur moderne dans lequel la productivité du travail est deux fois plus forte que dans le secteur traditionnel. Supposons en outre que la productivité du travail soit constante dans chaque secteur. Si en début de période l'emploi est entièrement dans le secteur traditionnel et passe entièrement dans le secteur moderne en fin de période, la productivité du travail aura doublé dans l'économie au cours de la période alors qu'elle est restée stable dans chaque secteur.

Ce facteur mobilité est sans doute plus important à l'échelle des firmes qu'à celle des branches, la création et la disparition d'entreprises étant probablement un facteur déterminant de la croissance de la productivité du travail dans l'économie. La quantification de l'impact de la mobilité interbranche ⁽⁵⁾ montre cependant que, si elle n'est pas le principal facteur de variation de la productivité du travail, son rôle dans le ralentissement de la productivité du travail et du capital a été important en France depuis la crise.

Le tableau 4 décompose la croissance de la productivité du travail en trois composantes :

- l'effet des délais d'ajustement ;
- l'effet de la mobilité intersectorielle ;
- l'évolution structurelle interne aux branches.

4. Impact de la mobilité intersectorielle sur la productivité du travail

	Période 1960-1974	Période 1975-1985	Rupture (*)
Variation observée	5,7	3,3	- 2,4
— délais d'ajustements	- 0,1	- 0,2	- 0,1
— mobilité intersectorielle	0,6	0,0	- 0,6
— évolution structurelle interne	5,2	3,5	- 1,7

(*) Dans le cas de la comparaison internationale une rupture en 1974 était plus pertinente.

Note : Cette décomposition est obtenue à partir d'un modèle estimé sur les quarante branches de la nomenclature NAE niveau 40. La méthodologie est présentée en annexe.

Sur la période 1960-1974 la mobilité a contribué pour 0,6 point par an à la croissance de la productivité du travail. Depuis 1975 cette contribution est nulle, de sorte que le ralentissement de 2,4 % de la productivité du travail s'explique pour 0,1 % par les délais d'ajustement et 0,6 % par la mobilité intersectorielle. Cette décomposition montre donc que la mobilité n'est pas le principal facteur de ralentissement de la croissance de la productivité du travail, puisque, en moyenne dans chaque branche, celle-ci a ralenti de 1,7 point.

La même décomposition appliquée à l'évolution de la productivité des équipements fait apparaître un impact beaucoup plus important de

(5) L'étude fine du cas français porte sur l'ensemble des branches marchandes non-financières.

la mobilité intersectorielle (tableau 5). Sur la période 1960-1974 le déplacement de la demande de secteurs très capitalistiques vers des secteurs peu capitalistiques a en effet contribué pour 1,3 % à l'augmentation de la productivité des équipements. Cependant, compte tenu de la forte augmentation de l'intensité capitaliste à l'intérieur de chaque branche (le coefficient de capital a augmenté en moyenne dans les branches de 3,5 % par an), cet impact favorable de la mobilité n'a pas suffi à enrayer la diminution de la productivité des équipements à l'échelle macroscopique (- 1,3 %).

A partir de 1974 la mobilité intersectorielle a eu un impact beaucoup plus modeste : 0,1 % seulement. Ce faible impact de la mobilité résulte principalement de la convergence des coefficients de capital des branches. Sur la période 1974-1985 les branches les plus capitalistiques ont moins accru leurs investissements que les branches peu capitalistiques telles que le commerce et le bâtiment-génie civil.

Le tableau 5 montre ainsi que la combinaison des délais d'ajustement à la croissance ralentie et d'une mobilité moins favorable du capital contribuent pour 2,3 % à l'accélération de la baisse de la productivité des équipements. Ce résultat est important car il inverse totalement le diagnostic que l'on peut porter sur la rupture de 1974 : *l'évolution structurelle de la productivité du capital à l'intérieur des branches n'est plus un ralentissement de 1,3 point, mais une hausse de 1 point*. Or cette évolution structurelle redevient compatible avec celle du coût relatif capital-travail.

5. Impact de la mobilité intersectorielle sur la croissance de la productivité des équipements

	Période 1960-1974	Période 1975-1985	Rupture
Variation observée	- 2,1	- 3,4	- 1,3
— délais d'ajustements	0,1	- 1,0	- 1,1
— mobilité intersectorielle	1,3	0,1	- 1,2
— évolution structurelle interne	- 3,5	- 2,5	1,0

L'impact du coût relatif capital-travail : des conséquences contrastées selon que la substitution concerne l'ensemble du capital...

Si nous reprenons l'analyse simultanée des ruptures dans l'évolution des productivités du capital et du travail, il apparaît maintenant que le ralentissement dans la diminution tendancielle du coût relatif capital-travail a bien eu qualitativement les conséquences que l'on pouvait en attendre : *un ralentissement structurel* de la croissance de la productivité du travail et une *hausse structurelle* de la productivité du capital.

Quelle est l'importance quantitative de ce phénomène ? Le résultat dépend de l'élasticité de substitution ⁽⁶⁾ de la fonction de production et de la nature de la substitution : affecte-t-elle l'ensemble du capital (modèle *putty-putty*) ou seulement les équipements nouveaux (modèle *putty-clay*) ? Il convient par ailleurs de prendre en compte l'effet du coût de l'énergie pour dresser un bilan complet des effets de substitution. Nous allons examiner rapidement ces différents points.

Le coût relatif capital-travail diminuait au rythme annuel moyen de 6,8 % par an de 1960 à 1974. Depuis 1974 cette diminution n'est que de 1,6 % en moyenne, soit une rupture de l'ordre de 5 points. Avec une fonction de type Cobb-Douglas et une part des salaires dans la valeur ajoutée supposée égale à $\beta = 0,6$, cette rupture dans l'évolution des coûts relatifs aurait dû entraîner une accélération de la croissance de la productivité du capital de 3 points ($5\beta = 3$) et une réduction de la croissance de la productivité du travail de 2 points ($5(1 - \beta) = 2$). Or la rupture tendancielle évaluée dans le paragraphe précédent est une accélération de 1 point de la productivité des équipements et un ralentissement de 1,7 point de la productivité du travail.

L'effet de substitution est donc plus faible que celui qui correspondrait à une fonction Cobb-Douglas (élasticité de substitution unitaire). Si nous supposons l'élasticité de substitution (σ) inférieure à l'unité, la rupture dans l'évolution des productivités respectives est $(5\beta\sigma)$ pour le capital et $(5(1 - \beta)\sigma)$ pour le travail. Si par exemple l'élasticité de substitution est de $1/3$, l'accélération de la productivité du capital est bien celle observée (1 point), mais le ralentissement de la productivité du travail résultant du coût relatif est seulement de 0,7 point. Il subsiste donc un ralentissement structurel de la productivité du travail (ou ralentissement du progrès technique) égal à 1 point.

Il faut en outre s'assurer que l'évolution année par année est bien conforme à celle que prédit le modèle théorique. Pour cela il convient d'estimer le modèle correspondant à l'hypothèse d'une fonction de production globale (donc de type *putty-putty*) à élasticité de substitution constante, en appliquant la même procédure que dans le paragraphe précédent, afin d'isoler les effets de substitution temporelle et les effets de mobilité intersectorielle. Cette estimation, présentée en annexe, conduit à une faible élasticité de substitution (0,11). La contribution des coûts relatifs à l'évolution des productivités des facteurs serait donc très modeste : une accélération de 0,3 point de la productivité du capital et une réduction de 0,2 point de la productivité du travail. En fait, en tenant compte du profil temporel du coût relatif, l'impact moyen est une hausse de 0,1 point de la productivité du capital et une réduction de 0,2 point de la productivité du travail (tableau 7).

(6) L'élasticité de substitution σ est égale, lorsque l'entreprise optimise son coût de production, à l'élasticité du rapport des quantités de facteurs au rapport de leurs coûts : une hausse de 1 % du coût relatif capital-travail diminue donc le rapport capital-travail de σ %. On peut démontrer qu'à production donnée, cette hausse de 1 % réduit la productivité du travail de $(1 - \beta)\sigma$ % et accroît celle du capital de $\sigma\beta$ % ; β étant la part du salaire dans le coût total.

...ou seulement l'investissement (modèle *putty-clay*)

Si la substitution n'est possible que lors de l'acquisition d'un nouvel équipement (modèle *putty-clay*), l'impact du coût relatif sur la croissance de la productivité des facteurs devient très lent.

Supposons que le progrès technique soit entièrement incorporé aux équipements, qu'il améliore uniquement l'efficacité du travail (neutre au sens de Harrod) et croisse au taux de 5 % par an. Supposons en outre que l'économie soit initialement dans un régime de croissance équilibrée, où le coût relatif capital-travail diminue au rythme de 5 % par an et où la durée de vie rentable des équipements est de douze ans. Ce régime de croissance équilibrée est caractérisé par une stabilité du coefficient de capital (donc de la productivité apparente du capital) et une augmentation régulière au taux de 5 % de la productivité du travail.

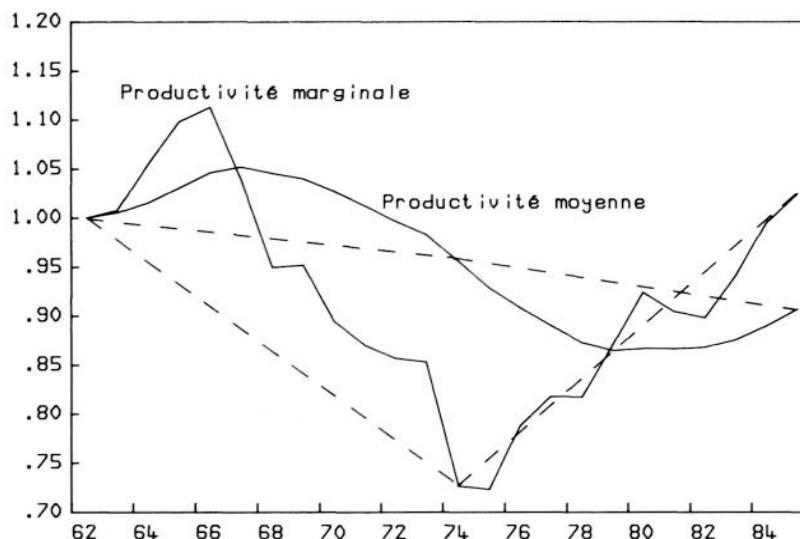
Supposons qu'à partir d'une certaine date le coût relatif se stabilise brutalement. Si l'élasticité de substitution est de 1 et si la substitution concerne l'ensemble du capital (modèle *putty-putty*), on observera immédiatement un ralentissement de 2 points de la productivité du travail et une hausse de 3 points de la productivité du capital. Si l'élasticité de substitution est de 1, mais que la substitution ne concerne que les nouveaux équipements (modèle *putty-clay*), il faudra attendre que le capital ait été entièrement renouvelé (douze ans) pour que la croissance de la productivité moyenne du capital et du travail rejoigne ces valeurs. Cette évolution des productivités moyennes est présentée dans le tableau 6.

6. Variations des productivités moyennes du travail et du capital dues à un ralentissement de 5 points de la baisse du coût relatif capital-travail (modèle *putty-clay*)

	Croissance équilibrée	Taux de variation annuel après le choc			
		1 an	5 ans	10 ans	12 ans et plus
Productivité du capital . . .	0,0 %	0,4 %	1,6 %	2,7 %	3,0 %
Productivité du travail . . .	5,0 %	4,9 %	4,2 %	3,3 %	3,0 %

La lenteur de l'ajustement a une conséquence importante que le graphique 5 met clairement en évidence. Ce graphique présente l'impact des évolutions observées du coût relatif et de l'investissement sur les productivités marginale et moyenne du capital, dans l'hypothèse d'une élasticité de substitution unitaire et d'une fonction de production *putty-clay*. Alors que 1974 marque effectivement une rupture dans l'évolution du coût relatif et de la productivité marginale, la rupture est atténuée et apparaît seulement en 1980-1981 pour la productivité moyenne du capital. Ainsi, si la périodisation choisie (1962-1974 et 1975-1985) retrace bien la rupture du coût relatif et de la productivité

marginale du capital, ce n'est plus le cas pour la productivité moyenne, puisque, sur cette période, elle présente une rupture de sens contraire, comme le montrent les segments en pointillés sur le graphique.



5. Impact du coût relatif sur les productivités marginale et moyenne du capital (modèle Putty-Clay, élasticité de substitution unitaire)

Sources : OFCE.

C'est ainsi qu'en moyenne sur la période 1974-1985, l'effet du coût relatif capital-travail serait, dans cette hypothèse, un ralentissement de 0,7 point de la productivité du capital et une accélération de 1,7 point de la productivité du travail (tableau 7). La confrontation des simulations du modèle et des évolutions observées à moyen terme montre toutefois que les effets de substitution ont été bien inférieurs à ceux qui résulteraient d'une élasticité de substitution unitaire. L'estimation d'une fonction d'investissement prenant en compte l'effet mobilité et cohérente avec l'hypothèse *putty-clay* conduit à une élasticité de substitution comprise entre 0,1 et 0,2 (cf. S. Avouyi-Dovi et P.-A. Muet [1988]), alors qu'on obtenait une valeur proche de l'unité dans les estimations réalisées jusqu'à la fin des années soixante-dix.

7. Impact du coût relatif capital-travail sur la productivité du travail et du capital au cours de la période 1974-1985 pour différentes valeurs de l'élasticité de substitution

	Modèle <i>putty-putty</i>			Modèle <i>putty-clay</i>		
	0,1	0,5	1,0	0,1	0,5	1,0
Valeur de l'élasticité de substitution	0,1	0,5	1,0	0,1	0,5	1,0
Rupture dans le taux de variation annuel moyen (75-85 par rapport à 60-74) :						
— productivité du capital (%) ..	0,1	0,7	1,5	0,0	- 0,4	- 0,7
— productivité du travail (%) ..	- 0,2	- 0,9	- 1,7	0,1	0,7	1,7

Substitution capital-travail-énergie

L'incertitude est plus grande encore pour l'influence du coût de l'énergie sur les techniques de production. Les élasticités de substitution entre les trois facteurs, capital, travail et énergie, ont généralement été estimées par l'intermédiaire de fonctions de coût. Dans ces estimations le capital et le travail ont toujours été trouvés substituables. Il n'apparaît pas en revanche de résultat général concernant la substitution capital-énergie : ces deux facteurs sont trouvés tantôt complémentaires, tantôt substituables. On peut interpréter l'ambiguïté de ces résultats en ayant recours à une approche plus structurelle. L'implantation de nouveaux équipements a pour effet d'accroître généralement la consommation d'énergie ; si l'on ne tient compte que de cet effet, une hausse des prix de l'énergie entraînera donc une baisse de l'investissement (ou plus exactement une baisse du coefficient de capital). Il est cependant possible d'investir de façon à économiser de l'énergie. Comme l'estimation d'une fonction de coût n'appréhende que l'ensemble des deux effets, on peut comprendre l'ambiguïté des résultats obtenus par cette approche.

L'approche développée par Artus et Peyroux [1981] distingue au contraire ces deux effets : le premier est traduit par une élasticité de substitution entre le travail et l'ensemble capital-énergie (σ), le second par une élasticité de substitution entre le capital et l'énergie à l'intérieur de l'agrégat (σ'). Lorsque l'élasticité de substitution entre le capital et l'énergie à l'intérieur de l'agrégat est forte par rapport à la première élasticité de substitution (cas de la RFA et du Royaume-Uni dans l'estimation des auteurs), une hausse du prix de l'énergie accroît l'investissement. Dans les trois autres pays au contraire (France, Etats-Unis, Japon), la hausse du prix de l'énergie diminue l'investissement. L'effet est en revanche sans ambiguïté sur la productivité du travail : la hausse du prix de l'énergie diminue toujours la productivité du travail.

Pour avoir une idée de l'importance quantitative du phénomène, nous avons simulé les conséquences de la hausse du prix de l'énergie sur l'évolution des productivités moyennes du capital et du travail dans le cadre d'un modèle *putty-clay* dans lequel l'élasticité de substitution entre le travail et l'agrégat capital-énergie est unitaire (fonction Cobb-Douglas avec une part salariale $\beta = 0,6$) et l'élasticité de substitution entre capital et énergie est comprise entre 0,3 et 0,7 (Artus et Peyroux obtiennent une élasticité de 0,4 sur la période 1963-1979 et une estimation du modèle sur la période 1960-1985 conduit à 0,6).

Les résultats présentés dans le tableau 8 sont l'accélération ou la décélération depuis 1974 de la croissance des productivités moyennes du travail et du capital engendrées par la hausse du prix de l'énergie.

Ces simulations montrent que l'impact du coût de l'énergie sur la productivité du travail est peu sensible à la valeur de l'élasticité de substitution entre le capital et l'énergie. En renchérissant le coût du

8. Impact de la hausse du prix de l'énergie sur la productivité du travail et du capital au cours de la période 1974-1985 pour différentes valeurs de l'élasticité de substitution capital-énergie (modèle putty-clay, Cobb-Douglas/CES)

Valeur de l'élasticité de substitution (σ')	0,0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
Rupture dans le taux de variation annuel moyen (75-85 par rapport à 60-74) :						
— productivité du capital (%) ..	2,0	0,9	0,6	0,3	0,0	- 0,3
— productivité du travail (%) ..	- 1,8	- 1,7	- 1,7	- 1,7	- 1,65	- 1,6

facteur capital + énergie la hausse du prix de l'énergie conduirait — dans l'hypothèse retenue dans cette simulation d'une élasticité de production unitaire entre capital + énergie et travail — à un ralentissement de la substitution capital-travail et donc à une réduction de la croissance de la productivité du travail comprise entre 1,8 et 1,6 %.

L'impact sur la productivité du capital change en revanche de signe lorsque l'élasticité de substitution entre le capital et l'énergie passe le seuil $\beta = 0,6$. Lorsque capital et énergie sont complémentaires ($\sigma' = 0$), la hausse du coût de l'énergie a le même impact qu'une hausse du coût du capital ; elle augmente donc la productivité du capital. Cet effet reste prépondérant tant que l'élasticité de substitution (σ') entre le capital et l'énergie reste inférieure à β . Lorsqu'elle devient supérieure à β , c'est au contraire cet effet de substitution qui l'emporte et la productivité du capital diminue lorsqu'augmente le prix de l'énergie.

On voit en outre que si l'on combine l'effet du coût relatif capital-travail et du coût relatif capital-énergie avec une élasticité de substitution capital-travail unitaire et une élasticité de substitution capital-énergie proche de 0,4, l'effet global sur la période 1974-1985 est pratiquement neutre sur la productivité des facteurs (dans l'hypothèse retenue ici d'une fonction de production *putty-clay*). Chacun des coûts aurait eu un impact important (de l'ordre de 1 point sur la productivité du capital et de 2 points sur la productivité du travail) mais ils se seraient compensés. Des élasticité de substitution plus faibles et donc plus conformes aux valeurs estimées sur la période récente ne modifieraient pas le résultat global mais réduiraient l'impact de chacun des coûts.

Si au contraire on retient l'hypothèse de facteurs de production globalement mais faiblement substituables (modèle *putty-putty* avec des élasticité de substitution inférieures à 0,5), la hausse des prix de l'énergie et la stagnation du coût relatif capital-travail auraient eu globalement un effet de réduction de la croissance de la productivité du travail compris entre 1 et 2 points et une accélération de la croissance de la productivité du capital inférieure à 1 point, ce qui serait bien compatible avec les ruptures tendancielle observées.

L'effet du vieillissement du stock de capital

L'hypothèse retenue précédemment d'un progrès technique incorporé aux équipements permet d'illustrer un second facteur ayant contribué depuis 1974 au ralentissement de la croissance de la productivité du travail : le vieillissement du stock de capital résultant de la stagnation de l'investissement. En retenant les mêmes hypothèses que dans le paragraphe précédent (durée de vie des équipements constante et égale à douze ans, taux de progrès technique neutre au sens de Harrod égal à 5 % et supposé entièrement incorporé aux équipements), le passage d'un régime de croissance de l'investissement au taux de 8 % à une croissance faible entraîne un ralentissement temporaire de la productivité du travail qui résulte de l'augmentation de l'âge moyen des équipements (le poids des générations récentes qui ont la plus forte productivité du travail est réduit du fait du ralentissement de l'investissement).

A titre d'exemple, si le rythme d'investissement passe brutalement de 8 % à 0, la croissance de la productivité du travail passe progressivement de 5 %, rythme de croissance du progrès technique, à 4,4 % au bout de six ans, puis remonte progressivement, pour retrouver au-delà de douze ans le rythme de croissance du progrès technique. En retenant l'évolution effective de l'investissement en équipements au cours des vingt dernières années on peut calculer, par simulation, le ralentissement de la croissance de la productivité du travail dû à ce phénomène sur la période 1975-1985 : il s'élève à 0,3 % par an.

Conclusion

Malgré les incertitudes qui affectent l'impact des coûts relatifs, on a tenté de tirer un bilan quantitatif des différents facteurs qui ont influencé la productivité apparente du capital et du travail. Ce bilan, présenté dans le tableau 9, repose sur l'hypothèse d'une indépendance entre le phénomène de mobilité intersectorielle et l'effet des coûts relatifs. Cette hypothèse est d'autant plus naturelle que les séries de coûts utilisées ne prennent pas en compte les différences intersectorielles.

La croissance de la productivité horaire du travail a ralenti de 2,4 points. Trois principaux facteurs expliquent ce ralentissement :

- une mobilité du travail moins favorable entre les secteurs ;
- une hausse des coûts des autres facteurs de production (capital et énergie) freinant la substitution du capital au travail ;
- la stagnation de l'investissement, qui a entraîné un vieillissement du stock de capital.

La réduction du progrès technique jouerait donc un rôle marginal dans ce ralentissement de la productivité du travail.

9. Un bilan quantitatif

	Productivité du travail	Productivité des équipements
(1) Taux de variation 1960-1974	5,7	- 2,1
(2) Taux de variation 1975-1985	3,3	- 3,4
impact :		
(3) Délais d'ajustements	- 0,1	- 1,1
(4) Mobilité intersectorielle	- 0,6	- 1,2
(5) Vieillessement du capital	- 0,3	0
(6) Coûts relatifs	0 à - 2,0	0,0 à 1,0
(7) Changement dans le rythme du progrès technique	- 1,4 à 0,6	1,0 à 0

La relation comptable : (1) = (2) + ... + (7) sert à déterminer (7) par solde.

Du côté de la productivité du capital, ce sont principalement les délais d'ajustement et la mobilité intersectorielle qui expliquent le ralentissement de la productivité moyenne. Corrigée de ces deux effets, la hausse de 1 point de la productivité du capital depuis 1974 s'expliquerait principalement par l'évolution des coûts des facteurs.

Si l'évolution tendancielle des productivités des facteurs de production est bien qualitativement cohérente avec celle des coûts, l'impact quantitatif est affecté d'une grande incertitude que l'économétrie ne paraît guère en mesure de résoudre actuellement.

Références bibliographiques

- ARTUS P., MUET P.-A., 1986, « *Investissement et emploi* » *Economica*.
- ARTUS P., PEYROUX C., 1981, « Fonctions de production avec facteur énergie : estimations pour les grands pays de l'OCDE », *Annales de l'INSEE*, n° 44 (chapitre 7 du livre « *Investissement et emploi* »).
- AVOUYI-DOVI S., MUET P.-A., 1988, « Une étude économétrique de l'impact des incitations fiscales sur l'investissement au cours des vingt dernières années », à paraître dans *Recherches économiques de Louvain*.
- DUBOIS P., 1985, « Ruptures de croissance et progrès technique », *Economie et statistique*, n° 181.
- DUBOIS P., 1980, « La rupture de 1974 », *Economie et statistique*, n° 124.
- VILLA P., MUET P.-A., BOUTILLIER M., 1980, « Une estimation conjointe des demandes d'investissement et de travail », *Annales de l'INSEE*, n° 38-39 (chapitre 5 du livre « *Investissement et emploi* »).

ANNEXES

Effet mobilité

Désignons respectivement par Q , K et N le volume de la production, du capital et de l'emploi ; par i l'indice d'un secteur. Les grandeurs surmontées d'un point sont les taux de croissance.

La relation entre le taux de croissance de la productivité agrégée et celle des secteurs élémentaires se décompose comptablement de la façon suivante (par exemple pour le capital) :

$$\overset{0}{Q} - \overset{0}{K} = \sum_i \frac{Q_i}{Q} [\overset{0}{Q}_i - \overset{0}{K}_i] + \sum_i \frac{Q_i}{Q} \left[1 - \frac{\overset{0}{Q}_i}{\overset{0}{K}} \right] \overset{0}{K}_i$$

croissance de la
facteur mobilité
productivité par branches

Le premier terme représente la croissance moyenne de la productivité des branches élémentaires, le second l'effet de la mobilité du capital sur la croissance globale.

Délais d'ajustements et mobilité

Lorsqu'on introduit les délais d'ajustement du capital et du travail, on peut combiner aisément les deux approches (mobilité + délais) en supposant que le modèle (1) présenté dans l'encadré s'applique à chaque secteur (λ et γ étant identiques dans tous les secteurs). On obtient par exemple pour la productivité du capital la décomposition suivante :

$$\overset{0}{Q} - \overset{0}{K} = \gamma_K + \frac{\lambda}{1-\lambda} \sum_i \frac{Q_i}{Q} [\overset{0}{K}_i - \overset{0}{K}_i(-1)] + \left(\sum_i \frac{Q_i}{Q} \overset{0}{K}_i \left(1 - \frac{\overset{0}{Q}_i}{\overset{0}{K}} \right) \right)$$

progrès technique
délais d'ajustement
facteur mobilité

En pratique on estime le modèle suivant :

$$\sum_i \frac{Q_i}{Q} \overset{0}{K}_i = \lambda \sum_i \frac{Q_i}{Q} \overset{0}{K}_i(-1) + (1-\lambda) \gamma_K + (1-\lambda) \sum_i \frac{Q_i}{Q} \overset{0}{Q}_i$$

et on en déduit par solde l'effet mobilité.

Effets de substitution dans un modèle *putty-putty*

Pour estimer l'effet du coût relatif capital-travail sur le capital et l'emploi dans la spécification *putty-putty* (cf. Villa, Muet, Boutillier [1980]) on peut appliquer la même procédure que précédemment, puisque le coût relatif capital travail est identique pour toutes les branches. Si l'on retient les mêmes délais pour le coût relatif et l'effet d'accélération (distribution géométrique de raison λ), le modèle s'écrit :

$$\left\{ \begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} \overset{0}{Q} - \overset{0}{K} = -2,66 + \beta * 0,11 \left(\frac{\overset{0}{c}}{\omega} \right) + \frac{\lambda_K}{1-\lambda_K} \sum_i \frac{Q_i}{Q} [\overset{0}{K}_i - \overset{0}{K}_i (-1)] + \left(\sum_i \frac{Q_i}{Q} \overset{0}{K}_i \left(1 - \frac{\overset{0}{K}_i}{\overset{0}{Q}} \right) \right) \\ (-9,5) \quad (3,2) \end{array} \right\} \\ \text{avec } \lambda_K = 0,70 (18,1) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \left. \begin{array}{l} \overset{0}{Q} - \overset{0}{N} = 5,15 - 1,85 D75 - (1 - \beta) * 0,11 \left(\frac{\overset{0}{c}}{\omega} \right) + \frac{\lambda_N}{1-\lambda_N} \sum_i \frac{Q_i}{Q} [\overset{0}{N}_i - \overset{0}{N}_i (-1)] \\ (14,6) \quad (-3,9) \quad (3,2) \end{array} \right\} \\ + \left(\sum_i \frac{Q_i}{Q} \overset{0}{N}_i \left(1 - \frac{\overset{0}{N}_i}{\overset{0}{Q}} \right) \right) \\ \text{avec } \lambda_N = 0,52 (9,9) \end{array} \right.$$

Capital : SEE = 0,35 % DW = 1,65

Travail : SEE = 0,55 % DW = 2,38

La part des salaires dans la valeur ajoutée représentée par le coefficient β , en moyenne de 0,6 à 0,7 sur période historique, est légèrement sous évaluée par l'estimation économétrique (elle serait de l'ordre de 0,4 à 0,5). Elle a donc été contrainte à la valeur 0,6 car elle n'en est pas significativement différente.

Simulations de l'impact du coût relatif capital-travail dans l'hypothèse *putty-clay*

On considère un modèle à générations de capital de type *putty-clay* dans lequel le progrès technique γ neutre au sens de Harrod est entièrement incorporé au capital. On note σ l'élasticité de substitution *ex-ante*, β la part des salaires dans le coût total et T la durée de vie rentable des équipements (T = 12 ans).

$l(t)$ désigne l'investissement en équipements (matériel), $c(t)$ le coût d'usage du capital, $w(t)$ le taux de salaire effectivement observé sur la période étudiée. A partir de ces valeurs observées et des paramètres de la fonction de production, on peut calculer successivement :

— le coefficient marginal de capital (matériel) :

$$k(t) = k_0 \left(\frac{w(t)}{c(t)} \right)^{\beta\sigma} \cdot (1 + \gamma_n)^{\beta\sigma t}$$

— le coefficient marginal de travail :

$$L(t) = L_0 \left(\frac{w(t)}{c(t)} \right)^{-(1-\beta)\sigma} (1 + \gamma_n)^{[-1 + (1-\beta)\sigma] t}$$

— le stock de capital :

$$K(t) = K(t-1) + I(t) - I(t-T)$$

— la capacité de production :

$$Q(t) = Q(t-1) + \frac{I(t)}{k(t)} - \frac{I(t-T)}{k(t-T)}$$

— l'emploi total :

$$E(t) = E(t-1) + L(t) \frac{I(t)}{k(t)} - L(t-T) \frac{I(t-T)}{k(t-T)}$$

— on en déduit la valeur des productivités moyennes : (Q/K) et (Q/E).

On fixe $L_0 = k_0 = 1$ et on détermine la valeur initiale de E, Q et K à partir de la valeur initiale de I(t) et d'un sentier de croissance équilibrée où l'investissement croît au taux $g = 8\%$ et le coût relatif capital-travail diminue au rythme du progrès technique $\gamma_n = 5\%$. On a par exemple pour K(0) :

$$K(0) = \frac{I(0)}{g} \frac{(1+g)^T - 1}{(1+g)^{T-1}}$$

Remarque : pour coïncider avec l'économie réelle on pourrait intégrer une augmentation du coefficient de capital matériel au taux $\gamma_k = 2\%$ (progrès technique négatif non incorporé diminuant l'efficacité du capital ou encore neutre au sens de Solow), de sorte que E croisse à 1 % par an Q à 6 % et K et I à 8 %, mais cela ne modifierait pas l'analyse.

Ce modèle *putty-clay* a été également utilisé pour étudier l'impact du ralentissement du rythme d'accumulation du capital.

Fonction de production à trois facteurs (énergie, capital, travail)

Pour étudier l'impact du coût de l'énergie, on retient une fonction *putty-clay* de type Cobb-Douglas/CES. En reprenant la même analyse que précédemment (avec $\sigma = 1$), il suffit de remplacer les coefficients marginaux par les valeurs suivantes :

— coefficient marginal de capital (matériel) :

$$k(t) = k_0 \left(\frac{w(t)}{c(t)} \right)^\beta \cdot (1 + \gamma_n)^{-\beta t} \cdot \left[(0.5)^{\sigma'} + (0.3)^{\sigma'} \cdot \left(\frac{e(t)}{c(t)} \right)^{1-\sigma'} \right]^{\left(\frac{1-\beta}{1-\sigma'} - 1 \right)}$$

— coefficient marginal de travail :

$$L(t) = L_0 \left(\frac{w(t)}{c(t)} \right)^{-(1-\beta)} \cdot (1 + \gamma_n)^{-\beta t} \cdot \left[(0.5)^{\sigma'} + (0.3)^{\sigma'} \cdot \left(\frac{e(t)}{c(t)} \right)^{1-\sigma'} \right]^{\left(\frac{1-\beta}{1-\sigma'} \right)}$$

σ' désigne l'élasticité de substitution capital-énergie, $e(t)$ le coût de l'énergie.