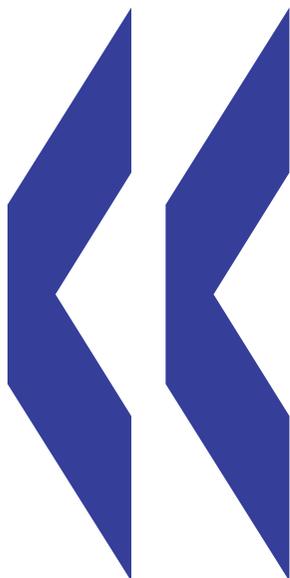


AVAILABLE ON LINE
www.SourceOECD.org
DISPONIBLE EN LIGNE



Mesurer la productivité

Manuel de l'OCDE

MESURER LA CROISSANCE
DE LA PRODUCTIVITÉ
PAR SECTEUR ET POUR
L'ENSEMBLE DE L'ÉCONOMIE



© OCDE, 2001.

© Logiciel, 1987-1996, Acrobat, marque déposée d'ADOBE.

Tous droits du producteur et du propriétaire de ce produit sont réservés. L'OCDE autorise la reproduction d'un seul exemplaire de ce programme pour usage personnel et non commercial uniquement. Sauf autorisation, la duplication, la location, le prêt, l'utilisation de ce produit pour exécution publique sont interdits. Ce programme, les données y afférentes et d'autres éléments doivent donc être traités comme toute autre documentation sur laquelle s'exerce la protection par le droit d'auteur.

Les demandes sont à adresser au :

Chef du Service des Publications,
Service des Publications de l'OCDE,
2, rue André-Pascal,
75775 Paris Cedex 16, France.

Mesurer la productivité

MESURER LA CROISSANCE
DE LA PRODUCTIVITÉ PAR SECTEUR
ET POUR L'ENSEMBLE DE L'ÉCONOMIE

Manuel de l'OCDE



ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES

En vertu de l'article 1^{er} de la Convention signée le 14 décembre 1960, à Paris, et entrée en vigueur le 30 septembre 1961, l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE) a pour objectif de promouvoir des politiques visant :

- à réaliser la plus forte expansion de l'économie et de l'emploi et une progression du niveau de vie dans les pays Membres, tout en maintenant la stabilité financière, et à contribuer ainsi au développement de l'économie mondiale ;
- à contribuer à une saine expansion économique dans les pays Membres, ainsi que les pays non membres, en voie de développement économique ;
- à contribuer à l'expansion du commerce mondial sur une base multilatérale et non discriminatoire conformément aux obligations internationales.

Les pays Membres originaires de l'OCDE sont : l'Allemagne, l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Islande, l'Italie, le Luxembourg, la Norvège, les Pays-Bas, le Portugal, le Royaume-Uni, la Suède, la Suisse et la Turquie. Les pays suivants sont ultérieurement devenus Membres par adhésion aux dates indiquées ci-après : le Japon (28 avril 1964), la Finlande (28 janvier 1969), l'Australie (7 juin 1971), la Nouvelle-Zélande (29 mai 1973), le Mexique (18 mai 1994), la République tchèque (21 décembre 1995), la Hongrie (7 mai 1996), la Pologne (22 novembre 1996), la Corée (12 décembre 1996) et la République slovaque (14 décembre 2000). La Commission des Communautés européennes participe aux travaux de l'OCDE (article 13 de la Convention de l'OCDE).

Also available in English under the title:

MEASURING PRODUCTIVITY

Measurement of Aggregate and Industry-level Productivity Growth

© OCDE 2001

Les permissions de reproduction partielle à usage non commercial ou destinée à une formation doivent être adressées au Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris, France, tél. (33-1) 44 07 47 70, fax (33-1) 46 34 67 19, pour tous les pays à l'exception des États-Unis. Aux États-Unis, l'autorisation doit être obtenue du Copyright Clearance Center, Service Client, (508)750-8400, 222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA, ou CCC Online : www.copyright.com. Toute autre demande d'autorisation de reproduction ou de traduction totale ou partielle de cette publication doit être adressée aux Éditions de l'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 Paris Cedex 16, France.

AVANT-PROPOS

Les mesures de l'évolution de la productivité sont des indicateurs essentiels à l'analyse de la croissance économique. Il existe toutefois un grand nombre de méthodes pour effectuer ces mesures. Le calcul et l'interprétation de ces dernières doivent donc être minutieux, en particulier lorsqu'on procède à des comparaisons internationales. Le *Manuel de la productivité de l'OCDE* est le premier guide complet des différentes mesures de productivité. Il s'adresse aux statisticiens, aux chercheurs et aux analystes participant à l'élaboration d'indicateurs de productivité au niveau des industries par branches d'activité.

Ce *Manuel* présente les fondements théoriques de la mesure de la productivité avant d'en envisager les aspects concrets. Le texte s'accompagne d'exemples empiriques concernant des pays de l'OCDE et d'exemples chiffrés destinés à une meilleure lisibilité. Par ailleurs, cet ouvrage traite succinctement de l'interprétation et de la mise en œuvre des mesures de productivité.

Ce manuel a été rédigé conjointement par la Direction de la science, de la technologie et de l'industrie et par la Direction des statistiques de l'OCDE. Les commentaires et questions sont à adresser à Paul Schreyer, son auteur. Cependant, sa rédaction n'aurait pas été possible sans les conseils et examens menés activement par le Groupe de travail statistique du Comité de l'industrie de l'OCDE et par un groupe d'experts informel (voir l'annexe 7 pour la liste des participants), tous deux présidés par Edwin Dean (qui travaillait précédemment au sein du *Bureau of Labor Statistics* des États-Unis). Ce rapport est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE.

Enrico Giovannini
Chef statisticien, OCDE

Rizaburo Nezu
Directeur, Direction
de la science, de la technologie et de l'industrie
de l'OCDE

TABLE DES MATIÈRES

1. INTRODUCTION.....	7
1.1. Objectifs.....	7
1.2. Champ d'application et structure de ce manuel.....	7
2. APERÇU DES MESURES DE PRODUCTIVITÉ.....	11
2.1. Pourquoi mesurer la productivité ?.....	11
2.2. Principaux types de mesures de productivité.....	12
2.3. Mémento de quelques mesures de productivité.....	13
2.4. Comptabilité de la croissance et principales hypothèses sous-tendant le cadre conceptuel.....	18
2.5. Quelques conclusions.....	20
2.5.1. Utilisation et interprétation des mesures de productivité.....	20
2.5.2. Du travail pour les statisticiens.....	21
3. LA PRODUCTION.....	23
3.1. La productivité en termes de production brute et de valeur ajoutée.....	24
3.1.1. Définitions.....	24
3.1.2. Fonctions de production, production brute et valeur ajoutée.....	25
3.1.3. Flux intra-industriels de produits.....	32
3.2. Amortissement.....	33
3.3. Mesures en quantité de la production.....	33
3.3.1. Déflation de la valeur ajoutée.....	33
3.3.2. Nécessaire indépendance des estimations.....	35
3.3.3. Variations de la qualité et nouveaux produits.....	36
3.4. Sources statistiques et unités statistiques.....	39
4. LE FACTEUR TRAVAIL.....	41
4.1. Le choix des unités.....	42
4.2. Sources statistiques.....	44
4.3. Mesure des heures travaillées.....	45
4.4. Rémunération du travail et part du travail.....	47
4.5. Comptabilisation des différentes catégories du facteur travail.....	49
5. LE FACTEUR CAPITAL.....	53
5.1. Introduction.....	53
5.2. Aperçu.....	54
5.3. Mesure du stock productif et des services du capital.....	62
5.4. Mesure des coûts d'utilisation.....	66
5.4.1. Profils âge-prix, stock net et amortissement.....	68
5.4.2. Taux de rendement nominal et gains/pertes en capital.....	69
5.5. Agrégation des actifs.....	73
5.6. Utilisation du capital.....	75
5.7. Champ des investissements en capital.....	77

6. FACTEURS INTERMÉDIAIRES ET VALORISATION.....	81
6.1. Tableaux d'entrées-sorties	81
6.2. Valorisation.....	83
7. INDICES	87
7.1. Comparaisons en chaîne et comparaisons directes	88
7.2. Choisir la formule de calcul de l'indice	90
7.3. Digression : de Malmquist à Törnqvist.....	93
8. AGRÉGER LA CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ DES BRANCHES D'ACTIVITÉ	97
8.1. Intégration, agrégation et facteurs intermédiaires.....	98
8.2. Les pondérations de Domar : agrégation des mesures KLEMS.....	99
8.3. Moyennes pondérées : agrégation de la productivité en termes de valeur ajoutée	103
9. GUIDE DE MISE EN ŒUVRE	105
10. INTERPRÉTER LES MESURES DE PRODUCTIVITÉ.....	119
10.1. Technologie et mesures de productivité – quelques liens	119
10.2. La croissance de la productivité envisagée comme une réduction des coûts	122
10.3. Mesures de productivité pour un cycle d'activité.....	123
10.4. Croissance de la productivité au niveau des branches et des entreprises	124
10.5. Innovation et mesure de la productivité.....	125
<i>Annexe 1</i> Glossaire	127
<i>Annexe 2</i> Liens et renvois aux statistiques nationales sur la productivité	131
<i>Annexe 3</i> La mesure de la productivité dans le cadre de la comptabilité de la croissance	133
<i>Annexe 4</i> Mesures du stock de capital	137
<i>Annexe 5</i> Coûts d'utilisation.....	139
<i>Annexe 6</i> Agréger production, facteurs de production et productivité	143
<i>Annexe 7</i> Remerciements	153
Références bibliographiques	155

Encadrés

Encadré 1. Approche économétrique de la mesure de la productivité.....	19
Encadré 2. Indices de prix hédonistes.....	37
Encadré 3. Mesure du facteur travail avec correction de la qualité au Danemark.....	52
Encadré 4. Mesures du capital aux États-Unis.....	59
Encadré 5. Mesures du capital au Canada.....	60
Encadré 6. Mesures du capital en Australie.....	61
Encadré 7. Indices-chaîne et indices à pondérations fixes dans les comptes nationaux	89
Encadré 8. Les indices superlatifs des facteurs et de la production	90

1. INTRODUCTION

1.1. Objectifs

1. Les principaux objectifs de ce manuel sont les suivants :
 - Fournir un guide accessible de la mesure de la productivité aux personnes qui élaborent et interprètent des indicateurs à cet effet, en particulier les instituts statistiques, les autres organismes publics intéressés et les chercheurs en productivité.
 - Favoriser l'harmonisation internationale : sans énoncer de prescriptions intangibles, ce manuel énumère les propriétés souhaitables des mesures de productivité. Les pays peuvent donc s'inspirer de ce document dans leurs choix au moment de concevoir de nouvelles mesures ou d'élaborer un système d'indicateurs.
 - Identifier les caractéristiques souhaitables des mesures de productivité, en se référant à un cadre cohérent qui relie théorie économique et théorie des indices. Il importe d'évaluer ces caractéristiques à l'aune des données disponibles ou des coûts de production des statistiques. Il est souvent possible de dégager des tendances générales à partir d'instruments qui ne respectent pas toutes les normes théoriques, sous réserve que l'interprétation procède avec la circonspection nécessaire. L'utilisateur doit toutefois être conscient des simplifications qui interviennent alors dans la mesure de la productivité.

1.2. Champ d'application et structure de ce manuel

2. L'optique retenue est quadruple :
 - Premièrement, cet ouvrage s'attache aux mesures de la croissance de la productivité plutôt qu'à une comparaison internationale des niveaux de productivité. Même si les différences conceptuelles entre les deux sont peu nombreuses (les premières sont temporelles et les secondes spatiales), il existe bel et bien des distinctions pratiques. Dans les comparaisons de niveaux entre branches d'activité, on se doit en particulier d'aborder l'épineuse question des conversions de devises¹. Les mesures de croissance, en revanche, évitent cette question. Elles constituent en outre un point de départ utile, étant fréquemment employées dans l'analyse et l'élaboration des politiques publiques.
 - Deuxièmement, ce manuel concerne la mesure de la productivité au niveau des industries par branches d'activité. Ce choix va de soi si l'on considère que la méthodologie employée fait dans une large mesure appel à la théorie de la production et à l'hypothèse qu'il y a des activités de production similaires exercées par les unités d'observation (entreprises ou

1. Voir van Ark (1996) pour une discussion des principaux aspects.

établissements). La branche d'activité étant définie comme composée « d'établissements engagés dans les mêmes types d'activité ou dans des types similaires » (Commission des Communautés européennes, OCDE, FMI, Nations Unies, Banque mondiale, 1993, *Système de comptabilité nationale 1993*, paragraphe 5.40 – SCN93), le niveau des industries par branches d'activité est approprié pour l'analyse. Dans le même temps, un volet important de ce manuel traite des questions d'agrégation des branches d'activité et de leur rapport avec les mesures de croissance de la productivité à l'échelle de l'économie ou de certains de ses secteurs.

- Troisièmement, ce manuel traite ne traite pas des mesures de productivité d'activités extérieures à la frontière de la production définie par le Système de comptabilité nationale (SCN). Il exclut en particulier la production des ménages. Dans son cadre d'observation, le SCN privilégie les mesures de productivité des branches d'activité dans lesquels les producteurs du marché sont prépondérants. Il laisse ainsi de côté les activités où prédominent, dans bien des pays de l'OCDE, les producteurs non marchands². Or, ces activités posent des problèmes bien précis de mesure de la productivité, en raison de la difficulté ou de l'impossibilité d'observer et/ou de définir les prix du marché ou la production les concernant³. Il y sera fait référence le cas échéant. Cependant, un traitement approfondi des mesures de production de ces diverses branches dépasserait le propos de ce manuel⁴.
- Quatrièmement, ce manuel met l'accent sur les méthodes non paramétriques de mesure de la productivité. Ce choix s'explique par la nature des principaux destinataires de cet ouvrage : instituts statistiques et autres producteurs habituels de séries de la productivité. Les méthodes économétriques – par opposition aux méthodes non paramétriques – sont d'un usage beaucoup plus fréquent dans le cadre de projets individuels de recherche universitaire.

3. Ce manuel est organisé de la manière suivante. Le chapitre 2 se livre à une vue d'ensemble des mesures de productivité relevant de ce manuel, selon la définition donnée plus haut. Le chapitre 3

-
2. Comme le définit le *Système de comptabilité nationale 1993*, paragraphe 5.41 : « une branche d'activité regroupe les établissements engagés dans le même type d'activité productive, que les unités institutionnelles auxquelles ils appartiennent soient ou non des producteurs marchands. [...] Il se peut, par exemple, que, dans un pays particulier, la branche de la santé regroupe des établissements dont certains sont des producteurs marchands et les autres des producteurs non marchands qui fournissent leurs services gratuitement ou à des prix économiquement non significatifs. » Dans la classification institutionnelle du SCN, les producteurs marchands comprennent les entreprises non financières, les entreprises financières et les ménages, dès lors que ceux-ci sont engagés, en qualité d'entreprises non constituées en sociétés, dans la production de biens et services marchands.
 3. Les méthodes concernant la déflation de la production et de la valeur ajoutée des activités non marchandes sont décrites dans OCDE (1996b). On peut trouver une discussion plus récente de ces questions dans Eurostat (2001), *Handbook on Price and Volume Measures in National Accounts*. Lorsque les prix du marché font défaut ou que les prix observés ne sont pas significatifs, on peut utilement faire appel aux techniques d'analyse de données par enveloppement (ADE, ou *Data Envelopment Analysis : DEA*). La section 7.3 mentionne brièvement ces techniques. Un exposé plus complet dépasserait toutefois le cadre de ce manuel.
 4. On considère que les activités suivantes comportent une large part de producteurs hors marché (CITI, version 3, 75-99) : administration publique et défense, sécurité sociale obligatoire, éducation, santé et action sociale ; assainissement et enlèvement des ordures, voirie et activités similaires, activités associatives diverses, ménages privés employant du personnel domestique, organisations et organismes extraterritoriaux.

traite de la mesure de la production. Viennent ensuite celles du facteur travail (chapitre 4), du facteur capital (chapitre 5) et des facteurs intermédiaires (chapitre 6). Le chapitre 7 est consacré aux indices et le chapitre 8 aux questions d'agrégation. Le chapitre 9 constitue un guide succinct de mise en œuvre. Le chapitre 10 envisage l'interprétation et l'utilisation des mesures de productivité, et fournit un précis des différentes mesures. Quant aux six annexes, elles reformulent de manière plus rigoureuse un grand nombre des indications figurant dans le corps du texte, et constituent ainsi une passerelle vers la littérature à visée plus universitaire.

4. Chacun des principaux chapitres – mesure de la productivité et des facteurs, indices et agrégation – commence par un aperçu des principales notions et conclusions, et renvoie aux parties de ce document approfondissant ces aspects. Les auteurs espèrent ainsi faciliter l'accès au sujet et accroître la lisibilité de ce manuel.

2. APERÇU DES MESURES DE PRODUCTIVITÉ

2.1. Pourquoi mesurer la productivité ?

5. On définit habituellement la productivité comme le rapport, en volume, d'une production sur un ou plusieurs facteurs de production. Même si nul ne conteste cette définition générale, l'examen de la littérature consacrée à la productivité et des différentes applications de cette notion montre très rapidement que la mesure de la productivité ne sert pas un objectif unique et qu'elle ne se fait pas d'une manière unique. Les objectifs assignés à ces mesures sont notamment les suivants :

- *Technologie* : On affirme souvent que la mesure de la croissance de la productivité sert à rendre compte de l'évolution technique. Par technologie, on entend « les moyens connus au moment considéré pour transformer des ressources en produits réclamés par l'économie » (Griliches, 1987). La technologie peut soit être incorporelle (plans techniques, résultats scientifiques, nouvelles techniques d'organisation) soit prendre la forme de produits nouveaux (progrès de la conception et de la qualité de nouvelles générations de biens d'équipement et de facteurs intermédiaires). Bien que les mesures de productivité soient fréquemment – explicitement ou implicitement – associées à l'évolution technique, il n'y a pas de relation simple et directe entre ces deux aspects.
- *Efficienc*e : Chercher à déterminer les évolutions de l'efficacité n'est pas la même chose, conceptuellement, qu'identifier l'évolution technique. L'efficacité totale, au sens technique, signifie qu'un processus de production a atteint le volume maximal qu'il est matériellement possible de produire compte tenu du niveau technologique au moment considéré et d'un volume de facteurs fixe (Diewert et Lawrence, 1999). Les progrès de l'efficacité technique (ou gains d'efficacité) tendent donc vers des « pratiques exemplaires », ou vers l'élimination des facteurs d'inefficacité technique ou organisationnelle. Cependant, toutes les formes d'efficacité technique ne sont pas forcément économiquement rationnelles. C'est ici qu'intervient la notion d'efficacité allocative, qui suppose, de la part de l'entreprise, un comportement cherchant à maximiser ses bénéfices⁵. Il faut noter que, lorsque la mesure de la productivité s'effectue au niveau des branches d'activité, les gains d'efficacité observés peuvent être dus soit à une meilleure efficacité dans les différents établissements qui composent la branche d'activité considérée, soit à une réorganisation de la production en faveur d'établissements plus efficaces.

5. La distinction et l'identification de l'évolution technique et de l'évolution de l'efficacité sont au cœur de ce que l'on appelle « l'analyse des données par enveloppement » (ADE). Cette approche de la mesure de la productivité par la programmation mathématique est due à Rolf Färe. Pour un examen des méthodes ADE, voir Seiford et Thrall (1990), ainsi que Charnes *et al.* (1994). Diewert et Mendoza (1995) envisagent aussi cette méthode, pour la comparer aux démarches plus traditionnelles : économétrique ou par indices. On peut, enfin, en trouver une application récente dans Ball *et al.* (2001).

- *Économies de coûts réels* : Il s'agit d'une manière pragmatique de décrire l'essence de l'évolution mesurée de la productivité. Bien qu'il soit conceptuellement possible d'isoler différents types d'évolutions de l'efficacité, d'évolution technique et d'économies d'échelle, cette tâche demeure difficile en pratique. En effet, la productivité se mesure généralement de manière résiduelle, et le résidu en question comprend non seulement les aspects que nous venons de mentionner, mais aussi les changements dans l'utilisation des capacités, l'apprentissage par l'expérience et les erreurs de mesure de toutes natures. Harberger (1998) a rappelé qu'il existait une multitude de sources alimentant la croissance de la productivité, et a proposé à cet égard l'appellation « économies de coûts réels ». Dans ce sens, la mesure de la productivité dans la pratique pourrait être considérée comme une tentative d'identifier les économies de coûts réels dans le cadre de la production.
- *Comparaison des processus de production* : En économie des entreprises, comparer des mesures de productivité portant sur différents processus de production peut contribuer à identifier les facteurs d'inefficacité. Ces mesures sont, dans la plupart des cas, exprimées en unités matérielles (automobiles par jour, passagers par kilomètre) et très spécifiques. Cette approche permet des comparaisons entre établissements ou entreprises, mais présente un inconvénient : elle aboutit à des mesures de productivité qui sont difficiles à combiner ou à agréger⁶.
- *Niveaux de vie*⁷ : Mesurer la productivité est un élément essentiel pour évaluer les niveaux de vie. Le simple exemple du revenu par habitant, qui est probablement la mesure la plus courante des niveaux de vie, le confirmera : dans une économie, cet indicateur varie directement en fonction d'une des mesures de la productivité du travail, à savoir la valeur ajoutée par heure travaillée. Mesurer la productivité du travail aide, en ce sens, à comprendre l'évolution des niveaux de vie. Autre exemple : la tendance à long terme à l'œuvre dans la productivité multifactorielle (PMF). Cet indicateur est utile pour évaluer la capacité productive sous-jacente d'une économie (la « production potentielle »), qui constitue elle-même une mesure importante des possibilités de croissance des économies et des pressions inflationnistes.

2.2. Principaux types de mesures de productivité

6. Les mesures de productivité sont légion, le choix dépendant de l'objectif fixé et, bien souvent, des données disponibles. Globalement, on distingue les mesures de productivité unifactorielle (mettant en relation une mesure de la production et un seul facteur) et multifactorielle (où l'on rapporte une mesure de la production à plusieurs facteurs). Dans une autre distinction, spécialement intéressante au niveau des branches ou des entreprises, on trouve les mesures de productivité rapportant la production brute à un ou plusieurs facteurs et celles où l'appréhension des mouvements de la production repose sur la valeur ajoutée.

7. Le tableau 1 énumère les principales mesures de productivité à la lumière de ces critères. Cette liste est incomplète, car les mesures de productivité unifactorielle peuvent aussi être définies par rapport aux facteurs intermédiaires et la productivité multifactorielle travail-capital peut en principe être évaluée à partir de la production brute. Néanmoins, par souci de simplicité, ce tableau se limite

6. Pour un exemple de cette approche, voir Baily (1993).

7. On trouvera une discussion plus approfondie de la relation entre productivité et niveaux de vie dans Baumol *et al.* (1992).

aux indicateurs les plus répandus, c'est-à-dire aux mesures respectives de productivité du travail et du capital, ainsi qu'aux mesures multifactorielles (PMF), qu'il s'agisse de PMF capital-travail en termes de valeur ajoutée ou de capital-travail-énergie-matières-services (généralement abrégé par l'acronyme anglais KLEMS) en termes de production brute. Parmi ces statistiques, c'est celle de la productivité du travail en valeur ajoutée qui est la plus fréquente, suivie des productivités multifactorielle capital-travail et KLEMS.

Tableau 1. **Aperçu des principales mesures de productivité**

Type de mesure de la production	Type de mesure des facteurs de production			
	Travail	Capital	Capital et travail	Capital, travail et facteurs intermédiaires (énergie, matières et services)
Production brute	Productivité du travail (en production brute)	Productivité du capital (en production brute)	Productivité multifactorielle capital-travail (en production brute)	Productivité multifactorielle KLEMS
Valeur ajoutée	Productivité du travail (en valeur ajoutée)	Productivité du capital (en valeur ajoutée)	Productivité multifactorielle capital-travail (en valeur ajoutée)	–
	Mesures de productivité unifactorielle		Mesures de productivité multifactorielle (PMF)	

8. Ces indicateurs ne sont pas indépendants les uns des autres. Ainsi, il est possible d'identifier divers facteurs déterminant la croissance de la productivité du travail, dont le taux de variation de la PMF. On peut établir ces liens, ainsi que d'autres, entre les mesures de productivité en s'aidant de la théorie économique de la production.

9. Une fois les mesures de productivité conceptualisées à partir de la théorie économique, il existe plusieurs manières de procéder à leur application empirique. D'un point de vue méthodologique général, on peut distinguer les approches paramétriques et non paramétriques. Dans le premier cas, on applique des techniques économétriques pour estimer les paramètres d'une fonction de production et obtenir ainsi des mesures directes de la croissance de la productivité. Dans le second, on a recours aux propriétés d'une fonction de production et aux résultats de la théorie économique de la production pour identifier des mesures empiriques aptes à fournir une approximation satisfaisante de l'indice « véritable », inconnu mais défini économiquement. Parmi les techniques non paramétriques, l'une des plus notables est la mesure de la productivité selon la comptabilité de la croissance.

2.3. **Mémento de quelques mesures de productivité**

10. Les pages suivantes examinent les cinq mesures les plus courantes de la productivité. Elles en présentent les principaux avantages et inconvénients, ainsi qu'une brève interprétation. Pour plus de détails, voir également le chapitre 10.

Productivité du travail en termes de production brute

Définition	$\frac{\text{Indice de quantité de la production brute}}{\text{Indice de quantité du facteur travail}}$
Interprétation	<p>Renseigne sur le profil temporel de l'utilisation productive du travail en vue de générer une production brute. L'évolution de la productivité du travail reflète l'influence conjointe de variations concernant le capital, les facteurs intermédiaires, ainsi que les changements touchant la technique, l'organisation et l'efficacité à l'intérieur des entreprises et entre elles et, enfin, l'influence des économies d'échelle, de la variation des taux d'utilisation des capacités et des erreurs de mesure.</p> <p>La productivité du travail ne reflète que partiellement celle exprimée en termes de capacités personnelles des travailleurs ou d'intensité des efforts accomplis par ces derniers. Comme il est indiqué plus haut, le rapport entre la production et le facteur travail dépend pour une large part de la présence d'autres facteurs.</p> <p>Lorsqu'elle est mesurée sous la forme d'une production <i>brute</i> par unité de facteur travail, la croissance de la productivité du travail dépend également de l'évolution du rapport des facteurs intermédiaires au facteur travail. Ainsi, le recours à la sous-traitance revient à remplacer des facteurs primaires, parmi lesquels le travail, par des facteurs intermédiaires. La productivité du travail en production brute augmente alors du fait de cette sous-traitance. Elle diminue en revanche lorsque la production en interne remplace les achats de facteurs intermédiaires. De toute évidence, cela ne traduit ni une modification des caractéristiques individuelles du personnel ni forcément un changement sur le plan de la technologie ou de l'efficacité. Même s'il faut normalement s'attendre à ce que la substitution d'un facteur à un autre entraîne un <i>certain</i> gain d'efficacité, ce phénomène ne peut pas être mis au jour par l'évolution mesurée de la productivité du travail. Il faut, pour cela, recourir à des mesures multifactorielles.</p> <p>Parce qu'elles reflètent les effets combinés de variations touchant le facteur capital, les facteurs intermédiaires et la productivité dans son ensemble, les mesures de la productivité du travail ne laissent de côté aucun des effets directs de l'évolution technique, qu'ils soient corporels ou incorporels. Les premiers (effets corporels) se manifestent par l'intermédiaire des biens d'équipement et des facteurs intermédiaires. Les seconds (effets incorporels) accroissent généralement les possibilités de production pour un ensemble de facteurs donné. Les uns comme les autres affectent donc la productivité du travail.</p>
Finalité	La productivité du travail en production brute rend compte des besoins de travail par unité de production (matérielle). Elle reflète l'évolution du coefficient technique de travail par branche d'activité et peut contribuer à l'analyse des besoins de travail par branche.
Avantages	Mesure aisée et lisible. L'indicateur en production brute, en particulier, n'a besoin d'indices de prix que pour la production brute, et non pour les facteurs intermédiaires, comme c'est le cas pour celui en valeur ajoutée.
Inconvénients et limitations	La productivité du travail est une mesure partielle, qui reflète l'influence conjointe d'un grand nombre de facteurs. On a tôt fait de la confondre avec l'évolution technique ou avec la productivité des individus qui composent la population active.

Productivité du travail en termes de valeur ajoutée	
Définition	$\frac{\text{Indice de quantité de la valeur ajoutée}}{\text{Indice de quantité du facteur travail}}$
Interprétation	<p>Renseigne sur le profil temporel de l'utilisation productive du travail en vue de générer une valeur ajoutée. L'évolution de la productivité du travail reflète l'influence conjointe de variations du capital et des facteurs intermédiaires, ainsi que les changements touchant la technique, l'organisation et l'efficacité à l'intérieur des entreprises et entre elles et, enfin, l'influence des économies d'échelle, de la variation des taux d'utilisation des capacités et des erreurs de mesure.</p> <p>La productivité du travail ne reflète que partiellement celle exprimée en termes de capacités personnelles des travailleurs ou d'intensité des efforts accomplis par ces derniers. Comme il est indiqué plus haut, le rapport entre la production et le facteur travail dépend pour une large part de la présence d'autres facteurs.</p> <p>Par rapport à la productivité du travail en production brute, le taux de croissance de la productivité en valeur ajoutée est moins dépendant d'un changement quelconque du rapport entre facteurs intermédiaires et facteur travail, ou du degré d'intégration verticale. Ainsi, le recours à la sous-traitance revient à substituer des facteurs intermédiaires à la main-d'œuvre, ce qui fait diminuer à la fois la valeur ajoutée et le facteur travail. Le premier de ces effets augmente la productivité mesurée du travail, tandis que le second la réduit. Les mesures de la productivité du travail en valeur ajoutée tendent donc à être moins sensibles que celles en production brute aux processus de substitution entre matières et services, d'une part, et main-d'œuvre, d'autre part.</p> <p>Les mesures de la productivité du travail reflètent les effets combinés des évolutions touchant le facteur capital, les facteurs intermédiaires et la productivité dans son ensemble. Elles ne laissent donc de côté aucun des effets directs de l'évolution technique, qu'ils soient corporels ou incorporels. Ces derniers (incorporels) se manifestent par l'intermédiaire des biens d'équipement et des facteurs intermédiaires. Les premiers (corporels) accroissent généralement les possibilités de production pour un ensemble de facteurs donné. Les uns comme les autres affectent donc la productivité du travail.</p>
Finalité	<p>Analyse des liens micro-macro : contribution d'une branche d'activité à la productivité du travail et à la croissance de l'économie dans son ensemble, par exemple.</p> <p>A un niveau plus agrégé, la productivité du travail en valeur ajoutée entretient une relation directe avec un indicateur fréquemment utilisé pour mesurer le niveau de vie : le revenu par habitant. La productivité se traduit directement en termes de niveau de vie, après correction des évolutions du temps de travail, du chômage, des taux d'activité et des changements démographiques.</p> <p>Du point de vue de l'action publique, la productivité du travail en valeur ajoutée est une statistique de référence importante dans les négociations salariales.</p>
Avantages	Mesure aisée et lisibilité.
Inconvénients et limitations	La productivité du travail est une mesure partielle, qui reflète l'influence conjointe d'un grand nombre de facteurs. On a tôt fait de la confondre avec l'évolution technique ou avec la productivité des individus qui composent la population active. Par ailleurs, les mesures de la valeur ajoutée fondées sur une procédure de double déflation et utilisant des indices de Laspeyres à pondération fixe présentent de nombreux inconvénients théoriques et pratiques.

Productivité multifactorielle capital-travail en termes de valeur ajoutée

Définition	<p style="text-align: center;"><i>Indice de quantité de la valeur ajoutée</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Indice de quantité des facteurs travail et capital combinés</i></p> <p>Indice de quantité des facteurs travail et capital combinés = indice de quantité de (différentes catégories de) travail et de capital, pondérées chacune par sa part dans la valeur ajoutée totale, à prix courants.</p>
Interprétation	<p>La PMF capital-travail renseigne sur le profil temporel de l'utilisation productive des facteurs capital et travail combinés en vue de générer une valeur ajoutée. Sur le plan conceptuel, la productivité capital-travail n'est pas, en général, une mesure fidèle de l'évolution technique. Elle constitue en revanche un indicateur de la capacité d'une branche à contribuer à la croissance du revenu de l'ensemble de l'économie par unité de facteur primaire. En pratique, cette mesure reflète les effets combinés des évolutions techniques incorporelles, des économies d'échelle, des évolutions de l'efficacité, des variations d'utilisation des capacités et des erreurs de mesure. Lorsque la mesure du facteur capital agrège des catégories détaillées d'actifs, pondérées chacune par son coût de l'utilisateur, et fondées sur des prix des biens d'équipement reflétant les variations de qualité, les effets de l'évolution technique corporelle sont incorporés au terme représentant le facteur capital, et seule l'évolution technique incorporelle affecte la PMF.</p>
Finalité	<p>Analyse des liens micro-macro : contribution d'une branche d'activité à la croissance de la PMF et du niveau de vie de l'ensemble de l'économie ; analyse des évolutions structurelles.</p>
Avantages	<p>Agrégation aisée des différentes branches, existence d'un lien conceptuel simple entre croissance des PMF au niveau des branches d'activité et au niveau agrégé. Données directement disponibles dans les comptes nationaux.</p>
Inconvénients et limitations	<p>Ne constitue pas une mesure appropriée des changements technologiques à l'échelon de la branche ou de l'entreprise. Par ailleurs, lorsqu'elle se fonde sur une procédure de double déflation et utilise un indice de Laspeyres à pondération fixe, cette mesure souffre des inconvénients conceptuels et empiriques de ce concept.</p>

Productivité du capital en termes de valeur ajoutée	
Définition	$\frac{\text{Indice de quantité de la valeur ajoutée}}{\text{Indice de quantité du facteur capital}}$
Interprétation	<p>L'indice de productivité du capital renseigne sur le profil temporel de l'utilisation productive du capital en vue de générer une valeur ajoutée. La productivité du capital reflète l'influence conjointe du travail, des facteurs intermédiaires, des évolutions touchant la technique, l'organisation et l'efficacité, ainsi que les économies d'échelle, les taux d'utilisation des capacités et les erreurs de mesure.</p> <p>Comme pour la productivité du travail, les mesures de la productivité du capital peuvent s'appuyer sur la production brute ou sur la valeur ajoutée. Le raisonnement est le même que pour la productivité du travail concernant la sous-traitance et le degré d'intégration verticale : les mesures de la productivité du capital en valeur ajoutée ont tendance à être moins sensibles que celles en production brute aux processus de substitution entre facteurs intermédiaires et capital.</p> <p>Lorsque le facteur capital est mesuré sous sa forme théoriquement la plus appropriée, c'est-à-dire en tant que flux de services, avec correction des variations affectant la qualité des biens d'équipement, il traduit l'évolution technique corporelle (augmentation ou baisse de qualité des biens d'équipement) en une augmentation ou une diminution du flux de services du capital exprimés en qualité constante. Une amélioration de qualité des biens d'équipement débouche ainsi sur une plus grande quantité de services du capital. A taux de croissance de la production constant, ce phénomène implique une baisse de la productivité du capital.</p> <p>Il faut distinguer la productivité du capital du taux de rendement du capital. La première est une mesure partielle et matérielle de la productivité. Le second est une mesure du revenu, qui établit une relation entre revenu du capital et valeur du stock de capital.</p>
Finalité	Les variations de la productivité du capital indiquent à quel point il est possible d'accroître la production en réduisant les coûts de bien-être, coûts prenant la forme de consommation non réalisée.
Avantages	Grande lisibilité.
Inconvénients et limitations	La productivité du capital est une mesure partielle de la productivité, qui reflète l'influence conjointe d'une grande variété d'éléments. On confond parfois taux de rendement et productivité du capital.

Productivité multifactorielle KLEMS	
Définition	<p style="text-align: center;"><i>Indice de quantité de la production brute</i> <i>Indice de quantité des facteurs combinés</i></p> <p>Indice de quantité des facteurs combinés = indice de quantité (de différentes catégories) de travail, de capital, d'énergie et de services, pondérée chacune par sa part à prix courants dans la production brute totale.</p>
Interprétation	<p>Renseigne sur le profil temporel de l'utilisation productive des facteurs combinés en vue de générer une production brute. Théoriquement, la mesure de la productivité KLEMS rend compte de l'évolution technique incorporelle. En pratique, elle reflète également les évolutions de l'efficacité, les économies d'échelle, les variations dans l'utilisation des capacités de production et les erreurs de mesure. Lorsqu'on utilise des mesures de capital et de facteurs intermédiaires pour agréger des catégories détaillées d'actifs et de produits, pondérées chacune par sa part respective dans le coût total, et fondées sur des prix reflétant les variations de qualité, les effets de l'évolution technique corporelle sont incorporés dans les termes correspondant au capital et aux facteurs intermédiaires, et seule l'évolution technique incorporelle intervient dans la mesure de la productivité multifactorielle.</p>
Finalité	<p>Analyse de l'évolution technique intra-branche ou sectorielle.</p>
Avantages	<p>Sur le plan conceptuel, la PMF KLEMS est l'outil le plus approprié pour mesurer l'évolution technique par branche d'activité, car elle tient pleinement compte du rôle des facteurs intermédiaires dans la production.</p> <p>L'agrégation des branches d'activité selon Domar de cette PMF KLEMS donne une représentation fidèle de la contribution de chaque branche à la variation globale de la PMF.</p>
Inconvénients et limitations	<p>Contraintes significatives en termes de données, notamment en ce qui concerne la possibilité de disposer en temps opportun de tableaux d'entrées-sorties cohérents avec les comptes nationaux.</p> <p>Les relations entre branches et l'agrégation de ces branches sont plus difficiles à rendre que dans le cas des mesures de la PMF en termes de valeur ajoutée.</p>

2.4. Comptabilité de la croissance et principales hypothèses sous-tendant le cadre conceptuel

11. La théorie économique de la mesure de la productivité remonte aux travaux menés par Jan Tinbergen (1942) et par Robert Solow (1957). Ces auteurs ont formulé des mesures de productivité dans le contexte d'une fonction de production, et les ont reliées à l'analyse de la croissance économique. Depuis lors, cette discipline s'est considérablement développée, en particulier suite aux contributions majeures apportées par Dale Jorgenson, Zvi Griliches et Erwin Diewert. Aujourd'hui, l'approche de la mesure de la productivité par la théorie de la production est cohérente et solidement établie. Elle s'appuie par ailleurs sur les théories de l'entreprise et des indices, ainsi que sur la comptabilité nationale.

12. Le présent manuel reprend dans une large mesure la méthode des indices dans un cadre défini par la théorie de la production. Cette technique de « comptabilité de la croissance » examine quelle part du taux de variation observé dans la production d'une branche peut être expliquée par le

taux de variation des facteurs combinés. En comptabilité de la croissance, on évalue donc la productivité multifactorielle (PMF) de manière résiduelle.

13. Pour calculer un indice de production d'une branche, il convient de pondérer différentes catégories de production par leur part dans la production totale de la branche. Pour calculer un indice des facteurs combinés, il faut pondérer de manière appropriée les taux de variation des différents facteurs (travail, capital, facteurs intermédiaires). La théorie de la production nous apprend que, sous réserve de certaines hypothèses simplificatrices, il convient de se servir des parts de revenu des facteurs comme pondérations. Ces parts de revenu (rapport de la masse salariale sur le coût total, par exemple) sont proches des élasticités de production, c'est-à-dire des effets d'une variation de 1 % des facteurs individuels sur la production. Pour chaque période considérée, les parts de revenu sont recalculées et combinées aux taux de variation des facteurs. On obtient ainsi un indice des facteurs combinés. Il est aussi possible d'opter pour une approche économétrique (encadré 1).

Encadré 1. L'approche économétrique de la mesure de la productivité

La mesure économétrique de la productivité se fonde uniquement sur des observations de la production et des facteurs en volume. Elle évite de postuler entre les élasticités de la production et les parts de revenu une relation qui ne correspond pas forcément à la réalité et permet en fait aux chercheurs de tester l'existence d'une telle relation. Les techniques économétriques offrent d'autres perspectives : par exemple tenir compte du coût d'ajustement (possibilité que les variations touchant les facteurs soient d'autant plus coûteuses qu'elles sont mises en œuvre rapidement) ou des fluctuations dans l'utilisation des capacités de production. Elles permettent en outre d'étudier des formes d'évolution technique autres que la formulation neutre par rapport au modèle de Hicks impliquée par la méthode des indices. Par ailleurs, il n'est pas *a priori* nécessaire de supposer des rendements d'échelle constants pour les fonctions de production. Parmi une vaste littérature consacrée à l'approche économétrique, on peut trouver des modèles généraux intégrés dans Morrison (1986) ou Nadiri et Prucha (2001).

Toutes ces virtualités ont toutefois un coût. Les modèles détaillés soulèvent des questions économétriques complexes et amènent parfois à s'interroger sur la solidité des résultats. Les chercheurs sont souvent limités par la taille des échantillons à observer et doivent en revenir aux restrictions *a priori* (l'idée de rendements d'échelle constants, par exemple) pour augmenter le nombre de degrés de liberté dans leurs estimations. Du point de vue des instituts statistiques publiant régulièrement des statistiques de productivité, les approches complexes économétriques ne sont guère attrayantes, et cela pour trois raisons : *i*) la mise à jour impose une réestimation complète des systèmes d'équations ; *ii*) les méthodes sont souvent difficiles à expliquer à un large éventail d'utilisateurs de statistiques sur la productivité et *iii*) les considérables besoins en termes de données ont tendance à affecter le degré d'actualité des résultats.

Hulten (2001) observe qu'il n'y a pas de raison de considérer l'approche économétrique et celle des indices comme concurrentes et cite des exemples de synergies particulièrement fructueuses. Celles-ci se manifestent en particulier lorsque des méthodes économétriques sont utilisées pour affiner l'explication du résidu de productivité, réduisant ainsi l'ignorance quant à la « mesure de notre ignorance ».

Globalement, les approches économétriques conviennent avant tout aux études isolées et à visée universitaire de la croissance de la productivité. Leur richesse potentielle et la possibilité de tester leurs paramètres en font un complément précieux des méthodes indicelles non paramétriques, qui restent l'outil recommandé pour les statistiques périodiques de la productivité.

14. Cependant, dans sa forme simple, la comptabilité de la croissance doit s'en remettre à plusieurs hypothèses simplificatrices, dont voici les principales :

- Les processus de production peuvent être représentés par des fonctions de production ou de transformation à différents niveaux de l'économie. Les fonctions de production mettent en relation une production maximale possible et des ensembles de facteurs disponibles.
- Les producteurs ont un comportement efficient, c'est-à-dire qu'ils cherchent à réduire leurs coûts et/ou à maximiser leurs bénéfices.

- Les marchés sont concurrentiels et leurs participants sont des « preneurs de prix », qui peuvent seulement agir sur les quantités, mais non, individuellement, sur les prix du marché.

15. Sans forcément être satisfaites en pratique, ces conditions fournissent une approximation raisonnable concernant beaucoup de marchés. Par ailleurs, dans bien des cas, l'analyse de la productivité a élaboré des méthodes pour faire face aux situations dans lesquelles une ou plusieurs de ces conditions ne sont pas remplies. Cela nécessite toutefois généralement une méthodologie plus complexe ou des exigences plus strictes quant aux données. La mesure de la production et de la productivité dans les activités non marchandes (administration publique, par exemple) où les marchés ne sont pas forcément concurrentiels et les producteurs pas forcément efficaces, en fournit un bon exemple. (Le chapitre 7 esquisse certaines méthodes de mesure de la productivité susceptibles de s'appliquer dans de tels cas.)

16. Ces conditions ne sont certes pas systématiquement vérifiées, mais elles autorisent le calcul de mesures de productivité en se fondant uniquement sur des observations de prix et de volume, qui sont fréquemment disponibles dans les pays de l'OCDE. C'est un avantage sur les méthodes économétriques, qui nécessitent des ensembles de données plus considérables.

2.5. Quelques conclusions

2.5.1. *Utilisation et interprétation des mesures de productivité*⁸

- La productivité du travail est un indicateur utile : elle renvoie au facteur de production le plus important, elle est intuitivement séduisante et relativement facile à mesurer. Elle joue également un rôle clef dans le calcul des niveaux de vie, exprimés en revenu par habitant, ce qui lui confère une importance significative dans l'action publique. Cependant, elle ne reflète que partiellement les capacités personnelles des travailleurs ou l'intensité des efforts accomplis par ceux-ci. La productivité du travail exprime le degré d'efficacité avec lequel le travail se combine aux autres facteurs de production, le volume de ces autres facteurs disponibles par travailleur et la rapidité de l'évolution technique, corporelle et incorporelle. Elle constitue donc un bon point de départ pour l'analyse de certains de ces facteurs. Pour poursuivre cette analyse, on peut notamment faire appel aux mesures de productivité multifactorielle (PMF).
- Mesurer la productivité multifactorielle contribue à démêler les contributions directes du travail, du capital, des facteurs intermédiaires et de la technologie à la croissance. Il s'agit d'un outil important pour examiner les profils de croissance passés et pour évaluer le potentiel de croissance économique à venir.
- Néanmoins, il faut garder à l'esprit que *toute évolution technique ne se traduit pas par une croissance de la PMF*. Il existe une importante distinction entre évolutions techniques corporelle et incorporelle. La première représente les progrès dans la conception et la qualité de nouvelles générations de capital et de facteurs intermédiaires. Ses effets sont attribués au facteur en jeu, dès lors que celui-ci est rémunéré en conséquence. La seconde, en revanche, n'est assortie d'aucun coût. Elle prend, par exemple, la forme de savoirs généraux, de plans techniques, d'effets de réseau ou d'effets externes provenant d'autres facteurs de production

8. Pour un examen plus détaillé, voir le chapitre 10.

(y compris les améliorations dans la gestion et l'organisation). Cette distinction est de taille du point de vue de l'analyse et de la pertinence de l'action publique.

- En outre, dans les études empiriques, la *croissance de la PMF mesurée ne découle pas forcément de l'évolution technologique* : le résidu capture également d'autres éléments, parmi lesquels les coûts d'ajustement, les effets d'échelle et de cycle, les évolutions touchant uniquement le rendement et les erreurs de mesure.
- *Les mesures de la PMF tendent à minimiser le rôle des changements de productivité dans l'évolution de la croissance de la production.* Dans les modèles statiques de production, comme celui utilisé dans ce manuel, le capital constitue un facteur exogène. Il en va autrement dans un contexte dynamique. Des effets retour se produisent alors entre évolution de la productivité et capital : supposons que l'évolution technique permette d'accroître la production par personne. Le résidu de la PMF déterminé de façon statique mesure uniquement cet effet du progrès technique. Cependant, ce surcroît de production par personne peut conduire à davantage d'épargne et d'investissement, ainsi qu'à une augmentation du rapport capital/travail. Une mesure traditionnelle de comptabilité de la croissance identifierait cet effet induit comme une contribution du capital à la croissance, alors qu'il remonte en fait initialement à un changement technologique. Ainsi, le résidu de la PMF mesure correctement la modification intervenue dans les possibilités de production, mais ne rend pas compte des effets induits de la technologie sur la croissance (Rymes, 1971 ; Hulten, 2001).
- *Mesurer ne signifie pas expliquer les causes profondes de la croissance.* La comptabilité de la croissance et la mesure de la productivité identifient l'importance relative de différentes sources de croissance immédiates. Pour explorer les causes sous-jacentes de la croissance, de l'innovation et de l'évolution de la productivité, il faut les compléter par des études institutionnelles, historiques et factuelles.

2.5.2. *Du travail pour les statisticiens*

17. Du point de vue de la mesure de la productivité, au moins quatre domaines spécifiques nécessitent la recherche et l'élaboration de données et de statistiques :

- *Des indices de prix pour les mesures de la production* par branche, en particulier pour les activités de haute technologie et certains services difficiles à mesurer, mais économiquement importants, tels que le secteur financier, la santé et l'éducation.
- La mesure des *heures travaillées* par branche, sachant que le travail constitue le premier des facteurs de production. Mesurer fidèlement les heures travaillées pose aujourd'hui un grand nombre de problèmes, en particulier en cas de ventilation par branche. Parmi les difficultés spécifiques à cette tâche, il faut notamment parvenir à combiner des informations provenant des deux grandes sources statistiques – les enquêtes auprès des entreprises et auprès des ménages – et à mesurer le facteur travail et la rémunération des travailleurs indépendants. Une classification croisée des heures travaillées en fonction des *caractéristiques de la main-d'œuvre* en rapport avec la productivité (niveau d'éducation, expérience, compétence, etc.) serait également très souhaitable.
- La qualité des mesures existantes du *facteur capital* pâtit généralement d'une base empirique insuffisante. Ainsi, les études empiriques visant à déterminer la durée de vie des actifs, ainsi

que leurs profils âge-efficience et âge-prix, sont trop rares et souvent périmées. Plus généralement, les mesures du capital destinées à analyser la productivité (services du capital) devraient être élaborées dans un cadre cohérent avec celui des bilans (stocks de richesse) et de la consommation de capital fixe dans la comptabilité nationale.

- Parfois inexistantes ou périmées, *les tableaux d'entrées-sorties* ne sont pas non plus toujours intégrés aux comptes nationaux. La création d'un ensemble cohérent de tableaux détaillant les ressources, les utilisations et les activités branche par branche et qui soient pleinement intégrés aux comptes nationaux à prix courants et constants est un élément important pour permettre de dégager des mesures fiables de la productivité.

3. LA PRODUCTION

Aperçu : mesures de la production

Les mesures de productivité en production brute rendent compte des variations de la technologie incorporée

Pour une entreprise ou une branche donnée, les mesures de la production brute, conjuguées aux facteurs travail, capital et intermédiaires, correspondent directement à un modèle spécifique d'une fonction de production avec une évolution technique « neutre » ou « qui accroît la production ». Lorsque les mesures de productivité multifactorielle (PMF) reposent sur une telle conception de la production brute, la croissance de la PMF approche le taux de variation de la technologie incorporée neutre.

Autre possibilité, les mesures de la PMF pourraient s'appuyer sur une conception de la valeur ajoutée, où celle-ci serait considérée comme la production d'une entreprise et où les facteurs de production ne comprendraient que les facteurs primaires. Les mesures de productivité en valeur ajoutée indiquent la capacité d'une branche à contribuer au revenu de l'ensemble de l'économie et à la demande finale. En ce sens, elles complètent utilement les mesures en production brute.

La productivité en valeur ajoutée est intéressante en tant que telle...

Au niveau de l'économie dans son ensemble, les mesures en production brute et en valeur ajoutée convergent lorsque les premières sont définies comme production sectorielle. Cette dernière est une mesure de la production corrigée des achats effectués par les entreprises d'un secteur donné à l'intérieur de ce secteur. Dans ce cas aussi, les mesures en production brute et en valeur ajoutée se complètent.

...et souvent plus facilement accessible

Lorsque l'on élabore des mesures de productivité, il peut être utile de commencer par les mesures de la productivité relative à la valeur ajoutée à un niveau agrégé : les données nécessaires sont en général relativement facilement accessibles et le choix entre production brute et valeur ajoutée est moins important qu'au niveau détaillé des branches .

☛ Pour plus de précisions sur le choix entre production brute et valeur ajoutée, se reporter à la section 3.1.

☛ Pour plus de précisions sur la double déflation de la valeur ajoutée et alternativement, les divers indices de quantité possibles, se reporter à la section 3.3.1.

☛ La production sectorielle est définie à la section 3.1.3.

Source privilégiée : la comptabilité nationale

Les comptes nationaux constitue la source statistique privilégiée pour la mesure de la productivité. L'utilité de les comptes nationaux pour l'analyse de la productivité sera considérablement renforcée si les chiffres sont élaborés conjointement et conformément à un tableau d'entrées-sorties.

☛ Pour plus de précisions sur les sources, se reporter à la section 3.2.

☛ Pour plus de précisions sur les tableaux d'entrées-sorties, se reporter au chapitre 6.

La qualité des indices de prix est essentielle pour mesurer la productivité...

Les indices de prix permettant de déflater des séries à prix courants des facteurs de production et de la production jouent un rôle de premier plan dans la mesure de la productivité. Il est par exemple important que les statistiques de prix des entrées soient élaborées indépendamment des séries de prix des produits. Les indicateurs reposant sur les entrées dont on se sert pour la déflation de séries de la production introduisent manifestement un biais dans les mesures de la productivité : la croissance de la productivité (du travail) sera nulle par définition ou correspondra à toute hypothèse formulée par les statisticiens en la matière. Par ailleurs, les exercices d'extrapolation qui utilisent des entrées sont concentrés sur des activités où les prix de la production marchande sont difficiles à observer. Parmi les activités difficilement mesurables figurent des activités d'importance croissante, telles que les banques, les assurances et la distribution.

...mais souvent difficile à obtenir.

Si l'indépendance des mesures des entrées et des produits est importante, leur correspondance l'est tout autant : ces mesures doivent, de préférence, provenir des mêmes sources statistiques. En pratique, ce n'est pas toujours le cas, et l'utilisation de données non harmonisées pour les facteurs et les produits pour mesurer la productivité comporte un risque.

☛ Pour plus de précisions sur l'extrapolation, se reporter à la section 3.3.2.

Autre question : le traitement des variations de qualité et des nouveaux produits

L'évolution rapide des produits des technologies de l'information et des communications place sur le devant de la scène deux questions qui se posent depuis longtemps sur la mesure des prix : comment traiter les variations de la qualité des biens existants et comment tenir compte des nouveaux produits dans les indices de prix ? Il n'y a pas de réponse simple à ces questions, même si certains pays utilisent des approches « hédonistes » afin de mieux saisir les variations de qualité dans les prix des ordinateurs. Des méthodes différentes peuvent donner des profils assez différents pour les indices de prix et de quantité, et, partant, réduire la comparabilité internationale des mesures de la production et de la productivité.

☛ Pour plus de précisions sur les variations de qualité, se reporter à la section 3.3.3.

3.1. La productivité en termes de production brute et de valeur ajoutée

3.1.1. Définitions

18. Les mesures de productivité multifactorielle peuvent être calculées pour différentes représentations du processus de production, par exemple, la production brute par rapport aux facteurs primaires et intermédiaires, ou bien la valeur ajoutée par rapport aux facteurs primaires. La question de savoir laquelle de ces mesures privilégier a 'té l'objet d'un très large débat. Avant d'étudier ce point plus en détail, il est nécessaire de clarifier les termes et de montrer leurs liens avec le système de comptabilité nationale.

19. Le tableau 2 ci-dessous présente les comptes simplifiés de production et d'exploitation pour une unité économique (une entreprise, une branche ou un secteur). Nous appelons *production brute* les biens et les services produits au sein d'une unité de production et qui peuvent être utilisés en dehors de celle-ci. Il s'agit d'une mesure brute au sens où elle représente la valeur des ventes et des additions nettes aux stocks sans toutefois déduire les achats de facteurs intermédiaires. Lorsque des achats de facteurs intermédiaires sont déduits de la production brute, on obtient une mesure de la *valeur ajoutée*. En ce sens, la valeur ajoutée est une mesure nette. Elle pourrait ne pas être considérée comme une mesure nette car elle tient inclut la dépréciation ou consommation du capital fixe. Cependant, dans ce

manuel, la valeur ajoutée et la production brute sont définies comme incluant la consommation de capital fixe.

20. Côté revenu, la valeur ajoutée correspond au revenu généré par les facteurs de production primaires, le travail et le capital, plus tous les impôts nets sur la production. *Les facteurs primaires* sont les facteurs de production considérés comme exogènes dans le cadre de l'analyse de la production. Dans un cadre statique tel que celui qui sous-tend ce manuel, les facteurs primaires incluent le capital et le travail. Dans un cadre dynamique, le capital devient un facteur de production endogène, mais ce cas dépasse les limites du présent document. *Les facteurs intermédiaires* sont les facteurs de production endogènes au présent cadre, c'est-à-dire les biens et les services qui sont produits et transformés ou utilisés par le processus de production pendant une période comptable donnée.

Tableau 2. **Compte de production et d'exploitation**

Emplois	Ressources
Consommation intermédiaire (achats de facteurs intermédiaires)	Production
	Production marchande
	Pour consommation intermédiaire
Valeur ajoutée brute	Pour consommation finale
	Production pour usage final propre
Consommation de capital fixe	
Rémunération des salariés	
Autres impôts moins subventions sur la production	
Excédent d'exploitation	

1. Des détails sur les composantes de la valeur ajoutée brute se trouvent dans l'élaboration du compte d'exploitation, les autres éléments du tableau se trouvent dans le compte de production des entreprises (SCN93).

3.1.2. *Fonctions de production, production brute et valeur ajoutée*

21. Pour analyser les différentes approches permettant de mesurer la productivité, il est utile de se reporter à une fonction de production. Celle-ci a trait à la quantité maximale de production brute (Q) qui peut être produite par tous les facteurs, qu'ils soient primaires (X), comme le travail et le capital, ou intermédiaires (M). Une telle fonction comporte également un paramètre $A(t)$ qui rend compte des variations de la technologie incorporelle. La variation de la technologie incorporelle peut provenir d'activités de recherche et développement qui améliorent les processus de production, ou bien être la conséquence de l'apprentissage sur le tas, ou de l'imitation. On dit qu'elle est « incorporelle » car elle n'est pas physiquement liée à un facteur de production particulier, mais a une incidence proportionnelle sur les facteurs de production. Cette forme d'évolution technique est également qualifiée de « neutre par rapport au modèle de Hicks » et elle « augmente la production » lorsqu'elle accroît la production maximum qui peut être réalisée à partir d'un niveau donné de facteurs primaires et intermédiaires, et sans modifier la relation entre les différents facteurs. Dans cette hypothèse, la fonction de production peut être représentée par l'équation suivante :

$$Q = H(A, X, M) = A(t) \cdot F(X, M) \quad (1)$$

22. On constate que le niveau de technologie en (1) peut être présenté comme le ratio de la production sur l'ensemble des facteurs primaires et intermédiaires : $A(t) = \frac{Q}{F(X, M)}$. En termes de taux de variation, la croissance de la PMF est positive lorsque le taux de variation de la production brute dépasse le taux de variation de tous les facteurs mesurés. En d'autres termes, une mesure valable de l'évolution technique est le taux auquel la fonction de production varie sur la durée, ou $\frac{\partial \ln H}{\partial t}$. Lorsque la technologie est neutre par rapport au modèle de Hicks, cette variation est exactement équivalente au taux de variation du paramètre de la technologie : $\frac{\partial \ln H}{\partial t} = \frac{\partial \ln A}{\partial t}$.

23. Étant donné que le paramètre de la technologie ne peut pas être observé directement, on considère que la croissance de la PMF est la différence entre le taux de croissance d'un indice de Divisia de la production et d'un indice de Divisia des facteurs, tel que présenté ci-dessous. L'indice de Divisia des facteurs se compose des taux de variation logarithmiques des facteurs primaires et intermédiaires, pondérés par leur pourcentage respectif (s_X, s_M) dans le total des dépenses consacrées aux facteurs :

$$\text{Variation en \% de la PMF en production brute} = \frac{\partial \ln H}{\partial t} = \frac{\partial \ln A}{\partial t} = \frac{d \ln Q}{dt} - s_X \frac{d \ln X}{dt} - s_M \frac{d \ln M}{dt} \quad (2)$$

24. Une autre solution consiste à définir une *fonction de valeur ajoutée*, qui présente la valeur ajoutée maximale à prix courants pouvant être produite, avec un ensemble donné de facteurs primaires et des prix donnés pour les facteurs intermédiaires et la production. Une telle fonction de valeur ajoutée est une représentation équivalente (« duale ») de la technologie décrite par une fonction de production. Pour le présent document, nous appellerons la fonction de valeur ajoutée $G = G(A(t), X, P_M, P)$. La dépendance de la fonction de valeur ajoutée vis-à-vis des prix des facteurs intermédiaires P_M et des prix de production brute P indique que les producteurs ajustent le niveau des facteurs intermédiaires lorsque les prix relatifs varient. De même que la mesure de l'évolution technique pour la fonction de production a été définie comme la variation de cette fonction sur la durée, la variation de la productivité peut se définir comme une variation de la fonction de valeur ajoutée, c'est-à-dire l'accroissement relatif de la valeur ajoutée lié à l'évolution technique.

Parallèlement à l'énoncé antérieur de la fonction de production, on peut l'écrire $\frac{\partial \ln G}{\partial t}$. Là encore, cette variation ne peut pas être directement observée, mais on peut montrer qu'elle correspond à la différence entre le taux de croissance de l'indice de volume de Divisia de la valeur ajoutée⁹ (noté VA) et le taux de croissance de l'indice de Divisia des facteurs primaires.

9. Il n'existe bien entendu pas de quantité physique correspondant à la valeur ajoutée. Mais il est toujours possible de définir un indice de volume de la valeur ajoutée tel que $\frac{d \ln VA}{dt} \equiv \frac{1}{s_{VA}} \left(\frac{d \ln Q}{dt} - s_M \frac{d \ln M}{dt} \right)$, où s_{VA} est la part de la valeur ajoutée dans la production brute et s_M celle des facteurs intermédiaires dans la production brute. On constate toutefois que cet indice de volume peut dépendre du niveau des facteurs primaires, par exemple si le taux s_{VA} dépend de X . Cela pourrait être interprété comme étant une propriété indésirable car elle rend la mesure de la production (volume de valeur ajoutée dans le cas présent) dépendante de la mesure des facteurs (capital et travail en l'occurrence). Pour pouvoir servir de mesure de la production véritablement indépendante des facteurs, la fonction de production sous-jacente doit opérer une distinction entre facteurs primaires et

$$\text{Variation en \% de la PMF en valeur ajoutée} = \frac{\partial \ln G}{\partial t} = \frac{d \ln VA}{dt} - \frac{d \ln X}{dt} \quad (3)$$

25. Il s'agit d'une technique courante de mesure de la PMF à partir de la valeur ajoutée. On constate une relation directe entre les mesures de productivité en termes de production brute et de valeur ajoutée (Bruno, 1978). Plus précisément, le taux de variation de la PMF en valeur ajoutée équivaut au taux de variation de la PMF en production brute, multiplié par l'inverse de la part nominale de valeur ajoutée dans la production brute :

$$\frac{\partial \ln G}{\partial t} = \frac{1}{s_{VA}} \cdot \frac{\partial \ln A}{\partial t} \text{ avec } s_{VA} = \frac{G}{P \cdot Q} \quad (4)$$

Tableau 3. **Mesures de productivité en termes de valeur ajoutée et de production brute : exemple**

Machines et équipements, Finlande
Moyennes de taux de variation annuelle

	1990-98	1990-94	1994-98
Production brute (après déflation)	10.1 %	4.2 %	16.0 %
Valeur ajoutée (après déflation)	9.5 %	3.3 %	15.8 %
Facteur travail (total des heures)	1.6 %	-3.7 %	6.9 %
Facteur capital (stock de capital brut)	3.0 %	1.5 %	4.5 %
Facteurs intermédiaires (dépenses après déflation)	10.4 %	4.8 %	16.1 %
Part de la valeur ajoutée dans la production brute (prix courants)	37.0 %	38.9 %	33.4 %
Productivité en production brute (PMF-KLEMS)	2.7 %	2.1 %	3.3 %
Productivité en valeur ajoutée (PMF capital-travail)	7.8 %	5.7 %	9.8 %

Note : Les estimations relatives à la productivité figurant dans ce tableau sont des moyennes de données annuelles. En tant que telles, elles ne peuvent pas être reproduites exactement à partir des moyennes des données d'entrées-sorties également présentées dans ce tableau.

Source : OCDE, base de données STAN.

26. Étant donné que la part de la valeur ajoutée dans la production brute est inférieure ou égale à 1, la croissance de la PMF en valeur ajoutée, pour une branche donnée, sera systématiquement supérieure à la mesure de la PMF en production brute pour cette branche. Le tableau 3 donne un exemple empirique tiré de la branche des machines et équipements en Finlande. Les différences entre la PMF en valeur ajoutée et la PMF KLEMS sont assez importantes (correspondant à l'inverse de la part de la valeur ajoutée dans la production brute) : au cours des années 90, la PMF KLEMS a augmenté de 2.7 % en moyenne, contre 7.8 % pour la PMF en valeur ajoutée. Cela ne constitue pas un biais, mais nécessite une interprétation différente de la mesure de la productivité en production brute. Il convient de noter ici plusieurs points.

intermédiaires. Les conditions de séparabilité requises (Goldman et Uzawa, 1964) peuvent être assez restrictives, mais le choix de la bonne formule de calcul de l'indice peut en partie résoudre ce problème.

27. *Le pourcentage de la valeur ajoutée peut ne pas être constant.* Le taux $\frac{I}{s_{VA}}$ qui lie les deux mesures de la productivité n'est généralement pas constant sur la durée. Le numérateur du rapport s_{VA} (valeur ajoutée nominale) dépend du niveau des facteurs primaires et des prix relatifs, de même que la production brute à prix courants, qui est le dénominateur de ce ratio. Une croissance constante de la PMF mesurée en production brute pourrait donc correspondre parfaitement à une accélération ou à un ralentissement de la croissance de la PMF en valeur ajoutée. Cela peut être important, étant donné que les analystes de la productivité s'intéressent souvent à l'*accélération* ou au *ralentissement* de la croissance de la productivité, comme, par exemple, dans le cas du « ralentissement de la productivité » dans les années qui ont suivi 1973. L'exemple tiré de la branche des machines et équipements en Finlande (tableau 3) le souligne. Entre la première et la deuxième moitié des années 90, la part de la valeur ajoutée dans la production brute à prix courants a baissé de 38.9 à 33.4 %. Une baisse du pourcentage de la valeur ajoutée entraîne une augmentation du rapport $\frac{I}{s_{VA}}$. Par conséquent, la croissance de la productivité s'accélère à des vitesses différentes selon qu'elle est calculée en production brute ou en valeur ajoutée. La première mesure passe de 2.1 à 3.3 % par an entre la première et la deuxième moitié des années 90, soit une hausse de 1.2 point de pourcentage. La seconde augmente de 5.7 % à 9.8 %, soit de 4.1 points de pourcentage, c'est-à-dire nettement plus vite que la mesure en production brute.

28. *Différentes formes d'évolution technique.* Pour la technologie de la production (1) neutre par rapport au modèle de Hicks, la mesure de la productivité en production brute constitue une représentation valable de la variation de la technologie incorporelle. Ce n'est pas le cas pour la mesure en valeur ajoutée associée, qui dépend également de la part de la valeur ajoutée dans la production brute, et donc du profil temporel des facteurs, des produits, des prix ainsi que du niveau de technologie sur la période considérée. Plutôt que l'évolution technique elle-même, la mesure en valeur ajoutée représente la capacité d'une branche à traduire l'évolution technique en revenu et en contribution à la demande finale.

29. Il convient toutefois de noter que cette interprétation des statistiques de la productivité en production brute et en valeur ajoutée repose entièrement sur l'hypothèse que la fonction de production (1) constitue une représentation valide des processus de production. Supposons que l'évolution technique n'ait pas une incidence symétrique sur tous les facteurs de production (« augmentation de la production »), mais n'agisse que sur les facteurs primaires (« augmentation des facteurs primaires »). Dans ce cas, la mesure en valeur ajoutée devient la mesure indépendante et valide de l'évolution technique, et la mesure en production brute perd sa signification. Avec un tel dispositif, les entreprises doivent choisir leurs combinaisons de facteurs en deux étapes : premièrement, on décide comment combiner valeur ajoutée et facteurs intermédiaires et, deuxièmement, on détermine un dosage travail/capital pour créer de la valeur ajoutée.

30. Se pose alors la question de savoir laquelle des deux formulations de la technologie, si tant est qu'il y en ait une, est suffisamment corroborée par des exemples concrets. En général, l'hypothèse selon laquelle la technologie n'a d'incidence que sur les facteurs primaires ne résiste pas à la vérification empirique. Il est donc difficile de défendre la mesure de la productivité en valeur ajoutée comme étant une représentation indépendante de la variation de la technologie incorporelle. Cependant, la formulation qui augmente la production de l'évolution technique, telle que représentée par l'équation (1), n'est pas toujours étayée par les analyses économétriques. On peut en déduire que l'évolution technique a des rouages plus complexes, avec des influences multiples et combinées – l'une qui touche simultanément tous les facteurs de production (« augmentation de la production »), et d'autres qui affectent les différents facteurs de production séparément (« augmentation du facteur travail, capital ou intermédiaire »). Dans une telle formulation générale, il se peut qu'il n'existe

absolument pas de mesure indépendante de la productivité. Heureusement, il peut être utile de bien choisir la formule de calcul de l'indice.

31. *Indices.* Jusqu'ici, l'analyse est menée sur une période continue (avec des indices de Divisia). En pratique, les observations arrivent en intervalles discrets, et le statisticien doit choisir les formules de calcul des indices de manière à s'approcher empiriquement des indices de Divisia. Plus loin dans ce manuel (chapitre 7), nous expliquerons pourquoi des indices « superlatifs », tels que l'indice idéal de Fisher ou l'indice de Törnqvist, présentent plusieurs avantages. Ainsi, dans certaines conditions,¹⁰ ils donnent une *approximation* raisonnable d'une mesure indépendante de l'évolution technique même si, dans la pratique, les technologies ne varient pas selon le schéma simple et augmentant la production que l'on trouve dans l'équation (1).

32. *Exemple.* Un exemple chiffré est utile dans un tel contexte. Considérons les données de base du tableau 4, qui constitue un tableau des emplois simplifié à deux branches. Les données sont exprimées à prix courants, à l'exception de l'emploi qui est donné en heures travaillées. Pour rester dans la simplicité, seul un facteur primaire (le travail) est considéré. Par conséquent, le revenu du travail est équivalent à la valeur ajoutée dans le présent exemple. Les données pour les deux périodes reflètent un processus de sous-traitance. La branche 1 utilise les produits de la branche 2 comme facteurs intermédiaires. Entre les deux périodes, le prix du produit 2 baisse par rapport au facteur travail, et la branche 1 remplace une partie de son facteur travail par des facteurs intermédiaires relativement meilleur marché provenant de la branche 2. L'inverse vaut pour la branche 2 qui utilise moins de facteurs intermédiaires et davantage d'emploi pendant la période t_1 que pendant t_0 . Dans ces conditions, il est possible de calculer des mesures de productivité en valeur ajoutée et en production brute. Chaque mesure est calculée à l'aide d'un indice de Törnqvist et de Laspeyres. Le chapitre 9 donne de plus amples détails sur le calcul des indices de productivité (guide de mise en œuvre).

Tableau 4. **Exemple chiffré : tableaux des emplois pour deux branches**

t_0		
Marchandise	Branche	
	1	2
1	0	10
2	6	0
Revenu du travail	5	7
Production brute	11	17
Indice de prix de la production brute	1.00	1.00
Emploi (heures)	10	8
t_1		
Marchandise	Branche	
	1	2
1	0	8
2	7	0
Revenu du travail	4	7.5
Production brute	11	15.5
Indice de prix de la production brute	1.01	0.98
Emploi (heures)	7	9

10. Diewert (1980, 1983) et Diewert et Morrison (1986) utilisent des indices superlatifs et des mesures approchées de l'évolution technique même lorsque la fonction de production sous-jacente n'est pas strictement neutre par rapport au modèle de Hicks.

33. Nous pouvons maintenant faire plusieurs observations sur les mesures de productivité du tableau 5. Premièrement, la PMF en production brute de la branche 1 augmente de 3.3 %, tandis que la productivité en valeur ajoutée progresse de 8.0 %, soit plus de deux fois plus vite. Si la mesure en production brute reflète l'évolution technique, l'augmentation rapide de la mesure en valeur ajoutée provient de la sous-traitance et non d'une accélération de l'évolution technique. Cependant, la croissance de 8.0 % de la productivité traduit précisément la capacité accrue de cette branche à mettre l'évolution technique au service du revenu total et de la demande finale. Autrement dit, les mesures de productivité en production brute sont moins sensibles au degré de sous-traitance.

34. Deuxièmement, l'inverse se vérifie pour les mesures de la productivité du *travail* : en production brute, la productivité du travail de la branche 1 augmente de 34.7 %, tandis que celle de la branche 2 recule de 19 %. La forte augmentation de la productivité dans la branche 1 provient du fait qu'on emploie moins de travail et davantage de facteurs intermédiaires, mais on n'observe guère de baisse de la production brute, si bien que la production brute par heure travaillée progresse très rapidement. Ainsi, lorsqu'il y a substitution entre facteurs primaires et intermédiaires, cela se traduit par une variation de la productivité du travail mesurée en production brute : la production brute reste inchangée et, pour chaque unité de travail, il y a maintenant un plus gros volume de facteurs intermédiaires. Lorsque les mesures de la productivité du travail reposent sur la valeur ajoutée, une telle substitution réduit à *la fois* le facteur travail *et* la valeur ajoutée et, partant, diminue la sensibilité des mesures de la productivité du travail au degré d'intégration verticale. Par conséquent, les mesures de la productivité du travail en production brute sont plus sensibles au degré d'intégration verticale et de sous-traitance que les mesures en valeur ajoutée¹¹.

35. Troisièmement, le présent exemple montre les différences assez considérables qui existent entre les indices. Calculée à l'aide d'un indice de Törnqvist, la PMF en production brute dans la branche 1 augmente de 3.3 %, tandis qu'avec l'indice de Laspeyres, la hausse se limite à 2.3 %. Pour la branche 2, les taux sont respectivement de 0.5 et de 0.1 %. Les différences enregistrées dans les résultats suivant les différentes formules de calcul se retrouvent dans les mesures de productivité en valeur ajoutée¹².

36. En conclusion, il semblerait que les mesures de la PMF en production brute et en valeur ajoutée se complètent utilement. Lorsque l'évolution technique touche tous les facteurs de production de manière proportionnelle, la première méthode mesure mieux l'évolution technique. Sur le plan empirique, il est important que les calculs de la productivité reposent sur des formules recourant à des indices superlatifs car elles fournissent des approximations à des mesures indépendantes des produits, des facteurs de production et de l'évolution technique. En général, les *mesures de la PMF* en production brute sont moins sensibles à la sous-traitance, c'est-à-dire à la variation du degré d'intégration verticale entre branches. Les mesures de la PMF en valeur ajoutée varient en fonction du degré de sous-traitance et donnent une indication de l'importance de l'amélioration de la productivité pour l'économie dans son ensemble. Elles indiquent de combien la production dépasse la demande finale par unité de facteurs primaires, dans une branche donnée. Concernant la *productivité du travail*, les mesures en valeur ajoutée sont moins sensibles que les mesures en production brute aux variations

11. Dans notre exemple chiffré, la croissance de la PMF en valeur ajoutée est égale à la croissance de la productivité du travail en valeur ajoutée car il n'y a qu'un facteur primaire, à savoir le travail. Bien évidemment, ce n'est pas le cas dans la pratique.

12. Il n'y a pas de différences pour les mesures de la productivité du travail en production brute car un produit unique et homogène et un seul type de facteur travail apparaissent dans l'exemple chiffré. Sinon, les mesures ne coïncideraient pas.

du degré d'intégration verticale. Des aspects pratiques entrent également en ligne de compte. Les mesures en valeur ajoutée sont souvent plus faciles à obtenir que les mesures en production brute même si, en principe, ces dernières sont nécessaires pour obtenir les données en valeur ajoutée. Pour obtenir des ensembles cohérents de mesures en production brute, il faut traiter les flux intra-industriels de facteurs intermédiaires, ce qui est difficile empiriquement (section 3.1.3).

Table 5. Exemple chiffré (suite) : diverses mesures de productivité pour deux branches

	Branche		Branche		
	1	2	1	2	
Production brute			Facteurs intermédiaires		
Indice de valeur	1.00	0.91	Indice de valeur	1.17	0.80
Indice de prix	1.01	0.98	Indice de prix	0.98	1.01
Indice de quantité indirect	0.99	0.93	Indice de quantité indirect	1.19	0.79
Niveau de la production brute à prix constants t_0	10.9	15.8	Niveau des facteurs intermédiaires à prix constants t_0	7.14	7.92
Indice de la production brute à prix constants t_0	0.99	0.93	Indice des facteurs intermédiaires à prix constants t_0	1.19	0.79
Facteur travail			Valeur ajoutée		
Indice de l'emploi	0.70	1.13	Indice de la valeur ajoutée à prix courants	0.80	1.07
Part de la valeur ajoutée dans la production brute			Indice des prix de la valeur ajoutée	1.05	0.94
	t_0	0.45	0.41	Indice de la valeur ajoutée déflatée	0.76
t_1	0.36	0.48	Niveau de la valeur ajoutée à prix constants t_0	3.75	7.90
Moyenne	0.41	0.45	Indice de la valeur ajoutée à prix constants t_0	0.75	1.13
Croissance de la PMF en production brute			Croissance de la productivité en valeur ajoutée		
Indice combiné de Törnqvist pour le travail et les facteurs intermédiaires	0.96	0.93	Indice combiné de Törnqvist pour le travail et les facteurs intermédiaires	0.96	0.93
Indice combiné de Laspeyres pour le travail et les facteurs intermédiaires	0.97	0.93	Indice combiné de Laspeyres pour le travail et les facteurs intermédiaires	0.97	0.93
Indice de Törnqvist de la croissance de la productivité	1.03	1.01	Indice de Törnqvist de la croissance de la productivité	1.08	1.01
Indice de Törnqvist : variation en %	3.3 %	0.5 %	Indice de Törnqvist : variation en %	8.0 %	0.9 %
Indice de Laspeyres de la croissance de la productivité	1.02	1.00	Indice de Laspeyres de la croissance de la productivité	1.07	1.00
Indice de Laspeyres : variation en %	2.3 %	0.1 %	Indice de Laspeyres : variation en %	6.9 %	0.3 %
Ajout :			Productivité du travail en valeur ajoutée		
Productivité du travail en production brute			Productivité du travail en valeur ajoutée		
Indice de Törnqvist	1.41	0.83	Indice de Törnqvist	1.08	1.01
Indice de Törnqvist : variation en %	34.7 %	-19.0%	Indice de Törnqvist : variation en %	8.0 %	0.9 %
Indice de Laspeyres	1.41	0.83	Indice de Laspeyres	1.07	1.00
Indice de Laspeyres : variation en %	34.7 %	-19.0%	Indice de Laspeyres : variation en %	6.9 %	0.3 %

3.1.3. Flux intra-industriels de produits

37. Lorsque l'on choisit de mesurer la productivité à partir de la production brute au niveau des branches d'activité, il faut se demander comment traiter les transactions effectuées au sein des branches, c'est-à-dire les achats intra-industriels de facteurs intermédiaires. Force est de constater que la prise en compte des flux intra-industriels de produits intermédiaires exerce un effet identique côté facteurs et côté produits d'une fonction de production, pour une branche donnée [comme dans l'équation (1) où Q et M varient selon que l'on inclut ou non les achats intra-industriels]. Cela revient à faire une double comptabilisation et, en principe, les facteurs intermédiaires et la production peuvent augmenter de plus en plus si l'on procède à une agrégation des branches avec des unités statistiques de plus en plus petites. Ainsi, la mesure de la production d'une branche portant sur des établissements sera plus importante que celle reposant sur les entreprises, et cette dernière sera plus élevée que celle reposant sur les groupes, et ainsi de suite¹³. L'exclusion des achats intra-industriels permet de contourner ces problèmes. Les mesures de la production au niveau des branches qui excluent ces achats sont appelées mesures de *production sectorielle* (Gollop, 1979 ; Gullickson et Harper, 1999b).

38. D'un point de vue conceptuel, l'adoption de ce type de mesures de la production sectorielle (et les mesures correspondantes des facteurs sectoriels) revient à *intégrer* différentes unités ou branches – lorsque l'on gravit les échelons de la classification des activités, des unités de plus en plus grosses sont constituées et traitées comme une entreprise unique. A chaque niveau d'agrégation, seuls les flux sortant du secteur ou y entrant sont considérés. La production sectorielle correspond également à la notion de « production » dans le SCN93, qui la définit comme étant les biens et les services produits dans un établissement (branche) et qui deviennent utilisables *en dehors* de celui-ci. Au niveau de l'économie prise dans son ensemble, les mesures de la production sectorielle et de la valeur ajoutée convergent, mais pas entièrement en présence de facteurs intermédiaires importés. La notion de production sectorielle permet d'agréger de façon cohérente la croissance de la PMF en production brute entre branches.

39. Cependant, si l'on recourt à la notion de production sectorielle, les taux de croissance des composantes de cette production ne peuvent pas être comparés à leur agrégat. Comme nous y reviendrons plus en détail au chapitre 8, consacré à l'agrégation, les mesures de productivité pour les agrégats sont définies comme des *sommes* pondérées (et non des *moyennes*) de leurs composantes. Ainsi, une croissance de 1 % de la PMF dans les différentes branches peut entraîner une augmentation de 1.5 % de l'ensemble de l'économie (intégrée), car le nouvel agrégat cumule les gains de productivité provenant des achats intra-industriels. Dans ces conditions, il est difficile de comparer la croissance de la productivité des différentes branches à celle de l'agrégat. La mesure de la productivité en valeur ajoutée évite d'avoir à traiter les facteurs intermédiaires dans le processus d'agrégation. Les valeurs à prix courants de la valeur ajoutée peuvent être simplement additionnées pour différentes unités, sans tenir compte des achats intra-industriels. Les indices de quantité de la valeur ajoutée peuvent être agrégés sous forme de *moyennes* pondérées, dont l'addition des pondérations est égale à un. Les mesures de productivité des agrégats en valeur ajoutée sont elles aussi des moyennes pondérées de leurs composantes et peuvent être comparées entre différents niveaux d'agrégation.

13. Au sens strict, cette observation n'est correcte que lorsque toutes les entreprises d'un même groupe sont classées dans la même branche et lorsque tous les établissements d'une entreprise sont également classés dans la même branche. Ce n'est pas le cas dans la pratique, mais la dépendance à l'égard des choix d'unités, point essentiel, subsiste.

3.2. Amortissement

40. Dans les années soixante-dix et quatre-vingt, un autre débat portait sur la question de savoir si la production devait être mesurée en excluant ou en incluant l'amortissement. L'amortissement mesure la perte de valeur marchande d'un bien d'équipement entre deux périodes consécutives. On note que cette distinction entre brut et net a trait à l'amortissement et non au traitement des facteurs intermédiaires. Denison (1974) préconise d'envisager la production nette de l'amortissement, car cela permet de repérer les améliorations du bien-être plus précisément que les mesures de la production incluant l'amortissement. Un groupe de chercheurs, dont Dale Jorgenson et Zvi Griliches, avancent que la production doit être mesurée en incluant l'amortissement si l'on veut qu'elle obéisse à la logique de la théorie de la production. Hulten (1973) a donné un fondement théorique à l'approche de Jorgenson et Griliches. Aujourd'hui, la majorité des recherches sur la productivité utilisent des mesures de la production incluant l'amortissement¹⁴.

3.3. Mesures en quantité de la production

41. Les différentes méthodes permettant d'obtenir des séries de quantité de la production peuvent avoir une incidence significative sur le résultat des mesures de productivité. Les indices de quantité de la production sont normalement calculés en divisant une série à prix courants ou un indice de production par un indice de prix approprié (déflation). Ce n'est que dans une minorité de cas¹⁵ que les mesures de quantité sont obtenues par observation directe des séries de volumes de production. La mesure de la production en volume équivaut donc à la construction d'indices de prix – opération dont une description plus détaillée sort largement du cadre du présent manuel. Nous renvoyons au *Eurostat Handbook on Price and Volume Measures in National Accounts* (Eurostat, 2001) pour un traitement plus approfondi de ces questions. Les sections qui suivent se concentreront sur les aspects plus généraux de la déflation simple et double et l'encadré 2 portera sur le traitement des variations de la qualité des produits. Le choix des formules de calcul des indices, que nous évoquerons au chapitre 7, est étroitement lié au calcul des indices de prix.

3.3.1. Déflation de la valeur ajoutée

42. La déflation de la production brute est conceptuellement simple. Un indice de la valeur nominale de la production est divisé par un indice de prix de la production pour donner un indice (indirect) de volume ou de quantité de la production brute. La déflation devient un peu plus complexe lorsque les mesures de la production se réfèrent à la valeur ajoutée. Comme nous l'avons indiqué plus haut dans ce chapitre, la théorie de la production conduit à des indices de prix et de quantité définis de façon homogène pour la valeur ajoutée. En particulier, la variation en volume de la valeur ajoutée peut

14. La nécessité de traiter de manière cohérente le facteur capital comme un flux de services du capital constitue l'une des raisons justifiant de mesurer la production en incluant l'amortissement (chapitre 5). Le prix des services du capital (coûts d'utilisation) intègre un élément de dépréciation, et si la dépréciation fait partie d'une mesure des entrées, elle doit également faire partie de la mesure de la production. Cependant, dans un commentaire sur une version préliminaire du présent manuel, Erwin Diewert souligne que les « coûts d'utilisation » peuvent être scindés en deux : la dépréciation – qui pourrait alors apparaître comme un facteur intermédiaire – et le rendement réel net du capital (intérêt nominal moins gains ou pertes en capital) – qui pourrait être considéré comme le coût du facteur capital. Les quantités globales de services du capital resteraient inchangées et une mesure de la production hors dépréciation serait compatible avec une mesure des services du capital et des coûts d'utilisation.

15. Pour un débat portant sur les États-Unis, voir Eldridge (1999).

se définir¹⁶ comme la moyenne de la variation en volume de la production brute ($\frac{\partial \ln Q}{\partial t}$) et des facteurs intermédiaires ($\frac{\partial \ln M}{\partial t}$). La variation en volume des facteurs intermédiaires est pondérée par la part de ces facteurs dans la production brute ($\frac{P_M M}{PQ}$) et l'expression dans son intégralité est multipliée par la part inverse de la valeur ajoutée dans la production brute ($\frac{PQ}{P_{VA} VA}$), d'où l'expression¹⁷ (5) :

$$\frac{d \ln VA}{dt} = \frac{PQ}{P_{VA} VA} \left(\frac{d \ln Q}{dt} - \frac{P_M M}{PQ} \frac{d \ln M}{dt} \right) \quad (5)$$

43. Étant donné que la variation en volume de la valeur ajoutée conjugue la variation en volume de la production brute et des facteurs intermédiaires, elle constitue une double déflation au sens général. Cependant, pour transformer les indices de Divisia en mesures opérationnelles, il convient de s'en approcher de manière empirique. L'une des méthodes possibles est la double déflation en un sens plus restreint, par laquelle la mesure en volume de la valeur ajoutée est obtenue en *soustrayant* une valeur à prix constants des facteurs intermédiaires d'une valeur à prix constants de la production brute. Cela correspond à une approximation de l'indice de Divisia par un indice de quantité de Laspeyres à pondération fixe. Dans ce cas, l'expression (5) est mesurée comme dans l'équation (6), où toutes les variables sont exprimées aux prix d'une année de base donnée.

$$\frac{\Delta VA_t}{VA_{t-1}} = \frac{Q_{t-1}}{VA_{t-1}} \left(\frac{\Delta Q_t}{Q_{t-1}} - \frac{M_{t-1}}{Q_{t-1}} \frac{\Delta M_{t-1}}{M_{t-1}} \right) \quad (6)$$

44. D'après cette forme de double déflation, les valeurs à prix constants des facteurs intermédiaires doivent être soustraites des valeurs à prix constants de la production brute¹⁸ ($VA_t = Q_t - M_t$), et ce n'est possible qu'avec les indices de quantité de Laspeyres (ou les indices de prix de Paasche). Comme nous l'avons mentionné plus haut (section 3.1.2), l'utilisation d'indices de quantité de Laspeyres à pondération fixe soulève un certain nombre de problèmes, et revient à appliquer implicitement des hypothèses restrictives à la technologie de production sous-jacente. La situation est différente lorsque l'approximation empirique de l'indice de quantité de Divisia repose sur des indices superlatifs, tels que l'indice de Törnqvist (chapitre 9, Fiche pratique n° 3).

45. *Possibilité de valeurs négatives.* Lorsque la double déflation s'effectue avec des indices de quantité de Laspeyres, il est possible que la valeur ajoutée ait un signe négatif, ce qui constitue un autre problème. Rien ne garantit que la soustraction de facteurs intermédiaires à prix constants de la

16. Comme nous l'avons souligné plus haut, il est toujours possible de calculer cet indice en volume de la valeur ajoutée, qui constitue, conceptuellement, une mesure de la production. Selon la forme de la fonction de production sous-jacente, cet indice peut ou non être indépendant des facteurs primaires.

17. Par ailleurs, un indice de prix de la valeur ajoutée pourrait être défini puis utilisé pour déflater la valeur à prix courants. En temps continu, ces deux approches donnent le même résultat. Dans les approximations empiriques, ce n'est pas forcément le cas.

18. Pour une mesure différente de la valeur ajoutée réelle, voir Durand (1994).

production brute à prix constants donne un chiffre positif. Le SCN93 note que l'on peut obtenir une valeur ajoutée réelle négative lorsque les prix relatifs varient : « un processus de production, qui est efficace pour un ensemble de prix donné, peut ne pas être très efficace pour un autre ensemble de prix relatifs. Si cet autre ensemble est très différent, l'inefficacité du processus peut apparaître de manière très manifeste, sous la forme d'une valeur ajoutée négative ». Il n'en reste pas moins que ce type de données est difficile à interpréter et à utiliser dans un contexte de mesure de la productivité. Dans ce cas, il convient d'utiliser une méthode comptable différente pour estimer un agrégat tel que la valeur ajoutée, par exemple les méthodes reposant sur les indices « superlatifs »¹⁹.

46. *Sensibilité aux parts de la valeur ajoutée dans la production brute.* Le troisième problème lié à la double déflation concerne la sensibilité des taux de croissance de la valeur ajoutée au taux de variation de la production brute ou des facteurs intermédiaires lorsque le pourcentage de facteurs intermédiaires dans la production brute est élevé²⁰. Si la part de la valeur ajoutée dans la production brute est faible ($\frac{P_{VA}}{P_Q}$), l'inverse de cette expression s'accroît fortement et peut donner lieu à des variations significatives du taux de variation de la valeur ajoutée après déflation, même si le taux de variation de la production brute et des facteurs intermédiaires ne varie que légèrement. Par exemple, si la part initiale de la valeur ajoutée dans la production brute est de 10 %, une augmentation de 2 % de la production brute et une hausse de 1 % des facteurs intermédiaires entraînent un gain de 11 % de la valeur ajoutée. La valeur ajoutée progresse de 7.7 % seulement si sa part dans la production brute est de 15 %, contre plus de 15 % si sa part est de 7 %. La probabilité d'occurrence de pourcentages de valeur ajoutée peu élevés augmente avec le niveau de détail de la branche et disparaît au niveau de l'ensemble de l'économie.

47. Les méthodes de déflation simple utilisent un seul indice de prix pour déflater des séries de valeur ajoutée à prix courants. On recourt à un indice de prix de la production brute, à un indice de prix à la consommation ou à ses composantes pertinentes. Il n'est pas difficile de montrer que, plus l'écart entre la valeur ajoutée calculée selon la méthode de la double déflation et de la déflation simple augmente, moins la part des facteurs intermédiaires dans la production brute est stable. En général, la déflation simple est une alternative de moindre qualité à la double déflation surtout lorsque cette dernière recourt à un indice-chaîne ou à un indice superlatif.

3.3.2. *Nécessaire indépendance des estimations*

48. Pour que les mesures de productivité soient valides, il importe que l'élaboration des indices de prix et de quantité de la production soit indépendante de celle des indices correspondants des facteurs de production. Il y aura dépendance, par exemple, si les indices de quantité de la production reposent sur une extrapolation de certaines séries de facteurs de production. Par extrapolation, nous entendons l'utilisation d'indicateurs de quantité en vue d'une projection prospective et rétrospective de séries de la valeur ajoutée réelle. Ces indicateurs de quantité peuvent être des facteurs de production de la branche d'activité étudiée et, en particulier, des observations sur l'emploi. Ainsi, les données sur la production totale pour une branche comprennent parfois des estimations relatives aux établissements non inclus dans l'enquête qui sert de source statistique principale pour l'estimation des comptes nationaux. Les estimations relatives aux établissements manquants sont parfois effectuées en

19. Pour être précis, les valeurs négatives obtenues avec une double déflation indiquent que la forme additive de la fonction de production qu'implique cette méthode ne correspond pas aux données. Si c'est le cas, l'erreur de spécification implicite dans la double déflation donne des valeurs négatives.

20. Ce point a été soulevé par Hill (1971).

appliquant des hypothèses de productivité aux statistiques sur l'emploi issues des enquêtes sur la population active. L'extrapolation utilisant les entrées comme indicateurs est plus fréquente et quantitativement plus importante pour les activités de services que pour les autres secteurs de l'économie (voir OCDE, 1996b, pour une étude des méthodes utilisées dans les pays de l'OCDE).

49. Dans d'autres cas, on extrapole la valeur ajoutée réelle à partir de mesures liées à la production. Bien que cette technique soit souvent imparfaite, on peut constater que le biais qu'implique son emploi pour la mesure de la productivité est moindre que si l'on procède à une extrapolation utilisant les entrées. Ainsi, Eldridge (1999) signale qu'aux États-Unis, l'indicateur de quantité des dépenses d'assurance automobile est la valeur des primes après déflation, cette dernière faisant appel à un indice constitutif de l'IPC. Dans d'autres cas, ce sont des données sur la production physique qui servent d'indicateur de quantité. Aux États-Unis, l'indicateur de quantité des frais de courtage s'appuie principalement sur des estimations du BEA concernant les ordres. Ces estimations sont obtenues à partir de données en volume de la *Security and Exchange Commission* et de sources relatives aux échanges (Eldridge, 1999).

50. Pour la mesure de la productivité, l'indépendance des statistiques relatives aux entrées et à la production est primordiale. Les indicateurs reposant sur les entrées dont on se sert pour la déflation des séries de la production, introduisent manifestement un biais dans les mesures de productivité : la croissance de la productivité (du travail) sera soit nulle par construction soit reflètera l'hypothèse formulée par les statisticiens en la matière. Par ailleurs, les exercices d'extrapolation utilisant les entrées sont concentrés dans des activités où les prix de la production sur le marché sont difficiles à observer. Cela peut inciter à exclure de la mesure de la productivité les branches qui se caractérisent par un grand nombre de producteurs non marchands et, partant, éviter des biais potentiels dans la mesure de la production.

3.3.3. *Variations de la qualité et nouveaux produits*

51. Les éléments vraiment nouveaux au sein d'un groupe de produits donnés sont normalement intégrés à l'échantillon d'observations quelque temps après leur apparition sur le marché. Cependant, dans les branches technologiquement dynamiques, le prix des nouveaux produits chute souvent très rapidement, et avant que ces produits soient intégrés à l'échantillon. Un indice de prix ne tiendra donc pas compte de cette baisse initiale des prix. En revanche, l'introduction immédiate de nouveaux produits pose le problème du « prix de réservation », c'est-à-dire de l'imputation de prix hypothétiques pour les nouveaux produits sur la période précédente, lorsque ces produits n'étaient pas encore disponibles. La méthode hédoniste, notamment, permet d'obtenir ces prix hypothétiques, tant pour les nouveaux produits que pour les produits existants (encadré 2).

52. L'évolution rapide des produits issus des technologies de l'information et des communications a mis sur le devant de la scène deux questions qui se posent depuis longtemps à propos de la mesure des prix : comment appréhender les variations de la qualité des biens existants ? Comment tenir compte des biens nouveaux dans les indices de prix²¹ ? La distinction entre ces deux questions s'estompe puisqu'on ne sait pas au juste où placer la ligne de démarcation entre les biens véritablement nouveaux et une nouvelle variante d'un bien existant²².

21. Voir le *OECD Handbook on the Quality Adjustment of Price Indices for ICT Products* (à paraître) et le *Eurostat Handbook on Price and Volume Measures in National Accounts* (à paraître).

22. Pour une vue d'ensemble, voir Bresnahan et Gordon (1996).

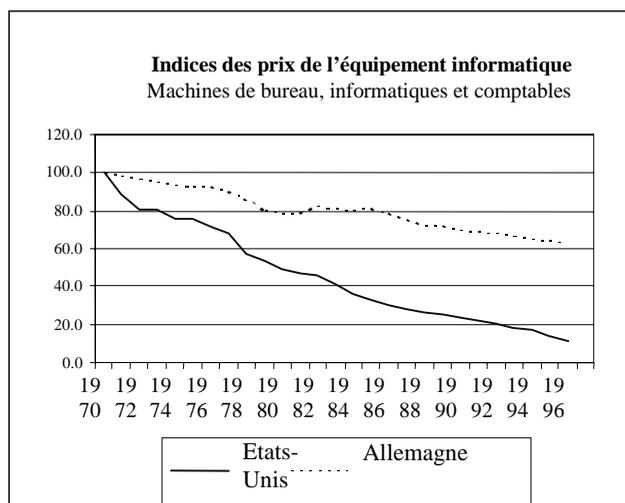
Encadré 2. Indices de prix hédonistes

Les améliorations spectaculaires de la qualité et de la capacité technique de nombreux produits issus des technologies de l'information et des communications constituent un défi de taille pour les statisticiens. La comparaison traditionnelle de modèles identiques sur deux périodes risque de ne pas tenir compte de l'évolution des prix qui touche tous les modèles, en particulier ceux qui viennent d'être commercialisés. Lorsque l'on compare des modèles qui ne sont pas identiques, il est souvent difficile de distinguer entre la variation de prix et la variation de la qualité.

La méthode hédoniste est l'un des outils permettant une correction de la qualité*. Elle redéfinit les biens selon leurs caractéristiques, de manière à ce que des modèles modifiés ou nouveaux ne débouchent pas sur une nouvelle catégorie de produits, mais représentent simplement une nouvelle combinaison de caractéristiques. Ainsi, jusqu'à un certain point, cette évolution fait disparaître le problème du traitement des nouveaux produits, du moins dans la mesure où les nouveaux produits ne renferment pas de caractéristiques fondamentalement nouvelles. Pour les ordinateurs, par exemple, les caractéristiques essentielles sont la vitesse, la taille de la mémoire, etc. Une fonction hédoniste est estimée de façon empirique, en reliant le prix unitaire des ordinateurs à leurs caractéristiques respectives. Une fonction hédoniste permet, entre autres, d'estimer ce que l'on appelle les « prix de réservation » des nouveaux modèles, c'est-à-dire d'indiquer combien un nouveau modèle aurait coûté à une période antérieure s'il avait été disponible. Par ailleurs, les régressions hédonistes permettent d'obtenir directement les variations de prix.

Malgré ces caractéristiques intéressantes, le recours systématique à des méthodes hédonistes dans les statistiques nationales sur les prix était jusqu'ici limité à une poignée de pays et de produits. L'une des raisons** tient à ce que la construction des déflateurs hédonistes a tendance à revenir cher aux instituts statistiques, car un volume considérable de données primaires doivent être collectées, évaluées par des spécialistes et traitées à l'aide d'une méthode économétrique nécessitant beaucoup de moyens. Il en résulte des coûts fixes qui pèsent davantage dans le budget statistiques des petits pays que des grands. On émet également des réserves lorsque les indices de prix hédonistes sont utilisés comme indices de prix à pondération fixe. Le biais de substitution implicite dans les indices de prix à pondération fixe est aggravé dans le cas d'importantes variations des prix relatifs, telles que celles induites par la chute rapide des prix des ordinateurs. Ce biais est réduit à son minimum lorsque les indices de prix ou de quantité s'appuient sur des indices assortis de pondérations flexibles, tels que l'indice idéal de Fisher ou l'indice de Törnqvist (section 7.1).

A titre d'exemple, observons le graphique ci-dessous qui retrace l'évolution de l'indice de prix (investissement) des États-Unis pour les machines de bureau, informatiques et comptables (d'après des méthodes hédonistes) par rapport à l'équivalent le plus proche de l'indice allemand des prix à la production (d'après des méthodes non hédonistes). Les différences sont frappantes et montrent que les comparaisons internationales des mesures de la production et de la productivité dans les secteurs des technologies de l'information doivent être interprétées avec une extrême prudence.



* Voir Triplett (1989) pour un traitement exhaustif de la question.

** OCDE (à paraître), *OECD Handbook on Quality Adjustment of Price Indices for ICT Products*.

53. Économiquement, de nouvelles formes de produits existants, ainsi que l'amélioration de la qualité des biens existants peuvent être considérées comme des catégories particulières de « nouveaux produits », si l'on définit ce concept de manière assez large : l'apparition de nouvelles formes de biens existants est un exemple de différenciation horizontale, l'amélioration de la qualité un exemple de différenciation verticale (le produit de qualité inférieure peut ou non disparaître) et l'apparition de produits entièrement nouveaux ouvre une nouvelle dimension dans l'espace des produits. Il y a une continuité car on passe de formes simples de biens existants (construire la même voiture dans une nouvelle couleur), à l'amélioration de leur qualité (produire des ordinateurs plus puissants), jusqu'à la création de produits entièrement nouveaux (lecteurs DVD, téléphones portables).

54. D'ordinaire, les instituts statistiques établissent des indices de prix pour les produits en observant les variations de prix des éléments d'un échantillon représentatif. Les nouveaux produits, les variations de la qualité et les nouvelles formes de produits sont monnaie courante lorsqu'on observe les variations de prix, et les instituts statistiques disposent de méthodes bien établies pour y faire face²³.

55. Il arrive fréquemment qu'il faille remplacer certains produits par de nouveaux modèles. Le nouveau modèle ou la nouvelle variété, est comparé à l'ancien, et on détermine dans quelle mesure toute différence de prix entre les deux produits doit être considérée comme une variation de qualité ou de prix. Cependant, si l'amélioration de la qualité est plus importante que la différence de prix observée, les variations de qualité seront sous-évaluées et les variations de prix surévaluées. La seule manière d'éviter ce problème passe par l'imputation explicite d'un prix corrigé en fonction de la qualité (dérivé, par exemple, de méthodes hédonistes) pour le produit de remplacement. Limiter l'échantillon à des modèles qui sont identiques sur deux périodes données permet d'isoler les variations de prix pures de ces modèles établis, mais n'est pas représentatif pour un groupe de produits si les variations de prix des modèles établis ne reproduisent pas les variations de prix des nouveaux modèles, situation fréquente sur le marché des technologies de l'information.

56. Un problème connexe tient au jugement que l'on porte sur la nature des nouveaux produits : se substituent-ils entièrement aux produits existants ou constituent-ils un nouveau type d'éléments au sein d'une catégorie de produits donnée ? Dans le premier cas, il convient de les traiter en même temps qu'un autre produit. Dans le second, une sous-catégorie distincte doit être créée pour les accueillir. Ce choix peut avoir une influence considérable sur l'indice de prix qui en résulte, comme le montrent Berndt *et al.* (1996) dans le cas des produits pharmaceutiques de marque et génériques.

57. Le traitement des variations de la qualité a des conséquences significatives sur la mesure de la productivité, notamment sur les mesures de la production en volume, une sous-estimation des variations de qualité conduisant à une sous-estimation de la croissance de la production et de la productivité. Les mesures des facteurs réels – facteur capital ou facteurs intermédiaires – sont également concernées. La sous-estimation des variations de la qualité de ces produits entraîne la sous-estimation des facteurs réels et la sur-estimation de la croissance de la productivité. Il n'existe pas de solution simple face aux effets éventuels sur les mesures de la productivité au niveau des branches d'activité et une évaluation plus complète nécessite une analyse reposant sur des techniques d'entrées-sorties²⁴.

23. Par exemple, Lowe (1996) donne un aperçu de la manière dont les comptes nationaux du Canada traite la variation de qualité.

24. Voir Gullickson et Harper (1999a, 1999b) pour un traitement général ou Triplett (1996) pour le secteur de l'informatique.

58. Enfin, il convient de souligner que le traitement de la variation de la qualité dans les indices de prix des différents produits et facteurs de production ne peut pas être dissocié du choix des indices. Dean *et al.* (1996) examinent la façon dont les différents indices conduisent à l'évaluation de tendances pour les produits, les facteurs de production et la productivité aux États-Unis, et concluent que les effets sont substantiels. Le chapitre 7 propose une analyse plus approfondie des indices.

3.4. Sources statistiques et unités statistiques

59. La première source statistique des mesures de la production au niveau des industries par branches d'activité est la partie des comptes nationaux consacrée à la production. Conceptuellement intégrée dans un système de comptabilité de la richesse et du revenu, elle est reliée à d'autres outils statistiques, en particulier les tableaux d'entrées-sorties et suit une répartition par activité, selon des classifications telles que CITI (au niveau international), NACE (dans l'Union européenne), NAICS (dans les pays de l'ALENA) ou encore les systèmes nationaux de classification par industrie. Néanmoins, dans la pratique, les comptes de production peuvent présenter certaines lacunes. Ainsi, certains pays calculent la valeur ajoutée au niveau des industries à l'envers, c'est-à-dire qu'ils partent d'une mesure agrégée du PIB qui repose sur la partie revenu ou dépenses des comptes nationaux. De plus, la qualité de la concordance des mesures de la production et des facteurs au niveau des industries peut être incertaine, car les sources primaires de données sur la production peuvent différer de celles relatives à l'emploi, à l'investissement et aux facteurs intermédiaires.

60. Il a également été suggéré d'utiliser directement les recensements et les enquêtes annuelles comme autre source de données concernant les facteurs et la production (Gersbach et van Ark, 1994). Des enquêtes structurelles sur les entreprises dans les États membres de l'UE constituent une source de données unique tant pour les facteurs que pour les produits. Même si les enquêtes sont la principale source sur laquelle s'appuient les estimations des comptes nationaux, leur utilisation directe garantit que les observations sur les facteurs et les produits portent sur exactement la même population d'entreprises ou d'établissements. Par ailleurs, les enquêtes auprès des entreprises donnent généralement davantage de détails que celles utilisées et publiées dans les comptes nationaux. Bien entendu, les données des enquêtes peuvent pâtir du fait qu'elles couvrent les unités statistiques au sein de chaque branche de façon parfois incomplète et potentiellement faussée lorsque les échantillons sous-jacents ne comprennent que des entreprises ou des établissements présentant certaines caractéristiques, telles qu'une taille minimum. Néanmoins, si elles ne remplacent pas les comptes nationaux, les données fournies par les enquêtes en sont un bon complément pour l'utilisateur.

61. Les mesures de productivité, surtout par branche, sont sensibles au choix des unités statistiques. Ce choix est lié à la question du découpage des entreprises en unités plus petites et plus homogènes afin de former des groupements d'industries aux activités analogues. Le SCN93²⁵ définit des entreprises, des établissements, des unités locales et des unités d'activité économique. Il s'agit, dans ce dernier cas, d'une partie d'entreprise qui exerce un seul type d'activité productive ou dans laquelle la majeure partie de la valeur ajoutée provient de l'activité de production principale. Chaque entreprise doit, par définition, comprendre une ou plusieurs unités d'activité économique. Chacune de ces unités doit être plus homogène que l'entreprise dans son ensemble pour ce qui tient à la production, à la structure des coûts et à la technologie. Les unités locales sont les parties d'une entreprise qui exercent des activités de production en un seul lieu. L'établissement combine les deux aspects : le type d'activité et la dimension locale. Il se définit comme la partie d'une entreprise située en un lieu unique et dans laquelle une seule activité de production est exercée ou dans laquelle la

25. *Système de comptabilité nationale 1993*, paragraphes 5.17-5.47.

majeure partie de la valeur ajoutée provient de l'activité de production principale. Les établissements sont donc conçus comme des unités qui fournissent des données adaptées aux analyses de la production, pour lesquelles les techniques de production jouent un rôle important²⁶. L'établissement et l'unité d'activité économique sont donc particulièrement adaptés à l'analyse de la productivité.

62. Cependant, les comptes nationaux ne s'appuient pas dans tous les pays sur les établissements et les unités d'activité économique. Lorsqu'elle se fonde sur les entreprises, cela peut limiter la comparabilité internationale avec les statistiques sur la productivité qui reposent sur les établissements : pour toute branche ou catégorie d'activité donnée, les chiffres relatifs aux établissements représentent un groupe d'unités plus homogène que ceux reposant sur les entreprises, car ces derniers tiennent compte à la fois des activités primaires et secondaires des unités. Aucune affirmation n'est possible en ce qui concerne la taille et le signe arithmétique de la différence entre les statistiques de productivité fondées sur les établissements et celles partant des entreprises, et les comparaisons internationales doivent être interprétées avec la prudence nécessaire.

26. *Système de comptabilité nationale 1993*, paragraphe 5.23.

4. LE FACTEUR TRAVAIL

Aperçu : les mesures du facteur travail

Le nombre d'heures travaillées constitue le meilleur moyen de mesurer la quantité de facteur travail dans la production...

Le travail reste le facteur le plus important de nombreux processus de production. Dans la perspective de l'analyse de la production, et abstraction faite, pour le moment, des différences de qualité, le nombre total d'heures travaillées constitue le meilleur moyen de mesurer le facteur travail. Un simple dénombrement des personnes occupées cachera en effet des variations dans le nombre moyen d'heures travaillées, provoquées par l'évolution du travail à temps partiel, des variations des heures supplémentaires, les absences du lieu de travail ou des modifications du temps de travail normal. Cependant, la mesure des heures effectivement travaillées soulève un certain nombre de questions statistiques. L'une d'elles a trait à la meilleure utilisation possible des sources statistiques, en particulier les enquêtes sur les établissements et les ménages. Par conséquent, la qualité des estimations des heures effectivement travaillées n'est pas toujours évidente, pas plus que leur degré de comparabilité internationale.

Nonobstant les questions soulevées par les mesures, il est recommandé de choisir les heures effectivement travaillées, et non le simple dénombrement des personnes occupées, comme variable statistique pour mesurer le facteur travail. Les heures rémunérées et le nombre de travailleurs en équivalent temps plein peuvent constituer d'autres solutions envisageables. Des différences significatives persistent dans les pratiques mises en œuvre par les pays pour calculer les heures travaillées et le nombre de travailleurs à temps plein en équivalence, et posent la question de la comparabilité internationale.

- ☛ Pour plus de précisions sur le choix des unités de mesure de la productivité du travail, se reporter à la section 4.1.
- ☛ Pour plus de précisions sur les autres sources statistiques, se reporter à la section 4.2.
- ☛ Pour plus de précisions sur les questions de mesure soulevées par le calcul des heures travaillées, se reporter à la section 4.3.

...et son prix se mesure par la rémunération horaire moyenne

Sur le plan conceptuel, le revenu du travail et la part du facteur travail devraient refléter la rémunération du travail par le producteur, c'est-à-dire intégrant les compléments au salaire tels que les cotisations patronales au système de protection sociale. Cependant, comme dans le cas des « heures effectivement travaillées », un concept à première vue simple finit par soulever de nombreuses questions conceptuelles et empiriques lorsqu'il s'agit de le mesurer. Ces questions se posent pour le traitement des parties non salariales de la rémunération des salariés (par exemple les stock-options) ou celui des travailleurs indépendants.

Plus précisément, le calcul de la part du facteur travail dans le revenu doit tenir compte du fait que le revenu du travail des travailleurs indépendants ne constitue qu'une partie du « revenu mixte » qui leur est attribué dans les comptes nationaux. Une procédure simple pour corriger la part du facteur travail consiste à partir de l'hypothèse que les travailleurs indépendants gagnent la même rémunération moyenne que les salariés du même secteur.

- ☛ Pour plus de précisions sur la mesure de la rémunération, se reporter à la section 4.4.

**La
différenciation
du facteur
travail par
catégorie de
compétences :
souhaitable
mais difficile**

Étant donné que la contribution d'un travailleur au processus de production réside dans son travail « brut » (ou sa présence physique) et les services produits à partir de son capital humain, une heure travaillée par une personne ne constitue pas nécessairement la même quantité de facteur travail qu'une heure travaillée par une autre personne. En effet, des écarts de compétences, de formation, d'état de santé et d'expérience professionnelle peuvent aboutir à d'importantes différences dans la contribution des diverses catégories de main-d'œuvre. Une différenciation du facteur travail par catégorie de compétence est particulièrement souhaitable si l'on veut saisir les effets d'une variation de la qualité du travail sur la croissance de la production et de la productivité. La différenciation explicite suppose toutefois de collecter beaucoup de données et d'effectuer de nombreuses recherches. Au minimum, il convient de disposer de séries temporelles d'heures travaillées, ventilées en fonction d'une caractéristique de différenciation, ainsi que des statistiques correspondantes relatives à la rémunération moyenne, ventilée selon la même caractéristique. Les problèmes de mesure sont aggravés lorsqu'on veut procéder à une différenciation explicite du travail par branche. L'agrégation des entrées de travail non différencié pour des branches détaillées peut donner une forme de différenciation implicite.

☛ Pour plus de précisions sur la différenciation des diverses catégories de travail, se reporter à la section 4.5.

4.1. Le choix des unités

63. Dans l'esprit de la théorie de la production, et abstraction faite, pour le moment, des écarts de qualité, le meilleur moyen de mesurer le facteur travail pour une branche consiste à recourir au nombre d'heures effectivement travaillées. La mesure la plus simple, mais la moins recommandée, du facteur travail, est le dénombrement des emplois salariés. Une telle mesure ne reflète ni les changements du temps de travail moyen par salarié, ni les changements des emplois multiples, ni le rôle des travailleurs indépendants (pas plus que les différences de qualité du travail).

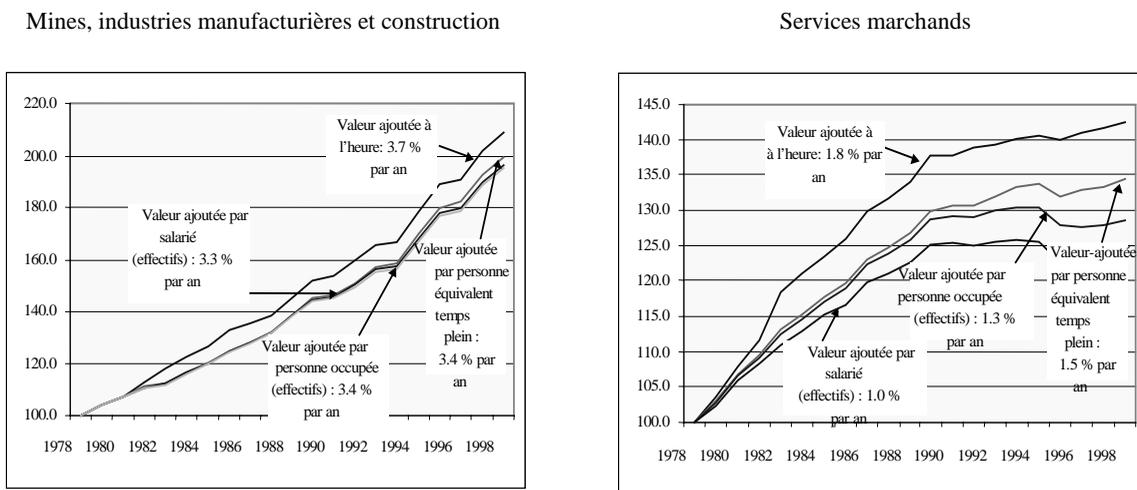
64. Pour affiner cette mesure, il est tout d'abord possible de l'élargir à toutes les personnes occupées, c'est-à-dire les salariés et les travailleurs indépendants (y compris les membres de la famille contribuant à l'activité). On peut ensuite passer d'un simple décompte des emplois ou des personnes à une estimation du total des « heures effectivement travaillées ». Le taux de variation du nombre de personnes occupées diffère du taux de variation du total des heures travaillées lorsque le nombre moyen d'heures travaillées par personne évolue au fil du temps. Ces évolutions peuvent être dues à une augmentation du nombre de jours de congés payés, à une réduction du temps de travail « normal » des travailleurs à temps plein et à un recours accru au travail à temps partiel. C'est ce qui s'est produit dans bien des pays de l'OCDE, d'où l'importance de se reporter aux « heures effectivement travaillées » comme variable du facteur travail pour mesurer la productivité. Cette variable présente une relation plus étroite avec la quantité de services productifs fournis par les travailleurs que leur simple dénombrement.

65. La figure 1 ci-dessous donne un exemple de l'impact du choix de diverses mesures de l'emploi sur les mesures de la productivité du travail. Dans le cas de la France, pour la période 1987-98, les indices de productivité du travail ont été calculés sur la base du total des heures, du nombre de travailleurs en équivalent temps plein, du nombre des personnes occupées (dénombrement) et du nombre de salariés (dénombrement). Les résultats sont présentés pour l'industrie (comprenant les mines, les industries manufacturières et la construction) et pour les services marchands. On ne s'étonnera pas que les mesures de productivité fondées sur le nombre total d'heures augmentent nettement plus vite que celles qui reposent sur d'autres mesures de l'emploi. Dans l'industrie, une

correction pour tenir compte de l'emploi à temps partiel ne fait guère varier les séries de la productivité. Dans les services, les choses se passent tout à fait différemment, car l'emploi à temps partiel y tient une plus grande place. Une inclusion ou une exclusion des travailleurs indépendants dans le secteur tertiaire aura des effets encore plus marqués, comme en témoignent les différences entre les estimations de productivité respectivement fondées sur l'emploi total et le seul salariat.

66. Le nombre d'emplois (ou de personnes) en équivalent temps plein est une autre variable qui sert parfois à la mesure du facteur travail. Par définition, cette mise en équivalence consiste à faire le rapport du nombre total des heures travaillées sur la moyenne annuelle des heures effectivement travaillées dans les emplois à plein temps. Sur le plan conceptuel, donc, l'équivalence « plein temps » donne moins de poids aux travailleurs à temps partiel qu'aux travailleurs à temps plein. Par conséquent, le calcul d'équivalence devrait éviter le biais découlant d'une variation de l'importance relative de l'emploi à temps partiel dans la population active, mais ne comportera pas de correction pour la variation du nombre d'heures de travail « normales » d'un emploi à temps plein au gré de l'évolution de la législation ou des conventions collectives. En outre, les méthodes de mise en équivalence « plein temps » pour les personnes (ou les emplois) ne sont pas toujours transparentes et peuvent varier d'un pays à l'autre. Ainsi, on procède quelquefois à des estimations rudimentaires où l'on se contente de comptabiliser les emplois à temps partiel (eux-mêmes souvent définis comme étant tous les emplois totalisant moins que le nombre d'heures normales) comme la moitié d'emplois à temps plein.

Figure 1. **Productivité du travail¹ selon différentes mesures de l'emploi en France**



1. La production se mesure par un indice de quantité de la valeur ajoutée.

Source : INSEE.

4.2. Sources statistiques²⁷

67. Il existe plusieurs sources statistiques pour les mesures du facteur travail, y compris les enquêtes sur la population active réalisées auprès des ménages (EPA) et les enquêtes réalisées auprès des établissements ou des entreprises. Les enquêtes sur la population active (EPA) sont habituellement effectuées dans une perspective socio-économique, afin d'obtenir des informations fiables sur les caractéristiques personnelles de la population active, comme le niveau d'instruction, l'âge ou l'exercice de plusieurs emplois, ainsi que des informations sur ces emplois (par exemple la profession et le type de contrat). Par ailleurs, les EPA présentent l'avantage de couvrir l'ensemble de l'économie, même si, pour les besoins de la mesure de la productivité intérieure, il peut se révéler nécessaire de procéder à quelques corrections lorsque le nombre de travailleurs frontaliers ou de travailleurs vivant au sein de ménages collectifs est important.

68. *Les enquêtes auprès des établissements ou auprès des entreprises* sont effectuées dans une perspective de production, et décrivent le travail comme un facteur de production. Les enquêtes auprès des établissements se caractérisent par le fait qu'elles collectent des informations sur les emplois plutôt que sur les personnes occupées : les personnes qui travaillent dans plus d'un établissement sont donc comptabilisées plus d'une fois. En outre, il arrive souvent que les enquêtes auprès des établissements ne couvrent qu'un sous-ensemble de tous les établissements d'une branche, normalement ceux qui dépassent une taille donnée. Si les établissements inclus dans l'enquête affichent systématiquement des niveaux de productivité supérieurs à ceux qui en sont exclus, les estimations de productivité fondées sur les enquêtes auprès des établissements refléteront de manière inadéquate l'effet de la répartition des entreprises en fonction de leur taille au sein d'une branche. Outre le nombre d'emplois, on collecte habituellement aussi des informations sur la rémunération de la main-d'œuvre.

69. Il convient d'évaluer avec attention les avantages et les inconvénients respectifs des enquêtes sur la population active et des enquêtes auprès des établissements lorsqu'elles sont utilisées pour mesurer les « heures effectivement travaillées » dans une branche. Les statistiques sur la population active assurent une meilleure couverture de tous les établissements et les emplois, et apportent des informations plus précises et plus complètes sur les caractéristiques des travailleurs pertinentes pour la productivité, telles que l'âge, l'expérience, le niveau d'instruction et la profession. Elles procurent également des renseignements plus détaillés sur les heures effectivement travaillées pendant la période de référence de l'enquête. Suivant la fréquence et le calendrier des enquêtes sur la population active pendant la période pour laquelle on veut estimer la productivité, il peut se révéler nécessaire de corriger les estimations directes pour tenir compte des périodes de vacances, notamment, si elles ne sont pas incluses dans l'enquête.

70. Outre la concordance des unités pour les variables liées à la production et à l'emploi, les enquêtes auprès des établissements présentent un grand avantage : dans la plupart des cas, les informations sur les unités reposent sur des dossiers écrits et audités pour toute la période de référence, qui correspond normalement à une année calendaire. Lorsque la période comptable se confond avec l'exercice budgétaire, qui peut ne pas correspondre à la période de référence statistique, des corrections sont nécessaires. Par ailleurs, d'autres corrections parfois complexes peuvent s'imposer lorsque les archives tenues par l'entreprise contiennent des informations jugées importantes par la

27. La plupart des informations présentées dans ce document s'inspirent des travaux réalisés par la Direction de l'Éducation, de l'Emploi, du Travail et des Affaires sociales de l'OCDE. Les auteurs ont tout particulièrement utilisé un document datant de 1998 et rédigé par le Groupe de travail sur les statistiques de l'emploi et du chômage, intitulé *Durée annuelle effective du travail : problèmes de définitions et de comparabilité*, ainsi que les notes de la publication annuelle *Perspectives de l'emploi de l'OCDE*.

direction, la réglementation et les autorités fiscales, mais qui ne sont pas forcément celles qui sont requises pour réaliser des statistiques valides et fiables. Par exemple, il n'est pas facile de trouver des informations sur les heures supplémentaires non rémunérées dans les archives des entreprises, qui ont tendance à consigner les « heures payées » plutôt que les heures effectivement travaillées, et risquent donc d'inclure les périodes de congés payés ou d'autres absences payées. Autre faiblesse potentielle, la qualité des enquêtes auprès des établissements est directement tributaire de celle du registre des sociétés, qui a tendance à varier d'une branche à l'autre. Enfin, les enquêtes auprès des établissements englobent rarement les travailleurs indépendants, même dans les établissements couverts, et omettent souvent certains secteurs de l'économie (par exemple l'agriculture).

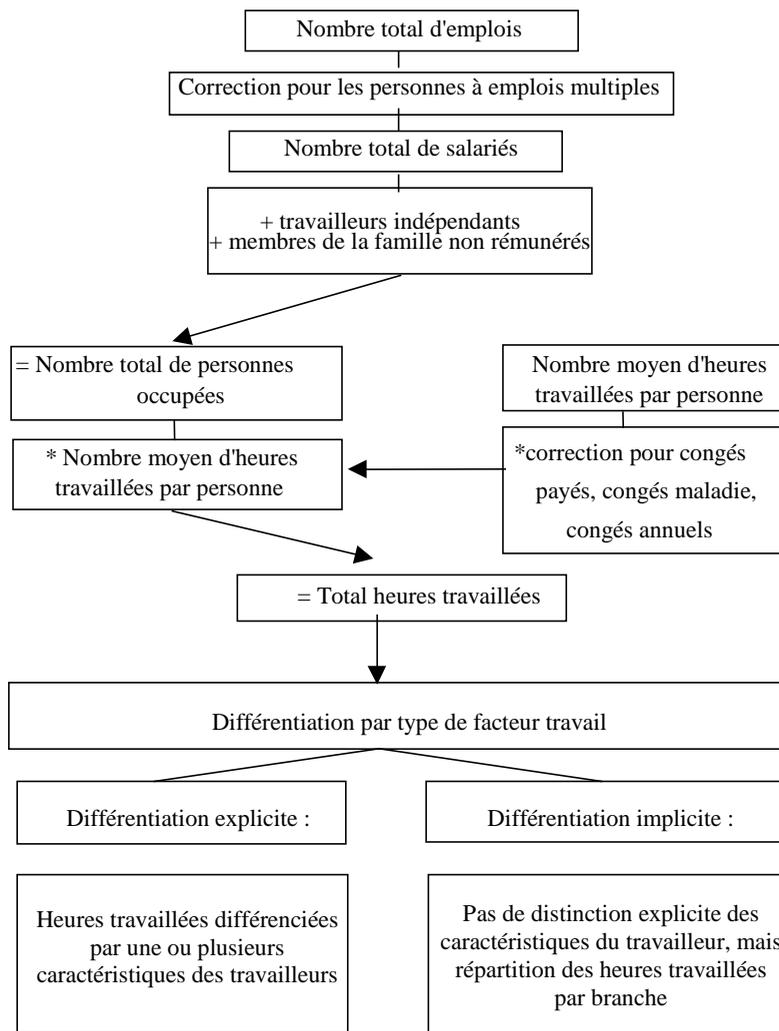
71. Il importe également d'être conscient des différences entre le codage de la « branche » dans les enquêtes sur la population active et les enquêtes auprès des établissements. Dans les enquêtes sur la population active, le codage repose entièrement sur les informations communiquées par la personne interrogée sur le type de bien, de service ou de fonction produit par son lieu de travail. Il peut aussi être obtenu par une consultation du registre des sociétés, à partir du nom et de l'adresse du lieu de travail. Dans une enquête auprès des établissements, le codage repose directement sur les informations communiquées par l'unité concernée sur ses principaux produits, services et fonctions et leur importance respective. Par ailleurs, dans les enquêtes auprès des établissements, le codage utilise des informations analogues extraites du registre des sociétés pour déterminer le code de la branche. Ce type d'enquêtes produit donc généralement des statistiques de meilleure qualité sur la répartition de l'emploi dans la branche, bien que la qualité de ces informations dépende directement de celle du registre des sociétés et de la couverture des unités.

72. Dans un certain nombre de pays de l'OCDE, les instituts statistiques combinent ces différentes sources pour obtenir des informations sur l'emploi au niveau des branches pour les besoins des comptes nationaux. Du point de vue de l'analyse de la productivité, il faut donc généralement leur préférer les données des comptes nationaux sur l'emploi, qui exploitent les avantages comparatifs des différentes sources statistiques, aux données sur l'emploi émanant d'une source unique.

4.3. Mesure des heures travaillées

73. *Heures normales.* Lorsqu'on se fonde sur les statistiques issues des enquêtes auprès des établissements, il arrive que l'on veuille prendre pour point de départ le concept « d'heures normales ». Dans les enquêtes auprès des établissements, cela correspond aux heures négociées ou contractuelles pour le personnel qui n'a normalement pas droit aux heures supplémentaires rémunérées, ainsi qu'aux heures rémunérées pouvant inclure les heures supplémentaires rémunérées pour ceux qui y ont droit. Dans les enquêtes sur la population active, on pose habituellement des questions sur les heures effectivement travaillées durant la période de référence et sur le temps de travail ordinaire ou normal. Des incertitudes sur ce qu'on entend exactement par heures « effectives » et « normales » apparaissent particulièrement pour les personnes non rémunérées sur une base horaire, qui peuvent considérer ou non comme relevant des « heures normales » les heures supplémentaires régulières, rémunérées ou non. Théoriquement, dans les enquêtes sur la population active, les heures normales incluent habituellement les heures supplémentaires constatées régulièrement. Lorsqu'on dispose de chiffres sur les « heures normales » émanant des enquêtes auprès des établissements et des enquêtes sur la population active, les derniers ont tendance à être supérieurs aux premiers, car les statistiques sur la population active incluent les heures supplémentaires régulières.

Figure 2. Mesures du facteur travail



Source : OCDE.

74. *Heures supplémentaires et absences.* Dans une deuxième étape, on évalue les variations par rapport aux heures standard afin d’obtenir une mesure des heures effectivement travaillées. Dans les enquêtes auprès des établissements, les statistiques sur les heures font généralement apparaître les heures de travail payées et les heures d’absence payées. La différence entre les deux correspondra en principe aux heures effectivement travaillées seulement pour les travailleurs rémunérés sur une base horaire. La situation risque d’être moins claire pour les salariés, l’encadrement et les dirigeants pour lesquels les heures travaillées consignées correspondent à une norme conventionnelle qui s’écartera éventuellement des heures effectivement travaillées par les personnes de ces catégories.

75. L’absence du lieu de travail est essentiellement due aux jours fériés, aux congés maladie et aux vacances. Les pratiques varient considérablement d’un pays à l’autre dans l’estimation de ces éléments, et reflètent en partie les différences dans leur statut et leur prévalence dans les diverses branches. Ainsi, les vacances et les jours fériés peuvent être estimés sur la base des dispositions de la législation ou des accords salariaux, ou peuvent être déduits des informations obtenues dans les

enquêtes sur la population active. Il arrive que ces enquêtes incluent les heures supplémentaires travaillées par les dirigeants et les professions spécialisées qui dépassent le nombre d'heures de travail conventionnel. Dans le même temps, il apparaît dans les enquêtes sur l'utilisation du temps que les personnes qui font état de longues journées de travail ont tendance à surestimer leur temps de travail. Dans l'agrégat, cela peut être contrebalancé partiellement, mais pas forcément dans la même branche, par une tendance des personnes interrogées lors des enquêtes sur la population active à sous-estimer les absences pendant la semaine, dues notamment à la maladie et aux jours fériés.

76. Pour résumer, il est difficile de tirer des conclusions définitives sur la qualité et la comparabilité internationale des statistiques sur les heures effectivement travaillées sur une année. Il convient cependant de garder à l'esprit que les biais possibles doivent évoluer au fil du temps pour affecter les mesures de la croissance du facteur travail. Les efforts déployés par les instituts statistiques pour associer les informations obtenues auprès des établissements et de la population active, dans le but d'utiliser les aspects les plus fiables de chacune de ces deux catégories d'enquêtes, semblent constituer la voie la plus prometteuse vers l'amélioration de la qualité et de la cohérence des données sur le facteur travail.

4.4. Rémunération du travail et part du travail

77. Sachant que les « heures travaillées » permettent de mesurer la quantité de services produits par le travail, la rémunération horaire moyenne constituera le prix de ce travail. La rémunération horaire moyenne correspond au taux salarial du point de vue du producteur, à condition qu'il intègre tous les suppléments au salaire. Les comptes d'exploitation des comptes nationaux procurent des données sur la rémunération des salariés et (de manière résiduelle) sur le revenu du capital, lorsque ce dernier inclut le revenu mixte des travailleurs indépendants, la consommation de la capital fixe et l'excédent d'exploitation du secteur des entreprises, net des impôts sur la production moins les subventions. La mesure de la rémunération du travail soulève plusieurs questions.

78. *Affectation du revenu mixte.* Dans le compte d'exploitation, le revenu du capital résiduel comporte deux composantes : l'une est l'excédent d'exploitation net des entreprises constituées en sociétés et quasi-sociétés, qui fait donc indubitablement partie du revenu du capital, et l'autre est le « revenu mixte », c'est-à-dire le revenu qui est perçu par les entreprises non constituées en société qui sont la propriété des membres d'un ménage, c'est-à-dire les travailleurs indépendants.

« Dans quelques cas, il arrive qu'il soit possible d'estimer l'élément de salaire implicitement contenu dans le revenu mixte, mais habituellement, l'information disponible sur le nombre d'heures travaillées ou les taux de rémunération appropriés est insuffisante pour qu'il soit possible d'imputer systématiquement les valeurs. Par conséquent, le revenu mixte contient tout autant que l'excédent dégagé par la production, un élément inconnu de rémunération du travail effectué par le propriétaire de l'entreprise [...]. Dans certains cas, l'élément de rémunération peut être prédominant. » (Système de comptabilité nationale, 1993, paragraphe 7.85).

79. Ainsi, le traitement du revenu généré par les travailleurs indépendants pose problème dans le calcul des parts du travail et du capital dans le revenu total. Il est évident qu'une proportion du « revenu mixte » correspond à la rémunération du travail et doit être affectée à la part du travail si l'on veut suivre la recommandation selon laquelle la quantité du facteur travail doit intégrer les heures travaillées par les travailleurs indépendants.

80. Pour ce faire, on peut supposer que la rémunération horaire moyenne d'un travailleur indépendant est égale à celle d'un salarié²⁸. Il est alors possible de corriger la part du travail dans le revenu total (valeur ajoutée totale) comme suit :

$$\text{Part corrigée du travail} = \text{part initiale du travail} * (\text{salariés} + \text{travailleurs indépendants}) / \text{salariés} \quad (7)$$

81. Il est sinon possible de prendre pour hypothèse un taux de rendement commun pour le capital des entreprises constituées en société et les quasi-sociétés ainsi que pour le capital des travailleurs indépendants. Cette méthode permet de calculer le revenu du capital des travailleurs indépendants et de corriger de manière résiduelle le revenu du travail. Ces deux méthodes n'aboutissent pas forcément au même résultat, et il est théoriquement difficile de recommander l'une plutôt que l'autre²⁹. Cependant, sur le plan pratique, la première (qui part de l'hypothèse d'une rémunération moyenne commune aux travailleurs indépendants et aux salariés) est plus simple à mettre en œuvre que la seconde, qui suppose de calculer un taux de rendement. Ce calcul n'est lui-même pas dépourvu d'ambiguïté, et peut dans certains cas être superflu³⁰. Certains pays recourent à une combinaison de l'imputation des taux de salaires et des taux de rendement. Par exemple, l'*Australian Bureau of Statistics* impute à la fois les composantes travail et capital avant d'appliquer une correction au pro-rata pour veiller à ce que la somme de ces deux composantes égale le revenu mixte brut. Dans tous les cas, ces calculs passent par des hypothèses audacieuses qui ne sont pas toujours justifiées. A long terme, pour améliorer les estimations, il faudra impérativement réaliser des enquêtes sur les travailleurs indépendants ou prévoir dans les recensements des questions qui leur sont spécifiquement destinées.

82. *Dépenses de formation.* La distinction entre le revenu du travail et le revenu du capital n'est que l'un des problèmes associés à la mesure de la rémunération du travail. Un autre de ces problèmes concerne les dépenses de formation, qui constituent une forme d'investissement dans le capital humain. L'acquisition de savoir, de compétences et de qualifications accroît le potentiel productif de l'individu concerné et constitue une source de bienfait économique à venir pour lui comme pour son employeur. Cependant, à la différence des actifs physiques, l'investissement dans la formation ne revient pas pour l'employeur à acquérir des actifs facilement identifiables, quantifiables et valorisables en vue de l'établissement du bilan. Ainsi, le SCN 93 (Système de comptabilité nationale 1993) indique que ce type d'investissement reste classé dans la consommation intermédiaire, même s'il est admis qu'il peut ultérieurement se révéler fructueux³¹.

83. *Partie non salariale de la rémunération.* La partie non salariale de la rémunération du travail, et en particulier les cotisations sociales à la charge de l'employeur, constitue un autre élément qu'il est souvent difficile d'intégrer correctement à la rémunération du travail. Le SCN 93 précise que

28. La question de la précision de cette procédure reste ouverte : il n'est pas rare que les propriétaires des petites entreprises supportent de longues journées de travail, pour une rémunération inférieure à la moyenne, ce qui implique une rémunération moyenne inférieure à celle des salariés.

29. Le *States Bureau of Labor Statistics* des États-Unis utilise les deux méthodes et les rapproche ultérieurement (Bureau of Labor Statistics, 1983).

30. Lorsque la mesure du facteur capital n'opère pas de distinction entre les différentes catégories d'actifs et lorsque la production repose sur une fonction de rendements d'échelle constants, la contribution du capital à la croissance de la production et à la PMF peut être évaluée sans qu'il soit nécessaire de déterminer le taux de rendement du capital (voir chapitre 5 sur le facteur capital).

31. *Système de comptabilité nationale 1993*, paragraphe 1.51.

les cotisations patronales font partie de la rémunération des salariés. Il distingue deux catégories de cotisations : les cotisations sociales effectives à la charge de l'employeur et les cotisations sociales imputées. Les cotisations effectives sont les sommes que paie l'employeur au bénéfice de son salarié aux caisses de protection sociale et aux entreprises d'assurance, notamment. Par conséquent, il faut considérer que les salariés reçoivent une rémunération égale à la valeur de ces cotisations³². Lorsque les employeurs versent directement les prestations sociales à leurs salariés sans passer par une entreprise d'assurance ou un fonds de pension autonome, le SCN 93³³ recommande d'imputer la somme correspondante à la rémunération des salariés. Cette imputation doit être égale au montant des cotisations sociales qui seraient nécessaires pour garantir les droits – acquis *de facto* – aux prestations sociales que les salariés ont accumulées. Dans la pratique, il peut être difficile de décider l'ampleur de ces cotisations imputées. Selon le SCN 93, la seule solution pratique autre que les estimations directement obtenues auprès des entreprises consiste à utiliser les prestations sociales directes de l'employeur sur la même période comptable que celle retenue pour l'estimation de la rémunération imputée de ce type.

84. A titre de dernière illustration des problèmes de mesure, prenons le cas de l'octroi de plus en plus fréquent de *stock-options* aux salariés. Le salarié reçoit ainsi à titre de rémunération le droit d'exercer une option, qui rétribue le facteur travail qu'il fournit. Dans le même temps, il existe une composante entrepreneuriale, parce que le salarié supporte le risque de ne rien gagner du tout sur cette option. Ainsi, même si les statisticiens connaissent l'ampleur et la valeur marchande des *stock-options* avec une fiabilité suffisante, il serait presque impossible de dissocier la composante purement salariale de la composante entrepreneuriale. Le SCN 93 donne des indications sur le traitement des options et des produits financiers dérivés dans les comptes financiers³⁴, mais ne formule aucune recommandation sur les imputations possibles sur la rémunération des salariés. Cependant, les conséquences, pour les estimations de la productivité, peuvent être illustrées par l'exemple suivant. Supposons qu'un grand nombre de salariés acceptent des *stock-options* au lieu d'un salaire fixe. Toutes choses égales par ailleurs, et sur la base des pratiques comptables habituelles³⁵, cela suppose une part plus faible du revenu du travail dans le revenu total dans l'économie. Étant donné que la contribution mesurée du travail à la croissance de la production est le produit de cette part du travail multipliée par le taux de variation du facteur travail, il existe un risque de biais à la baisse de la contribution du travail à la croissance de la production. Plus généralement, aucune solution pleinement satisfaisante n'a pour le moment été trouvée pour le traitement des *stock-options* dans les comptes nationaux. L'assimilation actuelle de la rémunération du travail au simple prix des services du travail dans la production n'est pas plus satisfaisante, et les débats se poursuivent.

4.5. Comptabilisation des différentes catégories de facteur travail

85. Le facteur travail reflète le temps, les efforts et les compétences de la main-d'œuvre. Les données sur les heures travaillées permettent de saisir la dimension temporelle, mais ne disent rien sur les compétences. Lorsque le total des heures travaillées se limite à la somme de toutes les heures travaillées par tous les travailleurs, on ne tient aucun compte de l'hétérogénéité du travail. Dans le

32. *Système de comptabilité nationale 1993*, paragraphe 7.44.

33. *Système de comptabilité nationale 1993*, paragraphe 7.45.

34. *Système de comptabilité nationale 1993*, paragraphe 11.38.

35. Certains pays, dont le Canada, incluent la valeur des *stock-options* à la rémunération du travail. Les *stock-options* sont évaluées au moment où elles sont exercées. Là encore, une question de date se pose : la valeur doit-elle être enregistrée lorsque les *stock-options* sont exercées ou accordées ?

contexte de la mesure de la productivité, Jorgenson *et al.* (1987), Denison (1985) et le *Bureau of Labor Statistics* des États-Unis se sont attaqués à ce problème :

« Les mesures de la productivité du travail définissent traditionnellement le facteur travail comme la somme de toutes les heures travaillées par les salariés, les propriétaires et les travailleurs non rémunérés. Une heure travaillée par un chirurgien chevronné et une heure travaillée par un adolescent qui fait ses débuts dans un établissement de restauration rapide sont ainsi considérées comme deux quantités de travail égales. Peu importe qui travaille et quel type d'emploi il occupe. Tous les travailleurs sont traités comme s'ils étaient identiques » (Bureau of Labor Statistics, 1993).

86. Pour l'estimation des variations de la productivité, il faut se demander si, au fil du temps, la composition de la main-d'œuvre varie, c'est-à-dire si la qualité moyenne du facteur travail augmente ou diminue. Dans la plupart des mesures, on a observé une amélioration constante de la qualité de la main-d'œuvre (OCDE, 1998a). Une progression de la qualité moyenne de la main-d'œuvre suppose que la mesure du facteur travail corrigée de la qualité augmenterait plus vite qu'une mesure non corrigée de ce facteur. Une bonne correction de la qualité revient quasiment à mesurer le travail dans des unités de qualité constante. Les mesures du facteur travail de qualité constante sont intéressantes à plus d'un titre.

87. Premièrement, elles donnent une indication plus précise de la contribution du travail à la production, ce qui a des conséquences pour les mesures de productivité et la comptabilité de la croissance. Il faut rappeler que la PMF mesure la croissance résiduelle de la production qui ne peut pas s'expliquer par le taux de variation des services du travail, du capital et des facteurs intermédiaires. La comptabilité de la croissance constitue une manière différente d'envisager la même équation : la croissance de la production est attribuée au travail, au capital, aux facteurs intermédiaires et aux variations résiduelles de la PMF. Lorsqu'on utilise des mesures corrigées de la qualité du facteur travail pour la comptabilité de la croissance au lieu des heures travaillées non corrigées, une proportion plus importante de la croissance de la production sera attribuée au facteur « travail » au lieu du facteur résiduel « croissance de la productivité ». En d'autres termes, substituer des mesures du facteur travail corrigées de la qualité à des mesures simples peut modifier l'appréciation des sources de la croissance, et réduire les externalités ou les retombées traduites par la productivité résiduelle au profit des effets de l'investissement dans le capital humain (voir également la section 10.1).

88. Deuxièmement, une comparaison d'une mesure corrigée et d'une mesure non corrigée du facteur travail se traduit par une mesure de la variation correspondante de la composition ou de la qualité du facteur travail. Cela peut être utilement interprété comme un aspect de la formation du capital humain. En tant que tel, il s'agit d'une étape vers la mesure d'un aspect important des effets de « l'investissement incorporel ».

89. Il existe dans la littérature et dans la pratique statistique des approches différentes de la différenciation explicite du facteur travail. Les différences entre ces approches sont étroitement liées à la manière dont les « compétences » sont mesurées. Il est possible de supposer une relation directe entre les compétences et la profession, de classer les professions en fonction de leur intensité en compétences, puis d'utiliser les informations sur la répartition des heures travaillées par profession pour en déduire des mesures différenciées du facteur travail. C'est par exemple la méthode retenue par Lavoie et Roy (1998) dans le cas du Canada ou par l'OCDE (1998a) pour un certain nombre de ses pays Membres.

90. Cependant, l'hypothèse qui consiste à saisir toutes les différences pertinentes de compétences en se fondant sur les professions n'est pas forcément correcte. Les autres caractéristiques qui induisent une différenciation, comme l'âge, la santé ou le niveau d'instruction, peuvent

raisonnablement être considérées comme des traits significatifs. Jorgenson *et al.* (1987) ont utilisé jusqu'à cinq caractéristiques (âge, instruction, catégorie de travailleurs, profession et genre) pour faire une classification croisée du facteur travail par branches détaillées. Étant donné que les différentes caractéristiques sont corrélées, la mesure de la composition du travail qui en résulte reflète à la fois la contribution directe de ces caractéristiques à la croissance de la production ainsi que les effets de l'interaction entre ces caractéristiques.

91. Une autre possibilité consiste à utiliser un petit nombre de caractéristiques différentiantes, de manière à minimiser leur corrélation. C'est d'ailleurs la méthode adoptée par le *Bureau of Labor Statistics* des États-Unis, qui effectue une classification croisée des heures travaillées uniquement en fonction du niveau d'instruction et de l'expérience professionnelle. En outre, il n'y a pas de différenciation par branche. Cette procédure réduit les effets de l'interaction entre les variables et facilite l'identification des sources indépendantes de variation de la qualité du travail (*Bureau of Labor Statistics*, 1993).

92. Qu'il existe un ou plusieurs traits distinctifs, il n'est pas possible de faire simplement la somme des heures travaillées par les personnes très qualifiées et des heures travaillées par les personnes non qualifiées pour obtenir une mesure agrégée du facteur travail. Ces heures doivent en effet être pondérées par leur productivité relative respective si l'on veut tenir compte des écarts de compétences. La théorie de l'entreprise nous dit que, dans certaines conditions, (l'entreprise est preneuse de prix sur le marché du travail et vise à réduire ses charges totales au minimum), l'entreprise embauchera des travailleurs d'un certain type tant que le coût d'une heure supplémentaire de travail ne dépassera pas le produit supplémentaire qu'il tire de cette heure (pour une explication plus technique, voir l'annexe 3). Cette égalité entre charges et produit implique que, dans une mesure du facteur travail total, les apports de travail de qualité différente peuvent être pondérés par les taux salariaux relatifs respectifs, ou plus précisément, par l'importance relative des diverses catégories de travailleurs dans la rémunération totale du travail.

93. Ainsi, le taux de croissance du facteur travail total L corrigé de la qualité se mesure selon l'équation (8), où L_i représente une catégorie de travail donnée, et où v_i exprime le poids qu'occupe cette catégorie de travail i dans la rémunération totale du travail :

$$\frac{d \ln L}{dt} = \sum_{i=1}^M v_i \frac{d \ln L_i}{dt} \quad (8)$$

94. Il convient de noter que, même lorsqu'on choisit une caractéristique simple, comme celle des professions, pour différencier le facteur travail, les besoins d'information sont très importants : il faut disposer de données qui répartissent le nombre total d'heures travaillées selon les professions, les branches et les années. En outre, les mesures quantitatives du facteur travail (heures travaillées) doivent s'accompagner de mesures de prix (rémunération moyenne relative) si l'on veut élaborer des pondérations à des fins d'agrégation. La collecte d'ensembles de données aussi abondants est en général difficile et coûteuse, et donc assez peu réalisable dans la pratique.

95. Dans ce cas, la différenciation implicite constitue une solution envisageable, quoique incomplète. Il y a différenciation implicite lorsque le facteur travail (simple mesure des heures travaillées) est mesuré selon les branches d'activité détaillées, mais pas selon les catégories de main-d'œuvre au sein de chaque branche. Lorsqu'on agrège des taux de variation des heures travaillées par branche à l'échelle de l'économie, et lorsque la part de chaque branche dans la rémunération totale du travail sert de pondération à l'agrégation, ces pondérations seront relativement élevées pour les branches qui versent des salaires supérieurs à la moyenne, et relativement basses pour celles qui versent des salaires inférieurs à la moyenne. Si l'on suppose que des salaires supérieurs à la moyenne reflètent des compétences supérieures à la moyenne pour la main-d'œuvre, cela revient à tenir compte d'une partie de la variation de la qualité du facteur travail.

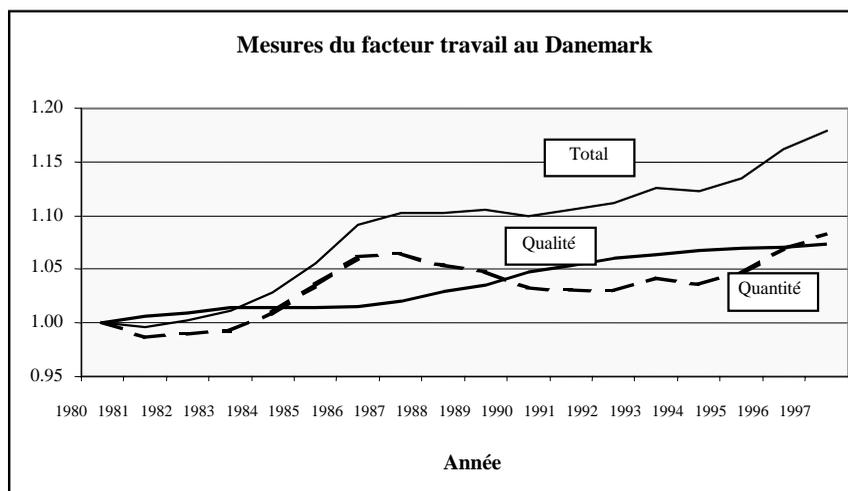
Encadré 3. Mesure du facteur travail avec correction de la qualité au Danemark

Les spécialistes de la productivité du ministère danois du Commerce et de l'industrie ont élaboré des mesures du facteur travail corrigé de la qualité, qui sont très proches de la méthode décrite dans ce manuel. Les données de base concernent tous les Danois. Elles sont collectées le 1^{er} novembre de chaque année et sont valides pour cette date. Cependant, les informations relatives au revenu émanent de l'administration fiscale et excluent le revenu du capital.

Ces données permettent une classification croisée des individus selon 124 branches, le genre, 8 classes d'âge (0-15, 16-24, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, 65-75, 75+), 29 catégories de niveaux d'instruction, quatre catégories d'emplois (travailleurs indépendants, employeurs, membre de la famille participant à l'activité, salarié), et les heures travaillées. Les heures travaillées ont été déterminées sur la base des pensions versées, neuf catégories couvrant le travail à temps plein et les différentes durées du travail à temps partiel. Aucune information sur les heures supplémentaires ou la durée de la semaine de travail n'était disponible auprès de cette source.

Tout d'abord, les individus ont été agrégés en personnes en équivalent temps plein à l'aide des informations sur les heures travaillées. Aujourd'hui, les données sur les heures travaillées ne sont pas considérées comme assez fiables pour permettre d'établir des séries sur les heures totales. L'agrégation et la classification croisée aboutissent à quelque 90 000 cellules non vides pour chaque année de la période 1980-97. La classification des branches a changé en 1993, et, à compter de cette date, un certain nombre de branches nouvelles sont apparues, alors qu'elles étaient autrefois intégrées à d'autres branches. Cette nouveauté introduit une rupture dans les séries qui utilisent la dimension des branches. Cette rupture a néanmoins été supprimée dans le graphique ci-dessous. Dans une deuxième étape, on a affecté aux travailleurs indépendants, aux employeurs et aux membres de la famille contribuant à l'activité le même salaire que celui des salariés du secteur concerné, du même âge, du même sexe et du même niveau d'instruction. Cette méthode a permis d'obtenir les pondérations nécessaires pour l'agrégation. Le taux de variation du facteur travail (corrigé de la qualité) a été calculé à l'aide d'une moyenne ainsi pondérée des taux de variation de chaque catégorie de facteur travail, c'est-à-dire pour chaque cellule de la classification croisée selon six critères.

Le graphique ci-dessous montre les résultats sous la forme de trois indices : a) quantité de facteur travail : il s'agit du profil temporel de la simple somme de l'emploi en équivalent temps plein ; b) le facteur travail total : c'est-à-dire le profil temporel de la mesure du facteur travail corrigée de la qualité ; c) qualité du facteur travail : à savoir le profil temporel de l'effet différentiel entre le total et la mesure de quantité du facteur travail. Il représente la variation de la composition de l'utilisation du travail et sa réaffectation entre les secteurs. Comme dans le cas d'autres pays, cet effet est positif et relativement important (0.42 % par an). Il est responsable d'une proportion de la croissance du facteur travail aussi élevée que celle suscitée par l'effet quantité (0.47 % par an). Ainsi, la productivité du travail fondée sur la mesure corrigée de la qualité a progressé d'environ 0.4 % par an de moins que la productivité du travail fondée sur de simples équivalents temps plein. Ce n'est pas négligeable, étant donné que la croissance du PIB au Danemark s'établissait autour de 2 % sur la même période (1980-97).



Source : Fosgerau *et al.* (2000).

5. LE FACTEUR CAPITAL

5.1. Introduction

96. Un processus de production combine travail, capital et facteurs intermédiaires pour réaliser un ou plusieurs produits. Sur le plan conceptuel, de nombreuses facettes du facteur capital offrent une analogie directe avec les mesures du facteur travail (tableau 6). Les biens d'équipement achetés ou loués par une entreprise sont considérés comme des vecteurs de services du capital qui constituent les moyens effectifs mis en œuvre dans le processus de production. De même, les salariés embauchés pour une certaine durée peuvent être considérés comme porteurs d'un stock de capital humain, et donc comme des vecteurs de services du travail. Les différences entre travail et capital sont dues au fait que les biens d'équipement sont généralement détenus par les producteurs. Lorsqu'un bien d'équipement « fournit » des services à son propriétaire, aucune transaction commerciale n'est comptabilisée. La mesure de ces transactions implicites – dont la quantité correspond aux services tirés du stock de capital sur une période donnée et dont le prix est constitué par le coût d'utilisation ou par le prix de location du capital – est l'un des défis posés à ceux qui analysent la productivité du capital. Il convient également de noter qu'il existe depuis longtemps un débat entre universitaires sur la nature fondamentale du capital et sur son rôle dans la production. L'une des approches possibles, que retient le présent manuel, est centrée sur les prix et volumes des services du capital. Une autre méthode accorde une importance fondamentale aux services découlant non pas des biens d'équipement, mais de « l'attente », c'est-à-dire de l'attitude consistant à s'abstenir de consommer immédiatement afin de permettre la mise en place de biens d'équipement et de la consommation à venir (voir Rymes, 1971, pour une analyse de ce point).

97. En raison d'un emploi parfois conflictuel de la terminologie et des différents concepts, nous commencerons par définir les principales notions en jeu. A cette fin, nous nous appuyerons sur les travaux de Hulten (1990 et 1996), de Triplett (1996b et 1998), de Jorgenson (1996), de Biorn *et al.* (1989), ainsi que sur le *Manuel sur la mesure du stock de capital* de l'OCDE, qui détaille certains aspects de la mesure du capital.

Tableau 6. Facteurs travail et capital

	Facteur travail	Facteur capital
Mesures du stock	Capital humain	Capital physique
Services fournis à la production par les différents facteurs :		
Quantité	Services du travail, mesurés comme total des heures travaillées	Services du capital, mesurés comme total des heures machine (généralement considéré comme une part fixe du stock de capital)
Prix	Rémunération horaire	Coût d'utilisation du capital par unité de service du capital
Différenciation	Par branche et par type de facteur travail	Par branche et par type d'actif
Coût ou revenu des facteurs	Rémunération horaire x total des heures	Coûts d'utilisation x services du capital productif
Pondérations pour agrégation	Parts spécifiques à la branche et à la qualité du travail dans la rémunération totale	Parts spécifiques à la branche et au type d'actif des coûts d'utilisation du capital

5.2. Aperçu

Aperçu : mesures du facteur capital pour une seule catégorie d'actif

La quantité du facteur capital utilisée dans la production est mesurée par les services du capital

Pour toute catégorie d'actif, il existe un flux de services productifs issus du stock cumulé des investissements réalisés. Ce flux est appelé *services du capital* de la catégorie d'actif considérée et constitue la mesure appropriée du facteur capital pour l'analyse de la production et de la productivité. Sur le plan conceptuel, les services du capital reflètent une quantité (notion physique), à ne pas confondre avec la valeur, qui est la notion prix du capital. Prenons l'exemple d'un immeuble de bureaux : dans ce cas, les flux de services concernent la protection contre la pluie, ainsi que le confort et l'espace de stockage que cet immeuble offre aux personnes qui y travaillent, pendant une période donnée.

Les flux quantitatifs de services du capital ne pouvant, en général, être observés directement, il faut les déterminer par approximation en prenant pour hypothèse qu'ils sont proportionnels au stock d'actifs une fois que chaque génération a été transformée en unités types « d'efficacité ». Le stock ainsi calculé est appelé « *stock productif* » d'un type d'actif donné. Les mesures du stock de capital sont donc importantes dans l'analyse de la productivité, car elles fournissent un outil pratique pour estimer les flux de services du capital. Si ces derniers étaient observables directement, il ne serait pas nécessaire de mesurer les stocks de capital. Dans l'exemple ci-dessus, on suppose que les services sont fixes, pour chaque année d'utilisation de l'immeuble de bureaux. L'achat d'un deuxième immeuble similaire équivaut à un doublement des services, même si seul le nombre d'immeubles est observé. Un problème d'ordre pratique se pose immédiatement lorsqu'on tente de définir sous la forme d'une unité physique les services du capital d'un immeuble de bureaux : ces services existent-ils uniquement lorsque des personnes y travaillent effectivement ? Ou bien le flux de services est-il permanent ? On peut probablement trouver des éléments étayant l'une et l'autre éventualité, et qui soient pertinents dans le cadre de l'analyse de l'utilisation du capital.

... et son prix par les coûts d'utilisation du capital

Le prix des services du capital est mesuré en tant que *prix de location* de ces services. S'il existait toujours des marchés où trouver les services du capital, les prix de location pourraient être observés directement. C'est le cas pour notre immeuble de bureaux : des prix de location existent bel et bien et sont observables sur le marché. Il en va en revanche autrement pour nombre d'autres biens d'équipement dont les services relèvent d'une relation de propriété et dont le prix de location doit être imputé. Dans ce cas, le loyer implicite que les propriétaires de ces biens d'équipement « paient » à eux-mêmes donne naissance au terme « *coûts d'utilisation du capital* ».

- ☛ Pour des précisions sur le calcul des coûts d'utilisation, se reporter à la section 5.4.
- ☛ Pour un exposé plus technique, voir l'annexe 4.

Stock productif et stock net (« richesse ») d'un actif particulier

Les services productifs d'un actif sont habituellement calculés en proportion du *stock productif de cet actif particulier*. Le stock productif doit normalement refléter la capacité productive du capital. Il convient donc pour évaluer la quantité de services du capital dans le cadre de l'analyse de la production. En revanche, le *stock de capital net*, ou *stock de capital* « *richesse* », est la valeur marchande courante du capital productif d'une branche (d'un pays). Le stock de capital « *richesse* » a notamment pour finalité de mesurer l'amortissement (économique), ou la perte de valeur d'un actif à mesure que celui-ci vieillit. L'amortissement total, sur l'ensemble des générations d'un actif, correspond exactement à la diminution de la valeur du stock de capital net sous l'effet du vieillissement. Cependant, il ne permet pas de rendre compte de l'aspect quantitatif des services du capital.

- ☛ Pour des précisions sur le calcul du stock de capital productif, se reporter à la section 5.3 et à l'annexe 3.
- ☛ Pour des précisions sur le calcul du stock de capital net, se reporter à la section 5.4.1 et à l'annexe 3.

Dépréciation physique et amortissement

L'amortissement mesure la perte de valeur d'un bien d'équipement à mesure que celui-ci vieillit. Il est donc lié au stock de capital (« richesse ») net et doit être distingué de la *dépréciation physique* ou *diminution de l'efficacité*, qui reflète la perte de services productifs pouvant être tirés d'un bien d'équipement. La diminution de l'efficacité est en rapport avec le stock de capital productif. Les schémas d'amortissement concernent le profil âge-prix d'un élément d'actif, tandis que les schémas de dépréciation physique ont trait au profil âge-efficacité.

☛ Pour en savoir plus sur la définition de l'amortissement et ses liens avec le SCN, se reporter à la section 5.4.1.

Profil âge-prix

La perte de valeur d'un bien d'équipement qui vieillit est représentée par son *profil âge-prix*, c'est-à-dire par la structure des prix relatifs, à différentes générations, d'un même (homogène) bien d'équipement. Le prix d'un bien d'équipement vieillissant diminue plus ou moins rapidement en fonction de plusieurs facteurs, notamment du taux de perte de capacité productive et de la durée de vie résiduelle. L'obsolescence est une autre source de perte de valeur d'un actif ancien car l'introduction d'un actif neuf de même catégorie contient des améliorations de productivité ou d'efficacité (Triplett, 1998). Notons que l'obsolescence affecte la valeur, mais pas nécessairement les caractéristiques productives, d'un actif usagé. Ainsi, la valeur marchande d'un camion vieux de 5 ans est nettement moins élevée que celle d'un camion neuf, étant donné que le premier a déjà subi une usure et que sa durée de vie résiduelle est inférieure de 5 ans à celle du second.

☛ Pour des précisions sur les éléments empiriques relatifs aux profils âge-prix, se reporter au *Manuel sur la mesure du stock de capital* de l'OCDE.

☛ Pour des précisions sur les profils âge-prix, l'amortissement et le stock net, se reporter à la section 5.4.1.

Profil âge-efficacité

La perte de capacité productive d'un bien d'équipement au cours du temps est représentée par un *profil âge-efficacité*, qui correspond au taux auquel la contribution matérielle de ce bien d'équipement à la production diminue sur la durée, du fait de l'usure. Les profils âge-prix et âge-efficacité d'un équipement ne sont pas nécessairement identiques, mais ils sont quand même liés. Ils ne peuvent donc pas être définis indépendamment l'un de l'autre.

Ainsi, un camion vieux d'un an peut avoir perdu 20 % de sa valeur marchande, mais pas forcément 20 % de sa capacité à transporter des produits d'un lieu à un autre. En fait, les services qu'il rend sont probablement quasiment identiques à ceux d'un camion neuf. Néanmoins, l'évolution de la durée de vie, ou un taux de perte d'efficacité différent, influera nécessairement sur la valeur des actifs existants, ce qui montre la relation entre les profils âge-prix et âge-efficacité.

Profil de déclassement

Le profil de déclassement décrit la manière dont les actifs sont retirés du service (mise à la casse ou au rebut). En général, un profil de déclassement évolue autour de la durée de vie prévue ou moyenne. Notons la différence entre le profil de déclassement et le profil âge-efficacité ou âge-prix : le premier détermine simplement la probabilité de survie d'un bien d'équipement donné, tandis que le second décrit ses capacités productives ou sa valeur marchande *sous réserve de sa survie*. Tous les véhicules d'une flotte qui sont identiques et du même âge ont la même durée de vie prévue. Néanmoins, en pratique, une partie des camions seront retirés du service ou mis à la casse avant la fin de leur durée de vie prévue, et les autres plus tard. Ce phénomène est décrit par le profil de déclassement.

Relation avec le « stock brut » et le « stock net »

Le « *stock de capital brut* » est le flux cumulé des investissements, corrigé du profil de déclassement. Dans le calcul du stock productif, il constitue donc une étape intermédiaire, qui prend en compte le retrait de certains actifs, mais pas la perte de capacité productive de ceux qui restent. Une autre méthode consiste à considérer le stock de capital brut comme un cas particulier concernant le stock productif. Le profil âge-efficacité suit alors un schéma dans lequel un actif donné conserve l'intégralité de sa capacité productive jusqu'à la fin de sa durée de vie (c'est ce que l'on appelle parfois le profil *one hoss shay*). Comme

indiqué plus haut, « *stock de capital net* » est synonyme de stock de capital richesse. Néanmoins, ce dernier terme est parfois jugé plus précis, car il existe d'autres formes de stock « net », en particulier le stock productif, qui représente le stock brut « net de » la diminution de l'efficacité des actifs productifs.

Valorisation des stocks et interprétation

La valorisation des stocks de capital peut s'appuyer se faire aux prix historiques, à prix constants ou à prix courants. Cependant, seules les deux dernières valorisations sont pertinentes pour mesurer la productivité.

Mesurer le stock productif à prix constants consiste à estimer les quantités de chaque actif. Si tous les actifs étaient véritablement homogènes, cette mesure serait exprimée en unités physiques. C'est toutefois rarement le cas. Les mesures du stock de capital à prix réels sont donc exprimées sous forme d'indices de quantité (ou aux prix d'une année de base fixe si un indice de type Laspeyres est utilisé).

Mesurer le stock de capital productif à prix courants consiste à exprimer ces mesures de quantité aux prix de chaque année. Ces mesures doivent être interprétées comme étant les nouvelles dépenses nécessaires pour produire le même volume de production que ce que le stock productif à prix constants est à même de générer. Cette interprétation explique l'emploi, comme synonyme, de l'expression « stock de capital *aux coûts de remplacement* ».

Le *stock de capital (richesse) net à prix courants* s'interprète naturellement comme la valeur marchande des actifs sur une année donnée, exprimée aux prix de cette année-là. On prend généralement pour hypothèse que la valeur marchande d'un actif est égale aux recettes futures que ce dernier est censé générer.

Le *stock de capital (richesse) net à prix constants* égale la valeur marchande d'un actif exprimée aux prix d'une année de base ou sous forme d'un indice de volume. Cependant, étant donné que les stocks nets sont intrinsèquement des mesures de valeur, une interprétation « quantitative » n'est guère utile. L'interprétation quantitative (« physique ») des stocks nets à prix constants n'a de sens que lorsque les profils âge-prix et âge-quantité coïncident. Dans ce cas, les stocks de capital net et productif sont identiques. Sinon, c'est la valeur marchande des actifs, par rapport à l'indice de prix d'un bien d'équipement, qui permet l'interprétation optimale des mesures nettes à prix constants.

☛ Pour des précisions sur le calcul des stocks net et productif, au moyen de différentes méthodes de valorisation, se reporter à la section 5.3 et à l'annexe 3.

Aperçu : agrégation de différents types de biens d'équipement

Le facteur capital total est une moyenne pondérée des différents actifs entrant dans la production

La production faisant appel à un grand nombre de biens d'équipement différents, il faut calculer une mesure agrégée du stock de capital ou des services du capital. Concernant les stocks (de richesse) nets, il s'agit simplement d'additionner les estimations relatives aux différentes catégories d'actifs. Les prix du marché servent alors de pondérations dans l'agrégation. Il en va autrement dans l'analyse de la productivité. En général, chaque catégorie d'actif est associée à un flux spécifique de services du capital, et l'on suppose une stricte proportionnalité entre les services du capital et les stocks de capital, pour les actifs considérés à titre individuel. Ce rapport n'est toutefois pas le même pour des catégories d'actifs différentes. C'est pourquoi le stock agrégé et les flux représentant les divers types d'actifs ne coïncident pas. Une mesure unique ne peut répondre aux deux objectifs, sauf s'il n'existe qu'un seul bien d'équipement homogène (Hill, 1999a).

Les pondérations peuvent s'appuyer sur les coûts d'utilisation...

Jorgenson (1963) ainsi que Jorgenson et Griliches (1967) ont été les premiers à élaborer des mesures agrégées des services du capital qui prennent en compte l'hétérogénéité des actifs. Ils ont d'abord défini des quantités de services du capital pour chaque catégorie d'actifs, puis utilisé comme pondérations les coûts d'utilisation propres à chaque actif, afin d'agréger les services fournis par les différentes catégories d'actifs. Les coûts d'utilisation sont les prix des services du capital et, en présence de marchés concurrentiels et à l'équilibre, ces prix reflètent la productivité marginale des différents actifs. Les pondérations par les coûts d'utilisation permettent donc d'intégrer effectivement les écarts de contribution d'investissements hétérogènes à la production, à mesure que la composition des investissements et du capital se modifie.

☛ Pour des précisions sur les coûts d'utilisation, se reporter à la section 5.4.

☛ Pour des explications plus techniques, se reporter à l'annexe 4.

... ou sur les prix du marché

La mesure agrégée du stock de capital peut, d'autre part, utiliser les *prix du marché* des différents actifs, comme pondérations des composantes de ce stock. La différence entre un indice agrégé des services du capital et un indice agrégé du stock de capital peut donc s'observer dans les ensembles de pondérations : le premier se fonde sur les coûts d'utilisation, et le second sur les prix du marché des actifs. Dans la pratique statistique, il est fréquent de calculer les stocks agrégés du capital en additionnant les stocks des différents actifs mesurés aux prix d'une année de base donnée. Au cours du temps, l'indice de quantité du stock de capital représentera un indice de type Laspeyres du capital agrégé, avec, comme pondérations, les prix du marché en vigueur pendant cette année de base.

☛ Pour des précisions sur l'agrégation au moyen de pondérations différentes, se reporter à la section 5.5.

Formules de calcul des indices

Les considérations qui précèdent nous amènent à établir une dernière distinction entre les mesures empiriques du capital. Cette distinction concerne la formule de calcul de l'indice servant à l'agrégation. La littérature économique³⁶ recommande l'utilisation d'indices à pondérations flexibles : indice idéal de Fisher et indice de Törnqvist. La formule de Laspeyres, elle, est souvent exprimée en tant qu'indice à pondérations fixes³⁷. Une formule flexible offre l'avantage de recourir à un ensemble de pondérations (coûts d'utilisation ou prix du marché) qui reste d'actualité et reflète donc les prix relatifs sur lesquels le producteur s'appuie pour prendre ses décisions. En période de variations rapides des prix relatifs, les pondérations figurant dans les indices de Laspeyres à pondérations fixes peuvent rapidement devenir obsolètes et, partant, fausser les indices de quantité.

☛ Pour des détails sur les indices, se reporter à la section 7.2.

Trois critères de classification du capital

Globalement, au moins trois critères permettent de classer les mesures du capital (tableau 7) :

- La courbe de la fonction âge-efficience ou âge-prix, pour chaque catégorie d'actif.
- La nature des pondérations utilisées pour agréger les différentes catégories d'actifs.
- La formule de calcul de l'indice choisie pour cette agrégation.

36. Voir Diewert (1987a). Pour une analyse des indices et de la mesure du capital par le *Bureau of Labour Statistics* des États-Unis, voir Dean *et al.* (1996).

37. Les indices-chaîne de Laspeyres sont de plus en plus utilisés dans les statistiques officielles, suite, notamment, à la recommandation du *Système de comptabilité nationale 1993*. Ils mettent à jour les pondérations de prix sur une base annuelle et donnent souvent des mesures proches de celles obtenues avec les indices de Fisher ou de Törnqvist.

Aperçu : utilisation du capital

L'utilisation des biens d'équipement est rarement uniforme d'une période sur l'autre...

... mais les mesures standards du capital partent néanmoins de cette hypothèse

Le taux d'utilisation du capital ou, d'une manière plus générale, des capacités d'une entreprise, varie au cours du temps pour de multiples raisons : l'évolution de la demande, les fluctuations saisonnières, les interruptions des livraisons de produits intermédiaires ou l'avarie d'une machine sont quelques exemples de facteurs qui modifient le flux de services du capital tirés d'un stock d'actifs. Pourtant, il est souvent présumé (faute d'informations plus précises sur les taux d'utilisation) que ce flux de services constitue une proportion *constante* du stock de capital. C'est l'une des raisons du comportement procyclique des séries de la productivité : les variations de la production sont reflétées dans les séries de données, mais les variations correspondantes de l'utilisation du facteur capital (et du facteur travail) ne sont pas rendues correctement. Des corrections seraient possibles si les heures d'utilisation des machines étaient mesurées. Cependant, dans la pratique, étant donné que les données nécessaires ne sont pas disponibles, c'est la mesure de la productivité de manière résiduelle qui rend compte des fluctuations de la demande et de la production.

Plusieurs auteurs ont tenté de traiter cette question, mais sans parvenir à une solution communément acceptée, si tant est qu'il faille le souhaiter. Dans la pratique, les instituts statistiques ne cherchent absolument pas à ajuster leurs mesures standards de la productivité en tenant compte de l'évolution du taux d'utilisation du capital et des capacités.

☛ Pour des détails sur l'utilisation du capital, se reporter à la section 5.6.

Tableau 7. Aperçu des mesures du capital

	Type de profil âge-efficience ou âge-prix					
	One hoss shay (O) ou hyperbolique (H)		Linéaire		Géométrique	
	Pondération par les coûts d'utilisation	Pondération par les prix du marché	Pondération par les coûts d'utilisation	Pondération par les prix du marché	Pondération par les coûts d'utilisation	Pondération par les prix du marché
Indice à pondérations fixes		Mesure type du « stock brut » dans la zone OCDE (O) Mesure du stock de capital net par Statistique Canada avec profil d'amortissement hyperbolique		Mesure du stock de capital « net » dans la zone OCDE	Mesure MFP du facteur capital par Statistique Canada	
Indice à pondérations flexibles (par exemple, de Fisher ou de Törnqvist)	Mesure des services du capital par le <i>Bureau of Labor Statistics</i> des États-Unis (H) Mesure des services du capital par l' <i>Australian Bureau of Statistics</i> (H)	Mesure du stock de capital net par l' <i>Australian Bureau of Statistics</i> (profil âge-prix reposant sur le profil hyperbolique âge-efficience)			Mesure des services du capital par Jorgenson (1989)	Mesure de <i>Fixed Reproducible Tangible Wealth</i> , par le <i>Bureau of Economic Analysis</i> des États-Unis

Encadré 4. Mesures du capital aux États-Unis

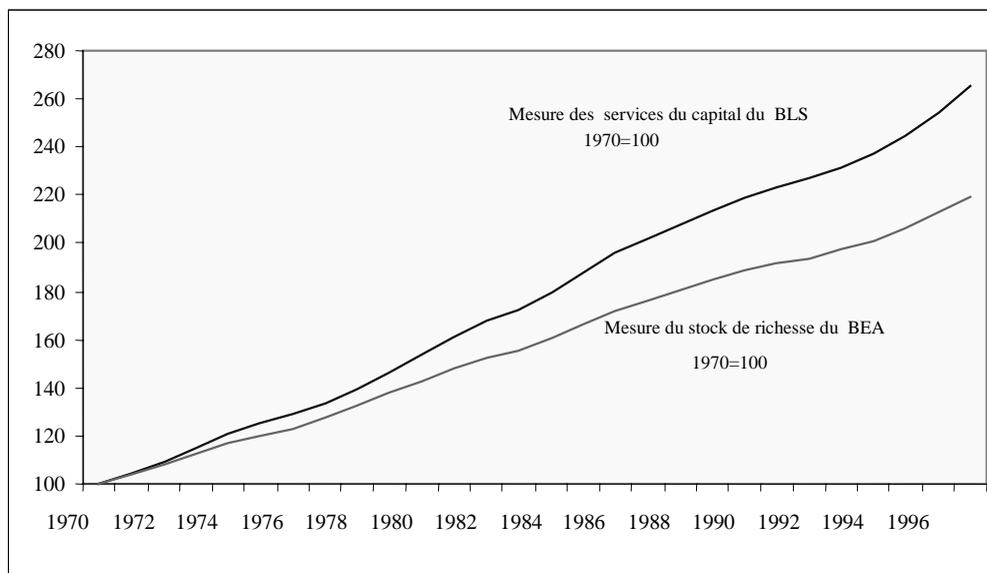
Les États-Unis disposent actuellement de deux sources officielles pour la mesure du capital :

- La série "*Fixed Reproducible Tangible Wealth*" de stock (richesse) fixe corporel reproductible du *Bureau of Economic Analysis* (BEA) ;
- La série "*Capital Services*" de services du capital du *Bureau of Labor Statistics* (BLS), dans le cadre des statistiques du BLS relatives à la productivité multifactorielle annuelle.

Le BEA calcule un stock de capital *richesse* qui représente la valeur des actifs fixes reproductibles. Ces estimations, ainsi que celles, connexes, de l'amortissement de ce stock, sont utilisées dans les études du revenu national, de la production et de la richesse. Concernant les trois dimensions énumérées plus haut, pour mesurer le stock net, le BEA utilise dans la plupart des cas : *i*) un profil géométrique âge-prix ; *ii*) les prix du marché comme pondérations dans l'agrégation, et *iii*) un indice de Fisher pour l'agrégation des actifs. Aucune fonction de déclassement explicite ne figure dans les estimations du BEA. Les taux d'amortissement géométrique appliqués à chaque type d'actif reposent sur des estimations empiriques qui reflètent à la fois la perte de valeur d'un actif considéré à titre individuel et le profil de déclassement de tous les actifs identiques, à l'intérieur d'une cohorte donnée.

De son côté, le BLS mesure les services du capital en se fondant sur : *i*) une fonction hyperbolique âge-efficiencé (avec l'hypothèse que l'efficiencé d'un actif considéré à titre individuel diminue relativement lentement au début de sa vie utile et s'accélère par la suite), couplée à une fonction de déclassement à distribution normale ; *ii*) les coûts d'utilisation du capital comme pondérations dans l'agrégation et *iii*) un indice de Törnqvist pour l'agrégation des actifs.

A la lumière des différences dans le traitement des différents actifs (géométrique ou hyperbolique) et de l'agrégation (sur la base des prix du marché ou des coûts d'utilisation), il n'est pas étonnant que les séries des services du capital établies par le BLS n'augmentent pas au même rythme que le stock de capital richesse observé par le BEA (graphique). Pour une analyse plus poussée de la méthode, se reporter au Manuel des méthodes (*Handbook of Methods*) du BLS, à l'adresse <http://stats.bls.gov/opub/hom/homtoc.htm>, ainsi qu'à la publication *Fixed Reproducible Tangible Wealth* du BEA, à l'adresse <http://www.bea.doc.gov/bea/mp.htm>



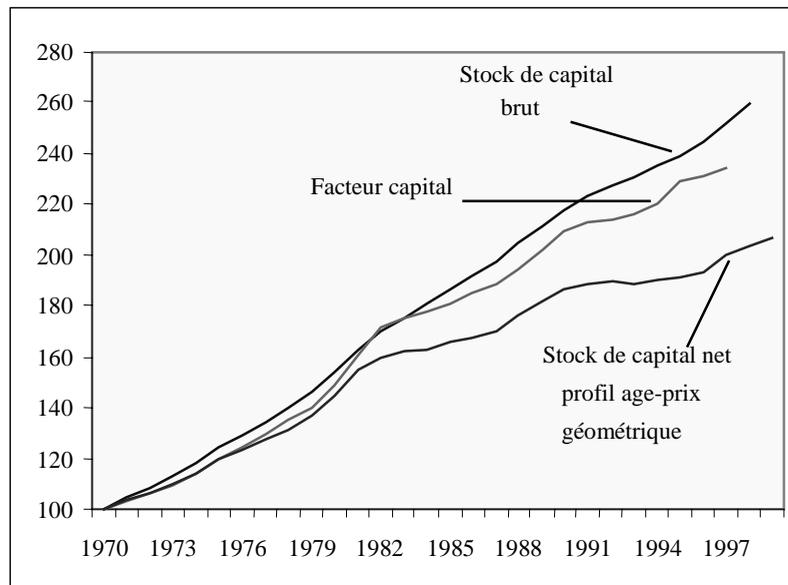
D'autres mesures du capital sont proposées par les milieux universitaires, notamment par Jorgenson (1989). Cet auteur recourt à un profil géométrique âge-efficiencé/âge-prix. Il procède à l'agrégation des actifs au moyen d'indices flexibles (Törnqvist), en se fondant sur des pondérations par les coûts d'utilisation.

Encadré 5. Mesures du capital au Canada

Le Canada dispose actuellement de deux sources officielles pour la mesure du capital :

- Les statistiques de *Flux et stocks de capital fixe* de Statistique Canada comportent plusieurs mesures du stock de capital du secteur des entreprises. Outre la mesure du stock brut (qui reflète un profil *one hoss shay*), trois différentes mesures du stock net reflètent les différentes hypothèses suivantes concernant les profils âge-efficience : un profil hyperbolique, un profil linéaire et un profil géométrique modifié. Ces trois mesures ont deux points en commun : l'agrégation utilise les prix du marché et l'indice sous-jacent y est de type Laspeyres, avec comme pondérations, les prix du marché de 1992.
- Dans sa série relative à la PMF du secteur des entreprises, Statistique Canada publie une série relative au facteur capital présentant les caractéristiques suivantes : pour chaque branche, les mesures du stock de capital s'appuient sur les statistiques de flux et stocks de capital fixe et, plus précisément, sur les données reflétant un profil âge-efficience (ou âge-prix) géométrique. Ainsi, à l'échelle de chaque branche, l'agrégation des différents actifs utilise les prix du marché de 1992 comme pondérations, et un indice de quantité de Laspeyres. En revanche, l'agrégation des branches en vue de mesurer le facteur capital, pour l'ensemble du secteur des entreprises, est (implicitement) fondée sur une pondération par les coûts d'utilisation et sur un indice de type Fisher.

Une comparaison du taux de variation du stock de capital brut (d'après un profil âge-efficience *one hoss shay* et une agrégation utilisant les prix de 1992) et de la mesure du facteur capital du Canada, pour la période 1970-97, montre que les différences sont relativement minimes, témoignant toutefois de deux effets qui se compensent partiellement. Premièrement, les mesures du facteur capital partent d'un profil âge-efficience géométrique et augmentent donc nettement moins que celles recourant à un profil *one hoss shay*. Deuxièmement, les mesures du facteur capital de différentes branches sont agrégées avec un indice de Fisher et pondérées par les coûts d'utilisation. Pour la période considérée, cette agrégation fait apparaître une croissance plus rapide que la pondération fixe par les prix du marché de 1992. Pour obtenir des informations plus détaillées et les sources, se reporter aux publications de Statistique Canada sur le site <http://www.statcan.ca/start.html>.



Encadré 6. Mesures du capital en Australie

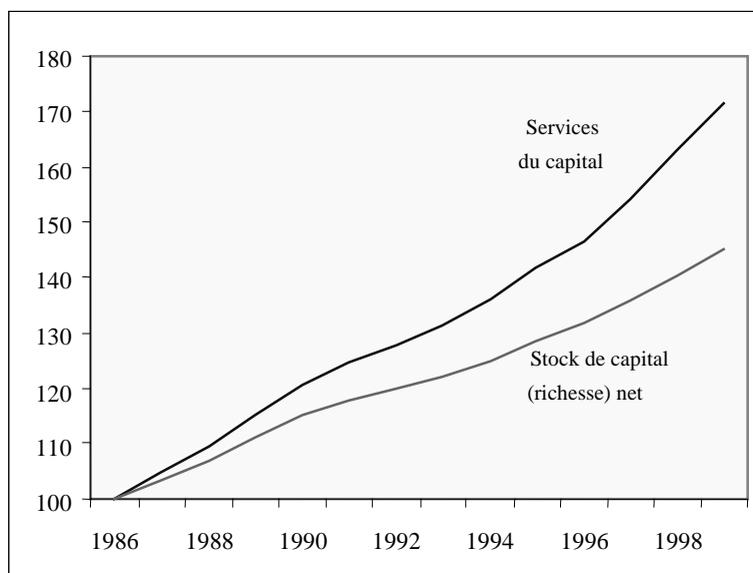
L'*Australian Bureau of Statistics* (ABS) publie deux mesures du capital distinctes et complémentaires. Sa méthode se démarque des autres par le fait qu'elle assure une parfaite cohérence entre les différentes mesures :

- Mesure des services du capital, en tant que composante des séries de la productivité multifactorielle de l'ABS ;
- Mesure du stock de capital net en fin d'exercice, dans le cadre du système de comptabilité nationale australien.

Sur le plan conceptuel, la mesure des services du capital effectuée par l'ABS correspond largement à celle du *Bureau of Labour Statistics* (BLS) des États-Unis. Pour chaque actif, les services du capital sont calculés proportionnellement au stock de capital productif, qui repose lui-même sur des fonctions hyperboliques âge-efficiencence et sur une fonction de déclasserment symétrique. L'ABS distingue six catégories de machines et équipements, bâtiments et ouvrages de génie civil, et quatre catégories d'actifs incorporels, stocks et terrains. L'agrégation des différentes catégories d'actifs s'appuie sur la part des coûts d'utilisation et sur un indice (de Törnqvist) à pondération flexible.

Le stock de capital net constitue une mesure de la richesse et dépend des profils âge-prix de chaque type d'actif. Ces profils sont obtenus à partir des profils âge-efficiencence servant à constituer le stock de capital productif et les services du capital (ils sont donc totalement cohérents avec eux). Les fonctions âge-prix dérivées sont toutes de forme convexe. Pour mesurer la richesse, l'agrégation recourt à une pondération par les prix du marché et à un indice à pondérations flexibles. Les mesures obtenues sont présentées à prix courants et constants (« mesures de volume chaînées »).

A la lumière des différences entre la forme de la fonction âge-efficiencence et celle de la fonction âge-prix, et compte tenu des différences dans la méthode d'agrégation (prix du marché ou coûts d'utilisation), les séries des services du capital n'augmentent pas au même rythme que celles du stock de capital richesse. Pour une analyse plus poussée, se reporter à la section 23 de la publication *Australian National Accounts : Concepts, Sources and Methods* de l'*Australian Bureau of Statistics*.



5.3. Mesure du stock productif et des services du capital

98. Si les flux de services du capital ne sont pas directement observables, ils sont déterminés par approximation en proportion du stock de capital productif. Le calcul de ce dernier, pour chaque catégorie d'actif, est donc la première étape vers la quantification des services du capital. On utilise à cette fin la méthode de l'inventaire permanent, décrite ci-dessous. La description étape par étape renvoie à une catégorie d'actif particulière et s'accompagne d'un exemple chiffré. L'annexe 4 propose une présentation plus formelle.

99. Quatre éléments essentiels sont nécessaires pour établir une mesure empirique du stock de capital productif d'un actif :

- Une série chronologique des *investissements* dans cet actif. Même si la théorie se fonde sur la notion d'un actif homogène, dans la pratique, une « catégorie » d'actif particulière se composera toujours de plusieurs actifs différents, et présentera donc un certain degré d'hétérogénéité. Il convient toutefois de limiter cette hétérogénéité en appliquant une définition aussi étroite que possible de ce qu'est une catégorie d'actif. Il importe aussi de noter que l'hétérogénéité peut apparaître sur la durée, en particulier sous la forme d'une modification de la qualité de l'actif. D'après la théorie du capital (Hulten, 1990), l'agrégation des investissements de différentes générations doit prendre en compte l'évolution de la qualité, en vue d'agréger différentes années en une unité « d'efficience » commune. Par exemple, la part de progrès technique qu'intègrent les biens de capital relatifs aux technologies de l'information doit être reflétée dans le stock de capital productif des ordinateurs. Lorsque les indices de prix des biens de capital sont élaborés avec soin, ils sont appropriés pour convertir les dépenses de capital effectuées sur différentes générations en une unité commune pondérée par l'efficience.
- Par conséquent, le deuxième élément clé pour le calcul des stocks de capital productif est constitué par les *indices de prix à la production* des biens de capital, qui servent, après déflation des séries des dépenses d'investissement, à obtenir le volume, à qualité constante, des investissements année par année. L'exemple chiffré présenté ci-après (tableau 8) utilise deux actifs, A et B, et cinq périodes d'observation, de l'année 0 à l'année 4. Pour simplifier, on part de l'hypothèse que l'investissement à prix courants égale 100 pour toutes les périodes et pour les deux actifs considérés.

Tableau 8. Exemple chiffré : investissement

	Année	Investissement à prix courants	Indice de prix de l'équipement	Investissement à prix constants
Actif A	0	100.0	1.00	100.0
	1	100.0	1.05	95.1
	2	100.0	1.11	90.5
	3	100.0	1.16	86.1
	4	100.0	1.22	81.9
Actif B	0	100.0	1.00	100.0
	1	100.0	0.82	122.1
	2	100.0	0.67	149.2
	3	100.0	0.55	182.2
	4	100.0	0.45	222.6

- Le troisième élément d'information concerne le *profil de déclassement* des actifs mis au rebut. L'élaboration de profils de déclassement impose de décider de la durée de vie des différents actifs et de formuler une hypothèse sur la distribution autour de cette durée de vie. Nombre de questions empiriques se posent lorsqu'il s'agit de choisir le profil de déclassement, et, pour une analyse approfondie, le lecteur est prié de se reporter au *Manuel sur la mesure du stock de capital* de l'OCDE. Pour rester simples, nous retenons ici une distribution normale autour de la durée de vie moyenne prévue. Les durées de vie moyennes sont (sans rapport avec la réalité) fixées à 3 ans pour l'actif A et à 2 ans pour l'actif B, ce qui donne la distribution figurant au tableau 9 : après 3 ans (actif A) et 2 ans (actif B), la moitié des biens d'équipement d'une cohorte donnée ne sont plus en service.

Tableau 9. **Exemple chiffré (suite) : profil de déclassement**

Fonction de déclassement (distribution normale)		
Part restante de l'investissement de la cohorte après l'année	Actif A	Actif B
0	1.00	1.00
1	1.00	0.98
2	0.91	0.50
3	0.50	0.02
4	0.09	0.00
5	0.00	0.00

- De nombreux pays de l'OCDE élaborent régulièrement des séries de stock de capital brut. Pour les actifs considérés individuellement, seul le profil de déclassement et les séries des investissements et des prix sont nécessaires pour définir une mesure du stock brut. Le calcul du stock de capital brut d'un actif peut donc être considéré comme une étape intermédiaire vers l'obtention d'un stock de capital productif. Une autre méthode consiste à interpréter le stock de capital brut comme un type particulier de stock de capital productif, dans lequel tous les actifs présentent un profil d'efficacité *one hoss shay* : tant que ces actifs existent, leur capacité productive reste intacte, avant de tomber à zéro lorsqu'ils sont retirés. Pour un type d'actif donné, l'utilisation des stocks de capital brut dans l'analyse de la productivité doit être évaluée sous cet angle. Dans la mesure où un profil *one hoss shay* est plausible, la mesure du stock de capital brut se substitue raisonnablement au stock de capital productif. Certains auteurs avancent, par exemple, que le profil d'efficacité des ordinateurs peut utilement être décrit avec un tel schéma. Dans le cas d'autres actifs, la dépréciation physique est un fait et s'appuyer sur le stock de capital brut pour analyser la productivité reviendrait donc à surestimer la quantité de services issus d'un actif particulier. Le tableau 10 présente le calcul du stock brut pour l'actif A : chaque cohorte d'investissement réel est multipliée par la fonction de déclassement figurant dans le tableau 9. Ainsi, l'investissement pendant l'année 1 se monte à 95.1 unités. Après deux ans (c'est-à-dire durant l'année 3), 91 % de cet investissement reste en service, soit 86.4 unités.
- Quatrièmement, les *profils âge-efficacité* doivent être définis de manière à prendre en compte la perte de capacité productive des biens de capital à mesure que ceux-ci vieillissent. Les profils âge-efficacité représentent le déclin des services productifs d'un actif vieillissant.

Ils sont conçus de manière à saisir les effets de l'usure. Couplés aux profils de déclassement, ils reflètent la dégradation physique, c'est-à-dire les effets conjugués de l'usure et du déclassement. Un profil âge-efficience plausible pour de nombreuses catégories d'actifs a une forme hyperbolique, avec régression lente des services du capital dans un premier temps, puis de plus en plus rapide. Le *Bureau of Labor Statistics* des États-Unis recourt à un tel profil hyperbolique pour déterminer les stocks de capital productif. D'autres auteurs, dont Jorgenson (1989), font un usage abondant de profils âge-efficience géométriques. Le principal avantage d'un profil géométrique réside dans sa souplesse analytique. Son utilisation facilite grandement le calcul et le traitement de l'amortissement et, dans le cas d'un actif homogène, la distinction opérée entre stock de capital (richesse) net et stock de capital productif disparaît. Pour notre exemple chiffré, nous appliquons une fonction âge-efficience hyperbolique (tableau 12).

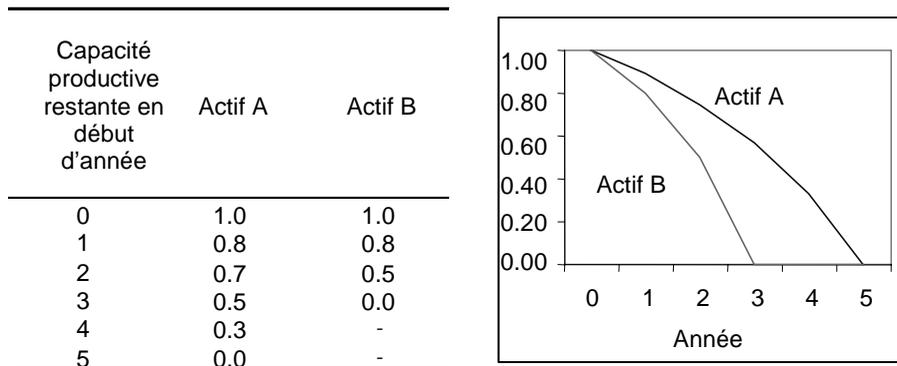
Tableau 10. Exemple chiffré (*suite*) : stock brut de l'actif A

Investissement à prix constants		Dont investissement restant à la fin de l'année				
Année	Montant	0	1	2	3	4
0	100.00	100.0	99.6	90.9	50.0	9.1
1	95.12	-	95.1	94.8	86.4	47.6
2	90.48	-	-	90.5	90.1	82.2
3	86.07	-	-	-	86.1	85.7
4	81.87	-	-	-	-	81.9
Stock de capital brut à prix constants		100.0	194.7	276.1	312.7	306.5
Var. en %			66.7%	34.9%	12.4%	-2.0%
Stock de capital brut à prix courants		100.0	204.7	305.2	363.2	374.4

Tableau 11. Exemple chiffré (*suite*) : stock brut de l'actif B

Investissement à prix constants		Dont investissement restant à la fin de l'année				
Année	Montant	0	1	2	3	4
0	100.00	100.0	97.7	50.0	2.3	0.0
1	122.14	-	122.1	119.4	61.1	2.8
2	149.18	-	-	149.2	145.8	74.6
3	182.21	-	-	-	182.2	178.1
4	222.55	-	-	-	-	222.5
Stock de capital brut à prix constants		100.0	219.9	318.5	391.3	478.0
Var. en %			78.8%	37.1%	20.6%	20.0%
Stock de capital brut à prix courants		100.0	180.0	213.5	214.8	214.8

Tableau 12. Exemple chiffré (suite) : profil âge-efficience



- Il convient de rappeler ici que les profil âge-efficience et âge-prix d'un bien d'équipement ne sont pas, en général, identiques. Le profil âge-efficience peut décliner lentement pendant les premières années d'utilisation de l'actif, puis plus rapidement vers la fin de sa durée de vie. En revanche, le profil âge-prix peut présenter une courbe inversée avec des prix qui diminuent à un rythme rapide au cours des premières années, pour se stabiliser vers la fin du cycle de vie. C'est uniquement dans le cas d'une dépréciation physique géométrique que les profils âge-prix et âge-efficience ont la même forme, ce qui facilite nettement la résolubilité analytique. Cependant, un profil âge-efficience à décroissance géométrique n'est guère intéressant intuitivement. Wykoff (1989) et Hulten (1990) soulignent toutefois que si – pour une année donnée – il existe des sous-cohortes d'un bien d'équipement par ailleurs homogène, avec différentes dates de déclassement, la baisse d'efficience moyenne de ces sous-cohortes peut se traduire par une évolution géométrique différente de celle de chaque actif pris isolément.

Tableau 13. Exemple chiffré (suite) : stock productif de l'actif A

Investissement à prix constants		Dont investissement restant à la fin de l'année				
Année	Montant	0	1	2	3	4
0	100.00	100.0	88.5	68.2	28.6	3.0
1	95.12	-	95.1	84.2	64.8	27.2
2	90.48	-	-	90.5	80.1	61.7
3	86.07	-	-	-	86.1	76.2
4	81.87	-	-	-	-	81.9
Stock productif à prix constants		100.0	183.7	242.9	259.6	250.0
Var. en %			60.8%	27.9%	6.7%	-3.8%
Stock productif à prix courants		100.0	193.1	268.4	301.6	305.3

Tableau 14. Exemple chiffré (suite) : stock productif de l'actif B

Investissement à prix constants		Dont investissement restant sur l'année				
Année	Montant	0	1	2	3	4
0	100.00	100.0	78.2	25.0	0.0	0.0
1	122.14	-	122.1	95.5	30.5	0.0
2	149.18	-	-	149.2	116.6	37.3
3	182.21	-	-	-	182.2	142.5
4	222.55	-	-	-	-	222.5
Stock productif à prix constants		100.0	200.3	269.7	329.4	402.3
Var. en %			69.5%	29.7%	20.0%	20.0%
Stock productif à prix courants		100.0	164.0	180.8	180.8	180.8

- Pour obtenir le stock productif de chaque actif, on multiplie chaque cellule de la matrice servant à calculer le stock de capital brut par le profil âge-efficience. Le tableau 13 donne le résultat pour notre exemple chiffré : l'investissement réel pendant l'année 1 a représenté 95.1 unités. Après deux ans (c'est-à-dire à la fin de l'année 3), la capacité productive de cette cohorte n'est plus que de 64.8 unités, ce qui représente les effets combinés du déclassement (91 % restant, voir le tableau 9) et des pertes d'efficience (réduites à 75 %, d'après le tableau 12). Un stock productif peut être calculé de la même façon pour l'actif B (tableau 14).

5.4. Mesure des coûts d'utilisation

100. Les services du capital ont été décrits comme étant le flux de services des biens de capital entrant dans le processus de production. Leur composante quantité s'accompagne d'une composante prix : le coût d'utilisation ou loyer du capital, selon la formulation de Jorgenson (1963) et, antérieurement, de Walras (1874)³⁸. Les coûts d'utilisation représentent le loyer qui aurait dû être facturé pour couvrir le coût de q unités monétaires d'un actif (*Bureau of Labour Statistics*, 1983). Sous leur forme la plus simple, ils sont exprimés par l'équation suivante :

$$\mu_t = q_t \cdot (r_t + d_t) - (q_t - q_{t-1})$$

101. Dans cette équation, le coût d'utilisation du capital μ_t est le coût, par période, de l'utilisation des services de l'actif. q_t désigne le prix marchand d'un actif neuf, d_t le taux d'amortissement et r_t un indicateur du coût du capital financier, tel que le taux d'intérêt en vigueur sur le marché.

38. Cette première référence a été mise en avant par Erwin Diewert, qui cite W. Jaffé (1954), d'après « *Eléments d'économie pure* » de L. Walras, Homewood, Illinois, R.D. Pour une formule explicite relative au coût d'utilisation, voir p. 269.

102. Le premier terme de l'expression, $q_t \cdot (r_t + d_t)$, mesure le coût de financement de l'actif. Il comprend $q_t r_t$ qui désigne les charges financières si un emprunt a été contracté pour acquérir cet actif, ou le coût d'opportunité de l'emploi du capital ailleurs que pour la production si l'actif a été financé sur fonds propres. r_t est également appelé « taux de rendement interne » ou « taux de rendement net ». Il faut ajouter aux intérêts $q_t d_t$, c'est-à-dire le coût de l'amortissement ou la perte de valeur de l'équipement en raison de son vieillissement. La perte de valeur reflète la dépréciation physique ou perte d'efficacité de l'actif, mais également le fait que la durée de vie prévue diminue d'une période.

103. Le second terme de l'expression ($q_t - q_{t-1}$) mesure les gains ou pertes en capital, ou réévaluation d'un actif c'est-à-dire l'évolution de sa valeur correspondant à une hausse ou, au contraire, à une baisse du prix, indépendamment des effets du vieillissement. Ceux-ci ne sont pas pris en compte car ($q_t - q_{t-1}$) est une comparaison des prix d'équipements neufs sur deux périodes différentes. Ainsi, aucun écart susceptible d'être observé ne peut être imputé à l'usure de l'actif. Il est uniquement dû à d'autres facteurs, tels qu'une modification générale des prix ou l'obsolescence. On peut utiliser empiriquement ce terme de diverses manières, avec, à chaque fois, des résultats potentiellement différents. Ce point est analysé plus en détail dans la section 5.4.2.

104. Notons la définition implicite de « l'amortissement » donnée dans le présent manuel : elle se limite à la modification de la valeur pour cause de vieillissement. Un amortissement sur un an revient ainsi à comparer le prix d'un actif vieux d'un an à l'année t au prix d'un actif neuf la même année. Cette conception de l'amortissement ne tient pas compte de l'évolution de la valeur d'un actif due aux fluctuations des prix du marché d'une période sur l'autre. Ce dernier phénomène, qui peut tenir à l'obsolescence, est intégré dans le terme de l'équation relatif aux gains ou pertes en capital (voir plus loin). Hill (2000) souligne que le SCN93 recourt à une conception plus large de l'amortissement pour décrire l'évolution de la valeur d'un actif, « prévue » ou « normale », entre le début et la fin d'une période comptable³⁹ : « ... déclin, au cours de la période comptable, de la valeur courante du stock d'actifs fixes détenu et utilisé par un producteur, du fait de la détérioration physique, de l'obsolescence prévisible ou des dommages accidentels pouvant être considérés comme normaux ». Ce type d'amortissement est également appelé « consommation de capital fixe ». Un moyen commode de distinguer ces deux concepts consiste à qualifier l'amortissement défini au sens le plus étroit (comme dans le présent manuel) d'« amortissement transversal » et à employer l'expression « amortissement temporel » lorsque le vieillissement *et* les gains/pertes en capital sont inclus.

105. Il convient de noter que la formule $\mu_t = q_t \cdot (r_t + d_t) - (q_t - q_{t-1})$ ignore toutes les incidences fiscales. Ainsi, l'*Australian Bureau of Statistics* et le *Bureau of Labor Statistics* des États-Unis élargissent l'équation du coût d'utilisation aux effets des impôts sur les bénéfices des sociétés, des droits d'abattement fiscal pour amortissement, des crédits d'impôt pour investissement et des impôts indirects⁴⁰. Il apparaît que la prise en compte des variables fiscales représente un coût non négligeable. Pour une mise en œuvre complète, il faut considérer la législation fiscale passée et actuelle, par catégorie d'actif et par branche, en sus d'hypothèses sur la durée fiscale des actifs et d'estimations des taux de l'impôt sur bénéfices des sociétés.

39. *Système de comptabilité nationale 1993*, paragraphe 6.179.

40. Pour les détails, voir *Bureau of Labor Statistics* (1983), p. 49.

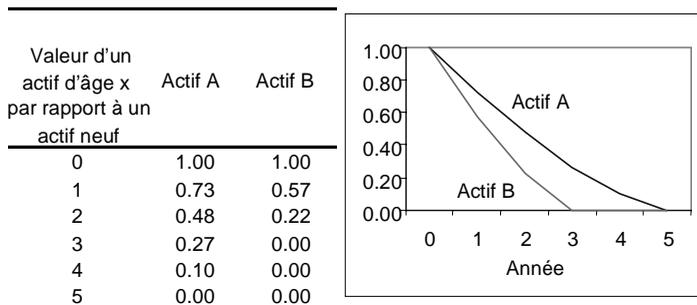
5.4.1. *Profils âge-prix, stock net et amortissement*

106. Étant donné ces concepts, comment sont effectivement mesurés les taux d'amortissement et les taux de rendement net ? Les paragraphes suivants décrivent, là encore, la procédure de mise en œuvre, étape par étape.

- Profil âge-prix. Au moins trois méthodes permettent d'obtenir des informations sur les profils âge-prix. Il s'agit, premièrement, des études économétriques des marchés des actifs usagés, telles que celles proposées par Hulthen et Wykoff (1980). Malheureusement, ces études sont rares et, en raison de leur nature même, ne peuvent rendre compte des profils de prix des biens de capital pour lesquels il n'existe pas de marchés de l'occasion. Deuxièmement, on peut faire l'hypothèse d'un certain profil âge-prix. Dans le cas d'un profil géométriquement décroissant, le taux (constant) d'amortissement peut être calculé⁴¹ pour une mesure donnée de la durée de vie. Troisièmement, on peut formuler une hypothèse sur la forme du profil âge-efficiencé, puis en déduire le profil âge-prix.
- Présumer ou déterminer empiriquement les profils âge-prix a des conséquences sur le profil âge-efficiencé correspondant. Si le profil âge-prix est strictement géométrique, il en ira de même du profil âge-efficiencé. Avec d'autres types de profils âge-efficiencé, la relation est plus complexe et, même sous une forme simplifiée, elle nécessite de formuler des hypothèses sur les taux d'intérêt. Étant donné cette relation, tout profil âge-efficiencé donne naissance à un profil âge-prix spécifique, et il faut choisir les paramètres de manière à garantir la cohérence. Cette observation inclut le cas, fréquent, d'un profil âge-prix ou d'un amortissement linéaires, ce qui n'est habituellement pas compatible avec un profil âge-efficiencé linéaire, et vice-versa. A noter également : la combinaison du profil de déclassement et du profil âge-efficiencé peut revêtir une forme analogue à un profil âge-prix géométrique. Ainsi, en France, l'INSEE combine fonctions de déclassement normales logarithmiques et profils d'amortissement linéaires. Cette méthode donne des chiffres proches de ceux obtenus lorsqu'on fait l'hypothèse de profils d'amortissement géométriques pour l'ensemble des actifs (Mairesse, 1972).
- Si c'est la troisième possibilité qui est retenue, on adopte tout d'abord une hypothèse sur la forme des profils âge-efficiencé, puis on en déduit les profils âge-prix. Bien entendu, il faut alors remplacer un ensemble d'hypothèses (sur les profils âge-prix) par un autre (sur les profils âge-efficiencé). L'exemple présenté ici suit cette approche (tableau 15). Les profils âge-prix sont déduits des profils âge-efficiencé à l'aide d'une version simplifiée d'une condition fondamentale de l'équilibre du marché des actifs. Cette condition, qui indique que le prix d'un actif est égal au flux actualisé de ses services futurs, a été décrite depuis longtemps par les économistes (Hill, 1999b). Elle remonte au moins à Hotelling (1925). L'annexe 4 en donne une présentation plus détaillée, ainsi que de sa version simplifiée servant à calculer le profil âge-prix.

41. On le fait couramment avec la méthode de l'amortissement décroissant à taux double, où le taux d'amortissement est estimé à 2 divisé par la durée de vie.

Tableau 15. Exemple chiffré (suite) : profil âge-prix des actifs



- Taux d'amortissement. On peut calculer le stock net d'un actif sur la base d'un profil âge-prix donné. Cette procédure est symétrique à celle utilisée pour le stock productif : à partir de la mesure du stock brut, elle consiste à appliquer le profil âge-prix aux différentes générations d'investissements. En ce qui concerne notre exemple chiffré, les résultats obtenus pour les actifs A et B sont présentés ci-dessous (tableaux 16 et 17). Le stock (de richesse) net est d'abord exprimé à prix constants, puis reflaté de façon à obtenir les valeurs marchandes de ces actifs à prix courants. Lorsqu'elle est exprimée en valeur réelle, la variation, en glissement annuel, du stock (de richesse) net a deux composantes : les additions résultant des nouveaux investissements et les déductions dues à l'amortissement. Celui-ci étant ici exprimé en valeur réelle, il ne reflète que les effets du vieillissement et ne rend compte d'aucun effet de réévaluation. Il s'agit du même concept d'amortissement que celui qui sous-tend le terme relatif à l'amortissement, $d_{i,t}$ dans l'équation du coût d'utilisation. Le rapport du niveau d'amortissement sur le stock (de richesse) net peut donc servir à produire une estimation du taux d'amortissement, $d_{i,t}$ dans le terme désignant le coût de l'utilisateur. Dans notre exemple chiffré, les taux d'amortissement sont relativement élevés en raison de la brièveté des cycles de vie présumée pour les deux actifs considérés. Les tableaux comportent également une entrée intitulée « consommation de capital fixe », pour souligner le lien avec les comptes de production et de patrimoine du SCN93.

5.4.2. Taux de rendement nominal et gains/pertes en capital

107. La théorie ne fournit aucune recommandation particulière pour mesurer le taux de rendement nominal, r . En fonction du mode de financement d'une entreprise donnée, r peut être calculé soit en tant que taux d'intérêt auquel cette entreprise peut lever des capitaux, soit en tant que rendement des emprunts d'État, i.e. le coût d'opportunité sans risque de l'investissement, si ce dernier est financé sur les bénéfices non distribués. Lorsqu'il s'agit de mesurer la productivité, on opère rarement de telles distinctions⁴², et le taux de rendement peut être calculé selon deux grandes méthodes.

108. La première, dans l'esprit de Hall et Jorgenson (1967), estime le taux de rendement interne à l'aide d'une équation comptable : le revenu total non issu du travail est la différence entre la valeur ajoutée et la rémunération du travail. Le revenu non issu du travail équivaut donc au revenu du capital. Étant donné cette estimation de la valeur totale des services du capital, en association avec une mesure

42. En général, les décisions de financement et d'investissement des entreprises sont interdépendantes, et, pour rendre compte de ces relations, il faut procéder à des modélisations qui dépassent nettement le cadre des méthodes non paramétriques de mesure de la productivité. Voir Nickel (1978) pour une analyse de ces aspects.

du stock de capital, de l'amortissement et des gains en capital, le taux de rendement peut être calculé de manière résiduelle. Plus précisément, supposons qu'il n'existe qu'une seule catégorie d'actif, et que μK^P désigne le revenu du capital. Ce dernier est calculé de manière résiduelle, comme la différence entre la valeur ajoutée brute et la rémunération du travail⁴³. Il est égal à la valeur des services du capital, c'est-à-dire au produit du coût d'utilisation du capital (désigné ici par μ) multiplié par la quantité des services du capital, qui sont eux-mêmes proportionnels au stock de capital productif à prix constants, K^P . Étant donné le revenu du capital $\mu_t K_t^P$ ainsi qu'une mesure de l'amortissement et l'indice des prix pour les biens de capital, on peut calculer r à partir de l'équation $\mu_t K_t^P = q_t (r_t + d_t - \frac{q_t - q_{t-1}}{q_t}) \cdot K_t^P$. Le taux de rendement est ainsi calculé comme variable endogène.

Tableau 16. Exemple chiffré (suite) : stock (de richesse) net et taux d'amortissement de l'actif A

Investissement à prix constants		Dont valeur (réelle) restante à la fin de l'année				
Année	Montant	0	1	2	3	4
0	100.0	100.0	72.6	43.7	13.3	0.9
1	95.1	-	95.1	69.1	41.6	12.7
2	90.5	-	-	90.5	65.7	39.6
3	86.1	-	-	-	86.1	62.5
4	81.9	-	-	-	-	81.9
Stock de richesse à prix constants		100.0	167.7	203.3	206.7	197.5
Variation entre années adjacentes			67.7	35.5	3.4	-9.2
= investissement à prix constants			95.1	90.5	86.1	81.9
moins amortissement à prix constants			27.4	54.9	82.6	91.0
Taux d'amortissement*			0.16	0.27	0.40	0.46
Stock de richesse à prix courants		100.0	176.3	224.6	240.1	241.3
Variation entre années adjacentes			76.3	48.3	15.5	1.1
= investissement à prix courants			100.0	100.0	100.0	100.0
moins consommation de capital fixe			23.7	51.7	84.5	98.9

*Taux d'amortissement = amortissement à prix constants/stock de richesse à prix constants

43. Dans la pratique, c'est moins simple. Le revenu mixte des travailleurs indépendants, en particulier, doit être ventilé entre travail et capital. Voir section 4.4 pour une analyse de ce point.

Tableau 17. Exemple chiffré (suite) : stock (de richesse) net et taux d'amortissement de l'actif B

Investissement à prix constants		Dont valeur (réelle) restante à la fin de l'année				
Année	Montant	0	1	2	3	4
0	100.00	100.0	56.1	11.2	0.0	0.0
1	122.14	-	122.1	68.5	13.7	0.0
2	149.18	-	-	149.2	83.7	16.7
3	182.21	-	-	-	182.2	102.2
4	222.55	-	-	-	-	222.5
Stock de richesse à prix constants		100.0	178.2	228.9	279.6	341.5
Variation entre années adjacentes			78.2	50.7	50.7	61.9
= investissement à prix constants			122.1	149.2	182.2	222.6
moins amortissement à prix constants			43.9	98.5	131.5	160.7
Taux d'amortissement*			0.25	0.43	0.47	0.47
Stock de richesse à prix courants		100.0	145.9	153.4	153.4	153.4
Variation entre années adjacentes			45.9	7.5	0.0	0.0
= investissement à prix courants			100.0	100.0	100.0	100.0
moins consommation de capital fixe			54.1	92.5	100.0	100.0

*Taux d'amortissement = amortissement à prix constants/stock de richesse à prix constants

109. L'autre méthode d'interprétation de la même relation consiste à exprimer par l'équation $(r_t + d_t - \frac{q_t - q_{t-1}}{q_t}) = GRR_t$ un taux de rendement brut et à poser que le revenu du capital (coûts d'utilisation multiplié par le stock productif réel) égale le rendement brut du stock productif à prix courants, ce rendement brut étant obtenu en multipliant le stock de capital à prix courants par le taux de rendement brut : $\mu_t K_t^P = GRR_t \cdot q_t K_t^P$. S'il existe plusieurs catégories d'actifs, on suppose que r est le même pour tous les actifs, avant d'appliquer une procédure analogue⁴⁴.

110. A titre d'illustration, considérons le tableau 18. Il comporte pour commencer un revenu du capital représentant au total 300 unités monétaires à prix courants, provenant du compte de production figurant dans les comptes nationaux. Un taux de rendement interne *ex post* ou net, identique pour tous les actifs, est ensuite calculé selon la procédure décrite au paragraphe précédent. On obtient le taux de rendement brut du stock de capital en ajoutant le taux d'amortissement au taux de rendement interne et en soustrayant le taux des gains/pertes en capital. Le taux brut multiplié par le stock productif à prix courants donne le revenu du capital par actif. Par construction, la somme des actifs est exactement égale au revenu total du capital (300 unités dans notre exemple). Il a également été démontré antérieurement que le revenu du capital est égal à la valeur du stock productif réel multipliée par le prix de ses services, ou coût d'utilisation du capital. Par conséquent, la part d'un actif dans le revenu total du capital est également la part de cet actif dans le coût total d'utilisation.

44. Dans le cas de plusieurs actifs i , le taux de rendement est déterminé à partir de l'équation

$$PQ - wL = \mu K_t^P = \sum_i (r + d_{i,t} - \frac{q_{i,t} - q_{i,t-1}}{q_{i,t}}) q_{i,t} K_{i,t}^P.$$

Tableau 18. Exemple chiffré (suite) : coûts d'utilisation et revenu du capital

Année	Revenu du capital	Taux de rendement net (interne)	Taux de rendement brut		Stock productif à prix courant			Revenu du capital		
			Actif A	Actif B	Actif A	Actif B	Actif A	Actif B	Total	
0	300.0									
1	300.0	0.6	0.7	1.0	193.1	164.0	132.7	167.3	300.0	
2	300.0	0.3	0.5	0.9	268.4	180.8	135.0	165.0	300.0	
3	300.0	0.2	0.5	0.8	301.6	180.8	151.3	148.7	300.0	
4	300.0	0.1	0.5	0.8	305.3	180.8	159.0	141.0	300.0	

111. Même si cette approche est très courante et simple à mettre en œuvre, elle suppose que la fonction de production sous-jacente présente des rendements d'échelle constants, que les marchés sont concurrentiels et que le taux de rendement attendu est égal au taux de rendement *ex post* effectif. Un problème pratique peut également survenir lorsque le revenu du capital (excédent brut d'exploitation) figurant dans les comptes nationaux est peu élevé et que les taux de rendement deviennent négatifs.

112. Une autre possibilité consiste à prendre une valeur exogène pour le taux de rendement, par exemple les taux d'intérêt des emprunts d'État ou, comme l'indique l'OCDE dans son *Manuel sur la mesure du stock de capital*, une moyenne des taux de prêt et d'emprunt proposés aux producteurs. Une telle mesure externe peut constituer un substitut plausible à la mesure interne décrite ci-dessus. L'une de ses conséquences est que le taux externe définit intégralement le terme relatif au coût d'utilisation. De ce fait, la valeur totale des services du capital (coûts d'utilisation multipliés par le stock de capital) n'est, en général, pas égale au revenu non issu du travail déterminé dans les comptes nationaux. Cette divergence peut être interprétée soit comme « un terme surprise », qui exprime les écarts entre coûts d'utilisation attendus et effectifs, soit comme l'expression de rendements d'échelle non constants, d'imperfections du marché ou d'une combinaison de ces causes. L'identification de ces causes nécessite une analyse économétrique, qui dépasse habituellement le cadre des statistiques de productivité standards.

113. Harper *et al.* (1990) ont mené une étude approfondie des différentes méthodes permettant d'estimer les taux de rendement et leurs conséquences pour les mesures du coût de l'utilisateur. Ils ont comparé ce qui se produit lorsqu'on recourt aux taux de rendement externes et lorsqu'on se fonde sur le revenu du capital. Ils ont ainsi relevé des différences significatives entre les coûts d'utilisation qui en résultent. Dans l'ensemble, et s'appuyant sur plusieurs mesures de performance (telles que la part des prix de location négatifs, ou la volatilité des mesures), ainsi que sur des considérations théoriques, ces auteurs expriment une certaine préférence pour l'approche reposant sur le revenu. Cependant, aucune conclusion solide n'a été tirée de ces observations et nombre d'arguments parlent en faveur de solutions qui dépendent des données disponibles.

114. *Gains/pertes en capital.* La mesure des gains ou pertes en capital et du taux d'inflation global des actifs est liée au choix du taux de rendement. La méthode la plus courante est l'approximation de l'inflation des actifs attendue, d'après l'évolution observée de l'indice des prix des actifs (neufs) de type *i*. Elle suppose implicitement que les variations de prix des actifs ont été parfaitement anticipées par les agents économiques. Une deuxième solution consiste à utiliser, par exemple, des séries lissées pour exprimer les variations des prix des actifs attendues, ce qui permet de réduire la volatilité du terme « coût d'utilisation ». On peut également recourir à des taux de rendements réels constants, combinant le taux nominal et les gains en capital. Cette technique élimine la possibilité de coûts d'utilisation négatifs, mais reste quelque peu arbitraire. Autre technique : exclure les gains en capital de l'expression relative aux coûts d'utilisation. Elle ne peut se justifier que

lorsque le taux de rendement interne est calculé de manière endogène. Harper *et al.* (1990) montrent qu'en présence de plusieurs actifs, cette procédure revient à présumer que les gains moyens en capital (de l'ensemble des actifs) sont inclus dans les équations relatives aux coûts d'utilisation propres à chaque actif.

5.5. Agrégation des actifs

115. Jusqu'ici, nous avons envisagé les mesures du capital par catégorie d'actif. Nous devons à présent déterminer la façon de les agréger pour obtenir une mesure globale des services du capital ou de la richesse. Pour cela, il faut opérer deux choix. Le premier concerne la nature des pondérations pour l'agrégation. Plus précisément, ces pondérations peuvent être constituées par la part des différents actifs dans le revenu total du capital (auquel cas elles reflètent les coûts d'utilisation), ou bien dans la valeur constante ou courante du stock de capital (elles reflètent alors les prix du marché constants ou courants). Le second choix a trait à la formule spécifique de calcul de l'indice utilisée pour l'agrégation.

116. *Services agrégés du capital.* La théorie de la production est très claire quant à la méthode d'agrégation appropriée pour obtenir le total des services du capital : il faut se servir des pondérations par les coûts d'utilisation et recourir à un indice superlatif. Prendre les coûts d'utilisation revient à conférer davantage de poids aux actifs à amortissement rapide qu'avec une agrégation directe ou une simple addition des stocks propres à chaque actif. Cette pondération plus forte se justifie par le fait que les investisseurs doivent recouvrer davantage de loyers pour une unité monétaire d'actifs de courte durée, afin de compenser des coûts d'amortissement supérieurs (Dean et Harper, 2001). Par ailleurs, un indice superlatif, tel que celui de Törnqvist ou de Fisher se justifie par sa capacité à fournir une représentation approchée des formes générales de la fonction de production (voir le chapitre 7 consacré aux indices).

117. Ainsi, étant donné, d'une part, des observations sur le stock de capital productif pour différentes catégories d'actifs et, d'autre part, un ensemble de pondérations par les coûts d'utilisation, l'équation ci-dessous donne un indice de Törnqvist exprimant le total des services du capital. Comme indiqué plus haut, $K_{i,t}^P$ désigne le stock productif de l'actif de catégorie i et $\mu_{i,t}$ le coût d'utilisation de cet actif. Cette formulation est utilisée, par exemple, pour la mesure des services du capital par le *Bureau of Labor Statistics* des États-Unis et l'*Australian Bureau of Statistics* (voir également le tableau 7). Avec le même type de données, on peut aussi calculer un indice de Fisher des services agrégés du capital, et l'expérience montre que les résultats obtenus seront très proches.

$$\text{Indice de quantité de Törnqvist pour les services agrégés du capital} = \prod_i \left(\frac{K_{i,t}^P}{K_{i,t-1}^P} \right)^{\bar{v}_i},$$

$$\text{Où } \bar{v}_i = 0.5(v_{i,t} + v_{i,t-1}) \text{ et } v_{i,t} = \frac{\mu_{i,t} K_{i,t}^P}{\sum_i \mu_{i,t} K_{i,t}^P}$$

118. *Stock de capital brut agrégé.* Aux fins de comparaison, supposons que l'agrégation consiste à additionner les stocks bruts des différents actifs à prix constants. Il en résulte simplement la mesure standard du stock de capital brut à prix constants. Par nécessité, cet indice de quantité est de type Laspeyres à pondérations fixes. Sinon, il ne serait pas possible d'additionner simplement les valeurs réelles. A l'intérieur de cet indice, les pondérations correspondent aux parts, sur la période $t-1$, de chaque actif dans la valeur totale de l'ensemble des actifs, aux prix de la période $t-1$:

$$\text{Indice de quantité de Laspeyres pour le stock de capital brut agrégé} = \sum_i w_{i,t-1} \frac{K_{i,t}^G}{K_{i,t-1}^G},$$

$$\text{où } w_{i,t-1} = \frac{K_{i,t-1}^G}{\sum_i K_{i,t-1}^G}$$

119. L'écart entre l'indice de quantité du stock de capital brut et celui des services du capital reflète plusieurs phénomènes : premièrement, le stock de capital brut repose sur une hypothèse *one hoss shay*, et le stock productif prend en compte l'obsolescence du stock de capital. Si seul ce phénomène était présent, la mesure du stock brut évoluerait plus rapidement que celle des services du capital. Mais il existe d'autres différences. L'une tient aux différences entre les indices : la série du stock brut s'appuie souvent sur un indice de type Laspeyres, avec les prix d'une année de base donnée, tandis que la série des services du capital se fonde généralement sur des indices à pondérations flexibles. Pour les années suivant l'année de base, l'indice de Laspeyres à pondérations fixes a tendance à augmenter plus rapidement que celui à pondérations flexibles. Pour les années antérieures, c'est l'inverse. L'écart constitue le biais de substitution des indices à pondérations fixes. On observe une autre différence liée aux pondérations : dans le cas des services du capital, celles-ci prennent pour base les coûts d'utilisation, alors que les stocks bruts sont agrégés avec des pondérations qui reflètent les prix du marché. L'écart qui en résulte au niveau de la série du capital exprime la modification de la composition des actifs. En général, la préférence donnée aux coûts d'utilisation par rapport aux prix du marché tend à faire augmenter plus rapidement la série des services du capital. Pour les États-Unis, par exemple, Dean *et al.* (1996) constatent que, sur la période 1948-94, le taux moyen de hausse annuelle du rapport des facteurs de production sur les stocks s'est établi à 0.9 %. Ainsi que le soulignent ces auteurs, cette variation exprime un accroissement du taux annuel des flux de services issus de l'actif « moyen » et traduit un changement dans la composition des actifs en faveur de ceux dont le prix de location estimé est plus élevé. Cette évolution est fortement influencée par une tendance à long terme en faveur des actifs à durée de vie inférieure (tels que les ordinateurs), qui rendent des services sur un laps de temps plus bref et dont les coûts d'utilisation annuels sont supérieurs.

120. Le tableau 19 détaille les résultats obtenus pour notre exemple chiffré. Afin de calculer l'indice agrégé des services du capital, les évolutions annuelles du stock productif de chaque actif sont pondérées, par les parts courantes des coûts d'utilisation. Cette mesure des services du capital peut ensuite être comparée aux autres mesures du capital décrites plus haut. Le tableau 20 fait le lien entre un simple stock additif de capital brut à prix constants et l'indice des services du capital. Les différents effets sont ainsi identifiés : impact de l'utilisation d'un profil âge-efficience différent de l'hypothèse d'un profil *one hoss shay* (négatif), impact dû au choix des indices (négatif) et effet (positif) de la composition des actifs. Dans l'exemple chiffré, les effets négatifs l'emportent sur les effets positifs, d'où une croissance plus rapide de la mesure simple du capital brut par rapport à l'indice des services du capital. Dans la pratique, ce n'est pas forcément le cas, et l'effet net peut fort bien être positif.

Tableau 19. Exemple chiffré (suite) : indice des services agrégés du capital

Stock de capital productif à prix constants							Indice de Törnqvist des services agrégés du capital	
Indice entre années adjacentes							Entre années adjacentes	Année 0 = 1
Niveau				Part dans le coût total d'utilisation				
Année	Actif A	Actif B	Actif A	Actif B	Actif A	Actif B		
0	100.0	100.0						1.00
1	183.7	200.3	1.84	2.00	0.44	0.56	1.93	1.93
2	242.9	269.7	1.32	1.35	0.45	0.55	1.34	2.57
3	259.6	329.4	1.07	1.22	0.50	0.50	1.15	2.95
4	250.0	402.3	0.96	1.22	0.53	0.47	1.08	3.19

Tableau 20. Exemple chiffré (fin) : comparaison des mesures du capital

Stock productif par actif, agrégation avec prix d'acquisitions courants							Indice des services du capital de Törnqvist agrégation pondérée avec coût d'utilisation
Année	Indice de quantité de Laspeyres stock de capital brut	Effet du profil âge-efficience	Indice de quantité de Laspeyres	Biais de substitution	Indice de quantité de Törnqvist	Effet de composition	
0	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00	0.00	1.00
1	2.07	-0.15	1.92	-0.01	1.91	0.02	1.93
2	2.97	-0.41	2.56	-0.02	2.55	0.03	2.57
3	3.52	-0.58	2.94	-0.08	2.87	0.08	2.95
4	3.92	-0.66	3.26	-0.24	3.02	0.17	3.19

121. En résumé, les indices de quantité des services du capital constituent la mesure appropriée du facteur capital dans l'analyse de la production. Lorsque, dans la recherche empirique, seules des mesures des stocks bruts sont disponibles, il convient de garder à l'esprit les différences entre les deux séries pour interpréter les résultats. Cependant, si ces deux types de mesures existent, leur comparaison permet une interprétation intelligible du rythme d'évolution de la composition du capital.

5.6. Utilisation du capital

122. Dans l'analyse de la production, les services du capital sont supposés proportionnels au stock de capital. Si cette proportion n'évolue pas sur la durée, le taux de croissance des services du capital est identique à celui du stock de capital. Il s'agit là, à l'évidence, d'une hypothèse irréaliste, étant donné les variations bien connues des taux d'utilisation des capacités (stocks de capital). L'une des conséquences de cette hypothèse de proportionnalité constante est que les taux de productivité multifactorielle mesurés présentent de fortes fluctuations procycliques : les variations de la production sont reflétées dans les séries des données, mais les modifications correspondantes de l'utilisation des facteurs capital (et travail) ne sont pas correctement rendues. C'est donc dans la mesure de la

productivité de manière résiduelle que se manifestent les fluctuations de la demande et de la production⁴⁵.

123. Pour minimiser l'influence des phénomènes cycliques sur les mesures du capital et de la productivité, le plus simple consiste à examiner la croissance de la productivité entre des points analogues du cycle d'activité. En d'autres termes, on sélectionne des périodes pour lesquelles, en moyenne, l'utilisation des capacités est proche de la normale. Cette méthode d'ajustement de crête à crête présente un inconvénient manifeste : seuls les cycles d'activité entiers peuvent être décrits, ce qui réduit le degré d'actualité des informations relatives à la croissance de la productivité entre les crêtes. Elle pose également problème en présence de données internationales, lorsque les cycles d'activité des pays ne sont pas synchronisés, car, alors, les comparaisons entre pays reposeraient sur des périodes différentes.

124. Un autre moyen de remédier à ce problème consiste à utiliser une mesure externe de l'utilisation des capacités pour ajuster les séries des stocks de capital. C'est la démarche suivie par plusieurs analystes de la productivité, qui corrigent les estimations de la productivité multifactorielle en prenant la consommation d'électricité comme approximation de l'utilisation du capital. Ce principe, qui remonte à Foss (1963), souffre toutefois de l'instabilité de la relation entre la consommation d'électricité et l'utilisation des capacités au cours du temps (Denison, 1969). D'autres auteurs recourent à des indices d'utilisation des capacités établis, par exemple, d'après des enquêtes par branches d'activité. Néanmoins, on ne peut pas toujours savoir précisément si ces indices se rapportent exclusivement ou principalement au facteur capital – ils représentent habituellement des mesures de l'utilisation des *capacités*, par opposition aux mesures d'utilisation du *capital*⁴⁶. En théorie, l'ajustement direct des mesures du facteur capital ne s'accorde pas avec le modèle d'équilibre sur lequel repose l'approche fondamentale de la comptabilité de la croissance.

125. On ne sait pas non plus exactement comment l'évolution de l'utilisation du capital devrait être reflétée dans les coûts d'utilisation du capital. Berndt et Fuss (1986) ont résolu ce problème en considérant le capital comme une entrée quasi-fixe, c'est-à-dire un facteur de production qui ne peut être ajusté immédiatement en réaction à des chocs subis par la production. Ces auteurs montrent ensuite que, dans une telle situation, le revenu relatif au capital quasi-fixe se mesure correctement de manière résiduelle, ou *ex-post*. Cela revient à procéder à un ajustement implicite des pondérations du capital dans la mesure de la productivité, et rend en principe superflu un ajustement des quantités de capital. Les résultats de Berndt et Fuss apportent une justification théorique à cette méthode communément utilisée dans l'analyse de la productivité (Hulten, 1986). Berndt et Fuss proposent également des estimations révisées de la productivité sans toutefois éliminer complètement, dans la pratique, la composante procyclique de la mesure résiduelle de la productivité⁴⁷.

126. Enfin, il existe un abondant corpus de recherches utilisant des techniques économiques pour identifier les variations de l'utilisation du capital, et, si possible, les distinguer de l'évolution des marges sur les produits ou de la variation des rendements d'échelle. Beaulieu et Matthey (1998), ou Basu et Fernald (2001), fournissent des exemples de ces travaux. Cependant, aucune de ces approches

45. Outre le choix des variables, la littérature identifie plusieurs autres raisons expliquant la procyclicité des mesures de productivité. Cependant, un traitement de ces points sortirait du cadre du présent manuel. Pour une analyse récente sur ce thème, voir Basu et Fernald (2001).

46. Voir Beaulieu et Matthey (1998) pour cette distinction, ainsi que pour une vue d'ensemble des différents courants de la littérature traitant de l'utilisation des capacités.

47. De plus, strictement considérée, cette méthode de Berndt et Fuss n'est valide que pour un actif unique et homogène.

ne relève de la méthode non paramétrique de mesure de la productivité dans laquelle s'inscrit le présent manuel.

127. Un autre moyen d'interpréter les variations de l'utilisation du capital consiste à avancer qu'il ne s'agit pas seulement d'un problème de mesure. Après tout, certains des coûts d'une machine ne dépendent pas de son utilisation. C'est notamment le cas des coûts de financement (charges financières, par exemple) ou de ceux liés à l'obsolescence. Par conséquent, si la PMF doit refléter l'évolution réelle des coûts, les éléments cycliques font clairement partie de la mesure de la productivité : en période de récession, les coûts d'utilisation du capital sont répartis entre un plus petit nombre d'heures de fonctionnement des machines et, partant, les économies de coûts réelles sont limitées. En revanche, en période d'expansion, les coûts d'utilisation sont ventilés entre un plus grand nombre d'heures de fonctionnement des machines et génèrent plus rapidement des économies de coûts réelles.

128. En d'autres termes, il est correct d'ajuster les séries de stock de capital en fonction du taux d'utilisation si l'on cherche à mesurer la productivité au sens d'une évolution technique ou de déplacements d'une fonction de production⁴⁸. Si les mesures de productivité cherchent à identifier les variations réelles des coûts, l'occurrence des fluctuations ne semble pas incongrue : en période de récession, le capital est sous-utilisé car la demande se modifie de manière inattendue et les coûts unitaires de production réels peuvent augmenter ou diminuer plus lentement qu'en période d'expansion, lorsque les équipements sont utilisés à leur maximum. On trouve un exposé formel analogue dans Hulten (1986), qui montre de quelle manière la mesure de la croissance de la productivité peut être décomposée en une mesure résiduelle de la productivité multifactorielle réelle et en un terme relatif à l'utilisation des capacités.

5.7. Champ des investissements en capital

129. Le SCN93 décrit⁴⁹ la formation brute de capital fixe comme étant la valeur totale des acquisitions, moins les cessions, d'actifs fixes. Les actifs fixes sont les actifs produits (machines, équipements, bâtiments ou autres constructions, principalement, mais aussi certains actifs incorporels), qui sont utilisés de manière répétée ou constante pour la production sur plusieurs exercices comptables. Plusieurs questions se posent dans le cadre de la mesure de la productivité.

130. La première question concerne le traitement de *l'investissement résidentiel* et, partant, du capital résidentiel. Le système de comptabilité nationale indique que l'activité de formation brute de capital fixe se limite aux unités institutionnelles en leur qualité de producteurs. Il n'y a donc pas de formation brute de capital fixe par les ménages, à moins que ceux-ci soient des producteurs. Il s'ensuit que les personnes qui possèdent leur logement sont considérées comme des entreprises non constituées en sociétés qui proposent des services de logement consommés par le ménage dont ces propriétaires font partie. Pour des raisons pratiques, il semble préférable d'exclure la formation de capital résidentiel occupé par son propriétaire de l'éventail d'actifs à prendre en compte dans l'analyse de la productivité. Parallèlement, il convient d'exclure également des comptes relatifs à la production le

48. Ainsi que le souligne Griliches (1990), « les fluctuations [procycliques] de la 'productivité' n'ont pas de sens si nous entendons les interpréter comme une mesure de la croissance du niveau de la technologie ou de l'état des connaissances d'un pays qui sont précieuses sur le plan économique. Les États-Unis n'ont pas 'oublié' 4 % de leur technologie entre 1974 et 1975. »

49. *Système de comptabilité nationale 1993*, paragraphe 1.49.

revenu imputé généré par les entreprises fictives non constituées en sociétés, c'est-à-dire tout ou partie des « Activités immobilières sur biens propres ou loués » (groupe 701, CITI, révision 3).

131. Dans le même temps, il convient d'inclure dans les mesures du facteur capital la part de l'investissement résidentiel qui est le fait de producteurs de services marchands. Cela correspond *grosso modo* aux « Activités immobilières à forfait ou sous contrat » (groupe 702, CITI, révision 3). Dans la pratique, et pour mesurer la productivité agrégée, la distinction entre le capital résidentiel, qui correspond à un processus de production réel, et le capital résidentiel occupé par son propriétaire, qui correspond à un processus de production fictif, peut être difficile. Dans ce cas, il faut décider d'inclure ou d'exclure complètement l'investissement résidentiel des mesures de la formation du capital et du facteur capital.

132. Une deuxième question a trait aux activités qui se situent à *la frontière entre consommation intermédiaire et formation de capital*. Certaines de ces activités sont extrêmement importantes pour l'analyse de la productivité. Ainsi, les dépenses que les entreprises consacrent à la formation de leur personnel ou à la recherche-développement constituent des facteurs intermédiaires sur la période courante, mais avec anticipation d'une augmentation de la productivité ou d'un élargissement des possibilités de production à l'avenir. Elles s'apparentent donc aux dépenses affectées aux machines, équipements, bâtiments et autres constructions. Cependant, les dépenses de formation et de recherche-développement ne mènent pas à l'acquisition d'actifs qui puissent être facilement identifiés, quantifiés et valorisés en vue de l'établissement d'un bilan. C'est pourquoi elles restent classées dans la catégorie consommation intermédiaire, même s'il est admis qu'elles peuvent procurer ultérieurement des avantages⁵⁰. La littérature économique a exploré le rôle de ces actifs « incorporels » et élaboré, notamment, des stocks de capital de R&D selon une procédure s'apparentant très largement à celle utilisée pour les stocks de capital physique, « corporel »⁵¹. Cependant, malgré leur utilité, de tels efforts restent du domaine de la recherche et ne sont pas actuellement recommandés comme méthode standard pour mesurer la productivité.

133. Un autre exemple, avec des conséquences pratiques plus immédiates, concerne le traitement comptable des logiciels : le SCN93 étend la catégorie des actifs aux actifs incorporels liés aux logiciels, qui faisaient auparavant partie des facteurs intermédiaires. Plusieurs pays ont entrepris de mettre en œuvre ce changement. Cette nouvelle classification peut avoir des répercussions considérables sur les mesures brutes du capital fixe : ainsi, aux Pays-Bas, elle se traduit par une augmentation d'environ 5 % des investissements consacrés, en 1997, aux biens d'équipement durables. L'évolution de la catégorie des actifs dans la comptabilité nationale influencera la mesure de la productivité, via son incidence sur les mesures du stock de capital, ainsi que sur le niveau et la répartition de la valeur ajoutée par branche.

134. Nous n'avons pas mentionné les *stocks* et les *terrains* parmi les facteurs de production. N'intervenant pas dans la formation brute de capital fixe, ces éléments sont rarement pris en compte dans les mesures du capital et de la productivité, ce qui peut fausser les taux de rendement mesurés dans les branches où les stocks sont abondants, telles que les activités de commerce de détail et de gros. Cependant, empiriquement, il est assez difficile d'inclure les stocks dans les mesures du capital, car, dans les comptes nationaux, les données relatives à la variation des stocks sont souvent de qualité médiocre. Par ailleurs, la comptabilité nationale considère les terrains comme des actifs non produits, et non comme un élément de la formation de capital. Seules les acquisitions qui débouchent sur des améliorations substantielles de la quantité, de la qualité ou de la productivité des terrains sont

50. *Système de comptabilité nationale 1993*, paragraphe 1.51.

51. Voir, par exemple, Stoneman (sous la direction de), 1996.

considérées comme relevant de la formation brute de capital fixe. C'est le cas, par exemple, des terres gagnées sur la mer ou du déboisement permettant d'exploiter des terrains pour la première fois. Néanmoins, ainsi que Diewert (2000) le souligne, la quantité de terrains exploités par une entreprise ou une branche donnée peut évoluer sur la durée, de même que son prix, ce qui fait varier les coûts d'utilisation du capital. Comme dans le cas des stocks, considérer les terrains comme un facteur de production pose de nombreux problèmes empiriques. C'est pourquoi les terrains sont rarement inclus dans l'analyse de la productivité.

6. FACTEURS INTERMÉDIAIRES ET VALORISATION

Aperçu : les facteurs intermédiaires

Des informations sur les facteurs intermédiaires sont nécessaires pour la plupart des mesures de productivité...

Pour mesurer la productivité en termes de valeur ajoutée ou de production brute, il faut disposer d'informations sur les prix et les quantités des flux de facteurs intermédiaires achetés par une entreprise, une branche ou un secteur. Les facteurs intermédiaires importés constituent un paramètre essentiel à cet égard, y compris au niveau macro-économique.

Cependant, dans nombre de systèmes statistiques, l'existence d'un ensemble complet d'indices de prix et de quantité est loin d'être garantie. Le principal moyen d'atteindre cet objectif consiste donc à élaborer et tenir à jour des tableaux d'entrées-sorties.

Les tableaux d'entrées-sorties sont essentiels à cet égard

Afin d'effectuer des calculs KLEMS, mais aussi en valeur ajoutée, cohérents, les statisticiens et chercheurs doivent disposer de tableaux d'entrées-sorties, comme pour le traitement d'autres questions analytiques. Même si les tableaux d'entrées-sorties sont coûteux à établir et à tenir à jour, on ne saurait surestimer leur importance en tant qu'instruments d'analyse, et cette importance va bien au-delà de l'étude de la productivité. En outre, ils sont de plus en plus utilisés pour construire des comptes nationaux cohérents. De telles évolutions sont très positives et sont d'ailleurs recommandées par le SCN93.

Aperçu : la valorisation

La valorisation doit refléter le prix le plus pertinent pour la prise de décision par le producteur

Les tableaux d'entrées-sorties servent également à valoriser les entrées et les produits de manière cohérente. La valorisation porte sur le traitement des impôts et subventions sur les produits et sur la production. Lorsqu'il s'agit de mesurer la productivité, le choix de la méthode de valorisation doit refléter le prix le plus pertinent pour la prise de décision par le producteur, pour les entrées comme pour la production. Ces considérations laissent donc à penser que la meilleure valorisation des mesures de la production consiste à raisonner en prix de base, c'est-à-dire à exclure les impôts nets sur les produits, alors que celle des mesures des entrées devra, de préférence, se faire aux prix d'acquisition, c'est-à-dire inclure les impôts nets sur les produits, ainsi que les marges commerciales et de transport.

6.1. Tableaux d'entrées-sorties

135. La mesure de la productivité multifactorielle, que ce soit en termes de KLEMS ou en termes de valeur ajoutée, nécessite des informations sur les flux de facteurs intermédiaires – explicitement, en tant que facteur de production de KLEMS, ou implicitement, en tant que module destiné à élaborer des mesures de la valeur ajoutée. Dans les mesures KLEMS, l'énergie, les matériaux et les services sont pris séparément, ce qui garantit un traitement cohérent des facteurs primaires et intermédiaires : les indices de quantité des produits intermédiaires sont pondérés par leur part à prix courants de

l'ensemble des facteurs, ce qui permet de prendre en compte les effets de substitution entre les différents facteurs.

136. Le niveau d'agrégation auquel les facteurs intermédiaires sont identifiés dépend essentiellement de l'existence de séries de prix et de quantités pour ces facteurs. En règle générale, il convient de prendre le niveau d'agrégation le plus détaillé. Les tableaux d'entrées-sorties sont un outil idéal à cet égard. Ces tableaux constituent un instrument comptable cohérent, dans lequel les différentes cellules des matrices indiquent les flux des différents produits intermédiaires destinés à chacune des branches. Dans l'idéal, il existe également une série temporelle d'indices de prix propre à chaque branche. Le tableau ci-dessous illustre l'utilisation de tableaux d'entrées-sorties branche par branche. Chaque colonne décrit les livraisons de produits intermédiaires de la branche j à la branche i , notées X_{ij} ainsi que les facteurs primaires travail et capital. Le tableau 21 présente, sous forme schématique⁵², les achats à prix courants de produits intermédiaires.

137. Lorsque les tableaux d'entrées-sorties sont intégrés dans le système de comptabilité nationale, ils permettent facilement d'obtenir des mesures de la valeur ajoutée et de la productivité⁵³. Dans le cadre des mesures de productivité KLEMS, ils sont indispensables pour identifier, mesurer et pondérer les facteurs intermédiaires. Dans le même cadre, ils sont également nécessaires pour mesurer la *production sectorielle*, c'est-à-dire la production brute par branche hors achats à l'intérieur de la branche considérée (voir section 3.1.3).

138. La méthode consistant à s'appuyer sur un tableau d'entrées-sorties pour mesurer la productivité soulève deux grandes questions d'ordre pratique :

- *Existence et degré d'actualité des tableaux d'entrées-sorties.* Les pays n'élaborent pas tous des tableaux d'entrées-sorties et, lorsque cet outil est disponible, le décalage temporel est important (souvent de 3 à 10 ans) entre l'année d'observation et la publication de ces tableaux. De plus, les tableaux de référence n'étant pas établis sur une base annuelle, il est difficile de définir des séries temporelles annuelles pour les facteurs intermédiaires. Les années situées entre celles donnant lieu à des tableaux de référence et les années récentes doivent donc être estimées avec des méthodes d'interpolation, telles que la procédure RAS. Une autre solution consiste à calculer la productivité exclusivement à partir des tableaux de référence disponibles, en calculant des taux moyens annuels de variation des facteurs, de la production et de la productivité entre les années disponibles. Dans tous les cas, l'établissement et la tenue à jour de tableaux d'entrées-sorties représentent un coût élevé pour les instituts statistiques.
- *Cohérence avec les autres sources statistiques.* La deuxième préoccupation concerne la cohérence des tableaux d'entrées-sorties avec les autres sources statistiques, en particulier avec les comptes nationaux. En principe, la cohérence devrait être assurée. Le SCN93 décrit en détail la relation entre les tableaux d'entrées-sorties et les comptes nationaux. Dans un certain nombre de pays (Australie, Canada, France, Royaume-Uni, Pays-Bas, Danemark, par exemple), ces outils sont intégrés. En revanche, dans d'autres

52. Une illustration plus détaillée de ce point s'appuierait sur des matrices « d'utilisation » et de « réalisation » des tableaux d'entrées-sorties. Les matrices d'utilisation font apparaître le flux de produits intermédiaires, classés par type de *produit* et destinés aux différentes branches. Les matrices de réalisation indiquent quelles branches produisent quels produits. Il est possible de combiner les matrices d'utilisation et de réalisation pour obtenir une présentation branche par branche, comme c'est le cas, par exemple, dans le tableau 21.

53. Pour une approche intégrée, voir Gullickson et Harper (1999b).

pays, ils ne le sont qu'en partie. Le manque de cohérence risque de produire des ensembles de chiffres différents concernant la productivité ou bien des résultats biaisés si les sources sont disparates.

Tableau 20. Facteurs intermédiaires figurant dans un tableau d'entrées-sorties simplifié

De la branche :		Vers la branche :				
		1	2	3	:	N
1		0	$P^1 X^{12}$	$P^1 X^{13}$:	$P^1 X^{1N}$
2		$P^2 X^{21}$	0	$P^2 X^{22}$:	$P^2 X^{2N}$
3		$P^3 X^{31}$	$P^3 X^{32}$	0	:	$P^3 X^{3N}$
:		:	:	:	0	:
N		$P^N X^{N1}$	$P^N X^{N2}$	$P^N X^{N3}$:	0
Somme des éléments ci-dessus = facteurs intermédiaires aux prix de base (mais incluant les marges commerciales et coûts de transport)		$\sum P^k X^{k1}$	$\sum P^k X^{k2}$	$\sum P^k X^{k3}$:	$\sum P^k X^{kN}$
+ impôts (dont TVA non déductible) moins subventions sur les produits intermédiaires						
Somme des éléments ci-dessus = facteurs intermédiaires aux prix d'acquisition (\bar{p})		$\sum \bar{p}^k X^{k1}$	$\sum \bar{p}^k X^{k2}$	$\sum \bar{p}^k X^{k3}$:	$\sum \bar{p}^k X^{kN}$
Valeur ajoutée aux prix de base	Impôts moins subventions sur la production	T^1	T^2	T^3	:	T^N
	Consommation de capital fixe et excédent d'exploitation net	$\mu^1 K^1$	$\mu^2 K^2$	$\mu^3 K^3$:	$\mu^N K^N$
	Rémunération du travail	$w^1 L^1$	$w^2 L^2$	$w^3 L^3$		$w^N L^N$
Production brute aux prix de base		$P^1 Q^1$	$P^2 Q^2$	$P^3 Q^3$		$P^N Q^N$

6.2. Valorisation

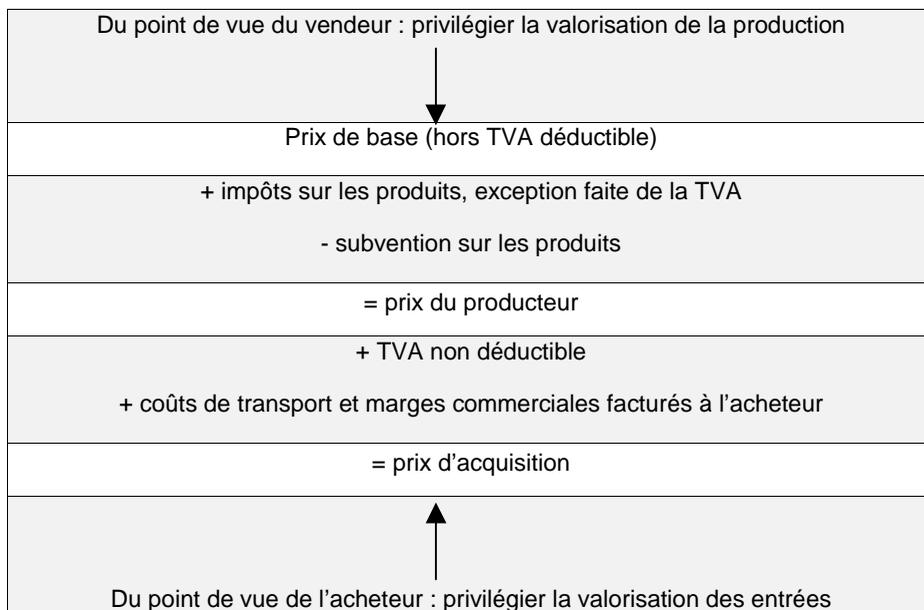
139. La valorisation a trait à la décision d'inclure ou non les impôts, subventions et coûts de transport dans le prix des entrées et des produits. Pour la mesure de la productivité, le choix de la méthode de valorisation doit refléter le prix le plus pertinent pour la prise de décision par le producteur, dans le cas des entrées comme des produits. Il en découle des questions relatives à la

disponibilité des données dans les tableaux d'entrées-sorties, ainsi qu'à la cohérence entre les agrégats des comptes nationaux utilisés dans les calculs de productivité.

140. Le SCN93 opère une distinction entre les valorisations aux prix de base, aux prix du producteur et aux prix d'acquisition. Le prix de base est censé mesurer le montant effectivement prélevé par le producteur. Il exclut donc les impôts à payer, mais inclut les subventions à recevoir, suite à la production ou à la vente. Il exclut en outre tous les coûts de transport facturés séparément par le producteur⁵⁴. Étant donné qu'il mesure le montant prélevé par le producteur, le prix de base est le paramètre le plus pertinent pour la prise de décision par le producteur. C'est pourquoi le SCN spécifie que la valorisation aux prix de base est la méthode à privilégier pour la valorisation de la production, surtout lorsqu'un système de TVA, ou de droits déductibles analogues, est appliqué⁵⁵.

141. La production peut également être valorisée aux prix du producteur. Contrairement aux prix de base, cette valorisation inclut les impôts sur les produits, mais pas les subventions sur les produits. La valorisation ne consiste plus alors à se fonder sur la somme effectivement prélevée par le producteur (le prix de base), mais sur le montant auquel les transactions sont réalisées ou auquel une transaction est conclue.

142. La troisième méthode utilise les prix d'acquisition. Elle mesure la somme effectivement dépensée par l'acheteur pour prendre possession d'un bien ou service, en un lieu et à une date donnés. Par conséquent, les prix d'acquisition sont les prix pertinents pour les décisions d'acquisition. C'est pourquoi, le SCN93 recommande de valoriser aux prix d'acquisition les dépenses des entreprises en biens ou services devant être utilisés pour la consommation intermédiaire.



54. Lorsque la production est comptabilisée aux prix de base, toute taxe (ou toute subvention) sur le produit devant être effectivement payée sur cette production est considérée comme payée (reçue) par l'acheteur directement à (de) l'Etat, et non comme partie intégrante du prix versé au producteur.

55. *Système de comptabilité nationale 1993*, paragraphe 6.218.

143. Pour mesurer la productivité, la littérature économique valorise fréquemment la production au coût des facteurs. Ce concept n'est pas utilisée explicitement dans le SCN93, mais il est directement liée au concept de prix de base défini dans ce système, la différence se situant au niveau des « autres impôts diminués des subventions sur la production ». Comme l'indique le SCN93⁵⁶, il s'agit le plus souvent des impôts ou subventions en vigueur sur le travail ou sur le capital utilisé dans l'entreprise, par exemple les impôts sur les salaires ou les impôts concernant les véhicules ou les bâtiments. Ces impôts ou ces subventions sur la production ne pouvant être retranchés des prix des facteurs et de la production, la valeur ajoutée brute au coût des facteurs n'est pas au sens strict, malgré sa désignation traditionnelle, une mesure de la valeur ajoutée ou de la production, mais essentiellement une mesure du revenu. Cependant, la valorisation au coût des facteurs peut avantageusement remplacer la valorisation aux prix de base. Une autre méthode de valorisation, celle qui consiste à comptabiliser les transactions aux « prix du marché », est proche de la valorisation aux prix d'acquisition, la principale différence étant le traitement de la TVA ou des impôts déductibles analogues. La valorisation aux prix du marché peut donc raisonnablement se substituer à la valorisation des facteurs aux prix d'acquisition.

144. Alors que la valorisation de la production brute aux prix de base et la valorisation des facteurs intermédiaires aux prix d'acquisition constituent les méthodes appropriées pour une branche considérée à titre individuel, l'existence d'impôts et de subventions soulève plusieurs questions sur le plan comptable :

- Premièrement, il existe des impôts nets non seulement sur les produits, mais également sur la production. Même si ces derniers n'entrent pas en considération dans la distinction opérée entre prix de base et prix d'acquisition, ils font partie de la valeur ajoutée brute et doivent, d'une manière ou d'une autre, être rattachés aux facteurs de production primaires. C'est ce qu'il convient de faire, dans la mesure du possible, en fonction de la nature de ces impôts et subventions. Ainsi, les impôts sur les salaires sont liés au travail, tandis que les impôts sur les véhicules à moteur sont propres au capital. Lorsqu'une telle distinction n'est pas réalisable, il faut répartir les impôts nets sur la production proportionnellement au revenu du travail et au revenu du capital. Cette procédure est détaillée dans la fiche pratique n°8, au chapitre 9. Une autre solution consiste à définir la valeur ajoutée à partir du coût des facteurs. Cela évite la répartition, souvent arbitraire, des impôts nets sur la production en fonction du travail et du capital, mais nécessite une totale cohérence ultérieure entre le cadre comptable et les mesures de productivité.
- Deuxièmement, l'existence d'impôts complique les relations comptables entre la productivité par branches d'activité et la productivité agrégée. Ainsi, il ressort du tableau 21 que la production brute d'une branche aux prix de base égale sa valeur ajoutée aux prix de base et sa consommation intermédiaire aux prix d'acquisition. Parallèlement, la production brute aux prix de base égale les livraisons à d'autres branches aux prix de base et la livraison aux consommateurs finals (demande finale) aux prix de base. Il en découle que, globalement, la demande finale aux prix de base égale la valeur ajoutée aux prix de base plus les impôts nets sur les produits utilisés pour la consommation intermédiaire. Afin de préserver la cohérence avec une fonction de transformation agrégée dans laquelle la valeur totale de la demande finale est répartie entre les différents facteurs de production, il est nécessaire de redéfinir la valorisation de la demande finale de manière à retrancher de la demande finale

56. *Système de comptabilité nationale 1993*, paragraphes 6.229-6.230.

aux prix de base les impôts nets sur les produits⁵⁷. Il est également possible de s'en tenir à la valorisation originelle de la demande finale aux prix de base et d'exclure simplement les impôts nets sur les produits des variables qui entrent dans la mesure de la productivité.

- La même question se pose en ce qui concerne le traitement des impôts nets sur les produits, lorsqu'on établit des mesures sectorielles de la production (et des facteurs). Pour plus de détails, se reporter à la section 8.1, sous l'intitulé « agrégation ».

57. Pour un traitement analogue, voir Ezaki et Jorgenson (1995).

7. INDICES

Aperçu : les indices

Le SCN93 recommande le recours aux formules de calcul des indices-chaîne

La productivité est habituellement mesurée sous la forme d'un indice de quantité de la production divisé par un indice de quantité des facteurs. Ces indices sont nécessaires du fait de l'hétérogénéité des biens et services, qui empêche d'additionner simplement des unités de différentes catégories de produits. Cependant, les résultats de l'agrégation d'indices sont en général sensibles au choix de la formule de calcul retenue. Il convient donc de tenir compte des aspects conceptuels et pratiques dans la sélection des formules.

Pour les comparaisons entre différentes périodes, il faut commencer par déterminer si l'on souhaite procéder directement (comparer, par exemple, la période 0 et la période 2) ou indirectement (auquel cas, l'évolution entre les périodes 0 et 2 est déduite de celles entre les périodes 0 et 1, puis 1 et 2). Sur ce point, la littérature économique et le SCN93 font preuve d'une belle unanimité : pour les comparaisons sur la durée, il est préférable de déterminer les évolutions par chaînage, c'est-à-dire en enchaînant les évolutions successives d'une année sur la suivante.

☛ Pour plus de précisions sur les comparaisons directes et chaînées, se reporter à la section 7.1.

Selon divers critères, ce sont les indices de Fisher et de Törnqvist qui l'emportent...

Il faut ensuite choisir la formule précise de calcul des indices. Les plus courants sont les indices de Laspeyres et de Paasche (le premier utilise la pondération de la période de base, le second celle de la période courante), l'indice de Fisher (moyenne géométrique des indices de Laspeyres et de Paasche) et celui de Törnqvist (moyenne géométrique pondérée de ses composants).

La littérature des indices a élaboré une série de critères (ou tests) intuitivement pertinents pour aider à trancher entre différentes formules. Une autre approche fait usage de la théorie économique pour calculer des formules qui se rapprochent d'indices définis théoriquement. Il s'agit en particulier d'évaluer la possibilité de calculer une formule particulière à partir d'une relation économiquement significative, telle qu'une fonction de production ou de coût.

... et le choix de l'un ou l'autre n'entraîne guère de conséquences empiriques

Ce sont les indices de Fisher et de Törnqvist qui s'imposent à la lumière de la plupart de ces critères. Empiriquement, il s'avère que le choix entre ces deux indices n'a guère d'incidence, et peut donc être laissé à la discrétion de chaque chercheur.

☛ Pour plus de précisions sur les propriétés des différents indices, se reporter à la section 7.2.

Digression : l'importance des hypothèses sur le comportement du producteur

En pratique, de nombreux indices de productivité s'appuient implicitement ou explicitement sur des hypothèses simplificatrices quant à la technologie de la production et au comportement du producteur. Ainsi, on suppose habituellement que les processus de production s'accompagnent de rendements d'échelle constants et que la production s'effectue de manière efficiente. Tempérer ces hypothèses ouvre la voie à un large éventail d'autres indices de productivité. En l'absence d'observations empiriques suffisantes pour faire appel à l'économétrie ou à des techniques analogues, il est impossible de trancher entre les différentes approches. Cependant, si l'on accepte l'hypothèse des producteurs efficients, le recours à des indices de Törnqvist ou Fisher n'en est que plus recommandé.

☛ Pour plus de précisions sur les autres indices de productivité, se reporter à la section 7.3.

7.1. Comparaisons en chaîne et directes

145. Il importe de faire la distinction entre les indices procédant à des comparaisons en chaîne et ceux produisant des comparaisons directes. Dans le contexte des séries temporelles, une question se pose dès lors qu'il faut comparer des indices de prix ou de quantité sur deux périodes non contiguës : à partir de quelle période procéder ? On peut en l'occurrence adopter comme base la première ou la dernière observation, ou encore recourir au principe du chaînage. Ce dernier utilise l'ordre naturel fourni par le temps qui passe : pour tout indice relatif à la période t , c'est la période $t-1$ qui sert de base. En série temporelle, c'est-à-dire pour la mesure des taux de variation des productions, des facteurs et de la productivité, la littérature manifeste une nette préférence pour les indices-chaîne⁵⁸.

146. Les indices-chaîne ont notamment pour avantage de réduire au minimum le risque de biais de substitution présent dans les comparaisons directes, dans le cas, par exemple, des indices à base fixe (de type Laspeyres). Lorsque le prix relatif des différents facteurs ou productions constituant l'indice évolue, les formules à pondérations fixes ont tendance à exagérer l'importance des biens ou services dont les prix relatifs sont en recul et *vice versa*. Les indices-chaîne, en revanche, parviennent bien à réduire le poids des éléments dont le prix relatif est en baisse et inversement. Ils sont donc beaucoup moins prédisposés au biais de substitution que ceux à pondérations fixes. La divergence entre indices-chaîne et à pondérations fixes est devenue manifeste avec la montée en puissance des produits informatiques, ordinateurs en particulier. En effet, la baisse du prix de ces machines et l'augmentation des volumes vendus sont en moyenne beaucoup plus rapides que pour d'autres biens et services. Les indices de prix ou de quantité intégrant les ordinateurs peuvent donc évoluer très différemment, selon que leurs séries sont chaînées ou à pondérations fixes. On pourrait faire la même remarque pour les comparaisons directes réalisées au moyen d'indices de type Paasche fondées sur des pondérations correspondant à l'année en cours. Dans les paragraphes suivants, nous traiterons des différences entre comparaisons directes et comparaisons d'indices-chaîne par rapport à la formule de type Laspeyres, qui représente l'indice (de volume) le plus courant en comptabilité nationale.

147. Coelli *et al.* (1998) observent également que l'indice-chaîne permet de mesurer les évolutions de moindre ampleur, puisqu'il ne compare que des périodes consécutives. Certaines des approximations qui interviennent dans le calcul d'indices de productivité théoriquement significatifs ont donc alors plus de chances de cadrer avec la réalité. Autre avantage (Diewert, 1978), l'écart entre formules de Laspeyres et de Paasche est normalement minime. Le choix de la formule de l'index a donc logiquement moins de conséquences qu'avec des indices à base fixe.

148. Szulc (1983) envisage pour sa part certains inconvénients des indices-chaîne, et notamment leur comportement en cas de flambée – cyclique ou saisonnière – des prix dans l'intervalle entre les périodes de base et d'observation. On peut en particulier démontrer que la valeur de l'indice-chaîne s'écarte parfois de l'unité alors même que les prix et quantités sont identiques sur ces deux périodes. Dans les mêmes conditions, un indice à pondérations fixes restera (évidemment) égal à un. Dans le même temps, Szulc (1983) juge peu probable qu'une telle variation ait des conséquences pratiques importantes, en particulier en présence d'agrégats composés de nombreuses marchandises, comme c'est généralement le cas pour les mesures des facteurs et de la production au niveau d'une branche d'activité.

58. L'intérêt des indices-chaîne est moins évident dans l'analyse transversale : comparaison de *niveaux* de production, de facteurs ou de productivité entre pays, par exemple. Il n'existe notamment pas, entre les pays, d'ordre naturel susceptible de jouer le même rôle que l'écoulement du temps dans un contexte temporel. Milana et Fujikawa (1996) se livrent à une discussion des indices dans les comparaisons internationales de niveaux de productivité. Pour une appréhension plus générale des avantages relatifs des indices-chaîne et à pondérations fixes, voir Szulc (1983) et Hill (1988).

149. Autre intérêt des indices-chaîne de quantité, ils utilisent comme pondérations les prix qui sont effectivement pris en compte dans les décisions quantitatives des agents économiques. À l'inverse, si l'on choisit un indice de Laspeyres à pondérations fixes, l'année correspondant à la structure des prix et celle valable pour l'observation des quantités peuvent être très éloignées, ce qui amène à combiner des pondérations de prix à des observations de quantité dépourvues de relation avec elles. Cette pratique peut entraîner des résultats d'intérêt médiocre pour l'analyse. Une double déflation peut ainsi déboucher sur une valeur ajoutée à prix constants négative.

150. Un autre inconvénient fréquemment évoqué des indices-chaîne est leur absence d'additivité. La non-additivité signifie qu'en cas d'extrapolation en avant ou en arrière des valeurs courantes de l'année de référence au moyen d'un indice-chaîne, la somme des valeurs extrapolées des composantes formant un agrégat n'est pas identique à la valeur extrapolée de cet agrégat. Pour la mesure de la croissance de la productivité, cette absence d'additivité est sans conséquences. Elle peut en revanche avoir une incidence dans le contexte de modèles macro-économiques comportant des variables interdépendantes liées par des relations comptables à prix constants.

151. On rencontre un autre inconvénient des indices à pondérations fixes lorsque ceux-ci sont raccordés entre eux. Périodiquement, en effet, les années de base de ces indices sont changées. Or, dans de nombreux pays, les indices de Laspeyres fondés sur la nouvelle structure de prix ne sont établis que pour les années à compter de la nouvelle période de base. Ceux concernant les années antérieures sont obtenus par « raccordement » des séries fondées sur la précédente année de base. Ce raccordement consiste à multiplier l'ancien indice par un facteur de correction correspondant au rapport entre l'ancien indice et le nouvel indice, pour une année commune aux deux périodes de calcul (et qui est généralement la nouvelle année de base). Il faut ensuite décider du niveau d'agrégation auquel opérer ce raccordement. Une possibilité consiste à partir du niveau le plus général, puis d'appliquer le même coefficient de raccordement aux valeurs à prix constants de tous les niveaux d'agrégation inférieurs. Le facteur de correction peut alors être assez considérable, si l'on tient compte de la rapidité de l'évolution des prix et des variations de prix relatifs. Cette procédure préserve l'additivité et maintient les taux de croissance agrégés inchangés lorsque les données sont exprimées aux niveaux de prix constants de la nouvelle année de base. Cependant, elle impose le coefficient général de correction à tous les niveaux de l'économie, alors que les coefficients spécifiques à chaque branche d'activité peuvent parfaitement être différents. Par conséquent, cette méthode préserve certes la cohérence additive générale, mais fausse ainsi les comparaisons aux niveaux de détail inférieurs. Une autre méthode consiste à déterminer les coefficients de raccordement à l'échelle des composantes, ce qui préserve la validité des comparaisons raccordées au niveau détaillé de l'agrégation. Faire la somme des valeurs exprimées à prix constants pour chaque composante maintient l'additivité, mais modifie les taux de croissance globaux des agrégats pour les périodes antérieures à la nouvelle année de base. Une troisième solution consiste à opérer un raccordement à chaque niveau d'agrégation. On préserve ainsi la validité des comparaisons pour chaque composante, mais c'est au prix de l'additivité. Le SCN93⁵⁹ exprime sa préférence pour cette dernière approche, en raison de sa transparence et parce que le raccordement a pour principale fonction de donner des mesures adéquates des variations de prix et de volumes. Aucune des solutions évoquées n'est toutefois entièrement satisfaisante, ce qui constitue un argument supplémentaire en faveur des indices-chaîne.

152. Le tableau 22 décrit la pratique de différents membres de l'OCDE concernant les indices. Il montre qu'un nombre croissant de ces pays ont adopté les indices-chaîne, suite aux recommandations du SCN93 ou du SEC1995. Cependant, ces pays ne consacrent pas tous la même attention à la mise en conformité de leur comptes antérieurs à la nouvelle méthodologie. Le degré de détail dans la

59. *Système de comptabilité nationale, 1993*, paragraphe 16.39.

composition des agrégats en volume varie lui aussi considérablement. Ce phénomène limite la comparabilité, puisque les indices sont généralement sensibles au niveau de détail à partir duquel ils sont composés. En outre, les pratiques nationales divergent quant à la constitution des données du PIB en volume : à partir de la demande, de l'offre ou de tableaux d'entrées-sorties.

Tableau 22. **Nature des indices dans les comptes nationaux**

<i>Pays</i>	<i>Base de prix à pondération</i>	<i>Nombre de bases depuis 1970</i>
Australie	Annuelle	-
Belgique	Fixe	3
Canada	Annuelle et fixe	-
Danemark	Annuelle	5
Finlande	Fixe	5
France	Annuelle et fixe	2
Allemagne	Fixe	5
Grèce	Annuelle	-
Irlande	Fixe	5
Italie	Fixe	4
Pays-Bas	Annuelle	-
Norvège	Annuelle	-
Portugal	Annuelle	-
Suède	Annuelle	5
Royaume-Uni	Fixe	5
États-Unis	Annuelle	-

Sources : Rapport du Groupe de travail d'Eurostat sur la mesure des volumes, présenté lors de la réunion commune OCDE/Eurostat d'experts en comptabilité générale de 1997, et informations nationales actualisées.

7.2. Choisir la formule de calcul de l'indice

153. Les paragraphes qui précèdent suggèrent le recours aux indices-chaîne dans l'analyse de la productivité. Reste alors la question de la formule spécifique de calcul de ces indices, dont les plus courants sont ceux de Laspeyres, de Paasche, de Fisher et de Törnqvist. Le choix peut échapper à l'arbitraire, si l'on se laisse guider par la théorie économique et celle des indices.

154. De nombreux arguments parlent nettement en faveur des indices de Törnqvist et de Fisher et, de fait, de toute une famille d'indices dits « superlatifs ». Diewert (1976) a rationalisé l'utilisation de ces formules en arguant qu'ils pouvaient être calculés directement à partir de ce que l'on appelle des « agrégateurs flexibles ». Les agrégateurs flexibles sont des formes fonctionnelles qui fournissent une approximation au deuxième ordre d'une fonction homogène, linéaire, deux fois différentiable et arbitraire. Cette catégorie rassemble une gamme étendue de fonctions d'utilité, de production, de coût ou de revenu. Ainsi, l'indice de Törnqvist peut être calculé directement (est « exact ») pour les fonctions de forme flexible translogarithmique, spécification fréquemment utilisée en économie empirique. On peut parvenir à des conclusions analogues pour l'indice idéal de Fisher (1922) : celui-ci est exact pour les fonctions de forme quadratique (encadré 8).

Encadré 7. Indices-chaîne et indices à pondérations fixes dans les comptes nationaux

L'introduction d'indices-chaîne dans les comptes nationaux des pays de l'OCDE peut avoir des conséquences notables sur le profil temporel de la croissance, en particulier lorsque l'année de base d'un indice à pondérations fixes est éloignée de l'année de référence et/ou en période de fortes variations des prix relatifs. Deux exemples de comparaison de la production fondés sur ces deux types d'indices pourront le confirmer.

En *Australie*, l'indice à pondérations fixes le plus récent utilise les prix constants de 1989/90 pour calculer les données couvrant la période écoulée depuis 1984/85. Comparer ces données à celles déterminées par un indice-chaîne (de Fisher) montre que les différences sont relativement modestes pour les périodes proches de l'année de base, et augmentent à mesure que l'on s'en éloigne. Les différences entre indices s'accroissent par ailleurs si l'on considère les composantes individuelles du PIB. Ainsi, la croissance en volume de la formation brute de capital fixe entre 1986 et 1987 atteint 2.2 % selon l'indice à pondérations fixes et 4.1 % dans le cas d'un indice-chaîne.

L'institut statistique des Pays-Bas a, pour sa part, introduit des indices-chaîne de volume dans sa comptabilité nationale à compter de 1981. Les résultats confirment globalement les observations valables pour l'Australie, avec notamment une divergence accrue entre indices aux niveaux d'agrégation inférieurs. C'est ce que montre l'exemple de la chimie pour ce pays.

Australie						
PIB				Formation brute de capital fixe		
Exercice budgétaire	Pondérations fixes 1989/90 (indice de Laspeyres)	Pondérations annuelles (indice de Fischer)	Différence	Pondérations fixes 1989/90 (indice de Laspeyres)	Pondérations annuelles (indice de Fischer)	Différence
1985-86	4.5	4.6	-0.1	-1.4	0.2	-1.6
1986-87	2.4	2.7	-0.3	2.2	4.1	-1.9
1989-90	3.3	3.2	0.1	-4.7	-4.8	0.1
1993-94	3.8	3.7	0.1	8.2	6.0	2.2
1994-95	3.7	4.0	-0.3	21.4	19.4	2.0

Pays-Bas						
PIB				Valeur ajoutée, pétrochimie		
Année	Pondérations fixes 1986 (indice de Laspeyres)	Pondérations annuelles (indice de Laspeyres)	Différence	Pondérations fixes 1986 (indice de Laspeyres)	Pondérations annuelles (indice de Laspeyres)	Différence
1987	1.4	1.4	0.0	1.2	1.2	0.0
1988	3.4	2.6	0.8	-0.6	5.6	-6.2
1989	4.8	4.7	0.1	9.6	4.0	5.6
1990	4.2	4.1	0.1	9.0	6.7	2.3
1991	2.3	2.3	0.0	-2.8	-8.2	5.4
1992	2.0	2.0	0.0	-2.8	-1.6	-1.2
1993	1.3	0.8	0.5	5.1	2.7	2.4

Sources : Australian Bureau of Statistics (1997), *Development of Annually Re-weighted Chain Volume Indexes in Australia's National Accounts* ; contribution présentée lors de la réunion commune OCDE/Eurostat d'experts en comptabilité nationale.

De Boer, Sake, Jan van Dalen et Piet Verbiest (1997) ; *The Use of Chain Indices in the Netherlands; Statistics Netherlands*; contribution présentée lors de la réunion commune OCDE/Eurostat d'experts en comptabilité nationale.

Encadré 8. Les indices superlatifs des facteurs de production et de la production

Les indices « superlatifs » ont été élaborés dans le cadre de l'approche économique des indices. Dans ce contexte, c'est la théorie micro-économique des producteurs ou des consommateurs qui détermine le choix entre les formules. Diewert (1976) a, pour sa part, introduit la notion « d'agrégateurs flexibles », c'est-à-dire des formes fonctionnelles fournissant une approximation au deuxième ordre d'une fonction homogène, linéaire, deux fois différentiable et arbitraire. Cette catégorie rassemble une gamme étendue de fonctions d'utilité, de production, de distance, de coût ou de revenu. Diewert qualifie en outre les indices « d'exacts » lorsqu'ils peuvent être calculés directement à partir d'un agrégateur flexible particulier. Ainsi, l'indice de Törnqvist est exact pour la forme fonctionnelle flexible translogarithmique, spécification fréquemment utilisée en économie empirique. Si l'on admet une forme translogarithmique comme approximation d'une fonction de production et que l'on a recours à des hypothèses standard quant au comportement des producteurs, l'indice de quantité de Törnqvist fournit une formulation exacte pour les facteurs de production et la production. Un indice exact pour une fonction de forme flexible est dit « superlatif ».

Diewert a toutefois également montré que l'agrégateur flexible translogarithmique n'est qu'un cas particulier d'une famille plus large de formes fonctionnelles, à savoir la moyenne quadratique de la fonction d'agrégation f_r d'ordre r , définie par :

$$f_r = \left(\sum_i \sum_j a_{ij} X_i^{r/2} X_j^{r/2} \right)^{(1/r)} \quad (r \neq 0).$$

Ainsi, si $r=2$, f_r est une fonction quadratique pour laquelle l'indice idéal de Fisher est « exact ». Dans ce cas, les composantes X_i pourraient être interprétés comme des facteurs de production, et f_r comme une fonction de production. L'indice de quantité des facteurs de Fischer X^F qui en résulte entre les périodes t et

$t-1$ est défini de la manière suivante : $X^F = [X^L \cdot X^P]^{\frac{1}{2}}$

où $X^L = \sum_i v_{i,t-1} \frac{X_{i,t}}{X_{i,t-1}}$ est un indice de Laspeyres (dont l'année de base est $t-1$) ; $X^P = \frac{I}{\sum_i v_{i,t} / \frac{X_{i,t}}{X_{i,t-1}}}$ est un

indice de Paasche, et v_i représente la part du facteur i dans la valeur totale des facteurs.

Autre éventualité, si r tend vers zéro, f_r prend la forme d'une fonction translogarithmique pour laquelle l'indice de Törnqvist est exact. Si les composantes X_i sont interprétées comme des facteurs et f_r comme une fonction de production, l'indice de quantité des facteurs de Törnqvist entre les périodes t et $t-1$ est donné

par la formule : $X^T = \prod_{i=1}^N (X_{i,t} / X_{i,t-1})^{\frac{1}{2}(v_{i,t} + v_{i,t-1})}$

où v_i représente la part du facteur i dans la valeur totale des facteurs.

155. Ces relations sont applicables à différents indices de prix ou de quantité. Ainsi, si l'on postule que les technologies de production peuvent raisonnablement être représentées par une spécification translogarithmique, l'indice de quantité de Törnqvist fournit alors, en présence d'hypothèses standards quant au comportement du producteur, une formulation exacte pour un indice de quantité de la production⁶⁰. Ou bien, si l'on postule que les technologies sont caractérisées par des fonctions translogarithmiques de coût, et en présence d'hypothèses standard quant au comportement des producteurs, l'indice de prix des facteurs de Törnqvist est exact.

60. Caves, Christensen et Diewert (1982) en ont apporté la démonstration, et Balk (1998) a généralisé ce résultat.

156. Diewert (1992) a comparé les mérites des indices de Törnqvist et de Fisher pour la mesure des facteurs, de la production et de la productivité. Il conclut que l'un comme l'autre sont également justifiés du point de vue économique, mais que l'indice de Törnqvist ne satisfait pas à autant de critères (axiomatiques) que celui de Fisher. Ce dernier est aussi *a priori* plus séduisant, du fait qu'il combine les formules bien connues de Laspeyres et de Paasche. Dans le même temps, la forme translogarithmique des fonctions de production et de coût constitue un outil largement utilisé et éprouvé dans l'analyse économétrique. C'est un argument en faveur de la formulation de Törnqvist. Dans l'ensemble, il ne semble pas exister de raison convaincante de préférer l'une à l'autre. D'autant plus que leurs résultats empiriques sont souvent très proches⁶¹.

157. On peut noter en passant que le calcul d'indices de production (ou des facteurs) par une formule de Laspeyres ou de Paasche implique que la structure de production est assortie d'une technologie sous-jacente à coefficient fixe. Cette hypothèse est de toute évidence très simplificatrice. En effet, elle exclut la possibilité de substitution entre facteurs ou produits et implique que les produits marginaux restent constants sur l'ensemble de la période considérée. Dans le meilleur des cas, ces indices fournissent des limites pour les véritables indices de prix ou de quantité sous-jacents.

7.3. Digression : de Malmquist à Törnqvist

158. *Indices de Malmquist.* Implicitement ou explicitement, un grand nombre des affirmations sur les propriétés des indices reposent à ce jour sur deux hypothèses importantes quant au comportement des entreprises et à la technologie : *i)* les entreprises ou établissements sont économiquement efficaces ; et *ii)* les technologies donnent lieu à des rendements d'échelle globalement constants. L'efficacité économique comporte deux composantes : l'efficacité « allocative » et l'efficacité « technique » (Farrell, 1957). La seconde correspond à l'aptitude d'une entreprise à obtenir une production maximale à partir d'un ensemble de facteurs donné (« efficacité technique de la production ») ou à utiliser le moins possible de facteurs pour un ensemble donné de productions (« efficacité technique des facteurs »). L'efficacité allocative renvoie, elle, à l'aptitude d'une entreprise à utiliser les facteurs dans des proportions optimales compte tenu d'un ensemble de prix des facteurs, ou à générer une production dans des proportions optimales compte tenu d'un ensemble de prix à la production. Les rendements d'échelle sont constants lorsqu'une augmentation de tous les facteurs selon une certaine proportion entraîne une hausse de la production dans la même proportion.

159. L'existence de facteurs d'inefficacité dans le fonctionnement des entreprises est un phénomène plausible, mais dont l'analyse peut être compliquée. Ainsi, les présentations des technologies par des fonctions de production sous-entendent généralement que les entreprises sont organisées avec efficacité sur le plan technique. Tenir compte des facteurs d'inefficacité contraint à remplacer ceux-ci par leur contrepartie généralisée, à savoir les « fonctions de distance »⁶². Les fonctions de distance sont un outil important en théorie des indices et servent de base aux indices de prix, de quantités et de productivité de Malmquist. Prenons l'exemple de l'indice de quantité de Malmquist.

160. L'indice de quantité de *Malmquist (1953)* se fonde sur la notion de *fonction de distance*. Une fonction de distance de production indique par quel coefficient il serait possible de multiplier la production de toutes les quantités à l'intérieur d'un domaine potentiel déterminé par un niveau donné de facteurs. De même, une fonction de distance de facteurs indique à quel point il est possible de réduire les facteurs pour un niveau de production donné, à l'intérieur des possibilités de production.

61. Voir, par exemple, les résultats empiriques de Diewert (1978).

62. Voir Coelli *et al.* (1998) pour une introduction, et Balk (1998) pour une présentation plus approfondie.

Selon cette formulation très générale, une fonction de distance s'apparente à une relation d'ordre technique. Dans son acception la plus large, elle ne nécessite d'hypothèses ni sur le comportement efficient du producteur ni sur l'existence d'une technologie à rendements d'échelle constants. Cette propriété en fait un outil très polyvalent, qui convient également à la mesure des facteurs, de la production et de la productivité non marchands.

161. Un peu plus précisément⁶³, une fonction de distance de production $D_o^t(Q^t, X^t)$ indique l'efficacité technique à l'œuvre dans un processus de production observé dans lequel un vecteur X^t de quantités d'entrées sur la période t génère des quantités de sorties Q^t au moyen d'une technologie (les possibilités de production) à l'œuvre au moment t . La fonction de distance prend la valeur un lorsque la production est techniquement efficiente, c'est-à-dire lorsque le vecteur de sortie Q^t correspond à la production maximale réalisable à partir des facteurs X^t . Malmquist (1953) définit un indice de quantité de la production par la formule $Q_o^t \equiv \frac{D_o^t(Q^t, X)}{D_o^t(Q^{t-1}, X)}$, dans laquelle X est un vecteur de référence des facteurs arbitraire. Il s'agit d'une mesure de la « distance » entre Q^t et Q^{t-1} , qui se réduit au rapport $\frac{Q^t}{Q^{t-1}}$ lorsqu'il n'existe qu'une seule production. Il faut noter que la forme spécifique de la fonction de distance est généralement inconnue. Par ailleurs, l'indice de quantité de Malmquist présenté ici dépend de la technologie de référence au cours de l'année t et du vecteur des facteurs. On pourrait imaginer de définir un indice de production pour les fonctions de distance à $t-1$, c'est-à-dire pour une technologie de référence différente. La formule serait alors $Q_o^{t-1} \equiv \frac{D_o^{t-1}(Q^t, X)}{D_o^{t-1}(Q^{t-1}, X)}$. Faute de raison évidente de préférer l'un à l'autre, on adopte habituellement une moyenne géométrique des deux indices : $Q_o = (Q_o^t Q_o^{t-1})^{0.5}$. En outre, un grand nombre de vecteurs des facteurs X sont envisageables, avec à la clef toute une famille d'indices de quantité de la production, selon la technologie et les facteurs de référence.

162. Comment faire fonctionner empiriquement un indice de quantité de Malmquist, si l'on dispose uniquement d'observations de prix et/ou de quantité pour deux périodes ou plus ?

163. Supposons que seules des observations de quantité soient disponibles pour les facteurs et les productions. Cela pourrait, par exemple, être le cas d'activités non marchandes pour lesquelles il n'existe pas de prix, ou alors un prix qui n'a guère de signification économique, comme avec les services d'enseignement ou de santé subventionnés⁶⁴. Il est néanmoins possible d'élaborer des indices de production (des facteurs et de la productivité), mais cela nécessite des techniques économétriques ou de programmation linéaire, comme celles que l'on trouve dans l'analyse de données par enveloppement (*Data Envelopment Analysis*). Ces outils permettent, d'une part, d'identifier les technologies et domaines d'efficacité sous-jacents et, d'autre part, de déterminer les parts respectives de l'évolution de l'efficacité et des déplacements du domaine technologique dans la croissance de la productivité. L'application de ces techniques n'est possible que si l'on dispose d'un nombre suffisant d'observations pour chaque période.

63. Pour un exposé complet, voir, par exemple, Balk (1998).

64. Voir Coelli *et al.* (1998) pour des exemples d'applications.

164. Dans le contexte des activités marchandes, la théorie économique facilite la mise en œuvre de cet indice. La recherche de la formulation empirique correcte est nettement plus aisée si l'on admet, de la part des entreprises, l'existence d'un comportement qui minimise les coûts ou maximise les revenus – et qui est donc efficient. Ainsi, on peut montrer⁶⁵ que l'indice de quantité de production de Laspeyres représente une borne inférieure pour celui de Malmquist défini en fonction de la technologie en vigueur sur la période $t-1$, et celui de Paasche une borne supérieure pour celui de Malmquist défini en fonction de la technologie en vigueur sur la période t . La moyenne géométrique des indices de Laspeyres et de Paasche (c'est-à-dire l'indice idéal de Fisher) constitue alors une approximation de l'indice de quantité de Malmquist Q_o défini plus haut.

165. Il est aussi possible de formuler une hypothèse quant à la forme de la fonction de distance. On choisit souvent comme forme la fonction translogarithmique de distance de production. Selon cette caractérisation, l'indice de Törnqvist de quantité de la production est une représentation exacte⁶⁶ de l'indice de quantité de la production de Malmquist Q_o . D'autres formes fonctionnelles plausibles existent : des formes quadratiques, par exemple, qui font de l'indice de Fisher une représentation exacte de l'indice de quantité de Malmquist. Il s'agit de deux applications de la théorie des indices *exacts* et *superlatifs* (voir encadré 8). Par un raisonnement analogue, il est possible de montrer que l'indice de quantité des facteurs de Törnqvist est une représentation exacte de celui de Malmquist $Q_i = (Q_i^t Q_i^{t-1})^{0,5}$. L'indice de productivité de Törnqvist est donc une représentation valable du rapport d'une quantité de production selon Malmquist sur un indice de quantité des facteurs de Malmquist. Cette relation est importante, car elle fournit un nouvel argument en faveur de l'utilisation des indices de Törnqvist (ou d'autres indices superlatifs).

$$\frac{\text{Indice de quantité de la production de Törnqvist}}{\text{Indice de quantité des facteurs de Törnqvist}} = \frac{\text{Indice de quantité de la production de Malmquist}}{\text{Indice de quantité des facteurs de Malmquist}} = \frac{Q_o}{Q_i} = \frac{(Q_o^t Q_o^{t-1})^{0,5}}{(Q_i^t Q_i^{t-1})^{0,5}}$$

166. *Indice de productivité de Malmquist.* Déterminer le rapport d'une production sur un indice des facteurs (selon « l'approche de Moorsteen-Hicks ») est un moyen courant de mesurer la productivité. Ce n'est toutefois nullement le seul. On peut notamment recourir à différentes versions de l'indice de productivité de Malmquist. Dans le cas le plus général, qui tient compte des facteurs d'inefficience et de rendements d'échelle non constants, il serait possible de déterminer un tel indice de productivité sous la forme d'un rapport entre fonctions de distance de production. En voici un

exemple : $\frac{D_o^t(Q^t, X^t)}{D_o^{t-1}(Q^{t-1}, X^{t-1})} \frac{D_o^{t-1}(Q^{t-1}, X^{t-1})}{D_o^t(Q^{t-1}, X^{t-1})}$. Le premier terme de cette expression représente les

variations d'efficience entre les deux périodes, et le second l'évolution technique (pour un ensemble donné de facteurs et de productions, quelle est la production maximale réalisable au cours de la période t par rapport à la période $t-1$?). Parmi les autres combinaisons envisageables, on peut mesurer l'évolution technique en prenant comme référence la période t , au lieu de $t-1$.

167. Il est tout aussi admissible de définir des mesures de productivité à partir de fonctions de distance des facteurs de production. En l'absence de restriction supplémentaire concernant la technologie, il n'est toutefois pas certain que les mesures de productivité fondées sur les facteurs débouchent sur les mêmes résultats que celles fondées sur la production. L'équivalence entre ces deux méthodes n'est assurée qu'en présence de rendements d'échelle constants de la technologie de production. Ici se trouve une bonne part de l'attrait de cette hypothèse simplificatrice.

65. Balk (1998).

66. Caves *et al.* (1982).

168. Même en supposant que les rendements d'échelle sont constants, il reste à savoir comment mettre en œuvre en pratique la mesure de la productivité selon Malmquist exprimée comme fonction des distances. Comme nous l'avons vu plus haut, il faut essentiellement choisir entre deux possibilités. D'une part, si le chercheur dispose de suffisamment d'observations, il peut recourir aux techniques économétriques ou de programmation linéaire pour estimer les domaines sous-jacents de la production. D'autre part, on peut accepter la thèse d'un comportement efficient de la part des producteurs, ainsi qu'une forme fonctionnelle translogarithmique (ou toute autre forme quadratique générale) pour les fonctions de distance. A rendements d'échelle constants, l'indice de productivité de Malmquist se révèle alors identique à ceux de Törnqvist ou de Fisher.

169. Cela ramène l'approche générale de Malmquist au niveau des indices opérationnels de Fisher et Törnqvist. Cela montre également qu'en présence des hypothèses simplificatrices adoptées dans l'ensemble de ce manuel (rendements d'échelle constants et comportement efficient des producteurs, en particulier), les différentes approches visant à mesurer la productivité convergent. Cependant, cela renvoie également aux méthodes envisageables lorsque ces hypothèses ne sont pas jugées réalistes, comme dans le cas des activités non marchandes. Les méthodes en question sont bien établies, mais nécessitent généralement le recours à davantage d'observations empiriques.

8. AGRÉGER LA CROISSANCE DE LA PRODUCTIVITÉ DES BRANCHES D'ACTIVITÉ

Aperçu : Agrégation des mesures de productivité

Des branches d'activité à l'ensemble de l'économie

La relation entre les mesures de productivité à l'échelon d'une branche et à celui de l'ensemble de l'économie intéresse beaucoup les analystes et les autorités, car elle établit un lien entre les niveaux micro et macro-économiques et contribue à répondre aux questions sur l'apport de chaque branche à la croissance globale de la productivité, par exemple.

☛ Pour plus de précisions sur l'agrégation et l'intégration, se reporter à la section 8.1.

En présence de facteurs intermédiaires, l'agrégation ...

Pour obtenir un tableau d'ensemble, il serait possible de calculer de simples moyennes pondérées de la croissance de la productivité au niveau des branches, mais une telle agrégation ne rend pas forcément compte des liens qui peuvent exister entre les branches. Ces dernières sont en particulier connectées par les flux de produits intermédiaires. Procéder à des mesures de la productivité à des niveaux d'agrégation supérieurs suppose souvent *d'intégrer* chaque branche dans des unités de plus en plus grandes. Dans le processus d'intégration, les ventes intra-industrielles sont ramenées à une base nette afin d'obtenir des mesures de productivité cohérentes à un niveau supérieur. Ce concept de production et de facteurs de production sectoriels traite chaque niveau d'agrégation comme s'il s'agissait d'une seule unité de production, avec sa technologie et son schéma de productivité propres. Au niveau de l'ensemble de l'économie, la production sectorielle coïncide avec la demande finale, et un lien cohérent est instauré entre les observations de la croissance de la productivité au niveau des branches et au niveau de l'ensemble de l'économie.

...conduit à utiliser les « pondérations de Domar »

On peut calculer la somme des taux de croissance des mesures de la PMF KLEMS au niveau des branches pour obtenir leurs équivalents agrégés. Les pondérations de sommation s'obtiennent par le rapport de la production brute de chaque branche sur la valeur ajoutée de l'ensemble de l'économie. Le total de ces pondérations est supérieur à 1, ce qui signifie que les gains de productivité de l'économie intégrée dépassent la moyenne des gains de productivité des branches. En effet, les flux de facteurs intermédiaires entre les branches contribuent à agréger la productivité en permettant aux gains de productivité des différentes branches de se renforcer mutuellement.

☛ Pour plus de précisions sur les pondérations de Domar, se reporter à la section 8.2.

☛ Pour plus de précisions sur la PMF capital-travail, se reporter à la section 8.3.

☛ Pour un exposé plus technique, se reporter à l'annexe 5.

8.1. Intégration, agrégation et facteurs intermédiaires

170. L'agrégation consiste à former des totaux cohérents à partir de plusieurs éléments. Dans le contexte de la mesure de la productivité, l'agrégation concerne la relation entre les mesures de productivité au niveau d'une branche (ou d'une entreprise) et leurs équivalents au niveau macro-économique. Une agrégation cohérente est par exemple nécessaire pour répondre aux questions sur la contribution de chaque branche à la croissance de la productivité globale. A cet égard, une question importante se pose : faut-il ou non tenir compte, dans ce processus d'agrégation, des relations montantes et descendantes qui existent entre les branches⁶⁷ ? Si oui, l'agrégation s'accompagne d'une *intégration*. L'intégration est le processus par lequel plusieurs branches ou unités sont combinées afin de former une nouvelle branche ou une nouvelle unité dont la production est uniquement composée des ventes en dehors de la nouvelle unité, et dont les facteurs de production n'englobent que les facteurs provenant de l'extérieur de cette unité. Les flux intra-industriels sont donc ramenés à leur base nette, et le nouvel agrégat est traité comme une seule unité intégrée. Si l'on se contente d'additionner simplement les facteurs de production et la production de chaque branche sans déduire les flux intra-industriels, l'agrégation ne fait pas appel à l'intégration.

171. A titre d'exemple, supposons l'existence de deux entreprises dont l'une, l'entreprise A (qui fabrique du cuir) ne produit que des facteurs intermédiaires pour l'entreprise B (qui fabrique des chaussures). De son côté, l'entreprise B ne fabrique que des produits finis. Une simple agrégation des flux de produits et de facteurs reste possible, mais ne constitue pas le bon moyen de mesurer la production et les facteurs de production de la branche de la chaussure et du cuir *dans son ensemble*. En effet, les produits et les facteurs seront comptabilisés deux fois, en raison des flux intermédiaires entre le producteur de cuir et le fabricant de chaussures. Dans le processus d'intégration, ces flux sont ramenés à leur base nette. Ainsi, la production de la branche intégrée du cuir et de la chaussure ne comprend que les chaussures produites, et les facteurs intermédiaires intégrés se limitent aux achats de la branche du cuir et aux achats de la branche de la chaussure, cuir non compris⁶⁸.

67. Certains chercheurs, comme Durand (1996), insistent sur cette distinction entre « intégration » et « agrégation ». La première consiste à combiner des unités distinctes pour former une unité plus grande, ou une seule activité, tandis que la deuxième a pour but de calculer des moyennes pondérées de chaque unité, sans toutefois les modifier. Par conséquent, l'agrégation ne suppose pas forcément l'intégration. Ainsi, les mesures de productivité agrégée pourraient revêtir la forme d'une simple moyenne pondérée des mesures de productivité au niveau des branches. Si cette méthode implique une double comptabilisation, elle a un sens sur le plan analytique. Alternativement, l'intégration peut intervenir avec l'agrégation, ce qui suppose que les sous-éléments sont consolidés dans une nouvelle unité agrégée unique. Telle est la méthode appliquée dans le présent manuel.

68. Il convient de noter ici une autre question soulevée par l'agrégation : étant donné des indices de prix ou de quantité des facteurs et de la production pour chaque établissement ou chaque entreprise, dans quelles conditions est-il possible de les combiner de façon à pouvoir traiter les observations valables pour tout une branche comme si elles provenaient d'une seule unité ? La réponse est loin d'être évidente. Par exemple, Fisher et Shell (1998) remarquent « qu'une branche dans son ensemble devra habituellement faire face à une courbe ascendante de la demande des facteurs de production, tandis qu'isolément, l'entreprise n'en tiendra aucun compte au moment de prendre ses décisions. [...] Il s'ensuit que [un] indice théorique des prix à la production au niveau de la branche ne peut pas être élaboré à partir des indices construits au niveau des entreprises. » Ce problème ne se présente pas lorsque la branche prise dans son ensemble est un acheteur ou un fournisseur de petite taille. Une telle hypothèse est réaliste à un niveau d'agrégation très bas, et/ou lorsque les branches sont entièrement ouvertes à la concurrence internationale. Cette hypothèse est posée tout au long de ce manuel.

172. Cette intégration aboutit directement à la notion de *production sectorielle* introduite au Chapitre 3. La production sectorielle a été définie comme la production brute d'une branche, nette de toutes les ventes intra-industrielles. De même, les facteurs de production sectoriels ont été définis comme les facteurs intermédiaires d'une branche, nets de tous les achats réalisés à l'intérieur de cette branche. Si nous revenons à notre exemple, l'intégration a abouti à des mesures de la production et des facteurs de production sectoriels de la branche intégrée de la chaussure et du cuir. Il est possible de poursuivre l'intégration avec d'autres branches, ce qui suppose, là aussi, de déduire les facteurs intermédiaires entre les branches ainsi fusionnées. Ce processus peut se poursuivre jusqu'à parvenir au niveau de l'ensemble de l'économie. Dans le cas d'une économie fermée, la production sectorielle au niveau le plus agrégé est égale au total de la valeur ajoutée, et les facteurs de production sectoriels sont égaux au total des facteurs primaires, car tous les flux intermédiaires deviennent des flux intra-industriels et disparaissent des calculs.

8.2. Les pondérations de Domar : agrégation des mesures KLEMS

173. Le processus d'agrégation verticale a des conséquences importantes pour la mesure de la productivité. Supposons que la croissance de la PMF du fabricant de chaussures comme celle du producteur de cuir soit de 1 %. La simple moyenne pondérée de la croissance de la PMF des deux sera égale à 1 %. Cependant, la croissance de la productivité de la branche intégrée de la chaussure et du cuir sera supérieure à 1 %, car les gains de productivité du fabricant de chaussures se cumulent à ceux du producteur de cuir, le premier achetant des facteurs intermédiaires au second.

174. Le lien entre les mesures de productivité au niveau agrégé et au niveau sectoriel a été étudié par Domar (1961), puis développé par Hulten (1978). Domar a montré que les variations de la PMF de l'ensemble de l'économie pouvaient être exprimées comme la somme pondérée de la croissance de la PMF des branches, où les pondérations correspondent au rapport de la production brute de chaque sous-branche sur sa valeur ajoutée (pour une explication plus précise, voir l'annexe 6 : Agréger production, facteurs et productivité). Ce rapport est toujours supérieur ou égal à un, ce qui implique qu'en présence de facteurs intermédiaires, la croissance de la productivité agrégée dépassera la moyenne pondérée de la croissance des branches qui la composent. Cela revient à affirmer que les « pondérations de Domar » reflètent les effets combinés de la croissance de la productivité au sein de chaque branche ainsi que les effets induits sur les branches situées en aval, qui bénéficient de facteurs intermédiaires produits de manière plus efficiente⁶⁹.

175. Pour démontrer certaines des étapes de cette agrégation, prenons un exemple chiffré, avec les données de base présentées au tableau 23. Dans cet exemple, il y a deux branches, et, à des fins de simplicité, chaque branche produit strictement une seule marchandise. L'économie est fermée, et les flux intra-industriels sont ramenés en base nette, mais il existe des ventes interindustrielles de produits intermédiaires. Par exemple, à la période t_0 , la branche 1 fournit des facteurs de production d'une valeur de 10 à la branche 2. La valeur ajoutée à prix courants est la différence entre la production brute et les achats de facteurs intermédiaires. Elle se monte à 13 unités monétaires dans la branche 1 et sur la période de base. Outre les flux d'entrées-sorties à prix courants, il existe une série de déflateurs pour la production de la chaque branche et pour les services du capital et du travail, qui constituent des facteurs primaires. Avec les informations contenues au tableau 23, il est possible d'obtenir des

69. Dans ce sens, Hulten (1978) fait une distinction entre les variations de la productivité qui trouvent leur *origine dans* une branche et l'*impact* de cette variation de la productivité *sur* la branche. De même, dans le cadre de Durand (1996), les pondérations de Domar combinent les effets de l'agrégation (selon la définition étroite) et de l'intégration verticale.

mesures de productivité en termes de production brute de chaque branche ainsi que les pondérations de Domar pour agréger les indices de PMF au niveau des branches.

Tableau 23. **Un exemple chiffré : les données de base pour les branches considérées individuellement**

to	Branche (marchandise)		Demande finale	Production brute	Indice des prix
	1	2			
Branche (marchandise)	1	2			
1	0	10	5	15	1.00
2	2	0	14	16	1.00
Valeur ajoutée, dont :	13	6	19		
Revenu du travail	10	4			1.00
Revenu du capital	3	2			1.00
Production brute	15	16		31	

t1	Branche (marchandise)		Demande finale	Production brute	Indice des prix
	1	2			
Branche (marchandise)	1	2			
1	0	11	4	15	1.01
2	3	0	12	15	0.98
Valeur ajoutée, dont :	12	4	16		
Revenu du travail	10	3			1.02
Revenu du capital	2	1			1.03
Production brute	15	15		30	

176. Mais, avant de procéder ainsi, regardons le tableau 24. Il présente lui aussi les flux d'entrées-sorties de l'économie stylisée, mais après intégration verticale des deux branches. L'économie dans son ensemble est alors traitée comme une seule unité. Conformément au concept de production sectorielle, les flux de marchandises entre la branche 1 et la branche 2 sont déduits, car ils constituent désormais des ventes intra-industrielles. Par conséquent, la valeur de la production brute dans l'économie intégrée est inférieure à la somme de la production brute des deux branches dans l'économie décentralisée, même si la valeur ajoutée et le revenu total restent inchangés. Il est maintenant possible d'obtenir des mesures de la croissance de la PMF pour les branches intégrées (deuxième colonne du tableau 25). On peut alors démontrer que ce résultat coïncide avec la mesure agrégée reposant sur l'application des pondérations de Domar aux indices de PMF de chaque branche.

Tableau 24. **Exemple chiffré (suite) : données de base pour les branches intégrées**

t ₀	Branche (marchandise)			Demande finale	Production brute	Indice des prix
	1	2	1&2			
Branche (marchandise)	1	2	1&2			
1	0	0		5	5	1.00
2	0	0		14	14	1.00
Valeur ajoutée, dont			19	19		
Revenu du travail			14			1.00
Revenu du capital			5			1.00
Production brute			19		19	

t ₁	Branche (marchandise)			Demande finale	Production brute	Indice des prix
	1	2	1&2			
Branche (marchandise)	1	2	1&2			
1	0	0		4	4	1.01
2	0	0		12	12	0.98
Valeur ajoutée, dont			16	16		
Revenu du travail			13			1.02
Revenu du capital			3			1.03
Production brute			16		16	

177. Considérons maintenant le calcul des mesures de la PMF en production brute pour chaque branche, telle qu'indiquée à la première colonne du tableau 25. Plusieurs étapes sont nécessaires :

- Premièrement, à partir des indices de prix disponibles et des variations des valeurs à prix courants des flux de marchandises, on obtient des indices de quantité implicites pour la production brute des deux branches et pour les facteurs intermédiaires de chaque branche. Ainsi, les achats de facteurs intermédiaires de la branche 1 à la branche 2 peuvent être décrits par un indice de quantité, obtenu par une division de la variation de la valeur des achats par l'indice des prix pour la marchandise 2 : $(3/2)/0.98 = 1.531$. Les calculs des indices de quantité pour les facteurs travail et capital suivent une méthode analogue. Étant donné la part respective du travail et du capital dans la valeur ajoutée à prix courants, il est possible de former un indice de quantité de Törnqvist pour les facteurs primaires. Dans l'exemple, les quantités de travail et de capital ont reculé dans la branche 2 ; la moyenne géométrique pondérée, l'indice de Törnqvist pour les facteurs primaires, est tombée à 0.651.
- Deuxièmement, diviser l'indice de quantité de la production brute par la moyenne géométrique pondérée des facteurs de production primaires et intermédiaires permet de connaître la mesure de la PMF KLEMS pour chaque branche : dans notre exemple chiffré, la croissance de la productivité augmente de 0.4 % dans la branche 1 et de 3.6 % dans la branche 2.
- Troisièmement, les pondérations de Domar sont calculées sur la base du rapport entre la production brute de chaque branche et la valeur ajoutée sur l'ensemble de l'économie. La somme des pondérations est supérieure à un ($0.86 + 0.89 = 1.75$), et lorsqu'on les applique à l'indice de PMF de chaque branche, l'indice agrégé de la productivité varie de 1.036, soit une progression de 3.6 % de la PMF à l'échelle de l'économie. Ce résultat peut être comparé au calcul de la PMF pour la branche intégrée, effectué directement dans la colonne de droite du tableau 25. La branche intégrée donne une production composite, et on peut élaborer un indice de quantité pour cette production à l'aide des parts à prix courants des ventes aux consommateurs finals. Comme dans le cas des branches prises individuellement, il est possible de calculer un indice des facteurs primaires agrégés sur la base des parts de valeur ajoutée revenant respectivement au travail et au capital. Pour la branche intégrée, il n'existe pas de facteurs intermédiaires agrégés. Comme on peut s'y attendre, et conformément à la démonstration plus formelle de l'annexe 6, la productivité agrégée de la branche augmente au rythme de 3.6 % – c'est-à-dire au même rythme que celui obtenu en appliquant les pondérations de Domar aux PMF au niveau des branches.

178. Il existe une autre manière de traiter les facteurs intermédiaires, qui consiste à fonder les mesures de productivité sur un concept de valeur ajoutée. Cette approche est analysée à la section 3.1. La croissance de la productivité en valeur ajoutée se calcule comme la différence entre le taux de croissance de la valeur ajoutée déflatée et le taux de croissance des facteurs primaires. Nous avons également vu que, même si elle ne constitue pas une mesure précise de l'évolution technique incorporelle, la productivité en valeur ajoutée pourrait être interprétée comme la capacité d'une branche à contribuer à la productivité de l'économie dans son ensemble et à la demande finale. Cette caractéristique apparaît assez clairement dans le processus d'agrégation. La somme de la valeur ajoutée à prix courants au niveau des branches forme la valeur ajoutée agrégée, et cette agrégation n'est pas affectée par les facteurs intermédiaires. Il est donc facile d'agréger la croissance de la productivité au niveau des branches, pour obtenir une mesure valable pour l'ensemble de l'économie. Les pondérations utilisées pour l'agrégation sont simplement la part de chaque branche, à prix

courants, dans la valeur ajoutée totale, et, contrairement aux pondérations de Domar, la somme de ces pondérations est égale à un. On admet cependant que les composantes de cette croissance moyenne pondérée de la productivité en valeur ajoutée par branche, ne constituent pas en général une représentation valide de l'évolution technique incorporée dans chaque branche.

Table 25. **Exemple chiffré (suite) : calculs de la PMF**

Les indices correspondent à l'année de base $t_0=1$

Branche par branche	<i>Production</i>		Branches 1 et 2 intégrées	
	Branche (marchandise)			
	1	2		
			Part dans la demande finale (moyenne sur 2 périodes)	
Indice indirect de quantité de la production brute	0.990	0.957	Marchandise 1	0.26
Indice indirect de quantité des facteurs intermédiaires	1.531	1.089	Marchandise 2	0.74
			Indices indirects de quantité	
			Marchandise 1	0.792
			Marchandise 2	0.875
			Indice de quantité de Törnqvist de la demande finale	0.853
			Indice indirect de quantité des facteurs primaires	
Travail	0.980	0.735	Travail	0.910
Capital	0.647	0.485	Capital	0.583
Indice de quantité de Törnqvist des facteurs primaires	0.903	0.651	Indice de quantité de Törnqvist des facteurs primaires	0.823
			Part dans la valeur ajoutée à prix courants (moyenne sur 2 périodes)	
Travail	0.80	0.71	Travail	0.77
Capital	0.20	0.29	Capital	0.23
			Part dans la production brute à prix courants (moyenne sur 2 périodes)	
Valeur ajoutée	0.83	0.32	Valeur ajoutée	1.00
Facteurs intermédiaires	0.17	0.68	Facteurs intermédiaires	0.00
			Indice de PMF de Törnqvist	
Par branche, en terme de production brute	1.004	1.036		
Fondé sur les pondérations de Domar	0.86	0.89		
Économie agrégée		1.036	Branches intégrées 1 et 2	1.036

8.3. Moyennes pondérées : agrégation de la productivité en termes de valeur ajoutée

179. Les calculs de la PMF en valeur ajoutée sont effectués au tableau 26. Conformément à la description donnée à la section 3.1.2, la première étape consiste à élaborer un déflateur de la valeur ajoutée. On soustrait pour ce faire une variation des prix des facteurs intermédiaires d'une variation des prix de la production brute, la première étant pondérée par l'inverse de la part de la valeur ajoutée dans la production brute, et la deuxième par le rapport des facteurs intermédiaires sur la valeur ajoutée [voir équation (5)]. Dans notre exemple, l'indice de la valeur ajoutée à prix courants revêt une valeur de 1.016 dans la branche 1 et de 0.917 dans la branche 2. La division de l'indice de la valeur ajoutée à prix courants par son indice des prix permet d'obtenir l'indice (de quantité) déflaté de la valeur ajoutée. Une nouvelle division par l'indice de quantité des facteurs primaires donne l'indice de productivité en valeur ajoutée (1.006 et 1.116 dans les branches 1 et 2, respectivement).

180. Nous avons montré plus tôt qu'il existe un lien direct entre la croissance de la PMF en valeur ajoutée d'une branche et la croissance de sa PMF en production brute. Plus précisément, la première diffère de la deuxième d'un facteur égal au rapport de la production brute d'une branche sur sa valeur ajoutée. Dans l'exemple chiffré ci-dessus, ces rapports sont de 0.83 et 0.32 dans les deux branches. Il est alors possible d'obtenir directement la croissance de la PMF en production brute à partir de la croissance de la PMF en valeur ajoutée en multipliant $100 \cdot \ln(1.006) \cdot 0.833 = 0.52 \%$. De même, la croissance de la PMF en production brute dans la branche 2 s'obtient selon la formule suivante : $100 \cdot \ln(1.116) \cdot 0.32 = 3.5 \%$. Ces taux de croissance sont très proches des mesures de la PMF en production brute calculées dans le tableau 26 (dernier panneau). Les différences découlent uniquement du fait que l'approximation empirique de l'indice de Divisia continu par un indice de Törnqvist discret n'est pas tout à fait complète.

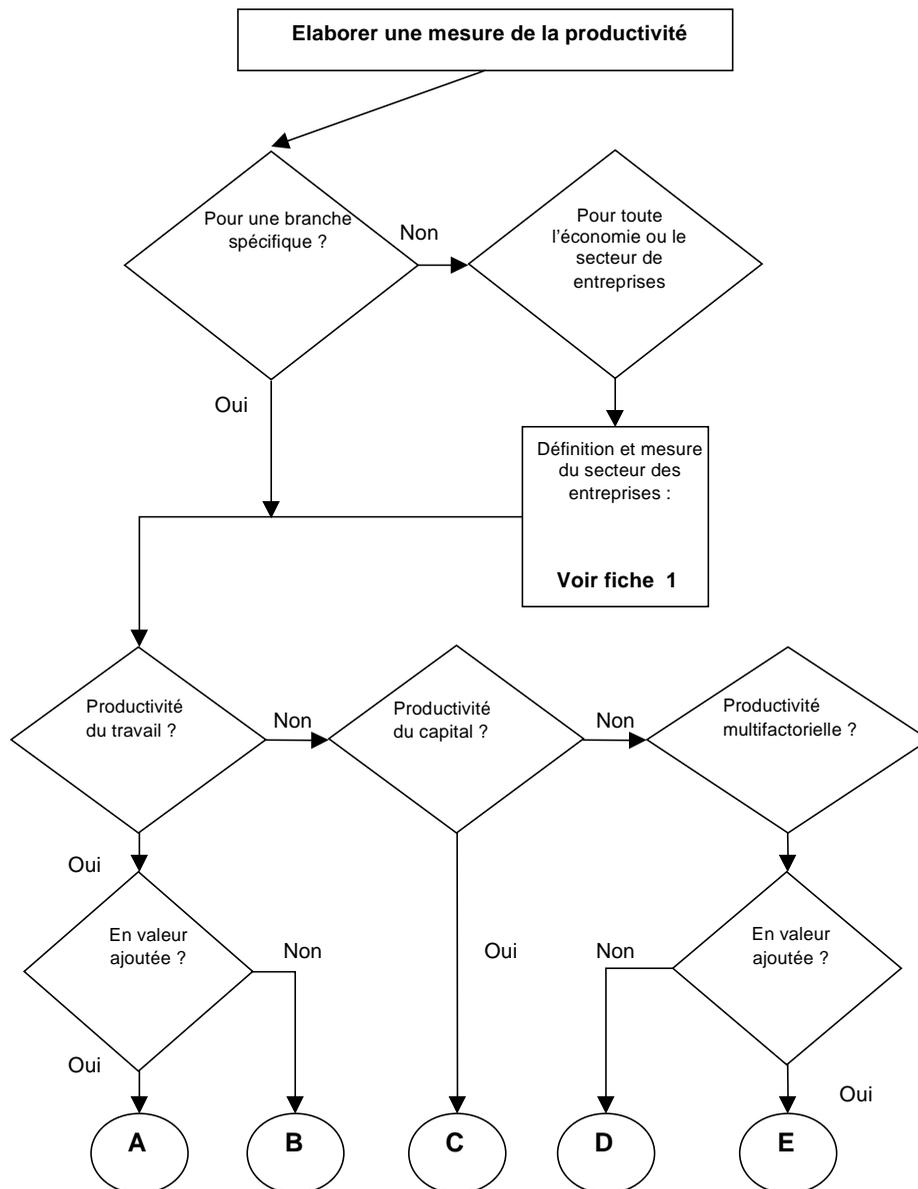
Tableau 26. Exemple chiffré (suite) : PMF en termes de valeur ajoutée

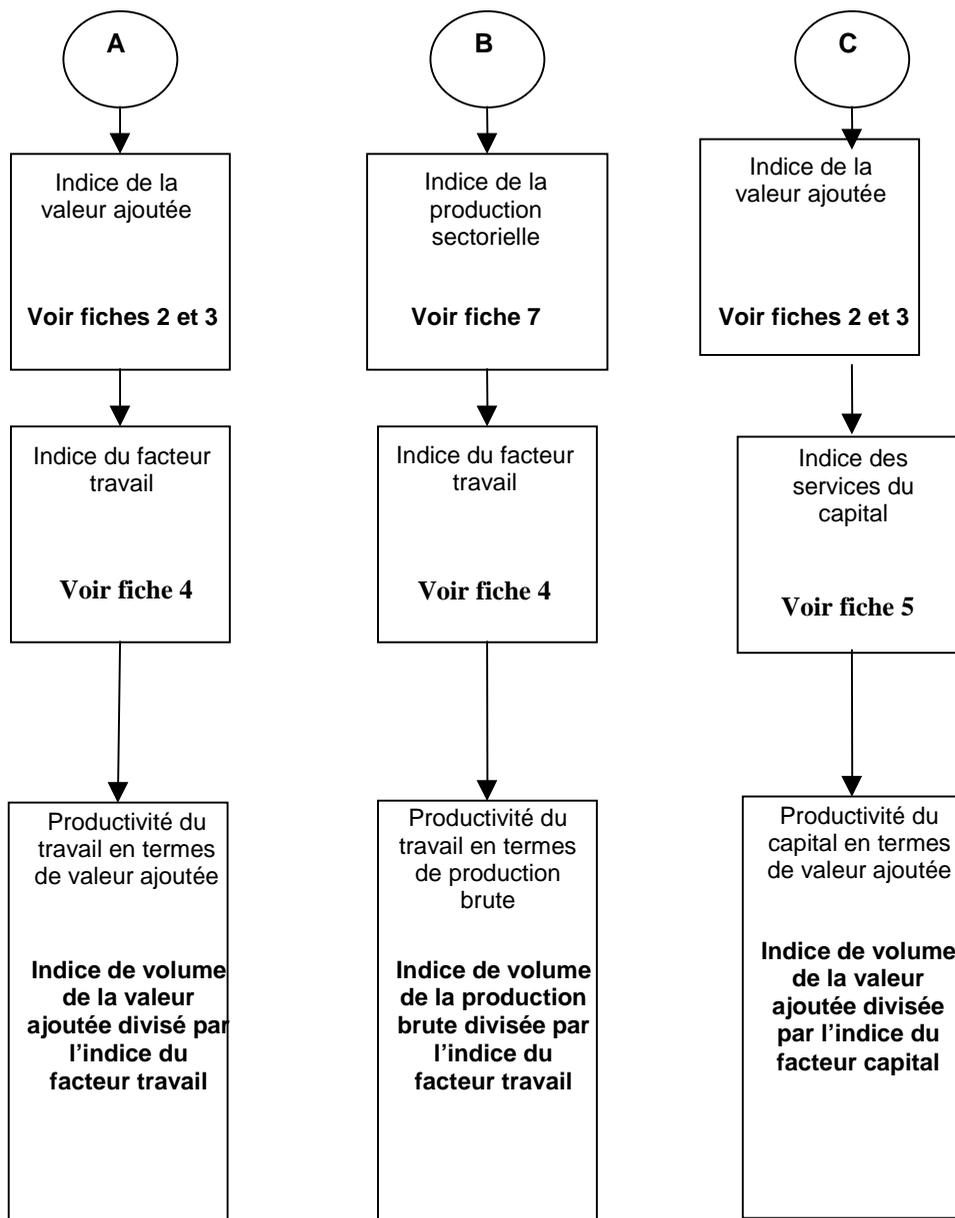
Les indices se rapportent à l'année de base t_0

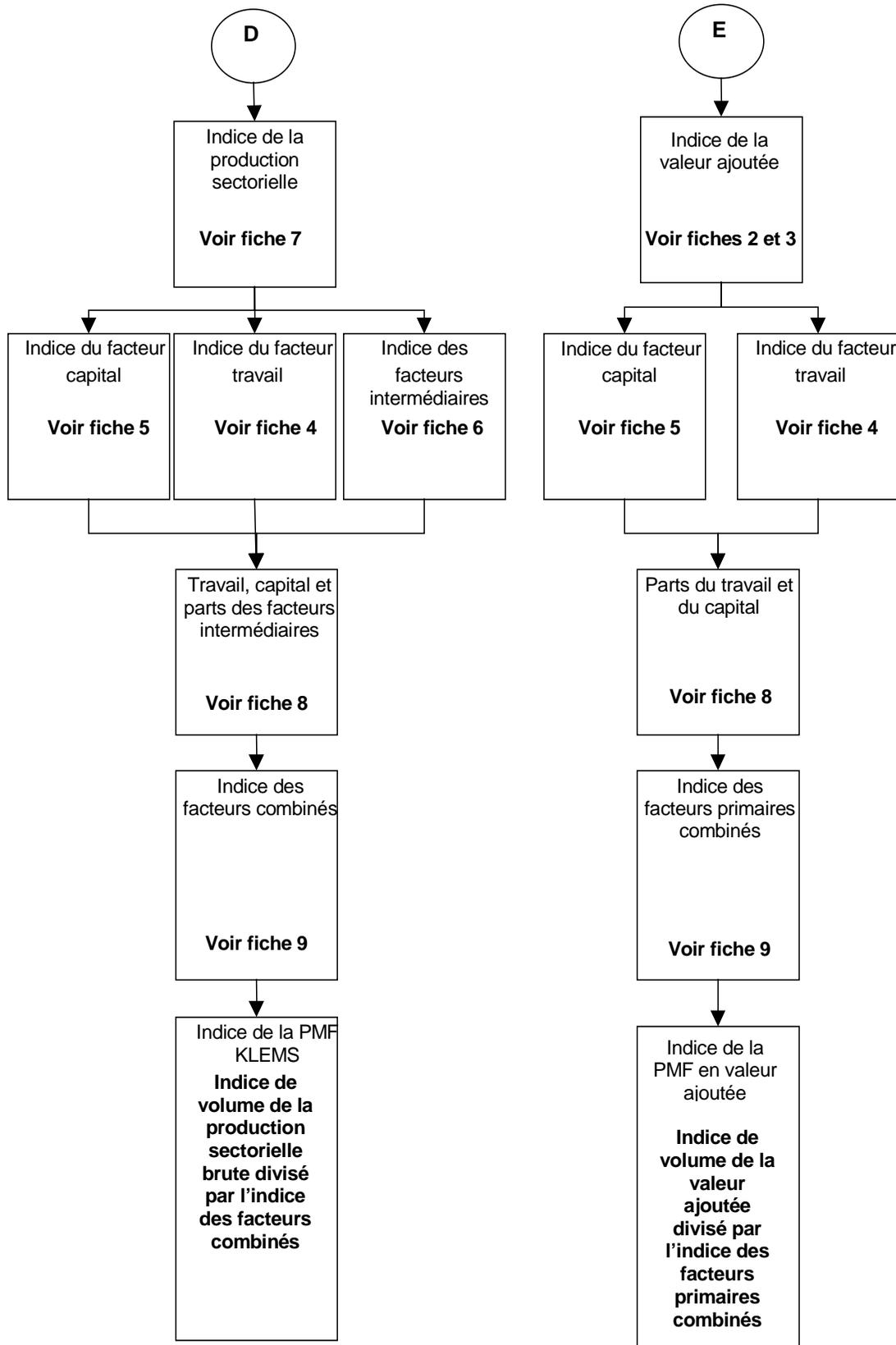
	Secteur	
	1	2
Indice de prix de la production brute	1.010	0.980
Indice de prix des facteurs intermédiaires	0.980	1.010
Part de la valeur ajoutée dans la production brute		
t_0	0.87	0.38
t_1	0.80	0.27
Moyenne sur 2 périodes	0.83	0.32
Indice de prix de Törnqvist de la valeur ajoutée	1.016	0.917
Indice de valeur de la valeur ajoutée	0.923	0.667
Indice de Törnqvist de la valeur déflatée	0.908	0.727
Indice de quantité de Törnqvist des facteurs primaires	0.903	0.651
Indice de productivité de Törnqvist en valeur ajoutée	1.006	1.116
Indice de productivité de Törnqvist en valeur ajoutée : taux de variation	0.6 %	11.0 %
Indice de PMF de Törnqvist en production brute	1.005	1.036
Indice de PMF de Törnqvist en production brute : taux de variation	0.52 %	3.53 %

9. GUIDE DE MISE EN ŒUVRE

181. Les paragraphes qui suivent donnent quelques conseils pour la mise en œuvre des mesures de productivité les plus fréquemment utilisées. La présentation fait suite à un organigramme, avec des explications plus détaillées sous forme de fiches pratiques.







Fiche pratique n°1 : Définitions du secteur des entreprises

Données	Méthode
<p>Cas n°1 :</p> <p>Définition d'après les activités</p>	<p>Le secteur des entreprises ne se définit pas de façon uniforme à travers le monde. Cependant, les mesures de productivité sont souvent calculées pour cet agrégat, étant donné que celui-ci reflète les activités productives dans un environnement de marché où des conditions de concurrence sont davantage susceptibles de régner que dans d'autres pans de l'économie.</p> <p>On peut tout d'abord définir le secteur des entreprises d'après ses activités. Compte tenu des observations portant sur les facteurs de production et produits par branche (c'est-à-dire dans le cadre d'une nomenclature par activités, telle que la CITI ou le NAICS), on pourrait définir ce secteur comme l'ensemble des branches d'activité à l'exception de l'administration publique, de la défense, de la sécurité sociale obligatoire (CITI, révision 3, catégorie L) et des ménages privés (CITI, révision 3, catégorie P). En fonction du pays concerné, d'autres activités de services, comme l'éducation (catégorie M), la santé (catégorie N) et les autres activités de services collectifs, sociaux et personnels (catégorie O), pourraient également en être exclues, en partie ou en totalité. Nombre d'études consacrées à la productivité considèrent que les logements occupés par leur propriétaire (rattachés à la branche immobilier) ne font pas non plus partie du secteur des entreprises.</p> <p><i>Commentaire : Même si les producteurs marchands prédominent dans les activités de services telles que la santé et l'éducation, la mesure de la production en volume de ces activités pose fréquemment des problèmes significatifs, ce qui peut ôter toute fiabilité ou pertinence aux indicateurs de productivité. C'est pourquoi l'exclusion des catégories M, N, O et P de la définition du secteur des entreprises est une solution pragmatique. Cette méthode facilite en outre les comparaisons internationales, qui, sinon, se heurtent aux différences entre dispositifs institutionnels observées dans des activités telles que la santé et l'éducation. Bien évidemment, s'il est possible d'établir une distinction entre les établissements qui sont des producteurs marchands et les autres, la meilleure solution pour analyser la productivité consisterait à regrouper les premiers d'après leurs activités.</i></p>
<p>Cas n°2 :</p> <p>Définition institutionnelle</p>	<p>Un autre moyen de définir le secteur des entreprises est de raisonner par secteurs institutionnels et unités institutionnelles. Dans ce contexte, on pourrait adopter la définition donnée dans le SCN93 et mesurer le secteur des entreprises comme l'ensemble des sociétés financières et non financières, y compris les quasi-sociétés au sens du SCN93. Une évaluation descendante de ce secteur consisterait alors à prendre l'ensemble de l'économie hormis les administrations publiques, les ménages et les organisations à but non lucratif opérant ou non dans le secteur des entreprises.</p> <p><i>Commentaire : Cette définition institutionnelle du secteur des entreprises est proche de celle utilisée par le Bureau of Labor Statistics (États-Unis). Elle présente l'avantage de mieux cibler les producteurs marchands qu'une approche par activité. Par contre, elle ne fournit aucun lien direct avec les mesures de la productivité des industries par branches qui procèdent, elles, par activité.</i></p>

Fiche pratique n°2 : Mesurer la valeur ajoutée agrégée à prix constants

Données	Méthode
<p>Cas n°1 :</p> <p>Des données par branches d'activité sont disponibles à prix courants et constants</p>	<p>La valeur ajoutée agrégée (par exemple, du secteur des entreprises) à prix constants doit être calculée de manière ascendante (reflétant le plus faible niveau d'agrégation pour lequel des données sont disponibles) et reposer sur un indice superlatif. A cet égard, l'indice de Törnqvist constitue une formule de calcul correcte et simple. Étapes nécessaires :</p> <p>a) Calcul des indices annuels de la valeur ajoutée à prix constants ($\frac{VA_t^j}{VA_{t-1}^j}$) pour chaque branche j (fiche pratique n°3).</p> <p>Commentaire : La valeur ajoutée par branches d'activité à prix constants s'appuie souvent sur des indices qui ne sont pas superlatifs, en particulier la formule de Laspeyres. Dans de nombreux cas, le biais implicite devra être accepté par les utilisateurs des statistiques de comptes nationaux.</p> <p>b) Calcul des séries annuelles des parts à prix courants de chaque branche (s_t^j) dans la valeur ajoutée totale : $s_t^j = \frac{P_{VA,t}^j VA_t^j}{\sum_j P_{VA,t}^j VA_t^j}$</p> <p>c) Calcul des indices annuels de Törnqvist de la valeur ajoutée à prix constants pour l'agrégat (secteur des entreprises) souhaité : $\frac{VA_t^B}{VA_{t-1}^B} = \prod_j \left(\frac{VA_t^j}{VA_{t-1}^j} \right)^{\frac{1}{2}(s_t^j + s_{t-1}^j)}$</p> <p>Commentaire : L'indice de la valeur ajoutée à prix constants du secteur des entreprises que l'on obtient ainsi peut différer de l'indice « officiel », directement extrait des comptes nationaux, si ce dernier repose sur une formule de calcul d'indice différente, telle que celle de Laspeyres. Lorsque les comptes nationaux se fondent sur un indice superlatif (comme l'indice de Fisher pour les États-Unis), l'agrégation de Törnqvist sera proche de l'indice officiel.</p>
<p>Cas n°2 :</p> <p>Données par branches d'activité non disponibles</p>	<p>La valeur ajoutée à prix constants du secteur des entreprises est directement extraite des comptes nationaux, par une approche descendante.</p> <p>Commentaire : Bien que simple et, par définition, compatible avec les données officielles, cette procédure peut entraîner un biais de substitution si les comptes reposent sur des indices de quantité de Laspeyres à pondération fixe.</p>

Fiche pratique n°3 : Mesurer la valeur ajoutée à prix constants par branche

Données	Méthode
<p>Cas n°1 :</p> <p>Des indices de prix et observations relatives aux prix courants concernant la production brute et les facteurs intermédiaires sont disponibles pour les différentes branches</p>	<p>Méthode privilégiée : calcul d'une série de volume pour la valeur ajoutée reposant sur un indice superlatif. Étapes nécessaires :</p> <p>a) Calcul des indices de prix de la production brute et des facteurs intermédiaires, pour chaque branche. Les indices de prix des facteurs intermédiaires sont des moyennes pondérées des indices des prix des produits intermédiaires utilisés par une branche donnée, avec comme pondérations, les parts des coûts à prix courants des facteurs intermédiaires. Dans le cas d'un indice de Törnqvist, les pondérations sont géométriques et une moyenne est établie entre les périodes de comparaison. De même, un indice de prix de la production brute doit être calculé comme moyenne pondérée des indices de prix des différents produits d'une branche. Dans le cas de l'indice de Törnqvist, les pondérations géométriques représentent la part à prix courants de chaque produit dans la production totale, avec une moyenne établie entre les périodes de comparaison.</p> <p>b) Calcul des indices indirects de volume de la production brute ($\frac{Q_t^j}{Q_{t-1}^j}$) et des facteurs intermédiaires ($\frac{M_t^j}{M_{t-1}^j}$) pour chaque branche j, en divisant l'indice à prix courants de la production brute et l'indice à prix courants des facteurs intermédiaires par leurs indices de prix respectifs.</p> <p>c) Calcul des séries annuelles des parts à prix courants de la valeur ajoutée de la production brute, pour chaque branche ($s_{VA,t}^j$): $s_{VA,t}^j = \frac{P_t^j Q_t^j - P_{M,t}^j M_t^j}{P_t^j Q_t^j} .$</p> <p>Dans cette équation, $P_t^j Q_t^j$ désigne la valeur à prix courants de la production brute de la branche j et $P_{M,t}^j M_t^j$ la valeur à prix courants de tous les facteurs intermédiaires, locaux et importés. La part des facteurs intermédiaires dans la production brute est exprimée par l'équation $s_{M,t}^j = I - s_{VA,t}^j$.</p>

Fiche pratique n°3 (suite) : Mesurer la valeur ajoutée à prix constants par branche

d) Calcul des indices de volume de Törnqvist de la valeur ajoutée, pour la branche j :

$$\frac{VA_t^j}{VA_{t-1}^j} = \left(\frac{Q_t^j}{Q_{t-1}^j} \cdot \left(\frac{M_t^j}{M_{t-1}^j} \right)^{-\frac{1}{2}(s_{M,t}^j + s_{M,t-1}^j)} \right)^{\frac{1}{2}(s_{VA,t}^j + s_{VA,t-1}^j)}$$

Commentaire : L'indice de volume de la valeur ajoutée ainsi obtenu constitue la version de Törnqvist de la double déflation. Il diffère généralement de la double déflation définie plus étroitement avec un indice de Laspeyres. Dans ce cas, la valeur ajoutée à prix constants représente également l'écart entre l'indice à prix constants de la production brute et l'indice à prix constants des facteurs intermédiaires, mais les pondérations ne sont pas géométriques et sont exprimées aux prix de la période de référence. La formulation de Törnqvist recourt à des pondérations géométriques, exprimées à prix courants.

Cas n°2 :

Les séries de prix et de volumes des facteurs intermédiaire ne sont pas disponibles

Il arrive que les indices des prix des facteurs intermédiaires ne soient pas disponibles. Dans ce cas, les instituts statistiques estiment les séries de valeurs ajoutées à prix constants en extrapolant les estimations de la valeur ajoutée à prix courants de l'année de référence au moyen d'un indicateur de volume de la production, tel qu'un indice de la production. Cette méthode a des répercussions sur la qualité et l'interprétation des séries des valeurs ajoutées à prix constants, mais cet indice de production peut encore constituer une mesure utile de la production dans les calculs de la productivité.

Lorsque les séries des valeurs ajoutées à prix constants reposent sur une extrapolation des facteurs de production en volume (l'emploi, par exemple), elles ne peuvent pas être utilisées pour analyser la productivité.

Fiche pratique n°4 : Mesurer le facteur travail

Données	Méthode
<p>Cas n°1 :</p> <p>Des données sur les heures travaillées sont disponibles par branche</p>	<p>Les heures travaillées constituent la méthode de prédilection pour mesurer la quantité du facteur travail. Les heures travaillées par branche (L_t^j) sont mesurées en tant que produit de l'emploi et des heures moyennes travaillées ($L_t^j = E_t^j \cdot h_t^j$). Lorsque des séries temporelles de ces données existent, elles sont exprimées directement sous forme d'un indice du facteur travail pour la branche j, $\frac{L_t^j}{L_{t-1}^j} = \frac{E_t^j}{E_{t-1}^j} \Big/ \frac{h_t^j}{h_{t-1}^j}$.</p> <p>On agrège souvent les heures travaillées des branches en additionnant simplement les heures travaillées dans les différentes branches. Une meilleure méthode de construction d'un indice des heures travaillées agrégées consiste à assigner des pondérations aux indices propres à chaque branche. Ces pondérations doivent refléter la part de chaque branche dans la rémunération totale à prix courants. Dans le cas d'un indice de Törnqvist, l'équation suivante donne l'indice agrégé du facteur travail :</p> $\frac{L_t}{L_{t-1}} = \prod_j \left(\frac{L_t^j}{L_{t-1}^j} \right)^{\frac{1}{2}(s_{L,t}^j + s_{L,t-1}^j)}$ <p>Commentaires :</p> <p>a) Il est difficile d'obtenir les heures travaillées au niveau des branches d'activité et plus particulièrement pour les industries individuelles de ces branches. Dans nombre de pays, il n'existe d'informations sur les heures moyennes par salarié que pour les grands agrégats ou pour l'économie considérée dans son ensemble. Même lorsque des données au niveau des branches d'activité sont disponibles, la comparaison internationale est souvent ardue en raison des différences dans les méthodes utilisées par les pays pour déterminer les heures moyennes par personne.</p> <p>b) Le présent guide de mise en œuvre ne s'arrête pas sur la question de la différenciation du facteur travail par différentes qualités du travail, ce qui reflète des considérations pratiques, et non un jugement sur l'importance de cette question. Différencier le facteur travail par les compétences impose d'investir largement dans des données et une méthode. A cet égard, BLS (1993) constitue une référence utile et détaillée.</p>
<p>Cas n°2 :</p> <p>Seules des données sur l'emploi équivalent plein-temps sont disponibles par branche</p>	<p>L'utilisation du nombre de personnes employées en équivalence plein-temps constitue la deuxième meilleure approche de la mesure du facteur travail. L'agrégation entre branches doit suivre la méthode décrite ci-dessus : moyenne des indices équivalence plein-temps propres aux différentes branches, géométriquement pondérée par la part à prix courants de chaque branche dans la rémunération totale.</p> <p>Commentaire : Les données en termes d'emplois équivalents plein-temps sont plus fréquemment disponibles que les heures travaillées. Comme pour les heures travaillées, il peut y avoir des variations significatives, entre les pays, dans les méthodes de calcul de ces séries. Il faut donc interpréter les comparaisons internationales avec prudence.</p>
<p>Cas n°3 :</p> <p>Seules des données sur les effectifs sont disponibles</p>	<p>Les effectifs constituent la mesure la moins appropriée du facteur travail car ils ne rendent compte ni des variations dans la composition du travail à temps partiel ou à plein temps ni de l'évolution du nombre moyen d'heures travaillées par les personnes employées à plein temps.</p> <p>Commentaire : Ces lacunes peuvent biaiser les mesures du facteur travail. Cependant, en soi, la comparabilité internationale de ces mesures est susceptible d'être meilleure que celle des heures travaillées ou des emplois équivalents plein-temps.</p>

Fiche pratique n°5 : Mesurer le facteur capital

Données	Méthode
<p>Cas n°1 :</p> <p>Des données sur les services du capital sont déjà disponibles</p>	<p>Les services du capital constituent la meilleure mesure du facteur capital. En règle générale, il n'existe pas de séries chronologiques des services du capital sous forme de statistiques indépendantes de la mesure de la productivité. De telles séries doivent donc être calculées dans ce but spécifique. On trouvera un guide, détaillant chaque étape nécessaire, au chapitre 5 du présent manuel.</p> <p>Commentaires :</p> <p style="padding-left: 40px;">a) <i>Pour mesurer les services du capital de manière satisfaisante, il faut disposer de séries de l'investissement par catégorie d'actif. De plus, la précision de cette mesure s'accroît à mesure que l'actif en question est détaillé. Par conséquent, les mesures au niveau des branches d'activité des services du capital nécessitent des données sur l'investissement par branche, recoupées par catégorie d'actif. Or, ce type d'information est rarement disponible. Une première étape utile et importante consiste donc à compiler les indices des services du capital au niveau de l'ensemble de l'économie ou du secteur des entreprises.</i></p> <p style="padding-left: 40px;">b) <i>Il importe toutefois de noter qu'en ce qui concerne la mesure des services du capital, la quantité de données requise n'est guère plus abondante que celle concernant d'autres mesures du capital, telles que le stock brut et net (de richesse). Dans l'idéal, ces trois mesures du capital sont effectuées conjointement et de manière cohérente, chacune ayant une finalité spécifique.</i></p>
<p>Cas n°2 :</p> <p>Seul le stock de capital brut et/ou net est disponible</p>	<p>Les stocks de capital brut et net constituent, à l'évidence, des mesures du facteur capital moins appropriées que les séries des services du capital. Ces mesures sont communément utilisées dans les études de productivité, mais risquent de donner une indication biaisée de la contribution du capital à la croissance.</p> <p>Commentaire : <i>Sur le plan empirique, les indices des stocks de capital brut et net ont tendance à augmenter moins rapidement que les mesures des services du capital. Il en résulte une tendance à sous-estimer la contribution du capital à la croissance de la production et à surestimer l'indice de la PMF calculé de manière résiduelle.</i></p>

Fiche pratique n°6 : Mesurer les facteurs intermédiaires

Données	Méthode
<p>Cas n°1 :</p> <p>Des tableaux des emplois et les indices de prix des différents produits sont disponibles</p>	<p>La source statistique des facteurs intermédiaires est un tableau des emplois, qui spécifie les flux de produits utilisés dans différentes branches. Les données à prix constants relatives aux facteurs intermédiaires sont obtenues en déflatant les dépenses à prix courants consacrées aux facteurs intermédiaires par l'indice de prix de ces facteurs intermédiaires spécifique à la branche concernée. Cet indice de prix ($\frac{P_{M,t}^j}{P_{M,t-1}^j}$) est une moyenne pondérée des indices de prix des différents produits k consommés par la branche j ($\frac{P_{M,t}^{j,k}}{P_{M,t-1}^{j,k}}$). Les pondérations doivent refléter la part de chaque produit k dans les dépenses totales de la branche j consacrées aux facteurs intermédiaires à prix courants ($s_{M,t}^{j,k}$). Le présent manuel recommande l'utilisation d'un indice de Törnqvist. Celui-ci est défini comme suit :</p> $\frac{P_{M,t}^j}{P_{M,t-1}^j} = \prod_k \left(\frac{P_{M,t}^{j,k}}{P_{M,t-1}^{j,k}} \right)^{\frac{1}{2}(s_{M,t}^{j,k} + s_{M,t-1}^{j,k})}$ <p>Commentaires : Le niveau de détail permettant de distinguer les différents facteurs intermédiaires pour chaque branche varie d'un pays à l'autre. Cette remarque concerne les données à prix courants ainsi que les indices de prix. En règle générale, il convient de se placer au niveau le plus détaillé possible des produits pour calculer les indices de prix ou de volume des facteurs intermédiaires.</p>

Fiche pratique n°7 : Mesurer la production sectorielle

Données	Méthode
<p>Cas n°1 :</p> <p>Des tableaux d'entrées-sorties symétriques par branches d'activité sont disponibles, et les importations y sont identifiées séparément</p>	<p>La production sectorielle est une mesure de la production brute d'une branche, mais hors achats à l'intérieur de celle-ci. Ainsi, la production du secteur manufacturier exclut les livraisons d'un établissement à un autre. La production sectorielle constitue le meilleur moyen de mesurer la production brute pour les indices de PMF KLEMS, à différents niveaux d'agrégation.</p> <p>Il faut disposer d'informations sur les achats effectués à l'intérieur de chaque branche afin de pouvoir les exclure de la production brute totale, d'où la nécessité d'un tableau d'entrées-sorties symétrique, branche par branche.</p> <p>Commentaires :</p> <p style="padding-left: 40px;"><i>a) En ce qui concerne les secteurs agrégés, tels que le secteur des entreprises, la production et la valeur ajoutée sectorielles convergent si les facteurs intermédiaires importés sont relativement peu nombreux. Ce n'est pas forcément le cas pour les petites économies ouvertes dont les importations de facteurs intermédiaires peuvent être significatives.</i></p> <p style="padding-left: 40px;"><i>b) L'identification des achats intra-branche nécessite des tableaux d'entrées-sorties symétriques, branche par branche, sur une base annuelle. Dans la pratique, ces tableaux symétriques sont dérivés des tableaux des ressources et des emplois. Cette procédure impose de formuler plusieurs hypothèses, souvent restrictives. Si ces hypothèses ne sont pas vérifiées, les tableaux par branches d'activité obtenus risquent d'être de qualité irrégulière. Un choix doit alors s'opérer entre cette méthode et les mesures des facteurs et produits incluant les achats intra-branche pour lesquels de telles hypothèses ne sont pas nécessaires.</i></p>
<p>Cas n°2 :</p> <p>Aucun tableau d'entrées-sorties symétrique n'est disponible</p>	<p>En l'absence de tableaux d'entrées-sorties par branches d'activité, les achats intra-branche ne peuvent être identifiés. Dans ce cas, une solution consiste à utiliser les données relatives à la production brute incluant ces achats. Ces informations figurent généralement dans les statistiques de comptes nationaux et/ou dans les tableaux des ressources et des emplois.</p> <p>Commentaire : <i>Ramener à une base nette les flux intra-industriels revient à considérer l'ensemble de la branche ou du secteur comme une seule unité de production. Dans le cas contraire, aucune « intégration » de ce type n'est induite, et la mesure de la production se lit comme une moyenne pondérée de la production brute des différentes unités présentes dans la branche en question.</i></p>

Fiche pratique n°8 : Mesurer la part des différents facteurs

Objectif	Méthode
Mesurer la PMF en valeur ajoutée	<p>Voici une méthode simplifiée recommandée pour calculer la part du travail et du capital dans la valeur ajoutée brute :</p> <p>a) A partir du compte de production ou du tableau des ressources et des emplois, on distingue les composantes suivantes de la valeur ajoutée brute :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Rémunération des salariés (W) ; • Autres impôts moins subventions sur la production et sur les importations (T) ; • Revenu mixte brut (I) ; • Excédent brut d'exploitation (GOS). <p>b) Pour subdiviser le revenu mixte brut en une composante travail et une composante capital, il est recommandé d'assigner la même rémunération moyenne aux travailleurs indépendants et aux salariés. La composante travail du revenu mixte brut étant désignée par I_L, $I_L = \frac{W}{\text{salariés}} \cdot \text{travailleurs indépendants}$. Salariés et travailleurs indépendants sont mesurés soit en termes d'emplois équivalents plein-temps soit en termes d'heures travaillées. Étant donné I_L, la composante capital du revenu mixte est calculée de manière résiduelle : $I_K = I - I_L$.</p> <p>c) Les impôts nets sur la production et les importations sont répartis proportionnellement au travail et au capital. A cette fin, notons t_L la part du travail, et $I - t_L$ la part du capital, dans ces impôts nets. Cette répartition proportionnelle implique que $t_L = \frac{W + I_L}{W + I + GOS}$.</p> <p>d) La part du travail dans la valeur ajoutée brute est alors la suivante : $\frac{W + I_L + t_L \cdot T}{W + I + T + GOS}$;</p> <p>La part du capital dans la valeur ajoutée brute est exprimée ainsi : $\frac{W + I_K + (I - t_L) \cdot T}{W + I + T + GOS}$.</p> <p>Commentaire : La procédure décrite ici est simplifiée à dessein. On peut l'améliorer de deux façons. Premièrement, la subdivision du revenu mixte pourrait partir de deux estimations, l'une relative à la composante travail et l'autre à la composante capital, suivies d'un rapprochement. Deuxièmement, les impôts et subventions sur la production pourraient être, au moins en partie, assignés au travail et au capital en fonction de leur nature. Par exemple, les impôts fonciers ou l'impôt d'enregistrement des véhicules à moteur sont liés au capital, tandis que les impôts sur les salaires ou sur les compléments de salaire sont liés au travail.</p>

**Fiche pratique n°8 : Mesurer la part des différents facteurs
(suite)**

Objectif	Méthode
<p>Mesurer la PMF en termes de production brute</p>	<p>Pour mesurer la PMF en production brute, on calcule la part des différents facteurs dans le total des coûts, et non dans la valeur ajoutée, ce qui nécessite d'élargir les calculs effectués ci-dessus. Si M désigne les dépenses en facteurs intermédiaires aux prix d'acquisition (c'est-à-dire y compris impôts et déduction faite des subventions sur les produits), les parts respectives des facteurs sont obtenues au moyen des équations suivantes :</p> $\text{Part du travail} = \frac{W + I_L + t_L \cdot T}{W + I + T + GOS + M} ;$ $\text{Part du capital} = \frac{W + I_L + t_L \cdot T}{W + I + T + GOS + M} ;$ $\text{Part des facteurs intermédiaires} = \frac{M}{W + I + T + GOS + M} .$

Fiche pratique n°9 : Indice des facteurs de production combinés

Objectif	Méthode
Mesurer la PMF en termes de production brute	<p>Si l'on souhaite mesurer la PMF en termes de production brute, la procédure recommandée dans le présent manuel pour un indice des facteurs de production combinés (travail, capital et facteurs intermédiaires) consiste à utiliser une formule de Törnqvist :</p> <p align="center"><i>Indice de quantité des facteurs combinés dans la branche j =</i></p> $\left(\frac{L_t^j}{L_{t-1}^j} \right)^{\bar{s}_L^j} \cdot \left(\frac{K_t^j}{K_{t-1}^j} \right)^{\bar{s}_K^j} \cdot \left(\frac{M_t^j}{M_{t-1}^j} \right)^{\bar{s}_M^j}$ <p>où : L_t^j = facteur travail dans la branche k sur la période t ;</p> <p>K_t^j = facteur capital dans la branche k sur la période t ;</p> <p>M_t^j = facteurs intermédiaires dans la branche k sur la période t ;</p> <p>$\bar{s}_L^j = \frac{1}{2}(s_{L,t}^j + s_{L,t-1}^j)$; $s_{L,t}^j$ = part du travail dans le coût total ;</p> <p>$\bar{s}_K^j = \frac{1}{2}(s_{K,t}^j + s_{K,t-1}^j)$; $s_{K,t}^j$ = part du capital dans le coût total ;</p> <p>$\bar{s}_M^j = \frac{1}{2}(s_{M,t}^j + s_{M,t-1}^j)$; $s_{M,t}^j$ = part des facteurs intermédiaires dans le coût total.</p>
Mesurer la PMF en termes de valeur ajoutée	<p>Si l'on souhaite mesurer la PMF en termes de valeur ajoutée, la procédure recommandée dans le présent manuel, pour un indice des facteurs de production combinés (travail et capital) consiste à utiliser une formule de Törnqvist :</p> <p align="center"><i>Indice de quantité des facteurs combinés dans la branche j =</i></p> $\left(\frac{L_t^j}{L_{t-1}^j} \right)^{\tilde{s}_L^j} \cdot \left(\frac{K_t^j}{K_{t-1}^j} \right)^{\tilde{s}_K^j}$ <p>où : L_t^j = facteur travail dans la branche k sur la période t ;</p> <p>K_t^j = facteur capital dans la branche k sur la période t ;</p> <p>$\tilde{s}_L^j = \frac{1}{2}(\tilde{s}_{L,t}^j + \tilde{s}_{L,t-1}^j)$; $\tilde{s}_{L,t}^j$ = part du travail dans la valeur ajoutée brute ;</p> <p>$\tilde{s}_K^j = \frac{1}{2}(\tilde{s}_{K,t}^j + \tilde{s}_{K,t-1}^j)$; $\tilde{s}_{K,t}^j$ = part du capital dans la valeur ajoutée brute.</p>

10. INTERPRÉTER LES MESURES DE PRODUCTIVITÉ

10.1. Technologie et mesures de productivité – quelques liens

182. Le changement technologique est le moteur de la croissance économique à long terme et du relèvement du niveau de vie. Cette observation est largement attestée (OCDE, 1998a, 2000). Cependant, il arrive souvent que la mesure de l'évolution technologique se limite à l'observation du taux de croissance de la PMF, alors qu'une étude plus minutieuse, tant sous l'angle conceptuel qu'empirique, montre que PMF n'est pas forcément synonyme de technologie, et que l'évolution technologique ne se traduit pas exclusivement par des variations de la PMF. Examinons tour à tour ces deux aspects.

183. *L'évolution technologique ne se traduit pas forcément par une croissance de la PMF.* La théorie économique comme les travaux empiriques accordent une grande importance à la distinction entre technologie corporelle et incorporelle. Les évolutions de la technologie corporelle sont les avancées dans la conception et la qualité de nouvelles générations de capital et de produits intermédiaires : les machines et les équipements incarnent les fruits de la recherche réalisée par la branche qui produit les biens d'investissement, et d'autres secteurs accèdent aux résultats de ces recherches en achetant des biens d'équipement ou des biens intermédiaires nouveaux. La variation de la technologie incorporelle, en revanche, a trait aux avancées de la science, aux plans techniques et aux formules ainsi qu'à la diffusion des connaissances sur la manière de faire les choses, y compris l'amélioration de la gestion et les changements organisationnels. Cette distinction est importante, parce que la diffusion de l'évolution technique corporelle est tributaire de transactions sur le marché : les investissements en biens de capital ou en produits intermédiaires améliorés se poursuivront jusqu'à ce que leur contribution marginale à la création de revenus devienne égale à leur coût d'utilisation, lui-même fonction du prix du bien d'équipement sur le marché. En revanche, la diffusion de l'évolution technique incorporelle ne suppose pas forcément de transactions sur le marché : l'information peut circuler librement et son utilisation par une personne ne restreint normalement pas la capacité des autres personnes à l'utiliser aussi.

184. La distinction entre évolution technique corporelle et incorporelle peut avoir des conséquences significatives pour l'analyse et la formulation de la politique technologique⁷⁰. Pour explorer la relation avec les mesures de productivité, il n'est pas inutile de repréciser l'approche retenue pour la comptabilité de la croissance : le taux de variation de la production, $\frac{d \ln Q}{dt}$ est une moyenne pondérée du taux de croissance du facteur travail $\frac{d \ln L}{dt}$, du taux de croissance du facteur capital, $\frac{d \ln K}{dt}$, des facteurs intermédiaires, $\frac{d \ln M}{dt}$, et de l'évolution technique, désignée $\frac{d \ln A}{dt}$. Les pondérations correspondent aux parts à prix courants de chaque facteur dans les coûts totaux, et leur somme est égale à un.

$$\frac{d \ln Q}{dt} = s_L \frac{d \ln L}{dt} + s_K \frac{d \ln K}{dt} + s_M \frac{d \ln M}{dt} + \frac{d \ln A}{dt} \quad (9)$$

70. Voir OCDE (1998b) pour une discussion sur ce point.

185. Lorsque le facteur capital est mesuré comme indiqué par la théorie de la production, avec une différenciation entre les catégories d'actifs, et sur la base d'indices de prix des biens d'équipement qui reflètent l'amélioration de la qualité et de la conception d'une génération à l'autre, le terme correspondant au capital $\frac{d \ln K}{dt}$ traduit à la fois les variations de la quantité et de la qualité du capital en tant que facteur de production. On peut formuler une affirmation analogue concernant le facteur travail, et les facteurs intermédiaires. Lorsque $\frac{d \ln L}{dt}$ est une mesure fondée sur différentes catégories de travail, différenciées selon les compétences et agrégées en fonction de la part de chaque type de compétences dans les salaires totaux, la contribution du travail à la croissance de la production exprime à la fois les variations de la quantité de travail (simple décompte des heures travaillées) et celles de la teneur en compétences de ce travail. Par conséquent, lorsqu'on mesure minutieusement le travail et le capital, en tenant compte de leur hétérogénéité et des variations de qualité, les effets de la variation technique incorporelle (dans le capital et les facteurs intermédiaires) et de l'amélioration du capital humain (dans le travail) devraient se répercuter pleinement sur les contributions mesurées de chaque facteur de production. Il s'ensuit également que le terme A de la PMF ne reflète pas les effets de la variation technologique corporelle, mais traduit les effets de la variation technologique incorporelle.

186. Dans le cadre ci-dessus, le terme correspondant à la PMF capture également les *effets externes* du capital, du travail et des facteurs intermédiaires. Sur le plan économique, ces effets externes sont des surcroûts de productivité globale, dépourvus de coûts, générés par certaines catégories de capital humain ou physique employées dans la production. Ces surcroûts ne coûtent rien, car ils interviennent en sus de la contribution rémunérée des facteurs à la production, la rémunération étant exprimée par la part du travail et du capital dans le revenu.

187. Sur le plan conceptuel, et suite à la distinction opérée par Jorgenson (1995a), le terme A de la productivité reflète tous les effets sur la croissance de la production qui *ne sont pas* des investissements, l'investissement étant compris comme l'engagement de ressources courantes dans l'attente de rendements à venir, ce qui suppose que ces rendements peuvent être internalisés par l'investisseur.

188. Le plus souvent, les contraintes de données et de ressources ne permettent ni de différencier minutieusement ni de couvrir intégralement tous les types de facteur travail et capital. Par conséquent, certains des effets de l'évolution technologique corporelle et certaines, voire toutes, les variations de la teneur en compétences du facteur travail sont exprimées par la mesure résiduelle de la PMF. Pour s'en rendre compte, il convient de dissocier les effets qualitatifs et quantitatifs des facteurs travail et capital. Il est possible de calculer l'effet de composition, ou la composante qualitative du facteur travail, en faisant la différence entre la croissance du facteur travail total et la croissance des heures de travail non corrigées : $\frac{d \ln L^Q}{dt} = \frac{d \ln L}{dt} - \frac{d \ln L^U}{dt}$. De même, le facteur capital K peut être divisé en un terme de variation de la qualité K^q et un terme reflétant la quantité de capital, sans correction pour les différences dans la conception entre les diverses générations, K^u . Ces termes sont intégrés dans la décomposition de la croissance décrite ci-dessus, ce qui donne l'expression suivante :

$$\frac{d \ln Q}{dt} = s_L \frac{d \ln L^U}{dt} + s_k \frac{d \ln K^U}{dt} + s_k \frac{d \ln M^U}{dt} + \frac{d \ln A^Q}{dt} \quad (10)$$

$$\text{where } \frac{d \ln A^Q}{dt} = s_L \frac{d \ln L^Q}{dt} + s_K \frac{d \ln K^Q}{dt} + \frac{d \ln A}{dt}$$

189. Il devient évident que l'utilisation des mesures non corrigées des apports de travail et de capital dans le calcul de la mesure résiduelle de la productivité conduit à une situation où le nouveau terme de la PMF A^Q traduit à la fois les effets de la variation technique corporelle et incorporelle⁷¹. Ainsi, Pour interpréter correctement le terme de la productivité du point de vue de l'évolution technologique, il faut connaître la méthodologie utilisée pour calculer les séries temporelles des facteurs capital et travail.

190. *Empiriquement, la croissance de la PMF n'est pas forcément causée par l'évolution technologique.* Les paragraphes qui précèdent avancent que la mesure résiduelle de la PMF n'exprime pas forcément toutes les facettes de l'évolution technologique. Même lorsque cette mesure résiduelle reflète tous les changements technologiques, d'autres facteurs, non technologiques, pèsent également sur la mesure de la PMF. Ces facteurs sont les coûts de la correction, les économies d'échelle, les effets cycliques, les variations de l'efficacité et les erreurs de mesure. Ce point est confirmé par les études économétriques qui relient la croissance de la PMF aux variables technologiques, en particulier la recherche et développement et les brevets⁷², ou à celles qui neutralisent explicitement les coûts de correction ou tiennent compte de rendements d'échelle non constants. Par exemple, les dépenses de recherche et développement ont tendance à afficher une relation statistiquement significative avec la croissance de la productivité, mais n'expliquent qu'une part relativement restreinte des mouvements annuels globaux de la PMF, ce qui suggère l'existence d'autres facteurs.

191. A strictement parler, la présence de ces facteurs invalide les hypothèses qui sous-tendent le modèle simple de comptabilité de la croissance. Ainsi, le calcul standard de la PMF suppose des rendements d'échelle constants dans la production, et se prête donc mal à un traitement de l'occurrence empirique de rendements d'échelle non constants. De même, les variations pures de l'efficacité (par opposition aux mouvements de la limite de la technologie) constituent des phénomènes empiriques communs. Pourtant, les calculs standard de la PMF supposent l'efficacité technique des établissements, ce qui exclut les gains issus de l'élimination des facteurs d'inefficacité.

192. *Les mesures de la PMF ont tendance à sous-estimer l'importance éventuelle des variations de la productivité dans la stimulation de la croissance de la production.* Cela reflète le fait que dans les modèles de comptabilité de la croissance tels que ceux utilisés dans ce manuel, le capital est considéré comme un apport exogène au processus de production. Dans un contexte dynamique, ce n'est plus le cas, et de nouvelles considérations sur le rôle de la technologie et ses effets éventuels sur la croissance entrent dans le cadre de l'analyse. Dans un contexte dynamique, il existe un effet de retour entre la variation de la productivité et le capital : supposons que l'évolution technique permette un accroissement de la production par personne. La mesure résiduelle de PMF statique mesure précisément cet effet de l'évolution technologique. Cependant, ce surcroît de production par personne conduira habituellement à un supplément d'épargne et d'investissement, et à une augmentation du rapport capital-travail. Une mesure traditionnelle de la comptabilité de la croissance identifierait cet effet induit comme une contribution du capital à la croissance, même si on peut en réalité l'attribuer à un changement initial dans la technologie. Ainsi, la mesure résiduelle de la PMF mesure correctement

71. Denison (1989), dans sa discussion sur le traitement des variations de la qualité des biens d'équipement, décrit une méthode inspirée de Rymes (1971), qui mesure le facteur capital comme la consommation non réalisée nécessaire pour aboutir au niveau d'épargne susceptible de permettre l'accumulation de capital. Dans la pratique, cela supposerait d'utiliser un déflateur de la consommation privée dans la méthode de l'inventaire permanent. Cela a pour effet de reléguer explicitement toutes les avancées du savoir (corporel et incorporel) dans le résidu de productivité. Voir également Durand (1996) sur ce point.

72. Griliches (1996b) en donne un aperçu.

le changement des possibilités de production, mais ne traduit par les effets induits de la technologie sur la croissance (Rymes, 1971 ; Hulten, 2001).

10.2. La croissance de la productivité envisagée comme une réduction des coûts

193. Dans ce manuel, nous avons discuté des mesures de productivité et de la comptabilité de la croissance à l'aide de fonctions de production et de mesures de la quantité des entrées et des sorties. Il existe une approche duale équivalente, intuitivement séduisante, pour exprimer les avancées de la productivité comme changements d'une fonction de coût⁷³. Une fonction de coûts fait apparaître le coût minimum des facteurs nécessaires pour atteindre un certain niveau de production, étant donné un ensemble de prix pour ces facteurs. Dans des conditions de régularité relativement faibles, les fonctions de coûts peuvent être calculées à partir des fonctions de production, et vice versa – d'où la dualité. Pour illustrer ce point, on peut exprimer une fonction de coûts simple C par $C = B \cdot Q \cdot c(w_1, w_2, \dots, w_N)$, où C représente le coût total qui varie en fonction du niveau de la production, Q , des coûts unitaires c (eux-mêmes dépendants des prix des facteurs w_i) et d'un paramètre B . Ce paramètre joue un rôle analogue au paramètre de productivité A dans la fonction de production $Q = A \cdot F(X_1, X_2, \dots, X_N)$. Il est en effet possible de montrer que $\frac{d \ln A}{dt} = -\frac{d \ln B}{dt}$. Ainsi, la mesure résiduelle de la PMF peut être mesurée soit comme le taux de croissance résiduel de la production non expliqué par le taux de croissance des facteurs, soit comme le taux de croissance résiduel des coûts moyens non expliqué par une variation des prix des facteurs⁷⁴ :

$$\frac{d \ln C}{dt} - \frac{d \ln Q}{dt} = \sum_i s_i \frac{d \ln w_i}{dt} - \frac{d \ln A}{dt} \quad (11)$$

194. L'expression (11) indique que le taux de croissance des coûts moyens est égal au taux de croissance des prix des facteurs agrégés, minoré des avancées de la productivité multifactorielle. Selon une formulation légèrement différente, la croissance de la productivité est égale à la diminution des coûts totaux qui ne s'explique ni par une baisse de la production ni par le remplacement de facteurs qui sont devenus relativement plus chers par ceux dont le prix relatif a chuté.

195. Cette formulation de la PMF en termes de coûts moyens permet une interprétation plus riche de l'évolution technologique. Il est en effet intuitivement plausible que les coûts totaux et moyens puissent être réduits de nombreuses manières, y compris les innovations au sens technique, mais aussi par des innovations organisationnelles, l'apprentissage par l'expérience et les efforts managériaux.

196. Cette approche par les coûts montre également comment les coûts moyens peuvent reculer sous le simple effet d'une variation technologique corporelle : supposons que l'un des facteurs (par exemple les services informatiques) voie son prix (coût d'utilisation) baisser par rapport aux autres

73. Les principales propriétés des fonctions de coûts ont été déterminées pour la première fois par Shephard (1953) – et de nombreux développements ont suivi. Pour un aperçu, voir Diewert (1987b).

74. Dans l'expression (11), s_i correspond à la part de chaque facteur dans les coûts totaux. La part de chaque facteur est égale à l'élasticité des coûts totaux par rapport aux prix du facteur correspondant : $\frac{\partial C}{\partial w_i} \frac{w_i}{C} = \frac{w_i X_i}{C} = s_i$. Cela découle du lemme de Shephard ($\frac{\partial C}{\partial w_i} = X_i$) et de l'hypothèse d'un comportement de minimisation des coûts.

facteurs sous l'effet d'une variation technique (corporelle). Il y aura selon toute probabilité un processus de substitution par lequel les services informatiques remplaceront d'autres facteurs de production. Il en résulte une baisse des prix des facteurs agrégés qui fait reculer les coûts moyens, même si la technologie incorporelle ne s'accroît pas du tout ($\frac{d \ln A}{dt} = 0$).

197. Enfin, les formulations ci-dessus indiquent une autre représentation et une autre mesure de la variation technique incorporelle, à savoir par la différence entre le taux de croissance des prix de la production et celui des prix des facteurs. Sur un marché concurrentiel, les prix évoluent parallèlement au coût marginal. En outre, en cas de rendements d'échelle constants, les coûts moyens de production sont égaux aux coûts marginaux, et le taux de variation du coût moyen de production est donc égal au taux de variation du prix de la production sur le marché, ou à l'expression du côté gauche de l'équation (11). Dans le même temps, la moyenne pondérée des parts des variations de prix de tous les facteurs constitue un indice des prix des facteurs, et son taux de variation apparaît dans la première expression du côté droit de (11). Il est alors facile de voir que le taux de variation technique incorporelle correspond à la différence entre le taux de variation de l'indice des prix des facteurs et celui de l'indice des prix de la production :

$$\frac{d \ln A}{dt} = \frac{d \ln P}{dt} - \frac{d \ln C}{dt} \text{ où } \frac{d \ln P}{dt} = \sum_i s_i \frac{d \ln w_i}{dt}; \frac{d \ln C}{dt} = \frac{d \ln Q}{dt} \quad (12)$$

10.3. Mesures de productivité pour un cycle d'activité

198. Dans les passages traitant du capital et de l'utilisation des capacités, à la section 5.6, nous avons fait allusion à la procyclicité de nombreuses mesures de productivité : la croissance de la productivité a tendance à s'accroître durant les périodes d'expansion économique et à ralentir pendant les périodes de récession. Une explication, mentionnée plus haut, tenait au mode de mesure : tandis que les variations de la production en volume tendent à se refléter relativement précisément dans les statistiques économiques, les variations du taux d'utilisation des facteurs de production ne sont, au mieux, que traduites partiellement dans les séries de données. En particulier, la mesure du taux d'utilisation des biens d'équipement, c'est-à-dire des heures-machine, est rarement effectuée. A condition d'être mesuré par les heures effectivement travaillées, le facteur travail reflète mieux le changement du taux d'utilisation de la main-d'œuvre, mais reste une mesure imparfaite. Par conséquent, une hausse du taux d'utilisation des capacités en période d'expansion s'accompagne de mesures de la production qui peuvent afficher une croissance rapide, tandis que les mesures des facteurs demeurent stables ou progressent moins vite. Il s'ensuit une hausse de la croissance de la productivité mesurée, et l'inverse est vrai en périodes de récession.

199. Mais, même si l'utilisation des capacités était mesurée fidèlement, le modèle de productivité standard se prête assez mal aux réalités du cycle économique. Une grande partie de la théorie économique et des indices s'appuyant sur des relations d'équilibre à long terme, avec peu, voire pas du tout, d'éléments imprévus pour les acteurs économiques, le modèle économique de la mesure de la productivité est plus facile à mettre en œuvre et à interpréter en période d'expansion continue et modérée qu'en période de changements rapides de phases du cycle d'activité. Ce point a des conséquences pour l'interprétation des mesures de productivité. Il signifie en particulier que les variations annuelles de la croissance de la productivité ne doivent pas être interprétées à première vue comme des changements de la technologie incorporelle. A cette fin, il est préférable d'examiner les schémas de la croissance de la productivité sur des périodes plus longues – et de préférence entre des années qui marquent le même état d'avancement du cycle économique.

200. Les mesures de productivité à court terme n'en sont pas moins utiles, même lorsqu'elles reflètent le cycle d'activité. Même si elles ne doivent pas être interprétées comme des reflets de l'évolution technique, les données sur la productivité à court terme mettent par exemple en lumière la relation entre les variations à court terme de la production, de l'emploi et du temps de travail hebdomadaire moyen. L'analyse économétrique des mesures de la productivité trimestrielles et mensuelles sur le cycle d'activité peut apporter des renseignements utiles. La décomposition de la productivité du travail en composantes cycliques et tendancielle a par exemple des conséquences importantes pour l'analyse macro-économique. Les décompositions historiques permettent de dater les pics et les creux du cycle, tandis qu'avec les décompositions « en temps réel », il est possible de juger de la phase en cours du cycle, ce qui augmente la fiabilité des prévisions économiques. La mesure de la productivité et de la production en tendance peut être utilisée pour calculer les écarts qui contribueront à la compréhension de la politique budgétaire, et qui, lorsqu'ils sont interprétés comme des écarts par rapport au potentiel, devraient déterminer de nombreuses variables macro-économiques importantes telles que l'augmentation des salaires et des prix (Nicoletti et Reichlin, 1993).

201. Un certain nombre de techniques économétriques permettent de dissocier les mouvements à court et long terme de la croissance de la productivité. Ces techniques peuvent être fondées uniquement sur les séries temporelles et le filtrage, ou faire intervenir des méthodes de modélisation plus explicites. Ainsi, Guellec et Pottelsberghe (2001) recourent à un mécanisme de correction des erreurs dans leur analyse des déterminants de la croissance de la PMF. Ils peuvent ainsi quantifier l'importance relative des déterminants de la croissance de la productivité (efforts de recherche et développement, dans le pays et à l'étranger, etc.) et séparer les changements de la productivité à court terme des changements à long terme. Morrison (1986) propose un autre traitement économétrique pour quantifier la croissance de la productivité en présence de coûts de correction et de déséquilibres.

10.4. Croissance de la productivité au niveau des branches et des entreprises

202. Ce manuel envisage principalement les mesures de productivité au niveau des branches et au niveau agrégé de l'économie. Les branches et les industries sont elles-mêmes composées d'entreprises et d'établissements, et de nouvelles bases de données au niveau micro-économique accroissent nettement les possibilités de recherche empirique, en vue de mieux comprendre les reports des performances de productivité de chaque unité sur ce qui est observé au niveau de la branche. Plusieurs conclusions importantes découlent d'un ensemble significatif d'études (Haltiwanger, 2000 ; Bartelsman et Doms, 2000). Tout d'abord, il existe de grandes différences de productivité d'une unité à l'autre. Deuxièmement, on observe une ré-allocation continue et à grande échelle de la production et des facteurs entre les producteurs, y compris à l'intérieur d'une même branche. Troisièmement, cette ré-allocation contribue de manière significative à la croissance de la productivité agrégée. Haltiwanger rapporte ainsi que pour le secteur manufacturier des États-Unis, environ la moitié de la croissance de la productivité multifactorielle sur une décennie peut être imputée à la ré-allocation de la production et des facteurs de production, qui se sont détournés des activités moins productives pour privilégier les activités plus productives.

203. Ces constats n'invalident pas la théorie de la mesure de la productivité exposée dans ce manuel, qui traite pour l'essentiel une branche, un secteur ou même l'ensemble de l'économie comme s'il s'agissait d'une seule entreprise. Ils facilitent au contraire la compréhension et l'interprétation de la croissance de la productivité. Ils soulignent par exemple un mécanisme par lequel une branche *dans son ensemble* met en œuvre le changement technique : si la nouvelle technologie est essentiellement adoptée par des établissements nouveaux, la croissance de la productivité se fait par les entrées et les sorties, ce qui demande une ré-allocation. Les avancées technologiques au niveau de la branche sont alors associées à la diffusion de cette nouvelle technologie dans les établissements plutôt qu'à une modification simultanée du domaine potentiel de la production d'un ensemble d'activités existantes.

Cela donne une interprétation supplémentaire des variations de la mesure résiduelle de la productivité au niveau de la branche. Les études des données micro-économiques – qui se concentrent sur la dynamique des entreprises, les entrées et les sorties ainsi que la ré-allocation des ressources – forment également un lien naturel avec la détermination de la manière dont l’innovation et la « destruction créatrice » (voir section ci-dessous) se traduisent par une croissance de la productivité au niveau de la branche. Néanmoins, les approches micro-économiques ne peuvent pas remplacer les mesures de productivité plus agrégées. C’est une question de qualité des données au niveau de l’entreprise ou de l’établissement (par exemple pour le facteur capital), ainsi que d’opportunité et d’exhaustivité des séries de données. Toutefois, les études au niveau micro-économique accentuent indubitablement notre compréhension de certains des moteurs sous-jacents et de la dynamique de la croissance de la productivité.

10.5. Innovation et mesure de la productivité

204. La comptabilité de la croissance et la plupart des autres méthodes de mesure de la productivité sont résolument ancrées dans un concept standard d’équilibre néoclassique. Les conditions de l’équilibre sont très importantes, car elles contribuent à orienter la mesure des paramètres qui seraient sinon difficiles à identifier. On peut en citer un exemple évident : l’utilisation de la part des coûts au lieu des élasticités de la production – la première étant observable, tandis que les deuxièmes ne le sont pas, mais la théorie montre que dans un équilibre concurrentiel, l’une doit être égale à l’autre.

205. Même si son utilité est communément admise, certains affirment qu’une approche de l’équilibre se marie mal avec la notion d’innovation et de croissance de la productivité. Les économistes évolutionnistes (par exemple Dosi, 1988 ; Nelson et Winter, 1982 ; Nelson, 1981), qui s’inscrivent dans une tradition schumpétérienne, avancent que l’innovation et le changement technique sont une conséquence des asymétries de l’information et des imperfections du marché. Dans un sens que l’on peut qualifier de fondamental, les innovations et les asymétries de l’information sont un seul et unique phénomène. En fait, ces asymétries peuvent difficilement être qualifiées d’imperfections du marché si elles constituent des conditions nécessaires pour tout changement technique dans une économie de marché (Metcalf, 1996). Les économistes évolutionnistes affirment que les concepts d’équilibre peuvent constituer des instruments inadéquats pour aborder la mesure de la variation de la productivité, parce que s’il y avait véritablement équilibre, il n’existerait aucune incitation à rechercher et à innover, et donc aucune croissance de la productivité.

206. Il convient de prendre ces critiques au sérieux lorsque l’on veut interpréter et utiliser les mesures de productivité. Il faut tirer de ce débat une leçon importante : *comptabiliser ne veut pas dire expliquer les causes sous-jacentes de la croissance* ; cela nous renvoie à Griliches (1997) :

« Nous pouvons prendre les calculs de croissance de la productivité et procéder à une ventilation très détaillée sur les divers éléments manquants, réduisant ainsi le rôle du résidu « non alloué ». Mais, toute instructive et intéressante qu’elle soit, cette méthode ne fait que déplacer le problème vers un nouvel ensemble de questions : pourquoi tout cet investissement dans le capital humain ? Va-t-il se poursuivre ? D’où viennent les améliorations des biens d’équipement ? [...] Les véritables explications passent par la compréhension des sources des avancées scientifiques et technologiques et par l’identification des incitations et des circonstances qui les ont suscitées et qui en ont facilité la mise en œuvre et la diffusion. L’explication doit venir de la compréhension des détails historiques ».

207. Ces propos n'annulent pas l'utilité de l'approche de l'équilibre pour la mesure de la productivité, mais attirent notre attention sur certaines de ses limites. La conclusion qui se dessine s'oriente vers la complémentarité des approches : la comptabilité (de la croissance) et la mesure de la productivité permettent de quantifier – de manière systématique et cohérente – les sources immédiates de la croissance. Cette association est utile pour élaborer une explication, car elle permet de saisir les effets de l'offre, de la demande et de la substitution entre les diverses catégories de facteurs de production mesurables. Dans le même temps, il convient de compléter la comptabilité de la croissance par des études institutionnelles, historiques et de cas si l'on veut explorer certaines des causes sous-jacentes de la croissance, de l'innovation et de la variation de la productivité.

Annexe 1

GLOSSAIRE

Glossaire des principaux termes

Amortissement	Diminution de la valeur d'un bien due au vieillissement. Cette définition (courante dans la littérature sur la productivité) diffère de celle de l'amortissement ou consommation de capital fixe (CCF), figurant dans le Système de comptabilité nationale (SCN) de 1993. L'amortissement dans le cadre du SCN tient compte à la fois du déclin de valeur dû au vieillissement et des effets de l'obsolescence prévisible. Dans la littérature sur la productivité, les variations de valeur dues à l'obsolescence sont exprimés par le terme gains/pertes en capital dans la formule des coûts d'utilisation.
Consommation de capital fixe (CCF)	Diminution de la valeur d'un bien sur une période comptable. La CCF rend compte des effets, d'une part, du vieillissement et, d'autre part, des effets des gains ou pertes en capital (obsolescence prévisible).
Coût d'utilisation du capital	Prix par unité de service du capital. Ce terme est souvent utilisé comme synonyme de <i>prix de location</i> .
Double déflation (définition large)	Procédure permettant d'obtenir une mesure de la valeur ajoutée après déflation qui se fonde sur un indice de prix combinant l'indice de prix de la production brute et celui de la consommation intermédiaire.
Double déflation (définition stricte)	Procédure permettant d'obtenir une mesure en volume de la valeur ajoutée en soustrayant la consommation intermédiaire exprimée à prix constants de la production brute, également exprimée à prix constants. La soustraction des données exprimées en niveaux suppose que les prix constants reflètent des indices de quantité de type Laspeyres.
Efficiences	Degré auquel un processus de production correspond aux "pratiques exemplaires" au sens technique (« rendement ou efficacité technique ») ou économique (« efficacité de la répartition des ressources, ou efficacité allocative »). L'efficacité technique totale caractérise un processus de production dans lequel on parvient au volume de production le plus élevé possible, compte tenu d'un ensemble fixe de facteurs et d'une technologie donnée. On parle d'efficacité allocative totale lorsque la combinaison facteurs-production tend à minimiser les coûts et/ou à maximiser les bénéfices.
Évolution technique corporelle	Améliorations apportées à la conception ou à la qualité de biens d'équipement ou de facteurs intermédiaires nouveaux.
Évolution technique incorporelle	Variation de la fonction de production (domaine potentiel de la production) sur la durée. L'évolution technique est qualifiée d'incorporelle lorsqu'elle ne trouve pas son expression dans un facteur de production spécifique.

Facteurs (de production) primaires	Il s'agit des facteurs de production considérés comme exogènes par l'analyse de la production. Dans un cadre statique tel que celui supposé par ce manuel, les facteurs de production ou facteurs primaires sont le capital et le travail.
Facteurs intermédiaires	Ensemble des entrées produites et transformées ou consommées par le processus de production sur une période comptable (synonyme de consommation intermédiaire).
Fonction de production	Ensemble maximal de produits susceptibles d'être obtenus au moyen d'un ensemble donné de facteurs. Le recours à une fonction de production suppose une situation d'efficacité technique. Synonyme de domaine potentiel de la production, c'est la composante techniquement efficace d'un ensemble productif possible, ou encore l'ensemble des combinaisons d'entrées-sorties réalisables (mais pas forcément efficaces).
Fonction de valeur ajoutée	Indique le montant maximal de valeur ajoutée exprimée à prix courants qu'un établissement ou une branche d'activité peut générer, étant donné un ensemble de prix attachés à sa production et à ses facteurs intermédiaires, et une certaine quantité de facteurs primaires.
Indices superlatifs	Indices de prix ou de quantité qui sont « exacts » pour un agrégateur flexible. Un agrégateur flexible est une approximation de deuxième ordre relative à une fonction arbitraire de production, de coût, d'utilité ou de distance. Par exactitude, on entend qu'il est possible de calculer directement un indice particulier à partir d'un agrégateur flexible spécifique.
Intégration	Processus statistique dans lequel des unités ou des branches d'activité sont combinées pour former une unité de rang supérieur sur la base des éventuels échanges de produits intermédiaires entre les différentes unités. La production de la nouvelle unité intégrée est exprimée en valeur nette des flux intra-industriels et ne représente que les livraisons effectuées hors de cette unité. Les entrées de cette nouvelle unité sont, elles aussi, exprimées nettes des flux intra-industriels. L'intégration est une étape nécessaire au calcul des mesures de la production d'un secteur.
PMF en termes de production brute	Synonyme de PMF (productivité multifactorielle) KLEMS
PMF KLEMS	Mesure multifactorielle de la productivité qui rapporte la production brute aux facteurs primaires (capital et travail) et intermédiaires (énergie, autres produits intermédiaires, services).
Pondérations de Domar	Pondérations permettant de combiner les PMF (productivités multifactorielles) au niveau des branches d'activité en termes de production brute (KLEMS) pour obtenir des agrégats de niveau supérieur. Le total des pondérations de Domar n'est pas normalement égal à un. Cette particularité est due aux effets combinés de l'intégration et de l'agrégation.
Prix d'acquisition	Montant versé par l'acquéreur, minoré de toute TVA ou autre taxe déductible du même ordre, pour prendre livraison d'une unité d'un bien ou d'un service à la date et à l'endroit spécifiés par cet acheteur. Le prix d'acquisition d'un bien inclut tous les frais de transport acquittés séparément par cet acheteur pour prendre livraison du bien à la date et à l'endroit requis.

Prix de base	Le prix de base est le montant que le producteur reçoit de l'acquéreur pour une unité de bien ou de service produite, diminué de tout impôt à payer et augmenté de toute subvention à recevoir sur cette unité du fait de sa production ou de sa vente ; il exclut tout frais de transport facturé séparément par le producteur.
Prix du producteur	Montant que le producteur reçoit de l'acheteur pour une unité de bien ou de service produite, diminué de toute TVA ou de tout impôt déductible similaire, facturé à l'acquéreur ; il exclut tout frais de transport facturé séparément par le producteur.
Production	Comprend les biens ou les services qui sont produits dans un établissement, et qui deviennent utilisables en dehors de cet établissement, plus tout bien et service produit pour usage final propre.
Production brute	Synonyme de production.
Production d'un secteur	Production d'un secteur d'activités considérées à un niveau d'agrégation donné et qui ne prend en compte que les livraisons effectuées hors de ce secteur. La production d'un secteur est la production d'un ensemble d'industries intégrées.
Production	Activité dans laquelle une entreprise ou un établissement utilise des entrées (facteurs) pour réaliser une production.
Productivité multifactorielle (PMF)	Établit un lien entre une modification de la production et plusieurs types de facteurs. La PMF est souvent mesurée de façon résiduelle comme étant la modification de la production qui ne peut pas être expliquée par la modification des facteurs utilisés.
Productivité multifactorielle (PMF) capital-travail	Mesure de la productivité qui rapporte la valeur ajoutée aux facteurs de production primaires (capital et travail).
Productivité totale des facteurs	Synonyme de productivité multifactorielle (PMF). Le présent manuel utilise l'acronyme PMF pour manifester une certaine modestie face à la possibilité de rendre compte de la contribution de <i>tous</i> les facteurs à la croissance de la production.
Productivité unifactorielle	Synonyme de mesure partielle de la productivité. Rapporte la production à une catégorie particulière de facteur.
Profil âge-efficience	Indique la diminution de capacité productive d'un bien d'équipement au cours de sa vie, ou le taux auquel la contribution matérielle d'un actif donné décroît avec le temps, sous l'effet de l'usure.
Profil âge-prix	Indique la diminution de valeur d'un bien d'équipement au fil de son vieillissement, ou la structure des prix relatifs pour différentes générations d'un même (homogène) bien d'équipement.
Rendements d'échelle	Taux de variation de la production lorsque tous les facteurs de production varient dans la même proportion. Rendements d'échelle constants : une variation de k (multiplicateur) de tous les facteurs de production entraîne une variation de k de la production. On dit que les rendements d'échelle sont croissants lorsque l'augmentation de la production est supérieure à celle obtenue par une multiplication par k et qu'ils sont décroissants dans le cas inverse.

Séparabilité	Propriété mathématique d'une fonction (de production). Dans l'analyse de la productivité, on suppose parfois que la séparabilité des fonctions de production entre facteurs primaires et intermédiaires est <i>faible</i> . Cela signifie que le taux marginal de substitution entre deux facteurs primaires quelconques est indépendant du volume de facteurs intermédiaires utilisés. En d'autres termes, la demande de deux facteurs primaires quelconques dépend uniquement du rapport entre les prix des facteurs primaires et non des prix des facteurs intermédiaires.
Services du capital	Flux des services productifs fournis par un actif servant à la production. Les services du capital traduisent une quantité (matérielle) à ne pas confondre avec le concept de valeur, ou prix, du capital. Dans l'analyse de la production, les services du capital constituent la mesure appropriée du facteur capital.
Stock de capital brut	Flux cumulé des investissements en volume, minoré des déclassements. Dans ce contexte, les actifs sont considérés comme <i>nouveaux</i> jusqu'à leur déclassement : on suppose que leur capacité de production demeure entière tant qu'ils figurent dans le stock.
Stock de capital productif	Stock d'un actif particulier et homogène, exprimé en « unités de rendement ». L'importance du stock productif tient au fait qu'il constitue un outil pratique pour estimer les services du capital. On suppose généralement que les derniers sont proportionnels aux premiers.
Stock net de capital (« richesse »)	Valeur marchande courante du stock productif d'une branche d'activité ou d'une économie.
Technologie	État de la connaissance concernant les moyens de transformer les ressources en produits.
Variation de la productivité	Correspond théoriquement aux effets combinés des variations de l'efficacité technique, de l'efficacité allocative, de l'évolution technique incorporelle et des économies d'échelle. Lorsque la mesure est obtenue de façon résiduelle, des éléments supplémentaires – en particulier le taux d'utilisation des capacités de production et les erreurs de mesure – viennent peser sur ce résidu.

Annexe 2

LIENS ET RENVOIS AUX STATISTIQUES NATIONALES SUR LA PRODUCTIVITÉ

Institution	Indicateur ou lien
Australian Bureau of Statistics	Productivité du travail en termes de valeur ajoutée Productivité multifactorielle capital-travail Productivité du capital http://www.abs.gov.au
Statistique Canada	Productivité du travail en termes de valeur ajoutée Productivité multifactorielle en termes de valeur ajoutée Productivité multifactorielle en termes de production brute hors transactions intra-industrielles Productivité multifactorielle en termes de production brute y compris les transactions intra-industrielles http://www.statcan.ca/start.html
Institut statistique de la République tchèque	Productivité du travail en termes de production brute par activité pour les activités extractives et manufacturières et les services aux collectivités <i>Statistical Yearbook of the Czech Republic</i>
Institut statistique de Finlande	Productivité du travail en termes de valeur ajoutée : <i>National Accounts of Finland</i> Productivité du travail, productivité du capital et PMF : publication annuelle <i>Tuottavuuskatsaus</i> (rapport sur la productivité, en finnois uniquement)
Institut statistique d'Allemagne	Productivité du travail en termes de valeur ajoutée (par salarié et par heure travaillée) détaillée dans les industries extractive et manufacturière Productivité du travail en termes de valeur ajoutée (par salarié et par heure travaillée) par grandes activités http://statistik-bund.de/zeitreih/def.htm
Centre de productivité de la Corée	Indice de productivité du travail en termes de production brute et à la valeur ajoutée : (publication trimestrielle : <i>Productivity Review</i>) ; Analyse de la valeur ajoutée des entreprises coréennes (publication annuelle) http://www.kpc.or.kr/

Institut central statistique de Hongrie	Productivité du travail en termes de production brute, publiée dans : Monthly Report of Industry Monthly Bulletin of Statistics Statistical Yearbook <i>Yearbook of Industry and Construction Statistics.</i>
Institut central statistique de Pologne	Productivité du travail en termes de production brute dans différentes industries du secteur primaire : <i>Statistical Yearbook.</i>
Office of National Statistics (Royaume-Uni)	Productivité du travail en termes de valeur ajoutée pour l'ensemble de l'économie, les activités « de production » et l'industrie manufacturière <i>Economic Trends</i>
Bureau of Labour Statistics (États-Unis)	Productivité du travail en termes de production brute Productivité du travail en termes de valeur ajoutée Productivité multifactorielle en termes de production brute Productivité du capital Comparaisons internationales de productivité dans l'industrie manufacturière http://stats.bls.gov/iprdata1.htm ;

Annexe 3

LA MESURE DE LA PRODUCTIVITÉ DANS LE CADRE DE LA COMPTABILITÉ DE LA CROISSANCE

1. Le modèle de comptabilité de la croissance

1. Le cadre théorique de la comptabilité de la croissance trouve ses racines dans la théorie économique de la production. L'explicitation des expressions utilisées dans le cadre de la comptabilité de la croissance comporte deux avantages : elle décrit certaines des hypothèses qui entrent dans les calculs de la PMF et elle garantit la cohérence des travaux empiriques. Ainsi, la théorie de la production indique clairement comment évaluer le facteur capital et sa contribution à la croissance de la production. Elle précise également comment traiter de manière cohérente les différents types de facteurs travail et capital, leur agrégation et le bon choix des indices.

2. Le modèle standard présenté ici repose sur les travaux initiaux de Tinbergen (1942) et Solow (1957), développés ensuite par Zvi Griliches, Dale Jorgenson et Erwin Diewert⁷⁵ en particulier. Le modèle standard de comptabilité de la croissance se fonde sur la théorie micro-économique de la production⁷⁶ et sur un certain nombre d'hypothèses énoncées plus bas. La plupart de ces hypothèses peuvent être assouplies et la littérature économique est allée assez loin dans ce domaine. Les généralisations s'obtiennent parfois au prix d'une complexité considérable qui sort du cadre et de l'objet du présent manuel.

- Il existe une technologie de production que l'on peut représenter par une fonction de production, qui relie la production brute, Q , aux facteurs primaires travail L et services du capital K , ainsi qu'à des facteurs intermédiaires, tels que le matériel, les services ou l'énergie (M).
- La fonction de production présente des rendements d'échelle constants.
- Ni le facteur travail ni le facteur capital ne sont nécessairement homogènes. Il existe N types (qualités) différents de travail, L_1, L_2, \dots, L_N , M types différents de services du capital K_1, K_2, \dots, K_M , et R types différents de facteurs intermédiaires M_1, M_2, \dots, M_R :

$$Q = H(L_1, L_2, \dots, L_N, K_1, K_2, \dots, K_M, M_1, M_2, \dots, M_R, t) \quad (\text{A.1})$$

75. Voir, par exemple, Jorgenson et Griliches (1967), Jorgenson (1995a,b), Diewert (1976).

76. Voir, par exemple, Varian (1984) ou Nadiri (1998).

- Les variations de productivité sont neutres par rapport au modèle de Hicks, c'est-à-dire qu'elles correspondent à un déplacement vers l'extérieur de la fonction de production, exprimé par un paramètre A , (A.1) devient donc :

$$Q = A \cdot F(L_1, L_2, \dots, L_N, K_1, K_2, \dots, K_M, M_1, M_2, \dots, M_R) \quad (\text{A.2})$$

- Pour tout niveau de production souhaité, l'entreprise minimise le coût des facteurs, en fonction de la technologie de production présentée ci-dessus. Les marchés des facteurs de production sont concurrentiels, de manière que l'entreprise considère le prix des facteurs comme donné et ajuste les quantités de facteurs afin de minimiser les coûts.
- Le travail et les facteurs intermédiaires peuvent être loués à n'importe quel moment aux prix du marché $w_i (i=1, 2, \dots, N)$ pour le travail et $p_{m_i} (i=1, 2, \dots, R)$ pour les facteurs intermédiaires.
- La fourniture de services du capital nécessite d'investir dans les différents types de capital ou de louer un bien de capital pendant une période donnée. Tout investissement accroît le stock de capital productif d'où sont tirés les services du capital. Étant donné que les services du capital fournis par un bien d'équipement déclinent à mesure que celui-ci vieillit, ou disparaissent complètement lorsqu'il est retiré du service, il convient de tenir compte de ces pertes d'efficacité ou de cette dégradation. La dégradation, le taux de rendement net requis et les pertes ou les gains provenant d'une variation du prix du marché des biens de capital constituent ensemble le coût d'utilisation du capital (voir l'annexe 4 pour plus de détails). Ce coût d'utilisation du capital (μ) est le prix des services du capital qui émanent du stock de capital productif de chaque catégorie de bien de capital.
- Aucun coût d'ajustement n'est associé à l'investissement. Ou, alternativement, tous les coûts d'ajustement sont strictement proportionnels au volume d'investissement.

3. Un tel dispositif entraîne un problème d'optimisation standard, où le travail, les facteurs intermédiaires et les services du capital sont choisis de manière à minimiser les coûts totaux.

$$\text{Min } C = \sum_{i=1}^N w_i L_i + \sum_{i=1}^M \mu_i K_i + \sum_{i=1}^R p_{M_i} M_i \quad (\text{A.3})$$

avec :

$$Q = A \cdot F(L_1, L_2, \dots, L_N, K_1, K_2, \dots, K_M, M_1, M_2, \dots, M_R)$$

4. La solution à ce problème produit les conditions d'optimalité habituelles, où :

$$P \cdot A \frac{\partial F}{\partial L_i} = w_i; i = 1, 2, \dots, N : \text{location de travail jusqu'à ce que le revenu marginal généré} \quad (\text{A.4})$$

77. Voir l'annexe 5 pour une explicitation et une description du coût d'utilisation.

soit égal au taux de salaire w où P représente le prix de la production ;

$$P \cdot A \frac{\partial F}{\partial K_i} = \mu_i; i = 1, 2, \dots, M : \text{ investissements en capital (location de biens}$$

d'équipement) mis en œuvre jusqu'à ce que le revenu marginal généré soit égal aux coûts d'utilisation du capital μ_i ⁷⁷ ;

$$P \cdot A \frac{\partial F}{\partial M_i} = p_{M_i}; i = 1, 2, \dots, R : \text{ achats de facteurs intermédiaires jusqu'à ce que le}$$

revenu marginal généré soit égal au prix d'achat des facteurs intermédiaires, p_{M_i} .

5. Dans l'étape suivante, la fonction de production est différenciée en fonction du temps. On obtient l'expression suivante :

$$\frac{d \ln Q}{dt} = \sum_{i=1}^N \frac{F_{L_i} L_i}{F} \frac{d \ln L_i}{dt} + \sum_{i=1}^M \frac{F_{K_i} K_i}{F} \frac{d \ln K_i}{dt} + \sum_{i=1}^R \frac{F_{M_i} M_i}{F} \frac{d \ln M_i}{dt} + \frac{d \ln A}{dt} \quad (\text{A.5})$$

6. On constate que le taux de croissance de la production est une moyenne pondérée des taux de croissance des différents facteurs, et du terme productivité multifactorielle, A . Les pondérations données à chaque facteur sont les élasticités de chaque facteur de production, c'est-à-dire la variation en pourcentage de la production qui peut être attribuée à une variation de +1 % de ce facteur. Cependant, les élasticités de production ne peuvent pas s'observer directement, et il est nécessaire de recourir à des techniques économétriques pour obtenir les paramètres correspondants. Ou bien, dans les approches non paramétriques, les conditions d'optimalité (A.4) permettent de produire des mesures observables. Par exemple, lorsque la condition d'optimalité du facteur travail de type i , $PAF_{L_i} = w_i$ est

intégrée à $\frac{F_{L_i} L_i}{F}$, on obtient $\frac{F_{L_i} L_i}{F} = \frac{w_i L_i}{PAF} = \frac{w_i L_i}{PQ}$, soit la part du travail de type i dans la valeur totale

de la production. Cette relation peut aussi être utilisée pour d'autres facteurs et donne l'expression suivante :

$$\frac{d \ln Q}{dt} = \sum_{i=1}^N \frac{w_i L_i}{PQ} \frac{d \ln L_i}{dt} + \sum_{i=1}^M \frac{\mu_i K_i}{PQ} \frac{d \ln K_i}{dt} + \sum_{i=1}^R \frac{p_{M_i} M_i}{PQ} \frac{d \ln M_i}{dt} + \frac{d \ln A}{dt} \quad (\text{A.6})$$

7. On modifie ensuite l'expression (A.6) pour calculer le taux de variation de la PMF comme terme résiduel :

$$\frac{d \ln A}{dt} = \frac{d \ln Q}{dt} - \sum_{i=1}^N \frac{w_i L_i}{PQ} \frac{d \ln L_i}{dt} - \sum_{i=1}^M \frac{\mu_i K_i}{PQ} \frac{d \ln K_i}{dt} - \sum_{i=1}^R \frac{p_{M_i} M_i}{PQ} \frac{d \ln M_i}{dt} \quad (\text{A.7})$$

2. Mesures de la variation de composition des facteurs

8. Le modèle de base présenté ci-dessus prévoit différents types de travail, de capital et de facteurs intermédiaires, afin de tenir compte du fait qu'une heure travaillée ou le capital ne sont pas des facteurs homogènes, mais qu'ils varient, par exemple, en fonction de l'expérience ou de la formation du salarié ou de la catégorie de bien de capital. En général, chaque type de travail, de capital ou de facteurs intermédiaires possède une productivité marginale propre et reçoit une rémunération en conséquence. Il est possible de calculer des taux de croissance cohérents pour l'ensemble des facteurs travail, capital et intermédiaires en pondérant le taux de variation de chaque type de facteur par sa productivité marginale ou sa part dans les dépenses totales consacrées au travail, au capital ou aux facteurs intermédiaires :

$$\frac{d \ln L}{dt} = \sum_{i=1}^N \frac{w_i L_i}{wL} \frac{d \ln L_i}{dt}; \quad wL = \sum_{i=1}^N w_i L_i; \quad (\text{A.8})$$

$$\frac{d \ln K}{dt} = \sum_{i=1}^M \frac{\mu_i K_i}{\mu K} \frac{d \ln K_i}{dt}; \quad \mu K = \sum_{i=1}^M \mu_i K_i$$

$$\frac{d \ln M}{dt} = \sum_{i=1}^R \frac{p_{M_i} M_i}{p_M M} \frac{d \ln M_i}{dt}; \quad p_M M = \sum_{i=1}^R p_{M_i} M_i$$

9. Une autre solution consiste à prendre un indice non pondéré du travail, du capital ou des facteurs intermédiaires, tel que $L' = \sum_{i=1}^N L_i$, c'est-à-dire la simple somme des heures travaillées de façon

indifférenciée. Le taux de variation est donné par $\frac{d \ln L'}{dt} = \sum_{i=1}^N \frac{L_i}{L'} \frac{d \ln L_i}{dt}$. La différence entre la mesure

pondérée et non pondérée du facteur travail est directement interprétée comme un indice de variation de composition de la main-d'œuvre employée (voir *Bureau of Labor Statistics*, 1993, pour une application). De même, il est possible de produire des mesures des variations de composition des facteurs capital et intermédiaires. Enfin, on obtient à partir de (A.8) une forme simplifiée de l'équation de comptabilité de la croissance (A.7) :

$$\frac{d \ln Q}{dt} = s_L \frac{d \ln L}{dt} + s_K \frac{d \ln K}{dt} + s_M \frac{d \ln M}{dt} + \frac{d \ln A}{dt}, \quad (\text{A.9})$$

10. Dans l'expression (A.9), $s_L = \frac{wL}{PQ}$, $s_K = \frac{\mu K}{PQ}$, $s_M = \frac{p_M M}{PQ}$ représentent les parts, à prix courants, du travail, du capital et des facteurs intermédiaires dans la production brute. Dans le cas de rendements d'échelle constants, la somme de ces parts de revenu est égale à un.

Annexe 4

MESURES DU STOCK DE CAPITAL

1. Cette section présente de manière plus formelle le calcul du stock de capital productif et des services du capital, déjà décrits à la section 5.3. Elle se réfère à une catégorie unique d'actif, c'est-à-dire à un bien de capital qui soit en théorie véritablement homogène. Sachant que les services du capital sont une grandeur difficile à observer directement, on suppose qu'ils sont proportionnels au stock de l'actif productif i , $K_{i,t}^G$. Pour un actif particulier homogène, ce stock se calcule par la méthode de l'inventaire permanent, qui consiste à cumuler les dépenses d'investissement passées. Des pondérations sont attachées à chaque génération d'investissement afin de refléter le déclin de l'efficacité productive, ainsi que le déclassement des cohortes d'investissements :

$$K_{i,t}^P = \sum_{\tau=0}^T h_{i,\tau} \cdot F_{i,\tau} \frac{IN_{i,t-\tau}}{q_{i,t-\tau,0}} \quad (\text{A.10})$$

2. $IN_{i,t}$ correspond aux dépenses nominales d'investissement consacrées à l'actif de type i au moment t . L'investissement réel s'obtient par division par un indice de prix d'investissement $q_{i,t,0}$ dans lequel les caractères $_{i,t,0}$ font référence à un indice de prix pour l'actif i dont l'âge est de zéro (qui est donc neuf) pour l'année t . $F_{i,\tau}$ est une *fonction de déclassement* qui précise la proportion des actifs d'âge τ qui sont encore en service. $F_{i,\tau}$ diminue avec le temps et sa valeur est comprise entre un (lorsque tous les actifs sont présents) et zéro (lorsque tous les actifs d'une génération donnée ont été déclassés). T est la durée de vie maximale des actifs de type i , c'est-à-dire le nombre d'années à l'issue desquelles tous les biens d'équipement d'une génération particulière ont été déclassés. Cela revient à dire que $F_{i,T} = 0$.

3. h_τ correspond à un *profil âge-efficience*, qui renseigne sur la diminution de l'efficience productive au fil du vieillissement d'un actif. h_τ diminue avec le temps, d'une valeur comprise entre un (lorsqu'un actif est neuf) et zéro (lorsqu'il a perdu l'ensemble de sa capacité productive). h_τ dépasse $h_{\tau,1}$ d'un montant qui dépend du profil spécifique de perte d'efficience d'un actif. Parmi les profils utilisés dans la littérature, on compte l'amortissement dégressif linéaire, ainsi qu'un profil hyperbolique et un profil géométrique. Une hypothèse est implicite dans cette formulation : le stock de capital est mesuré en début de période. Seuls les investissements réalisés les années précédentes contribuent donc au volume de ce stock.

4. A partir de (A.10), on peut établir un lien direct avec le *stock de capital brut*. La différence entre stock brut et stock productif tient aux effets de l'usure, exprimés par h_τ . Le stock de capital brut n'est qu'un cas particulier du stock de capital productif dans lequel on ne tient aucun compte de l'usure, seul le déclassement d'un actif étant pris en considération :

$$K_{i,t}^G = \sum_{\tau=0}^T F_{i,\tau} \frac{IN_{i,t-\tau-1}}{q_{i,t-\tau-1,0}} \quad (\text{A.11})$$

5. Le stock productif comme le stock brut présentés plus haut sont valorisés à *prix constants* (selon la terminologie introduite dans l'aperçu de la section 5.1). Ces notions sont donc quantitatives. Multiplier les expressions ci-dessus par les prix du marché d'un bien d'équipement neuf au moment t ($q_{i,t,0}$) aboutit à une mesure du stock productif (du stock brut) à *prix courants*.

6. *Stock net de capital* (« richesse »). Le stock net de capital (« richesse ») d'un actif particulier correspond à la valeur de toutes les générations de capital du point de leur propriétaire. La valorisation s'effectue via la grandeur $q_{i,t,\tau}$, c'est-à-dire au prix du marché au moment t pour un actif d'âge τ :

$$K_{i,t}^N = \sum_{\tau=0}^T q_{i,t,\tau} \cdot F_{i,\tau} \frac{IN_{i,t-\tau}}{q_{i,t-\tau,0}} \quad (\text{A.12})$$

7. Dans la formule (A.12), le stock net de capital (« richesse ») est exprimé à *prix courants*. On notera que le rapport des prix entre un actif âgé de τ années et un actif neuf, $\frac{q_{i,t,\tau}}{q_{i,t,0}}$ se confond avec le

profil âge-prix décrit à la section 5.1. En pratique, ce profil âge-prix est souvent considéré comme invariable dans le temps. En exprimant un tel profil invariable dans le temps sous la forme

$z_{i,\tau} = \frac{q_{i,t,\tau}}{q_{i,t,0}}$, on obtient :

$$K_{i,t}^N = \sum_{\tau=0}^T q_{i,t,0} \cdot z_{i,\tau} \cdot F_{i,\tau} \frac{IN_{i,t-\tau}}{q_{i,t-\tau,0}} \quad (\text{A.13})$$

8. Ce stock de capital en valeur nette à prix courants peut aisément être exprimé à *prix constants*. Il suffit pour cela de le diviser par le prix courant du marché pour les actifs neufs, $q_{i,t,0}$. Une comparaison de l'expression qui en résulte avec (A.10) montre que le stock productif à prix constants et le stock (« richesse ») net à prix constants ne peuvent être identiques que si $h_{i,\tau} = z_{i,\tau}$, en d'autres termes si le profil âge-efficience et le profil âge-prix coïncident.

Annexe 5

COÛTS D'UTILISATION

1. Selon une relation clef de la théorie du capital, la valeur (marchande) d'un actif dépend du flux de recettes attendu de cet actif sur sa durée de vie. Plus spécifiquement, dans un marché qui fonctionne bien et en situation d'équilibre, le prix du marché d'un actif d'âge s au moment t ($q_{i,t,s}$) devrait être égal à la valeur actualisée des recettes à venir attendues de cet actif. Cependant, à tout moment, la minimisation des coûts conduira à l'égalité entre ces recettes marginales et le coût marginal d'un actif donné. Les coûts marginaux d'un actif d'âge s sur la période t sont les coûts d'utilisation ou les prix de location de cet actif : $\mu_{i,t,s}$. Le prix d'un actif au moment t peut alors s'écrire de la manière suivante :

$$q_{i,t,s} = \sum_{\tau=0}^T \mu_{i,t+\tau,\tau+s} / (1+r)^{\tau+1} \quad (\text{A.14})$$

2. Il faut noter une autre relation : celle entre coûts d'utilisation et profil âge-efficience d'un actif. A tout moment, le rapport entre les coûts d'utilisation de deux générations du même actif correspond aux efficacités productives relatives de ces deux générations, pondérées par leur probabilité de survie. Cette relation découle de l'hypothèse implicite selon laquelle différentes générations de la même classe d'actifs sont parfaitement substituables l'une à l'autre. Si tel est le cas, elles ne peuvent se distinguer que par leur efficacité relative, et leur prix de location doit exactement refléter la relation suivante :

$$\frac{\mu_{i,t,s}}{\mu_{i,t,0}} = h_{i,s} F_{i,s} \quad (\text{A.15})$$

3. Compte tenu de cette relation entre coûts relatifs de l'utilisateur, la condition d'équilibre du marché des actifs (A.14) peut alors être formulée en termes de coûts d'utilisation d'un actif nouveau et de profil âge-efficience, puisque $\mu_{i,t,s} = \mu_{i,t,0} \cdot h_{i,s} \cdot F_{i,s}$:

$$q_{i,t,s} = \sum_{\tau=0}^T \mu_{i,t+\tau,0} h_{i,\tau+s} F_{i,\tau+s} / (1+r)^{\tau+1} \quad (\text{A.16})$$

4. La formule (A.16) peut alors être résolue de la manière suivante pour le terme exprimant le coût d'utilisation:

$$\mu_{i,t,s} = q_{i,t,s}r + (q_{i,t,s} - q_{i,t,s+1}) - (q_{i,t+1,s+1} - q_{i,t,s+1}) \quad (\text{A.17})$$

5. (A.17) est une formulation courante pour les coûts d'utilisation d'un actif d'âge s au moment t (Hulten, 1990 ou 1996). Elle comporte trois éléments distincts : (a) le retour net de l'investissement $q_{i,t,s}r$, ou les coûts de financement de l'actif, si r correspond au taux d'emprunt ; (b) une composante relative à l'amortissement⁷⁸, qui rend compte des effets du vieillissement ou de la différence pour la même année t entre la valeur d'un actif âgé de s ans ($q_{i,t,s}$) et celle d'un actif âgé de $s+1$ ans ($q_{i,t,s+1}$) ; (c) un terme exprimant les gains ou pertes en capital liés aux évolutions générales des prix des biens de capital, c'est-à-dire la différence entre un actif âgé de s ans sur l'année $t+1$, ($q_{i,t+1,s}$) et un actif âgé de s ans sur l'année t , ($q_{i,t,s}$).

6. Il n'est pas inutile de reformuler l'expression relative au coût d'utilisation en termes de taux d'amortissement et de taux de gains ou pertes en capital. On définit pour cela le taux d'amortissement comme $d_{i,t,s} = 1 - \frac{q_{i,t,s+1}}{q_{i,t,s}}$ et le taux de gains ou pertes en capital comme $\rho_{i,t} = \frac{q_{i,t+1,s+1}}{q_{i,t,s}} - 1$. Le terme correspondant, plus haut, au coût de l'utilisateur, peut alors être exprimé de la manière suivante :

$$\mu_{i,t,s} = q_{i,t,s} (r + d_{i,t,s} - \rho_{i,t} + d_{i,t,s}\rho_{i,t}) \quad (\text{A.18})$$

7. Pour un actif neuf ($s = 0$), c'est pratiquement identique à la formule concernant le coût d'utilisation décrite dans la section 5.4. La seule différence tient au terme d'interaction entre le taux d'amortissement et les gains en capital, $d_{i,t,s}\rho_{i,t}$, qui apparaît ici du fait des hypothèses spécifiques adoptées quant au moment de l'investissement (début ou fin de période) et à sa date d'effet en tant que bien de capital (immédiatement opérationnel ou seulement lors de la période suivante).

8. *Calcul du taux d'amortissement.* Pour des raisons pratiques, $\rho_{i,t}$ est mesuré directement, comme étant le taux de variation de l'indice de prix des biens de capital neufs, mais le taux d'amortissement doit, lui, être calculé. Une possibilité à cet effet consiste à utiliser la variation du stock net (« richesse ») à prix constants pour déduire un taux d'amortissement cohérent.

9. La variation annuelle du stock net de capital (« richesse ») à prix courants avant l'introduction des investissements nouveaux, correspond à l'évolution de la valeur des actifs existants. Cette variation entre deux périodes (ou entre le début et la fin d'une même période) reflète à la fois l'amortissement (perte de valeur due au vieillissement) et une réévaluation (ou des gains ou pertes en capital, c'est-à-dire les changements de valeur dus aux variations de prix de l'actif non liées au vieillissement du stock de capital). Pour neutraliser les effets de cette réévaluation et pour isoler les amortissements, on considère la variation de valeur du stock net à prix constants. Conformément à la

78. L'utilisation du terme « d'amortissement » obéit ici aux conventions valables dans la littérature sur la productivité. Elle diffère donc de la convention en vigueur dans la comptabilité nationale, qui intègre le terme gains/pertes en capital.

définition de ce stock net (« richesse ») figurant dans l'expression (A.12), le stock net (« richesse ») au début de la période t aux prix de cette période est donné par $K_{i,t}^N$. Le stock net (« richesse ») une période plus tôt, là encore à prix courants, est $K_{i,t-1}^N$. Une comparaison à prix constants nécessite d'exprimer $K_{i,t-1}^N$ aux prix de la période t (ou *vice versa*). La variation du stock net (« richesse ») aux prix constants de l'année t est alors donnée par :

$$K_{i,t}^N - K_{i,t-1}^N \frac{q_{i,t,0}}{q_{i,t-1,0}} = IN_{i,t,0} + q_{i,t,0} D_{i,t} \quad (\text{A.19})$$

$$\text{où } D_{i,t} = \sum_{\tau=0} (z_{i,\tau} F_{i,\tau} - z_{i,\tau+1} F_{i,\tau+1}) \frac{IN_{i,t-\tau-1}}{q_{i,t-\tau-1}}$$

10. Cette variation du stock net (« richesse ») comporte deux composantes : la valeur du nouvel investissement pendant la période t , $IN_{i,t,0}$ et le terme d'amortissement réel $D_{i,t}$. Le taux d'amortissement, terme qui fait partie de l'expression correspondant au coût d'utilisation, est alors calculé comme étant le rapport entre l'amortissement en termes réels et le stock net (« richesse ») réel, ou $d_{i,t} = \frac{D_{i,t}}{K_{i,t}^N}$.

11. L'estimation établie pour le taux d'amortissement $d_{i,t}$ reflète l'amortissement moyen, sur toutes les générations de l'actif. Elle est ainsi influencée par la répartition de ces générations, et peut donc varier avec le temps. Autre possibilité, qui suit exactement le cadre théorique [développé dans l'équation (A.18)], le taux d'amortissement présent dans le terme relatif au coût d'utilisation d'un actif nouveau dépend exclusivement du rapport entre les valeurs d'un bien de capital neuf et d'un bien de capital âgé d'un an. Ce rapport peut être directement repris du premier élément du profil âge-prix, $z_{i,1}$ (voir plus loin), ce qui fournit un autre moyen de dégager un taux d'amortissement à partir du terme exprimant le coût d'utilisation.

12. *Des profils âge-efficience aux profils âge-prix.* Une manière relativement simple d'obtenir des profils âge-prix à partir d'un ensemble de profils âge-efficience consiste à recourir à une version simplifiée de la condition d'équilibre du prix des actifs (A.16). En se souvenant que le profil âge-prix d'un actif a été donné par $z_{i,\tau} = \frac{q_{i,t,\tau}}{q_{i,t,0}}$, et en intégrant cette condition d'équilibre, on obtient :

$$z_{i,s} = \frac{q_{i,t,s}}{q_{i,t,0}} = \frac{\sum_{\tau} \mu_{i,t+\tau,0} h_{i,\tau+s} F_{i,\tau+s} / (1+r)^{-(1+\tau)}}{\sum_{\tau} \mu_{i,t+\tau,0} h_{i,\tau} F_{i,\tau} / (1+r)^{-(1+\tau)}} \quad (\text{A.20})$$

13. A ce point, on adopte l'hypothèse simplificatrice selon laquelle $\mu_{i,t+\tau,0}$, c'est-à-dire le revenu nominal à venir d'un actif nouveau, suit une trajectoire de croissance constante, donnée par le taux β : $\mu_{t+\tau,0} = \mu_{t+\tau-1,0} (1+\beta)$. L'utilisation de cette relation dans la suite du raisonnement montre que le revenu nominal à venir τ périodes plus loin, $\mu_{t+\tau,0}$ est égal au revenu nominal sur la période t ,

multiplié par le taux $(1 + \beta)^\tau$: $\mu_{t+\tau,0} = \mu_{t,0}(1 + \beta)^\tau$. Cette relation est donc désormais utilisée dans l'équation (A.20) :

$$z_{i,s} = \frac{q_{i,t,s}}{q_{i,t,0}} = \frac{\sum_{\tau} \mu_{i,t,0} (1 + \beta)^\tau h_{i,\tau+s} F_{i,\tau+s} / (1 + r)^{-(1+\tau)}}{\sum_{\tau} \mu_{i,t,0} (1 + \beta)^\tau h_{i,\tau} F_{i,\tau} / (1 + r)^{-(1+\tau)}} = \frac{\mu_{i,t,0} (1 + \beta)^{-1} \sum_{\tau} h_{i,\tau+s} F_{i,\tau+s} \left(\frac{1+r}{1+\beta}\right)^{-(1+\tau)}}{\mu_{i,t,0} (1 + \beta)^{-1} \sum_{\tau} h_{i,\tau} F_{i,\tau} \left(\frac{1+r}{1+\beta}\right)^{-(1+\tau)}} \quad (\text{A.21})$$

14. Les premiers termes au numérateur et au dénominateur de (A.21) s'annulent. Compte tenu des hypothèses adoptées quant au profil âge-efficience $h_{i,\tau}$, au profil de déclassement $F_{i,\tau}$, au taux d'actualisation r , et à β , il est possible de calculer un profil âge-prix $z_{i,s}$. Plutôt que de fixer des paramètres individuels pour r et β , il est pratique de choisir un taux d'actualisation « réel », $\frac{1+r}{1+\beta}$.

Dans les applications empiriques, ce taux est souvent fixé à 4 %. Dans ce cas, l'expression finale pour calculer le profil âge-prix est la suivante :

$$z_{i,s} = \frac{q_{i,t,s}}{q_{i,t,0}} = \frac{\sum_{\tau} h_{i,\tau+s} F_{i,\tau+s} (1.04)^{-(1+\tau)}}{\sum_{\tau} h_{i,\tau} F_{i,\tau} (1.04)^{-(1+\tau)}} \quad (\text{A.22})$$

Annexe 6

AGRÉGER PRODUCTION, FACTEURS DE PRODUCTION ET PRODUCTIVITÉ

1. La discussion du modèle théorique a jusqu'ici été menée au niveau d'une seule entreprise représentative ou d'une seule branche d'activité. Il est toutefois éminemment souhaitable d'élaborer des mesures de la croissance de la productivité sur des ensembles plus vastes : le secteur manufacturier ou toute l'économie, par exemple. Les différentes méthodes d'agrégation existantes ne produisent pas toutes des résultats identiques au niveau agrégé, selon, notamment, que l'économie considérée est ouverte ou fermée. Comme l'explique le corps du texte, l'agrégation est ici envisagée comme un mécanisme dans lequel des pans de plus en plus larges de l'économie sont rassemblés dans un processus d'intégration. A chaque niveau d'agrégation, des mesures de productivité sont calculées à partir des flux de production du secteur considéré vers le reste de l'économie, et des flux d'entrées de l'extérieur vers ce secteur. Traiter chaque niveau d'agrégation comme une unité de production intégrée revient à affirmer l'existence d'une fonction de production potentielle à chaque niveau d'agrégation, y compris pour l'ensemble de l'économie. Cette annexe se limitera à l'agrégation des mesures de la productivité des branches d'activité au niveau de l'ensemble de l'économie. Il serait bien sûr possible de généraliser cette description à des agrégations à des niveaux intermédiaires.

1. L'agrégation selon Domar

2. Domar (1961), puis Hulten (1978) ont exploré une méthode pour relier les mesures agrégées et celles au niveau des branches d'activité. Ces auteurs partent de mesures de productivité de type KLEMS au niveau des branches et se demandent comment les combiner pour former un équivalent à l'échelle de l'économie. Pour cela, il faut postuler l'existence d'une fonction de production potentielle valable pour l'ensemble de l'économie et qui établit une relation entre, d'une part, les facteurs primaires disponibles et, d'autre part, la production finale totale, c'est-à-dire les livraisons à la demande finale. Ce domaine potentiel de la production peut être représenté comme une fonction H assortie des arguments FD (indice des livraisons à la demande finale), X (indice combinant les facteurs primaires travail et services du capital), M_M (indice des facteurs intermédiaires importés) et le paramètre A , pour indiquer les fluctuations de la fonction au cours du temps.

$$H(FD, X, M_M, A) = 0 \quad (\text{A.23})$$

3. La variation de la productivité agrégée est définie comme une modification du domaine potentiel de la production agrégée au cours du temps, ou comme le taux de variation de A . En situation d'équilibre concurrentiel, elle peut être mesurée comme la différence entre le taux de variation de la demande finale totale et celui des facteurs primaires et des facteurs intermédiaires importés.

$$\frac{d \ln A}{dt} = \frac{d \ln FD}{dt} - \frac{P_X X}{P_{FD} FD} \frac{d \ln X}{dt} - \frac{P_{MM} M_M}{P_{FD} FD} \frac{d \ln M_M}{dt} \quad (\text{A.24})$$

4. Dans cette expression, $\frac{P_x X}{P_{FD} FD}$ correspond à la part des facteurs primaires à prix courant

dans la demande finale totale et $\frac{P_{MM} M_M}{P_{FD} FD}$ à celle des facteurs intermédiaires importés. La somme

de ces parts est égale à un parce qu'au niveau de l'économie totale, les livraisons à la demande finale équivalent au total des revenus ou des paiements relatifs aux facteurs de production, dont une partie revient aux facteurs primaires nationaux et une autre aux fournisseurs étrangers de produits intermédiaires. Les taux agrégés de variation de la demande finale et des facteurs primaires et intermédiaires sont eux-mêmes des moyennes pondérées des livraisons à la demande finale des différentes branches d'activité et des facteurs primaires et importés utilisés par chaque branche. Il s'agit maintenant d'énoncer la relation précise entre ces composantes.

5. Au niveau des branches, on part de la fonction de production qui nous est familière $Q^j = A^j F^j(X^j, M^j, M_M^j)$, qui relie la production brute des branches aux facteurs primaires (travail et capital) utilisés par la branche j (comme précédemment, ces facteurs primaires sont combinés pour former l'indice de quantité X^j), aux facteurs intermédiaires produits dans le pays M^j et aux facteurs intermédiaires importés M_M^j . Notons que les facteurs intermédiaires produits dans le pays M^j sont absents de la fonction de production potentielle de l'économie entière. S'ils disparaissent à ce niveau d'agrégation, c'est parce ces flux intra-industriels sont ramenés à zéro dans un processus d'intégration verticale. En présence de marchés concurrentiels et de technologies à rendements d'échelle constants, la croissance de la productivité des branches d'activité est donnée par la formule :

$$\frac{d \ln A^j}{dt} = \frac{d \ln Q^j}{dt} - \frac{P_x^j X^j}{P^j Q^j} \frac{d \ln X^j}{dt} - \frac{P_M^j M^j}{P^j Q^j} \frac{d \ln M^j}{dt} - \frac{P_{MM}^j M_M^j}{P^j Q^j} \frac{d \ln M_M^j}{dt} \quad (\text{A.25})$$

6. En outre, au niveau de chaque branche, deux identités comptables se vérifient. La première décompose la valeur totale de la production de cette branche en livraisons à d'autres branches et à la demande finale. Pour des raisons de simplicité, mais sans sacrifier beaucoup de généralité, on suppose ici que chaque branche produit exactement une seule marchandise destinée à la demande finale et qu'elle facture sa production exactement au même prix pour tous ses acheteurs. Selon l'autre identité, la valeur de la production brute sert à payer les facteurs primaires et intermédiaires, nationaux et étrangers. En termes de comptabilité nationale, ces deux identités représentent le compte de production d'une branche d'activité. Des notations supplémentaires sont nécessaires pour les mettre par écrit. Dans l'expression (A.26), Q^{kj} correspond aux ventes de produits de la branche j à la branche k et FD^j , aux livraisons des produits de la branche j aux consommateurs finals.

$$P^j Q^j = \sum_k P^j Q^{kj} + P^j FD^j \quad (\text{A.26})$$

$$P^j Q^j = P_X^j X^j + P_M^j M^j + P_{MM}^j M_M^j$$

7. D'après la première relation comptable de la formule (A.26), il est possible de définir une expression correspondant au taux de variation des ventes de la branche j à la demande finale. C'est ce que fait l'équation (A.27). Le taux de croissance de ces ventes est la différence entre le taux de

croissance de la production brute totale et le taux de variation d'un indice de quantité des ventes aux autres branches, modulé par le rapport de la valeur de la production brute totale aux livraisons à la demande finale.

$$\frac{d \ln FD^j}{dt} = \frac{P^j Q^j}{P^j FD^j} \left(\frac{d \ln Q^j}{dt} - \sum_k \frac{P^j Q^{kj}}{P^j Q^j} \frac{d \ln Q^{kj}}{dt} \right) \quad (\text{A.27})$$

8. Compte tenu des relations existant à l'échelle de l'ensemble de l'économie et au niveau des industries par branches d'activité, il est intéressant de relier les mesures de la croissance de la productivité spécifiques à chaque branche (A.25) à celles valables pour l'économie entière (A.24). Pour établir cette relation, on observe que : *i*) l'agrégation de la demande finale peut être exprimée sous forme d'une moyenne pondérée des livraisons des différentes branches à la demande finale, comme le montre la première expression de l'équation (A.28) ; *ii*) l'agrégation des facteurs primaires peut être exprimée sous forme d'une moyenne pondérée de l'utilisation des facteurs primaires par chaque branche ; et *iii*) l'agrégation des facteurs intermédiaires importés peut être exprimé comme une moyenne pondérée des facteurs intermédiaires importés par chaque branche.

$$\frac{d \ln FD}{dt} = \sum_j \frac{P^j FD^j}{P_{FD} FD} \frac{d \ln FD^j}{dt} \quad (\text{A.28})$$

$$\frac{d \ln X}{dt} = \sum_j \frac{P_X^j X^j}{P_X X} \frac{d \ln X^j}{dt}$$

$$\frac{d \ln M_M}{dt} = \sum_j \frac{P_{MM}^j M_M^j}{P_{MM} M_M} \frac{d \ln M_M^j}{dt}$$

9. Les expressions de la formule (A.28) concernant les agrégats relatifs à la demande finale et aux facteurs primaires et intermédiaires importés peuvent maintenant être insérées dans l'expression définissant la croissance de la productivité de l'ensemble de l'économie (A.24). Après quelques manipulations, on obtient ainsi :

$$\begin{aligned} & \frac{d \ln A}{dt} = \quad (\text{A.29}) \\ & = \sum_j \frac{P^j Q^j}{P \cdot FD} \left(\frac{d \ln Q^j}{dt} - \sum_k \frac{P^j Q^{kj}}{P^j Q^j} \frac{d \ln Q^{kj}}{dt} \right) - \frac{P_X X}{P \cdot FD} \sum_j \frac{P_X^j X^j}{P_X X} \frac{d \ln X^j}{dt} - \frac{P_{MM} M_M}{P \cdot FD} \sum_j \frac{P_{MM}^j M_M^j}{P_{MM} M_M} \frac{d \ln M_M^j}{dt} \end{aligned}$$

10. Chaque vente à la branche j provenant de la branche k est aussi enregistrée comme un facteur intermédiaire par la branche j : $Q^{kj} = M^{jk}$, et donc $\frac{d \ln Q^{kj}}{dt} = \frac{d \ln M^{jk}}{dt}$. On peut alors former l'expression suivante :

$$\sum_j \sum_k \frac{P^j Q^{kj}}{P \cdot FD} \frac{d \ln Q^{kj}}{dt} = \sum_k \sum_j \frac{P^j M^{jk}}{P \cdot FD} \frac{d \ln M^{jk}}{dt} \quad (\text{A.30})$$

11. Compte tenu de (A.30), il est possible de reformuler (A.29) sous la forme (A.31) :

$$\frac{d \ln A}{dt} = \sum_j \frac{P^j Q^j}{P \cdot FD} \left(\frac{d \ln Q^j}{dt} - \frac{P_M^j M^j}{P^j Q^j} \frac{d \ln M^j}{dt} - \frac{P_x^j X^j}{P^j Q^j} \frac{d \ln X^j}{dt} - \frac{P_{MM}^j M_M^j}{P^j Q^j} \frac{d \ln M_M^j}{dt} \right) \quad (\text{A.31})$$

12. Une comparaison avec (A.25) montre que l'évolution agrégée de la technologie peut être représentée comme une somme pondérée des variations de la productivité des branches d'activité. La variation de la productivité de chaque branche est pondérée par le rapport de sa production brute à la demande finale globale, comme le montre la première expression de (A.32). En économie fermée, la valeur totale de la demande finale est égale à la valeur ajoutée totale (qui est elle-même toujours égale au revenu total des facteurs de production primaires). Dans ce cas, la procédure d'agrégation peut être écrite de la même manière que dans la deuxième expression de (A.32). Il s'agit de la formule d'agrégation de Domar.

$$\frac{d \ln A}{dt} = \sum_j \frac{P^j Q^j}{P \cdot FD} \frac{d \ln A^j}{dt} \quad (\text{A.32})$$

$$\frac{d \ln A}{dt} = \sum_j \frac{P^j Q^j}{P_x X} \frac{d \ln A^j}{dt}$$

13. Plusieurs points méritent ici d'être notés⁷⁹ :

- Les mesures de productivité au niveau des branches sont de type KLEMS, et relient la production brute aux facteurs primaires et intermédiaires. Implicitement, les flux intra-branches de facteurs intermédiaires ont été éliminés. Le principe est le même au niveau agrégé. La production brute y prend en effet la forme de ventes à la demande finale, et les facteurs de production s'y limitent aux facteurs primaires produits dans le pays et aux facteurs intermédiaires importés. Tous les flux de marchandises produites à l'intérieur de l'économie ont été éliminés.

79. Pour un exposé en rapport avec les mesures de productivité aux États-Unis, voir Gullickson et Harper (1999a).

- Conséquence directe de ce processus d'intégration, la somme des pondérations envisagées dans (A.32) n'est pas égale mais supérieure à un. Cela implique que la croissance de la productivité constitue plus qu'une moyenne pondérée des croissances des productivités des branches. Comme il est expliqué dans le corps du texte (section 8.2), cela tient au fait que les gains de productivité réalisés dans la production de facteurs intermédiaires n'ont pas seulement un effet « direct », mais entraînent aussi une baisse des prix des facteurs dans les branches situées en aval, et que ces effets se cumulent.

2. Agrégation de la PMF capital-travail

14. Pour relier les mesures de croissance de la productivité agrégée et celles des branches d'activité, on peut aussi s'appuyer sur le concept de valeur ajoutée. Avant de présenter les liens entre ces deux niveaux, il n'est pas inutile de rappeler brièvement la définition et l'interprétation des mesures de la valeur ajoutée. La notation est la même que dans la section ci-dessus. En outre, $P_{VA}^j VA^j$ renvoie à (l'indice de) la valeur ajoutée à prix courants, qui se compose d'un indice de prix P_{VA}^j et d'un indice de quantité VA^j . Notons tout d'abord l'identité comptable qui définit la valeur ajoutée à prix courants comme étant la différence entre la production brute ($P^j Q^j$) et les facteurs intermédiaires – produits dans l'économie nationale ($P_M^j M^j$) et importés ($P_{MM}^j M_M^j$). On peut aussi considérer que la valeur ajoutée à prix courants correspond au revenu total des facteurs primaires ($P_x^j X^j$), comme le montre la deuxième ligne de l'expression (A.33) :

$$P_{VA}^j VA^j = P^j Q^j - P_M^j M^j - P_{MM}^j M_M^j \quad (\text{A.33})$$

15. D'après Diewert (1978) ou Lau (1976), il est possible de définir une fonction de valeur ajoutée nominale G qui reflète le montant maximal de la valeur ajoutée qu'il est possible de produire à partir d'un ensemble de prix et de facteurs primaires donné. Les volumes de facteurs intermédiaires maximisant la valeur ajoutée s'obtiennent en différenciant (A.33) par rapport à M^j et M_M^j . Cela aboutit à $P^j \frac{\partial Q^j}{\partial M^j} = P_M^j$ et $P^j \frac{\partial Q^j}{\partial M_M^j} = P_{MM}^j$: les recettes marginales provenant des facteurs intermédiaires intérieurs et importés sont égales aux coûts marginaux de ces facteurs. Les montants des facteurs intermédiaires minimisant les coûts sont alors donnés par $M^{*j} = M^{*j}(X^j, P^j, P_M^j, A^j)$ et $M_M^{*j} = M_M^{*j}(X^j, P^j, P_M^j, A^j)$. La fonction de valeur ajoutée G est donc la suivante :

$$P_{VA}^j VA^j = G^j(X^j, P^j, P_M^j, A^j) = P^j Q^j - P_M^j M^{*j} - P_{MM}^j M_M^{*j} \quad (\text{A.34})$$

16. Cette fonction de valeur ajoutée est ensuite différenciée par rapport au temps. En termes de taux de variation logarithmiques, cela débouche sur l'expression suivante :

$$\begin{aligned} \frac{d \ln G^j}{dt} &= \frac{d \ln P_{VA}^j}{dt} + \frac{d \ln VA^j}{dt} = \\ &= \frac{P^j Q^j}{G^j} \left(\frac{d \ln Q^j}{dt} + \frac{d \ln P^j}{dt} - \frac{P_M^j M^j}{P^j Q^j} \left(\frac{d \ln P_M^j}{dt} + \frac{d \ln M^j}{dt} \right) - \frac{P_{MM}^j M_M^j}{P^j Q^j} \left(\frac{d \ln P_{MM}^j}{dt} + \frac{d \ln M_M^j}{dt} \right) \right) \end{aligned} \quad (\text{A.35})$$

17. (A.35) décompose le taux de variation de la valeur ajoutée nominale. Cette décomposition comporte une composante de prix et une autre de quantité. Les mouvements combinés des prix à la production et des prix des facteurs intermédiaires s'imposent naturellement pour le taux de variation de l'indice de prix de la valeur ajoutée Divisia. C'est ce que montre la formule (A.36).

$$\frac{d \ln P_{VA}^j}{dt} = \frac{P^j Q^j}{G^j} \frac{d \ln P^j}{dt} - \frac{P_M^j M^j}{G^j} \frac{d \ln P_M^j}{dt} - \frac{P_{MM}^j M_M^j}{G^j} \frac{d \ln P_{MM}^j}{dt} \quad (\text{A.36})$$

18. Parallèlement à l'indice de prix de la valeur ajoutée,⁸⁰ il existe un indice implicite de quantité, qui s'obtient en déflatant la fonction de valeur ajoutée nominale G par son indice de prix, comme l'indique l'expression (A.37).

$$\begin{aligned} \frac{d \ln VA^j}{dt} &= \frac{d \ln G^j}{dt} - \frac{d \ln P_{VA}^j}{dt} = \\ &= \frac{P^j Q^j}{G^j} \frac{d \ln Q^j}{dt} - \frac{P_M^j M^j}{G^j} \frac{d \ln M^j}{dt} - \frac{P_{MM}^j M_M^j}{G^j} \frac{d \ln M_M^j}{dt} \end{aligned} \quad (\text{A.37})$$

19. Le taux de variation en volume de la valeur ajoutée peut être interprété comme un indice de quantité qui retrace les variations de quantité de la production brute non dues à des variations au niveau des facteurs intermédiaires (produits sur le marché intérieur ou importés). La valeur ajoutée réelle exprime par conséquent les évolutions de la production brute causées par des variations touchant les facteurs primaires et par les modifications globales de la fonction de production. La valeur ajoutée réelle a pour intérêt – dans une économie fermée – de décrire précisément la contribution d'une branche aux ventes aux consommateurs finals et aux investisseurs.

20. L'étape suivante consiste à se tourner vers la mesure de la productivité en valeur ajoutée et à définir la croissance de la PMF capital-travail comme la différence des taux de variation de deux indices de quantité : celui de la valeur ajoutée et celui des facteurs primaires. Nous notons le résidu de productivité capital-travail \tilde{A}^j , avec un tilde pour le distinguer de son équivalent de la formule (A.25), fondé sur la production brute⁸¹ :

80. Il convient de noter que ces mesures de prix et de volume de la valeur ajoutée ont été calculées à partir de la version neutre par rapport au modèle de Hicks (augmentant la production) d'une fonction de production, sans aucune hypothèse supplémentaire quant à la technologie de production. En ce sens, des indices de prix et de volume de la valeur ajoutée existent toujours. Rien ne garantit toutefois que ces indices sont « indépendants du cheminement emprunté ». Cette indépendance signifie que l'indice de prix de la valeur ajoutée dépend exclusivement du cheminement des prix de ses deux composantes : indice de prix de la production brute et indice de prix des facteurs intermédiaires. Un indice de prix dépendant du cheminement est, quant à lui, aussi tributaire d'autres variables. Il peut donc ne pas être unique. Voir Sato (1976) pour une discussion de ce sujet, mais aussi Lau (1976) et Diewert (1980).

81. Pour interpréter (A.38) comme une mesure de l'évolution technologique indépendante du cheminement, il faut supposer l'existence d'une fonction de valeur ajoutée qui n'associe cette évolution qu'à la valeur ajoutée réelle et aux facteurs primaires : $V^j = V^j(X^j, \tilde{A}^j)$. Cette relation existe uniquement si la fonction de production des branches peut être séparée en facteurs primaires et intermédiaires, de sorte que $Q^j = H^j(V^j(X^j, \tilde{A}^j), M^j, M_M^j)$. Une fonction de production est

$$\frac{d \ln \tilde{A}^j}{dt} = \frac{d \ln VA^j}{dt} - \frac{d \ln X^j}{dt} \quad (\text{A.38})$$

21. Il existe une relation directe avec la mesure de la productivité en termes de production brute⁸². Pour le constater, il suffit d'insérer l'indice de valeur ajoutée réelle (A.37) dans l'expression (A.38). Ces deux mesures sont liées par un terme qui correspond à l'inverse de la part de la valeur ajoutée à prix courant dans la production brute. C'est ce que montre (A.39). Puisque la valeur ajoutée ne peut jamais être supérieure à la production brute, cette part est toujours inférieure à un, et son inverse toujours supérieur ou égal à un. En conséquence, une mesure de la productivité en termes de valeur ajoutée est toujours au moins aussi importante qu'une mesure fondée sur la production brute :

$$\frac{d \ln \tilde{A}^j}{dt} = \frac{d \ln VA^j}{dt} - \frac{d \ln X^j}{dt} = \frac{P^j Q^j}{P_{VA}^j VA^j} \left(\frac{P_X^j X^j}{P^j Q^j} \frac{d \ln X^j}{dt} + \frac{d \ln A^j}{dt} \right) - \frac{d \ln X^j}{dt} = \frac{P^j Q^j}{P_{VA}^j VA^j} \frac{d \ln A^j}{dt} \quad (\text{A.39})$$

sachant que

$$G^j = P_{VA}^j VA^j = P_X^j X^j .$$

22. Cela nous ramène à la question de l'agrégation. La relation (A.39) est importante parce qu'elle permet d'établir le lien entre la croissance de la productivité agrégée et celle de la productivité des branches d'activité. La combinaison de (A.39) et (A.32) montre que les déplacements de la fonction de production potentielle agrégée peuvent être déterminés sous forme, soit d'une somme pondérée des mesures de productivité KLEMS (avec des pondérations « de Domar »), soit d'une moyenne pondérée de mesures de productivité en valeur ajoutée (les pondérations se fondant sur les parts dans la valeur ajoutée). Cette dernière observation est vraie en économie fermée. En économie ouverte, il faut corriger le résultat par le rapport de la valeur ajoutée sur la demande finale, pour tenir compte de l'importation de certains facteurs intermédiaires. C'est ce qu'indique la formule (A.40).

$$\frac{d \ln A}{dt} = \sum_j \frac{P^j Q^j}{P \cdot FD} \frac{d \ln A^j}{dt} = \sum_j \frac{P_{VA}^j VA^j}{P \cdot FD} \frac{d \ln \tilde{A}^j}{dt} = \frac{P_{VA} VA}{P \cdot FD} \sum_j \frac{P_{VA}^j VA^j}{P_{VA} VA} \frac{d \ln \tilde{A}^j}{dt} \quad (\text{A.40})$$

faiblement séparable par rapport à une partition entre valeur ajoutée et facteurs intermédiaires si le taux marginal de substitution à l'intérieur de tout couple de facteurs primaires est indépendant des quantités de facteurs intermédiaires en jeu. Pour une discussion formelle de cette question, voir Goldman et Uzawa (1964). La séparabilité constituant une hypothèse fort restrictive, et maintes fois rejetée par les tests empiriques, il est probable que les mesures de productivité en termes de valeur ajoutée au niveau des branches d'activité peuvent donner une image inexacte des évolutions technologiques lorsque le progrès technique touche toutes les catégories de facteurs intervenant dans le processus de production.

82. Voir Bruno (1978) pour une discussion plus détaillée de la fonction de valeur ajoutée dans la mesure de la productivité.

3. Agrégation de la productivité du travail en termes de valeur ajoutée

23. Parallèlement à la croissance de la PMF par branche, on peut aussi agréger des mesures de la productivité du travail en termes de valeur ajoutée au même niveau. Là aussi, le lien entre taux de croissance agrégé et taux de croissance des branches permet d'évaluer la contribution des différentes branches à la variation de la production horaire au niveau macro-économique. Cet ouvrage n'a toutefois pas pour ambition spécifique de relier la croissance de la productivité du travail au niveau micro-économique aux variations d'un domaine potentiel de production macro-économique.

24. La mesure de la productivité du travail en valeur ajoutée par branche (π^j) est donnée par la relation $\frac{d \ln \pi^j}{dt} = \frac{d \ln VA^j}{dt} - \frac{d \ln L^j}{dt}$. Comme nous l'avons vu, $V\hat{A}^j$ correspond au taux de variation de la valeur ajoutée réelle dans la branche j et \hat{L}^j au taux de variation du facteur travail. Là encore, le taux agrégé de variation de la valeur ajoutée est une moyenne des variations au niveau des branches pondérées par la part de chaque branche dans la valeur ajoutée :

$$\frac{d \ln VA}{dt} = \sum_j s_{VA}^j \cdot \frac{d \ln VA^j}{dt}, \text{ où } s_{VA}^j = \frac{P_{VA}^j VA^j}{P_{VA} VA}, P_{VA} VA = \sum_j P_{VA}^j VA^j \quad (\text{A.41})$$

25. Du côté des facteurs de production, on procède à l'agrégation du facteur travail des branches d'activité en pondérant les taux de croissance des heures travaillées de chaque branche par la part de cette branche dans la rémunération totale du travail.

$$\frac{d \ln L}{dt} = \sum_j s_L^j \cdot \frac{d \ln L^j}{dt}, \text{ où } s_L^j = \frac{w^j L^j}{wL}, wL = \sum_j w^j L^j \quad (\text{A.42})$$

26. Dans l'agrégation du facteur travail, on se contente souvent de faire la somme des heures travaillées dans l'ensemble des branches. Il s'agit d'un cas particulier de la procédure décrite plus haut, qui s'applique lorsque les taux de salaires sont identiques d'une branche à l'autre. Dans ce cas, $s_L^j = \frac{L^j}{L}$ et le taux de croissance du travail total est isomorphe au cas dans lequel les heures sont simplement additionnées.

27. La croissance de la productivité agrégée du travail est définie comme la différence entre la croissance de la valeur ajoutée agrégée et celle du facteur travail agrégé :

$$\frac{d \ln \Pi}{dt} = \sum_j (s_{VA}^j \frac{d \ln VA^j}{dt} - s_L^j \frac{d \ln L^j}{dt}) \quad (\text{A.43})$$

28. La contribution d'une branche à la croissance de la productivité du travail agrégée correspond à $s_{VA}^j \frac{d \ln VA^j}{dt} - s_L^j \frac{d \ln L^j}{dt}$, c'est-à-dire à la différence entre les contributions de cette

branche à la valeur ajoutée totale et au facteur travail total. On notera que si $s_{VA}^j = s_L^j$, la croissance de la productivité totale du travail est une simple moyenne pondérée des croissances de la productivité du travail pour chaque branche. On peut encore représenter cette grandeur en la décomposant en une moyenne pondérée des croissances de la productivité des branches et un terme de ré-allocation R (A.44) :

$$\frac{d \ln \Pi}{dt} = \sum_j s_j^{VA} \left(\frac{d \ln VA^j}{dt} - \frac{d \ln L^j}{dt} \right) + R \text{ où } R = \sum_j (s_{VA}^j - s_L^j) \frac{d \ln L^j}{dt} \quad (\text{A.44})$$

29. Ce terme de ré-allocation sera positif si une branche en expansion (c'est-à-dire dont le facteur travail augmente) détient, dans la production, une part supérieure à sa part dans la rémunération du travail, ce qui revient à dire qu'elle bénéficie d'un *niveau* de productivité du travail supérieur à la moyenne. Un rééquilibrage des ressources au profit des secteurs où la productivité est plus importante implique une accélération de la croissance de la productivité agrégée.

Annexe 7

REMERCIEMENTS

Ce manuel a considérablement bénéficié des débats au sein du Groupe de travail statistique du Comité de l'industrie de l'OCDE. En outre, un grand nombre d'idées et de suggestions ont été apportées par un groupe d'experts informel, sous forme de commentaires écrits ainsi qu'à l'occasion d'une réunion organisée en juin 2000. Toutes les erreurs et omissions restent bien sûr de la seule responsabilité du Secrétariat de l'OCDE. Les personnes suivantes ont participé à ce groupe d'experts et/ou fourni des commentaires sur les versions antérieures de ce manuel :

M. Edwin Dean (président)	George Washington University, Washington, DC, ancien Commissaire associé du Bureau of Labor Statistics des États-Unis
M. Charles Aspden	Australian Bureau of Statistics
M. Bart van Ark	Université de Groningue, Pays-Bas
Mme Pirkko Aulin-Ahmavaara	Institut statistique de Finlande
M. Erwin Diewert	University of British Columbia, Canada
M. René Durand	Industrie Canada, et anciennement Statistique Canada
M. Mogens Fosergau	Ministère du Commerce et de l'Industrie, Danemark
M. Gabriel Gamez	Office fédéral de la statistique, Suisse
M. Charles Hulten	University of Maryland, États-Unis
M. Eivind Hoffmann	Bureau de statistique, Bureau international du travail
M. Jacques Mairesse	INSEE, France
M. Joachim Recktenwald,	Eurostat
Mme Isabelle Maquet-Engsted,	
M. John Verrinder	
M. Carlo Milana	Institut d'études et d'analyse économiques, Italie
M. Nick Oulton	Banque d'Angleterre, Royaume-Uni
M. Prasada Rao	University of New England, Australie
M. Anders Sorensen	Ministère du Commerce et de l'Industrie, Danemark
M. Jack Triplett	Brookings Institution, États-Unis

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ark, Bart van (1996), "Issues in Measurement and International Comparison of Productivity – An Overview", dans OCDE (1996a).
- Baily, Martin (1993), "Competition, Regulation, and Efficiency in Service Industries", *Brookings Papers on Economic Activity*, pp. 71-159.
- Balk, Bert M. (1998), *Industrial Price, Quantity and Productivity Indices, The Micro-economic Theory and an Application*, Kluwer Academic Publishers.
- Ball, V. Eldon, Rolf Färe, Shawna Grosskopf et Richard Nehring (2001), "Productivity of the U.S. Agricultural Sector: The Case of Undesirable Outputs", dans Hulten, Dean et Harper (sous la direction de).
- Bartelsman, Eric et Mark Doms (2000), "Understanding Productivity: Lessons from Longitudinal Microdata", *Journal of Economic Literature* 38(3), septembre, pp. 569-594.
- Basu, Susanto et John G. Fernald (1997), "Aggregate Productivity and Aggregate Technology", Board of Governors of the Federal Reserve System, *International Finance Discussion Papers Number 593*.
- Basu, Susanto et John G. Fernald (2001), "Why is Productivity Procyclical? Why do we Care?", dans Hulten, Dean et Harper (sous la direction de).
- Baumol, William J., Sue Anne Batey Blackman et Edward N. Wolff (1992), *Productivity and American Leadership: The Long View*, MIT Press.
- Beaulieu, Joseph J. et Joe Matthey (1998), "The Workweek of Capital and Capital Utilisation in Manufacturing", *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 10.
- Berndt, Ernst R. et Melvyn A. Fuss (1986), "Productivity Measurement with Adjustments for Variations in Capacity Utilisation and Other Forms of Temporary Equilibria", *Journal of Econometrics* 33.
- Berndt, Ernst R., Ian Cockburn et Zvi Griliches (1996), "Pharmaceutical Innovations and Market Dynamics: Tracking Effects on Price Indexes for Antidepressant Drugs", *Brookings Papers on Economic Activity*.
- Biorn, Erik (1989), "Gross and Net Capital, and the Form of the Survival Function: Theory and Some Norwegian Evidence", *Review of Income and Wealth*, Series 35.
- Bresnahan, Timothy F. et Robert J. Gordon (sous la direction de) (1996), *The Economics of New Goods*, Studies in Income and Wealth, University of Chicago Press.

- Bruno, Michael (1978), "Duality, Intermediate Inputs and Value Added", dans Fuss, Melvyn et Daniel McFadden (sous la direction de), *Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications*, Holland du Nord.
- Bureau of Labor Statistics (1983), *Trends in Multifactor Productivity, 1948-81*, Bulletin 2178.
- Bureau of Labor Statistics (1993), *Labor Composition and U.S. Productivity Growth, 1948-90*, US Government Printing Office.
- Caves, Douglas W., Laurits R. Christensen et W. Erwin Diewert (1982), "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity", *Econometrica*, pp. 1393-1413.
- Charnes, A., W.W. Cooper, A. Y. Lewin et L. M. Seiford (1994), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Application*, Kluwer.
- Coelli, Tim, D.S. Prasada Rao et George E. Battese (1998), *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*, Kluwer Academic Publishers.
- Commission des Communautés européennes, OCDE, FMI, Nations Unies, Banque mondiale (1993), *Système de comptabilité nationale 1993*, Bruxelles/Luxembourg, New York, Paris, Washington, DC.
- De Boer, Sake, Jan van Dalen et Piet Verbiest (1997), *The Use of Chain Indices in the Netherlands: Statistics Netherlands*, document présenté lors de la réunion d'experts en comptabilité nationale organisée conjointement par l'OCDE, la CEE/NU et Eurostat.
- Dean, Edwin R. et Michael J. Harper (2001), "The BLS Productivity Measurement Program", dans Hulten, Dean et Harper (sous la direction de).
- Dean, Edwin R., Michael J. Harper et Mark S. Sherwood (1996), "Productivity Measurement with Changing-weight Indices of Outputs and Inputs", dans OCDE (1996a).
- Denison, Edward F. (1969), "Some Major Issues in Productivity Analysis: An Examination of Estimates by Jorgenson and Griliches", *Survey of Current Business* 49.
- Denison, Edward F. (1974), *Accounting for United States Economic Growth 1929-69*, The Brookings Institution, Washington, DC.
- Denison, Edward F. (1985), *Trends in American Economic Growth 1929-82*, The Brookings Institution, Washington, DC.
- Denison, Edward F. (1989), *Estimates of Productivity Change by Industry: An Evaluation and an Alternative*, The Brookings Institution, Washington, DC.
- Diewert, Erwin W. (1976), "Exact and Superlative Index Numbers", *Journal of Econometrics*, pp. 115-45.
- Diewert, Erwin W. (1978), "Superlative Index Numbers and Consistency in Aggregation", *Econometrica* 46, pp. 883-900.

- Diewert, Erwin W. (1980), "Aggregation Problems in the Measurement of Capital", dans Dan Usher (sous la direction de), *The Measurement of Capital*, University of Chicago Press.
- Diewert, Erwin W. (1983), "The Theory of Output Price Index and the Measurement of Real Output Change", dans Erwin W. Diewert et Claude Montmarquette (sous la direction de), *La Mesure du niveau des prix*, Statistique Canada.
- Diewert, Erwin W. (1987a), "Index Numbers", dans J. Eatwell, M. Milgate et P. Newman (sous la direction de), *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*.
- Diewert, Erwin W. (1987b): "Cost Functions", dans J. Eatwell, M. Milgate et P. Newman (sous la direction de), *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*.
- Diewert, Erwin W. (1992), "Fisher Ideal Output, Input, and Productivity Indices Revisited", *The Journal of Productivity Analysis*, Vol. 3.
- Diewert, Erwin W. (2000), *The Challenge of Total Factor Productivity Measurement*, International Productivity Monitor.
- Diewert, Erwin W. et Catherine J. Morrison (1986), "Adjusting Output and Productivity Indexes for Changes in the Terms of Trade", *The Economic Journal* 96, pp. 659-679.
- Diewert, Erwin W. et Denis Lawrence (1999), "Measuring New Zealand's Productivity", Treasury Working Paper 99/5, <http://www.treasury.govt.nz/workingpapers/99-5.htm>.
- Diewert, Erwin W. et M.N.F. Mendoza (1995), "Data Envelopment Analysis: A Practical Alternative?", The University of British Columbia, *Department of Economics Discussion Paper* No. DP 95-30.
- Domar, Evsey (1961), "On the Measurement of Technological Change", *Economic Journal* 71.
- Dosi, Giovanni (1988), "Sources, Procedures and Micro-economic Effects of Innovation", *Journal of Economic Literature* 36.
- Durand, René (1994), "An Alternative to Double Deflation for Measuring Real Industry Value Added", *Review of Income and Wealth*, Vol. 40.
- Durand, René (1996), "Canadian Input-Output-based Multifactor Productivity Accounts", *Economic Systems Research*, Vol. 8.
- Eldridge, Lucy P. (1999), "How Price Indexes Affect Productivity Measures", *Monthly Labor Review*, février.
- Eurostat (2001), *Handbook on Price and Volume Measures in National Accounts*, à paraître.
- Ezaki, Mitsuo et Dale W. Jorgenson (1995), "Measurement of Macroeconomic Performance in Japan, 1951-1968", dans Dale W. Jorgenson (sous la direction de), *Productivity Volume II*, MIT Press.
- Farrell, M.J. (1957), "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society*, pp. 253-281.

- Fisher, Irving (1922), *The Making of Index Numbers*, Boston.
- Fisher, M. Franklin et Karl Shell (1998), *Economic Analysis of Production Price Indexes*, Cambridge University Press.
- Fosgerau, Mogens, Svend E. Hovgaard Jensen et Anders Sørensen (2000), “The Impact of Education on Labour Quality and Economic Growth”, CEBR Discussion Paper, www.cebr.dk (à paraître).
- Foss, M.F. (1963), “The Utilisation of Capital Equipment: Post-war Compared with Pre-war”, *Survey of Current Business* 43.
- Gersbach, Hans et Bart van Ark (1994), *Microfoundations of International Productivity Comparisons*, mémoire de recherche, Institute of Economic Research, Université de Groningue.
- Goldman, S.M. et H. Uzawa (1964), “A Note on Separability in Demand Analysis”, *Econometrica*, Vol. 32, n°3.
- Gollop, Frank (1979), “Accounting for Intermediate Input: The Link between Sectoral and Aggregate Measures of Productivity”, dans *Measurement and Interpretation of Productivity*, National Academy of Sciences, Washington.
- Griliches, Zvi (1987), “Productivity: Measurement Problems”, dans J. Eatwell, M. Milgate et P. Newman (sous la direction de), *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*.
- Griliches, Zvi (1990), “Hedonic Price Indexes and the Measurement of Capital and Productivity: Some Historical Reflections”, dans Ernst R. Berndt et Jack E. Triplett (sous la direction de), *Fifty Years of Economic Measurement*, Studies in Income and Wealth 54, National Bureau of Economic Research.
- Griliches, Zvi (1996a), “The Discovery of the Residual: A Historical Note”, *Journal of Economic Literature*, Vol. XXXIV.
- Griliches, Zvi (1996b), “R&D and Productivity: Econometric Results and Measurement Issues”, dans Stoneman (sous la direction de) (1996).
- Griliches, Zvi (1997), “R&D and the Productivity Slowdown: Is Recovery Around the Corner?”
polycopié non publié.
- Guellec, Dominique et Bruno van Pottelsberghe de la Potterie (2000), “R&D and productivity Growth: Panel Data Analysis of 16 OECD Countries”, *document de travail de la DSTI 2001/3*, OCDE, Paris.
- Gullickson, William and Michael J. Harper (1999a), “Possible Measurement Bias in Aggregate Productivity Growth”, *Monthly Labor Review*, février.
- Gullickson, William et Michael J. Harper (1999b), “Production Functions, Input-Output Tables, and the Relationship Between Industry and Aggregate Productivity Measures”, non publié.
- Hall, Robert E. et Dale W. Jorgenson (1967), “Tax Policy and Investment Behaviour”, *American Economic Review*, Vol. 57.

- Haltiwanger, John (2000), "Aggregate Growth: What have we learned from Microeconomic Evidence?", *OECD Economics Department Working Papers No. 267*, OCDE, Paris.
- Harberger, Arnold C. (1998), "A Vision of the Growth Process", *American Economic Review*, Mars.
- Harper, Michael J., Ernst R. Berndt et David O. Wood (1990), "Rates of Return and Capital Aggregation Using Alternative Rental Prices", dans Dale W. Jorgenson et Ralph Landau (sous la direction de), *Technology and Capital Formation*, MIT Press.
- Hill, Peter (1971), *La mesure de la production en termes réels. Une analyse thématique et empirique des taux de croissance de diverses branches d'activité dans différents pays*, OCDE, Paris.
- Hill, Peter (1988), "Recents développements de la théorie et de la pratique des indices", *Revue économique de l'OCDE n°10*, OCDE, Paris.
- Hill, Peter (1999a), "The Productive Capital Stock and the Quantity Index for Flows of Capital Services", document présenté lors de la troisième réunion du Groupe de Canberra sur les statistiques du stock de capital, Washington, DC.
- Hill, Peter (1999b), "Capital Stocks, Capital Services and Depreciation", document présenté lors de la troisième réunion du Groupe de Canberra sur les statistiques de stock de capital, Washington, DC.
- Hill, Peter (2000), "Economic Depreciation and the SNA", document présenté lors de la 26^e conférence de l'Association internationale de recherche sur le revenu et la richesse, Cracovie, Pologne.
- Hotelling, Harold (1925), "A General Mathematical Theory of Depreciation", *Journal of the American Statistical Association*, septembre, pp. 340-353.
- Hulten, Charles R. (1973), "Divisia Index Numbers", *Econometrica* 41.
- Hulten, Charles R. (1978), "Growth Accounting with Intermediate Inputs", *Review of Economic Studies* 45.
- Hulten, Charles R. (1990), "The Measurement of Capital", dans Ernst R. Berndt et Jack Triplett (sous la direction de) *Fifty Years of Economic Measurement*, NBER.
- Hulten, Charles R. (1996), "Issues in the Measurement of Depreciation: Introductory Remarks", *Economic Inquiry*, Vol. 34, pp. 10-23.
- Hulten, Charles R. (2001), "Total Factor Productivity: A Short Biography", dans Hulten, Dean et Harper (sous la direction de).
- Hulten, Charles R. Edwin R. Dean et Michael J. Harper (sous la direction de) (2001), *New Developments in Productivity Analysis*, University of Chicago Press for the National Bureau of Economic Research.
- Hulten, Charles R. et Frank C. Wykoff (1980), "Economic Depreciation and the Taxation of Structures in United States Manufacturing Industries: An Empirical Analysis", dans Dan Usher (sous la direction de), *The Measurement of Capital*, University of Chicago Press.

- Hulten, Charles R.(1986), “Productivity Change, Capacity Utilization, and the Sources of Efficiency Growth”, *Journal of Econometrics* 33.
- Jaffé, William (1954), Translation of Léon Walras *Element of Pure Economics*, Homewood, Illinois, RD.
- Jorgenson, D., F. Gollop et B. Fraumeni (1987), *Productivity and U.S. Economic Growth*, Harvard University Press, Ma.
- Jorgenson, Dale (1963), “Capital Theory and Investment Behaviour”, *American Economic Review*, Vol. 53, pp. 247-259.
- Jorgenson, Dale (1989), “Productivity and Economic Growth”, dans Ernst R. Berndt et Jack E. Triplett (sous la direction de), *Fifty Years of Economic Measurement*, University of Chicago Press.
- Jorgenson, Dale (1995a), *Productivity Volume 1: Postwar U.S. Economic Growth*, MIT Press.
- Jorgenson, Dale (1995b), *Productivity Volume 2: International Comparisons of Economic Growth*, MIT Press.
- Jorgenson, Dale (1996), “Empirical Studies of Depreciation”, *Economic Inquiry*, Vol. 34, pp. 24-42.
- Jorgenson, Dale et Zvi Griliches (1967), “The Explanation of Productivity Change”, *Review of Economic Studies* 34.
- Lau, Lawrence J. (1976), “A Characterisation of the Normalized Restricted Profit Function”, *Journal of Economic Theory* 12, pp. 131-163.
- Lavoie, Marie et Richard Roy (1998), “Emploi dans l’économie du savoir: un exercice de comptabilité de la croissance pour le Canada”, *Développement des ressources humaines, Canada, document de recherche, R-98-8E*.
- Lowe, Robin (1996), “Handling Quality Changes in the Canadian National Accounts Price Deflators”, dans OCDE (1996a).
- Mairesse, Jacques (1972), “L’évaluation du capital fixe productif – méthodes et résultats”, *Les collections de l’INSEE série C No 18-19*.
- Malmquist, Sten (1953), “Index Numbers and Indifference Surfaces”, *Trabajos de Estadística* 4, pp. 209-242.
- Metcalf, Stan (1996), “The Economic Foundations of Technology Policy: Equilibrium and Evolutionary Perspectives”, dans Stoneman (sous la direction de) (1996).
- Milana, Carlo et Kiyoshi Fujikawa (1996), “Bilateral and Multilateral Comparisons of Productivity in Input-Output Analysis Using Alternative Index Numbers”, dans OCDE (1996a).
- Morrison, Catherine J. (1986), “Productivity Measurement with Non-Static Expectations and Varying Capacity Utilization”, *Journal of Econometrics* 33, pp. 51-74

- Nadiri, Ishaq (1998), "Production: Neoclassical Theories", dans Eatwell, John, Murray Milgate et Peter Newman (sous la direction de), *The New Palgrave Dictionary of Economics*, Stockton Press Ltd.
- Nadiri, Ishaq et Ingmar Prucha (2001), "Dynamic Factor Demand Models and Productivity Analysis", dans Hulten, Dean et Harper (sous la direction de).
- Nelson, Richard (1981), "Research on Productivity Growth and Productivity Differences: Dead Ends and New Departures", *Journal of Economic Literature*.
- Nelson, Richard and Sidney Winter (1982), *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University, Cambridge Mass.
- Nickel, Stephen J. (1978), *The Investment Decisions of Firms*, Oxford.
- Nicoletti, Guiseppe, and Lucrezia Reichlin (1993), "Trends and Cycles in Labour Productivity in the Major OECD Countries", *Centre for Economic Policy Research Discussion Paper No. 808*.
- OCDE (1996a), *Industry Productivity: International Comparison and Measurement Issues*, OCDE, Paris.
- OCDE (1996b), *Services : Mesure de la valeur ajoutée réelle annuelle*, OCDE, Paris.
- OCDE (1998a), *Technologie, productivité et création d'emplois. politiques exemplaires*, OCDE, Paris.
- OCDE (1998b), "Employment Measures in the OECD National Accounts: Comparison between National Accounts and Labour Force Statistics", Réunion de l'OCDE d'experts en comptabilité nationale, OCDE, Paris.
- OCDE (2000), *Une nouvelle économie ? Transformation du rôle de l'innovation et des technologies de l'information dans la croissance*, OCDE, Paris.
- OCDE (à paraître), *OCDE Handbook on the Quality Adjustment of Price Indices for ICT Products*, OCDE, Paris.
- Organisation des Nations Unies (1990), *Classification internationale type par industrie de toutes les branches d'activité économique*, Études statistiques, Série M, n°4, révision 3, New York.
- Rymes, Thomas.K. (1971), *On Concepts of Capital and Technological Change*, Cambridge.
- Sato, Kazuo (1976), "The Meaning and Measurement of the Real Value Added Index", *Review of Economics and Statistics* 57.
- Seiford, Lawrence M. et Robert M. Thrall (1990), "Recent Developments in DEA", *Journal of Econometrics* 46.
- Shepard, R.W. (1953), *Cost and Production Functions*, Princeton University Press.
- Solow, Robert (1957), "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, pp. 312-320.

- Stoneman, Paul (sous la direction de) (1996), *Handbook of the Economics of Innovation and Technological Change*, Blackwell Handbooks in Economics.
- Szulc, Bohdan J. (1983), "Linking Price Index Numbers", dans Erwin W. Diewert et Claude Montmarquette (sous la direction de), *La mesure du niveau des prix*, Statistique Canada.
- Tinbergen, Jan (1942), "Zur Theorie der langfristigen Wirtschaftsentwicklung", *Weltwirtschaftliches Archiv*, Band 55:1.
- Triplett, Jack (1989), "Price and Technological Change in a Capital Good: A Survey of Research on Computers", dans Dale W. Jorgenson et Ralph Landau (sous la direction de) (1989), *Technology and Capital Formation*, MIT Press.
- Triplett, Jack (1996a), "High-tech Industry Productivity and Hedonic Price Indices", dans OCDE (1996a).
- Triplett, Jack (1996b), "Depreciation in Production Analysis and in Income and Wealth Accounts: Resolution of an Old Debate", *Economic Inquiry*, Vol. 34, pp. 93-115.
- Triplett, Jack (1998), *A Dictionary of Usage for Capital Measurement Issues*, document présenté lors de la deuxième réunion du Groupe de Canberra sur les statistiques du stock de capital.
- Varian, Hal R. (1984), *Microeconomic Analysis*, Norton and Company.
- Walras, Léon, *Éléments d'économie politique pure*, dans *Oeuvres économiques complètes d'Auguste et de Léon Walras*, Volume 8, Economica, Paris, 1988.
- Wykoff, Frank C. (1989), "Economic Depreciation and Business-Leased Automobiles", dans Dale W. Jorgenson et Ralph Landau (sous la direction de) (1989), *Technology and Capital Formation*, MIT Press.

LES ÉDITIONS DE L'OCDE, 2, rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16
IMPRIMÉ EN FRANCE
(92 2001 12 2 P) ISBN 92-64-28737-X – n° 51986 2001