Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'intérieur DFI
Office fédéral de la Statistique OFS
Économie, État et société

Document de travail

Neuchâtel, octobre 2006

PRODUCTIVITE MULTIFACTORIELLE

RAPPORT METHODOLOGIQUE

Gregory Rais, OFS, section structures et conjoncture économiques, tél. : +41 32 71 36677
e-Mail : Gregory.Rais@bfs.admin.ch

Pierre Sollberger, OFS, section structures et conjoncture économiques, tél. : +41 32 71 36865
e-Mail : Pierre.Sollberger@bfs.admin.ch

N° de commande : 821-0600

Espace de l'Europe
CH-2010 Neuchâtel
www.statistik.admin.ch

TABLE DES MATIERES

1.	**Introduction**	**3**
2.	**La notion de productivité**	**3**
3.	**Services du capital**	**5**
3.1	Unité d'efficacité standard (UES)	5
3.2	Indice des coûts d'usage du capital	8
3.2.1	Taux d'intérêt	9
3.2.1.1	Taux d'intérêt exogène	9
3.2.1.2	Taux d'intérêt endogène	10
3.2.1.3	Taux d'intérêt *ex ante*	12
3.2.2	Gains/pertes de détention	12
3.3	Indice des services tirés du capital	15
4.	**Intrant en travail**	**15**
4.1	Choix de l'unité de mesure	16
4.2	Coût d'usage du travail	16
5.	**Indice du coût total des facteurs de production**	**17**
6.	**Indice de la productivité multifactorielle**	**18**
7.	**Développements analytiques**	**18**
7.1	Contributions des facteurs de production à la croissance économique	19
7.2	Lien entre l'évolution de la productivité horaire du travail et la PMF	19
8.	**Résumé, limites et conclusion**	**20**
9.	**Bibliographie**	**21**

Liste des abréviations

Annexe :

Résultats des modèles de régression linéaire sur les gains (ou pertes) de détention

Encadré :

Un profil âge-efficacité géométrique implique un profil âge-prix géométrique

Tableaux :

1. Mesures de l'activité économique et de la productivité
2. Disponibilité des séries longues de taux d'intérêt
3. Résultats des modèles de régression

Graphique :

1. Profil âge-efficacité géométrique « *double declining* » tronqué

1. Introduction

La productivité constitue un élément central des analyses de la croissance. En effet, ces dernières mettent souvent la performance économique d'un pays en relation avec la main-d'œuvre et le capital physique qui ont été utilisés. La productivité est également un indicateur précieux sur l'efficience avec laquelle les ressources à disposition d'une économie sont utilisées. Enfin, l'évolution de la productivité est souvent utilisée pour comparer les performances relatives des différentes économies.

Jusqu'à présent, les données disponibles limitaient les études à la seule productivité du travail[1]. Grâce aux travaux menés par l'Office fédéral de la statistique (OFS) en 2005 et 2006 sur l'estimation du stock de capital brut non financier, il est dorénavant possible d'obtenir des résultats sur l'évolution de l'intrant en capital et donc de la productivité multifactorielle (PMF).

Ce document présente les principales hypothèses qui ont servi de base au calcul de la croissance de la PMF en Suisse. Les réflexions reposent largement sur la méthodologie développée par l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE)[2]. Sa mise en application a nécessité certaines adaptations en fonction de la disponibilité des sources statistiques suisses. Bien que la méthodologie décrite dans ce document soit totalement compatible avec la pratique internationale, la mesure de la MFP en Suisse diffère quelque peu de celle utilisée par l'OCDE. D'une part, les données suisses reposent sur un éventail de 16 actifs fixes, alors que les résultats de l'OCDE portent sur 6 catégories. D'autre part, les données suisses sur les investissements dans la construction incluent les logements résidentiels[3], tandis que ces derniers sont exclus des données de l'OCDE. En conséquence, une certaine prudence s'impose dans l'interprétation et l'utilisation des résultats à un niveau international. Ces résultats sont régulièrement adaptés et sont disponibles sur le site Internet[4] de l'OFS sous le thème Economie nationale.

Ce rapport méthodologique présente brièvement, dans le chapitre 2, les principales notions de la productivité. Le chapitre 3 développe la méthodologie et les hypothèses relatives à la mesure des « services du capital », alors que la sélection de l'intrant en travail est traitée dans la partie 4 du document. Les chapitres 5, 6 et 7 présentent les étapes nécessaires à la mesure de la productivité multifactorielle à proprement parler ainsi que les développements analytiques y relatifs. Enfin, le chapitre 8 clôt ce document en résumant brièvement les principaux aboutissements de la mesure de la PMF en Suisse et en faisant une évaluation des travaux menés dans ce domaine par l'OFS.

2. La notion de productivité

Au sein d'une entreprise, l'activité de production implique notamment l'utilisation combinée de machines, les bâtiments, d'énergie et d main-d'œuvre. Ces différents éléments forment les facteurs de production travail et le capital. Le rapport entre le résultat de l'activité de production et l'un d'eux est appelé productivité du facteur considéré. Au moyen de ce ratio, on peut mesurer l'efficience avec laquelle est utilisé un facteur de production.

[1] Pour plus d'information sur la productivité du travail, voir par exemple : Office fédéral de la statistique (OFS), *Productivité du travail : Comparaisons internationales : le rôle des données dans l'interprétation des résultats*, Neuchâtel, 2004.
[2] Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), *Compendium of Productivity Indicators*, Paris, 2005.
[3] Faute de données suffisamment détaillées, l'exclusion des logements résidentiels dans le total des investissements sur une longue période n'est pas possible à l'heure actuelle en Suisse.
[4] www.bfs.admin.ch

Le tableau T1 ci-dessous présente les principales mesures de la productivité selon que l'on considère la valeur de production brute (VPB) ou la valeur ajoutée brute (VAB) comme mesure du résultat de l'activité économique.

Tableau T1 : Mesures de l'activité économique et de la productivité

Mesures de l'activité économique	**Mesures de l'intrant**			
	Travail	Capital	Travail & Capital	Capital, travail et entrées intermédiaires
Valeur de production brute (VPB)	Productivité du travail (VPB)	Productivité du capital (VPB)	PMF capital-travail (VPB)	KLEMS
Valeur ajoutée brute (VAB)	Productivité du travail (VAB)	Productivité du capital (VAB)	**PMF capital-travail (VAB)**	-
	Mesures de productivité unifactorielle		Mesures de productivité multifactorielle	

PMF : Productivité multifactorielle

KLEMS : Capital (K), Labour (L), Energy (E), Materials (M) and Services (S) inputs

Les mesures de productivité les plus connues sont la productivité du **travail** et la productivité du **capital**. Elles ont pour caractéristique d'être des mesures **partielles** de la productivité. En effet, chaque facteur de production est considéré isolément alors qu'il n'est pas le seul à avoir contribué à l'activité économique. On parle pour cette raison de productivité **apparente** du travail, respectivement du capital.

La productivité **multifactorielle** est une mesure de la productivité prenant en compte simultanément les deux facteurs de production travail et capital utilisés dans le processus de production. Elle mesure l'efficience avec laquelle les facteurs de production travail et capital sont utilisés dans l'activité économique.

Le tableau T1 montre que **l'activité économique** peut être mesurée soit par la valeur des biens et des services produits (ligne « Production » dans le tableau T1), soit par la valeur ajoutée brute qui résulte du processus de production (ligne « Valeur ajoutée »). La **valeur ajoutée brute** (VAB) est habituellement recommandée pour les analyses économiques et cette mesure de l'activité économique a été retenue pour les calculs faits en Suisse. En effet, la VAB tient compte uniquement des contributions nettes (soit production moins entrées intermédiaires liées à cette production) des entreprises. Au niveau d'un pays, le **produit intérieur brut** (PIB) constitue l'agrégat de référence le plus pertinent. Ce dernier mesure, moyennant certains facteurs correctifs (impôts, subventions, etc.)[5], la somme des valeurs ajoutées brutes générées par les différentes branches d'activité économique.

Le choix de la VAB comme mesure de l'activité économique implique par ailleurs que la productivité des KLEMS ne fait pas actuellement l'objet d'études officielles en Suisse. De tels travaux sont extrêmement exigeants en terme de données et la base statistique suisse laisse peu d'espoirs pour des développements dans ce domaine.

[5]Des informations supplémentaires peuvent être trouvées dans : Office fédéral de la statistique (OFS), *Une introduction à la théorie et à la pratique des Comptes nationaux « Méthodes et concepts du SEC »,*. Neuchâtel, 2003.

D'un point de vue technique, la croissance de la PMF est mesurée comme un résidu. En effet, elle correspond à la différence entre la croissance du PIB, mesuré aux prix de l'année précédente, et celle des facteurs de production travail et capital. Les apports analytiques de la PMF sont multiples : elle tient compte des changements d'allocation entre le travail et le capital au fils du temps via l'étude de l'intensité capitalistique. En outre, elle reflète non seulement les effets des évolutions techniques, mais également des économies d'échelle et des changements dans la composition du facteur travail. Vu ces dimensions multiples, il convient toutefois de ne pas associer trop étroitement la PMF et le progrès technique. Ce dernier est en effet qu'une des multiples composantes de l'évolution de la PMF. Le caractère synthétique de cette dernière est toutefois un atout important pour des analyses globales de la performance d'une économie donnée.

3. Services du capital

La notion de « services du capital » est centrale pour la mesure de la PMF. Il est important de souligner ici que ce concept s'écarte de la conception habituelle des services. Dans le langage courant, un service est une prestation acquise auprès d'un tiers qui a pour objectif de changer un état donné. Ainsi, la consultation d'un médecin a pour objectif de remédier aux symptômes d'une maladie.

En l'occurrence, le service du capital vise à mesurer la **contribution** d'un actif fixe à l'activité économique. Il convient par conséquent de construire un flux de services qui, d'une part, prend en compte la baisse progressive de **la capacité productive** d'un actif au fil du temps, et d'autre part, peut être agrégé en un **indice synthétique** afin de permettre des analyses macroéconomiques. Un travail préalable important a été la mise sur pieds du stock de capital brut non financier[6]. Il a ensuite fallu mesurer le flux des services généré par le stock de capital. Cette mesure s'effectue en deux étapes :

1. Conversion de chaque catégorie d'actifs fixes en **unités d'efficacité standard (UES).** Cette étape permet de prendre en considération la baisse de capacité productive des actifs fixes durant leur durée de vie.
2. Agrégation des UES des différents types d'actifs en un **indice global**. Pour ce faire, les coûts d'usage du capital pour les différents types d'actifs fixes sont utilisés comme coefficients de pondération.

3.1 Unités d'efficacité standard (UES)

La conversion des différentes catégories d'actifs fixes en unités d'efficacité standard a pour objectif de prendre en compte la **perte de capacité productive** des différents actifs fixes au fur et mesure que ceux-ci vieillissent. Ainsi, les actifs fixes plus anciens sont généralement moins efficaces du fait de leur usure et produiront un volume plus faible de services du capital, que des actifs plus récents.

Pour mesurer les UES, on a recours à des profils « **âge-efficacité** »[7]. Ces derniers reflètent la diminution de la quantité des services générés par les actifs fixes au cours de leur durée de vie utile de leur usure. Les profils les plus fréquemment utilisés sont les profils **géométrique** et **hyperbolique**. Ces profils ont les caractéristiques suivantes :

[6] Pour plus de renseignements voir, Office fédéral de la statistique (OFS), *Rapport méthodologique pour la mesure du stock de capital non financier pour la Suisse*, Document de travail, Neuchâtel, 2006.
[7] A noter que la mesure des UES renvoie également à la notion de profil « âge-prix ». Ce dernier décrit le prix relatif de différentes générations du même actif à un point donné dans le temps. Etant donné la méthode retenue en Suisse, ce point n'est pas détaillé plus en avant dans ce document.

- Avec un profil **hyperbolique**, on considère que la capacité productive des actifs diminue par **petites** fractions au début de leur durée de vie, puis que les pertes d'efficacité augmentent avec l'âge. Le profil « âge-efficacité » est de forme **concave.**
- Un profil **géométrique** implique une **baisse rapide** de la capacité productive des actifs fixes durant la première année de durée de vie. Par la suite, les pertes diminuent. Le profil géométrique est **convexe**.

D'intenses débats entre experts ont lieu au niveau international pour déterminer le profil le plus adéquat pour la mesure de la PMF. Une tendance se dégage actuellement pour préconiser le recours à la **méthode géométrique**. Outre les qualités intrinsèques de ce profil, qui peut être utilisé pour tous les actifs fixes, la simplicité d'utilisation de la méthode géométrique est un argument important. Les propriétés de la fonction géométrique simplifient en effet grandement l'analyse des services tirés du capital. Cette méthode a donc été retenue pour les calculs en Suisse.

On peut relever ici que c'est le profil géométrique « *double declining balance* » qui a été choisi. Par « *double declining balance* », on entend le fait que le taux de dépréciation d'un actif fixe donné est multiplié par deux. Ceci permet de tenir compte à la fois du déclin de la capacité productive d'un actif fixe dû à son **âge** (au taux constant de 1/n) et en même temps de son **taux de mortalité** (également au taux constant de 1/n)[8]. D'un point de vue technique, le profil âge-efficacité géométrique coïncide avec le profil de dépréciation de l'actif fixe en question[9].

Les coefficients du profil âge-efficacité géométrique se déterminent de la manière suivante :

$$\text{Coef}^{\,j} = (1-\delta)^j \qquad (1)$$

Où

$$\delta = \frac{1}{\frac{1}{2}\mathbf{n}} = \frac{2}{n} = \text{Taux de dépréciation anticipé (ou } \textit{ex ante}\text{)}$$

$$(1-\delta) = \left(1-\tfrac{1}{n}\right)\left(1-\tfrac{1}{n}\right) = 1-\frac{2}{n}+\frac{1}{n^2} \approx 1-\frac{2}{n} \qquad (2)$$

j = $j^{ième}$ année d'existence de l'actif[10].

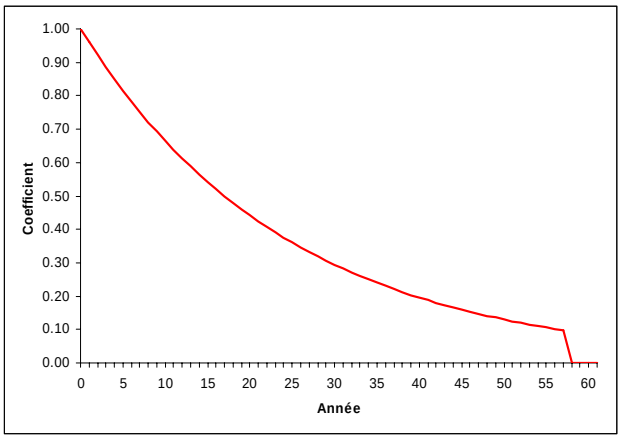
n = Durée de vie utile des actifs en années.

Un point important reste encore en suspens : jusqu'à quel moment considère-t-on qu'un actif fixe donné est capable de contribuer à l'activité économique ? Différentes options existent. Ainsi, il est possible de dire qu'un actif cesse de fournir des services à la fin de sa durée de vie utile. Ce principe de la « mort subite » reflète toutefois mal la réalité, car il est évident qu'une partie des actifs contribue plus longtemps à l'activité économique.

Le troncage tient compte de ce que les actifs fixes peuvent continuer à contribuer à l'activité économique, au-delà de leur durée de vie utile**, s**ans pour autant prolonger indéfiniment le profil âge-efficacié**.** Dans le cas présent, on considère que le processus de calcul des profils âge-efficacité s'arrête lorsque le coefficient est inférieur à 10% (voir à ce propos le graphique 1 ci-dessous). Cette manière de faire est par ailleurs conforme aux pratiques de l'OCDE.

[8] Voir également : Barbara M. Fraumeni, *The measurement of Depreciation in the U.S National Income and Product Accounts*, Survey of Current Business, July 1997.
[9] Voir: Schreyer, P., La mesure des stocks de capital, des services du capital et de la productivité multifactorielle, Revue économie de l'OCDE, No. 37, 2003/2, pp. 185-209.
[10] Par convention, l'achat d'un actif fixe se fait au 1er janvier de l'année considérée. Un actif fixe acheté en 2000 aura aussi 1 année d'existence au 1er janvier 2001.

Graphique G1 : Profil âge-efficacité géométrique « *double declining"* tronqué (exemple d'un actif fixe d'une durée de vie utile de 50 ans)



Le **service de capital de l'actif fixe** i à l'année t calculé sur la base d'un profil âge-efficacité géométrique, s'exprime de la manière suivante :

$$S_t^i = \sum_{j=0}^{n+k} (1-\delta^i)^j FBCF_{t-j}^i \qquad (3)$$

Où

$FBCF_{t-j}$ = Formation brute de capital fixe pendant l'année t-j

i = 1, …, 10 (catégories d'actifs fixes).

j = 1, 2, 3, …, n+k.

k = nombre d'années supplémentaires considéré suite au troncage.

δ^i = Taux de dépréciation anticipé de l'actif i.

n = Durée de vie utile en années.

Deux éléments importants peuvent encore être relevés ici :

1. Pour mesurer le service du capital, l'hypothèse est faite que les différentes générations d'actifs sont **parfaitement substituables**[11]. Ceci signifie que l'on fait l'hypothèse qu'un actif neuf remplace idéalement un actif ancien. Le service du capital est donc exprimé en « nouvelles unités équivalentes » de l'actif i.
2. Les données de la comptabilité nationale sur les investissements en biens d'équipement et dans la construction reposent sur une **optique « Produits »**. Ceci signifie que les informations à disposition permettent de connaître le montant des investissements effectués dans la construction de routes par exemple. Par contre, elles ne permettent pas de savoir **qui** effectue ces investissements. Cette limite des données de base a un impact important sur les possibilités d'analyse. En effet, comme il n'est pas possible de ventiler le stock de capital sur les différents secteurs ou les branches d'activité économique. La PMF peut donc être mesurée uniquement au niveau de l'**économie nationale**.

[11] Schreyer, P., (2003), *La mesure des stocks de capital, des services du capital et de la productivité multifactorielle*, Revue économie de l'OCDE, No. 37, 2003/2, pp. 185-209 et Diewert, Erwin D., *Measuring the Price and Quantity of Capital Services under Alternative Assumptions*, Department of Economics Working Paper n° 01-24, University of British Columbia, 2001, p.28.

3.2 Indice des coûts d'usage du capital

Les stocks productifs des différents actifs fixes étant calculés, il faut encore procéder à leur regroupement dans un **indice global**. Ce regroupement repose sur les **coûts d'usage du capital** (CUC). Ces derniers correspondent aux prix des services du capital. En principe, ils doivent donc refléter la productivité marginale des diverses catégories d'actifs fixes. Différents éléments jouent un rôle dans ce contexte. Ainsi, deux actifs fixes dont la valeur initiale est identique mais qui n'ont pas la même durée de vie utile ont des coûts d'usage différents. L'actif dont la durée de vie est la plus courte a un coût d'usage plus élevé. En effet, les propriétaires doivent amortir cet actif fixe sur une période plus courte.

Le coût d'usage du capital pour l'actif i à la période t se calcule de la manière suivante[12] :

$$u_o^{i,t} = P_o^{i,t}\left(r^{*t} + \delta_0 - \left(\Delta p^{i,t} - \omega^t\right)\right) \qquad (4)$$

Où

$u_o^{i,t}$ = Indice du coût d'usage du capital (2000 = 100), de l'actif fixe i à l'année t.

$P_o^{i,t}$ = Indice du prix de l'actif fixe i (2000 = 100) à l'année t.

r^{*t} = Taux d'intérêt réel de l'année t.

δ_0 = Taux d'amortissement (méthode géométrique « *double declining balance* »).

$\Delta p^{i,t}$ = Variation du prix de l'actif i entre les années t et t-1.

ω^t = Taux d'inflation[13] de l'économie de l'année t.

$\left(\Delta p^{i,t} - \omega^t\right)$ = Gain ou perte de détention.

si $\left(\Delta p^{i,t} - \omega^t\right) > 0 \Rightarrow$ Gain de détention.

si $\left(\Delta p^{i,t} - \omega^t\right) < 0 \Rightarrow$ Perte de détention.

L'équation (4) ci-dessus montre que le CUC est fonction non seulement du prix de l'actif considéré, mais également du **taux d'intérêt** qui doit être payé pour pouvoir acquérir cet actif, respectivement du coût d'opportunité qui serait supporté si l'acquisition de l'actif était financée avec des fonds propres. Le taux d'intérêt est ainsi un paramètre central pour l'évaluation. Il est présenté plus en détail dans le chapitre 2.2.1 ci-dessous.

L'équation (4) met également en avant l'influence des **gains ou pertes de détention**. Concrètement, le coût d'usage d'un actif diminue si son propriétaire peut faire un gain de détention. Ce gain reflète le fait que le prix sur le marché de l'actif fixe a augmenté plus rapidement que le niveau général des prix. A l'inverse, une perte de détention augmente le coût d'usage de l'actif vu que le propriétaire perdrait de l'argent s'il venait à vendre son actif. La problématique des gains ou pertes de détention est détaillée dans le chapitre 2.2.2 ci-dessous.

On peut encore relever l'importance de l'inflation dans l'équation (4). Outre leur lien avec les gains ou pertes de détention, les évolutions de prix ont une influence importante sur les taux d'intérêt réels.

[12] Pour plus de détails, voir Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), *Cost of capital services and the national accounts*, P. Schreyer, W. E. Diewert et A. Harrison, Working Party On National Statistics, Paris, 2005.
[13] Selon l'indice des prix à la consommation (IPC), calculé par l'OFS.

Il est de ce fait utile de préciser que l'indice des prix à la consommation de l'OFS a été retenu ici pour obtenir un taux d'intérêt réel. D'autres possibilités, telles que le déflateur du PIB, ont été écartées, car elles ne présentaient pas les qualités requises tant économiques qu'en termes de degré de détail et de disponibilité (longues séries).

Les $P_o^{i,t}$ sont des indices de prix des différentes catégories d'actifs fixes. Dans ce contexte, il convient de relever encore une « limite » de ces indices de prix. En Suisse, ces derniers font référence à la branche d'activité économique, et non aux produits. En d'autres termes, les déflateurs reposent sur une approche des prix du type « output », par opposition à une approche de prix de type « input ». En conséquence, la structure et les prix de la demande domestique pour les investissements sont approximés par les prix de l'offre domestique[14].

3.2.1 Taux d'intérêt

La pratique internationale permet de dégager **deux options** fondamentales pour le choix du taux d'intérêt réel. On peut utiliser alternativement :

- soit un taux basé sur les taux observés sur les marchés financiers. Cette option mesure un taux **exogène**.
- Soit un taux basé sur les données de la comptabilité nationale. Cette option mesure un taux **endogène**.

Le choix de l'option n'est pas sans conséquence sur les résultats. Il est donc judicieux de présenter les avantages et inconvénients de ces deux méthodes avant de présenter la solution retenue en Suisse.

3.2.1.1 Taux d'intérêt exogène

Le recours aux taux du marché a de nombreux **avantages** : les taux sont le reflet des transactions entre acteurs économiques sur les marchés financiers et correspondent donc à une réalité économique. Implicitement, ils tiennent donc compte d'imperfections du marché qui, telle la concurrence imparfaite ou les rendements d'échelle croissants, sont très difficiles à modéliser. En outre, les taux déterminent en partie le taux de rentabilité attendu des investissements. En effet, la décision d'acheter un actif fixe se fonde notamment sur la comparaison entre le taux de rentabilité attendu de l'actif et le revenu qui pourrait être retiré d'une autre utilisation des fonds (coût d'opportunité). Par exemple, dans le cas d'investissements réalisés dans l'immobilier financés par des emprunts, les entrepreneurs n'acquérront un actif que si les revenus futurs escomptés génèrent un taux de rentabilité supérieur au taux de l'emprunt.

En Suisse, l'approche du taux exogène bute sur **deux difficultés** : d'une part, les séries longues disponibles sont peu nombreuses. En effet, seules les données sur les obligations de la Confédération sont disponibles jusqu'en 1990, année de référence pour les calculs de la PMF (voir tableau T2 ci-dessous). D'autre part, les taux endogènes doivent refléter un coût d'opportunité, donc un certain **risque**. Si les calculs doivent reposer –faute de mieux- uniquement sur les taux d'intérêt des obligations de la Confédération, ils évacuent la prime de risque que l'investisseur est en droit d'attendre pour placer son argent dans un projet risqué. La difficulté de l'exercice apparaît si on fait simplement la moyenne des trois maturités de la Confédération. Le taux d'intérêt réel exogène sur la période 1990-2004 s'élève à **2,4%**.

[14] On peut encore relever le fait que les indices de prix sont exprimés aux prix de base. Pour mémoire, le prix de base est une notion de comptabilité nationale et correspond au montant que le producteur reçoit de l'acheteur par unité de bien ou service produite, le cas échéant diminué des impôts sur les produits moins les subventions sur les produits (voir le Système européen des comptes 1995 (SEC95), paragraphe §3.48.

Compte tenu de l'absence de risque dans le taux endogène, nous considérons que ce résultat représente la **borne inférieure** pour les estimations du taux d'intérêt en Suisse.

Tableau T2 : Disponibilité de séries longues de taux d'intérêt en Suisse

Intitulé	Disponible dès
Taux implicites selon la comptabilité nationale (Intérêt)	2000
Obligations de la Confédération (5 ans)	1990
Obligations de la Confédération (10 ans)	1990
Obligations de la Confédération (20 ans)	1990
Autres obligations (Confédération)	1990
Autres obligations (Cantons)	2001
Autres obligations (Banques)	2001
Autres obligations (Industries)	2001
Autres obligations (Etranger AAA)	2001
Autres obligations (Etranger AA)	2001
Autres obligations (Etranger A)	2001

Source : Banque nationale suisse, Bulletin mensuel de statistique économique.
Exception : Taux implicites selon la comptabilité nationale, source : OFS.

3.2.1.2 Taux d'intérêt endogène

Le recours à un taux d'intérêt implicite basé sur les résultats de la comptabilité nationale a comme grand **avantage** de respecter le cadre de référence sur lequel repose le PIB. En outre, il garantit la cohérence totale entre le volume des services tirés du capital et son taux de rendement. En effet, le calcul du taux endogène prend en compte l'excédent brut d'exploitation. Ce dernier correspond à la différence entre le PIB, mesuré dans le compte de production, et la rémunération des salariés[15]. L'excédent brut d'exploitation mesure ainsi notamment la rémunération (loyer) du capital et la cohérence avec le rendement des capitaux est de ce fait garantie.

Toutefois le recours au taux d'intérêt endogène implique indirectement le respect d'un certain nombre d'hypothèses de travail liées au modèle conceptuel sous-jacent. Or, ces hypothèses sont relativement lourdes. En effet, le modèle fait l'hypothèse que les rendements **d'échelle** sont **constants**[16], que la **concurrence** est **parfaite**[17] et que les acteurs économiques ont des **anticipations rationnelles**[18].

Compte tenu de ces trois hypothèses, le PIB à prix courants (PIB), selon l'approche par les revenus se calcule de la manière suivante :

$$\mathbf{PIB_t = w_t L_t + r_t K_t} \qquad (5)$$

Où

t = 1991, …, 2004.

[15] Pour plus d'information voir, Office fédéral de la statistique (OFS), *Le système de comptabilité nationale, Résultats 1998-2003, premières estimations 2004 (avec CD-Rom)*, Neuchâtel, 2005.
[16] Des rendements d'échelle constants signifient que suite à une augmentation simultanée des deux facteurs de production dans la même proportion la valeur de production augmente dans la même proportion.
[17] Sous cette hypothèse, les profits générés par les entreprises correspondent à une « juste » rémunération des facteurs de production (absence de superprofits).
[18] Les anticipations rationnelles impliquent que les taux de rentabilité attendus (ex ante) des entrepreneurs sont égaux aux taux de rentabilité observés (ex post). En d'autres termes, les prévisions et les attentes des entrepreneurs sont en moyenne correctes.

PIB_t = Produit intérieur brut à prix courants.

w_t = Taux de salaire horaire.

L_t = Intrant en travail.

r_t = Taux d'intérêt endogène du capital.

K_t = Intrant en capital.

et

w_tL_t = Rémunération totale des salariés.

r_tK_t = Excédent brut d'exploitation[19].

Dans l'équation (5) toutes les variables sont connues, sauf r_t. Ce dernier peut toutefois être estimé (hors gain/pertes de détention) sur la base de l'équation (6) ci-dessous.

$$\mathbf{r_t K_t = \sum_i \overline{u_0^{i,t}}\,\overline{S_t^i} = \sum_i \overline{p}_0^{i,t}(r_t^* + \delta_0^i)\overline{S}_t^i} \qquad (6)$$

Où

r_t^* = Taux d'intérêt réel endogène de l'année t[20]

$$\mathbf{\overline{p}_0^{i,t} = \frac{1}{2}(p_0^{i,t} + p_0^{i,t+1})}$$

$\mathbf{\overline{S}_t^i = \frac{1}{2}(S_t^i + S_{t+1}^i)}$ avec $\mathbf{S_t^i}$ représentant le stock d'actif fixe productif i à l'année t.

Comme on le voit, le recours au taux d'intérêt réel endogène implique l'acceptation d'un certain nombre d'**hypothèses de travail** qui ne font pas nécessairement l'unanimité. En outre, il convient de relever que l'excédent brut d'exploitation ne correspond pas exactement au loyer du capital dans la pratique de la comptabilité nationale. En effet, la valeur ajoutée brute contient non seulement l'excédent brut d'exploitation et la rémunération des salariés, mais également les **revenus mixtes**. Dans le système de la comptabilité nationale, ces revenus correspondent à **la rémunération des travailleurs indépendants**. Le problème tient au fait que la distinction entre la rémunération du travail d'un indépendant et le profit qu'il tire de son entreprise n'est souvent pas possible. Cependant, une séparation des revenus mixtes entre « rémunération totale des employés » et « excédent d'exploitation », est envisageable si l'on admet que :

1. Les travailleurs indépendants perçoivent un taux de rémunération identique à celui des salariés effectuant un travail similaire.

Ou que

2. Les entreprises non constituées en société tirent de leur production un revenu identique à celui des entreprises constituées, exerçant des activités similaires.

Compte tenu des données disponibles fournies par les CN[21], l'hypothèse 1 a été retenue[22]. Ainsi, la rémunération des travailleurs indépendants est déduite de l'excédent brut d'exploitation et

[19] Pour plus de détails, voir Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), *Cost of capital services and the national accounts*, P. Schreyer, W. E. Diewert et A. Harrison, Working Party On National Statistics, Paris, 2005a. Page 17.

[20] Par souci de simplification, il est fait l'hypothèse que r_t^* est constant pour toutes les catégories d'actifs fixes.

[21] Pour plus de détails voir : Office fédéral de la statistique (OFS), *Le système de comptabilité nationale, Résultats 1998-2003, premières estimations 2004 (avec CD-Rom),* Neuchâtel, 2005.

ajoutée à la rémunération des salariés calculée par les CN. En d'autres termes, dans l'équation (5) la variable « $w_t L_t$ » représente la rémunération totale des travailleurs (y compris les indépendants).

En substituant l'équation (6) dans l'équation (5), on obtient la relation suivante :

$$\mathbf{PIB_t = w_t L_t + \sum_i \bar{p}_0^{i,t}(r_t^* + \delta_0^i)\bar{S}_t^i} \quad (7)$$

$$\Rightarrow \mathbf{r_t^* = \frac{(PIB_t - w_t L_t) - \sum_i \bar{p}_0^{i,t}\bar{S}_t^i \delta_0^i}{\sum_i \bar{p}_0^{i,t}\bar{S}_t^i}} \quad (8)$$

Sur la base des données de la comptabilité nationale, le taux d'intérêt réel endogène pour la période 1990-2004 s'élève à 4,4%. On peut considérer que ce résultat est la **borne supérieure** pour les estimations suisses.

3.2.1.3 Taux intérêt réel *ex ante*

On sait que le taux d'intérêt réel qui entre dans la mesure des coûts d'usage du capital (voir équation (4) ci-dessus) est censé refléter un taux d'intérêt anticipé (*ex ante*) par les investisseurs. En effet, il constitue le coût d'opportunité que ces derniers prennent en compte dans leurs décisions. Or, le choix d'une série de taux d'intérêt réel *ex ante* n'est pas facile en Suisse. En effet, comme relevé précédemment, la notion de risque n'est pas considérée dans la mesure exogène de taux d'intérêts basée sur les obligations émises par la Confédération. De même, le recours à des taux d'intérêt endogènes implique des hypothèses et des choix lourds, voire difficilement acceptables compte tenu de la réalité économique des marchés.

Dans un tel contexte, il paraît opportun de considérer que ces deux mesures reflètent les **limites inférieures** et **supérieures** pour un taux d'intérêt réel exogène *ex ante*. La mesure du taux n'est pas réglée pour autant. En ligne avec la pratique d'autres pays, l'OFS a décidé de prendre comme estimation du taux d'intérêt réel *ex ante* la **valeur moyenne** du taux exogène moyen (2,4%) et du taux endogène moyen (4,4%). Le taux retenu en Suisse est ainsi de **3,4%**. La solution retenue par la Suisse a l'avantage de reposer sur des données propres. En outre, la méthode permet de disposer d'un taux réel *ex ante* prenant en compte les imperfections du marché, tout en respectant également le cadre de référence de la comptabilité nationale. Le résultat final est également cohérent avec le fait que les taux d'intérêt en Suisse sont relativement bas en comparaison des pays voisins.

Pour conclure, on peut encore relever qu'afin de respecter l'optique ex ante, le taux est appliqué **pour toutes les années**. En d'autres termes, le taux de 3,4% est une constante pour toute la période sous revue.

3.2.2 Gains / pertes de détention

Comme explicité dans la partie introductive du chapitre, le coût d'usage du capital représente le coût d'opportunité de l'utilisation de l'intrant en capital dans le processus de production. Il convient donc de prendre en compte l'impact des **gains/pertes de détention**.

[22] Notons que ces deux hypothèses sont l'une et l'autre tout autant justes et plausibles. Toutefois, dans un cas comme dans l'autre, les résultats obtenus sont passablement différents.

Selon le système de référence de la comptabilité nationale, à savoir le Système européen des comptes de 1995 (SEC 95) [23], édicté par l'Union européenne, les gains/pertes de détention sont :

> « la conséquence des variations du prix des actifs. Le seul facteur à l'origine des gains (ou pertes) de détention est la détention dans le temps des actifs concernés qui ne subissent aucune transformation, quelle qu'elle soit. Les gains (ou pertes) de détention mesurés sur la base des prix courants des actifs sur le marché sont appelés gains et pertes nominaux de détention. Ils peuvent être décomposés en gains et pertes neutres de détention, qui reflètent les variations du niveau général des prix, et en gains et pertes réels de détention, qui rendent compte des fluctuations des prix relatifs des actifs ».
>
> « Les valeurs des gains réels de détention réalisés sur des actifs dépendent donc des fluctuations moyennes des autres prix telles que mesurées par l'indice général des prix ».

Pour rappel, selon l'équation (4) ci-dessus, les gains/pertes de détentions se définissent comme la différence entre la variation du prix de chaque actif et le taux d'inflation[24] de l'économie.

Leur prise en compte se heurte toutefois à deux **problèmes** majeurs :

1. En période de forte inflation, le coût d'usage du capital peut littéralement exploser.
2. Si la variation du prix d'un actif est très élevée, il se peut que son coût d'usage du capital devienne négatif. En effet, le **gain** de détention sera tel qu'il fera plus que compenser le prix initial, le taux d'intérêt et l'amortissement. Or, ceci n'a pas de sens d'un point de vue économique.

Il est particulièrement difficile de trouver une solution au deuxième problème. Ainsi, l'évolution des prix des investissements dans la construction peut être affectée par le prix du terrain. En principe selon le SEC 95, ce dernier est exclu de la valeur de l'investissement, mais on ne peut garantir un respect entier de cette prescription. Par conséquent, il est possible que les évolutions de prix des terrains affectent les prix des investissements et les évolutions relatives des prix peuvent poser un réel problème.

Dans un tel contexte, on pourrait faire l'hypothèse simplificatrice que les anticipations des entrepreneurs sur l'évolution du prix de l'actif i correspondent exactement aux anticipations relatives au taux d'inflation. En conséquence $\left(\Delta p^{i,t} - \omega^t\right)$ serait égal à zéro. Dans ces conditions, le coût d'usage du capital s'écrirait alors de la manière suivante :

$$u_o^{i,t} = P_o^{i,t}\left(r^{*t} + \delta_0\right) \qquad (9)$$

Cette hypothèse est toutefois trop radicale, et elle n'est par conséquent pas retenue dans le présent rapport.

Afin d'éviter d'être confronté aux deux problèmes mentionnés ci-dessus et dans le respect de la vision *ex ante* des coûts d'usage du capital (voir chapitre 2.2.1.1), les séries *ex post* de gains/pertes de détention, propres à chaque catégorie d'actifs fixes, ont fait l'objet d'une **procédure de lissage**. Par souci de simplification, ce traitement statistique a été effectué sur les gains/pertes de détention globaux, à savoir $\left(\Delta p^{i,t} - \omega^t\right)$, et non sur chaque composante prise individuellement.

[23] Pour plus de détail voir § 7.40, Office statistique des communautés européennes (Eurostat), *Système européen de comptes, SEC 1995*, Office des publications officielles des Communautés Européennes, Luxembourg, 1996.
[24] Selon l'indice des prix à la consommation (IPC), calculé par l'OFS.

Un modèle de régression linéaire simple, est calculé pour chaque série de gains/pertes de détention *ex post.* On vérifie ensuite si la **pente** de chaque droite de régression est **statistiquement différente de zéro** (pour un seuil de 5%).

Si des tendances significatives sont mises en évidence, celles-ci sont prises en compte lors de la mesure des séries de gains/pertes de détention *ex ante*. Ces derniers correspondent aux valeurs estimées par les modèles de régression. A défaut, ils sont estimés sur la base d'une **simple moyenne arithmétique**.

Le défi central devient par conséquent la **détection d'une tendance** dans les séries de gains/pertes de détention *ex post*.

Le modèle de régression linéaire simple suivant est calculé pour chaque catégorie d'actifs fixes, sur la période 1980 – 2004 :

$$\text{Gains_pertes_détention}_t^i = \beta_0 + \beta_1 t + \varepsilon \qquad (10)$$

Où

i = 1, …, 10 (catégories d'actifs fixes)

t = 1980, …, 2004

Le tableau T3 ci-dessous, résume les résultats obtenus pour chaque modèle de régression. Les résultats complets sont disponibles dans l'annexe de ce document.

Tableau T3 : Résultats des modèles de régression

Variable dépendante	$\hat{\beta}_1$	*p-value*
Métaux	-0.006463	0.9799
Machines et d'équipements	-0.039935	0.5376
Machines de bureau, d'ordinateurs	-0.422520	**0.0004**
Machines et d'appareils électriques	-0.096855	0.2126
Equip. de radio, de TV et de communication	-0.280197	**0.0009**
Instr. médicaux et de précision, horlogerie	-0.129231	0.1190
Automobile	-0.056233	0.3769
Autres moyens de transport	0.057169	0.5986
Produits informatiques	-0.235699	**0.0497**
Construction	0.006671	0.9288

Source : OFS

On constate que les produits informatiques, les équipements de radio de télévision et de communication, et les machines de bureau et d'ordinateurs, présentent une pente statistiquement différente de zéro[25]. En conséquence, **pour ces 3 catégories**, les gains (ou pertes) de détention estimés par le modèle de régression sont utilisés dans le calcul des CUC**.**

Pour les autres catégories d'actifs fixes, on prend la moyenne arithmétique des gains/pertes de détention sur la période 1980 – 2004.

Grâce à la procédure de lissage, il est possible d'obtenir des gains/pertes de détention attendus ou anticipés. En conséquence, l'équation (4) ci-dessus ne contient, à l'exception du prix des

[25] En d'autres termes, la *p-value* doit être inférieure ou égale à 0,05.

actifs ($P_0^{i,t}$), que des éléments *ex ante*. De plus, le recours à des séries lissées permet d'éviter d'avoir des coûts négatifs d'usage du capital.

3.3 Indice des services tirés du capital

Les chapitres précédents ont montré comment les catégories d'actifs fixes sont converties en unités d'efficacité standard et la manière de calculer les coûts d'usage du capital. Il reste encore à examiner la mesure de l'**indice** de volume des services tirés du capital[26].

Etant donné l'hétérogénéité des différentes catégories d'actifs, les unités d'efficacité standard sont **pondérées** par les coûts d'usage du capital propres à chaque catégorie d'actifs fixes. L'OCDE recommande le recours à un indice de **Törnqvist** pour mesurer un indice de volume des services du capital[27].

Cet indice utilise les coûts d'usage moyen de chaque actif comme facteur de pondération du taux d'évolution des services du capital. Etant donné que les coûts d'usage du capital reflètent la productivité marginale des différents actifs (voir chapitre 3.2), ils permettent d'agréger des investissements hétérogènes. On obtient ainsi une mesure globale du capital productif.

Cet indice est privilégié à celui de Fisher afin de garantir une cohérence dans le processus de calcul de la PMF. En effet, l'indice ainsi mesuré des services tirés du capital entre dans le processus final de calcul de la productivité multifactorielle (voir chapitre 6). Or, l'indice de la PMF repose sur un indice de Törnqvist. Dans un souci d'homogénéité et de rigueur scientifique, il est dès lors nécessaire d'appliquer la même méthode tout au long du processus de calcul.

L'indice de Törnqvist des services du capital s'écrit :

$$\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) = \sum_i \tfrac{1}{2}\left[\frac{u_t^i S_t^i}{\sum_i u_t^i S_t^i} + \frac{u_{t-1}^i S_{t-1}^i}{\sum_i u_{t-1}^i S_{t-1}^i}\right] \ln\left(\frac{S_t^i}{S_{t-1}^i}\right) \qquad (11)$$

Où

t = 1991, …, 2004.

s_t^i = Service du capital de l'actif i en t.

4. Intrant en travail

Le chapitre 3 a présenté les différentes hypothèses de travail retenues pour la mesure du facteur capital. Il reste encore à examiner l'intrant en travail retenu pour la mesure de la PMF. Ici encore, la référence au cadre de référence des Comptes nationaux, le SEC 95, est de mise. Ce dernier prévoit quatre sources **alternatives** pour mesurer l'intrant en travail, brièvement présentées ci-dessous :

1. Nombre de personnes actives occupées

Les personnes occupées comprennent tous les individus (salariés et travailleurs indépendants) qui exercent une activité entrant dans le processus de production. Ce concept est particulièrement adéquat pour analyser la situation d'un groupe de personnes sur le marché du travail. Par contre, il n'est **pas approprié** pour une analyse de la productivité. En effet, un

[26] Les taux de croissance sont mesurés, dans ce document, selon la méthode logarithmique. $\Delta X_t = \frac{1}{k}\ln\left(\frac{X_{t+k}}{X_t}\right)$, où k représente le nombre de périodes considérées.

[27] Source : Schreyer, P., (2003), *La mesure des stocks de capital, des services du capital et de la productivité multifactorielle*, Revue économie de l'OCDE, No. 37, 2003/2, p. 191.

individu ayant plusieurs emplois sera compté une fois uniquement à partir de son activité principale. De plus, ce concept ne prend pas en compte l'évolution du temps de travail effectif. En effet, il attribue le même poids à un emploi à temps partiel qu'à un emploi à plein temps.

2. Nombre d'emplois

Par emploi, il faut entendre toutes les activités exercées dans le cadre du processus de production. Ce concept est préférable à celui de personnes occupées, mais **il n'est pas pour autant la meilleure mesure** de l'intrant en travail. En effet, le traitement du travail à temps partiel pose également problème.

3. Nombre d'heures effectivement travaillées

Le total des heures travaillées représente la somme des heures effectivement ouvrées par les salariés et les travailleurs indépendants au cours d'une période comptable dans le cadre des activités de production. Cette mesure tient ainsi compte de l'effet des heures d'absences, des vacances ou des congés maladie. Elle constitue la seule véritable mesure du « volume » de travail et est reconnue comme étant la **mesure la plus appropriée** pour le calcul de la productivité par les organisations internationales.

4. Nombre d'emplois en équivalence plein temps

Il s'agit d'une mesure intermédiaire entre le nombre d'emplois et le nombre d'heures effectivement travaillées. L'emploi en équivalence plein temps (ou emploi en EPT) se définit comme le nombre total d'heures travaillées divisé par la moyenne annuelle des heures travaillées dans des emplois à plein temps sur le territoire économique. L'emploi en EPT est une **mesure satisfaisante** pour calculer la productivité du travail. Il ne peut toutefois pas toujours rendre compte de l'évolution de la durée effective du travail.

4.1 Choix de l'unité de mesure

Comme on le voit, les organisations internationales, et notamment l'OCDE recommandent d'utiliser les **heures effectivement travaillées** pour calculer la productivité. En Suisse, les heures effectivement travaillées sont mesurées à l'aide de la statistique du volume de travail (SVOLTA[28]). Cette dernière recense les heures effectivement ouvrées par les salariés et les travailleurs indépendants au cours d'une période comptable dans le cadre des activités de production. La statistique des heures effectivement travaillées suit pleinement les recommandations internationales et les résultats de la Suisse sont parfaitement comparables à ceux de ses principaux partenaires économiques. Les données sur les heures effectivement travaillées sont disponibles depuis 1991.

4.2 Coût d'usage du travail

Comme mentionné dans le chapitre 3.2.1.2, la mesure du coût de l'utilisation du facteur travail nécessite une procédure d'ajustement. En effet, la rémunération des salariés, calculée par la comptabilité nationale, ne prend pas en considération la **rémunération des travailleurs indépendants**. Cette dernière est comprise dans l'excédent brut d'exploitation, mais elle n'apparaît pas en tant que telle dans la séquence de compte. Il convient donc d'estimer cette rémunération afin d'obtenir la rémunération totale de l'intrant de travail.

Conformément à la méthodologie de l'OCDE[29], l'estimation de la rémunération totale des travailleurs (y compris les indépendants) repose sur l'expression suivante :

$$\mathbf{W_t} = \left(\frac{\mathbf{REMUN_t}}{\mathbf{EMPL_t}}\right)\mathbf{EMPLTOT_t} \qquad (12)$$

Où

[28] Pour plus de détails, voir : Office fédéral de la statistique (OFS*), Indicateurs du marché du travail 2005*, Neuchâtel, 2006.
[29] Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), *Compendium of Productivity Indicators*, Paris, 2005b.

t = 1991, …, 2004.

W_t = Rémunération totale de l'intrant en travail.

$REMUN_t$ = Rémunération des salariés.

$EMPL_t$ = Nombre de travailleurs dépendants (hors indépendants et collaborateurs familiaux).

$EMPLTOT_t$ = Nombre total de personnes actives occupées (y compris les indépendants).

Etant donné que la variable $EMPLTOT_t$ contient non seulement les travailleurs indépendants mais également les indépendants, ces derniers ont été soustraits afin d'obtenir la variable $EMPL_t$. Celle-ci correspond au nombre de personnes actives occupées dépendantes. En Suisse, la distinction entre travailleurs indépendants et dépendants, dans la statistique sur la population active occupée (SPAO)[30], est disponible uniquement pour le milieu du second trimestre de l'année t. Ainsi, l'estimation du nombre annuel de travailleurs indépendants repose sur l'hypothèse que la part des indépendants dans le total des personnes actives occupées au milieu du deuxième trimestre est également valable pour le total de l'année.

Le nombre de travailleurs indépendants de l'année t, se calcule comme suit :

$$\mathbf{INDEP_t} = \left(\frac{\mathbf{INDEP_{2T,t}}}{\mathbf{EMPLTOT_{2T,t}}} \right) \mathbf{EMPLTOT_t} \qquad (13)$$

Où

$\left(\frac{\mathbf{INDEP_{2T,t}}}{\mathbf{EMPLTOT_{2T,t}}} \right)$ = Part, en %, des travailleurs indépendants dans le total des actifs occupés au milieu du second trimestre de l'année t.

Afin d'obtenir une estimation du nombre de travailleurs dépendants de l'année t ($EMPL_t$), les indépendants annuels ($INDEP_t$), calculés dans l'équation (13) sont soustraits aux personnes actives occupées annuelles pour la période t ($EMPLTOT_t$).

$$\mathbf{EMPL_t = EMPLTOT_t - INDEP_t} \qquad (14)$$

5. Indice du coût total des facteurs de production

Les coûts d'utilisation des intrants en travail et en capital étant calculés, il convient de déterminer leur part relative dans le coût total des facteurs de production (C_t). Ces dernières serviront de coefficient de pondération lors de l'agrégation des facteurs de production en un indice des coûts totaux d'utilisation des facteurs de production (voir à ce sujet le chapitre 6).

Le coût total d'utilisation des facteurs de production s'écrit :

$$\mathbf{C_t = W_t + \sum_i u_t^i S_t^i} \qquad (15)$$

La **part du coût de l'intrant en travail** dans le coût total est mesurée par :

$$\mathbf{s_t^L = \frac{W_t}{W_t + \sum_i u_t^i S_t^i}} \qquad (16)$$

[30] Pour plus d'informations voir, Office fédéral de la statistique (OFS*), Indicateurs du marché du travail 2005*, Neuchâtel, 2006.

La **part du coût de l'intrant en capital** dans le coût total est donnée par :

$$s_t^S = \frac{\sum_i u_t^i s_t^i}{W_t + \sum_i u_t^i s_t^i} \qquad (17)$$

6. Indice de la productivité multifactorielle

Avant de procéder au calcul à proprement parler de la PMF, il convient encore d'agréger les intrants en travail et en capital (équations 11, 16 et 17) en un indice global. Ce dernier repose sur un indice de volume de Törnqvist (voir chapitre 3.3) et se calcule de la manière suivante :

$$\ln\left(\frac{X_t}{X_{t-1}}\right) = \tfrac{1}{2}(s_t^L + s_{t-1}^L)\ln\left(\frac{L_t}{L_{t-1}}\right) + \tfrac{1}{2}(s_t^S + s_{t-1}^S)\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right), \qquad (18)$$

Où

$\ln\left(\frac{L_t}{L_{t-1}}\right)$ = Taux d'évolution de l'intrant de travail, mesuré en heures effectivement travaillées.

$\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right)$ = Taux d'évolution de l'intrant de capital.

$\ln\left(\frac{X_t}{X_{t-1}}\right)$ = Taux d'évolution des intrants totaux.

L'évolution de la productivité multifactorielle correspond alors à la différence entre le taux de croissance du produit intérieur brut et le taux d'évolution des intrants totaux.

$$\ln\left(\frac{PMF_t}{PMF_{t-1}}\right) = \ln\left(\frac{PIB_t}{PIB_{t-1}}\right) - \ln\left(\frac{X_t}{X_{t-1}}\right) \qquad (19)$$

Où

$\ln\left(\frac{PIB_t}{PIB_{t-1}}\right)$ = Taux d'évolution du PIB aux prix de l'année précédente année de référence 2000.

7. Développements analytiques

Comme mentionné dans la partie introductive de ce document, la productivité multifactorielle mesure notamment l'efficience avec laquelle les intrants capital et travail sont utilisés dans l'activité de production. Il s'agit d'une mesure plus étendue de l'efficience que la productivité du travail. Ce chapitre présente deux développements analytiques majeurs qu'il est désormais possible de mesurer pour l'économie suisse :

1. La mesure de la contribution des facteurs de production à la croissance de l'activité économique. Cette mesure est présentée dans le chapitre 7.1 ci-dessous.
2. Le lien entre le taux d'évolution de la PMF et de la productivité horaire du travail. Ce lien est présenté dans le chapitre 7.2 ci-dessous.

7.1 Contributions[31] des facteurs de production à la croissance économique

En substituant l'équation (18) dans l'équation (19), il est possible de mesurer les contributions des facteurs de production à la croissance économique.

$$\ln\left(\frac{\mathbf{PMF_t}}{\mathbf{PMF_{t-1}}}\right) = \ln\left(\frac{\mathbf{PIB_t}}{\mathbf{PIB_{t-1}}}\right) - \alpha\ln\left(\frac{\mathbf{L_t}}{\mathbf{L_{t-1}}}\right) - (1-\alpha)\ln\left(\frac{\mathbf{S_t}}{\mathbf{S_{t-1}}}\right) \qquad (20)$$

Où

$\alpha = \frac{1}{2}(s_t^L + s_{t-1}^L)$ = Part du coût du travail dans le coût total des intrants

$\ln\left(\frac{L_t}{L_{t-1}}\right)$ = Taux d'évolution de l'intrant en travail

$\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right)$ = Taux d'évolution de l'intrant en capital

Après réorganisation des termes, l'équation (20) devient :

$$\ln\left(\frac{\mathbf{PIB_t}}{\mathbf{PIB_{t-1}}}\right) = \ln\left(\frac{\mathbf{PMF_t}}{\mathbf{PMF_{t-1}}}\right) + \alpha\ln\left(\frac{\mathbf{L_t}}{\mathbf{L_{t-1}}}\right) + (1-\alpha)\ln\left(\frac{\mathbf{S_t}}{\mathbf{S_{t-1}}}\right) \qquad (21)$$

Les **facteurs contribuant à la croissance du PIB** sont la croissance de l'intrant en travail, la croissance de l'intrant en capital et de la croissance de la PMF. Comme relevé précédemment, cette dernière composante mesure notamment l'efficience avec laquelle les intrants sont utilisés dans le processus de production. En d'autres termes, elle reflète notamment les productivités combinées du travail et du capital. Les contributions des intrants de travail et de capital, quant à elles, indiquent l'évolution de la quantité de travail et de capital, et donc l'intensité capitalistique, qui est intégrée dans le processus de production.

7.2 Lien entre l'évolution de la productivité horaire du travail et de la PMF

A partir de l'équation (20) ci-dessus, il est relativement aisé de mettre en évidence le lien qui existe entre la productivité multifactorielle et la productivité horaire du travail.

Après soustraction des deux côtés de l'équation du taux de croissance de l'intrant en travail, on obtient :

$$\ln\left(\frac{\mathbf{PMF_t}}{\mathbf{PMF_{t-1}}}\right) - \ln\left(\frac{\mathbf{L_t}}{\mathbf{L_{t-1}}}\right) = \underbrace{\ln\left(\frac{\mathbf{PIB_t}}{\mathbf{PIB_{t-1}}}\right) - \ln\left(\frac{\mathbf{L_t}}{\mathbf{L_{t-1}}}\right)}_{\ln\left(\frac{LP_t}{LP_{t-1}}\right) = \text{ Taux de croissance de la productivité horaire du travail}} - \alpha\ln\left(\frac{\mathbf{L_t}}{\mathbf{L_{t-1}}}\right) - (1-\alpha)\ln\left(\frac{\mathbf{S_t}}{\mathbf{S_{t-1}}}\right) \qquad (22)$$

Après simplification, l'équation (22) devient :

$$\ln\left(\frac{PMF_t}{PMF_{t-1}}\right) - \ln\left(\frac{L_t}{L_{t-1}}\right) = \ln\left(\frac{LP_t}{LP_{t-1}}\right) - \alpha\ln\left(\frac{L_t}{L_{t-1}}\right) - (1-\alpha)\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) \qquad (23)$$

[31] Pour plus de détails sur la mesure et l'interprétation des contributions, voir : Office fédéral de la statistique (OFS), *L'économie suisse des années 90 à nos jours, Faits marquants et analyses conjoncturelles*, Neuchâtel, 2005..

Comme le montre l'équation (24) ci-dessous, le taux de variation de la productivité du travail peut se décomposer en deux éléments : la variation de la productivité multifactorielle et la variation de l'intensité capitalistique.

$$\ln\left(\frac{LP_t}{LP_{t-1}}\right) = \ln\left(\frac{PMF_t}{PMF_{t-1}}\right) + (1-\alpha)\underbrace{\left[\ln\left(\frac{S_t}{S_{t-1}}\right) - \ln\left(\frac{L_t}{L_{t-1}}\right)\right]}_{\text{Variation de l'intensité capitalistique}} \qquad (24)$$

Le taux d'évolution de la productivité horaire du travail correspond à la somme de la PMF et de l'intensité capitalistique, pondérée par la part du coût du capital dans le coût total des facteurs de production.

8. Résumé, limites et conclusion

Ce document présente la méthodologie utilisée par l'OFS pour estimer le taux de croissance de la productivité multifactorielle (PMF). Basée sur les recommandations de l'OCDE, cette méthodologie tient compte des particularités de l'appareil statistique suisse et repose principalement sur les données de la comptabilité nationale. Ceci garantit une cohérence totale avec le cadre permettant de calculer le produit intérieur brut (PIB) et le respect des règles du système des comptes (SEC 95).

Les principaux aboutissements de la mesure du taux de croissance de la PMF peuvent se résumer de la manière suivante :

- Le taux de croissance de la productivité multifactorielle correspond à la différence entre le taux d'évolution du produit intérieur brut, mesuré aux pris de l'année précédente, et le taux de variation des intrants en travail et en capital combinés. La PMF mesure notamment l'efficience avec laquelle les intrants sont utilisés dans le processus de production.
- Le stock de capital brut non financier n'entre pas en tant que tel dans la mesure de la productivité du capital et donc de la productivité multifactorielle. Il est nécessaire d'estimer des services du capital.
- Pour estimer ces services, il faut d'abord convertir chaque catégorie d'actifs fixes en unités d'efficacité standard. Cette conversion est effectuée, en Suisse, sur la base d'un profil géométrique « *double declining* » tronqué.
- Les unités ainsi calculées sont regroupées en un indice global grâce aux coûts d'usage du capital. On utilise un indice de Törnqvist pour d'obtenir un indice global des services tirés du capital.
- Les coûts d'usage du capital requièrent, quant à eux, un taux d'intérêt réel *ex ante* et des gains/pertes de détention *ex ante*. Le taux d'intérêt réel retenu en Suisse est une moyenne entre un taux endogène et un taux exogène. Ce faisant, on évite de contraindre le cadre analytique avec des éléments qui ne correspondent pas à la situation de l'économie suisse. Des séries lissées ont été utilisées pour tenir compte des gains/pertes de détention *ex ante*.
- Pour le facteur travail, les heures effectivement travaillées sont retenues, car elles constituent la meilleure mesure de l'intrant en travail.
- La valeur ajoutée brute, respectivement le PIB, est retenue comme mesure de l'activité économique.
- La croissance du PIB peut se décomposer en contributions des facteurs de production et de la PMF.
- Le taux d'évolution de la productivité horaire du travail correspond à la somme des taux d'évolution de la PMF et de l'intensité capitalistique (rapport entre le capital et le travail), pondérée par la part du coût du capital dans le coût total des facteurs de production.

Dans ses démarches, l'OFS a cherché à utiliser au mieux l'information existante. Les résultats de ces travaux ont fait l'objet d'un *screening* informel de la part de l'OCDE. Celle-ci estime que la démarche adoptée est similaire à ce qui est fait dans les autres pays qui ont procédé à de telles estimations. Les résultats peuvent de ce fait être considérés comme étant de bonne qualité.

Il est cependant avéré qu'une telle démarche bute inévitablement sur certaines limites, tant au niveau des concepts qu'au niveau des données. Ainsi, il est discutable de faire l'hypothèse que les différentes générations d'actifs sont parfaitement substituables. Le progrès technique et les effets de qualité affectent de toute évidence les performances des différents actifs. De même, il serait utile d'avoir des données sur les investissements par branche d'activité afin d'en déterminer l'origine.

Il est toutefois évident que ce type d'information peut être obtenu uniquement via des enquêtes supplémentaires auprès des entreprises. Une analyse coûts-bénéfices sommaire suggère que le gain en informations pour l'analyste ne compense pas toujours le surcroît de charges pour les entreprises. Les travaux détaillés dans ce document sont donc le reflet d'un avantageux équilibre entre les exigences des analystes et les attentes des fournisseurs de données. A ce titre, ils fournissent un input supplémentaire pour les décideurs sans engendrer une charge supplémentaire pour les fournisseurs de données.

9. Bibliographie

Barbara M. Fraumeni, *The measurement of Depreciation in the U.S National Income and Product Accounts*, Survey of Current Business, July 1997.

Burda Michael, Wyplosz Charles, Macroéconomie une perspective européenne, 3ième édition, Debock, 2003.

Diewert, Erwin D., *Measuring the Price and Quantity of Capital Services under Alternative Assumptions*, Department of Economics Working Paper n° 01-24, University of British Columbia, 2001.

Dirk Pilat et Paul Schreyer, *Aperçu de la base de données sur la productivité de l'OCDE*, Observateur international de la productivité, numéro 8, printemps 2004.

Dodge Y., *Statistique, dictionnaire encyclopédique*, Dunod, Paris, 1993.

Fernald, J. G. & Basu, S., « Why is Productivity Procyclical? Why do we Care? », International Finance Discussions Papers, No. 638, Board of Governors of the Federal Reserve System, 1996.

Office fédéral de la statistique (OFS*), Indicateurs du marché du travail 2004*, Neuchâtel, 2004.

Office fédéral de la statistique (OFS), *L'économie suisse des années 90 à nos jours, Faits marquants et analyses conjoncturelles*, Neuchâtel, 2005.

Office fédéral de la statistique (OFS), *Le système de comptabilité nationale, Résultats 1998-2003, premières estimations 2004 (avec CD-Rom)*, Neuchâtel, 2005.

Office fédéral de la statistique (OFS), *Productivité du travail : Comparaisons internationales : le rôle des données dans l'interprétation des résultats*, Neuchâtel, 2004.

Office fédéral de la statistique (OFS), S*tock de capital non financier*, Rapport méthodologique, Neuchâtel, 2006.

Office statistique des communautés européennes (Eurostat), *Système européen de comptes, SEC 1995*, Office des publications officielles des Communautés Européennes, Luxembourg, 1996.

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), *Compendium of Productivity Indicators*, Paris, 2005.

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), *Cost of capital services and the national accounts*, P. Schreyer, W. E. Diewert et A. Harrison, Working Party On National Statistics, Paris, 2005.

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), *La mesure du capital*, Manuel de l'OCDE, Paris, 2001.

Schreyer, P., *Manuel de la productivité de l'OCDE : Guide de mesure de la productivité intra industrielle et inter industrielle*, Observateur international de la productivité, No. 2, Printemps 2001.

Schreyer, P., *La mesure des stocks de capital, des services du capital et de la productivité multifactorielle*, Revue économie de l'OCDE, No. 37, 2003/2, pp. 185-209.

Schreyer P. et Pilat D. (2001), *Mesurer la productivité*, Revue économique de l'OCDE, No. 33, 2001/II, pp. 137-184.

Wölfl, A. & Hajkova, D., *Measuring Multifactor Productivity Growth*, *29th* General Conference of The International Association for Research in Income and Wealth, August 2006.

Liste des abréviations

BNS	Banque nationale suisse
CN	Comptes nationaux
CUC	Coût d'usage du capital
EBE	Excédent brut d'exploitation
FBCF	Formation brute de capital fixe
IPC	Indice des prix à la consommation
MIP	Méthode de l'inventaire permanent
OCDE	Organisation de coopération et de développement économique
OFS	Office Fédéral de la Statistique
PIB	Produit intérieur brut
PMF	Productivité multifactorielle
SDCB	Stock de capital brut
SDCN	Stock de capital net
SEC 95	Système européen des comptes nationaux et régionaux 1995
SPAO	Statistique sur la population active occupée
SVOLTA	Statistique sur le volume de travail
UES	Unité d'efficacité standard
VAB	Valeur ajoutée brute
VPB	Valeur de production brute

ANNEXE : Gains/pertes de détention : Résultats des modèles de régression linéaire simple

Dependent Variable: **Métaux**
Method: Least Squares
Date: 07/03/06 Time: 11:35
Sample: 1980 2004
Included observations: 25
NOGA28=C(1)+C(2)*ANNEE

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	111.5156	504.6173	0.220990	0.8271
C(2)	-0.006463	0.253320	-0.025512	0.9799

R-squared	0.000028	Mean dependent var	98.64210
Adjusted R-squared	-0.043449	S.D. dependent var	8.941412
S.E. of regression	9.133593	Akaike info criterion	7.338414
Sum squared resid	1918.718	Schwarz criterion	7.435924
Log likelihood	-89.73017	Durbin-Watson stat	2.626787

Dependent Variable: **Machines et équipements**
Method: Least Squares
Date: 07/03/06 Time: 11:36
Sample: 1980 2004
Included observations: 25
NOGA29=C(1)+C(2)*ANNEE

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	178.4238	127.1290	1.403486	0.1738
C(2)	-0.039935	0.063819	-0.625746	0.5376

R-squared	0.016739	Mean dependent var	98.87386
Adjusted R-squared	-0.026011	S.D. dependent var	2.271686
S.E. of regression	2.301040	Akaike info criterion	4.581218
Sum squared resid	121.7801	Schwarz criterion	4.678728
Log likelihood	-55.26523	Durbin-Watson stat	1.289429

Dependent Variable: **Machines de bureau, ordinateurs et autres équipements informatiques**
Method: Least Squares
Date: 07/03/06 Time: 11:36
Sample: 1980 2004
Included observations: 25
NOGA30=C(1)+C(2)*ANNEE

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	937.8745	204.4423	4.587477	0.0001
C(2)	-0.422520	0.102631	-4.116881	0.0004

R-squared	0.424262	Mean dependent var	96.21516
Adjusted R-squared	0.399230	S.D. dependent var	4.774151
S.E. of regression	3.700414	Akaike info criterion	5.531385
Sum squared resid	314.9405	Schwarz criterion	5.628895
Log likelihood	-67.14231	Durbin-Watson stat	1.131473

Dependent Variable: **Machines et appareils électriques**
Method: Least Squares
Date: 07/03/06 Time: 11:36
Sample: 1980 2004
Included observations: 25
NOGA31=C(1)+C(2)*ANNEE

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	291.1195	150.4965	1.934394	0.0655
C(2)	-0.096855	0.075550	-1.281998	0.2126

R-squared	0.066692	Mean dependent var	98.18449
Adjusted R-squared	0.026113	S.D. dependent var	2.760270
S.E. of regression	2.723992	Akaike info criterion	4.918692
Sum squared resid	170.6631	Schwarz criterion	5.016203
Log likelihood	-59.48366	Durbin-Watson stat	1.316235

Dependent Variable: **Equipements de radio, de télévision et de communication**
Method: Least Squares
Date: 07/03/06 Time: 11:42
Sample: 1980 2004
Included observations: 25
NOGA32=C(1)+C(2)*ANNEE

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	655.2261	146.7480	4.464975	0.0002
C(2)	-0.280197	0.073668	-3.803500	0.0009

R-squared	0.386120	Mean dependent var	97.07380
Adjusted R-squared	0.359430	S.D. dependent var	3.318702
S.E. of regression	2.656144	Akaike info criterion	4.868246
Sum squared resid	162.2673	Schwarz criterion	4.965756
Log likelihood	-58.85308	Durbin-Watson stat	1.491592

Dependent Variable: **Instruments médicaux et instruments de précision et d'optique, horlogerie**
Method: Least Squares
Date: 07/03/06 Time: 11:42
Sample: 1980 2004
Included observations: 25
NOGA33=C(1)+C(2)*ANNEE

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	355.3196	158.9484	2.235440	0.0354
C(2)	-0.129231	0.079793	-1.619583	0.1190

R-squared	0.102371	Mean dependent var	97.89116
Adjusted R-squared	0.063343	S.D. dependent var	2.972661
S.E. of regression	2.876972	Akaike info criterion	5.027972
Sum squared resid	190.3703	Schwarz criterion	5.125482
Log likelihood	-60.84965	Durbin-Watson stat	1.116712

Dependent Variable: **Automobile**
Method: Least Squares
Date: 07/03/06 Time: 11:42
Sample: 1980 2004
Included observations: 25
NOGA34=C(1)+C(2)*ANNEE

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	210.8516	124.3164	1.696089	0.1034
C(2)	-0.056233	0.062407	-0.901069	0.3769

R-squared	0.034097	Mean dependent var	98.83465
Adjusted R-squared	-0.007898	S.D. dependent var	2.241297
S.E. of regression	2.250131	Akaike info criterion	4.536473
Sum squared resid	116.4511	Schwarz criterion	4.633983
Log likelihood	-54.70591	Durbin-Watson stat	1.377244

Dependent Variable: **Autres moyens de transport**
Method: Least Squares
Date: 07/03/06 Time: 11:42
Sample: 1980 2004
Included observations: 25
NOGA35=C(1)+C(2)*ANNEE

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	-14.11812	213.3642	-0.066169	0.9478
C(2)	0.057169	0.107110	0.533739	0.5986

R-squared	0.012234	Mean dependent var	99.76201
Adjusted R-squared	-0.030712	S.D. dependent var	3.803929
S.E. of regression	3.861901	Akaike info criterion	5.616814
Sum squared resid	343.0283	Schwarz criterion	5.714324
Log likelihood	-68.21018	Durbin-Watson stat	1.173937

Dependent Variable: **Produits informatiques**
Method: Least Squares
Date: 07/03/06 Time: 11:43
Sample: 1980 2004
Included observations: 25
NOGA72=C(1)+C(2)*ANNEE

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	566.7944	226.6842	2.500370	0.0200
C(2)	-0.235699	0.113797	-2.071233	0.0497

R-squared	0.157201	Mean dependent var	97.28178
Adjusted R-squared	0.120557	S.D. dependent var	4.375190
S.E. of regression	4.102993	Akaike info criterion	5.737929
Sum squared resid	387.1946	Schwarz criterion	5.835439
Log likelihood	-69.72411	Durbin-Watson stat	1.258038

Dependent Variable: **Construction**
Method: Least Squares
Date: 07/03/06 Time: 11:35
Sample: 1980 2004
Included observations: 25
BAU=C(1)+C(2)*ANNEE

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	85.74371	147.1122	0.582846	0.5657
C(2)	0.006671	0.073851	0.090324	0.9288

R-squared	0.000355	Mean dependent var	99.03140
Adjusted R-squared	-0.043108	S.D. dependent var	2.607136
S.E. of regression	2.662737	Akaike info criterion	4.873205
Sum squared resid	163.0739	Schwarz criterion	4.970715
Log likelihood	-58.91506	Durbin-Watson stat	0.766155