La mesure du capital
Manuel de l'OCDE

DEUXIÈME ÉDITION

OCDE

2009

TABLE OF CONTENTS

PRÉFACE 7

REMERCIEMENTS 8

RÉSUMÉ 9

CHAPITRE 1. CONTEXTE, FINALITÉ ET CHAMP DU *MANUEL* 12

1.1. Le rôle de la mesure du capital 12
1.2. Finalité du Manuel 14
1.3. Ce que le Manuel ne couvre pas 15

PARTIE I : STOCKS DE CAPITAL ET SERVICES DU CAPITAL – CONCEPTS 17

CHAPITRE 2. INTRODUCTION 18

CHAPITRE 3. COMMENT SONT DÉTERMINÉES LES VALEURS DES ACTIFS ? 23

3.1. Présentation du concept 23
3.2. La relation entre les services du capital et le prix pour un seul actif – exemple chiffré 25

CHAPITRE 4. DÉCLASSEMENT D'ACTIFS ET STOCK BRUT DE CAPITAL 30

4.1. Stock brut de capital 30
4.2. Profil de déclassement et durée de vie utile des actifs 31
4.3. Combinaison des fonctions ancienneté-efficacité/déclassement 33

CHAPITRE 5. AMORTISSEMENT OU CONSOMMATION DE CAPITAL FIXE 35

5.1. Concept et champ d'application 35
5.2. Mesure de l'amortissement 37
5.3. Prix et volume des amortissements 41
5.4. Amortissement et obsolescence 41
5.5. Détermination des paramètres de l'amortissement 44

CHAPITRE 6. STOCK NET DE CAPITAL (« PATRIMOINE ») 45

6.1. Présentation du concept 45
6.2. Mesure 45

CHAPITRE 7. STOCK PRODUCTIF ET SERVICES DU CAPITAL 48

7.1. Présentation du concept 48
7.2. Calcul des stocks de capital productif 48

CHAPITRE 8. COÛT D'USAGE 51

8.1. Présentation du concept 51
8.2. Interprétation et mesure du coût d'usage 51
8.3. Taux de rendement – considérations conceptuelles 54
8.4. Réévaluation – considérations conceptuelles 64

PARTIE II : MESURE DES STOCKS DE CAPITAL ET SERVICES DU CAPITAL – MISE EN ŒUVRE 67

CHAPITRE 9. CHAMP ET CLASSIFICATION DE LA MESURE DU CAPITAL 68

9.1. Champ d'application 68
9.2. Classifications 69

CHAPITRE 10. LA MÉTHODE DE L'INVENTAIRE PERPÉTUEL – APERÇU 74

CHAPITRE 11. FONCTIONS ANCIENNETÉ-EFFICACITÉ 76

11.1. Détermination des fonctions ancienneté-efficacité à partir des profils d'amortissement 77

CHAPITRE 12. FONCTIONS ANCIENNETÉ-PRIX ET D'AMORTISSEMENT 79

12.1. Formes fonctionnelles de la fonction d'amortissement 79
12.2. Estimations économétriques des fonctions ancienneté-prix à partir des prix des actifs d'occasion 81
12.3. Détermination des profils d'amortissement à partir des fonctions ancienneté-efficacité 86
12.4. Approche de la fonction de production 86

CHAPITRE 13. DURÉE DE VIE UTILE ET DÉCLASSEMENT DES ACTIFS 88

13.1. La durée de vie utile des actifs 88
13.2. Fonctions de déclassement 96
13.3. Articulation des fonctions de déclassement avec les fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix 102

CHAPITRE 14. FORMATION BRUTE DE CAPITAL FIXE 106

CHAPITRE 15. CALCUL DES STOCKS DE CAPITAL NETS, BRUTS ET PRODUCTIFS ET DE L'AMORTISSEMENT 108

15.1. Fréquence annuelle 108
15.2. Amortissement (consommation de capital fixe) 108
15.3. Stocks de capital net 109
15.4. Stocks de capital productif 109
15.5. Stocks de capital brut 109
15.6. Fréquence sub-annuelle 109
15.7. Estimer un stock de capital initial en l'absence de séries chronologiques complètes sur l'investissement 110
15.8. Indices chaînés de la formation brute de capital fixe et méthode de l'inventaire perpétuel 111

CHAPITRE 16. ESTIMATION DES TAUX DE RENDEMENT 114

16.1. Taux de rendement pour les producteurs marchands 114
16.2. Taux de rendement de la production des ménages pour compte propre 120
16.3. Taux de rendement pour le secteur public 120

CHAPITRE 17. AGRÉGATION DES ACTIFS ET DES SECTEURS 125

17.1. Agrégation des actifs 125
17.2. Agrégation des secteurs d'activité 128

CHAPITRE 18. POINTS SPÉCIFIQUES DE LA MESURE DU CAPITAL 130

18.1. Terrains et logements 130
18.2. Les stocks 140
18.3 Ressources naturelles autres que les terrains 143
18.4 Fiscalité et coûts d'usage 145

18.5 Actifs usagés 149
18.6 Utilisateurs et propriétaires de biens immobilisés 151

PARTIE III : STOCKS DE CAPITAL ET SERVICES DU CAPITAL – THÉORIE 153

CHAPITRE 19. LE MODÈLE 154

19.1. Calcul des coûts d'usage 154
19.2. Décomposition des coûts d'usage 157
19.3. Amortissement 158
19.4. Rendement du capital et réévaluation ou gains de détention 160
19.5. Coûts d'usage totaux et stock de capital productif 161
19.6. Répartition prix/volume des services du capital 164
19.7. Mesures du capital dans les bilans 165
19.8. Résumé des formules employées pour la mesure du capital 167

RÉFÉRENCES 170

ANNEXE A : DURÉE DE VIE UTILE DES ACTIFS 181

ANNEXE B : MISE EN ŒUVRE DES ESTIMATIONS RELATIVES AU CAPITAL, SUR LA BASE D'UN ENSEMBLE ARTIFICIEL DE DONNEES 193

ANNEXE C : MÉTHODE SIMPLIFIÉE DE L'INVENTAIRE PERPÉTUEL 197

ANNEXE D : RAPPORTS ENTRE LES FONCTIONS ANCIENNETÉ-PRIX ET ANCIENNETÉ-EFFICACITÉ 203

GLOSSAIRE 208

Boxes

Box 1. Exemple chiffré 26
Box 2. Évaluation des stocks de capital 31
Box 3. Coût d'opportunité - une notion fondamentale en économie 61
Box 4. Taux d'amortissement déterminés au moyen de l'Enquête du Japon sur les investissements et les cessions d'actifs 82
Box 5. 82
Box 6. Taux d'amortissement déterminés au moyen de l'Enquête de Statistique Canada sur les investissements et les cessions d'actifs 84
Box 7. Durée de vie utile des stocks de capital en Allemagne 89
Box 8. Détermination de la durée de vie utile à partir des comptes des sociétés en France 90
Box 9. Durée de vie utile et fonctions de déclassement sur la base d'observations directes aux Pays-Bas91
Box 10. Les fonctions de mortalité de Winfrey 99
Box 11. Encadré 10. Des taux de rendement « réels équilibrés » pour le Japon 116
Box 12. Encadré 11. Évaluation des terrains et des logements détenus par des ménages en Australie .. 132
Box 13. Encadré 12. Valorisation des terrains au Canada 134
Box 14. Encadré 13. Mesure du coût d'usage des logements en Argentine 136
Box 15. Encadré 14. Valorisation des bâtiments au Danemark 139
Box 16. Encadré 10. Légende des variables 167

PRÉFACE

Bienvenue dans le *Manuel révisé de l'OCDE sur la mesure du capital*, établi à l'intention des producteurs comme des utilisateurs de statistiques sur le capital.

La publication en 2001 du *Manuel* original, *La mesure du capital*, a marqué une avancée significative dans la mesure statistique d'un élément crucial de l'activité économique. Le capital, qui tient une place fondamentale dans le processus de production, joue un rôle important en tant que source de revenu et composante de la richesse. Il est essentiel de bien le mesurer en stocks et en flux pour étayer l'élaboration et le suivi de la politique économique et, de manière plus générale, pour faciliter l'analyse économique. Le présent manuel révisé sur *La mesure du capital* s'appuie sur la version d'origine, en prenant en compte les nouvelles avancées de la mesure du capital et en veillant à la cohérence avec le Système de comptabilité nationale révisé (SCN 2008).

À l'instar de la version originale, la version révisée a pour point d'ancrage le SCN, car les statistiques sur le capital sont une composante essentielle des comptes nationaux. Elle met aussi l'accent sur une approche intégrée de la mesure du capital pour garantir la cohérence des diverses mesures des stocks et des flux. Le capital étant une composante décisive de l'analyse de la productivité, le *Manuel* établit un lien important entre le SCN et la mesure de la productivité. Il reste indissociable du *Manuel* de l'OCDE sur la Mesure de la productivité.

L'élaboration du *Manuel* révisé a été pilotée par le Groupe sur la mesure des actifs non financiers (dit Groupe Canberra II), qui a bénéficié de l'aide précieuse dispensée par le Secrétariat de l'Organisation. Le *Manuel* a été approuvé par le Groupe de travail sur la comptabilité nationale et le Comité des statistiques de l'OCDE.

Le *Manuel* révisé constitue un excellent exemple de la coopération entre les offices nationaux de statistique et les organisations statistiques internationales et j'ai eu beaucoup de plaisir à présider les travaux du Groupe Canberra II. J'exprime mes remerciements à tous ceux qui ont participé aux débats de ce Groupe ainsi qu'aux membres du personnel de l'OCDE qui ont apporté leur aide et participé à la préparation de ce *Manuel*. Je tiens tout particulièrement à saluer le travail remarquable de Charles Aspden et Paul Schreyer, de l'OCDE. Je remercie aussi l'OCDE pour la publication de ce *Manuel* révisé.

Peter Harper
Président
Groupe sur la mesure des actifs non financiers (Groupe Canberra II)

CHAPITRE 1. CONTEXTE, FINALITÉ ET CHAMP DU *MANUEL*

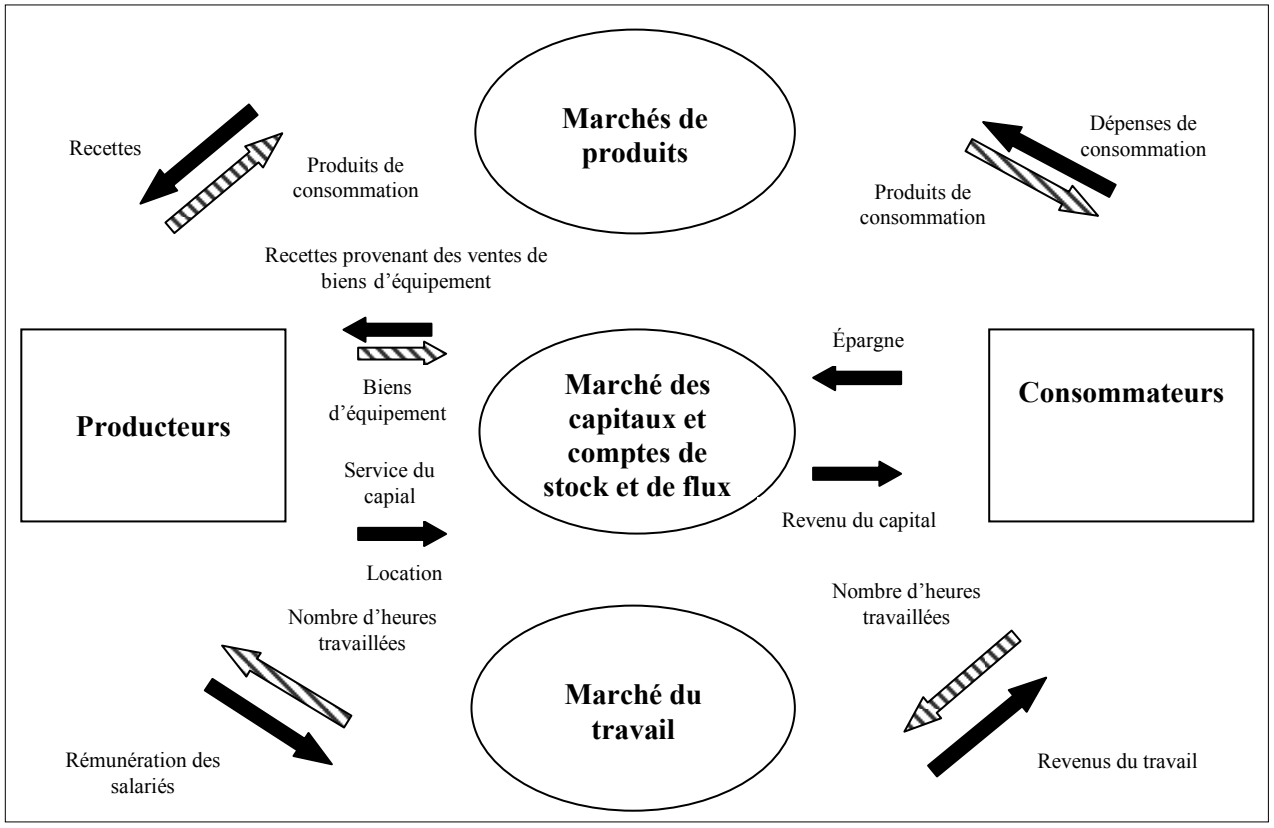
1.1. Le rôle de la mesure du capital

Il n'est peut-être pas inutile de rappeler succinctement le rôle du capital dans un système de comptabilité nationale schématique. Pour ce faire, le plus simple est d'utiliser un diagramme de flux circulaire (voir ci-dessous), où les flux de biens et services ont pour contrepartie des flux monétaires. Dans le cas le plus élémentaire, où l'on ne fait intervenir que les consommateurs et les producteurs, il s'agit généralement d'un échange de travail (heures ouvrées) et de biens de consommation. Cet échange, effectué sur les marchés du travail et des biens de consommation, engendre des recettes et des coûts pour les producteurs et des dépenses et des revenus du travail pour les consommateurs. Les flux de travail entrant dans le secteur de production et ceux de biens de consommation en sortant correspondent au processus productif dont l'analyse est au cœur de nombreuses questions économiques.

Mais le travail n'est pas le seul facteur de production, le capital jouant aussi un rôle. Le capital rend en effet des services à la production, en contrepartie desquels il est rémunéré par un loyer si les utilisateurs de biens d'équipement les louent à leur propriétaire pendant une ou plusieurs périodes. Il n'est pas rare qu'utilisateurs et propriétaires ne forment qu'une seule et même entité économique. Les services du capital, quoique produits et consommés en interne par l'entité économique concernée, n'en ont pas moins une existence propre et doivent être mesurés aux fins de l'analyse. Un paiement interne peut être envisagé pour les flux internes de ces services, en attribuant à ceux-ci un prix. Le coût du capital servant à la production et le flux de services associé n'étaient pas pris en compte par le Système de comptabilité nationale (SCN) de 1993 mais, plus récemment, la révision du SCN a corrigé cette lacune.

Le capital est aussi un instrument de conservation de la valeur. Les producteurs achètent des biens d'équipement et sollicitent des financements auprès des ménages. Ces derniers investissent dans les biens d'équipement en mettant leur épargne à la disposition des producteurs, lesquels rémunèrent les ménages par des intérêts ou des dividendes, c'est-à-dire le revenu du capital. La dimension patrimoniale du capital entre également en jeu dans les bilans, car, à une date donnée, tous les actifs, financiers ou non, doivent apparaître au bilan de l'unité qui en est la propriétaire de manière à donner une image exhaustive du patrimoine économique.

Graphique 1. Diagramme circulaire – le rôle du capital



Source : Adapté de Hulten (2006)

Il est indispensable de mesurer le capital, en raison du rôle essentiel que celui-ci joue dans l'économie. Les fondements théoriques de la mesure du capital ont fait l'objet d'un grand nombre d'ouvrages et c'est sans doute le « débat de Cambridge » qui a été le plus animé dans ce contexte. Il n'est pas opportun d'examiner ou de commenter ce débat dans le présent *Manuel*, mais il apparaît clairement que la mesure du capital doit obligatoirement reposer sur quelque substrat théorique : dans le présent texte, il est largement appel à la théorie néoclassique du capital.

En dehors des aspects purement théoriques, la mesure du capital suscite une difficulté pratique cruciale qui soulève de nombreuses questions empiriques : comment valoriser les stocks et les flux de capital en l'absence de transactions économiques (observables). Ce dilemme a été très clairement exposé par John Hicks dans *Capital and Time (1973)* :

> *« Mettons-nous à la place d'un statisticien auquel on demande un chiffre pour le capital national ; et supposons que ce qu'on lui demande est une valeur (en l'occurrence une valeur monétaire) de ce capital. […] Il a appris que, pour mesurer le revenu national, il a besoin d'un ensemble de comptes, les comptes de flux de l'économie nationale. Ainsi, lorsqu'on lui demande une mesure du capital national, il s'attend à la présenter sous la forme d'un bilan national. Mais, en pratique, construire un bilan national est une tâche très différente.*
>
> *En général, la plupart (mais non la totalité) des éléments d'un compte de flux, quelle qu'en soit la nature, correspondent à des transactions réelles. Quand un article est vendu, de l'argent change de main ; par conséquent, la valeur de l'article est exprimée en termes monétaires par l'acheteur et le vendeur, qui s'entendent sur le même montant. Il en va de même lorsqu'un prêt est accordé. Ainsi, si toutes les entités au sein d'une économie [...] tenaient des comptes de flux*

appropriés et si ces comptes ne reflétaient que des transactions, il serait possible de compiler sur cette base un compte de flux national, selon un processus purement arithmétique. Bien sûr, le statisticien chargé d'établir le compte du revenu national ne pourrait pas accéder au grand nombre de comptes individuels dont il aurait besoin à cet effet ; il serait forcé de les estimer. Mais, ce faisant, il calcule un chiffre effectif [...] alors qu'il n'a pas d'informations sur celui-ci [...].

Ce qui, dans le cas des comptes de flux est une complication, évitable dans une certaine mesure, est un inconvénient central et inévitable dans celui du compte de capital. Les actifs, dont la possession est enregistrée dans le bilan, sont des actifs que l'on détient et non des marchandises que l'on vend. Ils peuvent être vendus à un moment ou l'autre, mais ils ne le sont pas à la date à laquelle le bilan fait référence. »

La question de la valorisation revêt une importance centrale pour les stocks, mais les transactions non observables jouent aussi un rôle décisif pour l'estimation des volumes et des prix des flux de services du capital : il existe des marchés de location à partir desquels des observations peuvent être faites sur la valeur marchande de ces services, mais la majeure partie du capital est encore utilisée par ses propriétaires. Le statisticien doit donc choisir entre deux options : ne pas tenir compte de ces flux économiques ou estimer le prix et la quantité des services du capital qui sont internes à l'unité économique concernée. A condition de procéder avec toute la prudence requise et en se fondant sur un solide raisonnement théorique et sur la plus grande quantité d'informations économétriques possible, on peut se rapprocher de l'objectif ultime de la mesure du capital, à savoir mieux comprendre les processus de création de valeur et de bien-être économique.

1.2. Finalité du Manuel

Le présent *Manuel* vise deux objectifs complémentaires :

Présenter un système intégré des stocks et des flux intéressant la mesure du capital ;

Formuler des directives pratiques pour l'estimation de ces stocks et de ces flux. Un soin particulier est accordé à garantir la cohérence avec le Système de comptabilité nationale.

Le présent *Manuel* est divisé en trois parties principales. La première expose les concepts de la mesure du capital d'une manière non technique. A l'aide d'exemples chiffrés, le bien-fondé économique et statistique de la mesure des flux et stocks associés au capital est expliqué. Le principal message qui se dégage de cette analyse est probablement la nécessité d'un ensemble cohérent de flux et de stocks relatifs au capital, les plus importants de ces flux étant la formation de capital, l'amortissement et les services du capital et les plus importants de ces stocks étant le stock net et le stock productif. S'ils réussissent à produire un tel ensemble cohérent de mesures du capital, les offices nationaux de statistique contribueront beaucoup à l'utilité des comptes nationaux.

La deuxième partie du *Manuel* concerne les questions de précision et de mise en œuvre. Elle présente de façon aussi précise que possible sous l'angle technique certains concepts et règles de mesure.

Elle passe aussi en revue certaines mesures du capital qui n'ont pas encore été intégrées dans les comptes nationaux et/ou ne le seront pas à bref délai, alors même qu'elles sembleraient utiles du point de vue économique et qu'elles sont sans doute indissociables des ouvrages de recherche plus

La finalité principale de ce *Manuel* est de montrer comment bâtir un ensemble cohérent et analytiquement utile de mesures des flux et des stocks de capital

poussés. Parmi ces mesures figurent l'imputation de la totalité du coût d'usage aux actifs de l'État et l'inclusion dans les actifs productifs des terrains, des autres stocks et ressources naturels.

La troisième partie est une présentation algébrique du modèle de mesure sous-tendant les stocks et les flux de capital. L'objectif est de montrer, à partir d'une relation économique de base concernant les valeurs des actifs, comment des expressions de l'amortissement, des coûts d'usage et des divers types de stocks peuvent être dérivées selon des modalités aussi cohérentes que possibles avec le Système de comptabilité nationale.

1.3. Ce que le Manuel ne couvre pas

Ce *Manuel* ne traite pas de la mesure de la formation de capital proprement dite. Le SCN 1993 et sa révision ont repoussé la frontière des actifs en introduisant de nouvelles classes d'actifs fixes telles que l'exploration minière, les logiciels et les divertissements informatiques, les œuvres littéraires et artistiques originales et la recherche-développement. La valorisation de certains de ces nouveaux actifs soulève des problèmes pratiques et conceptuels, mais ces questions spécifiques ne sont abordées que succinctement dans ce document.

Le *Manuel* est quelque peu éclectique dans le choix des actifs non produits qui sont expressément couverts. Il traite le plus souvent, soit implicitement, soit expressément, des actifs produits parce que ceux-ci sont à la base de la mesure du capital et qu'ils conviennent le mieux aux indicateurs d'apports de capital dans la production. Bien que les terrains soient des actifs non produits, ils font l'objet d'un soin particulier dans le *Manuel* tandis qu'une place plus limitée est dévolue aux autres actifs non produits tels que les ressources naturelles. Il n'existe pas de justification conceptuelle solide pour ce choix, excepté que la science économique a longtemps traité les terrains comme une source de services du capital et qu'ils doivent être reconnus en tant que tels. Ce n'est pas le cas, dans une moindre mesure, pour les autres actifs non produits. Pour des raisons purement pratiques, il aurait été impossible de produire un guide exhaustif sur la mesure des bilans non financiers dans les délais impartis pour la rédaction de ce *Manuel*. Il existe au demeurant de nombreuses directives internationales sur les actifs environnementaux, notamment sous la forme du *Manuel* de comptabilité nationale : Comptabilité environnementale et économique intégrée (Orrganisation des Nations Unies et autres 2003), auquel nous renverrons le lecteur lorsque ce sera nécessaire.

Des indices sur les prix des actifs sont nécessaires pour mesurer les stocks de capital et le volume des investissements. La construction d'indices de prix pour les actifs fixes est particulièrement difficile car de nombreux actifs immobilisés sont uniques de sorte qu'il n'est pas possible d'observer les variations de prix d'une période à l'autre. Une autre difficulté tient au fait qu'une proportion importante des biens d'équipement, comme le matériel informatique et de télécommunications, connaît des avancées technologiques rapides parfois délicates à appréhender. La mesure des indices des prix des logements et des terrains pose aussi des questions méthodologiques importantes. Si nous avons fait allusion à ces questions, nous ne les avons pas traitées en détail parce que nous considérons qu'elles concernent les indices des prix et ne sont pas spécifiques à la mesure du stock de capital.

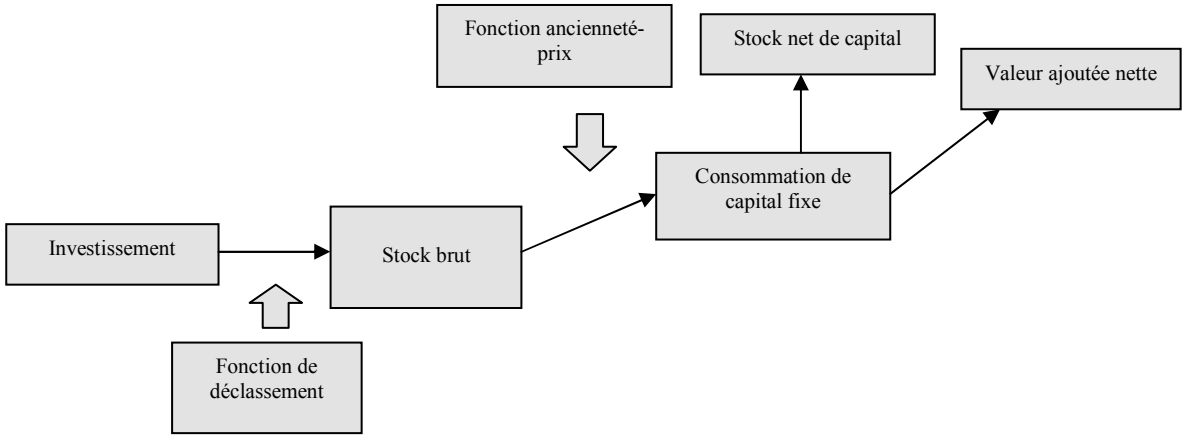
CHAPITRE 2. INTRODUCTION

L'un des principaux objectifs du présent *Manuel* est de présenter une méthode intégrée et cohérente de la mesure du capital, englobant les différentes mesures des stocks (bruts, nets et productifs) ainsi que les mesures pertinentes des flux économiques (investissement, amortissement et services du capital).

Les stocks de capital sont mentionnés à deux occasions dans le SCN de 1993, une fois à propos de l'établissement des bilans et une autre en tant qu'outil permettant de dériver des estimations de l'amortissement ou de la consommation de capital fixe (CCF). Comment les stocks bruts de capital sont-ils estimés ? Essentiellement en cumulant la formation brute de capital fixe (FBCF) année après année et en déduisant les actifs déclassés. Comme il ne serait pas logique d'agréger les dépenses effectuées au cours de différentes années sans les corriger de la variation des prix entre ces années, tous les chiffres sur les stocks de capital sont calculés « en prix constants ». Ces prix peuvent être ceux de l'année en cours, auquel cas les dépenses passées sont corrigées de manière à s'aligner sur le niveau actuel de prix, ou celui d'une année donnée, généralement celle qui a été retenue comme année de référence pour les comptes nationaux en prix constants.

Les mises au rebut sont calculées en postulant une durée de vie ou, plus précisément, une fonction de déclassement et en l'appliquant aux flux d'investissement. Le cumul de ces flux d'investissement corrigés donne le stock brut de capitalGraphique 2). La consommation de capital fixe, ou amortissement, est calculée en superposant sur cette durée une grille représentative de la perte de valeur. On obtient ainsi un profil ou fonction ancienneté-prix. Le facteur pertinent pour chaque cohorte d'actifs est appliqué de telle sorte que le chiffre du stock total reflète à la fois le niveau de prix choisi et le fait que des actifs similaires n'ayant pas la même ancienneté n'ont pas la même valeur. On obtient ainsi le stock net de capital.

Graphique 2. Mesures du capital dans le SCN 1993



Une fois que l'on dispose de chiffres cohérents sur le stock net de capital pour deux années successives, il devient possible de calculer la différence entre eux et d'estimer la CCF et l'amortissement

comme le recommande le SCN, une fois déduits les nouveaux investissements et prises en compte les cessions. Tous ces calculs doivent être effectués en prix constants.

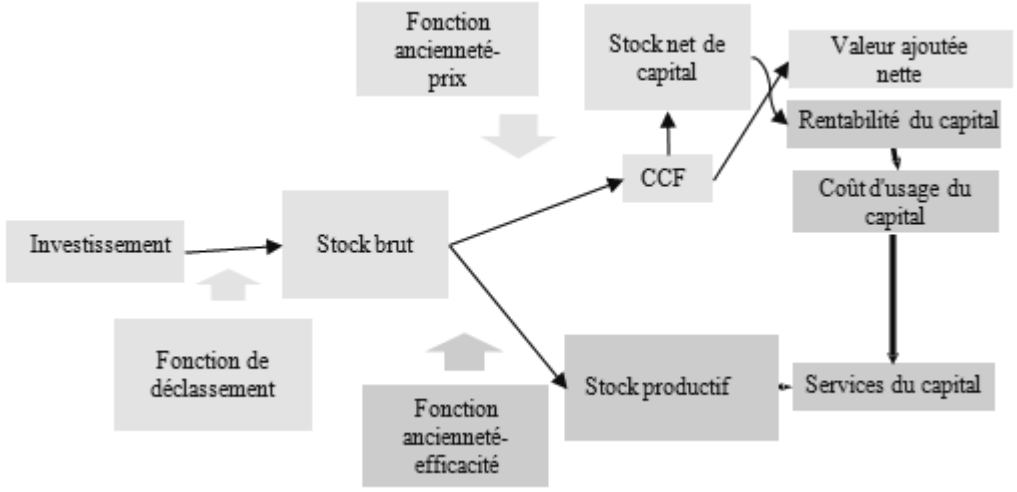
Pour expliquer la différence entre valeur ajoutée brute et valeur ajoutée nette, le SCN 1993 n'établissait pas de lien explicite entre le stock de capital et la valeur ajoutée en dehors de la comptabilisation de la consommation de capital fixe. On sait pourtant depuis toujours que l'excédent d'exploitation est un revenu provenant de l'utilisation de capital dans la production de la même manière que la rémunération des salariés est un revenu provenant de l'utilisation de leur travail. Les économistes se soucient de plus en plus de savoir exactement comment les différents niveaux et types de capital influent sur l'excédent d'exploitation. Ils consacrent donc de plus en plus d'attention aux services du capital en raison de l'intérêt que ceux-ci présentent pour les études sur la productivité. Les services du capital peuvent être intégrés dans la méthode de calcul de l'amortissement dans les comptes nationaux de façon à approfondir l'analyse et, éventuellement, à améliorer les données sous-jacentes sur le stock de capital.

Les services du capital et leur prix, le coût d'usage du capital, ne sauraient se substituer à des indicateurs couramment employés tels que les stocks bruts et nets de capital, dont ils sont complémentaires

Si l'intégration des coûts des services du capital dans les comptes présente de l'intérêt en elle-même, ces coûts doivent aussi être cohérents avec les mesures du stock net de capital de telle sorte que les mesures en volume et en prix des services du capital, de l'amortissement et des agrégats du revenu net figurant dans les comptes nationaux et les bilans soient pleinement compatibles. Cette façon de procéder permet aux chercheurs et bureaux de statistique de produire des indicateurs cohérents de la productivité multifactorielle (voir OCDE (2001a)) qui présentent un intérêt significatif pour l'analyse.

Le graphique 3 illustre les éléments supplémentaires que les services du capital permettent d'appréhender. Un élément important est la fonction ancienneté-efficacité, qui décrit la diminution de l'efficacité d'un actif à mesure que sa durée de vie augmente. Après correction des déclassements et de la diminution de l'efficacité productive, la valeur cumulée des flux d'investissement donne le stock productif. Les services du capital, le flux de services fournis à la production par les actifs immobilisés, sont proportionnels au stock productif et se déduisent de celui-ci. Enfin, le prix des services du capital, c'est-à-dire leur coût d'usage ou loyer, est estimé en combinant les informations dont on dispose sur le rendement exigé du capital, sur l'amortissement et sur la réévaluation des actifs. La valeur totale des services du capital peut être estimée à partir du prix de ces services (c'est-à-dire du coût d'usage du capital) et de la quantité de services du capital fournis par le stock productif. Toutes ces notions seront traitées plus bas de façon beaucoup plus détaillée, mais il convient d'ores et déjà de souligner que, pour calculer la valeur totale des services du capital, il faut une fois encore rapprocher l'élément prix et l'élément quantité de la mesure du capital. Ces deux aspects doivent donc impérativement être cohérents.

Graphique 3. Ensemble intégré de mesures du capital



Les services du capital ne sont donc pas un simple ajout aux mesures du stock net de capital : ils sont leur contrepartie analytique reflétant les deux fonctions principales du capital, qui est à la fois une mesure du patrimoine et du revenu et une mesure de la contribution du capital à la production. Comme le montre le tableau ci-dessous, les diverses mesures des stocks et flux de capital sont directement pertinentes dans cette optique. Une description plus détaillée sera donnée plus bas, mais plusieurs indications peuvent être fournies immédiatement :

- Le stock net de capital mesure la valeur (marchande) du capital et est donc un indicateur de patrimoine. Son évolution au fil du temps est régie par les flux d'investissement et les amortissements. Il est plus parlant d'appeler le stock net de capital « stock patrimonial ». Le terme « net » distingue le stock de capital après amortissement du stock de capital brut, qui est le stock avant amortissement. On trouvera de plus amples explications sur le stock net de capital/stock patrimonial dans le chapitre 6.

- Le tableau 1 ne contient aucune référence au stock de capital brut. En effet, le stock brut, si on le calcule, est une étape intermédiaire du calcul des stocks net et productif plutôt qu'une mesure des stocks ayant une valeur analytique propre. Cependant, le stock brut est une statistique bien connue et il sera traité de manière plus approfondie dans la section Chapitre 1.3.2.4.

- Le stock productif existe pour chaque type de capital servant à la production. Les investissements réalisés par le passé dans chaque groupe d'actifs sont cumulés après correction de la perte d'efficacité intervenue depuis la date de leur acquisition en l'état neuf. Le stock de capital productif est avant tout un instrument permettant de dériver des indicateurs des services du capital, à savoir le flux de services productifs fournis par le capital pendant une période donnée. On suppose généralement que le flux de services du capital représente une proportion fixe du stock de capital productif, ce qui sous-entend que le taux de variation des services du capital peut être établi à partir du stock de capital productif. Le stock de capital productif est traité de manière plus approfondie au chapitre 7.

- Bien qu'elles représentent deux points de vue différents, les deux sphères, revenu/patrimoine et production/productivité, sont liées. Par exemple, le profil d'amortissement n'est pas indépendant du profil d'efficacité et les mesures de l'amortissement non seulement permettent d'établir le

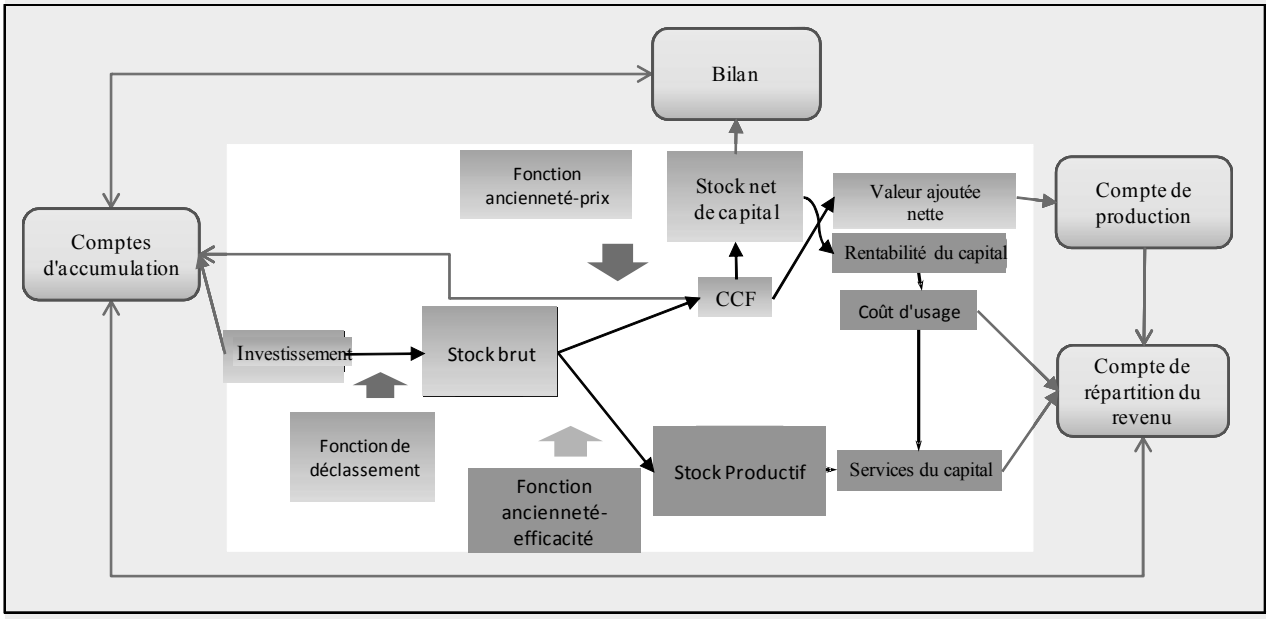
stock net de capital, mais font aussi partie des coûts d'usage qui forment la base des facteurs de pondération utilisés pour l'agrégation du stock de capital productif.

Tableau 1. Deux aspects du capital

	Point de vue du revenu et du patrimoine	Point de vue de la production et de la productivité
Flux de base	Investissement	Investissement
Agrégation des actifs n'ayant pas la même ancienneté à partir :	Profil d'amortissement (fonction ancienneté-prix)	Fonction ancienneté-efficacité
Du stock correspondant pour chaque classe d'actifs	Stock net de capital par type d'actif	Stock productif par type d'actif
Des flux dérivés	Amortissement	Services du capital par type d'actif
Agrégation des différentes classes d'actifs à partir :	Prix du marché	Prix des services du capital
Des stocks correspondants	Stock total de capital net	Stock productif pour chaque type d'actif
De l'indicateur dérivé	Poste du bilan, richesse nationale, mesures nettes du revenu	Services du capital et productivité des facteurs

Le graphique 3 présente les divers éléments d'un système intégré des mesures du capital. Il est utile d'aller plus loin et de replacer ce système dans le contexte plus vaste d'un système de comptabilité nationale, en notant que les services du capital ne sont pas comptabilisés dans le SCN 1993 et ne sont pas une composante obligatoire du SCN 2008. Les liens fondamentaux sont présentés dans le graphique 4. Les stocks et flux de capital et d'investissement apparaissent dans les comptes d'opérations (compte de production et comptes de distribution du revenu), les comptes d'accumulation et les bilans. Bien que la plupart de ces liens soient intégrés dans le SCN 1993, la prise en compte envisagée de la valeur des services du capital et sa ventilation entre prix et volumes dans les comptes de distribution du revenu sont des nouveautés, qui sont décrites de façon plus détaillée dans la section 16.1.1. Jorgenson et Landefeld (2006) citent un exemple plus détaillé d'un système de mesures des stocks et des flux de capital totalement intégré dans un système de comptabilité nationale.

Graphique 4. Mesures du capital dans un système de comptabilité



CHAPITRE 3. COMMENT SONT DÉTERMINÉES LES VALEURS DES ACTIFS ?

3.1. Présentation du concept

La principale relation économique entre la perspective du revenu et celle de la production est la valeur actualisée nette : sur un marché qui fonctionne, la *valeur de stock* d'un actif est égale au flux actualisé des avantages futurs attendus de cet actif, comme on le sait au moins depuis Walras (1874) et Böhm-Bawerk (1891). Par avantages, on entend ici le revenu ou la valeur des services du capital qu'engendre l'actif en question.

Dans l'analyse qui suit, nous prendrons le cas d'un seul actif bien que, de toute évidence, cette option ne soit pas réaliste : aucune entreprise, et a fortiori aucun organisme statistique, ne mesurera le capital en évaluant individuellement les divers équipements ou machines. Le plus souvent, ce sont des classes d'actifs qui sont prises en compte, en veillant toutefois à ce qu'elles soient aussi homogènes que possible. Mais, en l'occurrence, nous prendrons pour exemple un seul actif à l'état neuf (c'est-à-dire d'âge zéro).

3.1.1. Perspective du revenu

La valeur de cet actif pour son propriétaire au début de la période t, P_0^t correspond au flux actualisé du revenu futur généré par ledit actif. Une notation indicielle a été utilisée pour représenter l'âge de l'actif (c'est-à-dire zéro dans le cas qui nous occupe) parce qu'il est à l'état neuf. Le flux de revenu provenant de cet actif sera noté c_s^{t+s}, l'exposant 't+s' indiquant la durée pendant laquelle le revenu est produit et l'indice 's' indiquant, comme on l'a vu, l'âge de l'actif. On a en outre besoin d'un taux d'actualisation pour tenir compte du fait que les individus préfèrent un revenu immédiat à un revenu futur. Le taux d'actualisation est noté (1+r), r étant le taux de rendement nominal escompté par le détenteur de l'actif. En suivant un raisonnement économique, le taux d'actualisation peut être assimilé au coût d'opportunité des fonds immobilisés dans l'actif : le coût d'opportunité représente ce qu'un investisseur aurait gagné (compte tenu des risques) s'il avait investi ses fonds ailleurs. Le taux de rendement nominal doit au moins être égal au coût du financement de l'actif, c'est-à-dire, par exemple, aux intérêts que le propriétaire de l'actif doit acquitter s'il souscrit un prêt pour acheter cet actif. Le plus souvent, toutefois, le taux de rendement nominal est supérieur au taux d'intérêt acquitté pour le financement, mais il n'est pas nécessaire ici de s'attarder sur cette distinction. Au vu des remarques qui précèdent, l'équation fondamentale qui relie la valeur de stock d'un actif au revenu qu'il génèrera à l'avenir s'énonce comme suit :

$$(1) \qquad p_0^t = c_0^t/(1+r) + c_1^{t+1}/(1+r)^2 + c_2^{t+2}/(1+r)^3 + \ldots + c_T^{t+T}/(1+r)^{T+1}.$$

Cette relation (1) a été formulée pour des avantages et un taux d'actualisation nominaux. Mais on aurait tout aussi bien pu l'exprimer pour des avantages et un taux d'actualisation réels. Dans ce cas, un indice implicite général, tel que l'indice des prix à la consommation, sera employé pour exprimer les flux de revenu futur et le taux de rendement r^t sera corrigé du taux d'inflation général. Il est impératif de faire preuve de cohérence et il serait incorrect de combiner le revenu nominal futur avec un taux d'actualisation réel ou inversement.

De plus, la formule de la valeur actualisée nette (1) implique que le revenu est versé à la fin de chaque année, alors que les conventions des comptes nationaux suggèrent que les avantages doivent être considérés comme également répartis sur la totalité de l'exercice comptable. Cet aspect sera examiné dans

la partie du *Manuel* traitant de la mise en œuvre. Nous n'en tiendrons pas compte dans le cadre de la présente analyse, car il n'en affecte pas les principales conclusions.

Quelques explications supplémentaires sur les flux de revenu peuvent être utiles. Pour l'utilisateur d'un actif qui en est aussi le propriétaire, le revenu généré correspond aux bénéfices que cet actif produit quand il est utilisé pour la production. En termes comptables plus précis, il correspond à l'excédent brut d'exploitation supplémentaire que le propriétaire peut attendre du fait de l'usage de l'actif dans la production. Par conséquent, le flux de revenu d'un actif est « brut » lorsqu'il n'est pas corrigé de l'amortissement, c'est-à-dire qu'il ne tient pas compte de la perte de valeur que subit le bien à mesure qu'il vieillit. Le flux de revenu d'un actif est « net », lorsque les recettes supplémentaires tirées des ventes liées à l'augmentation de la production imputable au bien d'équipement sont corrigées des coûts moyens de main-d'œuvre et des biens intermédiaires par unité de capital.

3.1.2. Perspective du coût

Sur des marchés concurrentiels, on ne peut pas s'attendre à réaliser des bénéfices en sus de ceux couvrant le coût de l'apport de capital. Il s'ensuit que l'excédent brut d'exploitation[1] – c'est-à-dire ce qui reste une fois que la main-d'œuvre et les produits intermédiaires consommés ont été payés -- est égal au coût de l'apport de capital. Par conséquent, l'excédent brut d'exploitation par actif ou, autrement dit, le flux de revenu généré, peut aussi s'interpréter comme un coût : plus précisément, il correspond au coût d'usage unitaire de l'actif. Dans cette perspective, on peut aussi assimiler le coût d'usage unitaire au prix des services du capital : un bien d'un type et d'une ancienneté donnée fournit une unité de services du capital spécifique à cet actif et à cette ancienneté. Le prix de ces services est c_s^{t+s}, un prix que l'utilisateur de l'actif, qui en est aussi le propriétaire, « se paie à lui-même ».

Il est possible de développer directement la perspective du coût en examinant les coûts qu'une entreprise devrait supporter si, au début d'une période, elle achetait un actif, l'utilisait pour sa production durant cette période et le revendait à la fin de cette période. Pour calculer ces coûts, les éléments ci-après seraient pris en compte : (i) le prix d'achat de l'actif au début de la période qui, s'il s'agit d'un bien neuf, serait p_0^t ; (ii) le prix de vente de l'actif en fin de période, c'est-à-dire lorsqu'il aura un an : p_1^{t+1} ; (iii) et un taux d'actualisation r destiné à tenir compte du fait que l'actif immobilise un capital financier tant qu'il est utilisé au cours de la période. Si l'on combine ces éléments, le coût d'usage de l'actif est de $p_0^t(1+r)-p_1^{t+1}$. En fait, il s'agit là du coût d'usage unitaire, ou du prix des services du capital afférent à cet actif (voir l'analyse approfondie dans le chapitre 8), désigné comme c_0^t. Il est aisé de démontrer (voir section 19.1) que la relation correspondant à la valeur actualisée nette (1) découle du raisonnement sur le coût d'usage d'un bien d'équipement au cours d'une période : $c_0^t = p_0^t(1+r)-c_1^{t+1}$.

Lorsqu'on considère la séquence $\{c^t\}$ comme une série de coûts d'usage unitaires ou de prix des services du capital, l'équation (1) peut aussi être interprétée comme une règle d'affectation des coûts dans le temps : la valeur d'un nouveau bien d'équipement doit être répartie entre plusieurs exercices parce qu'il s'agit de par nature d'un investissement. Cette affectation dans le temps doit être telle que les coûts sur les périodes futures soient égaux aux services du capital fournis par l'actif au cours de chacune de ces périodes et les mesures des quantités et des prix de ces services jouent parfaitement ce rôle.

Il est possible d'établir une autre relation importante dès lors que c_0^t a été interprété comme le prix des services du capital fournis par un nouvel actif au cours de l'année t : si on le compare avec le prix des services du capital provenant d'un autre actif du même type mais qui n'a pas le même âge (par exemple un an), on peut valablement affirmer que le ratio c_0^t / c_1^t reflète l'efficacité relative de l'actif neuf par rapport à l'actif vieux d'un an.

[1] Les impôts sur la production et le revenu mixte ne sont pas pris en compte pour le moment.

3.1.3. Perspective du marché

Une équation de la valeur actualisée nette (1) peut aussi être formulée pour la valeur du stock d'un actif qui n'est pas neuf, c'est-à-dire dont l'âge est supérieur à zéro. S'il existe un marché de l'occasion, et si un actif est proposé à la vente à un prix dont il semble qu'il ne permette pas de dégager un taux de rentabilité satisfaisant, la demande pour cet actif sera nulle. Si en revanche un actif est proposé à un prix dont il semble qu'il permette d'obtenir un taux de rentabilité très élevé, la demande pour cet actif sera supérieure à l'offre. Dans le premier cas, le prix sera tiré à la baisse et, dans le second, il sera tiré à la hausse jusqu'à ce que le taux de rentabilité augmente ou diminue pour atteindre un niveau considéré comme « normal ». C'est pourquoi l'équation (1) peut aussi être interprétée comme décrivant la manière dont le prix des actifs est fixé dans une économie de marché.

Cette équation (1) est essentielle pour comprendre le cadre conceptuel du présent *Manuel*. Elle définit la relation entre les mesures de stock, l'amortissement et les services du capital : la valeur du stock (net) d'un âge donné s est appréhendée au moyen du prix de l'actif p_s^t ; l'amortissement fait partie de l'excédent brut d'exploitation par unité de capital c_s^{t+s} qui reflète le revenu. Et ce dernier est égal au coût d'usage unitaire qui constitue le prix des services du capital.

3.2. La relation entre les services du capital et le prix pour un seul actif – exemple chiffré

Nous utilisons dans cette section un exemple chiffré simple pour faire comprendre les principales notions sous-tendant un ensemble cohérent de mesures du capital. L'encadré 1 présente les hypothèses numériques. L'exemple prend pour point de départ le tableau 2 qui montre comment l'équation (1) peut être utilisée pour calculer le prix d'un actif quand il est neuf et à tous les stades de sa durée de vie utile. Plusieurs hypothèses ont été retenues.

Nous nous plaçons ici du point de vue du coût (voir plus haut la section 3.1.2), encore que cela n'ait pas de signification particulière et que nous aurions pu tout aussi bien adopter la perspective du marché ou du revenu pour illustrer notre propos. La première colonne du tableau 2 indique le nombre (futur) d'années de service de l'actif. Nous nous situons au début de l'année 1 et examinons l'évolution jusqu'à la fin de la durée de vie utile de l'actif. Le coût par unité de services du capital que l'on peut attendre de l'actif pour chaque année figure dans la troisième colonne et correspond à la séquence de c_0^t, c_1^{t+1}, c_2^{t+2} etc. dans le calcul de la valeur actuelle nette (1). Compte tenu des données présentées dans l'encadré 1, il existe plusieurs moyens de calculer l'évolution du prix des services du capital, mais nous nous sommes bornés à présenter un seul d'entre eux. La variation du prix des services du capital dépend de deux paramètres : le rythme auquel la capacité productive d'un actif diminue à mesure qu'il prend de l'âge et l'évolution des prix des actifs. Le premier effet est appréhendé par la fonction ancienneté-efficacité, qui est présenté dans la deuxième colonne du tableau. Ainsi, si durant sa première année de fonctionnement, l'actif est utilisé à 100 % de sa capacité productive, ce chiffre tombe à 88 % pendant la deuxième, et ainsi de suite. La fonction ancienneté-efficacité est ici décrite comme une relation linéaire et il est du ressort de l'économétrie de déterminer si cela est exact ou non.

Bien que son efficacité productive n'ait probablement pas diminué, une automobile achetée il y a six mois se vend sur le marché de l'occasion avec une décote de 20 %, d'où la distinction entre la fonction ancienneté-efficacité et la fonction ancienneté-prix.

Le deuxième facteur qui influe sur le prix des services du capital est l'évolution générale des prix des actifs. On est parti de l'hypothèse que ceux-ci augmentent de 2 % par période. Les deux effets peuvent à présent être combinés pour obtenir la séquence des prix des services du capital qui apparaît dans la troisième colonne. On suppose un prix de 10 dollars à la fin de la première année (ou, ce qui revient au même, au début de la deuxième). Au début de la troisième année, le prix des services du capital est tombé à

8,93 dollars, ce chiffre résultant de la diminution de l'efficacité, tombée à 88 %, et d'une hausse du prix des actifs de 2 % : 10 USD*0.88*1.02 = 8.93 dollars. Au début de l'année 4, le prix des services du capital sera égal à 10 USD * 0.75 * 1.02^2 = 7.80 dollars, et ainsi de suite..

Box 1. Exemple chiffré

Dans les chapitres suivants, un exemple chiffré sera utilisé qui est fondé sur les hypothèses suivantes concernant un actif fixe qui repose sur les hypothèses ci-après :

Durée de vie utile de 8 ans

Taux d'actualisation de 5 %

Le prix des services du capital pour un actif neuf, payé à la fin de la première année, est de 10 dollars

Par souci de simplification, l'inflation est supposée nulle.

On prévoit que le prix des actifs neufs augmentera de 2 % par an

Les services productifs de l'actif diminuent d'un montant constant sur toute sa durée de vie (fonction ancienneté-efficacité linéaire)

Étant donné que les coûts des services du capital sont inscrits en charges sur différentes années, leur valeur actualisée doit être calculée en appliquant au loyer de chaque année le taux d'actualisation (1+r) qui, dans cet exemple, est fixé à 1.05. La quatrième colonne du tableau 2 indique la valeur des prix des services du capital, actualisée au début de l'année 1. On suppose ici que les paiements sont dus à la fin de chaque année, de sorte que le coût de 10 dollars de la première année est évalué à 10/1.05 = 9.52 dollars au début de l'année 1 ; le paiement de 8.93 dollars attendu à la fin de la deuxième année (ou au début de la troisième) ne vaut que $8.93/1.05^2$ = 8.10 dollars au début de l'année 1 ; le paiement de 7.80 dollars qui est attendu à la fin de l'année 3 ne vaut que $7.80/1.05^3$ = 6.74 dollars, etc. Le total de ces prix des services du capital actualisés donne la valeur de l'actif au début de l'année 1, soit 40.12 dollars.

Tableau 2. Relation entre les prix des services du capital et la valeur des actifs pendant l'année 1

Année (t)	Fonction annciennete-efficacité	Prix des services du capital au début de la période	Prix des services du capital actualisés au début de l'année 1
1	100.0%		
2	87.5%	10.00	9.52
3	75.0%	8.93	8.10
4	62.5%	7.80	6.74
5	50.0%	6.63	5.46
6	37.5%	5.41	4.24
7	25.0%	4.14	3.09
8	12.5%	2.82	2.00
9	0.0%	1.44	0.97
10		0.00	0.00
Prix de l'actif au début de l'année 1			40.12

Jusqu'ici, nous avons examiné la valorisation de l'actif au début de la première année. Considérons à présent ce que donne un calcul analogue un an plus tard, c'est-à-dire au début de l'année 2, puis deux ans plus tard et ainsi de suite. Ce calcul est décrit dans le tableau 3 ci-dessous. Les quatre premières colonnes sont identiques à celles du tableau 2 mais la cinquième montre la valeur de l'actif au début de la deuxième année. Par exemple, le prix des services du capital (8.93 dollars) qui est en vigueur pendant la période 3 est

le même qu'auparavant, mais comme le temps a passé il n'est plus actualisé que d'une seule période : 8.93/1.05 = 8.50 dollars. La valeur de l'actif au début de la deuxième année est donc de 32.12 dollars ; sa valeur au début de la troisième année est de 24.81 dollars, etc. On peut considérer que cette suite de valeurs d'actif est l'historique du prix de l'actif exprimé aux prix courants de chaque période.

Tableau 3. Relation entre les prix des services du capital et la valeur des actifs pendant toutes les années

			Prix des services du capital actualisé au début de l'année							
Année (t)	Fonction ancienneté-efficacité	Prix des services du capital en début de période	1	2	3	4	5	6	7	8
1	100.0%									
2	87.5%	10.00	9.52							
3	75.0%	8.93	8.10	8.50						
4	62.5%	7.80	6.74	7.08	7.43					
5	50.0%	6.63	5.46	5.73	6.02	6.32				
6	37.5%	5.41	4.24	4.45	4.68	4.91	5.15			
7	25.0%	4.14	3.09	3.24	3.41	3.58	3.76	3.94		
8	12.5%	2.82	2.00	2.10	2.21	2.32	2.43	2.55	2.68	
9	0.0%	1.44	0.97	1.02	1.07	1.13	1.18	1.24	1.30	1.37
10		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Prix de l'actif au début de l'année			40.12	32.12	24.81	18.24	12.52	7.74	3.98	1.37

À présent que nous disposons d'un historique de prix, il est possible d'établir un lien important, à savoir celui existant entre les fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix. Nous avons construit la matrice ci-dessous pour illustrer ce lien, l'historique des prix des actifs apparaissant dans la principale diagonale (tableau 4). Chaque ligne correspond à une année différente de la durée de vie utile de l'actif et chaque colonne indique l'âge de l'actif.

Tableau 4. Historique du prix de l'actif

	Age de l'actif								
Année (T)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	**40.12**								
2	40.92	**32.12**							
3	41.74	32.77	**24.81**						
4	42.57	33.42	25.30	**18.24**					
5	43.43	34.09	25.81	18.61	**12.52**				
6	44.29	34.77	26.32	18.98	12.77	**7.74**			
7	45.18	35.47	26.85	19.36	13.03	7.89	**3.98**		
8	46.08	36.18	27.39	19.75	13.29	8.05	4.06	**1.37**	
9	47.01	36.90	27.94	20.14	13.56	8.21	4.14	1.39	**0.00**

On constate que les chiffres de la diagonale, c'est-à-dire l'historique des prix de l'actif, combinent deux effets :

- Un mouvement (vertical) dans le temps (de l'année 1 à l'année 2, etc.) qui reflète la variation générale du prix de la classe d'actifs en question. Par exemple, le nouvel actif a un prix de 40.12 dollars au début de l'année 1 ; sa valeur est tombée à 32.12 dollars au bout d'un an. Le premier effet s'observe en comparant verticalement le prix d'un actif neuf au cours de l'année 1 (40.12 dollars) avec celui d'un actif neuf au cours de l'année 2 (40.92 dollars). La différence est

due à la variation de 2 % du prix des actifs neufs que l'on a prise pour hypothèse dans cet exemple.

- Un mouvement (horizontal) de l'ancienneté de l'actif (de neuf à l'origine, donc d'âge zéro, il passe à un an, etc.) qui reflète l'évolution de la valeur de l'actif imputable à son vieillissement. Dans cet exemple, l'effet de l'âge est indiqué par la variation dans le sens horizontal (de 40.92 dollars à 32.12 dollars), c'est-à-dire par l'écart de prix entre un actif neuf et un actif âgé d'un an au début de l'année 2. En pourcentage, le prix relatif d'un actif d'un an par rapport à celui d'un actif neuf est égal à 32.12/40.92 dollars = 78.5 %, le prix relatif d'un actif de deux ans par rapport à celui d'un actif neuf est égal à 24.81/41.75 dollars = 59.4 %, etc. Ces comparaisons entre les prix d'actifs d'âges différents au cours d'une année donnée constituent la fonction ancienneté-prix des actifs et sont directement liées à l'amortissement. On notera que la ligne de l'année 9 récapitule la fonction ancienneté-prix de l'actif dans sa totalité.

Il ressort des explications qui précèdent que la fonction ancienneté-efficacité et la fonction ancienneté-prix d'une classe d'actifs forment un couple et que, bien que différentes, elles ne sont pas indépendantes l'un de l'autre. Cette observation est importante du point de vue de l'application empirique, dont le point de départ est soit une fonction ancienneté-prix à partir de laquelle est dérivée une fonction ancienneté-efficacité cohérent, soit une fonction ancienneté-efficacité à partir de laquelle est dérivée une fonction ancienneté-prix cohérente. Ces deux possibilités sont présentées en détail dans la partie II du présent *Manuel*.

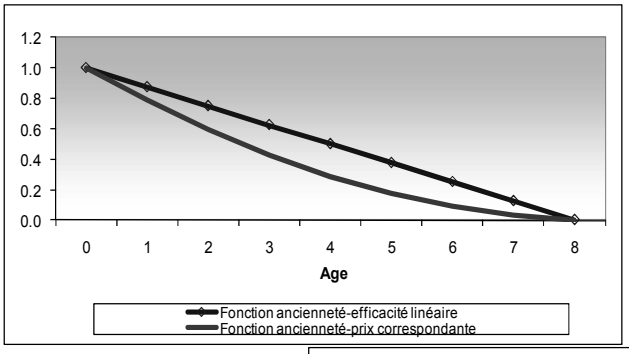
Tableau 5. Fonction linéaire ancienneté-efficacité et fonction ancienneté-prix correspondante

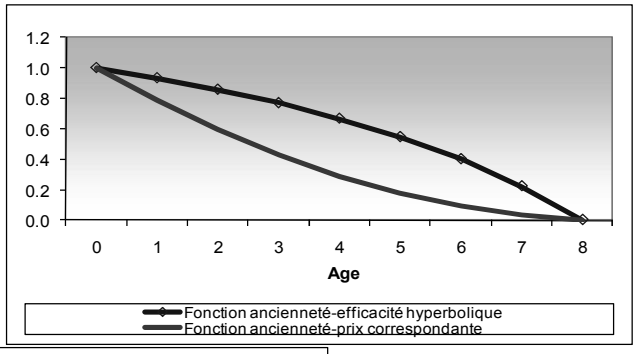
	Age								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Fonction ancienneté-efficacité	1.00	0.88	0.75	0.63	0.50	0.38	0.25	0.13	0.00
Fonction ancienneté-prix	1.00	0.79	0.59	0.43	0.29	0.17	0.09	0.03	0.00

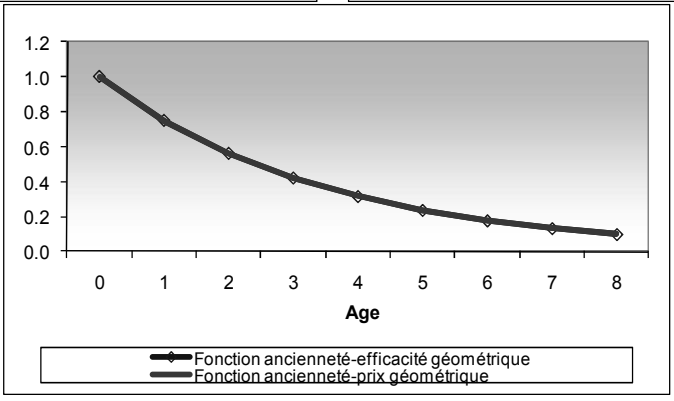
Les fonctions ancienneté-prix et ancienneté-efficacité de notre exemple chiffré sont présentées dans le tableau 5. La fonction ancienneté-efficacité apparaît directement dans la première colonne du tableau 2 et repose sur l'hypothèse d'une diminution linéaire de l'efficacité. La fonction ancienneté-efficacité est dérivée du tableau 4, en comparant pour une année donnée le prix des biens d'équipement d'âges différents avec celui d'un bien neuf. On remarque tout de suite que les deux profils ne sont pas identiques. Cette constatation se vérifie aussi en observant le premier volet du graphique 5 : la fonction ancienneté-efficacité linéaire correspond à une fonction ancienneté-prix convexe. D'autres types de profils ancienneté-efficacité et ancienneté-prix sont bien sûr possibles et, de fait, un profil d'efficacité linéairement décroissant n'est pas forcément l'approximation la plus plausible de la fonction type de perte d'efficacité d'un actif à mesure de son vieillissement.

Il convient ici de citer deux cas particuliers, qui sont représentés dans le graphique 5. Le premier est une version particulière d'une fonction ancienneté-efficacité hyperbolique dans laquelle l'efficacité productive d'un actif décline lentement pendant les premières années de sa durée de vie utile et s'accélère vers la fin de cette dernière. La fonction ancienneté-efficacité hyperbolique correspond à une fonction ancienneté-prix convexe. Le deuxième cas particulier se présente lorsque la fonction ancienneté-efficacité ou ancienneté-prix baisse selon une pente constante. On peut démontrer que, dans ce cas, les fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix sont identiques et que leur baisse présente une pente identique. En pratique, cela offre des avantages non négligeables pour la mise en œuvre et le calcul des mesures du capital et la grande majorité des études empiriques sur la mesure du capital et l'amortissement en ont tiré parti.

Graphique 5. Fonction ancienneté-efficacité et fonction ancienneté-prix correspondante







Dans l'exemple chiffré ici présenté, nous avons *supposé* un taux d'actualisation de 5 % pour mettre en place les calculs. Autrement dit, le taux d'actualisation, fixé arbitrairement, est une variable exogène. Comme on le verra par la suite dans ce *Manuel*, cette méthode n'est qu'un moyen parmi d'autres d'obtenir un taux d'actualisation ou un taux de rentabilité. Une méthode largement employée pour mesurer le taux de rentabilité est son calcul à partir de données endogènes (voir section 8.3). À ce stade, il convient d'ores et déjà de signaler que le calcul du taux de rentabilité à partir de données endogènes est difficile à concilier avec les fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix non géométriques[2]. Ainsi, quand les taux de rentabilité sont calculés à partir de données endogènes, le mieux est de les combiner avec des fonctions ancienneté-prix et ancienneté-efficacité géométriques.

[2] Il existe un problème de simultanéité : si les fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix ne sont pas géométriques et si les calculs sont effectués à partir d'une fonction ancienneté-efficacité, un taux de rentabilité est nécessaire pour dériver la fonction ancienneté-prix. Mais, pour calculer un taux de rentabilité endogène, il faut une fonction ancienneté-prix. Inversement, si l'on prend pour point de départ une fonction ancienneté-prix, la fonction ancienneté-efficacité est nécessaire pour calculer un taux de rentabilité endogène.

CHAPITRE 4. DÉCLASSEMENT D'ACTIFS ET STOCK BRUT DE CAPITAL

À ce stade, nous n'avons envisagé que le cas où il existe un seul actif, ce qui est irréaliste car, dans la pratique, les seules données qui existent concernent des classes et cohortes d'actifs. Une *classe* d'actifs est un groupe d'actifs similaires défini, par exemple, selon une nomenclature de produits. Une *cohorte* d'actifs existe lorsqu'un investissement dans un grand nombre d'unités d'un même actif est réalisé au cours d'un exercice comptable donné. Même si plusieurs actifs identiques sont achetés en même temps, il est peu probable qu'ils soient tous déclassés au même moment.

4.1. Stock brut de capital

Le stock d'actifs résultant d'investissements passés et réévalué au prix d'achat de biens neufs pendant une période de référence donnée est appelé *stock brut de capital.* Le stock de capital est qualifié de brut parce qu'il a été considéré traditionnellement comme égal à la valeur des actifs avant déduction de la consommation de capital fixe. Par conséquent, le stock de capital brut ne tient pas compte du vieillissement des actifs et assimile les investissements passés à des équipements neufs, seul leur déclassement étant pris en compte.

Non seulement le stock brut de capital est le point de départ traditionnel du calcul de la consommation de capital fixe et du stock net de capital, mais l'analyse fait régulièrement appel à lui. Il ressort toutefois d'un examen plus approfondi de son application analytique qu'il est employé comme substitut pour le stock de capital productif (voir plus bas) pour des raisons pratiques plutôt que pour des motifs conceptuels. Par exemple, le stock brut de capital est largement employé comme indicateur général de la *capacité productive* d'un pays et il a aussi été comparé avec la valeur ajoutée pour calculer les *coefficients de capital*. L'une des premières publications de l'OCDE sur le sujet (Ward 1976) propose un stock brut de capital corrigé de l'efficacité qui, sur le plan conceptuel, est équivalent au stock de capital productif.

Ce n'est que dans le cas particulier où tous les actifs gardent intacte leur efficacité productive jusqu'à leur désintégration (cas « one-hoss-shay ») que le stock de capital brut constitue un indice de l'importance du capital dans la production. Quelques actifs peuvent obéir à un tel schéma : certains bâtiments et ouvrages de génie civil, tels que parcs de stationnement ou entrepôts, peuvent entrer dans cette catégorie. Pourtant, même dans ce cas, des restrictions sont nécessaires en ce sens que ce schéma ne vaut que pour un type d'actifs donné. De plus, lorsque les stocks bruts de types d'actifs différents sont agrégés pour obtenir un stock à l'échelle d'une branche ou de l'ensemble de l'économie, des coefficients de pondération sont appliqués pour refléter le prix du marché des actifs à l'état neuf. C'est là une différence fondamentale par rapport à la procédure d'agrégation employée pour le stock productif et les services du capital, qui repose sur un ensemble de coefficients de pondération différents reflétant le coût d'usage du capital.

Box 2. Évaluation des stocks de capital

Deux types de prix peuvent être employés pour évaluer les actifs :

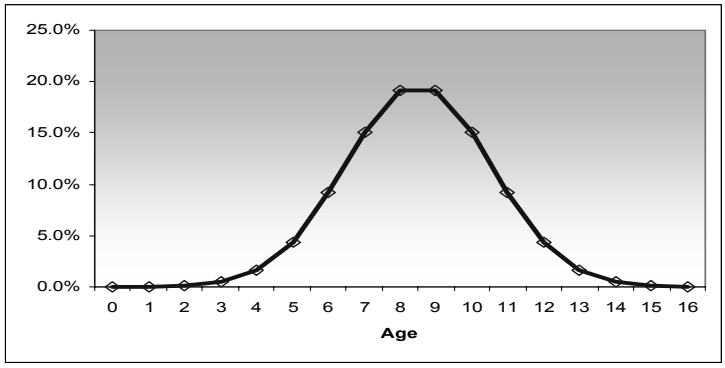
- les prix historiques, ce qui signifie que les actifs sont évalués aux prix auxquels ils ont été acquis à l'origine. L'évaluation aux prix historiques implique qu'on ne peut agréger des actifs acquis au cours d'années différentes parce que le prix de chacun se rapporte à une base différente. L'évaluation aux prix historiques est la procédure habituelle dans les comptes des sociétés. Elle s'explique par le fait que les prix historiques peuvent être vérifiés de manière objective en examinant les factures liées aux achats d'actifs. Les comptables peuvent également préférer le prix historique parce qu'il tend à donner une évaluation prudente des actifs. Toutefois, ces avantages ont pour contrepartie le fait que des actifs qui ont été acquis à des dates différentes sont évalués à des prix différents, de sorte que, lorsque les prix augmentent/baissent, on accorde implicitement aux actifs acquis plus récemment un poids supérieur/inférieur à celui des actifs acquis au cours de périodes antérieures. Les stocks de capital évalués aux prix historiques ne peuvent être comparés avec les statistiques comptables ou autres statistiques économiques nationales qui sont exprimées aux prix d'une période donnée.

- Les prix d'une période de référence, ce qui signifie que les actifs sont évalués aux prix d'une période donnée. Pour avoir du sens, l'agrégation à un stock d'actifs n'ayant pas le même âge exige que soit employé un vecteur de prix faisant une distinction entre des actifs d'âges et de types différents mais se rapportant à la même période ou à la même date. La période de référence peut être n'importe quelle période, aussi bien l'exercice en cours qu'un exercice antérieur. On notera que la distinction entre prix « courants » et « constants » n'est pas pertinente pour la mesure des stocks : les mesures de flux peuvent utilement être exprimées aux prix courants (aucun indice implicite des prix n'est nécessaire) ou en prix constants (auquel cas un indice implicite est indispensable). En revanche, il est absolument impossible de construire des indicateurs de stocks en l'absence d'indices des prix. Même si les stocks sont évalués aux prix de l'exercice en cours, il est nécessaire de réévaluer aux prix de cet exercice tous les actifs issus d'exercices antérieurs. C'est pourquoi le présent *Manuel* évite de recourir à la distinction entre prix « courants » et prix « constants » pour les stocks et il se référera aux stocks évalués aux prix d'une période de référence donnée, que ce soit l'exercice le plus récent ou un exercice antérieur. L'évaluation aux prix courants est parfois appelée évaluation aux prix courants « de remplacement » mais le qualificatif « de remplacement » pose la question de savoir ce que l'on remplace exactement. C'est pourquoi le terme « remplacement » n'est pas utilisé dans ce *Manuel*.

4.2. Profil de déclassement et durée de vie utile des actifs

Il existe plusieurs moyens d'estimer le stock brut de capital. La méthode la plus courante est de loin la méthode de l'inventaire perpétuel qui consiste à faire le cumul de la formation passée de capital et à en déduire la valeur des actifs qui sont arrivés à la fin de leur durée de vie. Un profil de déclassement ou de mortalité est nécessaire à cette fin pour modéliser le processus de mise hors service d'une cohorte d'actifs dans la durée. L'un des principaux paramètres du profil de déclassement est la durée de vie utile moyenne de la cohorte. La partie II du présent *Manuel* décrit plusieurs profils de mortalité et les moyens d'estimer la durée de vie utile. Aux fins qui nous occupent, à savoir la démonstration des concepts, nous nous bornerons à utiliser une distribution normale pour les déclassements (voir graphique 6), qui décrit la probabilité marginale de déclassement d'une cohorte d'actifs, dont le point culminant se situe vers huit ans d'âge, soit la durée de vie utile moyenne dans notre exemple. La distribution des déclassements couvre 100 % des actifs considérés (c'est-à-dire qu'au bout d'environ 16 ans il est quasiment certain que la totalité des actifs de la cohorte auront été retirés du service). Elle peut être tronquée de manière à fixer une durée de vie maximale qui, dans le présent exemple, pourrait être de 16 ans.

Graphique 6. Exemple de distribution des déclassements



La fonction de déclassement peut être exprimée de façon cumulative, c'est-à-dire en additionnant les probabilités de déclassement successives sur la durée de vie de la cohorte. Le meilleur moyen de comprendre le résultat est d'examiner le tableau. Celui-ci illustre une séquence d'investissement dans une même classe d'actifs sur une durée de 16 ans. La cinquième colonne représente la probabilité de survie des actifs qui ont été achetés au cours de ces 16 années. On remarquera que la probabilité de survie est égale à un moins la probabilité du déclassement. Supposons que l'année en cours (la plus récente) est l'année 16. Dans ce cas, la probabilité de survie (c'est-à-dire de maintien en service) pour les biens achetés au cours de l'année 16 est égale à un (c'est-à-dire qu'il est certain qu'ils survivront à la première année). Il existe une probabilité d'environ 84 % que les actifs achetés il y a 8 ans soient encore en service. Mais la probabilité que les actifs de la cohorte âgée de 16 ans soit encore en service n'est que de 0.6 %. Avec cette courbe de survie, il est possible de calculer le stock brut de capital selon la méthode de l'inventaire perpétuel. La première colonne de ce tableau montre l'évolution des investissements évalués aux prix historiques sur les 16 dernières années. L'indice des prix des biens d'équipement (troisième colonne) permet de convertir ces chiffres en unités comparables valorisées aux prix de l'année 16 (quatrième colonne). On recourt ensuite à la courbe de survie pour pondérer les cohortes passées en fonction de leur probabilité de survie (voir le résultat dans la colonne six). Lorsqu'on totalise cette dernière colonne, on obtient le stock brut de capital évalué aux prix de l'année 16.

Tableau 6. Profil de déclassement et stock brut de capital

Année (t)	Investissement aux prix historiques	Indice des prix des biens d'équipement (neufs)	Investissement au prix de l'année 16	Taux de survie	Investissement aux prix de l'année 16 pondéré par le pourcentage d'actifs déclassés
1	500	1,000	672,9	0,0060	4,0
2	800	1,020	1055,6	0,0225	23,8
3	1000	1,040	1293,6	0,0666	86,1
4	600	1,061	760,9	0,1584	120,6
5	500	1,082	621,7	0,3083	191,7
6	700	1,104	853,3	0,4998	426,4
7	750	1,126	896,3	0,6912	619,6
8	900	1,149	1054,5	0,8411	886,9
9	1200	1,172	1378,4	0,9330	1286,0
10	1000	1,195	1126,2	0,9770	1100,3
11	1100	1,219	1214,5	0,9936	1206,7
12	1200	1,243	1298,9	0,9984	1296,9
13	1100	1,268	1167,3	0,9995	1166,8
14	1000	1,294	1040,4	0,9997	1040,1
15	900	1,319	918,0	0,9998	917,8
16	800	1,346	800,0	1,0000	800,0
Gross stock 31/Dec/year 16 at average prices of year 16					11173,6

4.3. Combinaison des fonctions ancienneté-efficacité/déclassement

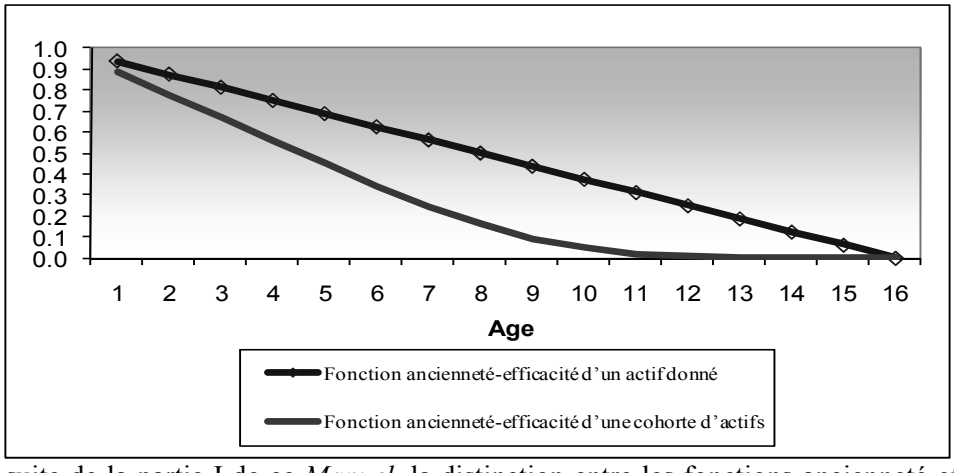
La distribution des déclassements doit aussi être prise en compte lorsqu'on dérive les fonctions ancienneté-prix des fonctions ancienneté-efficacité, comme on l'a montré dans la section 3.2. Cela signifie que les fonctions ancienneté-prix qui sont ici dérivées sont *conditionnées par le maintien en service de l'actif concerné*. Si l'on construit une fonction ancienneté-efficacité pour toute une cohorte, la distribution des déclassements doit être prise en compte, de telle sorte qu'on est amené à construire une fonction combinée ancienneté-efficacité/déclassement. Une fonction ancienneté-prix de la cohorte peut être déduite de cette fonction ancienneté-efficacité de la cohorte, en appliquant les méthodes ci-dessus. La fonction ancienneté-prix qui en résulte tient alors compte de la probabilité de maintien en service des actifs. Le prix d'un actif corrigé de sa probabilité de survie est plus bas que le prix de cet actif en l'absence d'une telle correction (c'est-à-dire qu'il dépend du maintien en service de cet actif). A défaut, il est possible de combiner un profil de déclassement avec une fonction ancienneté-prix pour obtenir la fonction ancienneté-prix d'une cohorte. En partant de cette fonction combinée ancienneté-prix/déclassement, il est possible de déduire la fonction ancienneté-efficacité correspondante. On notera qu'en général ces deux approches ne donnent pas le même résultat. Ce phénomène est expliqué de manière plus précise dans l'annexe 4.

Même si les profils d'amortissement d'un actif donné sont linéaires, ceux d'une cohorte entière ont une forme convexe. Par conséquent, un actif donné ne préjuge pas du profil d'amortissement de toute une cohorte.

Si l'on part de la fonction ancienneté-efficacité, on calculera la fonction ancienneté-efficacité/déclassement d'une cohorte d'actifs en affectant les différents indices ancienneté-efficacité d'une pondération de probabilité. Par exemple, à la fin de la première année d'utilisation, il existe une certaine probabilité que certains actifs seront mis au rebut. Par conséquent, leur fonction ancienneté-efficacité présente une baisse très rapide et l'efficacité est égale à zéro. Il existe un autre groupe d'actifs dont la fonction ancienneté-efficacité baisse un peu moins vite que celle du premier groupe parce qu'il est probable que les actifs en question seront retirés du service à la fin de la deuxième année. Il existe aussi un troisième groupe dont la mise au rebut interviendra probablement à la fin de la troisième année et dont la fonction ancienneté-efficacité est à l'avenant, etc. On calcule une fonction combinée ancienneté-efficacité/déclassement pour chaque point de la durée de vie maximale de la cohorte en pondérant chaque fonction ancienneté-efficacité par la probabilité de mise au rebut de l'actif concerné telle qu'elle est indiquée par la distribution des déclassements. On trouvera des explications complètes à ce sujet dans les sections 13.2 et 13.3 et dans l'annexe 4 du présent *Manuel*.

L'une des caractéristiques les plus importantes de cette manière de procéder est qu'elle implique que la fonction ancienneté-efficacité de la cohorte *dans son ensemble* est différente de celle d'un actif donné. Le graphique 7 illustre cette différence pour la fonction ancienneté-efficacité linéaire qui a été retenue dans l'exemple chiffré de ce chapitre et pour une fonction de déclassement obéissant à une loi logarithmique normale (log-normale). Bien que le profil d'un actif donné soit linéaire, la fonction ancienneté-efficacité/déclassement de la cohorte dans son ensemble est convexe. Il s'ensuit qu'une fonction ancienneté-efficacité/déclassement géométrique peut constituer une approximation satisfaisante pour un ensemble de fonctions ancienneté-efficacité/déclassement correspondant à des cohortes entières. Cette considération pratique est importante parce que les fonctions d'efficacité et d'amortissement géométriques facilitent grandement les procédures de calcul des stocks de capital et des services du capital.

Graphique 7. Fonction ancienneté-efficacité d'un actif donné et d'une cohorte d'actifs



Dans la suite de la partie I de ce *Manuel*, la distinction entre les fonctions ancienneté-efficacité d'un actif donné et d'une cohorte d'actifs sera maintenue, en particulier pour l'examen de l'amortissement et du stock net de capital.

CHAPITRE 5. AMORTISSEMENT OU CONSOMMATION DE CAPITAL FIXE

5.1. Concept et champ d'application

L'amortissement désigne la perte de valeur d'un actif ou d'une classe d'actifs à mesure du processus de vieillissement. L'amortissement est un concept de flux et, à ce titre, partage avec les autres flux appréhendés par les comptes nationaux plusieurs caractéristiques clés, telles que les principes d'évaluation. Du point de vue économique, la description qui convient le mieux à l'amortissement est qu'il est une somme que l'on déduit du revenu afin de tenir compte de la perte de valeur du capital due à l'utilisation des biens d'équipement dans le cadre de la production[3]. La définition en tant que valeur consommée dans le cadre de la production explique aussi le fait que l'expression « consommation de capital fixe » (CCF) a été employée comme synonyme de l'amortissement dans le SCN 1993. De même, les comptes nationaux des États-Unis emploient le terme « consommation de capital ».

Les mesures de l'amortissement, quoiqu'intéressantes en soi, ont pour finalité principale de passer de divers indicateurs « bruts » des flux économiques aux indicateurs « nets » correspondants, notamment pour la production et les revenus (produit intérieur net, valeur ajoutée nette) et pour un certain nombre de variables de la demande telles que l'investissement net. L'amortissement ne se résume pas à une simple ligne comptable, les indicateurs nets tenant une place particulière dans l'analyse. Ils permettent notamment une analyse plus axée sur le bien-être [4] que les indicateurs bruts, qui ont tendance à décrire le point de vue de l'offre. Le fait qu'un indicateur soit « net » revêt en outre une importance particulière pour la mesure des stocks. Comme on l'a vu dans le chapitre 6, le stock net de capital est une mesure de la richesse qui établit un autre lien avec le bien-être économique. L'amortissement est indispensable pour mesurer le stock net de capital correspondant à de nombreux actifs.

Un objectif important de la mesure de l'amortissement est le passage des valeurs brutes aux valeurs nettes dans les comptes de façon à disposer de la variable 'revenu net' pertinente du point de vue du bien-être

La consommation de capital fixe est un coût de production. La définition générale de la CCF figure au chapitre 6 du Système de comptabilité nationale révisé de 1993 :

> *« La consommation de capital fixe est la dépréciation, au cours de l'exercice, du stock d'actifs fixes appartenant à un producteur, ou utilisés par lui, par suite de l'usure physique, de l'obsolescence normale ou de dommages accidentels normaux. [...] Les pertes dues à une guerre ou une catastrophe naturelle majeure dont la survenance est extrêmement rare [...] ne sont pas incluses dans la consommation de capital fixe. [...] La valeur des actifs perdus de cette manière est enregistrée dans le compte des autres changements de volume des actifs. [...] La consommation de capital fixe est définie dans le Système de comptabilité nationale der façon à*

[3] Des explications complètes sur l'interprétation de l'amortissement figurent dans Triplett (1996).

[4] Weitzman (1976) a été le premier, en partant d'un modèle, à établir un lien formel entre le produit intérieur net et le bien-être économique. Cependant, le fait que les indicateurs nets sont plus pertinents pour le débat sur le bien-être que les indicateurs bruts est connu depuis longtemps des économistes (voir notamment Marshall (1890) et Pigou (1924).

être théoriquement appropriée et pertinente aux fins de l'analyse économique. Sa valeur peut s'écarter considérablement de l'amortissement tel qu'il est consigné dans les comptes des entreprises ou admis à des fins de déduction fiscale, notamment en cas d'inflation »

Quelques éclaircissements s'imposent.

- Premièrement, une dépréciation au cours de l'exercice peut être imputée à la conjonction de deux éléments, comme on l'a vu dans la section 3.2. L'un d'entre eux est la variation des prix correspondant à la classe d'actifs considéré *pour un âge donné* (et mesurée, par exemple, en comparant le prix d'un actif neuf au début de l'exercice avec celui d'un actif neuf à la clôture de l'exercice). L'autre élément est la variation de prix due au vieillissement de l'actif *compte tenu d'un niveau de prix donné pour la classe d'actifs* à laquelle il appartient (mesurée, par exemple, en comparant le prix d'un actif neuf avec celui d'un actif âgé d'un an). La nécessité d'utiliser uniquement cette dernière mesure pour appréhender l'amortissement ou d'inclure la première variation de prix mentionnée dans la mesure de l'amortissement fait l'objet d'un débat et nous y reviendrons dans la section intitulée « amortissement et obsolescence ». À ce stade, il suffit de signaler que, dans le présent *Manuel*, l'amortissement désigne la variation de prix due au vieillissement, ce qui permet de contrôler la variation totale des prix des actifs. Cette conception s'accorde avec le principe des comptes nationaux, qui est également repris dans le SCN, selon lequel les flux économiques d'une période doivent être mesurés en prenant en compte les prix moyens de cette période : *« la consommation de capital fixe doit être mesurée par référence à un ensemble donné de prix, à savoir les prix moyens de la période ».*

- Deuxièmement, le « dommage accidentel normal » fait référence aux types d'accidents qui se produisent ordinairement lors de l'emploi d'un actif dans la production. Il peut désigner le cas où un actif a été si gravement endommagé qu'il a dû être mis au rebut prématurément. Le matériel de transport est particulièrement vulnérable à ce type de dommage et lorsqu'on estime la durée de vie utile de ces actifs, celle-ci doit refléter la probabilité d'une mise au rebut prématurée par suite de pertes accidentelles.

Dans le présent *Manuel*, les termes « consommation de capital fixe » et « amortissement » sont interchangeables parce qu'ils sont la traduction de concepts identiques. Les comptables nationaux emploient le premier tandis que les économistes ont généralement tendance à utiliser le second.

- Troisièmement, la définition ci-dessus implique, sans l'établir de manière explicite, que l'obsolescence « anormale » ou imprévue est également exclue de la consommation de capital fixe. L'obsolescence « anormale » signifie ici l'obsolescence imprévue ; elle peut être due à des percées technologiques non envisagées ou à des variations des prix relatifs des facteurs de production. Les prix relatifs peuvent changer à la suite d'événements affectant les marchés des produits ou les facteurs de production tels que, par exemple, l'évolution des goûts des consommateurs. D'autres raisons tiennent à la technologie : l'introduction des calculatrices électroniques dans les années 60 est un exemple de développement imprévu qui a eu pour conséquence une diminution forte et soudaine de la valeur du stock existant de calculatrices électromécaniques. Le choc pétrolier de 1973 est un exemple d'évolution drastique du prix relatif des facteurs de production qui a pu conduire certains pays à remplacer prématurément des équipements inefficaces fonctionnant au pétrole par des modèles plus performants ou par des actifs utilisant d'autres sources d'énergie. La mise au rebut prématurée d'actifs qui résulte d'une obsolescence imprévue est traitée de la même manière que les pertes d'actifs pour cause de guerres ou de catastrophes naturelles et est enregistrée dans le compte « Autres changements de volume des actifs ».

- Quatrièmement, le calcul de la consommation de capital fixe doit prendre en compte les valeurs observées des actifs d'occasion dans le cas où il existe un marché pour ceux-ci. Les modalités selon lesquelles les informations sur les marchés de l'occasion peuvent être exploitées pour déterminer le profil d'amortissement des actifs sont abordées dans le chapitre 15. Cependant, le marché de l'occasion est inexistant ou non représentatif pour de nombreux actifs, ce qui complique la mesure des profils d'amortissement. Dans ce cas, les lois d'amortissement pourraient être considérées comme un moyen de répartir les dépenses de formation du capital fixe sur la durée de vie d'un actif. Cette répartition doit être prospective et non rétrospective et elle doit être proportionnelle aux prévisions de flux de revenu générés par l'actif sur sa durée de vie[5].

5.2. Mesure de l'amortissement

La mesure de l'amortissement est directement liée à la fonction ancienneté-prix d'un actif ou d'une cohorte d'actifs. Le taux d'amortissement d'un actif âgé de s années est la différence de prix entre un actif vieux de s ans et un actif vieux de s+1 ans exprimée en pourcentage de la valeur de l'actif âgé de s ans. Dans ce calcul, les prix des actifs vieux respectivement de s et de s+1 ans sont exprimés par les prix moyens de l'exercice. Ainsi, dans l'exemple de l'historique de prix d'un actif cité dans le tableau 4, les taux d'amortissement sont mesurés par comparaison avec la valeur des différents types d'actifs. Par exemple, le taux d'amortissement d'un actif d'un an est de (40.92-32.12)/40.92, soit environ 21 %, c'est-à-dire que le taux d'amortissement d'un actif de deux ans est voisin de 24 %. On notera que, dans cet exemple, les taux d'amortissement augmentent, ce qui est une conséquence directe du fait que la fonction ancienneté-prix a été constamment dérivée de la fonction ancienneté-efficacité dont on suppose qu'elle est linéaire.

Le tableau 4 est fondé sur les fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix d'un seul actif. Nous avons cependant montré au chapitre précédent sur les déclassements que la méthode réaliste consiste à utiliser les fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix de cohortes entières qui reflètent la distribution des déclassements. Ainsi, de même que la fonction ancienneté-prix d'un actif unique peut être dérivée avec cohérence de la fonction ancienneté-efficacité d'un actif unique, de même la fonction ancienneté-prix d'une cohorte entière peut être dérivée d'un profil ancienneté-efficacité pour une cohorte entière. Le calcul pour un actif unique est exactement le même que dans le tableau 4.

Le passage du point de vue d'un actif unique à celui d'une cohorte est présenté dans le tableau 7. La première colonne indique l'ancienneté des biens d'équipement. La meilleure manière de lire ce tableau est de partir de la troisième colonne, qui reproduit la fonction ancienneté-efficacité dans le cas d'un actif unique dont la durée de vie utile est de huit ans, cette fonction ayant été résumée dans le tableau 5. Quand on passe d'un seul actif à une cohorte d'actifs, il faut prendre en considération la durée de vie des autres actifs pour refléter l'hétérogénéité des biens faisant partie de cette cohorte. Les deuxième et quatrième colonnes du tableau 7 donnent des exemples de fonctions ancienneté-efficacité pour des durées de vie différentes (1 et 16 ans). Nous avons considéré que, pour cette cohorte, la durée de vie moyenne des actifs était de 8 ans et qu'elle pouvait atteindre 16 ans au maximum. Pour construire la fonction ancienneté-efficacité d'une cohorte *dans son ensemble*, nous avons calculé la moyenne des fonctions ancienneté-

[5] Les sommes ainsi affectées ne sont pas une mesure exhaustive du coût du capital car elles ne tiennent pas compte des variations de prix et des taux d'intérêt et la partie de l'annuité qui correspond au remboursement du principal du prêt est une statistique insuffisante pour appréhender le coût mensuel de ce prêt. On notera également que le Système de comptabilité nationale (chapitre 6) déclare expressément que « contrairement à l'amortissement tel qu'il est généralement calculé dans les comptes des entreprises, la consommation de capital fixe n'est pas, du moins en principe, une méthode de répartition sur les exercices futurs du coût des dépenses passées qui ont été consacrées aux immobilisations ». Autrement dit, l'amortissement est un indicateur prospectif déterminé par des événements futurs et non passés.

efficacité associées aux différentes durées de vie utile en la pondérant par les probabilités de déclassement. Le mode de calcul exact et les possibilités existant pour le calcul sont décrits en détail dans la section 13.3. Dans l'exemple simple qui nous occupe, il suffira de faire remarquer que le résultat est un profil combiné ancienneté-efficacité/déclassement pour l'ensemble de la cohorte, lequel apparaît dans la deuxième colonne à partir de la droite. Enfin, la dernière colonne du tableau représente la fonction ancienneté-prix qui correspond à cette fonction combinée ancienneté-efficacité/déclassement. Elle a été obtenue à partir de la fonction combinée ancienneté-efficacité/déclassement selon des modalités strictement identiques à celles qui ont été employées pour la fonction ancienneté-prix d'un actif unique dérivé de la fonction ancienneté-efficacité de cet actif (tableau 2 à tableau 5). La fonction ancienneté-prix d'une cohorte est le point de départ du calcul de l'amortissement et des stocks nets.

Tableau 7. Fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix d'une cohorte d'actifs

Âge du bien d'équipement	Fonction ancienneté-efficacité d'un actif unique dont la durée de vie est de					Fonction ancienneté-efficacité/déclassement de la cohorte	Fonction ancienneté-prix de la cohorte
	1 an	….	8 ans	….	16 ans		
15	..		..		0.06	0.00	0.00
14	..		..		0.13	0.00	0.00
13	..		..		0.19	0.00	0.00
12	..		..		0.25	0.01	0.00
11	..		..		0.31	0.02	0.01
10	..		..		0.38	0.05	0.02
9	..		..		0.44	0.09	0.03
8	..		0.00		0.50	0.16	0.07
7	..		0.13		0.56	0.24	0.11
6	..		0.25		0.63	0.34	0.18
5	..		0.38		0.69	0.45	0.27
4	..		0.50		0.75	0.56	0.38
3	..		0.63		0.81	0.67	0.50
2	..		0.75		0.88	0.78	0.65
1	0.00		0.88		0.94	0.89	0.82
0	1.00		1.00		1.00	1.00	1.00

Avant de montrer comment est calculé l'amortissement, on notera que, dans le tableau 7, les fonctions ancienneté-prix d'une cohorte sont dérivées de la fonction ancienneté-efficacité. Cette manière de procéder n'est qu'un des moyens d'aboutir à un ensemble de mesures du capital cohérentes. Mais on peut tout aussi bien partir da la fonction ancienneté-prix des différents actifs. Par exemple, les offices statistiques ont fréquemment recouru à une fonction ancienneté-prix déclinant selon une pente linéaire (c'est-à-dire que la valeur absolue des amortissements est constante pendant toute la durée de vie d'un actif). On remarquera que, si l'on prenait pour point de départ une fonction ancienneté-prix ou d'amortissement particulière, il faudrait dériver un profil ancienneté-efficacité cohérent qui, généralement, ne serait pas linéaire. Nous renvoyons ceux de nos lecteurs qui désireraient des explications plus détaillées au chapitre 10.

Les taux et profils d'amortissement sont deux moyens différents de représenter la fonction ancienneté-prix d'un actif et fournissent exactement les mêmes informations.

Nous poursuivons la description de la mesure de l'amortissement en introduisant les *taux d'amortissement.* Ces derniers, présentés dans la troisième colonne du tableau ne sont qu'un moyen plus simple d'exprimer la fonction ancienneté-prix de l'ensemble de la cohorte présentée dans le tableau 7 : quel que soit l'âge des actifs, le taux d'amortissement correspond à la différence de valeur entre des actifs d'âge croissant exprimée en pourcentage de la valeur de l'actif le plus jeune. Ainsi, le taux d'amortissement d'un actif âgé d'un an est l'écart de prix entre un actif d'un an et un autre de deux ans exprimé en pourcentage de la valeur de celui d'un an (20.3 % dans cet exemple).

Une autre transformation est utile pour faciliter le calcul, à savoir le calcul des *profils d'amortissement fondés sur la valeur d'actifs neufs*. Ces profils reflètent la perte de valeur d'un actif à mesure qu'il vieillit exprimée en pourcentage de la valeur d'un actif *neuf*, comme on le voit dans le tableau. Les taux et profils d'amortissement coïncident pour un actif neuf (18.4 %), mais ils divergent pour ceux qui ne le sont pas. Par exemple, le profil d'amortissement de 16.5 % pour un actif d'un an est égal au taux d'amortissement d'un actif d'un an multiplié par un moins le taux d'amortissement d'un actif neuf, c'est-à-dire 0.203 * (1-0.184) = 0.165. De même, pour un actif âgé de deux ans, on obtient 0.225 – (1-0.203) * (1-0184) = 0.147, etc. Comme on va le voir, la seule finalité de la transformation des taux d'amortissement « normaux » en profils d'amortissement reposant sur la valeur d'actifs neufs est de faciliter le calcul et de pouvoir établir des liens avec la pratique actuelle de calcul de la consommation de capital fixe qui est employée pour les comptes nationaux.

Tableau 8. Taux et profil d'amortissement

Âge du bien d'équipement	Fonction ancienneté-prix de la cohorte	Taux d'amortissement	Profil d'amortissement
15	0.000	1.000	0.000
14	0.000	0.825	0.000
13	0.001	0.775	0.000
12	0.002	0.723	0.001
11	0.006	0.668	0.004
10	0.015	0.608	0.009
9	0.034	0.546	0.018
8	0.066	0.484	0.032
7	0.114	0.425	0.049
6	0.182	0.372	0.068
5	0.269	0.325	0.088
4	0.377	0.286	0.108
3	0.504	0.253	0.127
2	0.651	0.225	0.147
1	0.816	0.203	0.165
0	1.000	0.184	0.184

Il existe deux moyens équivalents de calculer le niveau des amortissements, le premier utilisant directement les taux d'amortissement tandis que le second fait appel au stock net de capital ou au stock de richesse[6]. Considérons tout d'abord la seconde opération. Elle nous oblige à prévoir que, dans la méthode

[6] Dans le présent *Manuel*, les termes « stock net de capital » et « stock de patrimoine » sont interchangeables (voir le chapitre 6).

de l'inventaire perpétuel (décrite de manière plus détaillée dans les chapitres 6 et 10), le stock net d'un type d'actif donné est calculé en cumulant les flux d'investissement passés avec la fonction ancienneté-prix employée comme coefficient de pondération. Cette dernière est simulée dans les six premières colonnes du tableau : l'année pour laquelle l'amortissement doit être calculé est la 17e et la deuxième colonne recense les investissements consacrés à un type d'actif particulier au cours des années 1 à 17. Les investissements sont évalués au prix moyen de l'année 16, année de référence que nous avons choisie arbitrairement. La colonne trois présente le profil combiné ancienneté-prix/déclassement qui est en vigueur à la fin de l'année 16 : l'investissement (c'est-à-dire la formation brute de capital fixe - FBCF) de l'année 16 est affecté de la pondération 1 ; la FBCF de l'année 15 a un poids de 0.816 et ainsi de suite. La colonne 4 présente la fonction ancienneté-prix/déclassement en se plaçant du point de vue de l'année 17, durant laquelle l'investissement est affecté du coefficient 1, contre 0.816 pour celui de l'année 16, etc. Dans la colonne 5, les flux d'investissement passés sont pondérés par la fonction ancienneté-prix qui s'applique à la fin de l'année 16 et, dans la colonne 6, les flux d'investissement passés sont pondérés par la fonction ancienneté-prix s'appliquant à la fin de l'année 17. La somme des colonnes 5 et 6 donne le stock net de capital au début (colonne 5) et à la fin (colonne 6) de l'année 17, qui est évalué aux prix moyens de l'année 16.

Tableau 9. Calcul de l'amortissement

Année (t)	Investissement aux prix de l'année 16	Fonction ancienneté-prix de l'année 16	Fonction ancienneté-prix de l'année 17	Investissements passés pondérés par la fonction ancienneté-prix		Profil d'amortissement	Investissements passés pondérés par le profil d'amortissement
				Année 16	Année 17		
1	672.9	0.000	0.000	0.0	0.0	0.000	0.0
2	1055.6	0.000	0.000	0.1	0.0	0.000	0.1
3	1293.6	0.001	0.000	0.7	0.2	0.000	0.6
4	760.9	0.002	0.001	1.5	0.4	0.001	1.1
5	621.7	0.006	0.002	3.7	1.2	0.004	2.5
6	853.3	0.015	0.006	13.1	5.1	0.009	8.0
7	896.3	0.034	0.015	30.3	13.8	0.018	16.6
8	1054.5	0.066	0.034	69.2	35.7	0.032	33.5
9	1378.4	0.114	0.066	157.3	90.4	0.049	66.9
10	1126.2	0.182	0.114	204.5	128.5	0.068	76.1
11	1214.5	0.269	0.182	326.9	220.6	0.088	106.3
12	1298.9	0.377	0.269	489.4	349.6	0.108	139.8
13	1167.3	0.504	0.377	588.5	439.8	0.127	148.7
14	1040.4	0.651	0.504	677.2	524.5	0.147	152.6
15	918.0	0.816	0.651	749.4	597.5	0.165	151.9
16	800.0	1.000	0.816	800.0	653.0	0.184	147.0
17	1176.5		1.000		1176.5		
				4111.9	4236.9		**1051.5**
Pendant année 17 :							
Changement en stock de patrimoine au prix de l'année 16					125.0		
dont investissement au prix de l'année 16					1176.5		
dont dépréciation au prix de l'année 16					**-1051.5**		

Pour calculer l'amortissement, la variation totale du stock patrimonial entre le début et la fin de l'année 17 est aisément calculée sous la forme de 125 unités monétaires. Cette différence peut être décomposée en investissements et en amortissements (dont les prix sont mesurés pour les uns comme pour les autres sur la même base) et l'on voit aisément que l'amortissement de l'année 17 doit être égal à 1 051.5 dollars compte tenu d'un flux d'investissement de 1 176.5 dollars et d'une variation du stock de richesse de 125 dollars. Comme tous les prix sont exprimés par référence à l'année 16, l'amortissement de l'année 17 exprimé aux prix courants de l'année 17 est obtenu en le multipliant par la variation des prix des biens d'équipement observée entre les années 16 et 17.

Il existe un deuxième moyen de calculer l'amortissement en utilisant directement le profil d'amortissement présenté dans le tableau. Plus précisément, le profil d'amortissement est appliqué directement à la série des investissements passés. Ce calcul apparaît dans les colonnes 7 et 8 du tableau. La somme des flux d'investissement pondérés est égale à 1 051.5, la valeur de l'amortissement de l'année 17 exprimée aux prix de l'année 16.

5.3. Prix et volume des amortissements

Les calculs ci-dessus ont tous été effectués pour un type d'actifs donné et la répartition entre prix et volumes est simple puisqu'on se borne à appliquer l'indice des prix approprié (corrigé de l'effet qualité) de la classe d'actifs en question. La décomposition de l'amortissement agrégé (c'est-à-dire de la somme des amortissements pratiqués sur tous les actifs) entre ses composantes prix et volume, un peu plus complexe, sera abordée dans la section 8.3.3.

5.4. Amortissement et obsolescence

Nous avons indiqué plus tôt que l'amortissement doit inclure non seulement la perte de valeur due à la détérioration physique, mais aussi celle qui résulte de l'obsolescence « normale » ou « prévisible». La question de la manière dont on doit définir l'obsolescence, la mesurer et l'inclure dans l'amortissement a été récemment abordée (Hill 2000, 2003, Diewert 2005, Ahmad et autres 2005, Schreyer 2005, Diewert et Wykoff 2006) au moyen de diverses propositions pour la mesure de l'amortissement.

La définition tirée des ouvrages spécialisées selon laquelle l'obsolescence est « ... la perte de valeur du capital existant qui résulte du fait que sa technologie ne convient plus aux conditions économiques ou que des alternatives techniquement supérieures deviennent disponibles » (Hulten et Wykoff 1981 p. 255) est particulièrement représentative. Le plus souvent, l'obsolescence est décrite comme un phénomène de valorisation et non comme un phénomène affectant les services que l'on peut physiquement retirer d'un bien d'équipement. La ligne de partage entre les effets physiques et de valorisation peut cependant être ténue :

- Conceptuellement, l'obsolescence comprend aussi les cas complexes dus à l'évolution des prix relatifs des autres intrants, de telle sorte que l'actif en question n'est plus adapté aux conditions économiques. Une machine consommant beaucoup d'énergie peut devenir obsolète si le coût de l'énergie augmente par rapport à celui des autres intrants, ou une mine de charbon peut être frappée d'obsolescence si le prix de ce combustible n'est plus compétitif. Cette obsolescence se traduira par un raccourcissement de la durée de vie utile de l'actif concerné et affectera tant sa valeur que la totalité du flux de services qu'il procure. Diewert et Wykoff (2006) ont appelé la dévalorisation du capital spécialisé due à l'évolution de la demande *dépréciation imputable à l'obsolescence non incorporée,* parce que celle-ci peut survenir même si aucun modèle amélioré de l'actif concerné n'apparaît sur le marché.

- Dans la terminologie de Diewert et Wykoff (2006), l'obsolescence liée à l'arrivée de nouveaux modèles plus performants est appelée *dépréciation due à l'obsolescence incorporée*. L'obsolescence non incorporée étant directement liée à un changement de qualité, les indices de prix corrigés de l'effet qualité sont un outil permettant la comparabilité de volumes d'actifs dont les caractéristiques sont différentes. Par exemple, si l'on se sert des chiffres sur l'investissement d'années successives pour construire des indicateurs de l'amortissement, les indices de prix corrigés de l'effet qualité sont utilisés comme déflateurs. Cette méthode implique que le volume des investissements effectués durant les périodes passées est réduit par rapport à celui des investissements plus récents, car les séries temporelles sur l'investissement sont converties en unités d'efficacité standards. Ainsi, bien que, dans l'absolu, l'efficacité productive d'un bien d'équipement ancien puisse rester inchangée, les améliorations qualitatives incorporées dans les biens plus récents aboutissent à une diminution de l'indice mesurant le bien ancien en volume quand on l'exprime en nouvelles unités d'efficience équivalentes.

Au risque de trop simplifier le débat, l'une des grandes questions est de savoir si la mesure de l'amortissement ne doit comprendre que la différence de valeur entre des actifs d'âges différents au cours d'une année donnée (« amortissement transversal ») ou si elle doit aussi incorporer les corrections à la baisse escomptées pour les prix réels des actifs entre plusieurs périodes. L'inclusion du deuxième élément, recommandée notamment par Hill (2000), est motivée par l'idée que la baisse séculaire du prix des actifs en termes réels est révélatrice du progrès technique, qui fait baisser le prix relatif des actifs au fil du temps. Elle est une expression de l'obsolescence et doit donc être incluse dans la mesure de l'amortissement parce que ce dernier doit rendre compte de l'obsolescence. A l'opposé, des courants influents de l'analyse économique sur l'amortissement[7] l'ont toujours défini et mesuré en faisant abstraction de la baisse du prix des actifs en termes réels.

L'une des conclusions qui se dégage du débat est qu'il n'existe pas obligatoirement une mesure unique de l'amortissement que l'on pourrait appeler la « bonne » mesure, mais que celui-ci peut être défini de diverses manières selon la question analytique que l'on se pose. On peut considérer l'amortissement comme la perte de valeur d'un actif qui est due à son utilisation dans le processus de production ou aux moyens qui doivent être réservés au maintien de la capacité productive de l'économie. On peut aussi définir l'amortissement comme la quantité de richesse que perdent les propriétaires des biens parce que ces derniers sont utilisés pour la production *et* qu'il existe une tendance à la baisse durable des prix des actifs en termes réels. Cette dernière interprétation justifierait l'inclusion de la baisse du prix des actifs en termes réels dans la mesure de l'amortissement alors que la première impose d'exclure cette baisse de l'amortissement tout en la traitant comme une moins-value, c'est-à-dire comme un effet richesse. En d'autres termes, si l'amortissement a pour but de mesurer la valeur de l'investissement nécessaire pour maintenir en l'état le stock de capital productif de l'économie, la baisse du prix des actifs en termes réels

[7] On trouvera un résumé représentatif de cette école de pensée dans Jorgenson (1996). Plusieurs auteurs (Ahmad, Aspden et Schreyer 2005) ont argué que l'obsolescence prévue doit être incorporée dans l'amortissement mais qu'il n'est ni suffisant ni nécessaire d'inclure les variations des prix des actifs en termes réels pour l'appréhender. Diewert (2006) est parvenu à la même conclusion lorsqu'il a montré qu'une augmentation du prix d'un autre facteur du travail peut aboutir à la mise hors service anticipée d'un actif, ce qui implique qu'il existe un type d'obsolescence qui ne dépend pas obligatoirement des variations de prix des actifs en termes réels : « ce qui cause ces formes d'obsolescence non standard est une certaine forme d'indissociabilité du capital par rapport aux autres facteurs de production », a dit Diewert au cours du débat. Jorgenson (1999) a affirmé qu'il n'est pas nécessaire de comptabiliser séparément l'obsolescence. Il écrit « [...] il n'y a pas de place pour la notion d'obsolescence dans la nouvelle définition [de l'amortissement] puisque les prix de tous les actifs sont définis par des indices à prix constants tenant compte de l'effet qualité comme ceux qui sont employés par BEA pour les ordinateurs. Ceux qui achètent ces actifs s'attendent à une amélioration de qualité mais cette information est incluse dans le prix des actifs de telle sorte qu'il n'y a pas lieu de comptabiliser séparément l'obsolescence ». Cette position semble très proche de celle de Diewert et Wykoff (2006) sur les dépréciations dues à l'obsolescence incarnée.

ne doit pas entrer en ligne de compte. En revanche, si la finalité de l'amortissement est de mesurer la valeur de l'investissement requis pour maintenir intact le pouvoir d'achat du stock de richesse des propriétaires du capital, les prix réels des actifs doivent être pris en considération (Schreyer 2005).

En fait, la question de ce qui doit entrer dans la mesure de l'amortissement porte sur l'objet que le revenu net (ou les autres indicateurs nets de la comptabilité nationale) est censé mesurer plutôt que sur l'obsolescence. Diewert (2006a) fait remonter l'origine de cette controverse sur le revenu net à un débat entre Pigou (1924, 1941), Clark (1940) et Hayek (1941). La déduction d'un amortissement incluant la baisse prévisionnelle du prix des actifs en termes réels du revenu brut donne une mesure du revenu net qui correspond au revenu dans l'optique du patrimoine. L'indicateur du revenu net corrigé de « l'usure et la réévaluation » qu'a défini Diewert (2006a) est plus général, quoique similaire, parce qu'il tient compte des moins-values réelles prévues ainsi que des plus-values prévues. La déduction d'un amortissement excluant la baisse prévisionnelle du prix des actifs en termes réels du revenu brut donne une mesure du revenu net qui correspond au revenu du point de vue de la production.

Le présent *Manuel* recourt à un concept de l'amortissement qui *n'intègre pas* les variations des prix relatifs des actifs. Il y a plusieurs raisons à cela.

- La première est que, de cette manière, les points de vue de l'offre et de la production restent distincts de ceux de la demande et du consommateur. Une mesure de l'amortissement qui appréhende la valeur actualisée du capital consommé pour la production et l'investissement requis pour maintenir intacte la capacité productive de l'économie procède du point de vue de l'offre. Il est aisé de présenter le point de vue du consommateur ou de la demande[8] en prenant en considération les effets de patrimoine résultant de la possession d'actifs productifs, mais il semble plus approprié de continuer à mesurer ces effets séparément plutôt que de les regrouper d'emblée.

- La deuxième est que les pratiques actuelles des comptables nationaux des pays membres de l'OCDE reposent sur une conception de l'amortissement qui ne tient pas compte de l'effet de patrimoine. De plus, si l'on voulait incorporer cet effet dans la mesure de l'amortissement, il y aurait lieu de se demander s'il doit être intégré de manière asymétrique (c'est-à-dire en n'appréhendant que les *moins-values* réelles prévues) ou symétrique (en tenant également compte des *plus-values* en termes réels).

Nous répétons cependant que le traitement des variations de prix relatifs des biens d'équipement peut varier en fonction des questions que l'on se pose. En particulier, il est pertinent de tenir compte des variations de prix en termes réels pour l'analyse de l'effet richesse et des considérations connexes en matière de bien-être. Le revenu net baisserait alors en présence de moins-values prévues et augmenterait lorsqu'on prévoit des plus-values.

[8] Pour certains produits tels que les ordinateurs, l'écart entre les points de vue de l'offre et du consommateur peut être considérable parce que le prix de ces appareils diminue rapidement en termes réels. Par conséquent, les dotations aux amortissements peut être différentes, auquel cas le revenu net aussi, car, comme on l'a vu ci-dessus, on a affaire à deux conceptions différentes du revenu. Cependant, si l'obsolescence est la cause de la baisse rapide des prix en termes réels, il est probable que la durée de vie économique des ordinateurs soit courte, ce qui tendra à réduire l'écart entre les deux mesures de l'amortissement et du revenu. Des études économétriques sur l'obsolescence des ordinateurs ont été réalisées par Geske, Ramey et Sharpiro (2007) qui affirment (p. 14) que « une fois que l'on prend en compte l'obsolescence, l'amortissement lié à la vétusté des micro-ordinateurs qui ont été revendus est négligeable ».

5.5. Détermination des paramètres de l'amortissement

5.5.1. Amortissement dérivé des fonctions ancienneté-efficacité

Dans la pratique, plusieurs approches sont envisageables pour dériver les taux d'amortissement. La première consiste à partir d'informations ou d'hypothèses sur la durée de vie utile des actifs et sur leur profil ancienneté-efficacité, puis à en déduire la fonction ancienneté-prix et les taux d'amortissement selon un raisonnement très proche de celui qui a été décrit du tableau 2 au tableau 5. On trouvera des explications plus détaillées sur les fonctions ancienneté-efficacité dans le chapitre Chapitre 1 et une description précise de la manière dont sont dérivés les paramètres d'amortissement déterminés à partir de la fonction ancienneté-efficacité dans la partie II du présent *Manuel*.

5.5.2. Détermination directe des profils ancienneté-prix

La deuxième solution, fréquemment employée par les offices statistiques, est de partir d'informations ou hypothèses sur la durée de vie utile des actifs et d'y ajouter une hypothèse supplémentaire sur la forme fonctionnelle du profil ancienneté-prix. On suppose dans de nombreux cas que l'amortissement obéit à une fonction linéaire. Une troisième possibilité consiste à dériver les paramètres d'amortissement d'informations empiriques sur les prix des actifs d'occasion qui se prêtent à une exploitation par des méthodes économétriques. Les deuxième et troisième solutions sont décrites de façon plus précise dans la partie II de ce *Manuel*. Quelques remarques générales sont ici de mise.

Premièrement, si l'on suppose que la fonction ancienneté-prix ou d'amortissement obéit à une fonction linéaire, on ne tient aucun compte de la distribution des déclassements dans le calcul du profil. Le profil de déclassement doit être intégré dans le calcul en corrigeant la fonction ancienneté-prix des déclassements ou en multipliant les vecteurs de l'investissement passé par leur probabilité de survie (voir la section 13.3). Ce procédé revient à exploiter les éléments du stock brut de capital. On obtient ensuite le montant total de l'amortissement pour une période donnée, évalué aux prix moyens de cette période, en appliquant le vecteur des paramètres d'amortissement à celui des investissements passés, chaque investissement ayant été corrigé de sa probabilité de survie.

Deuxièmement, si l'on opte pour une baisse de la valeur des actifs à un rythme constant pour la fonction ancienneté-prix (« fonction géométrique »), on peut aisément obtenir des coefficients géométriques au moyen de la méthode de l'amortissement dégressif à taux double, dans laquelle le taux de la baisse est donné par l'expression suivante : $\delta^i = 2/\overline{T}^i$ $\overline{T}^i$ étant la durée de vie moyenne du type d'actif i. Cependant, cette valeur n'est pas corroborée par des résultats économétriques provenant de travaux portant sur de larges échantillons. La méthode de l'amortissement dégressif à taux double est décrite de façon plus approfondie au chapitre 12.

Les études économétriques sur les prix des actifs d'occasion ou les enquêtes sur les cessions d'actifs sont d'excellents moyens d'obtenir les paramètres servant à la construction de modèles d'amortissement dégressif. Quoique les études économétriques portent sur des échantillons assez limités, leurs résultats constituent un fondement beaucoup plus solide pour les estimations de l'amortissement que de simples hypothèses. Les principes sur lesquels reposent ces études sont décrits au chapitre 12.

CHAPITRE 6. STOCK NET DE CAPITAL (« PATRIMOINE »)

6.1. Présentation du concept

Le stock des actifs issus d'années antérieures et corrigés de l'amortissement est le *stock net de capital ou de patrimoine.* Ce stock net est évalué comme si un bien d'équipement (neuf ou d'occasion) avait été acquis à la date de clôture d'un bilan. Le stock net est conçu de manière à afficher la richesse du propriétaire d'un actif à un instant précis. C'est pourquoi la notion de stock de « patrimoine », qui semble plus parlante que celle de stock « net » parce qu'il existe d'autres types de mesures nettes du capital, telles que le stock de capital productif, est nette des pertes d'efficacité des biens d'équipement dues à leur vieillissement. Le stock net est ce qui apparaît au bilan des acteurs institutionnels.

6.2. Mesure

De manière générale, il existe trois moyens de mesurer le stock net :

- par l'application directe de la méthode de l'inventaire perpétuel, dans laquelle il est égal à la somme des investissements passés pondérés par un profil combiné ancienneté-prix/déclassement ;
- en le dérivant du stock brut et de l'amortissement ;
- et à partir des enquêtes auprès des entreprises.

6.2.1. Application directe de la méthode de l'inventaire perpétuel

Le point de départ de tout calcul du stock net est la fonction ancienneté-prix/déclassement d'un groupe d'actifs donné. Cette fonction peut soit être déterminée directement à partir d'observations empiriques sur les fonctions d'amortissement, soit être dérivée de fonctions combinées ancienneté-efficacité/déclassement tels qu'elles ont été décrites plus haut dans ce *Manuel*.

Une fois que l'on dispose de la fonction ancienneté-prix/déclassement, il est possible d'appliquer la méthode de l'inventaire perpétuel pour obtenir une mesure du stock net, comme on le voit dans le tableau. Comme c'était le cas dans les tableaux précédents, la deuxième colonne indique l'investissement aux prix historiques, qui est converti aux prix de l'année 16 (colonne 4) en appliquant l'indice des prix des investissements figurant dans la colonne 3. On applique ensuite la fonction combinée ancienneté-prix/déclassement issue du tableau 7 de manière à obtenir le coefficient de pondération du vecteur des investissements passés. Ainsi, l'investissement de l'année en cours (année 16) est affecté d'une pondération égale à l'unité, ce qui signifie qu'il est inclus en totalité dans le stock net, tandis que l'investissement de l'année 15 a un coefficient de pondération d'environ 81 %, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'on remonte à 16 ans plus tôt, les investissements effectués à l'époque ayant en principe une pondération nulle. La dernière colonne présente la série des investissements ainsi pondérée, dont on calcule ensuite le total pour obtenir, à la fin de l'année 16, le stock net de 4 111.9 unités de compte évaluées aux prix de l'année 16.

Les stocks nets, qui appréhendent la dimension patrimoniale du capital, sont l'indicateur le plus approprié pour un bilan

Tableau 10. Calcul du stock net

Année (t)	Investissement aux prix historiques	Indice des prix des biens d'équipement (neufs)	Investissement aux prix de l'année 16	Fonction ancienneté-prix de la cohorte	Investissement aux prix de l'année 16 pondéré par la fonction ancienneté-prix de la cohorte
1	500	1.000	672.9	0.000	0.0
2	800	1.020	1055.6	0.000	0.1
3	1000	1.040	1293.6	0.001	0.7
4	600	1.061	760.9	0.002	1.5
5	500	1.082	621.7	0.006	3.7
6	700	1.104	853.3	0.015	13.1
7	750	1.126	896.3	0.034	30.3
8	900	1.149	1054.5	0.066	69.2
9	1200	1.172	1378.4	0.114	157.3
10	1000	1.195	1126.2	0.182	204.5
11	1100	1.219	1214.5	0.269	326.9
12	1200	1.243	1298.9	0.377	489.4
13	1100	1.268	1167.3	0.504	588.5
14	1000	1.294	1040.4	0.651	677.2
15	900	1.319	918.0	0.816	749.4
16	800	1.346	800.0	1.000	800.0
Stock net à la fin de l'année 16 exprimé aux prix moyens de l'année 16					4111.9

Le stock net de capital aux prix de l'année 16 dans le tableau a été calculé en utilisant les ***prix moyens de l'actif sur l'année*** dans le cas où l'indice implicite des prix de l'investissement figurant dans la colonne 3 se rapporte à des périodes intermédiaires. Toutefois, dans les bilans du SCN, le stock net de capital doit être évalué aux prix de clôture car tous les postes du bilan de clôture font référence aux valeurs de marché des actifs et des passifs à la fin de chaque année. Ainsi, pour utiliser le stock net de capital aux prix courants indiqué dans le tableau comme poste du bilan, il faut le multiplier par le rapport des prix à la clôture sur les prix moyens. Habituellement, les prix de clôture ne sont pas calculés directement mais obtenus en faisant la moyenne des prix de décembre/janvier ou du quatrième/premier trimestre si ces chiffres sont disponibles ou en faisant la moyenne des prix moyens sur l'année pour des années consécutives.

Cependant, les prix moyens de l'année sont la base qui convient pour fixer les prix servant à évaluer l'amortissement, tant aux prix courants qu'à prix constants. L'amortissement est un flux qui se produit régulièrement tout au long de l'année. L'idéal serait de l'évaluer aux prix prévalant à chacun des moments où il se produit mais, comme cela n'est pas possible, la moyenne des prix sur l'ensemble de l'année, ou à défaut les prix au milieu de l'année, constituent une approximation acceptable. Le chapitre 5 montre que le stock net mesuré aux prix moyens de l'année est donc utile pour mesurer l'amortissement.

6.2.2. Dérivation du stock brut et de l'amortissement

Le Système de comptabilité nationale recommande d'évaluer les actifs figurant dans un bilan en déduisant du prix courant ou du prix de base payé par l'acheteur d'un actif neuf la consommation cumulée de capital fixe afférente à ces actifs. Cette méthode correspond à celle qui est décrite dans la présente

section. Comme elle est parfaitement équivalente à « l'application directe de la méthode de l'inventaire perpétuel » décrite ci-dessus, les deux approches sont recommandées par le SCN.

Par conséquent, un deuxième moyen de calculer le stock net consiste à corriger les mesures du stock brut de capital de l'amortissement cumulé. Cela présuppose que l'on dispose de mesures de l'amortissement. Comme on l'a vu dans le chapitre sur l'amortissement, il existe plusieurs moyens équivalents de dériver des mesures de l'amortissement. L'un d'entre elles est la comparaison des stocks nets et la déduction de la formation brute de capital fixe. Bien entendu, ce procédé ne peut être employé dans le cas présent parce qu'il implique une circularité, à savoir que l'on sait que le stock net dérive du stock net. Autrement dit, il n'est pas possible de calculer à la fois le stock net et l'amortissement selon une approche indirecte car au moins l'un d'entre eux doit être calculé en appliquant directement les fonctions ancienneté-prix ou d'amortissement aux séries temporelles sur l'investissement.

6.2.3. Enquêtes auprès des sociétés

Étant donné que, du point de vue théorique, le stock net est similaire aux éléments inscrits au bilan des sociétés, il est possible, en principe, d'utiliser les informations fournies par ces dernières pour estimer le niveau du stock net de capital fixe. Comme on l'a vu de façon plus détaillée au chapitre 12, plusieurs problèmes pratiques doivent être surmontés pour que les informations provenant des sociétés puissent être utilisées dans les comptes nationaux. L'un des plus importants concerne l'évaluation : il se peut que les sociétés évaluent leurs actifs au coût historique alors que, dans les comptes nationaux, les postes du bilan doivent être évalués aux prix courants. Il faut aussi se demander si les fonctions d'amortissement utilisées par les sociétés pour dériver la valeur nette de leurs actifs sont, dans leurs grandes lignes, comparables aux principes de la comptabilité nationale, en particulier si la fonction d'amortissement donne une approximation réaliste de la perte de valeur des actifs sur le marché. Il arrive que des règles ou considérations fiscales telles que l'amortissement dégressif influencent la valeur du stock net de capital d'une société sans qu'elle soit représentative de sa valeur vénale.

CHAPITRE 7. STOCK PRODUCTIF ET SERVICES DU CAPITAL

7.1. Présentation du concept

Le stock d'un type d'actifs donné résultant d'exercices antérieurs et corrigé de la diminution de son efficacité productive est le stock de capital productif.[9] Ainsi, les stocks productifs sont directement liés à la quantité de capital et à sa dimension productive. Les stocks de capital productif sont une étape intermédiaire de la mesure des services du capital. On suppose que le flux des services du capital, c'est-à-dire l'apport réel de capital dans la production, est proportionnel au stock productif d'une classe d'actifs donnée. Si le facteur de proportionnalité est constant, le taux de variation des services du capital sera égal au taux de variation du stock de capital productif[10]. Le même taux de variation constitue la composante des volumes lorsqu'on ventile la variation de la valeur totale des services du capital aux prix courants entre ses composantes prix et volume. On peut également considérer le stock productif d'un type d'actif donné comme le volume actuel et futur des services du capital qui est incorporé dans ces actifs. La notion de stock productif n'a de sens que quand on éclate un type d'actif donné entre ses composantes. Une fois que le stock productif de chaque actif est combiné avec le prix des services correspondants qui sont tirés du capital (par unité de stock productif), la valeur que l'on obtient représente le flux des services du capital. C'est cette variable qui est pertinente pour l'agrégation entre les divers types d'actifs

7.2. Calcul des stocks de capital productif

Pour un actif donné, le stock de capital productif se mesure par l'application directe de la méthode de l'inventaire perpétuel et est égal à la somme des investissements passés pondérés par une fonction ancienneté-efficacité. Cette dernière (voir également le chapitre 3.2) décrit la variation de l'efficacité productive d'un actif à mesure qu'il vieillit. En général, la fonction ancienneté-efficacité est exprimée relativement à l'efficacité productive d'un actif neuf[11]. Si l'on applique la fonction ancienneté-efficacité aux quantités d'investissements passés, toutes les années sont exprimées en unités d'efficacité d'équivalents d'actifs neufs. Le calcul du stock de capital productif au moyen de l'addition des investissements des années antérieures corrigés de l'efficacité implique que ces investissements sont parfaitement interchangeables une fois corrigés les écarts d'efficacité. Pour être plus rigoureuse que

[9] On pourrait également affirmer que le stock de capital productif est égal à un stock hypothétique composé uniquement de biens neufs et qui, pendant la période en cours, produit la même quantité de services que celle résultant du stock réel.

[10] Schreyer, Bignon et Dupont (2003) ont précisé la distinction entre le flux de services du capital et le stock productif d'un type d'actif donné en introduisant un facteur de proportionnalité constant qui indique le nombre d'unités (non observées) de services du capital par unité de stock de capital productif. Cette distinction n'a pas été reprise ici. Stricto sensu, le prix des services du capital (coût d'usage par unité) qui est décrit plus bas dans le présent *Manuel* doit donc être interprété comme le prix des services du capital par unité de stock de capital productif.

[11]. Cette pratique ne conditionne rien. Le stock de capital productif pourrait être exprimé en unités d'efficacité de n'importe quelle génération d'actifs et les calculs de la valeur totale des services du capital et de l'indice de quantité de ces mêmes services donneraient des résultats identiques.

nécessaire, cette hypothèse[12] n'en comporte pas moins quelques avantages pratiques. Triplett (1997) l'a illustrée par l'exemple des camions :

> *« L'hypothèse selon laquelle le stock de camions anciens peut être représenté sous la forme d'une quantité moindre de camions neufs (c'est-à-dire avec une réduction proportionnelle à la dégradation du matériel) suppose des conditions quelque peu irréalistes quant à la manière dont les camions et les autres intrants sont combinés dans le processus de production. On peut considérer qu'un camion détérioré est l'équivalent d'un camion de qualité moindre (par rapport à un camion neuf). Dans les ouvrages sur les changements qualitatifs, l'hypothèse qui permet d'assimiler les camions améliorés à un nombre accru de camions non améliorés s'appelle « reconditionnement ». L'hypothèse du reconditionnement et ses limites sont abordées dans Fisher et Shell (1972) »*

Le stock productif d'un (type d') actif(s) donné ne coïncide pas obligatoirement avec le stock net de cet actif ou de ce type d'actifs. Ces deux mesures de stock sont identiques si la fonction ancienneté-efficacité coïncide avec la fonction ancienneté-prix. Cette identité, qui se vérifie pour les fonctions géométriques ancienneté-efficacité et ancienneté-prix, a été abordée plus haut dans ce *Manuel*. Cependant, le processus d'agrégation fait apparaître une différence plus importante entre le stock de capital productif et le stock net de capital. Les mesures du stock net de capital sont agrégées sur la base des prix du marché et la signification du « niveau » du stock net est dépourvue de toute ambiguïté. A terme, on peut considérer qu'un indice du stock net de capital correspond à la moyenne pondérée de l'indice des stocks nets de différents types d'actifs, dans laquelle la pondération est égale à la part de chaque actif dans la valeur vénale totale des actifs. En revanche, les stocks productifs de chaque type d'actifs ne sont pas agrégés *en tant que tels* : les coûts d'usage y sont rattachés pour passer aux flux de services du capital qui sont ensuite agrégés. A terme, un indice des services du capital est la moyenne pondérée d'un indice des stocks productifs par type d'actifs dans lequel le coefficient de pondération est la part de chacun de ces actifs dans le coût d'usage total. En général, un indice du stock net de capital évolue de manière très différente d'un indice du stock de capital productif, c'est-à-dire d'un indice des services du capital. Le stock de capital productif a augmenté plus vite que le stock net de capital dans de nombreuses applications économétriques. C'est par exemple le cas si une modification de la composition des investissements favorise les biens d'équipement dont la durée de vie est assez courte, tels que le matériel informatique, et si l'investissement réel dans ces biens augmente plus vite que celui consacré à d'autres biens. Les biens d'équipement à durée de vie courte se caractérisent par des dotations aux amortissements et moins-values élevées, c'est-à-dire par des éléments qui ont tendance à augmenter le poids des coûts d'usage par rapport à leur part dans la valeur marchande. Il s'ensuit que les composantes du stock de capital productif dont la croissance est forte ont un poids supérieur à celui qui leur revient dans le calcul du stock net de capital et que le stock total de capital productif varie dans des proportions plus fortes que le volume total du stock net de capital.

Les stocks productifs mesurent le stock d'actifs corrigé de la diminution de leur efficacité et des déclassements. Ces stocks sont considérés comme ceux qui engendrent les flux de services du capital, c'est-à-dire l'apport du capital à la production

Le tableau 11 prolonge l'exemple chiffré que nous avons présenté plus haut et montre comment le stock productif d'un actif donné peut être calculé selon la méthode de l'inventaire perpétuel. La comparabilité des investissements aux prix historiques est assurée en appliquant l'indice des prix des biens d'équipement neufs de telle sorte que la série temporelle sur les investissements soit exprimée aux prix de l'année 16. Il est ensuite fait usage de la fonction combinée ancienneté-efficacité/déclassement qui a été présentée dans la section

12. Diewert et Lawrence (2000) montrent comment des procédures d'agrégation plus générales avec des chiffres indiciels superlatifs peuvent être utilisées pour additionner des quantités concernnat des années différentes. Une substituabilité parfaite n'est donc pas nécessaire.

4.3. Cette fonction sert à pondérer le vecteur des investissements à prix constant, le résultat apparaissant dans la dernière colonne du tableau. La sommation de la colonne donne le stock de capital productif à la fin de l'année 16 évalué aux prix de cette même année. Un calcul du même type exécuté sur une séquence de plusieurs années sert de base à la mesure du flux de services du capital provenant du groupe d'actifs concerné. Comme on l'a vu plus haut, l'agrégation entre les classes d'actifs recourt aux pondérations du coût d'usage. La nature des pondérations des coûts d'usage est abordée dans la section suivante.

Tableau 11. Calcul du stock productif pour un (type d')actif donné

Année (t)	Investissement aux prix historiques	Indice des prix des biens d'équipement (neufs)	Investissement aux prix de l'année 16	Fonction ancienneté-efficacité de la cohorte	Investissement aux prix de l'année 16 pondéré par la fonction ancienneté-efficacité
1	500	1.000	672.9	0.0001	0.1
2	800	1.020	1055.6	0.0005	0.5
3	1000	1.040	1293.6	0.0021	2.7
4	600	1.061	760.9	0.0071	5.4
5	500	1.082	621.7	0.0197	12.2
6	700	1.104	853.3	0.0459	39.2
7	750	1.126	896.3	0.0914	81.9
8	900	1.149	1054.5	0.1580	166.6
9	1200	1.172	1378.4	0.2434	335.6
10	1000	1.195	1126.2	0.3420	385.1
11	1100	1.219	1214.5	0.4478	543.9
12	1200	1.243	1298.9	0.5570	723.5
13	1100	1.268	1167.3	0.6674	779.1
14	1000	1.294	1040.4	0.7782	809.6
15	900	1.319	918.0	0.8891	816.2
16	800	1.346	800.0	1.0000	800.0
Stock productif à la fin de l'année 16 aux prix (courants) de l'année 16					5501.6

CHAPITRE 8. COÛT D'USAGE

8.1. Présentation du concept

Dans un processus de production, le travail, le capital et les facteurs intermédiaires sont combinés pour aboutir à un résultat. Sur le plan conceptuel, de nombreuses facettes du facteur capital présentent une analogie directe avec le facteur travail. Les biens d'équipement sont considérés comme des vecteurs des services du capital constituant l'apport effectif dans le processus de production. Les services du capital sont donc la mesure appropriée du facteur capital aux fins de l'analyse de la productivité et de la production. Or les comptes nationaux ne fournissent actuellement aucun indicateur de la valeur, du prix ou du volume des services du capital.

La consommation de capital fixe, ou amortissement, est parfois conçue comme reflétant l'intégralité des coûts de l'utilisation des actifs fixes. Il est aisé de démontrer que cette conception est erronée en prenant l'exemple d'actifs fixes qui n'appartiennent pas à une entreprise mais sont loués à une autre entité qui en est propriétaire. Le prix facturé par le propriétaire pour la location de ces actifs inclura non seulement l'amortissement (consommation de capital fixe), mais aussi d'autres éléments, comme le coût de financement du capital afin qu'il ne subisse pas de perte définitive du fait de leur location.

Dans la pratique, de nombreux actifs fixes sont la propriété de leur utilisateur et, pour mesurer le coût des services du capital que supportent les utilisateurs qui en sont propriétaires, il faut procéder à une imputation des divers éléments du loyer pour déterminer un prix que le propriétaire des actifs « se facture à lui-même ». Comme cela est fréquent, l'imputation de valeurs non observées soulève des questions conceptuelles et empiriques et le présent *Manuel* a pour but, entre autres, de dispenser des conseils sur le choix de ces éléments.

Bien sûr, l'idée selon laquelle le compte de production n'identifie pas explicitement la valeur totale des services du capital qui proviennent d'actifs fixes mais les inclut dans la valeur ajoutée ou l'excédent d'exploitation n'est pas nouvelle. Mais, aujourd'hui, la tendance à identifier séparément ces services du capital s'explique en grande partie par l'intérêt grandissant que suscitent l'analyse de la productivité et la comptabilité de la croissance (OCDE 2001a, Harper *et al.* (2003), Jorgenson et Landefeld 2006).

L'un des principaux motifs pour lesquels les services du capital sont mesurés en relation avec les comptes nationaux tient au souci de mieux structurer le revenu intérieur brut, et en particulier de permettre une répartition du revenu du capital distinguant entre prix et volume. Le revenu intérieur brut peut aussi être assimilé à une mesure de volume des facteurs travail et capital et, lorsqu'on le compare avec le produit intérieur brut déflaté, il donne une mesure de la productivité totale des facteurs.

8.2. Interprétation et mesure du coût d'usage

S'il existe des marchés de la location, les loyers observés pourraient constituer une première approximation des coûts d'usage du capital supportés par les utilisateurs qui sont propriétaires des mêmes actifs. Mais, les marchés de la location sont loin d'être complets ou représentatifs. Il y a une autre raison pour laquelle les loyers du marché peuvent s'écarter des coûts d'usage du capital : pour le bailleur, le loyer ne représente pas l'avantage net qu'il retire de la location d'un bien d'équipement au cours d'une année. Il doit couvrir d'autres coûts, comme les frais généraux et de personnel liés au service de location. Ces coûts

doivent être inclus dans le montant du loyer qui, en conséquence, mesure le chiffre d'affaires mais non l'excédent d'exploitation ou l'avantage que le bailleur retire du bien donné en location. Or, c'est cet avantage qui intéresse l'utilisateur propriétaire d'un actif lorsqu'il évalue le coût du capital. Par conséquent, même s'il existait de vastes marchés de la location, les loyers observés ne constitueraient qu'une première approximation du coût d'usage supporté par les propriétaires des actifs[13].

Il convient d'ajouter diverses composantes pour arriver à une approximation du coût des services du capital. L'exemple ci-après décrit une méthode simple permettant de dériver une formule de calcul pour le coût d'usage d'un actif (Diewert 1974). Supposons que le propriétaire d'un actif veuille fixer le prix minimum (avant d'ajouter les frais généraux et de main-d'œuvre associés) auquel il accepte de le louer pendant une période donnée. Dans le cas le plus simple, trois principales composantes du coût doivent être prises en considération : (i) le coût de financement ou coût d'opportunité lié au capital financier immobilisé par l'achat du bien ; (ii) l'amortissement, c'est-à-dire la perte de valeur due au vieillissement ; (iii) la réévaluation, c'est-à-dire la variation de prix prévue pour la classe d'actifs en question.

Supposons que nous ayons affaire à un actif qui est neuf au début de l'exercice comptable. Le coût d'usage unitaire (coût d'usage par unité de capital) peut alors être présenté comme un certain pourcentage du prix d'achat d'un actif neuf, ce pourcentage étant composé de trois éléments qui s'additionnent approximativement : un taux de rendement nominal ; un taux d'amortissement pour un actif neuf ; et un taux nominal de variation du prix de l'actif. On notera qu'en général le coût d'usage unitaire dépend du temps et de l'âge du bien. Il s'applique pendant un exercice donné à un actif d'un âge donné.

La section 3.1 a présenté les points de vue du revenu, du coût et du marché comme trois manières différentes de décrire les services du capital et leur prix. Selon l'optique choisie, il peut être plus ou moins judicieux de raisonner en termes de « coût d'usage unitaire », de « prix des services du capital » ou de « loyers ». Dans le présent *Manuel*, les deux premières notions sont employées indifféremment en ayant présente à l'esprit une situation dans laquelle les utilisateurs des biens d'équipement en sont aussi les propriétaires. Les termes « loyer » ou « prix de location » sont employés pour le cas où l'utilisateur et le propriétaire ne sont pas la même personne et où une transaction est effectuée sur le marché si les biens d'équipement sont loués par une unité économique à une autre unité économique.

Il est souvent plus simple de travailler avec des taux de rendement réels et des variations réelles des prix des actifs. Soit r^{*t} le taux de rendement (ou taux de rentabilité) réel (c'est-à-dire le taux de rendement nominal corrigé de l'inflation générale) qui s'applique pendant la période t, si i^{*t} est la variation prévue des prix des actifs en termes réels, si δ_0 est le taux d'amortissement d'un actif neuf et si p_0^t est le prix d'achat d'un actif neuf au début de la période t, le coût d'usage unitaire c_0^t d'un actif neuf est donné approximativement par la formule suivante :

$$(2) \qquad c_0^t \approx p_0^t [r^{*t} - i^{*t} + \delta_0]$$

Des explications complètes sur cette dérivation et sur les différentes variantes des expressions du coût d'usage figurent dans la partie III du présent *Manuel*. Nous remarquerons cependant à ce stade qu'il est souvent possible d'obtenir une approximation de (2) en décidant que la durée prévue pour l'obtention de la plus-value en termes réels i^{*t} est égale à zéro. Cette approximation est raisonnable si les variations de prix

[13] Dans la section 18.1, on examine la mesure du coût d'usage supporté par les propriétaires-occupants de leur logement. Il existe des preuves économétriques que le coût réel de la location d'un logement peut être très différent du coût d'usage associé à la propriété de ce logement. Diewert (2008) décrit comment, dans ce contexte, une approche fondée sur le coût d'opportunité pourrait être assimilée au montant maximal résultant du coût d'usage et du prix équivalent à un loyer.

des actifs ne sont pas trop éloignées de celles de l'indice général des prix. On peut donc simplifier comme suit la formule du coût d'usage :

(3) $c_0^t \approx p_0^t [r^{*t} + \delta_0]$

Par conséquent, ce *coût d'usage unitaire simplifié* dépend uniquement du taux d'intérêt réel r^{*t} de la période t, du taux d'amortissement δ_0 et du prix d'achat des actifs p_0^t au début de la période t. Le principal avantage de l'autre formule, qui a notre préférence (2) tient au fait qu'il n'est pas indispensable d'estimer les plus-values prévues en termes réels et, par conséquent, que la formule (3) est plus aisée à reproduire puisque des enquêteurs différents emploient des techniques différentes pour calculer les plus-values prévues ou attendues. Cependant, si une tendance marquée se dégage des prix relatifs des actifs, l'emploi de (3) peut introduire un biais dans la structure de pondération des différents flux de services du capital. A propos des plus-values dans l'expression du coût d'usage du capital, Baldwin et Gu (2007) notent:

> *« Rares sont ceux qui, en théorie, considèrent que les plus-values en capital ne doivent pas être incluses dans le prix de location du capital. Un bailleur de capital demandera un prix plus faible s'il s'attend à réaliser une plus-value à la fin de la période de détention et un prix plus élevé s'il s'attend à une moins-value.*
>
> *Néanmoins, il existe un certain désaccord entre les praticiens quand à l'inclusion d'un terme représentant les plus-values et les moins-values. L'importance des plus-values réelles et la source de celles-ci sont des aspects qui préoccupent aussi les praticiens. De surcroît, la variation des plus-values ne correspond vraisemblablement pas, à court terme, aux variations du produit marginal du capital en raison de la longue durée d'élaboration des projets d'investissement.*
>
> *Il n'est pas non plus certain que l'on puisse recueillir des données sur les gains de détention résultant des différences de taux d'inflation sur les actifs, particulièrement pour les immobilisations. Cette préoccupation découle du niveau des coûts de transaction encourus lors de la vente de biens d'équipement. S'il n'existe aucun moyen peu coûteux de réaliser des plus-values, les changements de prix des actifs établis d'après les indices des prix ne sont pas très utiles pour mesurer la partie du prix de location du capital qui correspond aux gains en capital. Il n'est donc pas certain que la série des prix réels des actifs fournisse des estimations exactes du taux de rendement attendu sous la forme de plus-values ».*

D'après la formule simplifiée de calcul du coût d'usage, due pour l'essentiel à Walras (1954), le coût d'usage du capital est égal au taux d'intérêt réel prévu plus le taux d'amortissement prévu multiplié par le prix de l'actif en début de période.

La formule du coût d'usage présentée ci-dessus indique le coût d'usage d'un actif d'un âge donné pendant un exercice comptable qui, pour un utilisateur qui en serait aussi le propriétaire, peut être considéré comme un prix interne. La multiplication du coût d'usage unitaire par le nombre de biens d'équipement du même âge et l'addition de ce résultat pour tous les biens d'équipement permet de mesurer le coût d'usage total.

Trois éléments principaux du coût d'usage du capital ont été isolés ci-dessus : le rendement du capital, l'amortissement et les plus- et moins-values de réévaluation ou de détention. Les chapitres 5 et 12 de ce *Manuel* traitent respectivement du concept d'amortissement et de sa mesure. Le chapitre 16 s'attarde assez longuement sur le choix empirique d'un taux de rendement (ou taux de rentabilité). Il reste, dans la présente partie du *Manuel* qui est consacrée aux concepts, à discuter de quelques aspects conceptuels du taux de rendement (ou de rentabilité) et de la durée de la réévaluation.

8.3. Taux de rendement – considérations conceptuelles

Le choix d'un taux de rendement est un élément crucial du calcul du coût d'usage du capital. Sur un marché des capitaux qui fonctionne correctement, le taux de rentabilité attendu du capital correspond au taux de rendement du marché corrigé par les risques. Le coût d'opportunité résultant de la détention de biens durables au lieu de créances financières est un bon moyen d'approcher les taux de rendement dans le secteur privé et aux conditions du marché (Jorgenson et Yun 2001). L'interprétation du coût d'usage ou du coût pour l'utilisateur en fonction du coût d'opportunité (voir l'encadré 3) peut être appliquée, à un niveau plus général, aussi bien dans un contexte de marché que dans un contexte qui en est indépendant.

S'il existe un marché des capitaux fonctionnant normalement, il s'ensuit que, ex ante ou sur une durée assez longue, on ne peut escompter des immobilisations un taux de rendement supérieur à celui que procure un autre investissement dont le risque est comparable. Cependant, le taux de rendement réel calculé ex post peut varier entre des investissements comportant des risques similaires, encore que ces disparités ne soient pas systématiques. Ce raisonnement peut être appliqué à un type d'actifs donné ou à une branche d'activité. Les différents types d'actifs n'ont pas tous le même degré de risque. Par exemple, investir dans un immeuble de bureaux peut être moins risqué qu'un investissement dans la recherche-développement. En principe, le taux de rentabilité ex ante de chaque type d'actif doit être à l'avenant. Cependant, les actifs ne sont pas utilisés isolément, mais au contraire combinés avec d'autres actifs et facteurs de production au sein d'unités économiques telles que des établissements ou entreprises. Les unités exerçant une activité similaire forment une branche et les activités des diverses branches peuvent être plus ou moins risquées parce que ces branches n'utilisent pas les mêmes combinaisons d'actifs et que l'environnement économique dans lequel elles opèrent n'est pas identique. Un investisseur financier qui a l'intention d'acheter des actions d'une société le fera si la rentabilité escomptée de cet investissement, compte tenu des risques, est au moins égale à celle d'investissements comportant un risque similaire qui sont proposés ailleurs sur le marché. Mais l'investissement, et par conséquent le taux de rendement, concerne également toute l'entreprise et, partant, la totalité de ses actifs. C'est pourquoi, ex ante, le taux de rendement doit être identique pour des types d'actifs différents faisant partie d'une même unité économique ou d'une même branche d'activité.

Du point de vue ex post, rien ne permet de supposer a priori que tous les actifs ont donné un taux de rendement identique compte tenu des risques. En particulier, le taux de rendement effectivement tiré d'un actif n'est pas nécessairement égal au taux de rentabilité global de l'entreprise. Cette observation a été faite par Triplett (1997) et Oulton (2007). Cependant, il est délicat de définir le taux de rentabilité effectivement tiré d'un actif donné, sauf s'il n'existe qu'un seul actif produisant des flux de trésorerie identifiables. Mais si plusieurs actifs sont utilisés conjointement (voir également l'argument relatif aux risques dans le paragraphe précédent), on voit mal comment concevoir, et à plus forte raison mesurer, le taux de rendement de chaque actif.

Notre conclusion est, premièrement, qu'il faut distinguer le taux de rendement prévu, ou ex ante, du taux de rendement réellement obtenu ou ex post. Deuxièmement, le taux de rendement prévu peut varier d'une branche à l'autre en fonction de la combinaison d'actifs utilisée par chaque branche et de circonstances qui lui sont propres. Troisièmement, il est généralement difficile de concevoir et observer les taux de rendement prévu et réalisé *d'un actif donné*.

Le choix d'un taux de rendement convenable dépend également de la question suivante, qui concerne la comptabilité nationale : l'estimation de la valeur des services du capital doit-elle expliquer exactement l'excédent brut d'exploitation, c'est-à-dire la partie du revenu brut qui correspond au capital et les impôts sur le capital y afférents ? Ou au contraire l'estimation des services du capital est-elle indépendante de telle sorte qu'il reste un autre élément de la valeur ajoutée qui n'est pas expliqué par la rémunération du travail

et du capital ? Cette question a été soulevée pour la première fois par Diewert[14] (1980) puis, de manière plus approfondie, par Harper, Berndt et Wood (1989). Ce débat nous ramène à la distinction entre les mesures *ex ante* et *ex post* :

- dans un raisonnement *ex post*, les taux de rendement effectivement obtenus sont appliqués selon l'une des deux méthodes ci-après. La plus fréquemment usitée, et de loin, est l'approche endogène, *ex post* : on calcule un taux de rendement interne de période à période en imposant la condition que la valeur estimative des services du capital correspond exactement à l'excédent brut d'exploitation plus la partie du revenu brut correspondant au capital. À défaut, on peut imputer un taux de rendement exogène, ex post, déterminé au moyen d'informations fournies par les marchés financiers tels que le taux d'intérêt sur les obligations d'entreprise.

- Dans l'approche *ex ante*, le taux de rendement est choisi de manière à refléter le mieux possible les exigences des agents économiques relatives à la rentabilité exigée d'un investissement. Il est peu probable qu'il existe une égalité parfaite entre la valeur des services du capital et l'excédent brut d'exploitation majoré de la partie du revenu brut qui correspond au capital. Cela est un inconvénient du point de vue de la comptabilité nationale.

8.3.1. Taux de rendement endogène et exogène

Compte tenu de la distinction entre les différents taux de rendement (ou de rentabilité), existe-t-il une quelconque raison conceptuelle de préférer l'un à l'autre ? Ou, comme l'a suggéré Oulton (2007), ne faudrait-il pas préférer une approche mixte ? L'option *endogène, ex post*, est fréquemment employée dans les études économétriques. Elle suppose que l'excédent brut d'exploitation, majoré de la partie du capital qui correspond au revenu mixte, couvre la totalité du coût des services du capital. Étant donné la valeur des coûts des services du capital, du stock de capital et de l'amortissement, il ne reste qu'une variable inconnue, à savoir le taux de rendement interne, et l'équation peut être résolue de manière à obtenir ce taux de rendement.

Cette procédure comporte plusieurs avantages :

- Sur le plan théorique, elle est compatible avec une économie totalement concurrentielle et des processus de production engendrant des économies d'échelle constantes.

- Sur le plan pratique, le calcul est simple et ses résultats présentent par eux-mêmes un véritable intérêt analytique. Des taux endogènes sont produits par un système totalement intégré. Ce système donne des taux qui exploitent la totalité des informations livrées par le système. Quand on les combine avec les estimations du stock de capital, ils produisent des données sur les taux de rentabilité qui permettent d'appréhender les disparités d'une branche à l'autre et leur évolution dans le temps. Si le système statistique est relativement cohérent et précis, il génère les informations requises par la théorie du capital pour faciliter l'estimation des écarts de taux de

14. « Quel r faut-il utiliser ? Si l'entreprise est emprunteur net, r doit être le coût marginal de l'emprunt d'un dollar supplémentaire pendant un exercice alors que, si l'entreprise est prêteur net, r doit être le taux d'intérêt qu'elle reçoit sur son prêt le plus récent pendant la durée de l'exercice. En pratique, r est considéré comme soit (a) un taux obligataire exogène qui peut s'appliquer, ou ne pas s'appliquer, à la société en question, soit (b) un taux de rendement interne. J'aurais tendance à pencher pour le premier terme de l'alternative alors que Woodland, Jorgenson et leurs collaborateurs préfèrent le second. Comme d'habitude, aucun des deux ne semble a priori correct sur le plan théorique et c'est pourquoi les analystes raisonnables peuvent se disputer sur le r à employer pour construire un agrégat du capital » Diewert (1980 ; p. 476-477).

rentabilité entre les diverses branches parce que ces estimations sont produites au niveau des branches.

- Le rôle des agences statistiques est un sujet de controverse. Si une agence produit un taux de rentabilité au moyen de son système, les autres pourront le comparer avec la valeur qu'elles auront choisie pour le coût « réel » du capital et en déduire si le fonctionnement des marchés est monopolistique ou s'ils sont imparfaits par ailleurs. Si une agence choisit un taux de rentabilité exogène qui convient au calcul du coût « réel » du capital, elle participe directement à l'estimation de la rente de monopole. Cette dernière, qui n'est pas un produit, peut être considérée comme possédant les qualités requises pour les fins qui nous occupent. L'emploi d'un taux endogène évite cette difficulté[15].

- Enfin, le fait que le coût des services du capital est exactement égal à l'excédent brut d'exploitation majoré de la composante du revenu mixte qui correspond au capital et des impôts sur le capital évite d'interpréter tout écart qui serait susceptible d'apparaître par ailleurs entre la valeur des services du capital et l'excédent brut d'exploitation.

Le choix d'un taux endogène déterminé ex post soulève cependant d'autres questions. En particulier, plusieurs hypothèses sont nécessaires pour justifier l'emploi d'un taux endogène, *ex post* (Schreyer 2008) :

- Il faut que l'ensemble d'actifs soit complet en ce sens que tous ces actifs sont observés par le statisticien qui compile les comptes nationaux. Les comptes nationaux ne livrent aucune indication permettant de savoir quel facteur de production en particulier est rémunéré par l'excédent brut d'exploitation. Les immobilisations en font certainement partie, mais elles ne sont pas forcément les seules. Les stocks, de même que la plupart des matières premières utilisées dans la production, sont considérés comme des sources de services du capital. En outre, la littérature professionnelle offre de nombreux débats sur l'importance des actifs incorporels et il existe de bonnes raisons de soutenir que ces derniers expliquent au moins une partie de l'excédent brut d'exploitation. Si l'on calcule un taux endogène sur la base des immobilisations mesurées par la comptabilité alors qu'il existe d'autres actifs non mesurés qui produisent des services du capital, le taux que l'on obtient peut comporter un biais. Mais, de même que les comptes des entreprises ne couvrent pas la totalité des actifs, de même l'exhaustivité ne pourra jamais être atteinte pour les actifs sous-jacents. On peut donc interpréter le taux endogène comme un taux conditionné par un périmètre d'actifs donné, étant entendu que ce taux est susceptible d'être modifié dès lors qu'on modifie le périmètre des actifs[16].

- L'hypothèse d'une clairvoyance totale doit prévaloir de telle sorte que le taux de rendement calculé ex post pour chaque actif (que les comptables nationaux assimilent implicitement au taux

[15] Un autre exemple, invoqué uniquement par Statistique Canada, montre que la conception d'un système statistique doit éviter une sensibilité excessive à l'imprécision. Si l'on opte pour l'approche exogène, il faut que les taux de rendement exogènes soient choisis à bon escient. Les erreurs entachant l'estimation de chacun d'entre eux peuvent être cumulatives dans le système exogène. Le système endogène a cet avantage qu'il est moins sensible aux erreurs affectant l'estimation du taux d'amortissement parce que ces dernières seront compensées par celles qui concernent les estimations du taux de rendement. L'importance de cet avantage dépend bien entendu de la difficulté relative de l'estimation de l'amortissement.

[16] En pratique, le périmètre des actifs a son importance. Diewert et Lawrence (2000), lorsqu'ils ont mesuré l'augmentation de la productivité totale des facteurs au Canada, ont montré qu'en négligeant les terrains et les stocks on faisait baisser le taux de croissance de la productivité totale des facteurs d'environ 20 %. De même, au Japon, Nomura (2004) a montré que la productivité totale des facteurs dans l'Archipel tombait de 1.54 % à 0.80 % par an sur la période 1960-2000 dès lors que l'on omettait les terrains et les stocks.

de rentabilité de l'entreprise) soit égal au taux de rendement ex ante, faute de quoi on ne pourrait supposer que le taux ex post (corrigé des risques) est égalisé entre tous les actifs.

- Si la valeur des services du capital est strictement égale à l'excédent d'exploitation et si ce dernier est négatif, il faut en conclure que le coût d'usage de certains actifs est négatif. Même si l'excédent brut d'exploitation est positif, le taux de rendement endogène peut se révéler négatif. S'il est normal que, dans le cycle conjoncturel, « [...] les bénéfices soient faibles ou négatifs au cours d'une année donnée et si la détention d'actifs dont les prix s'envolent sans que cela ait été prévu est parfaitement cohérente avec un comportement économique rationnel dans le monde réel ... » (Jorgenson et autres 2005, p. 167), cela n'en pose pas moins problème dès lors que des coefficients de pondération du coût d'usage sont employés au cours du processus d'agrégation des services du capital. Cela étant dit, un raisonnement ex ante peut aussi faire apparaître un coût d'usage inférieur à zéro. Nous pensons en particulier aux actifs qui s'apprécient fortement tels que les terrains, ce qui peut nécessiter un traitement spécial indépendamment du fait qu'on suive un raisonnement *ex ante* ou *ex post* (voir la section 18.1).

Nonobstant ces considérations, l'approche endogène (ex post) a fait ses preuves et il a en outre été proposé qu'elle fasse partie intégrante de l'évolution future de la comptabilité nationale des États-Unis (Jorgenson et Landefeld 2005). Une version simplifiée de cette approche a été proposée par Diewert, Mizobuchi et Nomura (2005) sous la forme d'un « équilibrage de taux réels » : les taux réels sont calculés de manière endogène mais en supposant, par souci de simplification, que les gains ou pertes de détention *réels* sont nuls pour chaque type d'actif (voir l'encadré 8 et les commentaires sur l'approche du coût d'usage simplifiée qui ont été faits à propos de l'équation (3)). Par taux « réel », il faut entendre un taux nominal déflaté par un indice général des prix tel que l'indice des prix à la consommation. En fixant les variations de prix des actifs en termes réels à zéro, on réduit l'occurrence d'un coût d'usage négatif qui pourrait apparaître lorsque le prix de certains actifs tels que, par exemple, les terrains augmente fortement. Cependant, l'évolution des prix relatifs des actifs fait bel et bien partie du prix des services du capital, si bien que, dans le cas où l'on n'en tiendrait pas compte, les prix que l'on obtiendra risquent d'être faussés par un biais.

Nous allons à présent examiner le taux de rendement exogène, qui peut être calculé soit ex ante, soit ex post[17]. Ses avantages sont que, à plusieurs points de vue, les hypothèses théoriques dont on a besoin sont moins restrictives que dans le cas de la méthode endogène. Schreyer (2007) a montré que des taux exogènes peuvent coexister avec des actifs non observés, une concurrence imparfaite et des économies d'échelle qui ne sont pas constantes[18].

17. La clairvoyance parfaite n'est donc pas supposée, ce qui permet de répondre à la question des attentes : le niveau des services du capital est égal à celui auquel s'attend un chef d'entreprise lorsqu'il décide de l'utilisation d'actifs pour la production. Si le coût des services du capital se révèle inférieur à l'excédent brut d'exploitation, soit ce chef d'entreprise a réalisé un bénéfice, soit une partie de l'excédent brut d'exploitation se rapporte à des actifs non mesurés. De plus, s'il existe un taux prévu, il reflète les conditions (notamment le prix implicite des services du capital) auxquelles les producteurs sont confrontés lorsqu'ils prennent des décisions sur la production et l'investissement.

18. Un autre avantage d'un taux ex ante est qu'il peut offrir le moyen de ventiler le revenu entre travail et capital. En principe, si l'on dispose d'estimations provenant de sources indépendantes sur le coût des services du capital par les unités institutionnelles dont les revenus sont mixtes, il est loisible de calculer la part de la rémunération qui correspond au travail et celle qui correspond au capital. Ces informations pourraient être comparées avec des estimations plausibles sur le revenu des travailleurs indépendants qui correspond à leur travail. Il peut être difficile d'obtenir des informations économétriques sur les stocks de capital et les services qui en sont retirés par les unités institutionnelles, mais au moins est-il possible de progresser dans l'analyse des revenus mixtes.

Le modèle exogène n'en comporte pas moins plusieurs inconvénients.

- Premièrement, et surtout, il faut choisir un taux avec précision. Cette difficulté s'aggrave si les taux varient d'une branche d'activité ou d'un secteur à l'autre parce que, en principe, le taux choisi doit tenir compte des risques spécifiques à la branche. La théorie n'est guère prolixe quant au choix spécifique des taux de marché. En pratique, il peut être impossible d'identifier des taux de rentabilité exogènes pour certains pays, soit que leur marché financier soit sous-développé, soit que la réglementation y fasse peser de lourdes contraintes. Si ce taux exogène est calculé ex ante, il faut en outre s'interroger sur la manière dont les attentes seront modélisées.

- Deuxièmement, il peut aussi arriver que le coût d'usage devienne négatif sans que cela ait une signification économique si le taux de rendement nominal majoré de l'amortissement est inférieur au taux d'inflation nominal prévu pour un actif. Si ces prévisions se vérifiaient, il conviendrait de se demander pourquoi le propriétaire d'un actif le conserverait puisque, du point de vue économique, ce ne serait pas rationnel[19].

- Troisièmement, s'il existe des écarts systématiques entre les taux endogènes et exogènes pour certaines branches d'activité ou pour l'ensemble de l'économie, il faut les expliquer. Quoique ce sujet soit très intéressant pour l'analyse, il ne facilite pas la tâche du statisticien qui doit expliquer ces écarts, ce qui n'est pas toujours simple.

Oulton (2007) suggère une approche hybride dans laquelle on calcule d'abord ex post un taux endogène avant de choisir un taux ex ante égal à la tendance du taux de rentabilité *ex post*. L'avantage est que l'on contourne le problème du choix d'un taux de rendement exogène tout en faisant en sorte que le calcul soit toujours effectué *ex ante*.

En définitive, la question du choix de taux exogènes par opposition aux taux endogènes et de taux ex post par opposition aux taux calculés ex ante ne vaut que pour autant que ses conséquences pratiques sont importantes. Les éléments dont on dispose ne permettent pas de trancher dans un sens ou dans l'autre. Oulton (2007) rapporte que l'incidence des services du capital sur le taux de croissance d'une branche est généralement faible bien qu'elle soit substantielle dans quelques-unes telles que les services aux entreprises et la finance. Harper, Berndt et Wood (1989) trouvent que le choix d'une méthode a un impact économétrique bien qu'aucune des méthodes qu'ils emploient ne soit véritablement ex ante en ce sens qu'elle combine des taux de rendement prévus avec l'inflation prévue du prix des actifs. Après avoir examiné les effets des choix méthodologiques pour la Belgique, Biatour, Bryon et Kegels (2007) ont découvert que les effets de paramètres calculés ex ante plutôt qu'ex post sur la croissance en volume des services du capital sont assez limités et plus prononcés à court terme que sur des durées prolongées. Schreyer (2007) a calculé les services du capital au niveau de l'ensemble de l'économie de plusieurs pays au moyen des deux méthodes et découvert des écarts marqués entre leurs résultats. Il est toutefois probable que ces résultats, calculés au niveau de l'ensemble de l'économie, soient biaisés au profit de la méthode

[19] À titre d'illustration, considérons le rendement total R d'un terrain au cours d'un exercice. Soit P^O le prix du terrain à l'ouverture et P^1 et son prix à la clôture de l'exercice, F le loyer et r le taux d'actualisation de telle sorte que : $R=P^1/(1+r)-P^0+F$. R ne peut être négatif ex ante si l'on suppose que quelqu'un achètera l'actif. Il apparaît également que R, avec $F<0$ (c'est-à-dire un coût d'usage négatif), est plus petit que R si $F=0$ ou $F>0$. Par conséquent, si le propriétaire de l'actif est rationnel, il retirera toujours le terrain du marché de la location ou du cycle de production s'il engendre un loyer négatif. De plus, un marché de la location qui fonctionne correctement fera monter F jusqu'à ce qu'il ne soit plus négatif. Un coût d'usage négatif peut aussi signifier que les variables ex ante ont été mal choisies. Comme l'ont expliqué Harper, Berndt et Wood (1989), les loyers ont tendance à devenir négatifs si l'on combine dans la même expression du coût d'usage des taux exogènes calculés ex ante avec des taux de variation du prix des actifs calculés ex post.

endogène parce qu'il a été décidé par convention que l'excédent net d'exploitation des producteurs non marchands est nul (voir aussi plus bas).

Baldwin et Gu (2007) ont calculé douze indices différents pour vérifier la fiabilité des chiffres sur la productivité du Canada au regard des diverses méthodes de calcul du coût d'usage. Ils ont découvert que l'inclusion dans la formule du coût d'usage, ou son exclusion, d'un terme correspondant à l'augmentation de prix en termes réels est un élément important qui affecte sensiblement plus la mesure de la productivité totale des facteurs qui en résulte que le passage d'une formule ex ante à une formule ex post, ou inversement, pour le calcul du taux de rentabilité. Enfin, les tests de sensibilité faisant appel aux jeux de données artificiels présentés dans l'annexe au présent *Manuel* montrent aussi que le choix de taux *ex post* ou *ex ante* sur le taux de croissance moyen des services du capital a une incidence assez limitée. Par conséquent, bien que les éléments dont on dispose ne permettent pas de conclure franchement dans un sens ou dans l'autre, il semblerait que, compte tenu de ses effets en pratique, il ne faille pas surestimer l'importance de cette question.

Cette analyse de sensibilité ne permet pas de donner un réponse générale. Des données et pratiques qui peuvent sembler raisonnables à l'un ne le sont pas obligatoirement pour un autre. Par exemple, la sensibilité du *niveau* du stock de capital peut être très différente de la sensibilité des *taux de croissance*.

Les contraintes relatives aux données influent aussi sur le choix d'une méthode. L'approche endogène exige au minimum que l'on dispose d'une ventilation de la production entre les secteurs marchand et non marchand et que le périmètre des actifs pris en compte dans le calcul soit relativement complet. Il est probable que le taux de rendement endogène que l'on obtiendra si l'une de ces conditions n'est pas remplie sera biaisé. Par exemple, si les actifs entrant dans la composition des services du capital excluent les terrains, les revenus autres que ceux du travail sont divisés par un stock d'actifs incomplet, ce qui peut augmenter artificiellement le taux de rentabilité endogène. Inversement, s'il est impossible de distinguer les producteurs marchands et non marchands, les revenus autres que ceux du travail seront sous-estimés (parce que les comptes nationaux ne tiennent pas compte de la rentabilité des actifs appartenant à l'État) et le taux de rendement en résultant pourra paraître plus élevé qu'il ne l'est en réalité. Dans ces cas, un taux exogène (*ex ante*) peut être préférable à un taux endogène. Comme la qualité des données a une plus grande importance, il est crucial de concevoir soigneusement la mesure et l'examen des données pour appliquer une approche endogène

De manière plus générale, des chiffres et des pratiques qui sont parfaitement raisonnables pour une méthode peuvent être plus problématiques pour une autre. Il se peut aussi que la précision ait plus d'importance dans un domaine que dans un autre. Par exemple, certaines décisions influent beaucoup plus fortement sur l'estimation du *niveau* des stocks de capital que sur leur *taux de croissance*. Ainsi, Baldwin et Gu (2006) se sont penchés sur la manière dont les indicateurs de productivité sont affectés par d'autres méthodes ou hypothèses sur la croissance du capital ou des services qui en sont tirés. Ils ont constaté que, pour les taux de croissance qui sont pris en considération dans les estimations sur la productivité, les techniques et bases de données alternatives donnent généralement les mêmes résultats. Par exemple, l'emploi de taux de rendement endogènes et exogènes donne à peu près les mêmes taux de croissance de la productivité, mais uniquement si le taux exogène est calculé selon des modalités appropriées, c'est-à-dire en tenant compte du fait que le coût du capital pour les agents privés n'est pas le même que pour l'État. De même, le choix de techniques d'estimation ou de taux d'amortissement différents donne à peu près le même taux de croissance des services du capital, mais uniquement si l'on utilise la méthode du taux endogène. Au contraire, les estimations sur le niveau du stock de capital productif sont très fortement affectées par ces décisions et ont un impact considérable sur les bilans patrimoniaux. Il faut donc faire attention aux écarts de sensibilité entre les différents produits statistiques.

8.3.2. Taux de rendement pour les producteurs non marchands

Jusqu'à présent, nous nous sommes implicitement cantonnés au secteur marchand parce que nous avons présumé un indicateur de l'excédent d'exploitation qui servirait de base au calcul d'un taux de rendement. Cependant, il n'existe pas d'excédent net d'exploitation pour les producteurs non marchands. Leur valeur en tant qu'extrants est fondée sur le coût des intrants et le Système de comptabilité nationale prend pour convention un coût du capital mesuré uniquement par la consommation de capital fixe. Aucune imputation n'est effectuée pour l'excédent net d'exploitation, c'est-à-dire pour le coût de financement ou le coût d'opportunité du capital et pour les gains ou pertes de détention attendus. Par conséquent, il n'est pas possible d'identifier les prix et volumes des services du capital pour les actifs utilisés par les producteurs non marchands dans le cadre de la production.

Cette convention est dictée en grande partie par des considérations pratiques. En pratique, il est délicat d'identifier un taux d'intérêt à appliquer pour le calcul de l'excédent net d'exploitation des producteurs non marchands. Cela implique aussi une imputation supplémentaire dans les comptes nationaux et les agences statistiques répugnent, avec raison, à multiplier les imputations parce qu'elles rendent les mesures ainsi obtenues quelque peu subjectives. Il a aussi été argué que des agences statistiques différentes ne traiteraient pas cette imputation de la même manière, de telle sorte que la comparabilité internationale des comptes nationaux en pâtirait. Contrairement à la mesure des services du capital par les producteurs marchands, qui pour l'essentiel repose sur une répartition du revenu du capital entre les prix et les volumes des services du capital sans que les principaux agrégats en soient aucunement affectés, l'imputation du coût du capital pour les producteurs non marchands a des répercussions immédiates sur le niveau et le taux de croissance du PIB mesuré. Cela rend cette imputation d'autant plus délicate et nécessite des méthodes particulièrement fiables et transparentes qui n'existent pas forcément aujourd'hui.

Une autre raison, plus conceptuelle, a aussi été avancée : les producteurs non marchands tels que l'administration publique sont par nature des unités économiques sans but lucratif. L'imputation d'un « taux de rentabilité » ou d'un excédent net d'exploitation serait contraire à l'absence de but lucratif, de telle sorte qu'un taux de rentabilité ou un excédent net d'exploitation nul est approprié.

D'autres auteurs ont cependant fait valoir que les actifs des producteurs non marchands doivent avoir une rentabilité positive[20]. L'un des arguments invoqués veut que les services de l'État n'utilisent pas

[20] Par exemple, dans un examen du secteur étatique au moyen des comptes nationaux des États-Unis effectué par le U.S. National Research Council, Slater et David (1998) font valoir que : « l'hypothèse d'une rentabilité nette de zéro n'est pas crédible. Si la rentabilité nette était vraiment nulle, cela impliquerait que la puissance publique investit beaucoup trop. Or, en fait, il est généralement admis que de nombreuses infrastructures publiques, allant de l'école au système de transport, sont insuffisantes. Si cette perception est correcte, il s'ensuit que la rentabilité nette de nombreux investissements publics existants et des augmentations du stock de capital effectuées à bon escient est positive. Certaines études récentes suggèrent que, en réalité, leur rentabilité est particulièrement élevée (elles ont été examinées et recensées par Gramlich en 1994). Le fait que la rentabilité nette n'est pas mesurée dans les comptes nationaux ne s'explique pas par le fait qu'elle serait nulle, mais par la difficulté de l'estimer. La rentabilité des investissements privés peut être mesurée par le coût de l'obtention du capital nécessaire pour les financer. En d'autres termes, dans une situation d'équilibre, les prix du marché pour la production des entreprises doivent couvrir le coût des intérêts rémunérant les fonds empruntés pour financer ces investissements plus une rémunération des propriétaires de l'entreprise égale à celle qu'ils pourraient retirer d'autres emplois de leur capital. Comme la majeure partie de la production de l'État n'est pas vendue au prix du marché, on ne dispose pas de mesures équivalentes de la rentabilité nette de l'investissement public. Cependant, il existe un grand nombre de recherches sur des moyens alternatifs de mesurer la rentabilité de l'investissement public (Gramlich, 1994). Plusieurs mesures de la rentabilité nette ont été suggérées, notamment le taux d'actualisation utilisé par l'OMB pour évaluer les coûts et avantages des projets d'investissement de l'État fédéral, les taux d'intérêt des obligations municipales et le taux de rentabilité des activités comparables exercées par des agents privés, et des mesures

d'indicateurs de rentabilité nette lorsqu'ils prennent des décisions sur les investissements publics. Un autre fait valoir que, pour les producteurs non marchands, le problème est moins la mesure de la rentabilité nette d'un investissement au sens des bénéfices tirés de cet investissement qu'une méthode de comptabilisation des coûts qui soit aussi complète que possible. Il est indéniable que les producteurs non marchands qui contractent des emprunts ou émettent des obligations à cet effet supportent un coût de financement au titre de leurs investissements. Ces coûts de financement font partie du coût d'usage du capital. S'il n'existe pas de coûts de financement directs parce que l'investissement est payé directement au moyen de recettes fiscales, il existe un coût d'opportunité (voir encadré).

Box 3. Coût d'opportunité - une notion fondamentale en économie

« La notion de coût d'opportunité exprime le lien élémentaire entre rareté et choix. Si aucun objet ou activité qui est apprécié par quiconque n'est rare, toutes les demandes émanant de toutes les personnes pourront être satisfaites en tout temps. Il n'est pas nécessaire d'effectuer un choix entre les options évaluées séparément [...]. Dans ce monde imaginaire dont la rareté est absente, il n'existe pas d'opportunités ou de possibilités que l'on manquerait, auxquelles on renoncerait ou que l'on sacrifierait. L'introduction de la rareté fait qu'il n'est plus possible de répondre à toutes les demandes. [...] La rareté entraîne la nécessité du choix. [...] Le choix implique de sélectionner certaines options et d'en rejeter d'autres. *Le coût d'opportunité est la valeur qu'on assigne aux opportunités ou options que l'on a rejetées et auxquelles on donnait le plus de prix.* C'est cette valeur que l'on sacrifie, ou c'est à elle que l'on renonce, afin d'obtenir l'avantage de plus grande valeur qu'incorpore la sélection de l'objet choisi ». (James M. Buchanan, 1998, p 719).

Par conséquent, aborder le coût d'usage du capital sous l'angle du coût d'opportunité implique de rechercher l'option à la valeur la plus élevée pouvant être générée par les fonds immobilisés dans les actifs fixes. La théorie suggère que, sur un marché qui fonctionne correctement, le mécanisme des prix égalise les coûts d'opportunité marginaux. On peut ainsi toujours trouver une valeur financière dont le degré de risque est identique à celui d'un investissement dans une immobilisation. C'est pourquoi il est possible de recourir aux taux de rentabilité attendus sur les marchés financiers pour estimer la rentabilité ex ante d'une immobilisation. Empiriquement, le problème consiste à identifier des actifs financiers dont le risque soit identique à celui d'un investissement dans une immobilisation.

Il existe de nombreux ouvrages sur la mesure du coût d'opportunité lié à un investissement dans un contexte non marchand (voir la recension effectuée par Drèze et Stern en 1987). Mesurer le coût d'opportunité d'un investissement suppose de déterminer la valeur maximale qui a été sacrifiée pour réaliser un investissement donné. Ce coût d'opportunité peut être une abstention de consommer ou la renonciation à un investissement privé, auquel cas le taux d'actualisation choisi par les ménages ou le taux de rendement des valeurs du même secteur sur le marché constitueront des taux d'actualisation appropriés pour l'investissement public. C'est pourquoi plusieurs auteurs ont suggéré d'employer la moyenne pondérée des taux de rendement du marché et des ménages.

Interpréter le coût d'usage sous l'angle du coût d'opportunité rend très difficile l'acceptation d'un taux de rentabilité nul sur les actifs de l'État. Cela impliquerait en effet qu'il n'existe pas d'emploi possible pour les fonds en dehors de celui qui en est fait par l'État. Au surplus, un taux d'actualisation nul signifie que l'on ne fait aucune différence entre les avantages résultant des projets d'investissement exécutés dans un avenir proche et ceux qui le seront à un horizon lointain. On risque ainsi d'obtenir des résultats invraisemblables. Inversement, si le coût d'opportunité est positif mais si l'État applique un taux d'actualisation nul à l'évaluation des investissements, il en résultera un excès substantiel d'investissement public.

Un autre argument militant pour l'affectation de coûts de financement aux investissements de l'État tient au traitement symétrique des actifs publics et privés. L'imputation d'un taux net de zéro pour les actifs de l'État et l'existence d'un taux positif pour les actifs appartenant aux agents privés implique que, dès qu'un actif change de propriétaire et passe, par exemple, du secteur non marchand au secteur marchand, il dégage une rentabilité plus élevée et génère un revenu accru. En d'autres termes, le niveau et le taux de croissance du PIB dépendent des arrangements institutionnels entre les secteurs public et privé. Cette constatation est d'autant plus pertinente que le nombre croissant de nouveaux accords tels que les partenariats public-privé, la sous-traitance d'activités par l'État etc. ont sensiblement estompé la ligne de partage entre les productions marchandes et non marchandes. Il convient toutefois d'observer que, parmi les producteurs marchands, le taux de rentabilité attendu peut varier en fonction de la prime de risque associée à une activité commerciale. Il est probable que la prime de risque liée aux activités de l'État soit

d'évaluation de la production publique indépendantes du coût des intrants ont été conçues, ce qui permet d'appliquer des techniques employées pour le calcul des taux de rentabilité des acteurs privés.

faible et, en ce sens, le taux de rendement d'un même type d'actifs peut varier selon l'unité institutionnelle au sein de laquelle il est employé. Mais même si la prime de risque est nulle, cela ne signifie pas forcément que le coût de financement l'est aussi.

On remarquera aussi que tout effort de conception de mesures de la production de l'État fondées sur les extrants (Atkinson 2005) doit être accompagné par des mesures aussi complètes que possible pour les intrants de l'État. Sinon, les mesures de la productivité de l'État, qui sont l'une des principales raisons pour lesquelles sont conçues les mesures de la production reposant sur les extrants, seraient biaisées à cause du poids insuffisant attribué au facteur capital.

Faut-il inclure le coût de financement dans le coût d'usage des actifs appartenant à l'État ? Beaucoup d'arguments économiques plaident en ce sens. Cependant, il est délicat de choisir un taux de rendement approprié et il est indispensable de disposer d'indicateurs simples et fiables pour que les comptes nationaux soient utiles et comparables.

Il reste cependant la question pratique du taux de rendement à choisir pour les producteurs étatiques et, de fait, les possibilités sont nombreuses. Si l'on part de ce que la théorie économique a à proposer à ce sujet, il semble que le point de référence soit la vaste littérature sur l'analyse coût-avantages des projets entrepris par la puissance publique. Ces études ont accordé une large place au choix d'un taux d'actualisation approprié, qui revêt une importance cruciale pour leurs résultats. Nous renvoyons le lecteur à l'étude sur la théorie des analyses coût-avantages réalisée par Drèze et Stern (1987) et qui traite notamment des approches envisageables pour le choix du taux d'actualisation. La notion de coût d'opportunité, à laquelle ce *Manuel* a aussi fait appel pour décrire la nature du coût d'usage pour les agents économiques en général, est au cœur des analyses coût-avantages. Par conséquent, il est parfaitement logique que le concept de coût d'opportunité s'applique aussi au secteur public. Pour cela, il faut répondre à la question de savoir si l'investissement public exerce un effet d'éviction au détriment de l'investissement ou de la consommation privés, voire des deux. Si l'investissement des entreprises est victime d'un effet d'éviction, le(s) taux de rentabilité du secteur marchand (voir plus haut) constitue(nt) le coût d'opportunité de l'investissement public ; si c'est sur la consommation privée que s'exerce l'effet d'éviction, le coût d'opportunité de l'investissement public est le taux de rendement des ménages. Il arrive dans certains cas que l'investissement public réduise à la fois l'investissement des entreprises et la consommation des ménages, directement par le jeu de la fiscalité, de telle sorte que le taux de rentabilité des investissements non marchands doit être approché par la moyenne des taux de rentabilité des ménages et du secteur marchand. C'est, par exemple, ce que suggèrent Sandmo et Drèze (1971) (déterminer la moyenne des taux d'intérêt pour les consommateurs et les producteurs) pour fixer le taux d'actualisation servant aux analyses coût-avantages. On trouve une approche similaire chez Baumol (1986) et chez Jorgenson et Landefeld (2006), pour qui le taux de rentabilité du secteur non marchand est la moyenne pondérée des taux de rentabilité des entreprises et des ménages (encore que leur raisonnement repose sur un calcul *ex post*).

En pratique, l'approche décrite ci-dessus peut se révéler inapplicable si les données de base sont rares ou de mauvaise qualité. Une solution simple et à peu près conforme aux considérations théoriques sur le coût d'opportunité et qui pourrait s'appliquer à un grand nombre de pays consiste à appliquer aux ménages un taux d'actualisation sous la forme d'un *taux de préférence temporelle de la société*. Cette approche, qui s'appuie sur les nombreux ouvrages traitant de l'évaluation des projets de l'État au moyen de l'évaluation coût-avantages et de leur taux d'actualisation, a été appliquée aussi bien dans des nations développées que dans des pays en développement. Le taux de préférence temporelle de la société (voir par exemple Marglin 1963 ou Kula 1984) reflète la valeur que la société attache au présent par opposition à une consommation future. Il a le mérite d'être assez simple à calculer et les études économétriques ont démontré sa validité dans la zone OCDE et dans des pays qui n'en font pas partie. Des explications supplémentaires sur la mesure du taux de préférence temporelle de la société figurent dans la Section 16.3.3.

Mais des incertitudes subsistent sur le plan économétrique et nous devons conclure les considérations conceptuelles sur les taux de rentabilité des investissements de l'État par une déclaration de Moulton (2004) :

> *« Pour résumer, cette proposition [à savoir imputer un taux de rentabilité aux actifs de l'État] comporte à la fois des risques et des avantages. Comme c'est le cas pour toute imputation, ajouter un taux de rentabilité imputé risque de rendre les comptes moins utiles en tant qu'indicateur d'activité cyclique. Un programme visant à créer un compte de production élargi pour le secteur étatique tel qu'il est décrit plus haut et incluant des mesures de la productivité multifactorielle nécessiterait l'estimation d'une rentabilité nette. Dans le cadre d'un tel programme, la conception de mesures plus fidèles de la variation en volume de la production de l'État doit aussi être une priorité, de même qu'une imputation plus fiable des services tirés des apports de capital de l'État. Les offices statistiques de plusieurs pays ont récemment entrepris des travaux intéressants sur la mesure de la production de l'État en volume, mais il reste beaucoup à faire dans ce domaine ». (Moulton, p. 169).*

8.3.3. Taux de rentabilité pour les ménages

Nous faisons entrer ici en ligne de compte les ménages, qui sont un autre producteur non marchand, parce qu'ils sont responsables d'un type important de production non marchande : les propriétaires d'un logement se fournissent à eux-mêmes un service d'hébergement. En leur qualité de producteurs de services d'hébergement, les ménages utilisent des actifs (constructions et terrains) qui constituent une part importante des intrants de ce processus. Les ménages sont aussi utilisateurs de biens de consommation durables et certains chercheurs (comme, par exemple, Jorgenson 1995) les ont systématiquement inclus dans l'investissement et les sources de services du capital. Cependant, le présent *Manuel* s'en tient à la convention du Système de comptabilité nationale et traite les biens de consommation durables comme des biens de consommation ordinaires tout en relevant qu'il n'existe pas de motif économique de procéder ainsi.

Cependant, les comptes nationaux incluent depuis longtemps la production par les propriétaires occupants de services d'hébergement destinés à leur propre consommation finale dans le périmètre de la production. Il existe deux moyens de déterminer la valeur d'un logement occupé par son propriétaire : soit sous la forme d'un équivalent loyer, c'est-à-dire « au loyer dont on estime qu'il serait payé par un locataire pour le même logement compte tenu de paramètres tels que l'emplacement, les équipements du voisinage, etc. ainsi que de la taille et de la qualité du logement » (Système de comptabilité nationale de 1993, paragraphe 6.89). Soit, à défaut, on recourt à une approche reposant sur le coût d'usage si l'on estime que les services du capital et les frais de maintenance donnent une valeur aux services d'hébergement fournis par les ménages. Cette approche est décrite de manière plus détaillée dans la section 18.1.2.

L'approche fondée sur le coût d'usage exige explicitement que l'on choisisse un taux de rendement. Dans les applications pratiques, il est considéré comme un taux réel à long terme selon une logique très proche de l'approche ex ante qui a été décrite pour le secteur marchand. Par exemple, Eurostat (2001) suggère d'employer un taux réel de 2.5 % dans l'estimation du coût d'usage des logements occupés par leur propriétaire à l'intérieur des pays qui étaient alors candidats à l'Union européenne. On peut imaginer des approches plus sophistiquées et spécifiques à un pays pour le choix du taux de rendement des ménages mais, si le marché de la location n'est pas représentatif de l'ensemble du marché des services de logement, comme c'est le cas dans de nombreux pays candidats à l'accession à l'Union européenne, le coût d'usage est le seul raisonnement viable pour la mesure des logements occupés par leur propriétaire. Il en va de même pour de nombreux pays émergents et en développement. Le taux de rentabilité réel utilisé dans ces calculs est le taux de rentabilité des ménages, lequel pourrait servir à déterminer le taux de rentabilité des actifs de l'État si un tel taux était imputé aux fins de l'analyse. Le taux de préférence temporelle de la

société décrit dans la section ci-dessus et sur lequel des explications plus fouillées sont données dans la Partie II du présent *Manuel* peut raisonnablement être accepté comme mesure du taux de rentabilité des ménages en termes réels.

L'application du raisonnement des équivalents loyer aux logements occupés par leur propriétaire *implique* un certain taux de rentabilité qui peut être calculé en égalisant la valeur moyenne des loyers avec une expression du coût d'usage et en le validant par la prise en compte des amortissements et gains de détention en termes réels[21]. En pratique, cela est plus délicat parce que les équivalents loyer et le coût d'usage calculés par des intervenants indépendants ont mis en évidence des configurations très différentes. Nous nous référons à nouveau à la section 18.1.2. Cependant, à ce stade, deux conclusions utiles ressortent de ce bref exposé sur les logements occupés par leur propriétaire. Premièrement, si les mesures des logements occupés par leur propriétaire reposent sur une logique de coût d'usage, il est cohérent d'utiliser le taux de rendement sous-jacent des ménages comme composante de l'estimation du taux de rentabilité de l'État. Deuxièmement, la logique appliquée aux logements occupés par leur propriétaire dans les comptes nationaux est celle du coût d'opportunité et c'est pourquoi elle s'accorde avec l'approche plus générale du coût d'opportunité qui est employée dans le présent *Manuel* pour le coût d'usage du capital.

8.4. Réévaluation – considérations conceptuelles

Le deuxième élément de l'expression (2) du coût d'usage est un terme de réévaluation réel, c'est-à-dire la variation de prix attendue d'un actif corrigée par un indice mesurant l'inflation générale. S'il est clair que la réévaluation est une écriture dans les comptes de capital - elle est l'un des éléments nécessaires pour passer du bilan d'ouverture à celui de clôture - l'apparition de gains et pertes de détention inclus dans le prix des services du capital a suscité des interrogations. Ce terme de réévaluation soulève deux questions en particulier.

Pour poser la première correctement, nous devons faire un bond en avant dans nos considérations sur la mesure du capital et anticiper sur le fait que la valeur des services du capital est approximativement (parfois exactement) égale à l'excédent brut d'exploitation (EBE). L'EBE fait partie du revenu brut et, de ce fait, il ne doit pas inclure de gains ou pertes de détention. Il convient alors de se demander si l'inclusion de gains ou pertes de détention réels dans le coût d'usage ne signifie pas qu'une plus-value de réévaluation a été incorporée dans une mesure du revenu ?

La réponse à cette question est négative et tient au signe moins qui précède le terme de réévaluation i^{*t} dans l'expression (2). Afin de comprendre pourquoi, rappelons que le taux de rendement r^{*t} est le taux de rentabilité qu'un investisseur ou un actionnaire attendrait de l'emploi d'un actif pour la production. Le rendement total est égal à ce taux multiplié par le stock d'actifs en question. Trois éléments principaux déterminent le taux de rendement pour un actionnaire : (i) les bénéfices provenant de l'activité « normale » (c'est-à-dire de la production continue) et qui sont appréhendés par l'excédent brut d'exploitation ou EBE (GOS dans l'équation) ; (ii) les gains ou pertes de détention réels sur l'actif concerné (HGL) et (iii) l'amortissement D.

(4) Rendement total = GOS + HGL - D

Cette présentation est compatible avec un terme représentant le revenu (EBE ou GOS) *excluant* les gains de détention réels, car autrement ces derniers seraient comptés deux fois. Cette formulation s'accorde toutefois avec l'interprétation selon laquelle l'EBE désigne le résultat courant hors plus-values de réévaluation. C'est seulement après qu'on a ajouté les plus-values et déduit l'amortissement que l'on

21. Ce raisonnement est parfaitement symétrique de l'approche endogène du calcul du taux de rendement dégagé par le secteur marchand si l'on emploie l'excédent brut d'exploitation pour calculer un taux de rendement.

obtient le résultat net qui intéresse les investisseurs et les marchés financiers. Bien entendu, l'expression (4) ne donne qu'une représentation simplifiée du coût d'usage du capital, mais elle s'accorde parfaitement, par exemple, avec l'expression (2).

La deuxième question soulevée par les gains et pertes de détention réels nous ramène au débat sur l'amortissement et l'obsolescence. Comment traiter les plus-values de réévaluation réelles quand le revenu brut est transformé en un revenu net ? Le montant soustrait du revenu brut doit-il inclure les pertes de détention réelles ou non ? Nous avons conclu dans la section 5.4, qu'une mesure du revenu net (mesuré comme l'excédent net d'exploitation ou NOS) pouvait se justifier de deux manières :

(5) Excédent net d'exploitation (NOS) = = GOS – D = Rendement total - HGL

(6) NOS' = GOS – [D - HGL] = Rendement total

Dans la première version, qui se présente sous l'expression (5), le résultat net correspond au résultat courant (bénéfice provenant des activités normales de la société, c'est-à-dire l'EBE), qui exclut les variations de prix mais a été corrigé des amortissements. L'excédent net d'exploitation est donc égal à (Rendement total – HGL), c'est-à-dire le *résultat net escompté des activités ordinaires de la société*. Dans la seconde version, qui se présente sous l'expression (6), le résultat net correspond à l'EBE (GOS) moins l'amortissement et les plus- ou moins-values, ce qui donne l'expression du rendement total exigée par les marchés financiers. Par conséquent, NOS' tient compte des gains ou pertes de détention réels. Le résultat net variera selon celle de ces deux options qui est retenue et il correspond soit à une notion du bénéfice dans laquelle la capacité productive du stock de capital est maintenue intacte, soit à une logique selon laquelle la richesse du propriétaire du capital est gardée intacte (pour des explications plus détaillées, nous renvoyons le lecteur à la section 5.4.

CHAPITRE 9. CHAMP ET CLASSIFICATION DE LA MESURE DU CAPITAL

9.1. Champ d'application

La plupart, mais non la totalité, des mesures de stock et de flux abordées dans ce *Manuel* concerne des objets non financiers « produits » (actifs fixes et stocks) qui sont inclus dans la formation brute de capital telle qu'elle est définie dans les comptes nationaux. Les actifs non financiers produits sont soit issus du processus de production, soit importés.

Le tableau 12 dresse la liste complète des actifs non financiers qui sont comptabilisés dans ce système. En ce qui concerne le traitement des autres ressources naturelles telles que les gisements de matières premières, nous renvoyons le lecteur au *Manuel de comptabilité nationale : Comptabilité environnementale et économique intégrée* (Organisation des Nations Unies *et al.* 2003) et à la section 18.3. On notera que deux éléments liés à des actifs non produits font partie des actifs produits. Ce sont les améliorations majeures des terrains et le coût du transfert de propriété afférent à des actifs non produits.

Tous les actifs de la nomenclature sont pertinents pour les bilans de l'économie et doivent y être comptabilisés dans la mesure du possible. La situation est plus confuse lorsqu'on en vient à la mesure des services du capital. L'idée selon laquelle tous les actifs fixes doivent être considérés comme des sources de services du capital n'est pas contestée. Le débat sur les stocks a débouché sur des conclusions moins tranchées mais, finalement, leur inclusion a été décidée dans le cadre de la révision du SCN 1993. De même, un consensus s'est dégagé sur le fait que les terrains sont une source de services du capital et qu'ils doivent être inclus dans la mesure de ces services. La principale difficulté posée par les terrains en tant que source de services du capital tient à la mise en œuvre des indicateurs mesurant ces services lorsqu'on est en présence d'une bulle spéculative faisant monter leur prix car elle peut donner des résultats dont l'interprétation est délicate tels qu'un coût d'usage du capital inférieur à zéro (voir la Section 0). En sus des terrains, la production fait appel à d'autres ressources naturelles et actifs non produits qui sont aussi une source de services du capital. Mais ces actifs posent parfois de graves problèmes de mesure et, pour des raisons pratiques, ils sont souvent exclus de la mesure des services du capital.

Par convention, les comptes nationaux ne traitent pas les biens de consommation durables comme des actifs :

> *« ... les biens de consommation durables ne sont pas traités comme des actifs fixes. Les services produits par ces biens durables sont des services aux ménages, lesquels n'entrent pas dans le champ du Système, qui mesure la production. Si, par exemple, une machine à laver devait être traitée comme un actif fixe, la définition de la production doit être élargie de manière à inclure tous les services de blanchissage, qu'ils soient effectués à la machine ou à la main. Telle qu'elle est actuellement définie, la production confine les services de blanchissage à ceux qui sont fournis par d'autres unités, mais elle inclut ces services indépendamment du fait qu'ils soient exécutés à la main ou par une machine. Cependant, les logements occupés par leur propriétaire, qui ne sont pas assimilés à des biens de consommation durables, sont inclus dans le champ des actifs. Les propriétaires occupants sont considérés comme des propriétaires d'entreprises non constituées en société produisant des services d'hébergement destinés à leur propre usage (SCN révisé, paragraphe 10.31).*

Par conséquent, les biens de consommation durables ne sont pas traités de façon spécifique dans ce *Manuel* même si nous n'ignorons pas qu'il pourrait utile, sur le plan analytique, de les traiter comme des biens d'équipement dès lors que les corrections nécessaires sont apportées aux indicateurs mesurant la production.

Plusieurs analystes économiques et décideurs politiques se sont aussi intéressés à la mesure de ce qu'on appelle généralement les actifs « incorporels » ou « immatériels » (voir, par exemple, Corrado, Hulten et Sichel 2005). Ce sont la R-D et les autres actifs ayant trait à l'innovation, au capital humain, à la publicité et à l'organisation. Bien qu'ils soient intéressants sous l'angle analytique, ils sont loin d'être comptabilisés comme des actifs dans les comptes nationaux en raison des nombreux problèmes que soulève leur mesure et des interrogations conceptuelles les concernant, excepté pour la R-D qui est aujourd'hui considérée comme une immobilisation relative à la propriété intellectuelle

9.2. Classifications

Ce chapitre traite des classifications utilisées pour la publication des statistiques sur le stock de capital. Trois des classifications contenues dans le SCN 1993 sont pertinentes ; ce sont la Nomenclature des actifs, la Classification des secteurs institutionnels et la Classification internationale type, par industrie, de toutes les branches d'activité économique. Ces classifications sont utilisées selon des combinaisons différentes pour les stocks brut et net de capital et les deux mesures de flux couvertes par ce *Manuel*, à savoir l'amortissement et l'indice de volume des services du capital.

Le stock net de capital, les services du capital et l'amortissement apparaissent en entrées dans le SCN 1993, ce qui détermine les classifications à utiliser. Les deux doivent être classés par le secteur institutionnel qui est propriétaire des actifs. Cette classification est appropriée pour le stock net de capital, qui est nécessaire pour les bilans du système et pour l'amortissement, qui apparaît dans le compte de production, dans les comptes de répartition et d'utilisation de la valeur ajoutée et dans les comptes d'accumulation.

La classification des actifs produits non financiers telle qu'elle est définie dans le SCN est conçue pour distinguer entre les actifs en fonction du rôle qu'ils jouent dans la production. La différence la plus importante par rapport à la manière dont les actifs sont traités dans les autres nomenclatures telles que la Classification centrale des produits concerne le coût du transfert de propriété. Selon la comptabilité nationale, comme cela est expliqué de façon plus détaillée dans le chapitre 14, le coût du transfert de propriété est affecté à l'actif qui en est l'objet alors qu'il est consigné séparément dans les classifications de produits.

Les statistiques relatives au stock de capital ont également un certain nombre d'utilisations analytiques telles que le calcul des coefficients de capital ou des taux de rentabilité du capital et l'étude de la productivité du capital et de la productivité multifactorielle. Pour ce faire, il est habituellement préférable de classer les actifs en fonction de la nature de l'activité du propriétaire et par type d'actif. Cela implique une classification croisée par la CITI et la Nomenclature des actifs.

Tableau 12. Nomenclature révisée des actifs non financiers

Actifs produits	Actifs fixes	Logements		
		Autres bâtiments et ouvrages de génie civil	Bâtiments non résidentiels	
			Autres ouvrages de génie civil	
			Agencements et aménagements de terrains	
		Machines et équipements	Matériels de transport	
			Équipements TIC	
			Autres machines et équipements	
		Systèmes d'armes		
		Actifs cultivés	Animaux laitiers, d'élevage, de trait, etc.	
			Vignobles, vergers et autres plantations permanentes	
		Coût de transfert des actifs non produits		
		Produits de la propriété intellectuelle	Recherche-développement	
			Exploration et évaluation minières	
			Logiciels et bases de données informatiques	Logiciels
				Bases de données informatiques
			Spectacles, œuvres littéraires et artistiques	
			Autres actifs intellectuels	
	Stocks	Matières premières et fournitures		
		Travaux en cours	Travaux en cours sur actifs cultivés	
			Autres travaux en cours	
		Produits finis		
		Stocks d'armements		
		Biens destinés à la revente		
	Valeurs	Pierres et métaux précieux		
		Antiquités et autres objets d'art		
		Autres objets de valeur		

Actifs non produits	Ressources naturelles	Terrains	Terrains supportant des bâtiments et des ouvrages de génie civil et plans d'eau associés	
			Terrains cultivés et plans d'eau associés	
			Terrains de loisirs et plans d'eau associés	
			Autres terrains et plans d'eau associés	
		Gisements	Réserves de charbon, de pétrole et de gaz naturel	
			Réserves de minerais métalliques	
			Réserves de minerais non métalliques	
		Ressources biologiques non cultivées	Forêts naturelles	
			Autres cultures et ressources végétales	
			Stocks de poissons sauvages et mammifères aquatiques	Dans les eaux territoriales, y compris la Zone économique exclusive
				Hors de la Zone économique exclusive
		Réserves d'eau	Nappes phréatiques	
			Autres	
		Autres ressources naturelles	Spectres de fréquences radio	
			Autres	
	Contrats, baux et licences	Droits de propriété appartenant à des tiers	Contrats de location-exploitation négociables	
			Autorisations d'exploiter des ressources naturelles	
		Droit exclusif à des biens et services futurs	Appartenant à des personnes juridiques désignées	
			Sur production future	
	Fonds de commerce et actifs servant à la commercialisation			

9.2.1. Classification par type d'actif

La partie des comptes nationaux intitulée Nomenclature des actifs qui couvre les actifs non financiers se trouve dans le tableau 12 Nomenclature révisée des actifs non financiers, qui figure ci-dessus. La plupart des pays qui compilent à l'heure actuelle des statistiques sur le stock de capital utilisent à des fins de publication une ventilation des actifs moins détaillée que celle-ci et le questionnaire type qu'utilisent les organisations internationales pour la collecte des statistiques annuelles selon le SCN se contente d'une ventilation encore moins détaillée. Au contraire, le Bureau of Economic Analysis (BEA) américain publie des statistiques sur le stock de capital ventilées en plus de 80 types d'actifs.

L'exactitude des statistiques sur le stock de capital dépend dans une large mesure de l'exactitude des indices de prix utilisés pour la réévaluation des actifs. En général, plus le niveau de détail de l'investissement pour lequel on dispose d'indices implicites et de taux d'amortissement distincts est grand, plus les estimations des stocks et de la consommation de capital fixe seront fiables ; c'est l'une des raisons pour lesquelles le BEA utilise une classification des actifs très détaillée. Dans le même esprit, Eurostat (2001) suggère un niveau de détail minimum approprié pour la déflation de la formation brute de capital fixe dans son *Manuel* sur la mesure des prix et des volumes dans le cadre des comptes nationaux ; chaque groupe d'actifs de cette classification est considéré comme relativement homogène en ce qui concerne les variations de prix. Il convient de noter que le matériel de communication et les ordinateurs sont considérés séparément car les prix de ces biens se comportent d'une manière très différente de ceux des autres actifs. On notera aussi que cette classification reprend la nomenclature des actifs du SCN 1993 avant sa révision, si bien qu'elle ne coïncide pas exactement avec la classification révisée qui a été présentée dans le tableau ci-dessus.

Pour les analystes, les données sur les investissements faisant l'objet d'une classification croisée entre les actifs et les branches ou les secteurs institutionnels sont des informations cruciales. De même, dans les bilans sectoriels, doit figurer la ventilation des actifs nécessaire aux comparaisons temporelles et entre secteurs.

9.2.2. Classification par secteur institutionnel

Le SCN de 1993 identifie cinq secteurs institutionnels : sociétés non financières, sociétés financières, administrations publiques, ménages et institutions sans but lucratif au service des ménages. Ces cinq secteurs se décomposent en un total de 36 sous-secteurs au niveau le plus détaillé.

Le niveau de détail à utiliser pour classer le stock net de capital et la consommation de capital fixe dépend du degré de détail du secteur utilisé dans les bilans (pour le stock net) et dans les comptes non financiers (pour l'amortissement). Les quelques pays qui compilent les bilans à l'heure actuelle classent la plupart des temps les stocks en fonction de ces cinq secteurs institutionnels, mais avec une certaine ventilation entre les administrations publiques en fonction de leur niveau (par exemple central, local et fonds de sécurité sociale). La plupart des pays utilisent une ventilation analogue pour les comptes non financiers bien que le secteur des sociétés financières soit parfois décomposé en établissements de dépôt et autres établissements financiers.

Le questionnaire annuel sur les comptes nationaux qui est utilisé par les organisations internationales pour collecter les statistiques de la comptabilité nationale impose d'établir les sous-secteurs suivants pour les comptes non financiers et cela détermine le niveau de détail du secteur institutionnel pour la consommation de capital fixe : les sociétés non financières, les sociétés financières, l'administration centrale, les États d'un État fédéral, les administrations locales, les fonds de sécurité sociale, les ménages et les institutions à but non lucratif au service des ménages.

En pratique, de nombreux pays sont incapables d'isoler les institutions à but non lucratif au service des ménages en les séparant de ces derniers. Certains pays jugeront également la ventilation des pouvoirs publics trop ambitieuse et ne pourront fournir des estimations que pour les administrations publiques dans leur ensemble.

9.2.3. Classification par type d'activité

Dans la plupart des types d'études analytiques, les stocks et les flux de capital devront être classés par type d'activité. En règle générale, plus la ventilation des activités sera détaillée, plus les statistiques seront utiles à cet effet. Toutefois, des considérations pratiques limitent la quantité de détails que l'on peut présenter. Si, par exemple, on utilise la méthode de l'inventaire perpétuel, la ventilation par type d'activité ne peut être plus détaillée que la classification par type d'activité utilisée pour la collecte de statistiques sur la formation brute de capital fixe. Si cette dernière est très détaillée, les transferts d'actifs usagés entre producteurs exerçant différents types d'activités affecteront la fiabilité et diminueront la quantité de détails que l'on pourra raisonnablement présenter. Le tableau 13 donne une classification qui peut être utile pour les pays se lançant dans l'établissement de statistiques sur le stock de capital.

Le questionnaire annuel du SCN impose de ventiler les statistiques sur le stock de capital entre 17 types d'activités. Ce sont les 17 catégories de la CITI (révision 3). Cette liste pourrait être plus utile si l'on distinguait les principales activités du secteur manufacturier (qui est une catégorie unique) et si l'on regroupait quelques unes des catégories couvrant les activités de services.

Tableau 13 Classification suggérée des activités pour les statistiques sur le stock de capital

CITI Catégories	**Description**
A + B	Agriculture, chasse, sylviculture et pêche
C	Industries extractives
D	Industries manufacturières (avec 4 ou 5 activités importantes identifiées séparément).
E	Électricité, gaz et eau
F	Bâtiments et travaux publics
G + H	Commerce de gros et de détail, réparations de véhicules et appareils ménagers, hôtels et restaurants
I	Transports, entrepôts et communications
J + K	Intermédiation financière, affaires immobilières, services locatifs et services fournis aux entreprises
L	Administration publique, sécurité et défense nationale
M, N + O	Services éducatifs, sanitaires et sociaux et autres services fournis à la collectivité, et services personnels

CHAPITRE 10. LA MÉTHODE DE L'INVENTAIRE PERPÉTUEL – APERÇU

La méthode de l'inventaire perpétuel (MIP) est celle qui est employée le plus fréquemment pour la mesure des stocks et des flux d'actifs fixes. Elle repose sur l'idée simple selon laquelle les stocks sont des flux cumulés d'investissement corrigés de leur perte d'efficacité et des déclassements. Le graphique ci-dessous décrit le schéma de base de son application.

- Le processus de calcul comporte deux points d'entrée : en définissant soit la fonction ancienneté-efficacité de chaque type d'actif (point de départ A), soit la fonction ancienneté-prix/amortissement de chaque type d'actif (point de départ B). L'étape suivante consiste à définir un profil de déclassement en fonction de paramètres tels que les durées de vie moyennes et maximales.

- Le profil de déclassement est combiné avec la fonction ancienneté-efficacité (chemin A) ou ancienneté-prix (chemin B) afin de tracer la fonction ancienneté-efficacité/déclassement d'une cohorte ou ancienneté-prix/déclassement d'une cohorte. Les deux profils coïncident dans le cas de l'amortissement dégressif et c'est seulement alors que débute le processus de mise en œuvre.

- Connaissant la fonction ancienneté-efficacité/déclassement d'une cohorte et un taux de rentabilité, il est possible de dériver la fonction ancienneté-prix/déclassement d'une cohorte et inversement.

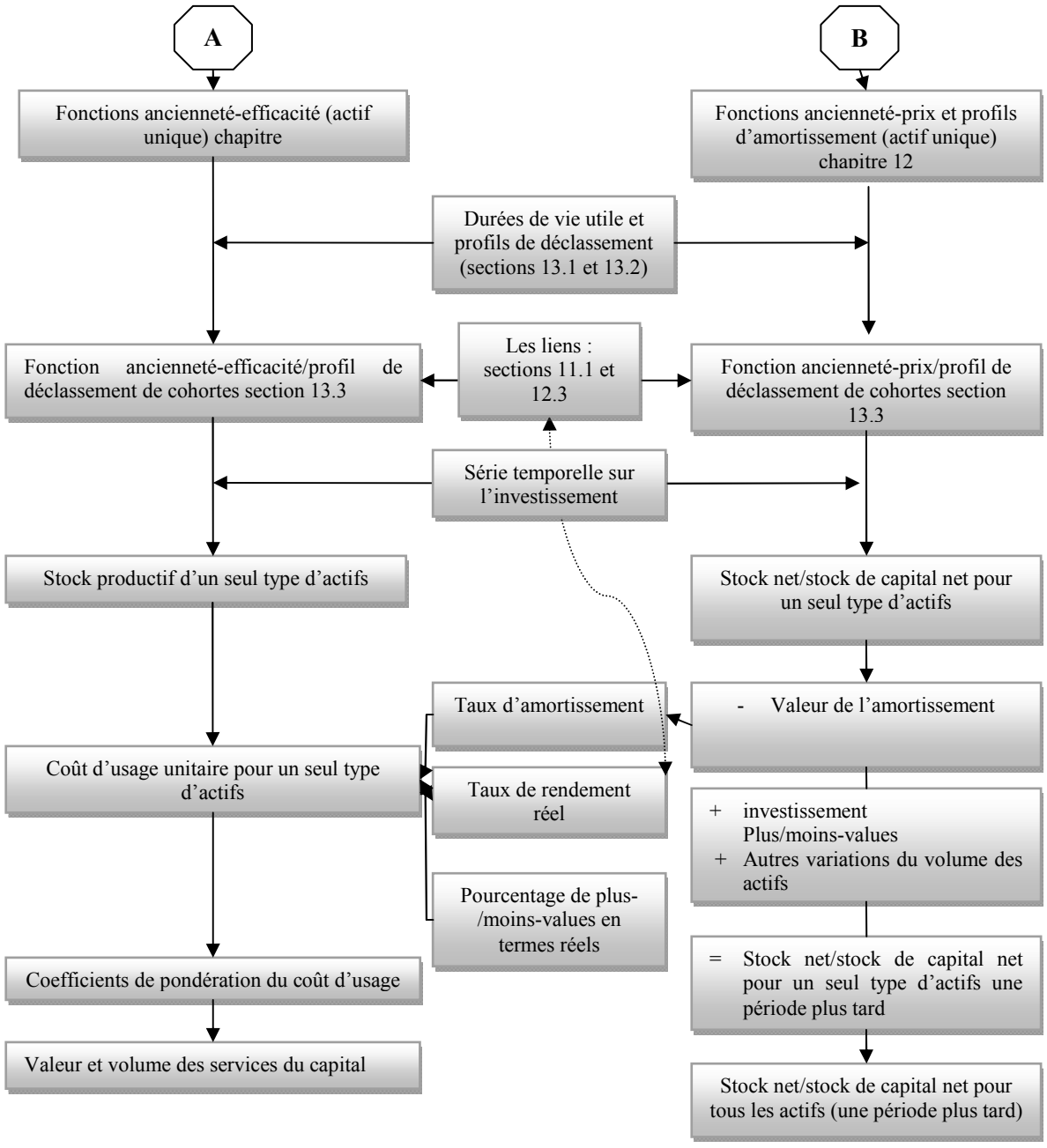
- L'étape suivante consiste à appliquer ces fonctions à des séries temporelles sur l'investissement. La fonction ancienneté-efficacité appliquée aux séries temporelles sur l'investissement donne une mesure du stock de capital productif. La fonction ancienneté-prix appliquée aux séries temporelles sur l'investissement donne une mesure du stock net de capital ou stock patrimonial. Le profil d'amortissement n'est qu'un autre moyen de présenter la fonction ancienneté-prix. Quand on l'applique aux séries sur l'investissement, le profil d'amortissement donne un indicateur mesurant la valeur de l'amortissement pour un type d'actifs donné.

- Le taux d'amortissement pour un actif neuf (tiré du profil d'amortissement), le taux de rendement réel et le taux des gains ou pertes de détention réels sont les principales données servant à calculer le coût d'usage unitaire d'un actif neuf.

- En multipliant le coût d'usage unitaire d'un actif neuf par le stock de capital productif (également exprimé en unités d'efficacité d'un actif neuf), on obtient une mesure de la valeur totale des services du capital pour un type d'actifs donné.

- La variation en volume des services du capital est obtenue en calculant la moyenne pondérée des variations du stock de capital productif par type d'actifs. La part de chaque actif dans le coût d'usage total donne les coefficients de pondération de cet indice.

- En ce qui concerne la dimension patrimoniale de ces calculs, il est possible de comparer les stocks nets à l'ouverture et à la clôture de l'exercice. Les variations du stock de richesse se composent des augmentations résultant des investissements, dont on déduit l'amortissement majoré des plus- et minoré des moins-values plus les autres variations nettes des volumes de l'actif en question.


A
B
Fonctions ancienneté-efficacité (actif unique) chapitre
Fonctions ancienneté-prix et profils d'amortissement (actif unique) chapitre 12
Durées de vie utile et profils de déclassement (sections 13.1 et 13.2)
Fonction ancienneté-efficacité/profil de déclassement de cohortes section 13.3
Les liens : sections 11.1 et 12.3
Fonction ancienneté-prix/profil de déclassement de cohortes section 13.3
Série temporelle sur l'investissement
Stock productif d'un seul type d'actifs
Stock net/stock de capital net pour un seul type d'actifs
Taux d'amortissement
- Valeur de l'amortissement
Coût d'usage unitaire pour un seul type d'actifs
Taux de rendement réel
+ investissement
Plus/moins-values
+ Autres variations du volume des actifs
Pourcentage de plus-/moins-values en termes réels
Coefficients de pondération du coût d'usage
= Stock net/stock de capital net pour un seul type d'actifs une période plus tard
Valeur et volume des services du capital
Stock net/stock de capital net pour tous les actifs (une période plus tard)

CHAPITRE 11. FONCTIONS ANCIENNETÉ-EFFICACITÉ

La fonction ancienneté-efficacité d'un actif décrit l'évolution de son efficacité productive à mesure qu'il vieillit. La forme spécifique de la fonction ancienneté-efficacité relève de l'analyse économétrique pour laquelle on manque d'éléments de preuve solides, si bien qu'on leur substitue souvent des hypothèses plausibles. La fonction ancienneté-efficacité d'un actif reflète les pertes d'efficacité dues à son usure et à certains effets sur sa durée de vie utile. Par exemple, si la durée de vie utile d'un actif est raccourcie par son obsolescence -- par exemple parce que l'augmentation du prix de l'énergie sur longue période ou la dérive des salaires réels fait qu'il n'est pas rentable d'utiliser cet actif au-delà d'un certain nombre d'années -- sa durée de vie utile maximale, qui est un paramètre de la fonction ancienneté-efficacité, peut s'en trouver affectée. L'obsolescence pourrait imposer le déclassement d'un actif, ce qui signifie que la fonction ancienneté-efficacité est inchangée jusqu'à la date du déclassement, à laquelle elle tombe à zéro.

On peut représenter la fonction ancienneté-efficacité d'un actif donné (d'un type donné) par $g_n(T)$, n étant un indice d'âge variant entre zéro (dans le cas d'un actif neuf) et T, la date de mise au rebut de cet actif. Le paramètre ancienneté-efficacité a toujours une valeur positive comprise entre zéro et l'unité. Comme l'efficacité d'un actif neuf a été fixée à 1, chaque $g_n(T)$ représente l'efficacité relative d'un actif âgé de n années par rapport à un actif neuf. En principe, la fonction ancienneté-efficacité peut prendre diverses formes, mais à des fins pratiques trois formes fonctionnelles méritent d'être mentionnées : ce sont les formes hyperbolique, linéaire et géométrique.

Les fonctions ancienneté-efficacité hyperboliques sont employées, par exemple, par le U.S. Bureau of Labor Statistics (1983), l'Australian Bureau of Statistics (ABS 2000), Statistics New Zealand, Mas et d'autres (2006) ainsi que par l'OCDE (Schreyer et autres 2003). Une baisse hyperbolique prend la forme suivante :

$$g_n(\text{hyperbolic}) = \frac{T-n}{T-b\cdot n} \tag{7}$$

$b \leq 1$ étant un paramètre donnant la forme de la fonction. En général[22], le profil hyperbolique montre que la perte d'efficacité d'un actif est faible dans les premiers stades de sa durée de vie utile mais qu'elle décline rapidement lorsqu'il approche de sa fin.

> *« Le paramètre de réduction de l'efficacité b est fixé à 0.5 pour les machines et équipements et à 0.75 pour les ouvrages de génie civil, soit les mêmes valeurs que celles qui sont utilisées par le BLS. La valeur plus élevée qui est attribuée aux autres bâtiments et ouvrages de génie civil redistribue la perte d'efficacité de telle sorte qu'elle survienne à un stade plus tardif de la durée de vie de l'actif concerné par rapport aux machines et équipements, dont la perte d'efficacité est plus également répartie sur toute leur durée de vie utile. Pour les logiciels informatiques, b est fixé à 0.5. Il est également de 0.5 pour le bétail. Il est évident que l'on pourrait supposer des fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix plus précises en tenant compte du fait que le bétail est immature pendant les années précédant l'utilisation de ces animaux une fois qu'ils sont*

[22]. On notera que la fonction hyperbolique ne donne pas nécessairement des fonctions ancienneté-efficacité concaves à partir de l'origine. Harper (1982) donne des exemples de fonctions hyperboliques convexes dès leur point d'origine.

arrivés à maturité. Mais ces raffinements nuiraient à la simplicité du modèle et les gains de précision qu'ils apporteraient seraient minimes. Pour la prospection minière, b est égal à l'unité, ce qui sous-entend que les connaissances acquises au moyen de cette activité ne subissent aucune perte d'efficacité. La situation est diamétralement opposée pour les œuvres artistiques originales, pour lesquelles b est nul, ce qui signifie que leur efficacité diminue de manière linéaire ». (ABS 2000).

Par souci d'exhaustivité, et parce que nous y avons recouru dans l'exemple chiffré du chapitre 3.2, nous présentons aussi une **fonction ancienneté-efficacité linéaire** g_n (linéaire) :

(8) g_n (linéaire)=1 – n/T.

Dans le cas présent, l'efficacité productive diminue d'un montant constant en valeur absolue au cours de chaque période. Si la présentation de la fonction linéaire est simple, elle ne décrit pas nécessairement la forme la plus plausible de perte d'efficacité d'un actif. Il importe aussi de retenir que, en principe, un profil ancienneté-efficacité linéaire n'est pas compatible avec un profil ancienneté-prix linéaire. Le lien entre les fonctions ancienneté-prix et ancienneté-efficacité, déjà abordé dans le chapitre 3.2 sera décrit plus bas de manière plus systématique. Mais la conséquence est que la fonction ancienneté-prix linéaire, largement employée, et la fonction d'amortissement linéaire qui lui est associée ne découlent pas d'un profil ancienneté-efficacité linéaire.

La fonction ancienneté-efficacité ci-dessus a été formulée pour un actif unique. Lorsqu'on a affaire à toute une cohorte, il faut tenir compte du fait que tous les actifs de la même cohorte ne seront pas déclassés en même temps (les déclassements se répartissent autour de la durée de vie utile moyenne). La section 13.3 et l'annexe 4 décrivent comment la distribution des déclassements se combine avec un profil ancienneté-efficacité ou ancienneté-prix pour donner la fonction ancienneté-efficacité ou ancienneté-prix de toute une cohorte. Cette étape est superflue si l'on emploie des profils géométriques. En effet, ces derniers combinent directement les fonctions ancienneté-efficacité et de déclassement. En outre, les fonctions géométriques ancienneté-efficacité et ancienneté-prix coïncident, de sorte que l'on peut faire l'économie du long processus de dérivation de l'un à partir de l'autre.

La fonction ancienneté-efficacité **géométrique** est celle à laquelle recourent le plus fréquemment les applications économétriques. Elle montre que l'efficacité d'une cohorte diminue à un rythme constant. Ce concept remonte au moins à Matheson (1910) bien qu'il l'ait employé à propos de l'amortissement, c'est-à-dire pour décrire les pertes de valeur plutôt que d'efficacité (voir plus bas). Les fonctions d'efficacité géométriques ont été largement employées par Jorgenson (1995) et de nombreux autres chercheurs.

(9) g_n (géométrique)=$(1-\delta)^n$.

Comme δ est aussi le taux de l'amortissement dégressif, les estimations économétriques des taux d'amortissement donnent aussi les paramètres de la fonction ancienneté-efficacité (voir chapitre12 qui décrit des méthodes économétriques de détermination des paramètres d'amortissement).

11.1. Détermination des fonctions ancienneté-efficacité à partir des profils d'amortissement

Il est possible de dériver la fonction ancienneté-efficacité si l'on dispose d'informations sur la fonction ancienneté-prix ou le profil d'amortissement. Si un taux de rendement réel r^* et la fonction ancienneté-prix d'une cohorte d'actifs ainsi que leurs taux d'amortissement sont donnés, il est possible de calculer une fonction ancienneté-efficacité. On remarquera que le lien entre les fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix est établi au niveau de l'ensemble de la cohorte, c'est-à-dire en partant d'une fonction combinée ancienneté-efficacité/déclassement qui associe les informations disponibles sur la

distribution des déclassements et sur la fonction ancienneté-efficacité d'un actif donné (voir section 13.3 et annexe 4).

CHAPITRE 12. FONCTIONS ANCIENNETÉ-PRIX ET D'AMORTISSEMENT

Dans le présent document, la consommation de capital fixe, ou amortissement, est définie comme la perte de valeur d'un actif due à sa détérioration physique (usure) et à l'obsolescence normale. L'amortissement est un concept de valeur qu'il y a lieu de distinguer des concepts de quantité tels que la fonction ancienneté-efficacité qui appréhende les pertes d'efficacité productive d'un actif. Il existe plusieurs moyens de déterminer les paramètres d'amortissement, à savoir :

- partir d'informations empiriques sur la durée de vie utile des actifs et faire une hypothèse sur la forme fonctionnelle de la fonction d'amortissement. Les diverses approches de la détermination empirique de la durée de vie utile sont décrites dans la section 13.1 ;

- utiliser les informations sur l'amortissement qui sont implicites aux prix des actifs d'occasion et les exploiter au moyen de techniques économétriques ;

- dériver les fonctions ancienneté-prix et d'amortissement des fonctions ancienneté-efficacité ;

- utiliser une approche fondée sur la fonction de production et estimer les taux d'amortissement au moyen de procédés économétriques.

Les deux premières méthodes, qui sont de loin les plus fréquemment employées, seront décrites plus bas de manière assez détaillée. Quant à l'approche reposant sur la fonction de production, elle ne sera évoquée que très succinctement.

12.1. Formes fonctionnelles de la fonction d'amortissement

Modèle d'amortissement linéaire. Le modèle linéaire est fréquemment employé pour les amortissements. Soit une durée de vie utile pour les biens durables, la fonction ancienneté-prix d'un actif décline selon une pente linéaire :

(10) $p_n/p_0 = 1-n/T; \quad n = 0, 1,\ldots T.$

La perte de valeur de l'actif entre deux années consécutives est un montant constant (1/T) de la valeur initiale de l'actif : $p_n-p_{n+1}=1/T$. La fonction ancienneté-prix trouve sa traduction directe dans une suite de taux d'amortissement, $\{\delta_n\}$, définie comme la perte de valeur de l'actif due à son vieillissement et exprimée en pourcentage, soit $\delta_n = 1-p_{n+1}/p_n$ de telle sorte que $\delta_n=1/(T-n)$. Considérons le coût d'usage d'un actif neuf selon une loi d'amortissement linéaire. L'expression simplifiée du coût d'usage est :

(11) $c_n = p_n(r^*-\delta_n)$

$= p_n[r^*(1-n/T)-(p_n-p_{n+1})/p_n]$

$= p_n r^*(1-n/T)+p_0/T$ Dans une fonction d'amortissement linéaire, ce terme du coût d'usage ne devient pas nul lorsque la durée de vie utile de l'actif prend fin, c'est-à-dire lorsque n se rapproche de T. Un tel cas de figure est en effet peu plausible puisque la valeur d'un actif déterminée en fonction des services du capital immobilisé dans cet actif est positive alors qu'il est sans valeur.

La fonction ancienneté-prix (10) a été définie pour un actif unique. Pour les applications pratiques, il faut tenir compte de la distribution des déclassements. La transformation de la fonction ancienneté-prix d'un actif unique en fonction combinée ancienneté-prix/déclassement de toute une cohorte est décrite dans la section 13.3.

Modèle d'amortissement géométrique ou dégressif. L'amortissement géométrique ou dégressif (ou amortissement dégressif à taux constant) est un autre modèle communément employé. Diewert (2005a) fait remonter cette approche à Matheson (1910). Comme on l'a vu plus haut, calculer l'amortissement selon cette méthode est simple et cela a été fait dans un grand nombre d'études économiques (on trouvera une liste d'ouvrages qui ont fait date dans Jorgenson 1995, 1996) et les agences statistiques l'adoptent progressivement, notamment le *Bureau of Economic Analysis* des États-Unis. Le modèle d'amortissement géométrique δ (voir son application précoce dans Jorgenson et Griliches 1967) se caractérise par :

$$(12) \qquad p_n/p_0 = (1- \delta)^n; \quad n = 0, 1,$$

Le fait que le taux d'amortissement est indépendant de l'âge de l'actif permet d'écrire une formule particulièrement commode pour calculer le coût d'usage. Le coût d'usage est proportionnel au prix des actifs et, en général, le facteur de proportionnalité comprenant les taux de rentabilité, d'amortissement et de réévaluation est fonction de l'année où un actif a été mis en service parce que le taux d'amortissement dépend de l'âge. Dans un modèle géométrique, le facteur de proportionnalité devient indépendant de l'âge de l'actif. Il s'ensuit que la valeur de l'amortissement ne doit pas être calculée séparément pour chaque année mais qu'elle est obtenue directement en appliquant le taux d'amortissement au stock de capital net. En outre, le stock de capital productif et le stock de capital coïncident dans le cas de taux géométriques parce que les fonctions ancienneté-prix et ancienneté-efficacité sont identiques.

Les taux géométriques ont cette autre caractéristique qu'ils combinent généralement les fonctions ancienneté-prix et de déclassement pour une cohorte d'actifs. Comme on l'a vu dans la section 13.3, lorsqu'on les croise avec les profils de déclassement de cohortes entières, les diverses fonctions ancienneté-prix des différents actifs engendrent des profils plus ou moins convexes par rapport à l'origine de telle sorte que le modèle géométrique peut être utilisé comme approximation d'une fonction combinée ancienneté-prix/déclassement. A défaut, si l'on se sert d'informations sur les prix d'actifs d'occasion pour estimer les taux géométriques au moyen de techniques économétriques, une correction spécifique est effectuée pour tenir compte des fonctions de déclassement et du fait que les prix observés ne portent que sur les actifs survivants (voir la section suivante).

En l'absence d'estimations économétriques des taux d'amortissement géométrique, δ a parfois été estimé au moyen de la « méthode de l'amortissement dégressif » et sur la base d'informations sur la durée de vie moyenne d'un groupe d'actifs. Hulten et Wykoff (1996) ont émis la suggestion suivante pour convertir la durée de vie moyenne d'une cohorte, T^A, en un taux d'amortissement. Ils proposent une procédure en deux temps reposant sur la formule de l'amortissement dégressif $\delta = R/T^A$, dans laquelle R est un taux estimé d'amortissement dégressif. Dans la formule de l'amortissement dégressif à taux double, R est choisi de manière à être égal à 2, mais en général il est préférable de recourir aux résultats économétriques pour déterminer la forme de la fonction d'amortissement géométrique. Dans leurs études économétriques, Hulten et Wykoff ont trouvé une valeur moyenne de R qui est inférieure à 2. Leurs résultats sont à la base des taux d'amortissement géométrique utilisés par le Bureau of Economic Analysis aux États-Unis (voir Fraumeni 1997)[23]. Cependant, Baldwin et autres (2007) font part d'estimations économétriques des taux d'amortissement dégressif comprises entre 2 et 3.

23. Le Bureau of Economic Analysis emploie un taux d'amortissement dégressif de 1.65 pour la plupart des machines et équipements et de 0.91 pour les ouvrages de génie civil non résidentiels en se fondant sur Hulten et Wykoff (1981) et sur Wykoff et Hulten (1979).

Globalement, le meilleur moyen de déterminer les paramètres des modèles géométriques d'amortissement est s'appuyer sur des études économétriques concernant les prix des actifs d'occasion. Quoique les études économétriques portent sur des échantillons assez limités, leurs résultats donnent une fondation beaucoup plus solide aux estimations de l'amortissement que de simples hypothèses. Les principes de ces études sont décrits ci-dessous.

12.2. Estimations économétriques des fonctions ancienneté-prix à partir des prix des actifs d'occasion

12.2.1. Présentation du concept

Les études économétriques sur l'amortissement se réfèrent aux prix observés d'actifs neufs et d'occasion sur plusieurs périodes (on trouvera un inventaire plus complet des études sur l'amortissement dans Jorgenson 1996). La plupart des méthodes employées sont issues des travaux de Hall (1971), qui a présenté un modèle économétrique de fonctions de prix pour différentes années. Les principaux travaux économétriques sur ce domaine ont été réalisés par Hulten et Wykoff (1981). Ils ont été complétés, plus récemment, par les travaux d'Oliner (1993), Geske, Ramey et Shapiro (2007), et Doms, Dunn, Oliner et Sichel (2004). En les simplifiant, on peut décrire ces modèles comme suit :

$$\ln P^{n,v,t} = a + \beta D_n + \gamma D_v + \mu D_t + \varepsilon \quad (13)$$

Les observations sur les prix d'une classe d'actifs donnée se distinguent par l'âge n du bien d'équipement concerné, par son millésime (c'est-à-dire un modèle donné décrit par un ensemble de caractéristiques v) et par sa date d'achat t. Le coefficient μ employé dans cette régression donne une estimation de la variation de prix moyenne de la classe d'actifs en question compte tenu de l'âge et des caractéristiques des modèles de l'échantillon. Autrement dit, μ est l'estimation d'un indice de prix d'actifs neufs de qualité constante, c'est-à-dire un indice de prix très proche de celui qui a été abordé à propos de la correction des investissements en fonction de l'inflation, qui est la première étape de la construction de mesures des stocks de capital.

Le coefficient β, qui est associé à la variable de l'âge, représente la variation de prix en pourcentage lorsque l'âge augmente d'une unité, les caractéristiques et la durée restant constantes. L'effet économique mesuré par β appréhende ce que certains auteurs ont appelé « vieillissement » (voir Triplett 1998), c'est-à-dire la perte de valeur due à l'usure à mesure qu'un bien d'équipement prend de l'âge. Cette perte de valeur est due uniquement à l'âge en ce sens que les caractéristiques de qualité sont maintenues constantes pour la mesurer. Par ailleurs, β est aussi le paramètre sensible au risque d'un actif en mauvais état ('lemons' effect), qui a été mentionné pour la première fois par Akerlof (1970). Les actifs usagés se négocient avec une décote quand les acheteurs, faute de pouvoir évaluer la qualité des biens qui leur sont proposés, supposent que les vendeurs tentent de leur céder des biens déficients.

Ce comportement a aussi été abordé par Hulten et Wykoff (1981), qui se demandent si les actifs négociés sur les marchés d'occasion sont bien représentatifs du stock de capital total, y compris la grande majorité des actifs qui restent en possession de leur détenteur initial avant d'être purement et simplement jetés. Si le risque d'actifs en mauvais état est omniprésent, les prix d'échantillons d'actifs de seconde main ne sont pas représentatifs. Même si, dans la pratique, la plupart des actifs d'occasion ne sont pas défectueux, tant que perdurera la crainte que certains le soient parmi ceux qui sont proposés, les prix seront déprimés et les prix des actifs négociés sur les marchés d'occasion sous-estimeront la valeur de marché des actifs qui ne sont pas échangés. Il faut ajouter qu'il pourrait exister une relation inverse entre le risque d'un actif en mauvais état et l'ancienneté. Si un actif est proposé sur le marché alors qu'il est encore récent, les acheteurs potentiels pourraient être plus méfiants quant à d'éventuelles défectuosités que s'il est proposé vers la fin de sa durée de vie utile normale. Mais on a aussi émis la suggestion inverse, à savoir que les actifs d'occasion sont généralement vendus pour se procurer des fonds, si bien que les entreprises vont

proposer leurs meilleurs actifs plutôt que ceux dont la qualité est la plus mauvaise. Les tentatives pour prouver la validité de ces deux hypothèses, et d'autres théories, sur la mesure dans laquelle les actifs d'occasion sont représentatifs du stock total d'actifs n'ont pas débouché sur des conclusions tranchées.

Le coefficient γ appréhende les effets des caractéristiques d'un produit, c'est-à-dire de sa qualité, sur son prix. L'obsolescence découle directement des caractéristiques du produit : un nouveau modèle peut présenter de nouvelles caractéristiques, ou présenter les mêmes qu'un modèle plus ancien de la même classe d'actifs mais à un degré plus marqué, ce qui, le plus souvent, déprimera le prix des modèles anciens même s'ils n'ont pas changé en tant que tels sous l'angle physique. Comme l'obsolescence prévue est considérée comme partie intégrante de l'amortissement dans les comptes nationaux, les effets liés à l'obsolescence doivent être pris en compte dans les mesures de l'amortissement. Cependant, comme l'a montré Oliner (1993), si les chiffres de l'investissement sont déflatés au moyen d'indices de prix à qualité constante, ce qui est généralement le cas, seul β doit servir de base aux estimations économétriques des taux d'amortissement parce que les changements qualitatifs ont déjà été intégrés dans l'indice implicite des prix à qualité constante.

Une approche similaire exploitant les informations livrées par des enquêtes sur les cessions d'actifs a été employée récemment, notamment au Japon (Nomura 2008). Dans l'étude de Nomura, les données sur les prix sont recueillies au moyen d'une enquête sur les cessions d'actifs. Les entreprises fournissent des renseignements sur le prix d'achat d'un actif (valeur comptable brute au coût historique) et sur le prix auquel il a été revendu. Nomura (2008) utilise ensuite un indice sur le prix des actifs neufs pour exprimer le coût d'acquisition aux prix de l'exercice en cours en le corrigeant d'une marge bénéficiaire et en en retranchant les frais de transport de manière à obtenir une évaluation au prix payé par l'acheteur. Connaissant les ratios prix de cession/prix d'acquisition par type d'actif, il est possible d'estimer un profil ancienneté-prix au moyen de techniques économétriques en supposant un profil d'amortissement géométrique à taux constant et en pondérant les observations sur la valeur des actifs restant en service mais qui ont été cédés par la probabilité de maintien en service (survie) correspondante ainsi que les observations sur la valeur des actifs cédés et mis au rebut au moyen d'un coefficient égal à un moins la probabilité de survie. Les taux d'amortissement et paramètres de la fonction de maintien en service (ou fonction de survie) sont estimés au moyen de techniques économétriques.

Box 4. Taux d'amortissement déterminés au moyen de l'Enquête du Japon sur les investissements et les cessions d'actifs

Les enquêtes japonaises sur les investissements et cessions d'actifs menées en 2005 et 2006 ont permis de recueillir près de 260 000 données observées sur les cessions d'actifs effectuées par des sociétés privées. Environ 26 000 de ces transactions concernent la vente d'actifs pour lesquels des informations sur le prix de vente ont été fournies. L'enquête du Japon présente plusieurs caractéristiques exceptionnelles. Premièrement, les données recueillies livrent des informations assez complètes sur les caractéristiques des actifs cédés ainsi que sur leurs dates d'acquisition et de cession. Chaque donnée relative à une cession est accompagnée d'un symbole indiquant s'il s'agit de la vente d'un actif d'occasion destiné à rester en service ou d'une mise au rebut de cet actif Deuxièmement, l'enquête du Japon offre une quantité impressionnante de détails sur les actifs (plus de 600 au niveau d'analyse le plus fouillé). Les types d'actifs sont ainsi plus homogènes que dans le cas d'une enquête portant sur un nombre plus restreint de type d'actifs. Troisièmement, les acquisitions et cessions ont été enregistrées mois par mois, ce qui permet de cerner le profil des actifs dont la durée de vie est relativement courte.

Box 5.

Taux d'amortissement au Japon

			Secteur manufacturier	Secteur non manufacturier	Total	Canada*	États-Unis*
A		Bâtiments et constructions	0.108	0.109	0.109	0.083	0.032
	A-1	Logements appartenant à des sociétés Usines	0.101	0.100	0.101		
	A-2	Plants for manufacturing	0.107		0.107	0.090	0.030
	A-3	Entrepôts	0.090	0.090	0.090	0.075	0.030
	A-4	Immeubles de bureaux	0.103	0.103	0.103	0.070	0.030
	A-5	Hôtels, magasins et restaurants	0.129	0.111	0.111	0.100	0.030
	A-6	**Autres bâtiments**	0.106	0.126	0.122	0.070	0.030
	A-7	Centrales électriques		0.122	0.122	0.090	0.020
	A-8	Canalisations d'eau et égouts		0.131	0.133		
	A-9	Equipements de communication et de radio et télédiffusion		0.104	0.104	0.120	0.020
	A-10	Autres ouvrages	0.145	0.147	0.146	0.130	0.020
B.		Machines et équipements	0.189	0.199	0.195	0.200	0.018
	B-1	Bâtiments accompagnant des installations	0.141	0.136	0.138		
	B-2	Machines	0.183	0.182	0.182	0.148	0.155
	B-3	Matériel de transport	0.254	0.218	0.222	0.193	0.170
	B-4	Autres machines et équipements	0.224	0.260	0.243	0.194	0.168
Regroupé		Equipements informatiques et de reprographie	0.364	0.363	0.363	0.450	0.500
		Equipements de télécommunications	0.322	0.310	0.313	0.230	0.140

Note : Pour faciliter la comparaison, les estimations sur des catégories d'actifs similaires au Canada et aux États-Unis ont été calculées à partir de la moyenne des taux d'amortissement les plus détaillés de ces pays.

Source : Nomura (2008).

12.2.2. Éléments économétriques

De nombreuses études sur les prix des actifs d'occasion ont été réalisées aux États-Unis, peut-être en raison du fait que les marchés d'occasion y sont plus développés qu'ailleurs. Il n'est pas certain que les fonctions ancienneté-prix déterminées aux États-Unis pourraient être applicables telles quelles dans d'autres pays. Toutefois, les études menées ailleurs, au Canada, au Royaume-Uni et au Japon par exemple, ont mis en évidence des fonctions ancienneté-prix similaires.

Box 6. Taux d'amortissement déterminés au moyen de l'Enquête de Statistique Canada sur les investissements et les cessions d'actifs

Les données compilées à intervalles réguliers par les offices statistiques sur l'investissement et les cessions d'immobilisations, si elles existent, peuvent être une excellente source d'information pour estimer les fonctions ancienneté-prix et âge-amortissement (voir la section 13.3).). L'Enquête sur les investissements et les réparations de biens d'équipement (*Capital and Repair Expenditure Survey* – CES) menée par Statistique Canada illustre bien cette démarche. Cette enquête annuelle auprès de près de 30 000 sociétés couvre près de 80 % des investissements des entreprises. La partie traitant des investissements est cruciale pour l'estimation de la formation brute de capital fixe du Canada et, en tant que telle, elle est une donnée clef pour la méthode de l'inventaire perpétuel. Mais les informations les plus importantes pour estimer les taux d'amortissement proviennent des parties de l'enquête traitant des cessions d'immobilisations.

La base de données sur les cessions permet d'estimer directement les taux d'amortissement de 36 grandes catégories d'actifs. Elle contient des données sur le prix de vente, l'âge et la valeur comptable brute de chaque actif. Elle livre aussi des renseignements intéressants sur la durée de vie utile que les entreprises prévoient pour leurs nouveaux actifs et sur le montant de l'investissement qui leur est consacré.

Les échantillons d'actifs d'occasion ne livraient traditionnellement pas d'informations sur les déclassements et les données sur les prix doivent être pondérées en fonction des probabilités estimées de maintien en service. Ces corrections ne sont pas nécessaires dès lors que les renseignements sur les déclassements sont inclus directement dans la base de données. La variable de base utilisée dans les études récentes sur l'amortissement (Statistique Canada (2007), Patry 2005) est le rapport entre le prix de vente de l'actif et sa valeur comptable brute : P=SV/GBV. La valeur comptable, initialement calculée aux prix historiques, est exprimée aux prix de l'année de la cession au moyen d'indices implicites des prix des biens d'équipement. Ainsi, le ratio P, avec les indications sur l'âge d'un actif à la date où il est vendu, permet d'estimer une fonction ancienneté-prix qui peut être aisément convertie en un profil d'amortissement. L'une des principales difficultés méthodologiques auxquelles on se heurte dans ce contexte tient au fait que la valeur comptable brute comprend non seulement le prix d'achat initial de l'actif, mais aussi les améliorations qui lui ont été apportées par la suite et qui ont été capitalisées pendant sa durée d'utilisation.

Il est possible de comparer les taux d'amortissement *ex post* avec les informations sur la durée de vie prévue que livre l'enquête. La durée de vie prévue (T) peut se traduire en taux d'amortissement δ selon la méthode de l'amortissement dégressif dès lors que le taux de l'amortissement dégressif DBR est connu : δ=DBR/T. Statistique Canada obtient le taux de l'amortissement dégressif au moyen de techniques économétriques et il s'avère que, globalement, l'écart entre les taux d'amortissement ex ante et ex post est raisonnable.

L'un des enseignements les plus intéressants que livrent ces études est le taux d'amortissement assez élevé et la durée de vie relativement courte des ouvrages de génie civil. Les auteurs ont ainsi trouvé un taux d'amortissement de 6 % et une durée de vie utile moyenne d'environ 33 ans pour les immeubles de bureau, c'est-à-dire beaucoup moins que dans de nombreux autres pays et que dans les enquêtes précédentes sur le Canada. Il s'avère que, au fil du temps, la durée de vie utile des immeubles s'est raccourcie. Cette constatation souligne la nécessité d'études complètes et régulières sur les amortissements pour éviter que les valeurs calculées pour les amortissements et les apports de capital ne soient faussées.

Sources : Statistique Canada (2007); Tanguy et Nakamura (à paraître) ; Patry (2005).

Il serait idéal que ces études puissent reprendre des prix effectivement représentatifs de transactions réelles. Quelques études y sont parvenues en utilisant des prix relevés au cours d'enchères. Cela est fréquent dans le cas d'études traitant du matériel agricole car les enchères sont souvent le moyen de liquider les actifs d'une exploitation qui a fait faillite. D'autres études ont tenté d'obtenir des prix de transaction en interrogeant des négociateurs sur les marchés d'occasion au moyen d'enquêtes. Toutefois, la plupart des études se sont fondées sur des « prix catalogue », qui sont les prix de vente diffusés par les négociateurs. Comme le marchandage est souvent de rigueur

« Cela nous amène à considérer que la fonction géométrique constitue une approximation raisonnable de la [fonction ancienneté-prix] de grandes catégories d'actifs » (Hulten et Wykoff 1996)

sur les marchés d'actifs, ces prix peuvent surestimer les prix effectivement conclus lors des transactions. Dans presque tous les cas, le premier prix dans la fonction ancienneté-prix – le prix d'un actif neuf – est quasiment invariablement un prix catalogue même si les prix suivants proviennent de transactions réelles. Enfin, au moins une étude (Lee 1978) a utilisé les valeurs estimées par les assurances. Il s'agissait d'une étude traitant des bateaux de pêche. Comme il existe un risque non négligeable de perte accidentelle, tant les propriétaires que les assureurs ont intérêt à ce que la valeur assurée du bien soit réaliste. Ce n'est pas toujours le cas pour les actifs qui sont moins exposés aux risques d'accident.

Nul ne conteste qu'il existe un biais lié au fait que, par la force des choses, les prix des actifs d'occasion se réfèrent exclusivement à des actifs qui n'ont pas encore été retiré du stock de capital. Si l'on considère la totalité des tracteurs agricoles d'une marque, d'un modèle et d'une année de fabrication donnés, le prix d'occasion de quelques-uns d'entre eux sera nul parce qu'ils auront été mis au rebut. Plusieurs études (Jorgenson 1996) ont tenté de corriger ce biais en ajoutant quelques prix nuls (qui ne sont pas issus de données observées) à la série des prix observés. On suppose généralement que les actifs à prix nul ont été retirés d'un stock de capital suivant une fonction de mortalité obéissant à une loi normale telle que la fonction de Winfrey « S3 ». Hulten et Wykoff (1981) corrigent les observations sur les actifs d'occasion avant d'appliquer leur procédure économétrique. Cela leur permet d'intégrer les effets du maintien en service des actifs de telle sorte que, en conséquence, les taux d'amortissement en résultant incorporent les effets des déclassements, du vieillissement et de l'obsolescence.

Trois conclusions principales sur les fonctions ancienneté-prix peuvent être retirées de ces études :

- Premièrement, les fonctions ancienneté-prix sont très différentes d'une classe d'actifs à une autre. Si le prix est inscrit sur l'axe des ordonnées et l'ancienneté sur celui des abscisses, des études ont mis en évidence des fonctions ancienneté-prix concaves, convexes, horizontales ou qui diminuent de façon linéaire. Ces études concernent une large gamme de machines agricoles, industrielles et de construction, des bâtiments industriels et commerciaux et des équipements de transport et il n'est donc pas étonnant qu'elles n'aient pas fait apparaître une forme unique et standardisée de la fonction ancienneté-prix pour tous les actifs.

- Deuxièmement et nonobstant ce qui précède, la fonction ancienneté-prix de loin la plus répandue est une droite qui descend au fil du temps et présente un certain degré de convexité lorsqu'elle est proche de l'origine. Cette forme se retrouve presque toujours pour les machines et les équipements et souvent pour les bâtiments.

- Troisièmement, la fonction convexe à pente négative que l'on retrouve dans la plupart des études ne suit aucune loi mathématique simple. Quelques études ont testé si les fonctions ancienneté-prix observées suivaient un des deux modèles de base : géométrique (le prix de l'actif baisse à un taux constant chaque année) ou linéaire (le prix de l'actif diminue d'un montant constant chaque année). Les tests statistiques rejettent systématiquement la pertinence des deux modèles simples, encore que, en général, le modèle linéaire soit rejeté plus catégoriquement que le modèle dégressif. Pour nous résumer, et pour citer Hulten et Wykoff (1996) : « Bien qu'il soit rejeté par les statistiques, le modèle géométrique (ou dégressif) est beaucoup plus proche de la réalité que les deux autres. C'est pourquoi nous considérons que le modèle géométrique constitue une approximation raisonnable pour de vastes catégories d'actifs et étendons nos résultats aux actifs pour lesquels il n'existe pas de marché de la revente en imputant les taux d'amortissement sur la base d'une hypothèse liant le taux de la baisse géométrique à la durée de vie utile des actifs ».

12.3. Détermination des profils d'amortissement à partir des fonctions ancienneté-efficacité

Si l'on dispose d'informations, ou si des hypothèses ont été faites, sur la fonction ancienneté-efficacité, il est possible d'en déduire la fonction ancienneté-prix et donc le profil d'amortissement. Les fonctions ancienneté-prix et ancienneté-efficacité sont liées et un exemple chiffré simple sur la manière dont les fonctions ancienneté-prix peuvent être déterminées à partir des fonctions ancienneté-efficacité figure dans le chapitre 3.2. Le lien conceptuel entre les deux fonctions est la condition d'équilibre du marché des actifs – à savoir que le prix d'un actif est égal à la valeur actualisée de ses loyers futurs – parce que les prix de location dépendent en grande partie de l'efficacité avec laquelle un actif contribue à la production en fonction de son âge. La fonction ancienneté-efficacité a pour pendant le coût d'usage relatif d'actifs d'âges différents : $f_n/f_0=h_n$, f_n/f_0 étant le coût d'usage d'un actif d'une ancienneté de n ans par rapport à un actif neuf et h_n étant la fonction ancienneté-efficacité/déclassement. On trouvera une démonstration plus complète de cette dérivation dans l'annexe 4.

On remarquera que le lien entre les fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix est établi au niveau de l'ensemble de la cohorte, c'est-à-dire en partant d'une fonction combinée ancienneté-efficacité/déclassement qui associe les informations disponibles sur la distribution des déclassements et sur la fonction ancienneté-efficacité d'un actif donné (voir la section 13.3. Si l'on connaît la fonction ancienneté-efficacité d'une cohorte et un taux de rendement réel, il est possible de calculer une fonction profil ancienneté-prix cohérente. Ce processus peut être circulaire si le taux de rendement est endogène et si la fonction ancienneté-prix est dérivée de la fonction ancienneté-efficacité : en effet, un taux de rendement est nécessaire pour calculer la fonction ancienneté-prix et, par conséquent, l'amortissement. Mais, inversement, le taux d'amortissement est indispensable pour calculer le taux de rendement endogène. Un moyen efficace, quoique fastidieux, de pallier cette faiblesse est de résoudre un système d'équations non linéaires. Une autre solution, beaucoup plus simple, consiste à utiliser un taux de rendement réel approximatif et plausible (par exemple 4 %) et de résoudre les équations nécessaires pour obtenir la fonction ancienneté-prix. Ce problème ne se pose pas quand les taux de rendement sont exogènes et/ou les fonctions ancienneté-prix et ancienneté-efficacité sont géométriques.

12.4. Approche de la fonction de production

L'approche de la fonction de production décrite ci-après s'inspire directement de Diewert (2005b), auquel nous renvoyons le lecteur dans le cas où il souhaiterait des explications et références plus détaillées. L'approche de la fonction de production postule l'existence d'une relation entre la production y^t réalisée pendant la période t, les quantités de biens intermédiaires non durables consommées x^t et les quantités de biens intermédiaires durables d'âges différents qui ont été consommées $\{I^{t-n}\}$ de telle sorte que :

$$(14) \qquad y^t = f\left[x^t, I^t+(1-\delta)I^{t-1}+(1-\delta)^2I^{t-2}+(1-\delta)^3I^{t-3}+\ldots+(1-\delta)^TI^{t-T}\right]$$

À partir des observations des extrants et des intrants et d'une hypothèse sur la forme de la fonction d de production, il est possible d'utiliser des techniques de régression pour obtenir des estimations de δ[24]. Plusieurs auteurs ont réalisé des études économétriques recourant à l'approche de la fonction de production pour estimer les taux d'amortissement, notamment Epstein et Denny (1980), Pakes et Griliches (1984), Nadiri et Prucha (1996), et enfin Doms (1996). Comme le souligne Diewert (2006a), il convient de noter que les taux d'amortissement estimés au moyen de l'approche de la fonction de production ne coïncident pas forcément avec les estimations issues d'études sur les actifs d'occasion. Cette dernière approche intègre les effets de la détérioration et de l'obsolescence des actifs (de telle sorte qu'elle est conforme à

[24] À strictement parler, cette méthode donne des estimations de la fonction ancienneté-efficacité. Cependant, du fait de l'hypothèse de taux géométriques, il n'existe pas de différence entre les fonctions ancienneté-prix et ancienneté-efficacité.

l'acception de l'amortissement qui est retenue dans les comptes nationaux), tandis que l'approche de la fonction de production n'incorpore généralement que les effets de la détérioration physique des actifs.

Les techniques économétriques appliquées aux modèles reposant sur la théorie de la production ont aussi été employées pour estimer les taux d'amortissement de la recherche-développement (Bernstein et Mamuneas 2006, Hall 2006), pour laquelle les taux d'amortissement ne peuvent être déterminés en se référant au prix d'actifs d'occasion. C'est là un bon moyen d'introduire une certaine dose d'objectivité dans le domaine délicat de la mesure du capital représenté par la R-D et de son amortissement[25].

[25] Il convient toutefois de souligner que, le plus souvent, cette approche fait appel à des estimations économétriques de l'amortissement à partir d'un taux de rendement donné. Ce dernier est supposé, c'est-à-dire considéré comme une variable exogène, et les résultats des taux d'amortissement estimés ne coïncident pas toujours avec les taux de rentabilité supposés. On ignore si, du point de vue économétrique, cette lacune est importante ou non.

CHAPITRE 13. DURÉE DE VIE UTILE ET DÉCLASSEMENT DES ACTIFS

13.1. La durée de vie utile des actifs

La précision des estimations du stock de capital découlant de la MIP dépend de façon cruciale de la durée de vie utile des actifs, c'est-à-dire de la durée pendant laquelle un actif fait partie du stock de capital, qu'il appartienne à l'acheteur initial de cet actif ou à un autre utilisateur qui l'a acheté d'occasion. On remarquera qu'ici la durée de vie utile d'un actif est comprise dans son acception économique[26], et non physique ou technique. Cette précision a son importance parce qu'elle implique que la durée de vie des actifs peut évoluer au fil du temps en raison de simples considérations économiques, et ce même s'ils n'ont subi aucune modification physique. En fait, la durée de vie économique est l'une des manifestations de l'obsolescence : la décision de mettre un actif au rebut est motivée par l'apparition d'un nouvel actif, éventuellement plus productif et/ou moins cher, qui rend obsolète le modèle précédent.

Plus précisément, il convient de distinguer la *durée de vie moyenne* de la *durée de vie maximum* d'une cohorte d'actifs parce que, normalement, la durée de vie d'actifs identiques faisant partie d'une même cohorte est décrite par une fonction de déclassement ou de mortalité sur laquelle nous reviendrons plus bas. La première partie ci-dessous examine les sources disponibles pour estimer des durées de vie utile. La partie suivante apporte la preuve que les durées de vie utile pourraient changer au cours du temps. Et la dernière partie évalue l'impact des erreurs de mesure de la durée de vie utile sur les estimations du stock de capital. L'annexe 1 montre la durée de vie utile retenue par plusieurs pays.

13.1.1. Les sources disponibles pour estimer les durées de vie utile

Les principales sources dont on dispose pour estimer les durées de vie utile proviennent de l'administration fiscale, des comptes des entreprises, d'études statistiques, de relevés administratifs, d'opinion d'experts et des estimations d'autres pays.

Durées de vie utile pour l'administration fiscale. Dans la plupart des pays, l'administration fiscale précise le nombre d'années pendant lesquelles l'amortissement d'un certain nombre d'actifs peut être déduit des bénéfices avant de calculer d'impôt dû. De nombreux pays – y compris, par exemple, l'Allemagne et l'Australie – en font usage soit pour estimer les durées de vie utile des actifs pour lesquels il n'y a pas d'autre source, soit pour recouper les estimations de durée de vie utile obtenues par d'autres méthodes.

Aux fins des comptes nationaux, la durée de vie utile est la durée de vie économique, qui ne coïncide pas nécessairement avec la durée de vie physique.

[26] Diewert (2006c) a examiné un modèle reposant sur Harper (2007), dans lequel l'augmentation des salaires en termes réels provoque un déclassement anticipé des actifs ; ce modèle pourrait donc expliquer l'obsolescence. Dans le présent document, nous avons étudié comment regrouper les années de mise en service des actifs et mesurer leur amortissement à la lumière de ce modèle.

Box 7. Durée de vie utile des stocks de capital en Allemagne

Les règles d'amortissement imposées aux entreprises par le ministère des Finances sont la principale source sur la durée de vie des actifs en Allemagne. Des tableaux d'amortissement (*AfA Tabellen*) fournissent pour chaque type d'actifs des informations sur la durée de vie admise par l'administration fiscale. Comme ces durées d'amortissement fiscales sont conformes au principe de prudence, elles ont tendance à sous-estimer la durée de vie utile réelle ; c'est pourquoi, pour mesurer l'amortissement, le *Statistisches Bundesamt* les corrige à la hausse de 20 % à 100 %. Les coefficients de correction ont été déterminés au vu d'opinions d'experts appartenant à des entreprises et organismes professionnels. Les durées de vie utile varient d'une branche à l'autre dans une faible mesure. Il est supposé, par exemple, que la durée de vie des camions est plus courte dans l'industrie du bâtiment et des travaux publics que dans les autres branches.

La durée de vie des ouvrages de génie civil, notamment les logements et bâtiments non résidentiels, et celle des immobilisations incorporelles telles que les logiciels, reposent sur plusieurs autres sources et varient le plus souvent d'une branche à l'autre. La durée de vie moyenne varie pour les actifs acquis au cours d'années différentes parce que la durée de vie par produit, branche et secteur peut changer tous les ans. Le tableau ci-dessous donne des exemples de durée de vie moyenne pour différents types d'actifs et indique la fourchette des durées de vie retenues pour certains produits dans chaque catégorie d'actifs..

Type d'actif	Durée de vie moyenne	Durée de vie minimum et maximum des produits par type d'actifs
Bâtiments	66	15 – 150
Bâtiments résidentiels	74	40 – 95
Voirie	57	35 – 116
Équipements	12	5 – 30
Matériel de transport	11	8 – 25
Machines et équipements	12	5 – 30
Produits métalliques	18	14 – 22
Matériel informatique	5	5 – 9

Source : Schmalwasser et Schidlowski (2006)

Il serait intéressant de savoir quelles sources sont utilisées pour estimer les durées de vie utile admises par l'administration fiscale. Il semble qu'en général elles soient fondées sur un ensemble de données dont la fiabilité est inégale : avis d'experts, études ad hoc sur certains actifs dans certaines branches et conseils d'organismes professionnels. En général, la précision des durées d'amortissement fiscales dépend de la mesure dans laquelle elles sont effectivement utilisées pour le calcul de l'impôt. Quelques États utilisent des mécanismes variés d'amortissement dégressif pour encourager l'investissement, de telle sorte que les durées de vie admises par le fisc n'ont plus aucun impact sur le calcul de l'impôt et que ni l'administration fiscale, ni les contribuables ne sont incités à vérifier qu'elles restent précises et actualisées. Cependant, dans plusieurs pays, les durées de vie admises par l'administration fiscale sont basées sur des enquêtes menées régulièrement par cette dernière et l'on peut estimer qu'elles sont réalistes.

Dans quelques cas, les statisticiens ont conclu que la structure des durées de vie admises par l'administration fiscale selon les branches et types d'actifs est assez réaliste mais qu'il existe globalement un biais dans un sens ou dans l'autre. C'est pourquoi ils les corrigent systématiquement vers le haut ou le bas avant de les utiliser dans leurs estimations selon la méthode de l'inventaire perpétuel.

Les comptes des entreprises. Les comptes des entreprises contiennent souvent des informations sur la durée de vie utile des actifs qu'elles utilisent pour les amortir. Singapour et l'Australie utilisent les durées de vie utile inscrites dans les comptes des entreprises. L'International Accounting Standards

Committee encourage depuis quelques années les pays membres à adopter les mêmes normes comptables et ses règles enjoignent aux entreprises de déclarer dans leurs états financiers les durées de vie utile sur la base desquelles elles calculent leurs amortissements. Les comptes des entreprises pourraient donc devenir une meilleure source d'information à l'avenir.

Les entreprises comptabilisent presque toujours les stocks d'actifs à leur valeur historique (ou « prix d'acquisition ») et, bien que ce soit un inconvénient à de nombreux points de vue, cela n'empêche pas nécessairement de s'en servir pour estimer la durée de vie des actifs. Les estimations de la FBCF aux prix courants sont par définition valorisées au prix d'acquisition, si bien qu'elles sont cohérentes avec les estimations des stocks figurant dans les comptes des entreprises. Si on peut les convertir sur une base brute en rajoutant les amortissements (qui sont également calculés aux prix historiques dans les comptes des entreprises), les durées de vie utile peuvent être estimées en comparant le stock brut de chaque année avec la somme des investissements pendant un nombre variable d'années antérieures jusqu'à ce que l'on trouve combien d'années d'investissements cumulés sont à peu près égales au stock de capital de l'année considérée. Cette technique est employée en France, en Italie et aux États-Unis.

Box 8. Détermination de la durée de vie utile à partir des comptes des sociétés en France

Atkinson et Mairesse (1978) ont procédé à une analyse systématique des comptes des sociétés pour déterminer la durée de vie moyenne des équipements en France. Les chercheurs de l'Institut national de la statistique ont procédé comme suit. Atkinson et Mairesse ont compilé des séries temporelles de données sur le capital et l'investissement portant sur 124 entreprises industrielles françaises pendant la période 1957-1975. La mesure du capital est la valeur brute des immobilisations hors terrains et bâtiments telle qu'elle est consignée tous les ans dans les bilans et la variable de l'investissement est la valeur correspondante des flux d'équipement. Conformément aux pratiques comptables, toutes les variables sont aux coûts historiques. En générant des séries longues sur l'investissement à l'aide de quelques estimations supplémentaires, Atkinson et Mairesse ont construit une variable du stock de capital $Ki,t^*=\sum s\varphi(s,\sigma)Ii,t\text{-}s$ sur la base des investissements passés, $Ii,t\text{-}s$ pour les sociétés $i=1,2,\ldots$; pondérée par la fonction de déclassement $\varphi(s,\sigma)$ dont les paramètres σ (qui eux-mêmes déterminent la durée de vie moyenne) étaient encore inconnus. Par la suite, les auteurs ont employé une procédure économétrique pour estimer σ. Plus précisément, ils ont estimé la fonction non linéaire

$$S(\sigma) = \sum i \sum t(\log Ki,t - \log Ki,t^*)2$$

qui sélectionne les paramètres σ en fonction du fait qu'ils minimisent la différence entre le stock de capital calculé Ki,t^* et les mesures du stock de capital provenant des comptes des sociétés Ki,t. Les auteurs ont aussi testé différentes formes de la fonction de déclassement telles qu'une fonction obéissant à une loi logarithmique normale (log-normale) et une distribution de Weibull. Les données sont traitées par secteur économique. Les résultats indiquent que, pendant la période étudiée, la durée de vie moyenne des biens d'équipement utilisés par les entreprises manufacturières en France était comprise entre 16 et 21 ans.

Les études statistiques. Deux types d'études permettent d'estimer les durées de vie utile des actifs : celles qui interrogent les producteurs à propos des actifs déclassés pendant un exercice antérieur et celles qui demandent la date d'achat et une évaluation de la durée de vie utile restante des actifs actuellement utilisés. Les Pays-Bas ont entrepris depuis quelques années une étude des déclassements d'actifs (voir l'Encadré) et la République tchèque a ajouté depuis peu des questions sur les mises au rebut d'actifs dans son étude annuelle sur les dépenses en capital. Le Royaume-Uni, d'un autre coté, s'est demandé si une telle étude était réalisable mais a conclu que seule une très faible minorité de sondés serait en mesure de fournir des informations fiables sur les actifs dont l'entreprise s'était séparée. D'autres pays estiment la durée de vie utile selon une démarche indirecte (voir l'encadré sur les Pays-Bas).

L'OCDE (2001b) fait part de plusieurs enquêtes de cette sorte, dans lesquelles les sondés sont interrogés sur la durée de vie prévue pour leurs actifs. La Corée et le Japon ont mené des enquêtes approfondies couvrant la plupart des activités et qui concernent les stocks de capital et les durées de vie utile. Le Canada, l'Italie et l'Espagne ont rajouté des questions à propos des durées de vie utile prévues dans des études précédemment lancées sur l'investissement et la production industrielle. Les États-Unis ont

entrepris quelques études spécifiques au secteur industriel dans les années soixante-dix en vue de rafraîchir les durées de vie admises par le fisc. Une étude commandée par l'administration fiscale de Nouvelle-Zélande s'est concentrée sur deux cent cinquante modèles d'usines, de machines, d'équipements de transport et d'autres types d'équipement. Pour chaque type d'actif, un groupe cible de producteurs dont on pouvait s'attendre à ce qu'ils utilisent ce type d'équipement a été isolé et il leur a été demandé de déclarer l'année d'achat et la durée estimée de vie utile restant à courir pour cet équipement particulier. L'étude a obtenu un taux de réponse satisfaisant en limitant l'enquête à un seul actif.

Box 9. Durée de vie utile et fonctions de déclassement sur la base d'observations directes aux Pays-Bas

Sources : Les Pays-Bas sont l'un des rares pays où des enquêtes ont été menées sur les stocks de capital et les déclassements d'immobilisations. Ces sources sont utilisées conjointement avec les enquêtes sur l'investissement pour estimer la durée de vie utile et les fonctions de déclassement par type d'actif. Ces observations directes n'existent que pour l'industrie manufacturière. Jusqu'en 2003, les enquêtes sur le stock de capital étaient effectuées au moyen de visites sur place dans les entreprises industrielles employant au moins 100 personnes, dans toutes les industries affectées d'un code à deux chiffres dans la nomenclature CITI, et portaient sur six types d'actifs. Des enquêtes sur les déclassements sont menées tous les ans depuis 1991 auprès des mêmes entreprises que pour celle sur le stock de capital. On notera que l'enquête sur les déclassements distingue entre les actifs mis au rebut et ceux qui sont revendus sur le marché de l'occasion.

Principales caractéristiques de la méthode employée Pour chaque industrie et type d'actif, la valeur de rebut est déduite du stock brut d'un millésime donné, puis ce dernier est divisé par le stock brut de ce millésime à l'ouverture de l'exercice. Ce ratio donne, pour chaque millésime, une valeur approchée de la probabilité de maintien en service (survie) d'un actif à condition qu'il existe toujours à l'ouverture de cet exercice. On suppose ensuite que les taux de survie sont générés par une fonction de densité de probabilité de Weibull parce qu'il s'avère que cette dernière donne une bonne approximation des déclassements d'un groupe d'actifs au cours d'une année donnée. La forme de la fonction de Weibull (voir également l'expression (16) ci-dessous) dépend de deux paramètres. Ces derniers sont ensuite choisis de telle sorte que les probabilité de survie données par la fonction soient aussi proches que possible des probabilités de survie calculées à partir des résultats de l'enquête au moyen de méthodes économétriques. Ces paramètres étant connus, il est possible de calculer la durée de vie utile prévue pour chaque groupe d'actifs.

Les valeurs optimales des paramètres sont estimées pour chaque couple actif/branche. Une règle d'exclusion des valeurs atypiques est appliquée afin d'éviter les distributions de probabilités aberrantes. Les enquêtes sur le capital effectuées pendant la période 1993-2001 permettent de disposer de données sur deux années distinctes dans la plupart des branches et des estimations ont été faites pour chaque année. Chaque distribution de probabilités de survie est soumise à un test de vraisemblance et certains résultats sont exclus à l'issue d'un contrôle visuel. La moyenne des résultats d'un même couple branche/actif est retenue dès lors qu'ils sont acceptables pour les deux années sur lesquelles porte l'observation ; dans le cas contraire, seul celui qui paraît le plus plausible est inclus dans la sélection finale. Plusieurs autres contrôles de qualité sont exécutés avant que le jeu ultime de fonctions de déclassement pour chaque branche/actif soit employé dans les comptes nationaux. Les résultats sont présentés dans l'Annexe 1 de ce *Manuel.*

Les fabricants de biens d'équipement ont besoin de connaître l'âge du capital existant afin de prévoir la demande future qui leur sera adressée. C'est pourquoi les associations professionnelles et les éditeurs de revues techniques mènent parfois des enquêtes qui peuvent fournir des informations sur les durées de vie utile. Il ne semble pas que les agences statistiques fassent un large usage des informations provenant de ces sources, mais il se pourrait bien que, dans certains pays, des renseignements sur certains types d'actifs soient disponibles dans les publications des organismes professionnels et les revues techniques.

Il convient toutefois de faire montre d'une certaine prudence à l'égard des informations provenant des enquêtes sur les investissements et les cessions. En effet, il n'est pas rare que les sociétés sondées déclarent depuis combien de temps elles possèdent un actif donné, mais qu'en revanche elles ne disent rien de la durée pendant laquelle il a été détenu par son précédent propriétaire dans le cas où elles l'ont acheté d'occasion. Nonobstant les instructions données pour remplir le questionnaire, le propriétaire actuel ne peut pas toujours être plus précis car il ne dispose pas d'archives lui permettant de trouver la date à laquelle l'actif qu'il a acheté d'occasion avait été acquis par son précédent propriétaire. Au surplus, il arrive que,

dans sa réponse, l'entreprise se réfère à la date à laquelle elle a revendu une immobilisation à un autre utilisateur. Il n'en va pas de même lorsqu'un actif est mis au rebut ou déclassé. La durée de vie utile ressortant de ces enquêtes peut donc être sous-estimée. Il va de soi que l'amortissement doit être calculé sur la durée de vie totale d'un actif et non sur sa durée de vie telle qu'elle s'établit au moment où il est détenu par un producteur donné.

Relevés administratifs. Pour certains actifs, les organismes d'État tiennent à jour des registres administratifs qui peuvent être utilisés pour estimer les durées de vie utile. Presque tous les pays tiennent des registres dans lesquels sont consignées la construction et la démolition d'habitations et de locaux commerciaux et les fichiers sur les immatriculations de véhicules permettent de suivre la durée de vie utile des véhicules routiers. Les avions et navires font souvent l'objet de contrôles similaires. Les agences chargées de réguler les secteurs de l'électricité, des chemins de fer et des télécommunications sont également une source d'informations possible.

Les avis d'expert. Il apparaît que la plupart des pays fondent leurs estimations de durée de vie utile sur des avis d'experts. Cela peut comprendre soit la recherche d'avis auprès d'une commission d'ingénieurs connaissant bien un secteur donné de l'industrie, soit des sondages auprès des entreprises qui produisent des biens d'équipement en vue de connaître la durée de vie normale de différents types d'équipement. Comme on l'a déjà noté, les fabricants de biens d'équipement ont besoin d'estimations réalistes de la durée de vie utile normale des actifs qu'ils produisent car la demande motivée par le renouvellement des équipements existants est une composante importante de leur marché total. Les producteurs sont donc une source d'informations fiable sur les durées de vie utile.

Les estimations des autres pays. La plupart des pays passent périodiquement en revue les estimations des autres pays pour s'assurer que les leurs ne sont pas trop éloignées de celles de leurs voisins ou de pays leur ressemblant. Il est sûr que lorsque des pays estiment pour la première fois leur stock de capital, ils font des recherches dans la littérature spécialisée ou entrent en contact avec d'autres offices statistiques pour trouver les durées de vie utile des autres pays. Si chaque pays copie systématiquement les estimations des autres, il risque de déduire à tort qu'il existe un consensus fondé sur des faits avérés alors qu'en réalité un petit nombre, voire aucun, de ces pays n'a réellement mené un effort de recherche sur les durées de vie utile. On doit également noter que les durées de vie utile des actifs sont fortement influencées par des paramètres propres à chaque pays, comme les prix relatifs des facteurs travail et capital, les taux d'intérêt, le climat et les politiques de soutien à l'investissement de l'État. Si les estimations des autres pays peuvent permettre un recoupement approximatif, elles ne doivent pas être adoptées sans réfléchir.

Durée de vie implicite aux taux d'amortissement. Quand on estime des taux d'amortissement (constants) à l'aide de techniques économétriques, on sous-entend implicitement la durée de vie moyenne des actifs. Bien que la durée de vie maximum d'un actif amorti en mode dégressif tende vers l'infini, le nombre d'années au bout desquelles un actif a perdu 50 %, 90 % ou 99 % de sa valeur est aisé à calculer. Plus précisément, si la relation $P_n=(1-\delta)^n P_0$ décrit la fonction géométrique d'évolution du prix d'un actif à mesure qu'il prend de l'âge (c'est-à-dire son profil ancienneté-prix), n étant l'âge de l'actif et δ le taux d'amortissement résultant d'estimations économétriques, alors le nombre d'années n* au bout desquelles un actif neuf aura perdu X % de sa valeur est donné par l'équation $n^*=\ln(X/100)/\ln(1-\delta)$.

13.1.2. Coût de transfert de propriété

Le coût du transfert de la propriété d'actifs est inclus dans la formation brute de capital fixe (voir également le chapitre 14). Il est donc soumis à la consommation de capital fixe. Le Système de comptabilité nationale révisé recommande que le coût du transfert de propriété soit amorti sur la durée pendant laquelle l'acheteur d'un actif a l'intention de le conserver, laquelle peut fort bien coïncider (encore que ce ne soit pas obligatoire) avec la durée de vie totale de l'actif. Le coût du transfert de propriété

encouru à la cession d'un actif ainsi que les coûts terminaux (tels que, par exemple, les frais de démantèlement) doivent être amortis sur la durée de détention de l'actif mais comptabilisés à la date où ils sont effectivement encourus. Si les coûts terminaux ne peuvent faire l'objet d'un suivi faute de données appropriées, ils doivent quand même être inclus dans la formation brute de capital fixe et passés en charges en tant que consommation de capital fixe au cours de l'année de leur acquisition.

Le coût du transfert de propriété n'est pas obligatoirement rattaché à l'actif qu'il concerne. Les services du capital engendrés par l'actif au titre duquel sont payés les frais de transfert de propriété peuvent, par exemple, être considérés comme les droits de propriété dont bénéficie le propriétaire de l'actif tant qu'il le garde en sa possession. Le fait que les coûts de transfert de propriété sont un investissement dans un actif distinct transparaît dans la classification des actifs non financiers, dans laquelle les coûts de transfert de propriété sont une catégorie d'actifs au même titre que les bâtiments ou les machines et équipements.

Comme la durée de détention moyenne d'un actif par un propriétaire est généralement plus courte que sa durée de vie utile, il s'ensuit que la durée de vie utile sur laquelle sont amortis les coûts de transfert de propriété est inférieure à la durée de vie de l'actif auquel ces coûts se rapportent. Au surplus, il ne va pas de soi que l'indice implicite des prix de l'actif sous-jacent soit l'indice de prix qui convient pour les coûts de transfert de propriété. Un indice général tel que l'indice des prix à la consommation pourrait être plus approprié. De même les fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix n'ont pas forcément la même forme. Par conséquent, pour prendre en compte ces circonstances particulières, les coûts de transfert de propriété doivent être comptabilisés comme une catégorie d'actifs à part. En pratique, il se pourrait même que cette solution soit la seule envisageable si les informations statistiques sur les coûts de transfert de propriété ne proviennent pas des mêmes sources que celles sur la formation brute de capital fixe et s'il est impossible d'affecter les coûts de transfert de propriété à différents types d'actifs.

13.1.3. Les changements de durée de vie utile

Il existe de bonnes raisons, tant conceptuelles qu'économétriques, pour lesquelles la durée de vie utile d'un actif peut changer au fil du temps. En pratique, les estimations de durée de vie utile sont rarement actualisées dans la plupart des pays. Cette « inertie » a fait l'objet de critiques parce qu'on prétend que les durées de vie utile ont tendance à diminuer avec le temps. Deux raisons principales sont avancées :

- On prétend que le cycle de vie des produits se raccourcit. Il se peut que les préférences des consommateurs changent plus rapidement qu'auparavant dans de nombreux pays, de telle sorte que les fabricants se voient obligés de lancer de nouveaux modèles et de nouvelles versions à une cadence plus rapide et de mettre de nouveaux produits sur le marché plus fréquemment que par le passé. Les producteurs doivent refondre leurs chaînes de production plus fréquemment.

- On affirme également que de nombreux biens d'équipement sont frappés d'obsolescence beaucoup plus précocement que par le passé. Cela est particulièrement vrai pour les ordinateurs et périphériques, et peut-être aussi pour la gamme de plus en plus vaste des actifs qui incorporent la technologie informatique. On peut citer les machines-outils à commande numérique, les équipements de communication et les systèmes de production robotisés.

À l'inverse, il est vrai que certains actifs deviennent plus fiables. Les véhicules automobiles et les avions de ligne en sont deux illustrations. De plus, des progrès considérables ont été accomplis ces dernières années dans la conception de systèmes de production flexibles, ce qui permet aux industriels de basculer rapidement d'un modèle à l'autre sans avoir besoin de se rééquiper. Par conséquent, des cycles de production plus courts n'impliquent pas nécessairement des durées de vie plus courtes.

On dispose de peu d'études économétriques sur l'évolution des durées de vie utile. En Allemagne, le ministère fédéral des Finances a été le premier, dès 1957, à publier des tableaux de durées de vie utile servant à déterminer la durée d'amortissement admise par l'administration fiscale. Ils sont régulièrement mis à jour depuis. L'Office fédéral de statistique allemand note ainsi que des personnalités importantes du ministère des Finances ont des entretiens réguliers avec des entreprises au sujet de l'évolution des durées de vie utile. Ces informations seraient à classer dans le registre des impressions plutôt que dans celui des faits scientifiques, mais l'Office fédéral de statistique les considère comme suffisamment solides pour détecter le sens et l'ampleur approximative des changements de durée de vie utile. D'après Schmalwasser et Schidlowski (2006), la durée de vie utile est révisée selon une fréquence de 10 à 15 ans selon le type de produit concerné. On remarquera également que, même si la durée de vie utile reste inchangée au niveau des produits le plus détaillé, la durée de vie moyenne des produits détenus au cours d'une année quelconque peut changer si la composition de ces produits évolue.

La plupart des pays semblent laisser la durée de vie utile inchangée pour les estimations retenues selon la méthode de l'inventaire perpétuel, mais il existe quelques exceptions. Pour estimer le stock de capital, le Royaume-Uni suppose que la durée de vie utile de la plupart des actifs se raccourcit graduellement depuis les années cinquante si bien que la durée de vie utile de la plupart des actifs de longue durée diminue d'un peu plus de 1 % par an. L'Office fédéral allemand de statistique a recours à des durées de vie utile déclinantes pour les habitations, les bâtiments agricoles, les véhicules automobiles et certains types d'équipements industriels. La Finlande fait l'hypothèse que la durée de vie utile des machines et des équipements a reculé de 0.8 % à 1 % par an entre 1960 et 1989 et d'environ la moitié de ce taux à partir de 1990.

Ce n'est pas parce que les statisticiens croient que la durée de vie utile de certaines catégories d'actifs se raccourcit qu'ils introduisent ce genre de réduction, mais plutôt parce qu'ils pensent que les classes d'actifs isolées dans leurs modèles MIP contiennent une proportion croissante d'actifs à plus faible durée de vie. Plus précisément, on considère que les actifs contenant des composants informatiques ont une durée de vie plus brève que d'autres types d'équipements et il est quasiment certain que la part de ces actifs dans certaines catégories d'actifs augmente dans presque tous les pays. Ainsi, même en l'absence d'informations sur la durée de vie utile d'actifs particuliers, il peut se révéler exact de faire l'hypothèse que la durée de vie de certaines classes d'actifs diminue. Il est certain que l'ampleur de cet effet de composition dépend du niveau de détail de la nomenclature des actifs qui est utilisée.

Les exemples de biens dont la durée de vie utile augmente sont plus rares. En Allemagne, la durée de vie utile des avions de ligne aurait été comprise entre 5 et 8 ans avant 1976 et serait de 12 ans pour les appareils achetés depuis cette date. Aux États-Unis, alors qu'une durée de vie utile de 40 ans était assignée aux équipements électriques et d'éclairage acquis avant 1946, elle a été portée à 45 ans depuis cette date. De même, la durée de vie utile des avions de ligne a été portée de 12 ou 16 ans avant 1960 à 15 ou 20 depuis cette date. Au vu des registres d'immatriculation des véhicules, l'Australie indique que la durée de vie utile des véhicules automobiles augmente et il se pourrait que ce phénomène soit largement répandu.

13.1.4. Les conséquences des erreurs d'estimation de durée de vie utile

Dans l'idéal, une mise en œuvre réussie de la méthode MIP nécessiterait l'établissement d'une liste de durées de vie utile pour des catégories d'actifs utilisées dans différents secteurs ou types d'activités et définies avec précision. De plus, cette liste de durées de vie utile doit être actualisée régulièrement pour tenir compte de l'évolution cyclique ou à long terme de la durée pendant laquelle les actifs restent dans le stock de capital. Si l'on part des sources évoquées plus haut, il est certain que les informations actuellement disponibles sont bien loin de répondre à ces exigences idéales. Les estimations de durée de vie utile sont rarement actualisées dans la plupart des pays et ne portent généralement que sur de grandes catégories d'actifs et l'on dispose de peu d'éléments sur les écarts entre les secteurs et types d'activité.

Cette partie essaie de déterminer comment des durées de vie utile erronées peuvent influer sur les niveaux et les taux de croissance des stocks de capital déduits de la MIP.

L'incidence des estimations erronées de durée de vie utile moyenne qui sont utilisées dans la MIP peut être appréhendée au travers « d'études de sensibilité » dans lesquelles le modèle MIP fonctionne sur la base d'estimations différentes de durée de vie utile. Les résultats des études de sensibilité effectuées au Canada et aux Pays-Bas sont décrits ci-dessous.

Statistique Canada a estimé le stock brut de capital dans l'industrie manufacturière au moyen de son modèle MIP standard, mais les durées de vie utile ont été portées de 0.5 T à 1.5 T, T étant la durée de vie utile moyenne actuellement appliquée au Canada. Les tests ont été effectués sur la période 1950-1998. Comme on pouvait s'y attendre, changer les durées de vie utile fait varier le niveau du stock de capital dans le même sens. L'emploi de la durée de vie utile la plus courte (0.5 T) réduit le niveau des stocks dans des proportions pouvant atteindre 50 % et celui de la plus longue (1.5 T) l'augmente de 40 % au maximum. En choisissant des amplitudes plus modérées – 0.9 T et 1.1 T – la taille du stock diminue ou augmente respectivement d'environ 8 % et 7 %. C'est pourquoi, en supposant que la marge d'erreur des estimations de durée de vie utile utilisées pour la MIP n'excède pas 10 %, l'étude canadienne suggère qu'elle est de +/- 8 % pour le niveau des stocks.

Les études analytiques se focalisent souvent sur les taux de croissance plutôt que sur les niveaux des stocks. En général, une modification des durées de vie utile a un effet imprévisible sur les taux de croissance parce qu'elles servent de coefficients de pondération. Une révision à la hausse de la durée de vie utile d'un actif particulier augmente la part de cet actif dans le stock total. Une révision à la hausse d'une composante du stock croissant plus rapidement (moins rapidement) fait augmenter (diminuer) le taux de croissance du stock total de capital[27]. Dans l'étude canadienne, la réduction des durées de vie utile a généralement accru le taux de croissance du stock de capital pendant la période 1950-1970 mais l'a fait décroître de 1971 à 1998. L'étude menée par le bureau central de statistiques néerlandais porte sur les stocks de machines dans l'industrie chimique pendant la période 1978-1995. Elle recourt à cinq durées de vie utile différentes 5, 10, 15, 20 et 25 ans alors que la durée de vie utile moyenne effectivement utilisée est de 19 ans. Alors que l'étude canadienne se bornait à estimer les fluctuations du stock de capital brut, l'étude hollandaise examine les fluctuations du stock de capital brut, du stock de capital net et de la consommation de capital fixe.

Là aussi, le niveau du stock brut varie dans le même sens que les changements de durée de vie utile. En revanche, l'amortissement évolue en sens contraire ; c'est-à-dire que son montant diminue à mesure que les durées de vie utile s'allongent. En effet, plus la durée de vie utile est longue, plus la durée sur laquelle sera amorti chaque actif sera longue. Ce phénomène pèse plus lourd dans la balance que l'augmentation du nombre d'actifs en stock découlant de l'allongement des durées de vie utile. Cependant, certaines années, l'accroissement du nombre d'actifs en stock résultant de l'utilisation de durées de vie utile plus longues fait plus que compenser la réduction du montant de la consommation de capital fixe

[27] Soit une classe d'actifs relativement homogène amortie en mode dégressif au taux δ, l'investissement croissant au taux constant g ; alors, si l'investissement de la période 0 est I^0, le stock de capital K^0 à la fin de la période 0 sera égal à $I^0\{1+[(1- \delta)/(1+g)]+ +[(1- \delta)/(1+g)]^2+\ldots\}=I^0[1+g]/[g+\delta]$. De même, le stock de capital à la fin de la période 1 sera égal à $I^0(1+g)^2/[g+ \delta]$. Par conséquent, le taux de croissance du stock de capital de la période 0 à la période 1 est $K^1/K^0=(1+g)$, lequel est indépendant du taux d'amortissement dégressif. Ainsi, pour un actif relativement homogène amorti en mode dégressif et pour lequel l'investissement a crû à un rythme assez régulier, les variations du taux d'amortissement ne doiventpas affecter outre mesure le taux de croissance du stock de capital correspondant. Il n'en va pas nécessairement de même si les actifs sont hétérogènes parce que les taux d'amortissement affectent les coefficients de pondération utilisés pour les agréger. Cette disparité a été soulignée dans ses commentaires par Erwin Diewert.

imputé à chaque actif. De plus, la consommation totale de capital fixe augmente parallèlement à l'accroissement des durées de vie utile.

On obtient le stock de capital net en déduisant du stock brut la consommation de capital fixe cumulée. Puisque l'accroissement des durées de vie utile conduira toujours à un accroissement du stock de capital brut et à une baisse de la consommation de capital fixe, le stock de capital net aura toujours tendance à grossir lorsque des durées de vie utile plus longues sont utilisées. De plus, l'augmentation du stock de capital net quand les durées de vie utile sont rallongées sera comparativement plus importante que dans le cas d'un stock de capital brut. La même conclusion s'impose pour les effets d'une modification de la durée de vie utile sur le stock de capital productif.

L'étude néerlandaise conclut que les taux de croissance des stocks bruts et nets et de la consommation de capital fixe deviennent moins volatils à fur et à mesure que les durées de vie utile s'allongent. Avec des durées de vie utile plus longues, toute variation brutale des flux d'investissement entrant dans le stock de capital ou en sortant est amortie par la taille accrue du stock.

13.2. Fonctions de déclassement

La présente section passe en revue les hypothèses sur la distribution des déclassements autour de la durée de vie utile moyenne. Les termes de « déclassement » et de « mise au rebut » sont ici interchangeables et signifient le retrait d'un actif du stock de capital, qu'il soit exporté, envoyé à la ferraille, démonté, démoli ou abandonné purement et simplement. Les déclassements et mises au rebut doivent être distingués des cessions, qui englobent également les ventes d'actifs comme biens d'occasion pour qu'ils puissent encore contribuer à un processus de production.

La fonction de sortie simultanée. La fonction de sortie simultanée suppose que tous les actifs sont éliminés du stock de capital au moment où ils atteignent la durée de vie utile moyenne du type d'actifs dont ils font partie. La fonction de survie montre donc que tous les actifs d'un type et d'une génération (c'est à dire d'une même année d'installation) donnés restent dans le stock jusqu'à la date T à laquelle ils sont tous déclassés en même temps. On parle parfois dans ce cas de « mort subite », mais cette expression est quelque peu ambiguë. Quelle que soit la loi de mortalité, il y aura toujours mort subite de certains actifs ; ce qui caractérise cette fonction est que tous les actifs d'un type et d'une génération donnés sont déclassés simultanément.

Il est cependant difficile de concevoir que tous les actifs d'une génération donnée soient retirés du stock au moment précis où ils atteignent la durée de vie utile moyenne de ce type d'actif. Certains seront retirés avant d'atteindre la durée de vie moyenne parce qu'ils sont sur-utilisés, mal entretenus ou victimes d'accidents, tandis que d'autres continueront à rendre des services bien au-delà de leur espérance de vie moyenne. **La fonction de sortie simultanée ne peut donc être considérée comme adéquate pour le déclassement**[28].

La fonction linéaire. Dans le cas d'une fonction de déclassement linéaire, on suppose que les actifs sont déclassés dans une proportion constante chaque année, depuis la date de leur installation jusqu'au double de leur durée de vie utile moyenne. La fonction de mortalité est représentée par un rectangle dont la hauteur le taux de déclassement est égale à 1/2 T, T étant la durée de vie utile moyenne. La fonction

[28] Dans la section 6 de leur rapport, Diewert et Wykoff (2006) émettent une proposition sur la manière dont une enquête sur les déclassements/cessions d'actifs pourrait servir à estimer les taux d'amortissement, sans effectuer de corrections explicites comme l'ont fait Hulten et Wykoff (1981a, 1981b), afin de tenir compte du fait que les actifs ne sont pas tous déclassés en même temps. Cependant, la méthode de Diewert/Wykoff n'a pas encore été testée.

de survie montre que le nombre d'actifs survivants diminue chaque année d'une quantité constante égale à 50/T % de l'effectif initial de ce groupe d'actifs.

Il est tout aussi peu réaliste de supposer qu'une proportion constante d'actifs mis en service au cours d'une année donnée sera mise au rebut chaque année à partir de celle où ils ont été installés. On attend par définition des actifs qu'ils fonctionnent pendant au moins plusieurs années et il est donc peu probable qu'ils soient mis au rebut dès qu'ils sont installés. La fonction linéaire ne satisfait donc pas au critère de vraisemblance.

La fonction linéaire retardée. Une fonction linéaire part de l'hypothèse, généralement tenue pour irréaliste, que les déclassements commencent dès que les actifs ont été installés. La fonction linéaire retardée part de l'hypothèse, plus réaliste, que les mises au rebut s'étalent sur une durée plus courte que 2T. Elles commencent plus tard et finissent plus tôt que dans la fonction linéaire simple. Supposons, par exemple, que les actifs soient déclassés sur une période comprise entre 80 % et 120 % de leur durée de vie utile moyenne. Le taux de déclassement employé dans la fonction de mortalité est donc égal à 1/T (1.2-0.8) ou 250/T % par an pendant la période durant laquelle les déclassements sont censés avoir lieu.

La fonction linéaire retardée part de l'hypothèse qu'une fois que les déclassements ont commencé, ils portent sur des quantités égales d'actifs jusqu'à ce que tous ceux qui ont été mis en service au cours d'une année donnée aient disparu ; cette supposition est probablement moins vraisemblable que l'hypothèse d'une augmentation graduelle des mises au rebut dans les premières années qui serait suivie d'une décélération symétrique dans les dernières années, cette configuration se retrouvant dans les distributions décrites par une courbe en cloche.

La fonction à profil de cloche. Dans les fonctions de mortalité décrites par une courbe en cloche, les déclassements commencent quelque temps après l'année de l'installation, augmentent jusqu'à un sommet situé autour de la durée de vie utile moyenne et diminuent de la même façon pendant quelques années après la durée moyenne. Diverses lois mathématiques permettent de produire des fonctions de déclassement dont le profil ressemble à une courbe en cloche, la plupart d'entre elles offrant de nombreuses possibilités pour faire varier la symétrie et l'aplatissement de la courbe (ou kurtose). On peut citer les lois gamma, quadratiques, de Weibull, de Winfrey et logarithmique normale (ou log-normale). Ce sont les trois dernières, probablement les plus utilisées dans les modèles MIP, que nous décrivons ici.

Distribution de Winfrey. Les fonctions de Winfrey doivent leur nom à leur auteur, Robley Winfrey, qui était chercheur à l'Iowa Engineering Experimentation Station dans les années 1930. Winfrey a rassemblé des informations sur les dates d'installation et de déclassement de 176 groupes d'actifs industriels et en a déduit 18 fonctions « types » qui donnent une bonne approximation des fonctions de déclassement réellement observées (voir Encadré 8). Les dix-huit fonctions de Winfrey offrent toute une palette de choix quant à la symétrie et l'aplatissement de la courbe en cloche. Plusieurs pays les emploient dans leurs modèles MIP.

Le groupe de courbes de Winfrey symétriques s'écrit comme suit :

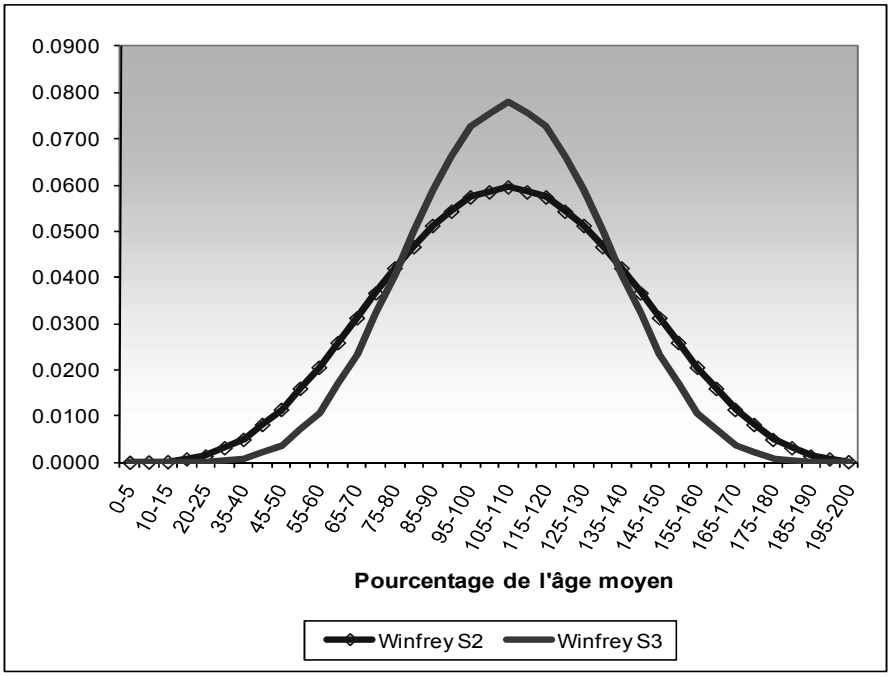
$$(15)\quad F_T = F_0\left(1-\frac{T^2}{a^2}\right)^m$$

Dans la formule (15), F_T est la probabilité marginale de déclassement d'un actif à l'âge T, son âge étant exprimé comme un pourcentage de la durée de vie utile moyenne. T varie donc de zéro à l'infini et la valeur maximum de F_T coïncide avec la durée de vie utile moyenne. Chez Winfrey (1935), T est exprimé en unités égales à 10 % de la durée de vie utile moyenne et les paramètres a et m qui sont donnés par

Winfrey sont cohérents avec la variable de l'âge exprimée en déciles. F_0 détermine le mode de la distribution, c'est-à-dire la probabilité maximale de déclassement (à une date coïncidant avec la durée de vie utile moyenne). Deux fonctions de Winfrey sont largement utilisées : ce sont les fonctions symétriques S2 et S3 dont les paramètres sont (F_0=11.911; a=10; m=3.70) dans le cas de S2 et (F_0=15.610; a=10; m=6.902) dans celui de S3.

Le tableau montre comment sont calculées les probabilités marginales pour deux fonctions de Winfrey symétriques décrivant les déclassements. La première colonne décrit des intervalles, dont le pas est fixé à 10 % de la durée de vie moyenne, suivis de la probabilité de déclassement d'un actif ayant le même âge. A titre d'illustration, la probabilité qu'un actif soit déclassé à un âge compris entre 20 % et 30 % de la durée de vie utile moyenne est, comme le montre la deuxième colonne, de 0.27 % dans la distribution S2 de Winfrey et de 0.01 % dans la distribution S3 de Winfrey qui apparaît dans la troisième colonne. Ces valeurs ont été obtenues en insérant la variable de l'âge T=20 dans les formules de Winfrey compte tenu des paramètres ci-dessus. Pour obtenir une mesure plus fine, par exemple avec un pas de 5 %, les quintiles sont présentés dans la quatrième colonne du tableau 1. Les probabilités marginales indiquées dans les cinquième et sixième colonnes sont ensuite obtenues par interpolation linéaire des probabilités obtenues pour les déciles. Le résultat est présenté dans le gGraphique 8.

Graphique 8. Deux distributions de Winfrey symétriques



Box 10. Les fonctions de mortalité de Winfrey

Pendant les années 20 et 30, Robley Winfrey a rassemblé des informations sur les déclassements de 176 différents types d'actifs. Les données provenaient « de nombreuses sources représentatives des secteurs industriels suivants : le gaz, l'électricité et l'éclairage, les chemins de fer, le téléphone, le télégraphe, la distribution d'eau, le matériel agricole, la construction automobile et le revêtement des rues » (« Analyses statistiques des déclassements dans l'industrie » de Robley Winfrey, page 59). Ses sources comprenaient beaucoup de grandes entreprises de l'époque, à savoir l'American Telephone and Telegraph Company, Atchison, Topeka and the Santa Fe Railway et Pacific Gas and Electric Company. Il a aussi exploité des informations recueillies auprès du Chicago Water Works System et d'autres entreprises municipales et dépouillé les registres des immatriculations de l'Iowa, qui couvraient un vaste ensemble de « camions à moteur » et de « voitures à moteur », ces dernières comprenant plus de six mille Ford modèle T et cinq mille automobiles d'autres marques.

Il s'intéressait aux moyens par lesquels un groupe d'actifs – par exemple des traverses de chemin de fer, des véhicules, la chaudière d'une station hydraulique ou le bitume des rues – qui avaient été installés ou construits pendant une année donnée étaient déclassés au terme de leur durée de vie utile. Après avoir tracé sur des graphiques les 176 fonctions de mortalité montrant quand chaque membre de chaque « cohorte » (groupe d'actifs installé pendant une année donnée) était retiré du stock de capital, Winfrey a constaté qu'elles pouvaient être regroupées en 18 courbes « type », appelées L, S et R (c'est-à-dire désaxée vers la gauche, symétrique et désaxée vers la droite), et numérotées de 0 à 6, 0 étant affecté à la courbe la plus plate et 6 à la plus pointue. Les différentes catégories d'actifs étaient assez équitablement réparties entre les fonctions L, S et R. Toutefois, un nombre un peu plus élevé d'actifs était affecté aux fonctions désaxées vers la gauche (cela signifie que le mode se trouvait à gauche de la moyenne). Plus de la moitié d'entre eux avaient des fonctions de mortalité assez pointues (numéros 3 à 6), ce qui indique que la plupart des déclassements se suivent à un intervalle assez rapproché.

Tableau 14. Calcul de deux fonctions de déclassement de Winfrey

Pourcentage de la durée de vie utile moyenne	Probabilité marginale de déclassement dans le décile		Pourcentage de la durée de vie utile moyenne	Probabilité marginale de déclassement dans le quintile	
Déciles	Winfrey S2	Winfrey S3	Quintiles	Winfrey S2	Winfrey S3
0-10	0.0000	0.0000	0-5	0.0000	0.0000
			5-10	0.0001	0.0000
10-20	0.0003	0.0000	10-15	0.0001	0.0000
			15-20	0.0007	0.0000
20-30	0.0027	0.0001	20-25	0.0014	0.0001
			25-30	0.0031	0.0004
30-40	0.0099	0.0015	35-40	0.0049	0.0007
			40-45	0.0082	0.0022
40-50	0.0228	0.0072	45-50	0.0114	0.0036
			50-55	0.0160	0.0072
50-60	0.0411	0.0214	55-60	0.0205	0.0107
			60-65	0.0259	0.0171
60-70	0.0625	0.0469	65-70	0.0312	0.0234
			70-75	0.0366	0.0321
70-80	0.0840	0.0814	75-80	0.0420	0.0407
			80-85	0.0466	0.0498
80-90	0.1024	0.1178	85-90	0.0512	0.0589
			90-95	0.0543	0.0659
90-100	0.1148	0.1456	95-100	0.0574	0.0728
			100-105	0.0585	0.0754
100-110	0.1191	0.1561	105-110	0.0596	0.0781
			110-115	0.0585	0.0754
110-120	0.1148	0.1456	115-120	0.0574	0.0728
			120-125	0.0543	0.0659
120-130	0.1024	0.1178	125-130	0.0512	0.0589
			130-135	0.0466	0.0498
130-140	0.0840	0.0814	135-140	0.0420	0.0407
			140-145	0.0366	0.0321
140-150	0.0625	0.0469	145-150	0.0312	0.0234
			150-155	0.0259	0.0171
150-160	0.0411	0.0214	155-160	0.0205	0.0107
			160-165	0.0160	0.0072
160-170	0.0228	0.0072	165-170	0.0114	0.0036
			170-175	0.0082	0.0022
170-180	0.0099	0.0015	175-180	0.0049	0.0007
			198-185	0.0031	0.0004
180-190	0.0027	0.0001	185-190	0.0014	0.0001
			190-195	0.0007	0.0000
190-200	0.0003	0.0000	195-200	0.0001	0.0000

Les distributions de Weibull. La loi de Weibull a été largement utilisée dans les études sur la mortalité des populations. C'est une fonction souple qui peut prendre des formes similaires à celles qui ont été conçues par Winfrey. Elle a été conçue par le mathématicien suédois Walled Weibull en 1951 et est utilisée par plusieurs pays pour estimer la MIP. La loi de Weibull s'écrit comme suit :

$$(16)\ F_T = \alpha\lambda(\lambda T)^{\alpha-1} e^{-(\lambda T)^{\alpha}}$$

T est l'âge de l'actif, $\alpha>0$ est le paramètre déterminant la forme de la courbe et $\lambda>0$ est le paramètre d'échelle de la distribution. Le bureau central de statistique néerlandais a utilisé des données provenant d'enquêtes sur les déclassements pour estimer la loi de Weibull du déclassement pour une large palette d'actifs. Le tableau ci-dessous donne les valeurs de λ et α pour les Pays-Bas. On peut interpréter le paramètre α comme une mesure de l'évolution du risque qu'un actif soit mis au rebut : $0 < \alpha < 1$ indique que le risque de déclassement diminue avec le temps ; $\alpha=1$ indique que le risque de déclassement reste constant tout au long de la vie de l'actif ; $1 < \alpha < 2$ indique que le risque de déclassement augmente avec l'âge mais à un taux décroissant ; $\alpha=2$ indique que le risque de déclassement augmente avec le temps de façon linéaire et $\alpha > 2$ indique que le risque de déclassement augmente avec le temps de façon progressive.

Tableau 15. Paramètres de la distribution de Weibull pour les Pays-Bas

Actif	Fourchette dans laquelle s'inscrivent les paramètres de la distribution de Weibull	
	λ	**A**
Bâtiments	0.021-0.050	0.970-2.210
Véhicules particuliers et autre matériel de transport	0.134-0.251	1.130-2.120
Ordinateurs	0.066-0.286	1.140-2.840
Machines et équipements	0.020-0.074	1.270-2.500
Autres actifs fixes corporels	0.028-0.108	0.980-2.630

Source : Bureau central des statistiques des Pays-Bas.

Distribution gamma. La distribution Gamma est employée par certains offices statistiques comme, par exemple, le *Statistisches Bundesamt* en Allemagne, parce qu'elle est corroborée par l'évolution observée des immatriculations de voitures. Elle se mesure comme suit :

$$(17)\ F_T = a^p \Gamma(p)^{-1} T^{p-1} e^{-aT}$$

Les paramètres a et p déterminent la forme de la fonction de déclassement. En Allemagne, ils sont fixés à 9 pour la plupart des biens car cette valeur est celle qui donne la meilleure approximation des voitures retirées de la circulation au regard des méthodes économétriques.

Distributions normale et distributions obéissant à une distribution logarithmique normale (log-normale) La fonction de densité obéissant à la loi normale est très largement utilisée dans de nombreuses branches de la statistique. La fonction de densité normale est symétrique et présente cette caractéristique bien utile que 95 % des probabilités se situent de part et d'autre de la moyenne à une distance de deux écarts-type. La distribution obéissant à une loi logarithmique normale, qui est une distribution dont le logarithme présente une distribution normale, est largement employée en tant que distribution de mortalité dans la MIP. La loi de densité log-normale est désaxée vers la droite et aboutit à une probabilité nulle

qu'un actif soit mis au rebut la première année de sa vie. Cependant, la partie droite de la fonction de densité tend vers zéro sans jamais l'atteindre, de telle sorte qu'elle doit être arbitrairement fixée à zéro lorsque les probabilités deviennent faibles.

La fréquence de distribution selon une loi de densité log-normale est :

$$(18)\ F_T = \frac{1}{T\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-(\ln T-\mu)^2/2\sigma^2}$$

T est l'âge de l'actif, σ l'écart type de la fonction log-normale et μ sa moyenne. σ lui-même se calcule au moyen de l'équation $\sigma = \sqrt{\ln\left(1+(m/s)^{-2}\right)}$ et μ se calcule selon l'équation $\mu = \ln(m) - 0.5\sigma^2$, m et s étant respectivement la moyenne et l'écart type de la distribution normale sous-jacente. La fréquence de distribution log-normale a été employée pour mesurer le stock de capital dans l'Union européenne. m étant considéré comme la durée de vie utile moyenne estimée, l'écart-type s a été fixé entre m/2 et m/4 pour obtenir des fonctions de densité du déclassement plus ou moins pointues.

Plusieurs raisons empiriques plaident pour l'utilisation des lois de mortalité de Weibull et log-normale. Le bureau central de statistique néerlandais et l'INSEE ont démontré qu'elles pouvaient reproduire des profils de déclassement observés de façon tout à fait satisfaisante.

13.3. Articulation des fonctions de déclassement avec les fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix

Les fonctions de déclassement ou de survie telles qu'elles sont décrites dans la section qui précède rendent compte de l'idée selon laquelle les divers actifs d'une cohorte ne sont pas retirés du service en même temps. Il existe plusieurs moyens de combiner les fonctions de déclassement avec les fonctions ancienneté-efficacité ou ancienneté-prix d'un actif donné. Nous aborderons ce sujet sous l'angle des cohortes ancienneté-efficacité. Cette méthode nous amène directement aux fonctions ancienneté-prix. Le fait que l'on commence par intégrer les fonctions de déclassement et les fonctions ancienneté-efficacité avant de dériver les fonctions ancienneté-prix ou l'inverse n'est pas indifférent parce que, en général, les résultats ne sont pas identiques (cf. annexe 4).

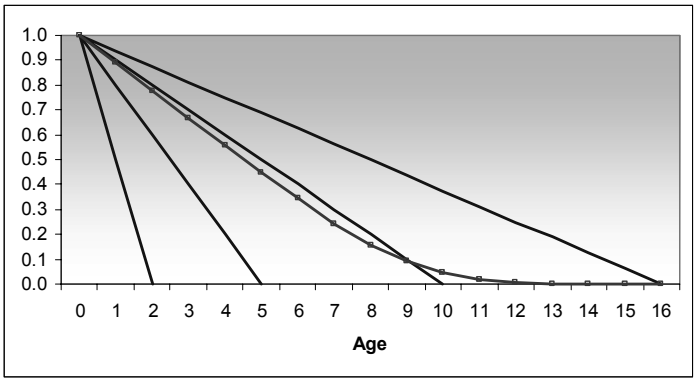
À cette réserve près, la première possibilité d'intégrer les fonctions ancienneté-efficacité et de déclassement consiste à définir une fonction ancienneté-efficacité distincte pour chaque durée de vie utile incluse dans la distribution des déclassements. Ainsi, une cohorte d'actifs se compose de tout un ensemble de fonctions ancienneté-efficacité qui se distinguent les unes des autres par leur durée de vie utile prévue comme l'a, entre autres, suggéré Hulten (1990):

> *« Jusqu'ici, nous avons considéré que la date de déclassement T est identique pour tous les actifs d'une même cohorte (c'est-à-dire tous les actifs mis en place au cours d'une année donnée). Il n'y a cependant aucune raison de croire que ce soit vrai et l'on adapte volontiers cette théorie de telle sorte qu'elle convienne à des dates de déclassement différentes. Une cohorte peut être décomposée en ses divers composants, ou sous-cohortes, en fonction de leur date de déclassement, de telle sorte qu'une date T soit assignée à chacun d'entre eux séparément. Il est alors possible de définir chaque sous-cohorte en fonction de sa propre séquence d'efficacité, laquelle dépend entre autres de la durée de vie utile de cette sous-cohorte T_i » (Hulten 1990, p.125)*

On calcule alors la fonction ancienneté-efficacité moyen de la cohorte (ou, ce qui revient au même, le profil combiné ancienneté-efficacité/déclassement), qui est la moyenne pondérée de l'efficacité de chaque profil à un âge donné, la probabilité de survie servant de coefficient de pondération. Le résultat est présenté

au graphique 9. Le graphique présente quatre fonctions ancienneté-efficacité linéaires pour une durée de vie utile de 2, 5, 10 et 16 ans. Il décrit aussi la fonction ancienneté-efficacité/déclassement de l'ensemble de la cohorte, dérivée sous la forme d'une moyenne des valeurs ancienneté-efficacité pour chaque fonction et chaque point de la durée de vie utile, avec une pondération pour tenir compte de la probabilité.

Graphique 9. Fonction ancienneté-efficacité/déclassement d'une cohorte



Algébriquement, la procédure se traduit comme suit : Soit $0 \leq \{g_0, g_1, \ldots g_T\} \leq 1$ la fonction ancienneté-efficacité d'un actif unique dont la durée de vie utile est T, et soit $0 \leq \{h_0, h_1, \ldots h_{TMAX}\} \leq 1$ la fonction ancienneté-efficacité/déclassement de l'ensemble de la cohorte :

$$(19) \qquad h_n = \sum_{T=n}^{TMAX} g_n(T)\, F_T \;\; ; n = 0, 1, \ldots T^{max}.$$

Dans l'équation (19), T^{max} est la durée de vie utile maximale de la cohorte. Conformément à la notation de la section précédente, F_T est la probabilité marginale de déclassement à l'âge T (ou à l'intervalle d'ancienneté T). La procédure est illustrée au moyen d'un exemple chiffré dans le Tableau . La première colonne du tableau indique la probabilité de déclassement marginale au bout de T années dans le cas d'une fonction de déclassement normale. La probabilité de déclassement la plus élevée de la cohorte est atteinte à l'âge de 9 ans et la distribution a été arrêtée à $T^{max}=17$. La première ligne du tableau montre un profil ancienneté-efficacité linéaire simple correspondant à un actif unique défini, à titre d'exemple, pour T^{max}. La deuxième ligne donne h_n, c'est-à-dire le résultat du calcul. Chaque h_n est la somme de la colonne ci-dessous et chaque élément de la colonne est la valeur ancienneté-efficacité pondérée par les probabilités pour l'âge n d'une famille de fonctions ancienneté-efficacité de la cohorte. Par exemple, le cinquième élément de la colonne h_1 est obtenu en multipliant deux éléments : (i) la valeur ancienneté-efficacité d'un actif âgé d'un an dont la durée de vie utile prévue est de 5 ans $g_1(5)=1-1/5=4/5$ par (ii) la probabilité d'un déclassement à l'âge de 5 ans = 1.65 %. La multiplication donne 4*0.0165/5=0.013.

Tableau 16. Fonction intégrée ancienneté-efficacité/déclassement

	$g_n \rightarrow$	0.938	0.875	0.813	0.750	0.688	0.625	0.563	0.500	0.438	0.375	0.313	0.250	0.188	0.125	0.063	0.000
Probabilité marginale	$h_n \rightarrow$	0.889	0.778	0.667	0.557	0.448	0.342	0.243	0.158	0.091	0.046	0.020	0.007	0.002	0.000	0.000	0.000
	n-->	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	T																
0.0000	1	0.000				$g_n(T)=(1-n/T)$											
0.0002	2	0.000	0.000														
0.0011	3	0.001	0.000	0.000													
0.0049	4	0.004	0.002	0.001	0.000												
0.0165	5	0.013	0.010	0.007	0.003	0.000											
0.0441	6	0.037	0.029	0.022	0.015	0.007	0.000										
0.0918	7	0.079	0.066	0.052	0.039	0.026	0.013	0.000									
0.1499	8	0.131	0.112	0.094	0.075	0.056	0.037	0.019	0.000								
0.1915	9	0.170	0.149	0.128	0.106	0.085	0.064	0.043	0.021	0.000							
0.1915	10	0.172	0.153	0.134	0.115	0.096	0.077	0.057	0.038	0.019	0.000						
0.1499	11	0.136	0.123	0.109	0.095	0.082	0.068	0.055	0.041	0.027	0.014	0.000					
0.0918	12	0.084	0.077	0.069	0.061	0.054	0.046	0.038	0.031	0.023	0.015	0.008	0.000				
0.0441	13	0.041	0.037	0.034	0.031	0.027	0.024	0.020	0.017	0.014	0.010	0.007	0.003	0.000			
0.0165	14	0.015	0.014	0.013	0.012	0.011	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005	0.004	0.002	0.001	0.000		
0.0049	15	0.005	0.004	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	
0.0011	16	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.0002	17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

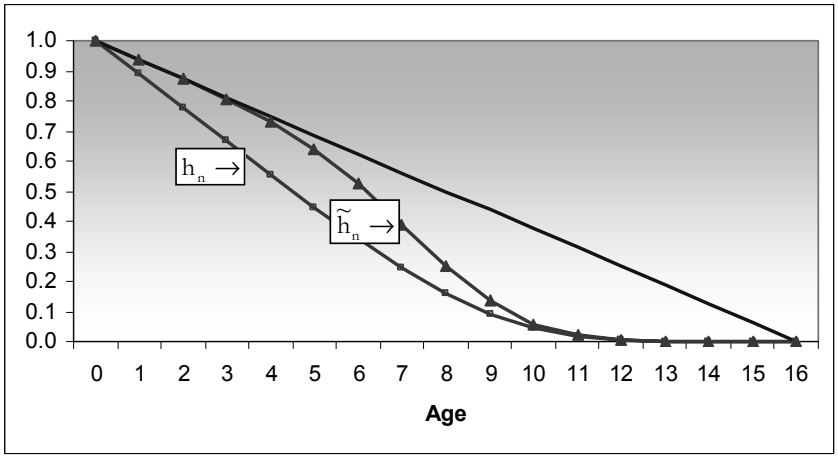
La procédure décrite ci-dessus implique par exemple qu'au bout de deux ans un actif dont la durée de vie utile est de cinq ans a une efficacité différente de celle d'un actif dont la durée de vie est de huit ans. Ce phénomène trouve sa traduction dans les différences de forme des fonctions ancienneté-efficacité de chaque actif décrites dans le graphique 9. Un autre moyen de combiner les fonctions ancienneté-efficacité et de déclassement consiste à supposer qu'un actif présente la même fonction ancienneté-efficacité jusqu'à ce qu'il soit retiré du service. Selon cette hypothèse, la fonction combinée ancienneté-efficacité/déclassement serait donnée par l'expression figurant dans l'équation (20). Le terme entre parenthèses est la probabilité de survie cumulée après n périodes. Ainsi, la fonction ancienneté-efficacité g_n définie sur la durée de vie utile maximale est amortie en fonction de la probabilité de survie.

$$(20) \qquad \tilde{h}_n = g_n\left(1-\sum_{T=0}^{n} F_n\right) \; ; n = 0, 1, \ldots T^{max}.$$

Cette méthode a été utilisée, par exemple, par l'OCDE pour ses estimations sur les services du capital (Schreyer et autres 2003). Sa grande vertu tient à sa simplicité de mise en œuvre. Des offices statistiques tels que, par exemple, l'Australian Bureau of Statistics, ont opté pour la première méthode décrite par l'équation (19). Le graphique 10 compare les profils en résultant. Cependant, quelle que soit la solution retenue, il est clair que les fonctions ancienneté-efficacité linéaires concernant un seul actif ne se traduisent pas par des fonctions ancienneté-efficacité linéaires pour l'ensemble de la cohorte. La fonction combinée ancienneté-efficacité/déclassement a toujours une forme plus ou moins convexe.

Si les mesures du capital partent d'une fonction ancienneté-prix ou d'amortissement, on peut appliquer exactement la même procédure : les fonctions ancienneté-prix d'un actif unique sont combinées avec les fonctions de déclassement pour obtenir une fonction ancienneté-prix pour l'ensemble de la cohorte (laquelle sert ensuite à dériver des fonctions ancienneté-efficacité cohérents). En reprenant l'argument ci-dessus, la description la plus pertinente de la fonction ancienneté-prix d'une cohorte est une courbe convexe et il peut être très raisonnable d'appliquer une fonction d'amortissement dégressif simple parce qu'elle est généralement corroborée par les méthodes économétriques et qu'elle facilite considérablement la mise en œuvre.

Graphique 10. Fonction ancienneté-efficacité/déclassement d'une cohorte -différentes méthodes



CHAPITRE 14. FORMATION BRUTE DE CAPITAL FIXE

Quelle que soit la manière dont on applique les mesures des services du capital et des stocks de capital, les données sur les investissements sont cruciales. Ces données doivent être ventilées par type d'actifs et en fonction de l'activité économique. Cette décomposition, qui doit être aussi détaillée que les données le permettent, doit distinguer en particulier les biens d'équipement dont le prix d'achat suit une tendance différente. De même, la ventilation par branche est importante si l'on croit que la composition par actif varie fortement d'une branche à l'autre et/ou que des branches différentes doivent satisfaire à des taux de rentabilité exigée et appliquent des taux d'amortissement différents et qu'elles ne paient pas leurs biens d'équipement au même prix.

Les séries temporelles sur la formation brute de capital fixe (FBCF) aux prix courants sont corrigées de l'inflation en appliquant l'indice des prix des investissements approprié. Cet indice des prix des investissements doit être calculé à qualité constante. En l'appliquant aux séries sur l'investissement aux prix historiques, ces séries sont transformées en une séquence d'estimations comparables sur le volume des investissements exprimées de manière approximative par des unités d'efficacité de l'année à laquelle se rapporte l'indice sur les prix des investissements. Le plus souvent, ces unités d'efficacité se rapportent à l'année la plus récente. Cette précision a son importance parce qu'elle implique que le volume des investissements passés (initialement exprimé sous la forme d'unités physiques de l'année en question) a déjà été converti en unités de l'année la plus récente. Par conséquent, toute amélioration de qualité d'une classe d'actifs est traitée comme une augmentation du volume des investissements.

La formation brute de capital fixe (FBCF) est définie comme les acquisitions moins les cessions d'actifs fixes plus les améliorations majeures apportées aux terrains et autres actifs non produits et les frais de cession y afférents. Les actifs acquis peuvent être neufs ou d'occasion. Les actifs déclassés peuvent être soit vendus pour être utilisé par une autre unité économique, soit purement et simplement abandonnés par leur propriétaire ou vendus à la ferraille et démontés pour fournir des pièces détachées, des matériaux à recycler ou des produits de rebut.

Les améliorations d'actifs existants concernant en particulier les logements et terrains sont un aspect important de la formation de capital :

> *« La formation brute de capital fixe peut prendre la forme d'améliorations apportées à des actifs existants tels que des bâtiments ou logiciels informatiques, qui accroissent leur capacité productive et/ou prolongent leur durée de vie utile. Par définition, cette formation brute de capital fixe aboutit non à la création de nouveaux actifs pouvant être identifiés et évalués séparément, mais à une augmentation de la valeur de l'actif qui a été amélioré. Les améliorations qui sont des aménagements de terrains à l'état naturel relèvent d'un traitement différent. Dans ce cas, les améliorations sont traitées comme la création d'un nouvel actif fixe et ne sont pas considérées comme aboutissant à une augmentation de la valeur de cette ressource naturelle. Si, une fois qu'il a été aménagé, le terrain fait l'objet d'améliorations supplémentaires, il est soumis au traitement normal des améliorations d'actifs fixes existants. La distinction entre les réparations et opérations de maintenance ordinaire qui constituent des consommations intermédiaires et sont assimilées à la formation de capital n'est pas parfaitement claire ». (SCN révisé, chapitre 10).*

Les actifs acquis (ou améliorations effectuées) sont évalués au prix d'achat, lequel inclut tous les frais de transport et d'installation ainsi que tous les coûts encourus du fait du transfert de propriété sous la forme d'honoraires payés à des experts, ingénieurs, architectes, etc. et tous impôts à payer à l'occasion de ce transfert. En général, les comptes nationaux incluent les coûts de transfert de propriété des actifs dans la FBCF. En effet, les coûts de transfert de propriété sont un élément du coût que l'acheteur d'un actif prend en compte dans sa décision d'investissement. Autrement dit, la valeur d'un actif pour son propriétaire doit tenir compte de ces coûts.

De plus, conformément aux pratiques des offices statistiques, les flux d'investissement sont censés être répartis uniformément tout au long de chaque exercice. Dans le modèle présenté dans la partie III du présent *Manuel*, cette répartition uniforme se traduit par l'hypothèse que l'investissement est effectué en milieu de période.

CHAPITRE 15. CALCUL DES STOCKS DE CAPITAL NETS, BRUTS ET PRODUCTIFS ET DE L'AMORTISSEMENT

A ce stade, on doit disposer des éléments suivants : un profil ancienneté-prix et âge-efficience pour des cohortes de types d'actifs particuliers, un profil d'amortissement résultant d'une transformation directe du profil ancienneté-prix et des séries chronologiques de formation brute de capital fixe en prix constants ainsi que les déflateurs correspondants. A l'aide de ces éléments, il est relativement facile de calculer le stock net de capital, la valeur de l'amortissement, le stock de capital productif et le stock de capital brut. Mais nous avons jusqu'à présent négligé un point pratique : la fréquence des calculs. Dans l'essentiel de l'analyse qui précède, nous avons fait référence à « une période » ou à « un an », ce qui sous-entend que la périodicité annuelle a servi de base implicite à la présentation des données. De fait, ce rythme annuel représente la fréquence type des mesures du stock de capital retenue par les bureaux nationaux de statistique. Bien sûr, il existe une comptabilité nationale trimestrielle, dont l'importance n'a fait que croître ces dernières années. Même si les bilans économiques sont établis une fois par an, des mesures des flux, telles que les amortissements, doivent avoir leur place dans les comptes trimestriels et leur calcul dépend des mesures du stock de capital. En outre, un aspect central de la mesure des services du capital réside dans la possibilité d'une ventilation complète de la partie recettes des comptes nationaux en mesures de prix et de volumes et la ventilation prix-volumes à un rythme trimestriel doit constituer au moins un objectif à moyen terme. En principe, il est possible – et théoriquement suffisant – de présenter un modèle de calcul trimestriel, ainsi que les formules appropriées de dérivation des données annuelles à partir des variables trimestrielles. Dans de nombreux pays, cette méthode risque toutefois d'être irréalisable pour des raisons de disponibilité des données. Aux fins du présent *Manuel*, nous ne aventurerons pas dans une présentation des mesures trimestrielles et seulement de brèves références seront faites ci-après aux calculs dont la fréquence est inférieure à un an. Sauf indication contraire, les périodes mentionnées seront réputées correspondre à une année.

15.1. Fréquence annuelle

Dans un contexte de données annuelles, il importe que les formules de calcul des différentes variables reflètent certaines conventions de comptabilité nationale. Par exemple, la dernière génération d'investissement entrant dans le stock de capital net au début de l'année t est l'investissement effectué durant la période t-1, et qui aura six mois en moyenne au début de l'année t. C'est donc un taux d'amortissement ou un ratio ancienneté-prix pour un actif de six mois qui s'applique. En outre, toutes les variables concernent des cohortes et non des actifs individuels. Pour davantage de précisions sur la dérivation des différentes formules, nous invitons le lecteur à consulter le chapitre 19 du présent *Manuel*. Dans un souci pratique, nous rappelons ci-après la définition des variables employées.

15.2. Amortissement (consommation de capital fixe)

- Profil ancienneté-prix défini pour les prix des actifs de différents âges n :

$$\psi_n = P_n^{tB}/P_0^{tB} = P_n^{tE}/P_0^{tE} \qquad n=0.5;\ 1.5;\ 2.5;\ldots$$

- Profil d'amortissement $\{\delta_n\}$ dérivé du profil ancienneté-prix $\{\psi_n\}$:

$$\delta_n = 1 - P_{n+1}^{tB}/P_n^{tB} = 1 - \psi_{n+1}/\psi_n \qquad n=0.5;\ 1.5;\ 2.5;\ldots$$

- Profil ancienneté-prix dérivé du profil d'amortissement :

$\psi_n = (1-\delta_{n-1})(1-\delta_{n-2})\ldots(1-\delta_0/2);$ $\quad n=1.5; 2.5;\ldots$
$\psi_{0.5} = 1-\delta_0/2.$

- Valeur de l'amortissement aux prix courants moyens de la période t :

Profil général : $D^t = P_0^t [(1-\psi_{0.5}) I^t + (\psi_{0.5}-\psi_{1.5}) I^{t-1} + (\psi_{1.5}-\psi_{2.5}) I^{t-2} + \ldots]$
Profil géométrique : D^t (géométrique) $= P_0^t \delta[I^t/2 + W^{tB}$(géométrique)$]$

- Indice de prix de l'amortissement : P_0^t/P_0^{t0} , t_0 représentant l'année de base ou de référence.

15.3. Stocks de capital net

- Stock de capital net au début de la période t, exprimé en prix d'une année de référence, W^{tB} :

Profil général : $W^{tB} = \psi_{0.5} I^{t-1} + \psi_{1.5} I^{t-2} + \psi_{2.5} I^{t-3} + \ldots$
Profil géométrique : W^{tB}(géométrique) $= (1-\delta/2)[I^{t-1} + (1-\delta)I^{t-2} + (1-\delta)^2 I^{t-3} + \ldots]$

- Stock de capital net à la fin de la période t, exprimé en prix d'une année de référence, W^{tE}:

Profil général : $W^{tE} = \psi_{0.5} I^t + \psi_{1.5} I^{t-1} + \psi_{2.5} I^{t-2} + \ldots$
Profil géométrique : W^{tE}(géométrique) $= (1-\delta/2)[I^t + (1-\delta)I^{t-1} + (1-\delta)^2 I^{t-2} + \ldots]$

- Relation stocks-flux pour le profil géométrique :

W^{tE}(géométrique) $= W^{tB}$(géométrique) $+ I^t - \delta[I^t/2 + W^{tB}$(géométrique)$]$

- Stock de capital net moyen pour la période t, exprimé en prix d'une année de référence, W^t :

$W^t = (W^{tB}+W^{tE})/2$

15.4. Stocks de capital productif

- Stock de capital productif au milieu de la période t, exprimé en prix d'une année de référence, K^t :

Profil général : $K^t = I^t/2 + h_{0.5} I^{t-1} + h_{1.5} I^{t-2} + h_{2.5} I^{t-3} + \ldots$
Profil géométrique : K^t(géométrique) $= I^t/2 + W^{tB}$(géométrique)

15.5. Stocks de capital brut

- Stock de capital brut au début de la période t, exprimé en prix d'une année de référence, G^{tB} :

Profil général : $G^{tB} = I^t/2 + j_{0.5} I^{t-1} + j_{1.5} I^{t-2} + j_{2.5} I^{t-3} + \ldots$
Profil géométrique : non défini (le profil géométrique associe la fonction ancienneté-efficacité et la fonction de déclassement ; cette dernière est nécessaire pour calculer le stock de capital brut et ne peut être éliminée).

15.6. Fréquence sub-annuelle

Compte tenu de l'importance croissante des informations trimestrielles, il serait en principe souhaitable de disposer d'un ensemble complet de mesures des stocks et des flux de capital pour chaque

trimestre. A partir de ces données trimestrielles, on doit pouvoir élaborer régulièrement les chiffres annuels. Or, ce scénario se révèle totalement irréaliste. La plupart des sources des données requises pour établir des mesures des stocks et des flux de capital sont disponibles une fois par an, voire moins souvent, et la relation entre les mesures annuelles et sub-annuelles ne correspond pas à la construction logique de données annuelles à partir d'observations trimestrielles. La grande majorité des pays ne disposent pas de mesures du stock de capital ou de bilans sur une base trimestrielle. Lorsque des variables des flux trimestrielles sont nécessaires pour estimer la consommation de capital fixe, elles sont généralement des interpolations des données annuelles.

Les variations sub-annuelles sont également importantes dans un contexte de forte inflation : lorsque les prix augmentent rapidement, les valeurs nominales des flux relatives à différentes sous-périodes ne peuvent être additionnées, une unité monétaire d'un trimestre n'étant pas directement comparable à celle d'un autre. Les comptes annuels pourraient être établis à partir de la valeur moyenne de la monnaie au cours d'un trimestre donné, qui constituerait l'unité pour les comptes annuels. Soulignons également que, dans les pays en situation de forte inflation, les mesures en volume peuvent se révéler problématiques lorsque les valeurs unitaires simples sont calculées en moyenne sur quatre trimestres. De même, les produits saisonniers doivent faire l'objet d'un soin particulier au moment de l'établissement des indices de prix annuels. L'étude de Hill (1996) propose une réflexion sur la comptabilité dans un contexte de forte inflation. A propos des comptes annuels et du lien entre les indices de prix annuels et trimestriels, il est conseillé de consulter les travaux de Bloem, Dippelsman et Maehle (2001).

15.7. Estimer un stock de capital initial en l'absence de séries chronologiques complètes sur l'investissement

Les formules qui précèdent supposent que l'on dispose pour chaque actif de séries de données suffisamment longues sur l'investissement. Ce ne sera pas nécessairement le cas pour les biens d'équipement à durée de vie très longue, car les actifs de ce type – généralement bâtiments et autres structures – peuvent avoir des durées de vie utiles de plus de 100 ans. Pour remédier à ce problème, plusieurs options sont envisageables. La première consiste à estimer des séries chronologiques pour l'investissement, par exemple en établissant un lien économétrique entre le PIB et l'investissement, à partir des observations existantes. Cette relation peut ensuite être appliquée aux données historiques du PIB (à supposer qu'elles existent) pour générer des estimations des séries chronologiques de données sur l'investissement.

Une autre option consiste à établir une estimation de référence à partir d'autres sources que les statistiques d'investissement à long terme, telles que :

- les enquêtes sur la richesse nationale ;
- les recensements de population ;
- les déclarations d'assurance contre l'incendie ;
- la comptabilité des entreprises ;
- les registres administratifs fonciers ;
- les valorisations boursières.

Les enquêtes spécifiques sur les biens d'équipement constituent un moyen direct d'obtenir des informations sur les actifs. Les enquêtes sur la richesse nationale (par exemple au Japon) enregistrent la quantité d'actifs existants. Étant donné que, par définition, les actifs existants sont des actifs qui ont survécu, une enquête directe sur la richesse dispense de formuler des hypothèses quant aux profils de survie ou de mise hors service. **Le recensement de la population** permet normalement de recueillir des

informations sur le nombre de logements de différents types, auxquels seront affectées des valeurs estimées. Dans les déclarations d'**assurance contre l'incendie** figure généralement la valeur nette des actifs aux prix courants, qui devra être ajustée pour obtenir une valeur brute. Ces données sont incomplètes car les petites entreprises peuvent ne pas assurer leurs actifs du tout et les très grandes sociétés comme les administrations préfèrent souvent traiter les risques par leurs propres moyens et seront donc aussi exclues des déclarations d'assurance contre l'incendie. La **comptabilité des entreprises** fournit les valeurs d'actifs aux coûts historiques amortis, qui devront être ajustées à la fois pour les exprimer en prix d'une année de référence unique et en valeurs « état neuf ». Le fait que ces données n'existent que pour le secteur des entreprises pose un autre problème. **Les registres administratifs fonciers** répertorient habituellement les bâtiments résidentiels et commerciaux à des valeurs censées représentées les prix courants du marché. Toutefois, il s'agit souvent de prix anciens qui sont réévalués à des intervalles irréguliers. La **valorisation boursière** des actifs d'une société peut être obtenue en multipliant le nombre d'actions émises par cette dernière par le cours de celles-ci, déduction faite des actifs financiers nets des éléments de passif. Les valeurs qui en résultent doivent refléter les valeurs marchandes courantes des immobilisations de la société, mais elles seront affectées par certains éléments non quantifiables, comme la survaleur (« good-will »), les différences de compétences entrepreneuriales ou le climat général des affaires. De plus, cette démarche ne peut être utilisée que dans des pays dotés de marchés boursiers actifs et seules les sociétés cotées pourront être évaluées.

Une estimation fondée sur une de ces sources statistiques ne pourra évidemment être que très approximative. Cependant, le poids des erreurs affectant les estimations du stock s'atténuera à mesure que s'éloigne la période de référence.

On peut recourir à une approximation simple (Kohli 1982), en particulier lorsque s'appliquent des profils géométriques ancienneté-efficacité ou ancienneté-prix. Dans ce cas, le stock productif (ou net) au début de l'année de référence t0 peut être représenté de manière approximative comme l'investissement amorti cumulé des années précédentes :

$$(21) \qquad W^{t0}\,(\text{géométrique}) \quad \approx \quad [I^{t0-1} + (1-\delta)I^{t0-2} + (1-\delta)^2 I^{t0-3} + \ldots]$$

Ensuite, on peut poser une hypothèse plausible pour la croissance à long terme du volume d'investissement. Le plus simple est de considérer qu'elle est égale au taux de croissance à long terme du PIB en volume, pour lequel on dispose sans doute d'estimations empiriques, et l'appeler taux de croissance à long terme θ. Une autre option consiste à procéder à une régression chronologique de l'investissement réel sur une échelle logarithmique pour estimer θ, mais à partir de la période suivant le stock initial. On suppose que $I^{t}=I^{t-1}(1+\theta)$. Cette égalité peut être intégrée à l'équation du stock de capital initial proposée plus haut :

$$\begin{aligned}(22) \qquad [I^{t0-1} + (1-\delta)I^{t0-2} + (1-\delta)^2 I^{t0-3} + \ldots] &= I^{t0-1}[1 + (1-\delta)(1+\theta) + (1-\delta)^2(1+\theta)^2 + \ldots] \\ &= I^{t0-1}(1+\theta)/(\delta+\theta) \\ &= I^{t0}/(\delta+\theta).\end{aligned}$$

Il est à présent possible de passer à une approximation du stock de capital initial en début de période t0 à partir du produit des dépenses d'investissement de t0 (la première période pour laquelle existent des informations à ce sujet) et d'une combinaison de paramètres relatifs à l'investissement à long terme, ou à la croissance du PIB et à l'amortissement.

15.8. Indices chaînés de la formation brute de capital fixe et méthode de l'inventaire perpétuel

Une des caractéristiques centrales de la méthode de l'inventaire perpétuel réside dans le fait qu'elle permet d'agréger les flux d'investissement de différentes périodes, après ajustement pour amortissement et

déclassement. Cette agrégation consiste à ajouter les mesures de la formation du capital ainsi corrigées. Il n'est toutefois possible de procéder à une agrégation cohérente que si tous les flux d'investissement sont valorisés à l'aide du même vecteur de prix d'une année de base. En pratique, les mesures en volume figurant dans les comptes nationaux de nombreux pays sont exprimées en prix de l'année précédente. L'addition des mesures en volume exige de les rattacher à une année donnée, et donc de les exprimer en « dollars chaînés » ou en « euros chaînés » de l'année de référence. Dans ce contexte, l'Office fédéral de statistique allemand (Schmalwasser 2002) a soulevé deux points particuliers :

- Les stocks de capital inscrits dans les bilans doivent être évalués aux prix observés durant la période couverte par ces bilans. Il s'agit de se demander si « (…) *l'utilisation d'une série de données sur la formation de capital liées par chaînage à une année de référence répond ou non à l'exigence de l'évaluation aux prix d'achat de la période en cours* **car la tendance des prix n'est correctement représentée qu'au moyen d'une comparaison directe avec l'année précédente, mais pas avec l'année de référence**. *A l'inverse, pour une base de prix fixe, la tendance des prix entre l'année en cours et l'année de référence peut être exactement représentée, alors que la comparaison avec l'année précédente ne vaut que dans une mesure limitée en raison de l'évolution de la pondération* ».

- Les mesures en volume exprimées en « dollars chaînés » ne s'additionnent pas : de manière générale, les valeurs en dollars chaînés des agrégats de niveau supérieur ne résultent pas de la somme de celles des agrégats de niveau inférieur. La question se pose donc de savoir « Comment vérifier la cohérence compte tenu du **caractère multidimensionnel des calculs** de la consommation de capital fixe et des calculs du capital fixe par type d'actifs, par secteur, par branche et par producteur marchand ou non marchand, en **l'absence d'additivité** entre les différentes dimensions ? ».

Ces questions méritent un examen plus approfondi. Un premier point général concerne les indices des prix ou des volumes, fixes ou chaînés. Même s'il est vrai que les indices de prix chaînés ne permettent pas de comparaison directe des prix de périodes non adjacentes, c'est également le cas – quoique dans une moindre mesure – pour les indices de prix à base fixe. Lorsque les indices à base fixe[29] étaient utilisés autrefois, le choix d'une nouvelle base consistait généralement à relier des indices à des intervalles de cinq ou dix ans plutôt que d'élaborer de nouvelles séries chronologiques complètes reposant sur une seule année de référence. Cette approche tenait à des raisons pratiques et reflétait le fait que, dans un monde où les produits changent continuellement, il est souvent impossible de procéder à des comparaisons directes sur plusieurs années car les produits ont cessé d'exister. D'où une première conclusion : même dans une approche à « base fixe », il y a nécessairement un élément de comparaison indirecte.

Un deuxième point a trait au niveau d'agrégation requis pour la mise en place de la méthode de l'inventaire perpétuel. Il est certain qu'en présence d'indices chaînés, la mesure du capital dépend du niveau d'agrégation servant de base à la méthode de l'inventaire perpétuel. En règle générale, un faible niveau d'agrégation est préférable à un niveau plus élevé. Plus la classification des actifs qui forme le point de départ de la réévaluation des séries d'investissement est détaillée, moins cette question importe, même si, pour les raisons citées plus haut, la désagrégation présente des limites. Au plus bas niveau de l'agrégation, les séries de données en volume sont exprimées en dollars chaînés à la date du bilan. Les fonctions ancienneté-prix et de déclassement sont appliqués et les séries chronologiques de données sur l'investissement ainsi ajustées sont simplement additionnées par génération, par branche ou par secteur. Aucun problème de non additivité ne survient tant que la même opération n'est pas effectuée à un niveau

[29] Sur le plan technique, on peut signaler que les indices à base fixe de Laspeyres nécessitent des indices de prix de Paasche comparant directement les prix entre la période de base et celle du bilan. Dans la pratique, les indices de prix sont calculés à partir d'une formule de type Laspeyres.

d'agrégation plus élevé, ce qui ne serait pas vraiment justifiée sachant qu'ont doit normalement préférer le niveau d'agrégation disponible le plus bas.

On peut ainsi formuler une deuxième conclusion : la préparation attentive des séries de données détaillées sur l'investissement est indispensable à la qualité des mesures du stock de capital qui en résultent. Lorsque les Pays-Bas ont passé en revue leur programme de mesure du capital, van den Bergen, de Haan, de Heij et Horsten (2005) ont indiqué que :

> « Une grande partie des travaux réalisés dans le cadre de ce projet a concerné la recherche des données sources originelles sur les investissements. La première année couverte dans les séries chronologiques aux prix courants et en prix constants (t-1) était 1953. Les mêmes séries ont été élaborées pour 57 branches industrielles, 20 types d'actifs et 18 (sous-)secteurs institutionnels » (page 7).

Un troisième point est que l'analyse ci-dessus porte sur les *niveaux* des stocks de capital figurant dans les bilans. Il s'agit d'un seul des objectifs de la mesure du capital. Pour les autres objectifs, les niveaux des stocks de capital en dollars revêtent un intérêt secondaire, voire pas d'intérêt du tout. Par exemple, dans le cas des stocks productifs, c'est leur rythme de variation qui importe, et non leur niveau, car le rythme de variation décrit le flux de capital entrant dans la production. Comme nous l'expliquons par ailleurs dans le présent *Manuel*, ce rythme d'évolution doit reposer sur une formule d'indices superlatifs, ou au moins d'indices chaînés[30].

[30] Si seuls les flux présentent de l'intérêt, même une agrégation sur plusieurs années peut être effectuée à l'aide de formules numériques plus générales plutôt qu'une simple addition (Diewert et Lawrence 2000), bien que cela ait rarement été le cas en pratique.

CHAPITRE 16. ESTIMATION DES TAUX DE RENDEMENT

Dans la première partie du présent *Manuel* (voir section 8.3), on a étudié les fondements conceptuels du calcul des taux de rendement. Deux approches principales (*ex post*, taux endogènes et *ex ante*, taux exogènes) sont présentées dans les ouvrages techniques et présentent chacune des avantages et des inconvénients. Cette section fournira davantage de détails sur les trois moyens de calculer les taux de rendement.

16.1. Taux de rendement pour les producteurs marchands

16.1.1. Taux de rendement endogènes, ex post

Comme indiqué dans la section 8.3.1, l'approche endogène *ex post* est la méthode la plus souvent employée dans les applications empiriques de la mesure du capital. Elle consiste à calculer le taux de rendement *ex post* période par période, sur la base des informations disponibles sur les revenus non salariaux, l'amortissement et les gains ou pertes de détention réels pour le secteur marchand. Lorsque les informations nécessaires sont disponibles, ces calculs peuvent être effectués au niveau des différentes branches. Les revenus non salariaux se composent des excédents bruts d'exploitation, tels qu'indiqués dans les comptes nationaux, et de la part des revenus mixtes pouvant être attribués au capital (G^t). Nous reviendrons sur les impôts liés au capital T_K^t dans la section 18.4.1.

Il n'est pas facile de ventiler les revenus mixtes des entreprises non constituées en sociétés détenues par des ménages entre produits du capital et produits du travail. Il est parfois malaisé d'attribuer une valeur au travail d'un auto-entrepreneur, ou bien à la partie des revenus mixtes représentant les services du capital. L'approche sans doute la plus utilisée (mais pas nécessairement la plus satisfaisante) consiste à supposer que les salaires des travailleurs indépendants et des membres de la famille non rémunérés correspondent à la rémunération moyenne des salariés. La part de revenu mixte restant après comptabilisation de la rémunération au titre du travail de l'auto-entrepreneur représente la rémunération du capital. Une version plus élaborée de cette approche consiste à tenir compte des compétences et de l'expérience des travailleurs indépendants et de calculer un salaire correspondant à des compétences comparables et observables sur le marché du travail. Une autre possibilité serait, si on connaît le stock d'actifs utilisé par les entreprises non constituées en société, de calculer la valeur des services du capital, la part du revenu mixte imputable au travail en découlant comme résidu[31].

Le taux de rendement endogène *ex post* de chaque période est calculé en établissant une égalité entre, d'une part, G^t et les impôts sur la production relatifs au capital et, d'autre part, le coût total du capital pour l'utilisateur U^t. Nous expliquons dans la troisième partie du présent *Manuel* la méthode de dérivation d'U^t. Pour l'objet qui nous intéresse, il suffit de rappeler au lecteur que, dans l'égalité ci-dessous, r^{t*} correspond au taux de rendement réel s'appliquant au début de la période t et qui sera calculé, $i^{k,t*}$ est le taux réel *ex*

[31] Un taux de rendement exogène doit être utilisé pour les entreprises non constituées en sociétés afin de ne pas se heurter à un problème de simultanéité : dans le calcul d'un taux endogène, la part du revenu mixte attribuable au capital entre dans le calcul du taux de rendement, et ce dernier ne peut donc être utilisé pour calculer d'abord la part du capital.

post d'inflation pour l'actif k durant la période t, $P_0^{k,tB}K^{k,t}$ représente le stock de capital productif de l'actif k durant la période t, valorisé aux prix $P_0^{k,tB}$ du début de la période, δ^k est le taux d'amortissement d'un nouvel actif k et ρ^t correspond au taux de variation de l'indice des prix à la consommation au début de la période t. En établissant une égalité entre $G^t+T_K^t$ et la valeur totale des coûts d'usage, et en notant que toutes les variables sont connues à l'exception du taux de rendement, il devient possible de calculer r^{t*}**.** Dans l'explication précédente, nous avions pris comme hypothèse un profil d'amortissement géométrique afin de simplifier la notation. Cependant, le raisonnement s'applique aussi directement au cas non géométrique, comme nous l'exposons dans la troisième partie du présent *Manuel*.

$$(23) \qquad G^t+T_K^t = \sum_{k=1}^{N} P_0^{k,tB}(1+\rho^t)\,[r^{t*} + \delta^k(1+i^{k,t*}) - i^{k;t*}]K^{k,t}$$

L'expression (23) constitue une variante de l'approche la plus employée pour l'estimation du taux de rendement, bien que les calculs reposent habituellement sur la formulation du coût d'usage (équivalent), avec des taux de rendement nominaux et une valeur nominale pour les gains ou pertes de détention : voir par exemple Jorgenson (1995), ou Jorgenson et Landefeld (2006).

Dans le cas d'un amortissement géométrique, le calcul du taux de rendement peut être interprété de manière directe et utile : le taux de rendement nominal endogène *ex post* r^t correspond au ratio de l'excédent net d'exploitation N^t plus les taxes sur la production et la réévaluation des actifs R^t divisé par la valeur du stock de capital productif. L'excédent net d'exploitation est obtenu comme la différence entre l'excédent brut d'exploitation (y compris la part du revenu mixte imputable au capital) corrigé de l'amortissement : $N^t= G^t - D^t$. Dans le cas d'un amortissement géométrique, ces termes sont définis de manière à ce que (24) découle directement de (23) (voir la troisième partie du présent *Manuel*).

$$(24) \qquad r^t = \frac{N^t + T_K^t + R^t}{\sum_{k=1}^{N} P_0^{k,tB}K^{k,t}}.$$

Il s'agit d'un calcul intuitivement séduisant du taux de rendement : l'excédent net d'exploitation représente le produit des activités commerciales auquel sont ajoutés les gains de réévaluation et desquels sont déduites les pertes afin d'obtenir un « taux de rendement net » avant paiement de l'impôt sur le capital. En retranchant de r^t le taux général d'inflation ρ^t et en divisant par $(1+ \rho^t)$, on obtient le taux de rendement réel r^{t*} correspondant à r^t.

Harper, Berndt et Wood (1989), ainsi que Baldwin et Gu (2007), ont constaté que la croissance des services du capital était inférieure lorsque les plus-values, dérivées de la variation des prix des actifs, n'étaient pas incluses dans l'estimation du coût d'usage. Cette conclusion rejoint les observations issues d'autres études empiriques. Baldwin et Gu (2007) avancent l'explication suivante :

« Ce résultat s'explique, d'une part, (1) par la réorientation historique à long terme vers les biens d'équipement (dont l'amortissement est relativement important et le coût d'usage relativement élevé) au détriment des bâtiments (dont l'amortissement et le coût d'usage sont relativement faibles), ce qui accroît l'effet de composition du capital, et, de l'autre, (2) par la tendance à long terme à une augmentation plus rapide des prix des bâtiments (à l'amortissement faible) que de ceux des biens d'équipement (à l'amortissement élevé), les plus-values retranchées dans les formules du coût d'usage des bâtiments étant dans ces conditions plus importantes que celles soustraites des estimations du coût d'usage des biens d'équipement. Il s'ensuit une différence encore accrue entre le coût d'usage des bâtiments et celui des biens d'équipement, et donc à une accentuation de l'effet de composition du capital ». La version simplifiée de l'approche ex post repose sur le concept des « taux réels équilibrés » (voir l'encadré 9). La

principale hypothèse de simplification suppose que la réévaluation réelle des actifs soit fixée à zéro[32]. Le taux réel r^{t**} de la méthode simplifiée est égal aux revenus du capital tels que mesurés dans la comptabilité nationale :

$$(25) \qquad G^t+T_K{}^t = \sum_{k=1}{}^{N} P_0{}^{k,tB}(1+\rho^t)\,[r^{t**} + \delta^k\,]K^{k,t}$$

On obtient pour chaque actif une expression relativement simple du prix des services du capital, $P_0{}^{k,tB}(1+\rho^t)\,[r^{t**}+\delta^k]$, qui constitue la base des mesures en prix constants et des indices de volume des services du capital. Du fait de sa construction, la valeur totale des services du capital pour tous les actifs est égale aux revenus du capital *ex post* $G^t+T_K{}^t$.

Box 11. Encadré 10. Des taux de rendement « réels équilibrés » pour le Japon

Le Japon représente un exemple particulièrement intéressant en matière de calcul des coûts d'usage et des taux de rendement ; en effet, l'économie nipponne a enregistré une forte croissance pendant plusieurs décennies après la deuxième guerre mondiale, mais également un ralentissement significatif et prolongé à partir du début des années 90. Enfin, le marché foncier japonais des terrains a connu des variations considérables, présentant tous les signes d'une bulle pendant une période prolongée. Tous ces facteurs combinés font du Japon non seulement un pays intéressant à étudier sur le plan économique, mais aussi représentent une difficulté pour la mesure de la croissance économique.

Dans une étude non publiée, Diewert, Mizobuchi et Nomura (2005) mettent au point un ensemble de données pour le Japon et calculent un taux de rendement réel équilibré pour le secteur marchand nippon, en établissant des gains de détention réels i^{if*} dans une équation similaire à l'expression (23) de manière à ce qu'elle soit égale à zéro, puis la résolvent pour obtenir r^{t*}. Selon le raisonnement des auteurs, s'ils emploient « (…) les taux d'inflation effectifs *ex post*, (ils obtiendront) presque à coup sûr des coûts d'usage négatifs pour certaines années, ce qui n'est pas judicieux dans (leur) contexte puisqu'(ils souhaitent) que leurs coûts d'usage s'approchent fortement des loyers du marché applicables aux actifs, et que ces loyers ne peuvent être négatifs. Même s'(ils estiment) les [fluctuations de prix] en lissant les valeurs *ex post* pour ces variables ou recour(ent) à un modèle prévisionnel, avec les données japonaises, (ils) obtiendron(t) inévitablement des coûts d'usage négatifs pour des composantes de terrains en raison de l'augmentation très rapide des prix de ces derniers qui a eu lieu au Japon pendant les années 1980 ». Grâce au taux réel équilibré, les auteurs constatent que :

« (…) le taux de rendement réel *ex post* moyen sur l'ensemble de la période étudiée était de 2.152 % par an, ce qui constitue une valeur inhabituelle par comparaison internationale lorsque les stocks et les terrains sont inclus dans la base d'actifs. Cependant, les taux de rendement *ex post* réels présentent certaines tendances intéressantes ; ainsi, le taux réel *ex post* moyen jusqu'au premier choc pétrolier (les années 1955-1973) était relativement élevé, à 5.096 % par an. Pour les années 1974 à 1979 (entre les deux chocs pétroliers), il est tombé à 0.747 % par an. Pendant les années de formation de la bulle, entre 1980 et1990, le taux de rendement réel est resté relativement bas, à 0.718 % en moyenne par an. Cependant, après l'éclatement de la bulle, entre 1991 et 2003, le taux de rendement réel *ex post* est tombé en dessous de zéro, à -0.287 % par an en moyenne.

Il est difficilement envisageable que les producteurs puissent anticiper les taux d'intérêt réels équilibrés, qui sont fortement variables, pour ensuite les utiliser pour fixer les loyers annuels de leurs immobilisations, mais ils pourraient anticiper l'évolution tendancielle de ces statistiques ».

16.1.2. Taux de rendement exogènes, ex ante

Comme expliqué dans la section 8.3.1, il est possible de choisir à la place du modèle endogène présenté ci-dessus un taux de rendement extrinsèque, *ex ante*, par exemple une moyenne de différents taux d'intérêt en vigueur sur les marchés financiers. Il est préférable d'opérer dans cette optique avec des taux

[32] Précisons qu'il existe un type d'actifs, à savoir les terrains, pour lesquels il est toujours recommandé de fixer des gains de détention réels de zéro ou d'une certaine valeur à long terme, plutôt que d'utiliser la variation *ex post* de leurs prix réels. Cela s'explique par le fait – abordé de manière plus détaillée à la section 18.1 – que les marchés des terrains connaissent souvent la formation et l'éclatement de bulles qui intègrent par définition un élément de comportement irrationnel, mais également de prise de risque, de la part des acteurs économiques. Il est peu probable que la condition d'équilibre standard selon laquelle le prix d'un actif reflète la valeur actualisée des avantages futurs tirés de son utilisation se tienne pour de tels marchés et il est quasiment impossible d'évaluer les attentes dans un contexte de comportement spéculatif sur la base d'observations *ex post*. De ce fait, des raisons à la fois pratiques et conceptuelles parlent en défaveur de l'estimation des gains de détention propres à l'actif dans le cas des terrains.

réels, sachant que ceux-ci sont indépendants des taux d'inflation globaux et qu'ils tendent à afficher une volatilité inférieure. En tant que mesure *ex ante*, il sera nécessaire de lisser les séries chronologiques des taux réels observés, sachant qu'il est difficilement envisageable que les acteurs économiques anticipent totalement chaque variation des taux d'intérêt du marché. Dans de nombreux cas, une simple moyenne à long terme suffira, sauf s'il existe une tendance marquée pour les séries chronologiques des taux réels. Des travaux réalisés à l'OCDE utilisant des taux réels exogènes pour mesurer les services du capital au niveau de l'économie totale ont montré que, dans les 18 pays étudiés, les moyennes à long terme des taux d'intérêt réels oscillaient entre 3 et 5 % par an, en fonction du pays.

Le taux de rendement réel attendu au début de la période t (que nous appellerons $r_{(tB)}^{*}$) est alors combiné à une expression du taux attendu des gains ou pertes de détention réels pour le type d'actif k, $i_{(tB)}^{k*}$. Ce dernier repose sur les séries chronologiques des taux *ex post* de variation réelle des prix des actifs, i^{kt*}. A moins qu'il n'existe une tendance marquée pour les séries *ex post*, comme tel peut être le cas pour les équipements de haute technologie, fixer une variation des prix des actifs réels *ex ante* égale à zéro est une option plausible pour régler le problème. Elle permet de tenir compte des marchés sujets à la formation de bulles (comme les terrains), sur lesquels nous reviendrons en détail plus bas. L'expression (23) intègre ρ^{t}, à savoir le taux de variation d'un indice de prix général tel que l'indice des prix à la consommation. Pour la version *ex ante*, il convient de le remplacer par la croissance tendancielle de l'IPC, $\rho_{(tB)}$.

En insérant les taux attendus $r_{(tB)}^{*}$, $i_{(tB)}^{k*}$ et $\rho_{(tB)}$ dans l'expression représentant le coût d'usage, avec la somme des différents actifs et la prise en compte des impôts sur la production relatifs au capital T_K^{t}, on obtient une valeur en dollars $G_{(tB)}+T_K^{t}$, à savoir la rémunération attendue du capital pour la période comptable t.

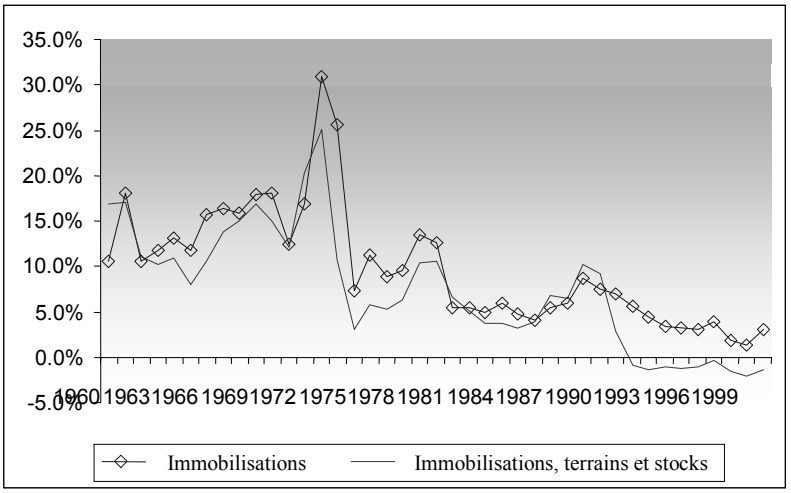
$$(26) \qquad G_{(tB)}+T_K^{t} = \sum_{k=1}^{N} P_0^{k,tB}(1+\rho_{(tB)})\,[r_{(tB)}^{*} + \delta^{k}(1+i_{(tB)}^{k*}) - i_{(tB)}^{k*}]K^{k,t}.$$

Si on décompose le secteur marchand par activité économique, le taux de rendement devient propre à chaque branche et la rémunération $G_{(tB)}$ doit donc être calculée pour chacun d'entre eux, même s'il n'est pas toujours évident de mesurer les taux de rendement propres à chaque branche sur les marchés financiers. Pour obtenir un taux de rendement réel moyen pour le secteur marchand, on élabore une moyenne pondérée des taux de rendement de chaque branche. La base de pondération naturelle employée serait la part de chaque branche dans la valeur totale du capital net du secteur marchand.

Inhérent à l'approche *ex ante* est le fait que la rémunération des services du capital calculée, $G_{(tB)}+T_K^{t}$, ne soit généralement pas égale à $G^{t}+T_K^{t}$, la rémunération *ex post* identifiable dans la génération du compte d'exploitation de la comptabilité nationale. Comme il se manifestera de nouveau pour l'approche simplifiée de la mesure du taux de rendement présentée ci-après, nous reviendrons sur ce sujet dans la section suivante.

Il existe au moins deux situations dans lesquelles l'approche exogène de mesure des taux de rendement peut se révéler fructueuse. Premièrement, lorsque le stock d'actifs considéré est incomplet en cela que d'importantes sources de services du capital ne font pas partie du stock calculé. Le domaine le plus susceptible d'être concerné ici serait les terrains, pour lesquels l'information peut n'être pas disponible, ou bien disponible mais pas fiable. Dans ce cas, un taux de rendement endogène peut présenter une déformation à la hausse du fait que les revenus non salariaux sont mis en rapport avec un stock de capital sous-évalué. Deuxième situation intéressante, lorsqu'aucune distinction empirique ne peut être faite entre le secteur marchand et le secteur public, les calculs à partir d'une approche endogène supposeront une déformation vers le bas du taux de rendement car, les actifs publics ne présentant pas d'excédent net d'exploitation, les excédents d'exploitation du secteur marchand seront mis en relation avec une base d'actifs couvrant des actifs de l'économie totale, et donc trop étendue.

Graphique 11. Taux de rendement de différents périmètres d'actifs au Japon



Source : Nomura (2004).

Pour illustrer ce point et démontrer l'impact d'un changement de périmètre des actifs, voir le graphique 11. Il représente le taux de rendement nominal exogène calculé à partir des immobilisations ou des immobilisations, des terrains et des stocks au Japon sur 40 ans. Pendant trois décennies, les différences entre les taux de rendement obtenus restent relativement minces. Cependant, durant la décennie 90 est apparu un écart entre les deux séries, le taux reposant sur les immobilisations restant supérieur à celui calculé pour la base d'actifs plus complète. De ce fait, le choix de la base d'actifs peut faire varier les résultats et une base incomplète peut entraîner une surestimation du taux de rendement en cas d'application de la méthode endogène[33]. Dans ce cas, un taux de rendement réel exogène pourrait représenter la bonne option. Pour l'estimer, on tendra généralement à utiliser les taux d'intérêt des marchés financiers et à sélectionner une moyenne de taux clés présentant un lien avec les coûts d'opportunité de l'investissement dans des actifs non financiers. Les taux d'intérêt seraient obtenus à partir des emprunts d'État, des obligations d'entreprises et des taux d'intérêt sur des obligations privées d'échéances variables.

Les taux d'intérêt d'une période à l'autre tendent à se montrer instables et les coûts d'usage reposant sur les taux d'intérêt du marché *ex post* pourraient générer des coûts d'usage plus fluctuants qu'une mesure *ex ante*. Cette considération pratique parle en faveur d'un taux de rendement exogène tendanciel ou *ex ante*, de préférence à un taux exogène *ex post*.

16.1.3. Revenus du capital ex post et ex ante pour le secteur marchand

En général, la somme des coûts d'usage calculés au moyen du taux de rendement *ex ante* n'est pas égale au montant *ex post* des revenus non salariaux $G^t+T_K{}^t$ tels que représentés dans la comptabilité nationale. Cette différence n'est pas problématique en elle-même en cela qu'elle procède des divergences entre un chiffre *ex post* et un calcul *ex ante* et peut donner lieu à d'intéressantes explications analytiques (manifestation de gains ou pertes exceptionnels, rendement d'actifs privés non observés, économies d'échelle). L'application des deux résultats n'est donc pas la même, chacun étant pertinent pour des points analytiques distincts.

33. Le taux de rendement nominal de la base d'actifs la plus complète est négatif au Japon dans les années 90 en raison de la situation spécifique du pays durant cette période de baisse des prix des terrains et de prévisions déflationnistes ; de ce fait, ce résultat présente un usage analytique. Il est cependant plus difficile d'interpréter un taux de rendement négatif dans le contexte des coûts d'usage, c'est-à-dire en tant que composant d'un prix qu'un utilisateur-propriétaire calcule au moment de décider d'utiliser ou non l'actif pour la production.

Pour les observations relatives à la distribution *ex post* des revenus entre travail et capital, les variables pertinentes sont les données *ex post* figurant dans la comptabilité nationale, de manière à ce que la part du revenu imputable au capital corresponde à la part des revenus non salariaux dans le revenu total. Pour la mesure des indices de volume des services du capital, les parts *ex ante* de chaque actif dans le revenu du capital total *ex ante* semblerait plus approprié. En effet, les parts du capital *ex ante* constituent une meilleure approximation des paramètres[34] de la fonction de production sous-jacente que l'on cherche à représenter[35].

Dans le cas des mesures du revenu du capital *ex ante* qui divergent des données *ex post*, comment traiter cet écart dans un cadre comptable ?

- Pour les ***valeurs aux prix courants*** nécessaires à la génération du compte du revenu du SCN, on peut envisager la ventilation ci-dessous pour les producteurs marchands :

Valeur ajoutée brute =	Travail	Capital
Rémunération des salariés	Rémunération des salariés	
+ autres taxes nettes sur la production	Taxes nettes sur la production affectant le travail	Taxes nettes sur la production affectant le capital
+ excédent brut d'exploitation		+ excédent brut d'exploitation
+ revenu mixte brut	+part du travail dans le revenu mixte brut	+ part du capital dans le revenu mixte brut
	= revenus du travail *ex post*	= revenus du capital *ex post*
		Valeur *ex ante* des services du capital
		Type d'actif 1
		Type d'actif 2
		:
		Type d'actif N
		Gains ou pertes résiduels

34. Dans un indice en volume des contributions combinées du travail et du capital, les parts respectives de ces deux sources de revenu sont utilisées pour évaluer les élasticités de production du travail et du capital qui caractérisent le processus de production. Les élasticités de production représentent la croissance en pourcentage de la production si un facteur augmente de 1 %. Voir Balk (1998) pour une présentation rigoureuse des indices quantitatifs des intrants et OCDE (2001a) pour une analyse des indices des facteurs de production dans la mesure de la productivité.

35 Oulton (2007) propose un raisonnement théorique intéressant selon lequel l'indice en volume des services du capital doitêtre élaboré à partir des parts des coûts d'usage *ex ante*, à savoir que la pondération de chaque actif correspondrait à son coût d'usage *ex ante*, exprimé en pourcentage de tous les coûts d'usage *ex ante*. Oulton arrive à cette conclusion en partant de sa mesure cible, la véritable valeur *ex post* du produit marginal. En pratique, les véritables parts *ex post* ne sont pas observées mais on peut les estimer au moyen d'une méthode *ex ante*. L'auteur montre en particulier que les parts *ex ante* et les véritables parts *ex post* sont parfaitement égales lorsque la fonction de production est à élasticité de substitution constante (fonction de production CES), mais aussi quasiment égale dans les cas moins spécifiques du point de vue comptable. On peut utilement en déduire que, bien que la part du coût d'usage de chaque actif soit la part *ex ante*, le niveau de compensation du capital est le coût d'usage unitaire *ex ante* corrigé du ratio entre la compensation totale du capital *ex post* et *ex ante*. Les rendements de chaque type d'actif s'ajoutent ainsi au revenu du capital *ex post*, ce qui suppose l'absence de résidu. Précisons toutefois que, selon la méthode d'Oulton, il n'y aurait pas d'actifs non observés et que la production serait caractérisée par des rendements d'échelle constants.

- Pour les valeurs ***en prix constants***, la valeur *ex ante* des services du capital serait représentée à travers les prix d'une période de référence t_0, dans lesquels joueraient un rôle les prix (indice) des services du capital, $P_0^{k,t0B}(1+\rho^{t0})\,[r^{t0**}+\delta^k]$. Une fois effectuée la somme pour tous les actifs, on arriverait à la valeur des services du capital exprimée en prix d'une année de référence. Aucune valeur à prix constants ne serait représentée pour les gains résiduels ni pour les taxes nettes des éléments *individuels*, l'excédent brut d'exploitation ou la part du capital du revenu mixte brut. Par leur nature même, les gains résiduels ne se prêtent pas aisément à une ventilation prix-volumes.

- Le régime ci-dessus donne lieu à deux types d'***indices de prix implicites pour les services du capital*** : (i) un indice de prix *ex ante* qui correspond au ratio de la valeur *ex ante* des services du capital aux prix courants divisée par la valeur *ex ante* des services du capital à prix constants ; (ii) un indice de prix *ex post* issu du quotient de la valeur *ex post* des services du capital sur les valeurs *ex ante* des services du capital à prix constants. Dans ce dernier cas, une perte ou un gain résiduel entraîneraient un effet sur le prix – en présence de gains résiduels, cet indice de prix implicite afficherait une valeur plus importante que l'indice de prix *ex ante* correspondant.

16.2. Taux de rendement de la production des ménages pour compte propre

Le taux de rendement réel $r^{H,t*}$ de la production des ménages pour compte propre sera choisi idéalement de manière à correspondre au taux de rendement explicite ou implicite du logement pour un propriétaire occupant – voir la section 8.3 pour une étude ces concepts. On trouvera davantage d'informations sur la pratique de la mesure des coûts de logement des propriétaires occupants dans la section 18.1.2. Faute de telles informations, on peut choisir comme variable représentative de remplacement le taux social de préférence temporelle (section 16.3.3).

16.3. Taux de rendement pour le secteur public

Dans la section 8.3, on a conclu qu'il était utile, à des fins d'analyse, d'imputer une valeur positive au coût des immobilisations du secteur public, afin de rendre compte des coûts d'opportunité de l'investissement de l'État. Cette approche diffère du *Système de comptabilité nationale,* qui a adopté la convention d'un taux de rendement nul pour les actifs publics. Le présent *Manuel* propose plusieurs méthodes de calcul du coût du capital pour les producteurs non marchands, tout en sachant que nous restons dans une approche analytique uniquement et qu'une telle imputation n'est nullement justifiée dans la comptabilité nationale. Citons parmi les études admettant un taux de rendement positif l'analyse de Mas et al. (2006), qui se penche sur le rôle du capital infrastructurel, détenu pour l'essentiel par des organes publics, dans la croissance économique de l'Espagne. Si l'on impute un coût du capital positif, il est recommandé que le taux de rendement pour le secteur public soit cohérent sur le plan conceptuel avec celui du secteur privé. De ce fait, si une approche *ex ante* a été adoptée pour le secteur marchand, comme décrit plus haut, alors il conviendra de l'appliquer également pour le secteur public.

Les actifs détenus par l'État sont souvent de grande envergure et sont constitués d'actifs produits et non produits. Par exemple, les ressources naturelles sont souvent un bien public et elles peuvent représenter une part significative de la richesse totale du secteur public. Notons cependant que lorsque l'État possède un actif non financier non produit, tel qu'un terrain ou une ressources souterraine, et qu'il en laisse l'exploitation à une autre entité, la location n'est pas considérée en elle-même comme de la production. De ce fait, les services en capital fournis par les terrains et les ressources du sous-sol doivent être comptabilisés du côté de leurs utilisateurs et il n'est pas nécessaire de les imputer au secteur public. Autrement dit, tous les actifs employés dans des processus de production entrepris par l'État doivent être considérés comme des sources de services en capital dans la production du secteur public, susceptibles d'un rendement du capital. Dans une optique plus pratique, ce postulat limiterait le champ des actifs publics pour lesquels un rendement net est estimé aux actifs produits (stocks compris) et aux terrains

associés à des bâtiments utilisés par l'État. Sur le plan conceptuel naturellement, tous les actifs non financiers utilisés dans la production du secteur public entrent dans le champ des actifs pour lesquels une valeur des services du capital pourrait être estimée, au moins dans un but d'analyse. Les deux points qui suivent se penchent de manière plus détaillée sur les différentes options de calcul du taux de rendement pour le secteur public, en fonction de la précision et de la portée des données empiriques disponibles.

16.3.1. Disponibilité d'informations complètes sur les taux de rendement pour le secteur marchand et le secteur des ménages

Les premières informations pertinentes pour estimer le rendement net des actifs du secteur public sont le stock net des actifs visés ou, de manière plus générale, les séries chronologiques de données sur l'investissement dans les différents actifs. Bien que tel ne soit pas toujours le cas en pratique, ces informations constituent en principe une condition préalable au calcul de l'amortissement des actifs du secteur public tel qu'il est réalisé depuis un certain temps dans la comptabilité nationale.

Même si on peut faire valoir qu'un taux de rendement réel sectoriel doit être employé pour les actifs du secteur public, il est plus simple d'utiliser un taux de rendement réel unique $r^{G,t*}$, ce qui peut se justifier par un argument de coût d'opportunité (l'investissement dans le secteur privé ou la consommation des ménages n'aurait pas nécessairement concerné le même type d'actif que l'investissement public, voir section 8.3). Sur la base des informations disponibles, le taux de rendement pour le secteur public est ainsi mesuré comme la moyenne pondérée des taux de rendement du secteur marchand r^{t*}et du secteur des ménages $r^{H,t*}$. θ représente une valeur de long terme ou tendancielle de la part du secteur marchand dans la valeur totale des actifs entre le marché et le secteur des ménages.

$$(27) \qquad r^{G,t*} = \theta r^{t*} + (1-\theta) r^{H,t*}$$

Nous avons déjà indiqué plus haut comment calculer le taux de rendement réel pour le secteur marchand. Si on décompose encore ce dernier, par exemple entre entreprises financières et non financières, ou en cas de classification croisée par secteur, alors le taux de rendement du secteur marchand correspond à une moyenne pondérée des taux obtenus par sous-secteur ou par domaine.

Le taux de rendement réel pour les ménages $r^{H,t*}$ sera idéalement choisi de manière à représenter le taux de rendement explicite ou implicite du logement du propriétaire occupant[36]. En l'absence d'une telle information, le taux social de préférence temporelle (voir plus bas) constitue une solution de remplacement possible. Le rendement des actifs du secteur public est ensuite mesuré comme le taux de rendement réel $r^{G,t*}$ appliqué au stock net moyen d'actifs publics, valorisé aux prix du début de la période, $\sum_{i=1}^{N} P_0^{i,tB} W^{i,t}$. A des fins de cohérence avec le mécanisme proposé pour le secteur marchand, nous conservons le terme $(1+\rho^t)$, dont la forme précise résulte de l'hypothèse selon laquelle les avantages de l'utilisation des actifs se cumulent à la fin de la période comptable (voir section 19.1). Enfin, le coût d'usage total du capital public est égal à la somme du rendement du capital diminué des gains de détention et de l'amortissement $D^{G,t}$. Sans tenir compte des gains/pertes de détention réels, la formule simplifiée de calcul de la valeur totale des services du capital attribuable aux actifs du service public se présente comme suit :

$$(28) \qquad U^{G,t*} = (1+\rho^t)\, r^{H,t*} \sum_{k=1}^{N} P_0^{k,tB} W^{k,t} + D^{G,t}.$$

36. Voir la section 8.3 pour un examen des concepts ; on trouvera plus de précision sur la pratique de la mesure du coût des logements occupés par leur propriétaire dans la section 18.1.2.

16.3.2. Coûts de financement

Outre la combinaison des rendements du secteur marchand et des ménages, il est également possible de calculer le taux de rendement du secteur public à partir des coûts de financement des projets gouvernementaux. Selon une approche *ex ante*, l'espérance de rendement sur l'investissement serait alors égale aux coûts de financement attendus et pourraient par exemple être représentée par les taux d'emprunt de l'État tels qu'ils apparaissent sur les emprunts du Trésor. Pour calculer les taux attendus, il pourrait être approprié d'utiliser une série lissée de taux d'emprunts d'État à différentes échéances, ces dernières étant choisies en fonction de la structure des actifs publics.

16.3.3. Représentation du rendement du secteur public par le taux social de préférence temporelle

Lorsque la comptabilité nationale ne fournit pas directement d'informations sur les taux de rendement du secteur marchand ou du secteur des ménages, il est possible d'identifier le taux de rendement du secteur public à l'aide du taux de rendement des ménages et de mesurer ce dernier en tant que taux social de préférence temporelle (TSPT). Les bases théoriques du TSPT, ou taux d'intérêt de la consommation, ont été élaborées par Marglin (1963), Feldstein (1964, 1965) et Kula (1984), bien que la question plus large de l'actualisation ait fait l'objet de débats nombreux en matière économique (Ramsey 1928). Il constitue aujourd'hui une formule bien établie pour déterminer les taux d'actualisation des projets publics – voir par exemple OXERA (2002) ou HM Treasury (2003). Malgré des variations sur ce thème, le TSPT – qui constitue un taux réel par nature – se compose en général des éléments de base suivants :

$$(29) \qquad TSPT = (1+g)^{e}(1/\Pi^{w})-1$$

Dans cette équation :

- g représente la croissance tendancielle de la consommation réelle des ménages par personne. Sans s'attarder trop longtemps sur la théorie, l'idée est ici que le taux de substitution entre le présent et l'avenir d'une société peut être estimé comme le ratio des niveaux de consommation de deux périodes ou, plus généralement, par le taux de croissance tendancielle de la consommation privée sur de longues périodes. Pour le Royaume-Uni, par exemple, ce dernier taux se situe aux alentours de 2 %.

- e représente l'élasticité de l'utilité marginale de la consommation, c'est-à-dire qu'il indique la variation de l'utilité en pourcentage pour chaque pour cent de consommation supplémentaire. Stern (1977) constitue la source classique des estimations de e. On peut en dériver des estimations par voie économétrique, les différentes études réalisées présentant un large éventail de résultats. OXERA (2002) passe en revue les différents résultats empiriques et discute leur caractère plausible. Selon les conclusions globales, une valeur comprise entre 0.5 et 1.2 semblerait raisonnable.

- Π représente la probabilité de survie d'un individu, c'est-à-dire le risque qu'un individu d'une société ne puisse bénéficier des rendements futurs d'un investissement. Π est mesuré comme 1 moins le taux de décès d'une population. Sur le plan conceptuel, Π est censé aboutir à un « taux d'actualisation temporelle pure », un concept dont l'analyse remonte à Jevons (1871). Plus récemment, certains auteurs, tels qu'Evans et Sezer (2002), ont suggéré d'attribuer à Π un coefficient de pondération reflétant le degré d'« égoïsme » des générations présentes à l'égard des générations futures. Par exemple, pour une mesure de Π^{w}, w=0 supposerait une absence totale d'égoïsme, w=1 une absence de considération pour les générations futures et w=0.5 une valeur intermédiaire. Comme nous le verrons plus bas, la sensibilité du TSPT au titre de w est faible, et w=0.5 constitue ainsi une valeur plausible.

Tableau 17. Taux social de préférence temporelle dans les pays de l'OCDE

	Consommation par personne	Probabilité de survie	Taux collectif de préférence pour le présent					
			w=0.5	w=1	w=0.5	w=1	w=0.5	w=1
	g		e=1	e=1	e=0.5	e=0.5	e=1.2	e=1.2
Australie	1.99%	0.99261	2.4%	2.7%	1.4%	2.4%	1.9%	2.9%
Autriche	2.21%	0.98890	2.8%	3.4%	1.7%	2.8%	2.5%	3.6%
Belgique	2.05%	0.98894	2.6%	3.2%	1.6%	2.6%	2.4%	3.4%
Canada	1.74%	0.99286	2.1%	2.5%	1.2%	2.1%	1.7%	2.6%
Danemark	1.64%	0.98901	2.2%	2.8%	1.4%	2.2%	2.2%	3.0%
Finlande	2.31%	0.99050	2.8%	3.3%	1.6%	2.8%	2.3%	3.5%
France	1.93%	0.99033	2.4%	2.9%	1.5%	2.4%	2.1%	3.1%
Allemagne	1.99%	0.98879	2.6%	3.1%	1.6%	2.6%	2.4%	3.4%
Grèce	2.61%	0.99085	3.1%	3.6%	1.8%	3.1%	2.4%	3.7%
Islande	3.05%	0.99330	3.4%	3.7%	1.9%	3.4%	2.3%	3.9%
Irlande	2.81%	0.99069	3.3%	3.8%	1.9%	3.3%	2.5%	4.0%
Italie	2.07%	0.99029	2.6%	3.1%	1.5%	2.6%	2.2%	3.3%
Japon	2.50%	0.99322	2.8%	3.2%	1.6%	2.8%	2.1%	3.3%
Luxembourg	2.68%	0.98962	3.2%	3.8%	1.9%	3.2%	2.6%	4.0%
Pays-Bas	1.73%	0.99150	2.2%	2.6%	1.3%	2.2%	1.9%	2.8%
Nouvelle Zélande	1.28%	0.99223	1.7%	2.1%	1.0%	1.7%	1.6%	2.2%
Norvège	2.55%	0.98985	3.1%	3.6%	1.8%	3.1%	2.5%	3.8%
Portugal	2.91%	0.98978	3.4%	4.0%	2.0%	3.4%	2.7%	4.2%
Espagne	2.61%	0.99156	3.0%	3.5%	1.7%	3.0%	2.3%	3.7%
Suède	1.30%	0.98922	1.9%	2.4%	1.2%	1.9%	2.0%	2.6%
Suisse	1.12%	0.99100	1.6%	2.0%	1.0%	1.6%	1.7%	2.2%
Turquie	1.78%	0.99127	2.2%	2.7%	1.3%	2.2%	2.0%	2.9%
Royaume-Uni	2.28%	0.98870	2.9%	3.4%	1.7%	2.9%	2.5%	3.7%
Etats-Unis	1.96%	0.99135	2.4%	2.8%	1.4%	2.4%	2.0%	3.0%
Moyenne	2.1%	0.99068	2.6%	3.1%	1.5%	2.6%	2.2%	3.3%

Sources : Comptabilité nationale annuelle de l'OCDE, statistiques de population de l'OCDE et calculs de l'auteur.

Le tableau 17 nous informe sur l'analyse du TSPT dans les pays de l'OCDE. Nous avons calculé le taux d'évolution de la consommation par habitant pour la période 1970-2005, représenté par la lettre g dans la deuxième colonne. En moyenne, ce taux se situe aux alentours de 2 %, quoique avec des écarts d'un pays à l'autre. La troisième colonne donne la probabilité de survie moyenne pour les mêmes 35 années, calculée comme le quotient du nombre de décès sur la population totale. Enfin, six combinaisons de paramètres relatives au taux de préoccupation à l'égard des générations futures (w) et à l'élasticité de l'utilité relativement à la consommation (e) sont utilisées pour le calcul du TSPT. A la lecture des études sur le sujet, w=0.5 et e=1 nous a semblé constituer la combinaison de paramètres la plus adaptée. Elle aboutit en moyenne à un TSPT de 2.6% pour les pays étudiés. Compte tenu des exigences relativement faibles en matière de données, le TSPT doit également pouvoir être calculé pour les pays dotés de systèmes statistiques moins développés que les membres de l'OCDE.

Moore, Boardman, Vining, Weimer et Greenberg (2004) passent en revue les différentes méthodes pour arriver à un taux social de préférence temporelle et fournissent des directives simples selon qu'il s'agit d'un projet intragénérationnel (moins de 50 ans) ou intergénérationnel (50 ans ou plus), et que ce dernier est susceptible de supplanter un investissement privé ou non. Avec quelques différences

supplémentaires non mentionnées ici, les auteurs aboutissent au final à une estimation centrale recommandée de 3.5 %, dans une fourchette comprise entre 2.0 % et 5.0 %.

CHAPITRE 17. AGRÉGATION DES ACTIFS ET DES SECTEURS

17.1. Agrégation des actifs

A ce stade, l'essentiel de l'analyse s'est concentré sur un type unique d'actif. De nombreux concepts sont effectivement mieux véhiculés de cette manière, mais l'agrégation joue un rôle important dans la traduction chiffrée des concepts de stock de capital productif, de services du capital, de stock de capital net et de composition du capital.

Dans un tel contexte, le point le plus important réside dans le fait que c'est le processus d'agrégation qui est fondamentalement à l'origine de la différence entre services du capital et stock de capital net ou stock de capital patrimonial. A l'échelle des actifs individuels, le stock de capital productif pourra différer du stock de capital net, mais pas nécessairement. Le cas le plus notable de concordance des mesures se manifeste en présence de taux géométriques constants d'amortissement, qui supposent les mêmes taux de diminution de l'efficience et donc une similitude entre le stock de capital productif et le stock de capital net au niveau de l'actif. Cependant, pour tous les types de profils ancienneté-efficacité et ancienneté-prix, lorsque le capital productif est multiplié au moyen d'une formule des coûts d'usage unitaires, on observe une différence entre la valeur du capital net et celle des services du capital. Cette différence perdure pour l'agrégation des actifs, du fait que les pondérations d'agrégation ne sont pas les mêmes dans les deux cas.

Une des méthodes naturelles de mesurer la richesse réside dans une évaluation des actifs à leur prix de marché, en tenant compte du fait que le prix des actifs anciens est généralement inférieur à celui des actifs neufs. Pour mesurer les services du capital, les actifs doivent être valorisés sur la base des coûts d'usage qu'ils engendrent sur une période donnée. La part représentée par le coût d'usage d'un actif sera relativement plus élevée que la part de cet actif dans la richesse si sa durée de vie est courte (les taux d'amortissement élevés le rendant plus coûteux qu'un actif de durée plus longue) et/ou si son prix de marché augmente moins vite ou chute plus rapidement que le prix moyen des biens d'équipement. Des coûts d'usage élevés sont souvent associés à des actifs soumis à des évolutions techniques rapides, qui supposent une durée de vie utile réduite et une baisse des prix du marché imputable à leur obsolescence.

Il convient de souligner que la valeur analytique des mesures du stock de capital productif ne réside pas tant dans le niveau du stock lui-même que dans son taux de variation, du fait que ce dernier constitue l'indice de volume des services du capital, à son tour l'objectif analytique des mesures du facteur capital et de la productivité. L'agrégation elle-même doit suivre les formules utilisées en comptabilité nationale, ordinairement les formules d'indices chaînés, du type de Laspeyres ou de Fisher. De manière générale, il est préférable d'utiliser les formules d'indices « superlatifs »,[37] telles que l'indice idéal de Fisher, mais le

[37]. Les indices « superlatifs » ont été élaborés dans le cadre de l'approche économique des indices. Dans ce contexte, c'est la théorie microéconomique 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 formules fonctionnelles fournissant une approximation de deuxième ordre d'une fonction homogène, linéaire, deux fois différenciable 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

choix dépendra des exigences de cohérence avec les types d'indices employés dans la comptabilité nationale.

La meilleure manière d'illustrer ces principes consiste à passer par un exemple chiffré, comme dans le tableau 18 ci-dessous. Deux actifs sont représentés, les « camions » et les « ordinateurs », ainsi que le stock de capital patrimonial et le stock de capital productif qu'ils représentent aux prix d'une année de référence. Pour rester simple, et comme on le ferait pour des profils géométriques ancienneté-prix et ancienneté-efficacité, le stock de capital productif et de capital patrimonial pour chaque actif aura la même valeur. Les valeurs de chaque stock exprimées en prix de l'année 0 sont représentées sur la première ligne du tableau pour chaque produit et pour les deux années. L'indice de prix des camions (neufs) enregistre une hausse de 5 %, tandis que celui des ordinateurs recule de 5 %. En conséquence, le stock de capital patrimonial relatif aux camions pour l'année 1, valorisé aux prix de cette même année, s'élève à 105 unités monétaires, contre 114 unités monétaires pour le stock de capital patrimonial relatif aux ordinateurs. La quatrième ligne du premier compartiment représente la part de chaque actif dans la richesse totale, aux prix de l'année correspondante – entre les deux années, la part des camions a reculé, tandis que celle des ordinateurs a augmenté. L'indice du stock de capital patrimonial mesuré comme l'indice de volume de Laspeyres progresse de 10 %, l'indice de Paasche croît de 9.5 % et l'indice de Fisher augmente de 9.7 %.

Tableau 18. Agrégation des actifs – exemple chiffré

		Camions		Ordinateurs	
		Année 0	Année 1	Année 0	Année 1
Capital patrimonial aux prix de l'année 0		100	100	100	120
Indice de prix d'un actif neuf		1	1.05	1	0.95
Capital patrimonial aux prix de chaque année		100	105	100	114
Part dans le patrimoine total		50.0%	47.9%	50.0%	52.1%
Indice de volume de Laspeyres	1.100				
Indice de volume de Paasche	1.095				
Indice de volume de Fisher	1.097				
Stock de capital productif aux prix de l'année 0		100	100	100	120
Taux de rendement réel	0.04				
Taux d'amortissement		0.15	0.15	0.3	0.3
Prix des services du capital (coût d'usage unitaire)		0.19	0.20	0.34	0.32
Valeur des services du capital		19.00	19.95	34.00	38.76
Part du coût d'usage		35.8%	34.0%	64.2%	66.0%
Indice de volume de Laspeyres	1.128				
Indice de volume de Paasche	1.124				
Indice de volume de Fisher	1.126				

Intéressons-nous maintenant au stock de capital productif. Il convient de disposer d'un peu plus d'informations pour pouvoir calculer le coût d'usage de chaque actif : en prenant pour hypothèse un taux de rendement réel de 4 % et des taux d'amortissement de 15 % pour les camions et de 30 % pour les ordinateurs, on calcule le prix des services du capital en multipliant l'indice de prix des nouveaux actifs par la somme des taux réels de rendement et d'amortissement. Étant donné que l'indice de prix des biens

des hypothèses standard quant aux comportements 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 ». Un raisonnement similaire s'applique à l'indice idéal de Fisher, qui peut également entrer dans la famille des indices superlatifs. Pour une analyse complète, voir Diewert *in* : OMT et al. (2004).

d'équipement est égal à 1 pour l'année de référence 0, le prix des services du capital correspond donc à 1*(0.04+0.15)=0.19 pour les camions et à 1*(0.04+0.30)=0.34 pour les ordinateurs[38]. La multiplication de ce prix des services du capital du stock de capital productif, également mesuré en prix de l'année 0, aboutit à la valeur totale des services du capital pour chaque actif – 0.19*100=19.0 unités monétaires dans le cas des camions pour l'année 0, et 0.34*100=34.0 unités monétaires pour les ordinateurs.

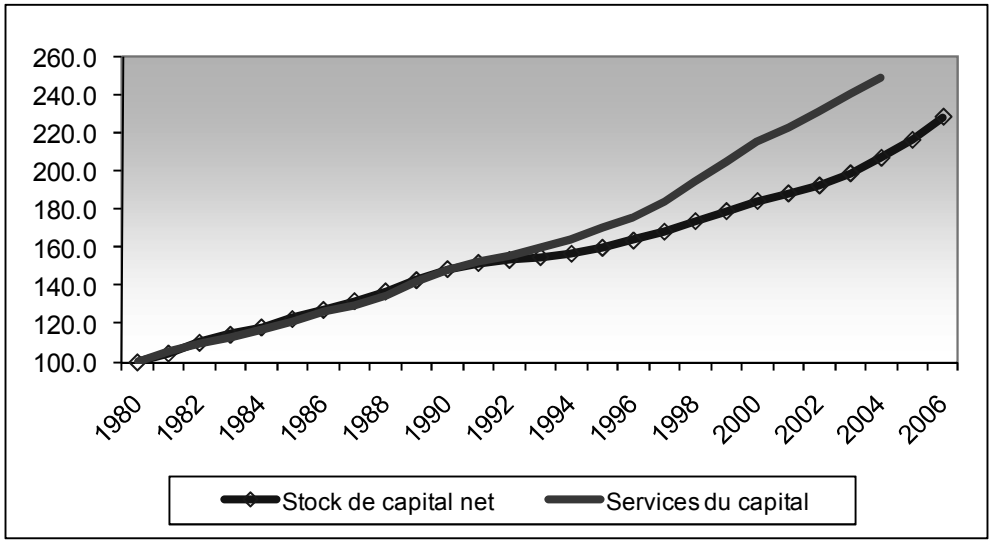
On effectue un calcul similaire pour l'année 1. Dans le cas des camions, le prix des services du capital est à présent de 1.05*(0.04+0.15)=0.199, contre 0.95*(0.04+0.30)=0.323 pour les ordinateurs. La valeur des services du capital pour chaque actif est encore obtenue en multipliant le prix des services du capital par le volume des stocks de capital, soit 0.199*100=19.9 pour les camions et 0.323*120=38.75 pour les ordinateurs. En disposant des prix des volumes des deux actifs, il est possible de calculer un indice de Laspeyres des services du capital sous la forme de la moyenne pondérée des coûts d'usage de la variation en volume du stock de capital productif de chaque actif. Celle-ci ressort à 12.8%, soit un peu plus que la variation en volume du capital patrimonial. La même procédure s'applique aux autres formules d'indices numériques. Cette différence formalisée, à savoir la croissance plus rapide des services du capital que du stock de richesse, est souvent observée dans la pratique. Elle survient lorsque des actifs à la durée de vie courte, en raison de la baisse de leur prix relatifs, occupent une part croissante de la structure des facteurs de production relevant du capital.

Bien que le volume de services du capital soit une mesure conceptuellement correcte de la quantité du facteur capital dans la production, de préférence à la variation en volume du stock de capital net, il est intéressant sur le plan de l'analyse d'étudier les deux indices. Jorgenson (1995) a été le premier à élaborer un indice de « qualité du capital », en comparant la variation en volume des services du capital et celle du stock de capital net. Il s'agit plus précisément d'un indice du changement de composition du facteur capital. Dans notre exemple ci-dessus, l'indice de changement de composition correspondrait au rapport entre l'indice de Fisher du volume des services du capital et l'indice de Fisher du volume du stock de capital net : 1.126/1.097=1.0259, soit environ 2.6%. Une hausse de cet indice dénoterait une évolution de la composition en faveur des biens d'équipement aux coûts unitaires relativement élevés, et donc une productivité marginale par période relativement forte – par exemple, un ordinateur doit dégager des rendements marginaux significatifs pour compenser sa dépréciation rapide et ses coûts d'obsolescence.

Une telle hausse de l'indice du changement de composition ressort, par exemple, des chiffres du graphique 12 ci-après, qui représente un indice des services du capital et un indice du stock de capital net pour le secteur marchand australien. La divergence entre les deux mesures est visible depuis le début des années 90 et elle procède d'une évolution de la composition de l'investissement australien en faveur de biens d'équipement à la durée de vie plus courte et aux taux d'amortissement supérieurs à la moyenne.

[38] Le prix des services du capital (ou coût d'usage unitaire du capital) correspond à la valeur courante en dollars des services du capital en dollars constants (année 0) du stock de capital productif. Il est donc mesuré en dollars courants plutôt qu'en dollars d'une année de référence.

Graphique 12. Stock de capital net et services du capital dans le secteur marchand australien



Sources : Office statistique australien (ABS) et calculs de l'OCDE à partir des données de l'ABS

17.2. Agrégation des secteurs d'activité

Sous réserve de disposer des données nécessaires, l'analyse des mesures du capital à l'échelle des secteurs d'activité peut présenter un grand intérêt. Dans un ensemble de données idéal, les renseignements relatifs à chaque secteur seront répertoriés par grand secteur institutionnel (entreprises, ménages, État) et l'agrégation peut s'effectuer en trois temps :

- Pour chaque combinaison de secteurs/branches, agrégation des mesures du capital des actifs selon les modalités décrites au point précédent ;

- Pour chaque branche, agrégation des mesures du capital des secteurs d'activité, par branche. Cela permet d'obtenir les mesures du capital par secteur institutionnel – pour l'essentiel, les producteurs marchands, les ménages et les institutions publiques ;

- Il est aussi possible d'agréger les mesures du capital des différentes branches, par secteur d'activité, ce qui permet d'obtenir des mesures du capital par secteur d'activité ;

- Pour l'ensemble de l'économie, agrégation des mesures du capital des branches ou des secteurs d'activité.

Cette procédure d'agrégation en trois étapes constitue une manière générale d'aborder la construction d'agrégats pour l'ensemble de l'économie. Elle est plus générale qu'une technique d'agrégation en une seule étape qui passerait directement de l'actif à l'économie ou au secteur marchand dans leur ensemble. Cela s'explique par le fait qu'une première agrégation au niveau des secteurs d'activité conserve ces dernières comme des éléments constitutifs et autorise implicitement que des facteurs identiques soient rémunérés de manière différente selon les branches. Ce phénomène peut procéder d'imperfections du marché, de coûts d'ajustement variables selon les branches ou du risque d'exploitation propre à chaque branche, qui suppose des taux de rendement attendus du capital différents. En théorie également doivent être prises en compte les différences de coûts d'usage et de taux de rendement d'une branche à l'autre, et qui peuvent provenir de nombreux facteurs, tels que l'effet de ciseaux fiscal ou la composition des actifs.

Une procédure d'agrégation directe qui omettrait la dimension de la branche supposerait de manière implicite qu'un type d'actif particulier obtiendrait la même rémunération, quelle que soit sa place utile dans l'économie. On pourrait également dire que traiter l'économie ou le secteur comme une seule et unique branche revient à supposer que tous les marchés internes de cette « grande entreprise » fonctionneraient sans heurt et de manière efficiente. Il existe toutefois une justification théorique à une telle approche. Jorgenson, Ho et Stiroh (2005) montrent ainsi que la procédure d'agrégation en une seule étape revient à spécifier une « frontière de possibilité de production », qui décrit la croissance et l'interaction du capital, du travail et de la productivité dans des conditions de marché efficientes. Les auteurs emploient ensuite la procédure d'agrégation en une étape comme valeur de référence et comparent ses résultats à ceux de l'approche en plusieurs temps. Ils interprètent les différences comme des effets de « réallocation ». Ces effets se manifestent par exemple lorsque le volume agrégé des facteurs de production du capital évoluent, simplement parce que le capital varie entre les branches et génère ainsi des produits marginaux différents en fonction de leur domaine d'utilisation. De ce fait, tant l'approche en une étape que celle en plusieurs temps présentent un intérêt sur le plan de l'analyse, en particulier lorsque les deux sont appliquées, puis comparées. La procédure en une seule étape présente une valeur en tant que mesure de référence pour la croissance du capital et de la productivité sur des marchés en fonctionnement, tandis que celle en plusieurs temps décrit l'état effectif de l'accumulation du capital et de la croissance de la productivité.

Selon Jorgenson, Ho et Stiroh (2005), Oulton (2007), et Baldwin et Gu (2007), la réallocation des services du capital selon les branches a un impact significatif sur la croissance agrégée des services du capital, principalement du fait que les branches présentant d'importants taux de rendement tendent à enregistrer une forte croissance des services du capital et de leur stock de capital. Baldwin et Gu (2007) constatent par exemple que l'effet de réallocation était à l'origine d'environ 10 % de la croissance des services du capital du secteur marchand de l'économie canadienne entre les années 1981 et 2001.

En pratique, ont ne dispose pas toujours d'un ensemble de données complet. De même, il est parfois malaisé d'établir une distinction entre les producteurs marchands et non marchands, en particulier dans des branches comme l'éducation ou la santé, qui emploient les deux types d'opérateurs. Une approche simplifiée consiste à rassembler toutes les branches dominées par des producteurs marchands dans une catégorie de « secteur marchand », à l'exception peut-être de l'immobilier, où l'offre de logements détenus par des propriétaires occupants doit être identifiée séparément en tant que production par les ménages. Le secteur public serait alors assimilé à l'Administration publique et à la défense (catégorie L de la CITI) et aux Autres activités de services collectifs, sociaux et personnels (catégorie O de la CITI).

CHAPITRE 18. POINTS SPÉCIFIQUES DE LA MESURE DU CAPITAL

18.1. Terrains et logements

Dans sa classification des actifs, le SCN établit une distinction entre les logements et les autres bâtiments et immeubles dans la catégorie des actifs produits et les terrains en tant qu'actifs non produits. Les autres bâtiments et immeubles sont à leur tour répartis entre bâtiments à usage non résidentiel, autres bâtiments et amélioration des terrains. Bien que les terrains constituent un actif non produit, ils sont largement reconnus par les chercheurs en économie comme un facteur de production, et donc comme un actif engendrant un flux de services du capital dans la production.

> *« Les actifs produits ne sont pas les seuls à entrer dans le processus de production. La première forme d'actifs non produits, et la plus ancienne, sont les terrains. Les terrains ont ceci de particulier qu'avec une bonne gestion leur valeur est supposée rester constante d'une année sur l'autre, hors effets de l'inflation sur les prix du foncier. Cela signifie que ces actifs ne se déprécient pas et que l'ensemble de leur contribution à la production peut être considérée comme un revenu. […] Il peut semble assez curieux de penser qu'un actif non produit puisse fournir des « services », puisqu'en comptabilité nationale les services sont toujours produits. Il s'agit simplement d'une conséquence des termes choisis par les économistes pour décrire la contribution du capital à la production, sans que ce terme de « service » ne soit relié à l'interprétation qu'en donne le SCN. De même, on peut décrire la rémunération des employés comme le coût des services tirés du travail ». (version révisée du SCN, à paraître)*

Dans la question de la mesure du capital, les terrains et les logements méritent une attention toute particulière pour les raisons suivantes :

- Ils suscitent des problématiques spécifiques du fait qu'il n'est souvent pas possible de distinguer la valeur d'un terrain de celle du bâtiment construit dessus. Pourtant, cette distinction est nécessaire parce que les bâtiments se déprécient, mais pas les terrains ;

- Les immeubles résidentiels et non résidentiels ont des durées de vie utiles longues et les données d'investissement requises pour appliquer la méthode de l'inventaire perpétuel ne sont pas toujours disponibles. Les stocks de bâtiments peuvent donc devoir être estimés sur la base d'informations physiques sur le stock de logements, sur les registres cadastraux, etc., ce qui accroît encore l'incertitude statistique, en particulier en ce qui concerne l'évaluation du stock de terrains et d'immeubles ;

- Les marchés fonciers peuvent faire l'objet de bulles (prix des actifs), phénomènes complètement opposés à la théorie d'équilibre simple qui sous-tend le modèle des services du capital et qui peuvent donc invalider les méthodes standard d'estimation de la valeur et du volume des services tirés de ces actifs ;

- Les logements occupés par leurs propriétaires constituent une importante activité non marchande de production des ménages. Les mesures des services du capital et des coûts d'usage sont une manière d'estimer la valeur de cette production et peuvent modifier de manière significative le niveau et les taux de croissance du PIB ;

- Bien que les indices de prix des immeubles résidentiels et non résidentiels soient notoirement difficiles à mettre au point, la majeure partie de la qualité de l'évaluation des services du capital issus des terrains et des bâtiments dépend de celle des indices de prix disponibles ;

- Plus généralement, la mesure des services tirés des terrains et des bâtiments affecte trois variables économiques particulièrement importantes, à savoir le PIB, le capital comme facteur de production et l'indice des prix à la consommation, ce qui justifie l'intérêt d'une approche constante de ces mesures.

Pour des raisons pratiques, seuls les terrains bâtis et les terres cultivées doivent être considérés comme une source de services du capital.

18.1.1. Chiffrer et évaluer le stock de terrains

Le terrain ne constitue pas un actif homogène et ses prix peuvent évoluer à des rythmes très différents en fonction de son usage et de sa localisation. La classification des actifs non produits distingue quatre types de terrains :

- Les terrains naturels bâtis et les eaux de surface associées ;

- Les terrains naturels cultivés et les eaux de surface associées ;

- Les parcs et jardins naturels et les eaux de surface associées ;

- Les autres terrains naturels et les eaux de surface associées.

Il sera souvent utile à des fins statistiques de maintenir la distinction entre ces catégories car l'évolution des prix sera généralement différente pour chacune d'entre elles, et tous les types de terrains ne sont pas nécessairement des sources de services du capital. Il semblerait évident que les terrains bâtis et les terres cultivées représentent de telles sources – avec une contribution apparente à la production telle que définie dans la comptabilité nationale. On ne sait pas clairement dans quelle mesure cela s'appliquerait aux parcs et jardins et autres terrains naturels. Pour la plupart des applications pratiques, il semblerait donc que seuls les terrains bâtis et les terres cultivées doivent être considérés comme des sources de services du capital.

Le cadastre représente un point de départ naturel pour mesurer les volumes des différentes catégories de terrains. Bien plus complexe est l'évaluation des terrains et la mise au point d'un indice de prix pour chaque catégorie. Pour les terrains résidentiels, on peut entre autres appréhender l'évaluation en utilisant les informations sur les ventes de logements (comprenant à la fois les bâtiments et le terrain qui les supporte), les données sur les bâtiments permettant de déduire la valeur des terrains (voir l'encadré pour un exemple en Australie). Davis et Heathcote (2004) ont adopté une approche résiduelle similaire de l'estimation d'une série chronologique de prix de terrains résidentiels pour les États-Unis.

On dispose souvent plus facilement d'informations sur les prix et sur les volumes de bâtiments et d'immeubles sans les terrains lorsque les données sur le stock de logements utilisent la méthode de l'inventaire perpétuel, avec des séries d'investissement pour les bâtiments et les immeubles issues de la comptabilité nationale. Les enquêtes sur l'investissement dans la construction permettent de rassembler de manière relativement aisée des informations sur la valeur des bâtiments hors terrain.

Attribuer une valeur à des stocks de terrain est également problématique lorsque les prix varient considérablement en fonction des emplacements et l'application d'un prix « moyen » peut sembler exposée

à une forte déformation. Une première étape vers la représentation des différences régionales des prix des terrains consiste à effectuer une stratification minimale pour établir une distinction entre les zones les plus concernées par les écarts de prix, par exemple l'opposition villes/campagnes. Blades (2006) souligne que des estimations du ratio moyen de la valeur du terrain sur la valeur moyenne des logements (hors terrain) peuvent parfois être obtenues auprès de sources telles que les agents immobiliers ou dans les archives officielles de la valeur des terrains. Certains pays pourront emprunter des ratios estimés aux pays voisins présentant des densités de population et des structures d'habitat comparables.

Box 12. Encadré 11. Évaluation des terrains et des logements détenus par des ménages en Australie

Une nouvelle méthode mise en place pour la valorisation des terrains et des logements détenus par les ménages australiens a commencé par une comparaison des différentes sources de valeur combinées pour ces deux types d'actifs. A cette fin, l'ABS a comparé trois sources pour la valeur globale et la valeur moyenne des logements en 2004 :

- L'enquête sur les revenus et le logement (*Survey of Income and Housing*), fondée sur les déclarations des ménages concernant la valeur de leurs biens immobiliers, et couvrant à la fois bâtiments et terrains (valeur moyenne des logements : 299 000 dollars)
- Les estimations de la Banque de réserve australienne, calculées en appliquant des prix de vente moyens au nombre de logements tel que répertorié par le Recensement de l'ABS (*Census of Population and Housing*) (valeur moyenne des logements : 335 000 dollars)
- Les estimations issues de la comptabilité nationale, avec des informations détaillées sur le stock de logements depuis le recensement de 1991 (valeur moyenne des logements : 349 000 dollars)

Il est ressorti de cette comparaison que les deux estimations indépendantes, celles de la Banque de réserve et de l'enquête sur les revenus et le logement, se rejoignent à peu près. L'ABS a ensuite adopté l'estimation de valeur combinée des terrains à usage résidentiel et des logements de la Banque de réserve.

L'ABS estime de manière résiduelle la valeur des terrains détenus par d'autres agents économiques que les ménages en retranchant la valeur des terrains résidentiels et des logements possédés par ces derniers de l'évaluation globale de ces actifs telle que fournie par la Banque de réserve.

Cette nouvelle méthode s'est traduite par une révision de l'état et de la répartition sectorielle des terrains et logements, comme le montre le tableau ci-dessous. Tous les chiffres s'entendent en milliards de dollars australiens et concernent juin 2005.

	Ent. non financières	Ent. financières	Secteur public	Ménages
Logements				
ancienne est.	44.6	--	3.7	1038.9
nouvelle est.	44.1	--	3.6	1038.5
Terrains résidentiels				
ancienne est.	83.4	--	--	1437.7
nouvelle est.	179.1	--	10.8	1683.0
Terrains commerciaux				
ancienne est.	32.4	22.3	--	138.7
nouvelle est.	138.4	24.4	--	40.7
Terrains ruraux et autres				
ancienne est.	16.7	--	133.2	192.2
nouvelle est.	16.6	--	133.2	191.4

Source : Australian Bureau of Statistics (2006)

18.1.2. Coûts d'usage des terrains

Étant entendu que le terrain est une source de services du capital, on peut se demander comment mesurer ses coûts d'usage et ceux des bâtiments qui y sont emplantés. Nous allons limiter la réflexion aux immeubles à usage résidentiel et aux terrains associés, nombre de points valant également aux bâtiments non résidentiels et aux terrains qui les supportent, ainsi qu'aux terres cultivées. De même, les logements jouent un rôle important, ne serait-ce que par leur taille, mais également parce que les logements occupés par leurs propriétaires ont une double nature : ils constituent à la fois des sources de services du capital et la principale manifestation de production par les ménages. Il s'ensuit un problème de cohérence lorsque les mesures des services du capital du côté des facteurs de production reposent sur une approche du coût d'usage et lorsque la production de services de logement par les ménages est estimée à l'aide d'une méthode différente, telle que l'approche de l'équivalent loyer, sur laquelle nous reviendrons plus bas.

Comme les terrains sont un actif non produit, leur coût d'usage n'inclut aucune dimension de dépréciation. Les coûts d'usage des terrains se composent donc de deux éléments : le rendement réel du capital et les gains ou pertes réels de détention. Cette catégorie d'actifs présente tout de même une particularité en cela que les terrains, et surtout ceux à usage résidentiel, ne sont pas exempts de bulles spéculatives, ce qui constitue un obstacle conceptuel et d'évaluation au moment d'estimer le prix et le volume des services du capital liés correspondant aux terrains.

Les prix des terrains font régulièrement l'objet de bulles spéculatives, situation face à laquelle l'approche d'équilibre simple d'évaluation des actifs n'est pas bien adaptée.

Box 13. Encadré 12. Valorisation des terrains au Canada

Au Canada, la valeur des terrains est mesurée selon trois catégories.

Terres agricoles (dont la part décline avec le temps) – Il s'agit de la valeur de toutes les terres agricoles privées, communiquée par la division Agriculture de Statistique Canada. Les données annuelles sur la valeur du capital des fermes reposent sur les recensements décennaux et quinquennaux et sur les projections effectuées entre les recensements. Ces projections reposent sur les chiffres des transactions, complétés par les enquêtes annuelles auprès des fermes.

La valeur des bâtiments (et leur dépréciation) est calculée en pourcentage du capital total de l'exploitation (terrains plus bâtiments, hors stocks). De ce fait, la valeur des terres agricoles est calculée de manière résiduelle. Cependant, compte tenu de la taille relative des terrains dans le capital global de l'exploitation, les erreurs de mesure éventuellement associées à ce processus d'estimation sont relativement limitées.

Les estimations trimestrielles des terres agricoles constituent des interpolations linéaires d'estimations annuelles. Dans la mesure où celles-ci intègrent les périodes de croissance et de ralentissement des produits agricoles et des prix, et sachant que les cycles de production agricoles sont largement annuels par nature, cette méthode de déduction d'estimations trimestrielles est jugée acceptable.

Les statistiques du recensement relatives indiquant si les entreprises agricoles sont constituées en société ou non sont également employées pour calculer les estimations des terres agricoles.

Terrains entourant des zones résidentielles (la plus importante catégorie de terrains, en croissance proportionnelle avec le fort dynamisme du secteur des logements durant l'essentiel des cinq dernières années). – Il s'agit des terrains entourant différents types de bâtiments résidentiels détenus par différents agents économiques, parmi lesquels les maisons individuelles et les immeubles collectifs, y compris les maisons mitoyennes, les maisons en rangées et les appartements.

Les estimations sont calculées au moyen de ratios terrains/bâtiments (RTB), qui sont établis en fonction de l'activité de construction de nouveaux immeubles par catégorie (habitat individuel ou collectif) dans tout le pays, ce qui inclut les estimations régionales encore décomposées en zones métropolitaines de recensement (ZMR). La nouvelle activité consiste à sélectionner trois détails clés sur l'ensemble des unités vendues en une année, les deux premiers étant la valeur des permis de bâtir (VPB) et la valeur du prix d'absorption, (VPA), cette dernière correspondant à la valeur de vente de l'ensemble de l'immeuble résidentiel. Les valeurs des permis de bâtir sont retraitées des valeurs non répertoriées dans la comptabilité nationale et nous appliquerons à cette variable le même facteur d'ajustement.

LSR = (APV-BPV)/BPV.

La troisième donnée clé est l'adresse physique de l'immeuble achevé et vendu, qui permet d'identifier si celui-ci se trouve dans la zone suburbaine d'une grande ville (ce qui est le cas de la grande majorité des constructions neuves) ou dans un centre urbain (quantités très limitées de réalisations sur terrains intercalaires). Le RTB est toujours plus élevé dans les centres urbains et le rapport terrains/bâtiments fait l'objet d'un ajustement supplémentaire tenant compte de la dépréciation accrue des immeubles plus anciens en centre-ville. Les pondérations du recensement sont ensuite appliquées pour calculer le RTB par zone métropolitaine du recensement et par région, de manière à déduire un RTB pour les maisons individuelles et les immeubles collectifs à l'échelle de tout le pays dans le but d'une application aux estimations du stock de logements.

Il ressort de cette méthodologie des estimations de terrains qui varient en fonction des types de bâtiments, des zones urbaines ou suburbaines et des régions canadiennes. Cette approche nécessite beaucoup de travail et la VPA est calculée avec un certain décalage, à tel point que cette méthode détaillée fournit des résultats généralement en retard de trois à quatre ans sur les faits et que des projections de RTB sont établies à partir d'un ensemble d'indicateurs courants de l'activité et des prix immobiliers réels. Cependant, les données obtenues se sont révélées fiables. Ces mêmes indicateurs courants, complétés par les coûts de transfert immobilier trimestriels, servent à la mise au point de RTB trimestriels.

Les estimations sectorielles reposent sur la répartition par secteur des logements individuels et collectifs, à partir du RTB. La majeure partie des terrains résidentiels sont alloués aux ménages.

Les estimations macroéconomiques de l'immobilier résidentiel pour le secteur des ménages (bâtiments et terrains) sont très proches des estimations indépendantes réalisées à partir de l'agrégation de données microéconomiques issues des enquêtes sur l'actif et l'endettement des ménages.

Terrains entourant des bâtiments non résidentiels – Il s'agit de la valeur de tous les terrains de type commercial – à savoir ni agricoles ni résidentiels – détenus par les agents économiques. On dispose dans cette catégorie d'estimations pour les terrains des entreprises constituées en société ou non et appartenant au secteur public (ainsi qu'aux organisations à but non lucratif incluses dans chacun de ces secteurs). Les terrains concernés sont ceux qui jouxtent aussi bien les bâtiments que les ouvrages d'art.

Les estimations sont calculées à partir des ratios terrains/bâtiments, lesquels ont été mis au point à partir de l'observation de la répartition des terrains et des bâtiments pour chaque branche dans les enquêtes auprès des entreprises menées par Statistique Canada. Les branches pour lesquelles les bâtiments commerciaux sont majoritaires ont servi au calcul du RTB pour les immeubles commerciaux. Les données font ensuite l'objet d'une vérification croisée avec les indicateurs de l'immobilier commercial pour établir un schéma de taux de croissance annuel. En outre, les estimations trimestrielles de RTB sont élaborées à partir des mêmes indicateurs, complétés par les coûts de transfert. Les branches pour lesquelles les ouvrages d'art sont majoritaires ont servi à calculer le RTB de cette catégorie de construction. Le RTB des ouvrages d'art est relativement faible et les données trimestrielles sont obtenues par interpolation linéaire.

Source : Statistique Canada (2007), communication directe avec l'OCDE.

Intéressons-nous tout d'abord aux questions conceptuelles. Nous commencerons en faisant référence à une proposition intéressant les taux de rendement *ex ante* : les producteurs désireux de minimiser les coûts tendront à utiliser les actifs dans des proportions telles que l'espérance de rendement corrigé du risque soit la même pour tous les types d'actifs. A ce stade, le présent *Manuel* s'est très peu penché sur le risque, ayant seulement évoqué le fait que les différences entre les taux de rendement *ex ante* des divers secteurs d'activité étaient peut-être justifiées par des différences des niveaux de risque entre ces secteurs. Pour la plupart des actifs d'un secteur donné, il est difficile de faire valoir ce qui pourrait expliquer une différence de risque. Pourtant, les terrains sembleraient faire exception justifiant l'introduction d'une prime de risque spécifique. Nomura (2004) et Jorgenson et Nomura (2005) ont calculé et intégré à leurs estimations du coût d'usage au Japon une prime de risque pour les terrains. De telles estimations peuvent par exemple reposer sur le modèle de valorisation d'actifs ou sur une technique similaire. Intégrées à la formule du coût d'usage, elles tendront à limiter le problème des coûts d'usage négatifs qui pourrait découler d'une hausse rapide des prix des actifs. Cependant, les techniques d'estimation restent assez compliquées et ne peuvent pas toujours être aisément reproduites.

Il existe un deuxième point conceptuel associé aux marchés fonciers et aux bulles se formant sur ces marchés. La valeur actualisée nette constitue une relation fondamentale dans la valorisation des actifs – le prix d'un actif est sur cette base égal aux flux actualisés des avantages nets issus de l'usage de production qu'il génère. Cette relation d'équilibre risque de perdre sa validité en situation de bulle : par définition, en cas de bulle spéculative, les prix des actifs (réels et escomptés) dépendent d'attentes plus ou moins rationnelles et non des flux estimés des services de ce capital. Il s'ensuit que les parts du coût d'usage des actifs incluant des espérances de gains de détention spéculatives ne seront sans doute pas une bonne approximation de l'élasticité des services totaux liés à l'actif étudié, ce qui explique que les mesures de l'ensemble des flux de services du capital risquent de se trouver faussées dans ce cas.

La question empirique est tout aussi délicate : quelle peut être une estimation raisonnable de la variation des prix d'un actif en présence d'une bulle spéculative ? Peut-on prévoir les prix dans une telle situation ? La réponse est presque certainement négative, en particulier lorsqu'il s'agit de trouver une manière simple d'attribuer une valeur aux variations de prix attendues. De fortes hausses des prix des terrains simplement extrapolées à partir des observations passées tendront à engendrer des représentations négatives du coût d'usage, à moins de prendre en compte une prime de risque, comme nous l'expliquons plus haut.

Au total, des considérations à la fois conceptuelles et pratiques nous incitent à suggérer qu'en cas d'impossibilité d'estimer une prime de risque propre aux terrains, les espérances de gains et pertes de détention réels associés à ces derniers doivent être supposées égales à zéro au moment du calcul des coûts d'usage du terrain – et cela vaut que l'on applique des méthodes endogènes, exogènes ou mixtes d'estimation du taux de rendement.

Une application majeure des mesures du coût d'usage réside dans le contexte de l'attribution d'une valeur à la production des ménages qui sont propriétaires-occupants de leur logement. La valeur de ces logements (et son évolution dans le temps) constitue une composante importante de la comptabilité nationale et entre dans la composition de l'indice des prix à la consommation de nombreux pays, bien qu'elle soit souvent évaluée à partir d'autres méthodes que celle du coût d'usage[39]. En particulier, de nombreux pays recourent à une approche dite « de l'équivalent loyer », selon laquelle le stock de logements est divisé en différentes strates correspondant à une qualité et à un emplacement similaires, les loyers effectivement payés pour les biens de chacune de ces strates servant à mesurer le loyer moyen par logement. Ces loyers moyens sont ensuite multipliés par le nombre de logements occupés par leur propriétaire dans chaque strate, pour obtenir une évaluation de la production de valeur de ces derniers biens.

Il arrive cependant que l'approche de l'équivalent loyer ne puisse pas être employée. Par exemple, dans de nombreux pays en développement et en transition, la part des logements loués étant faible et celle des logements occupés par leur propriétaire élevée, les loyers ne constitueront pas un guide fiable de la valeur de ces derniers[40]. De ce fait, l'approche du coût d'usage propose une solution de remplacement intéressante, qui a souvent été appliquée à plusieurs pays de l'UE et à l'Islande (Gudnason 2004).

Box 14. Encadré 13. Mesure du coût d'usage des logements en Argentine

Coremberg (2000, 2004) utilise une approche hédonique de valorisation du stock de logements en Argentine. Il procède en plusieurs étapes :

- Pour commencer, il part des informations détaillées sur le stock de logements issues du recensement de 1991 (*Censo nacional de poblacion y vivienda*), avec une classification croisées des données sur le nombre de logements et plusieurs caractéristiques de ces derniers, en particulier le type, l'emplacement, la taille et certains critères de qualité.
- La deuxième source d'information est l'enquête nationale sur les dépenses des ménages (*Encuesta nacional de gasto de los hogares*) menée en 1996, qui indique les niveaux des loyers selon les différents logements.
- Les prix des loyers sont retraités de manière à tenir compte de la probabilité de survie des logements, c'est-à-dire du fait que l'enquête ne concerne que les loyers des logements existants, tandis que les loyers nuls des logements qui n'existent plus n'apparaissent pas dans l'échantillon.
- Une fonction hédonique est estimée au moyen d'une régression des loyers observés dans l'étude sur les caractéristiques des logements, parmi lesquels leur âge. Les coefficients de régression des caractéristiques des logements représentent leur valorisation marginale sur le marché locatif.
- Les coefficients de la régression hédonique permettent d'attribuer des valeurs locatives aux stocks de logements figurant dans le recensement de 1991. La somme des valeurs locatives donne une estimation de la valeur des services de logement produits par les propriétaires occupants.
- Coremberg poursuit ensuite en estimant la valeur du coût d'usage de différents groupes de logements, en divisant la

39. Pour une vue d'ensemble des méthodes utilisée pour l'indice des prix à la consommation, voir OIT et al. (2004), chapitre 23.

40. On peut citer à cet égard les pays d'Europe centrale participant au processus d'accession à l'UE ou les pays de l'ouest des Balkans.

valeur des loyers (estimée au moyen de la méthode décrite plus haut) par la valeur actuelle du stock de logements. Autrement dit, il suppose que la valeur des coûts d'usage de chaque type de logement est égale à la valeur des équivalents loyers. Il s'assure ainsi une cohérence totale entre les valeurs de production des services de logement par les propriétaires occupants figurant dans la comptabilité nationale et la mesure des services du capital à des fins de calcul de la productivité.

Précisons qu'en appliquant cette méthode, Coremberg estime un taux implicite de rendement pour les propriétaires occupants. Après avoir combiné les résultats obtenus pour les logements avec ceux des autres biens d'équipement, Coremberg estime le taux de rendement global endogène *ex post* du capital en Argentine, et compare ses résultats avec un taux de rendement externe sur le marché financier (taux d'intérêt des emprunts en devises étrangères pour les effets de commerce à 90 jours), de manière à évaluer les coûts d'opportunité d'un investissement en Argentine et à effectuer une vérification de la plausibilité du taux de rendement endogène. Son taux de rendement interne pour la période 1990-2000 varie entre 12.2 % et 15.5 %, en fonction du schéma d'amortissement. Le taux exogène de comparaison était de 13.4%. Son résultat est plausible.

Pour les logements occupés par leur propriétaire, la meilleure manière de calculer les coûts d'usage consiste à procéder en deux temps : pour les bâtiments et pour les terrains où ils sont implantés. Ces deux composantes peuvent ensuite être combinées pour aboutir aux valeurs des services de logement (en additionnant les valeurs des composantes) et aux indices temporels des prix des services de logement (en élaborant un indice de la valeur des coûts d'usage des composantes entre les deux périodes). L'expression du coût d'usage des terrains se présente sous une forme relativement simple du fait de l'absence de dépréciation et, selon la conclusion qui précède, les gains et pertes réels de détention sont fixés à zéro. Plus précisément, si $U^{L,t}$ correspond au coût d'usage du terrain sous un logement et que $U^{S,t}$ est le coût d'usage du bâtiment, et que $U^{D,t}$ correspond au coût d'usage du logement et du terrain combinés, alors ces éléments correspondent aux égalités ci-après, en prenant pour hypothèses des taux d'amortissement géométrique pour les bâtiments et en suivant la notation utilisée dans le présent *Manuel* :

$$
\begin{aligned}
(30) \qquad U^{L,t} &= (1+\rho^t) r^{t*} P_0^{L,tB} W^{L,t} \\
U^{S,t} &= [(1+\rho^t)(r^{t*} - i^{S,t*}) P_0^{S,tB} + P_0^{S,t} \delta^S] W^{S,t} \\
U^{D,t} &= U^{L,t} + U^{S,t}.
\end{aligned}
$$

On sait bien que les mesures des prix et des volumes des services de logement peuvent différer selon que les calculs reposent sur l'équivalent loyer ou sur la méthode du coût d'usage. Par exemple, Verbrugge (2006) examine les variations respectives des loyers et des coûts d'usage sous l'angle des prix à la consommation, pour lesquelles il constate de très importants écarts en termes de tendance et d'amplitude. Dans une certaine mesure, ces écarts reflètent la réalité économique des coûts de transaction (il est coûteux d'évaluer les locataires, de conclure et de résilier un bail) ainsi que les imperfections du marché. En outre, de telles comparaisons ne se fondent bien souvent pas sur la formule simplifiée du coût d'usage pour les terrains (30) mais reflètent les variations des prix (estimés) des actifs d'une année sur l'autre et l'évolution *ex post* des taux de rendement, ce qui peut contribuer à expliquer les différences entre les mesures obtenues. Les travaux de Heston et Nakamura (2007) attestent également que, même sur l'ensemble des cycles de logement, la méthode des coûts d'usage ne donne pas une approximation correcte des loyers du marché.

Diewert (2006b) commente ce point en ces termes :

> *« […] il est improbable que les bailleurs utilisent des prévisions économétriques de l'appréciation des prix des logements à un an et qu'ils ajustent chaque année les loyers dus par leurs locataires à partir de ces prévisions. Les propriétaires n'apprécient pas que leurs loyers fluctuent de manière excessive et tout bailleur qui tenterait de mettre en application un tel système se retrouverait rapidement avec des taux de vacances très élevés. Il est cependant possible que les bailleurs aient une certaine idée de l'inflation moyenne des prix à long terme du type de biens qu'ils louent ; cette estimation de taux annuel à long terme pourrait être intégrée à la formule du coût d'usage.*

Si l'on examine les coûts d'opportunité de la détention d'un logement du point de vue de son propriétaire occupant, l'horizon temporel pertinent à prendre en compte pour l'élaboration d'un taux moyen d'appréciation de la valeur du bien serait la période estimée pendant laquelle le propriétaire compte habiter ce dernier avant de le revendre. Cette période se situe généralement entre six et douze années, ce qui explique une fois encore qu'il ne semble pas approprié d'intégrer des prévisions annuelles de hausse des prix sur des périodes plus longues à la formule du coût d'usage. Lorsque nous utilisons les prévisions annualisées de hausse des prix attendues sur des horizons temporels bien plus étendus, alors la volatilité de la formule du coût d'usage ex ante *disparaîtra, ou du moins sera fortement diminuée ».*

Diewert (2006b) poursuit avec la suggestion suivante :

« […] le coût d'opportunité « correct » d'un logement du point de vue de son propriétaire occupant n'est peut-être pas son coût d'usage interne, mais la plus élevée des deux valeurs suivantes : le coût d'usage interne ou le loyer qu'il serait possible d'obtenir sur le marché locatif. Après tout, le concept du coût d'opportunité est censé représenter le sacrifice maximal consenti par un individu pour consommer ou utiliser un certain objet, et le point ci-dessous semblerait donc aller dans le même sens. Si ce point de vue était accepté, alors à certains moment du cycle immobilier les coûts d'usage remplaceraient les loyers du marché comme concept de prix « correct » pour les logements occupés par leur propriétaire, ce qui influerait considérablement sur les indices de prix à la consommation et sur la conduite de la politique monétaire ».

A ce jour, cette suggestion n'a pas été testée et nous ne la recommandons donc pas dans le présent *Manuel*. Cependant, l'argument est valable sur le plan conceptuel et il s'inscrit dans la notion plus large des coûts d'usage en tant que coûts d'opportunité des propriétaires-utilisateurs de biens d'équipement. Il conviendrait de prolonger les recherches pour apporter davantage de données et développer le débat autour de la proposition de Diewert.

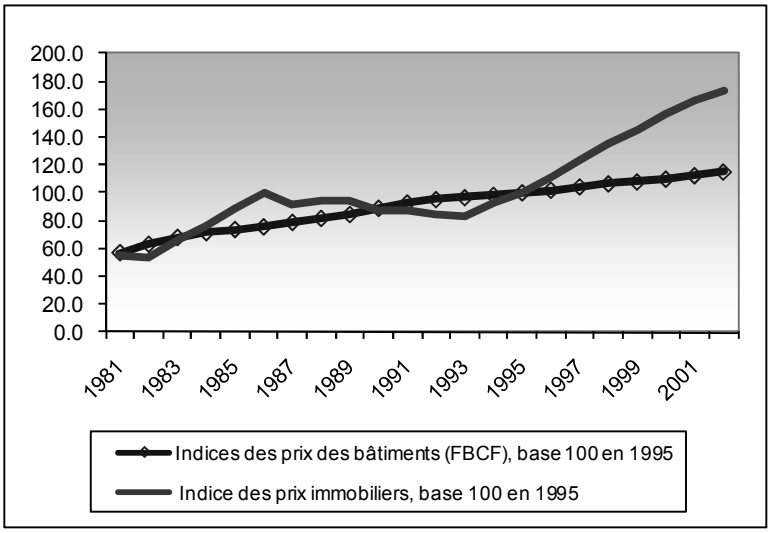
Box 15. Encadré 14. Valorisation des bâtiments au Danemark

Les indices de prix constituent un facteur essentiel de l'estimation du stock de capital net aux prix courants par la méthode de l'inventaire perpétuel. Bien souvent, les indices de prix pour les *nouveaux actifs* (FBCF) sont employés pour déterminer l'évolution des prix des *actifs existants* dans le stock de capital. Or, cela peut se révéler problématique, comme le montre l'exemple du Danemark ci-dessous.

Statistiques Danemark utilise comme base de l'estimation de la valeur du capital fixe des bâtiments les coûts cumulés de construction des bâtiments (FBCF), puis d'amortit leur valeur dans le temps afin de rendre compte de l'usure normale et de l'obsolescence technique (consommation de capital fixe). De même, une réévaluation est effectuée en raison de la variation des prix. Cette dernière est mesurée à l'aune de la variation des prix d'acquisition des nouveaux actifs.

Un problème survient toutefois lorsque les valeurs des bâtiments ainsi calculées se combinent à des informations reposant sur une source statistique différente : en lien avec l'évolution des bilans, Statistiques Danemark calcule la valeur des terrains aux prix du marché, en retranchant la valeur des bâtiments de la valeur immobilière combinée (bâtiments et terrains), sur la base des prix observés sur le marché pour les biens faisant effectivement l'objet de transactions.

Pendant la récession de la fin des années 80, les prix de l'immobilier ont reculé alors que les prix des nouveaux immeubles étaient en hausse, comme le montre le graphique ci-dessous. Les estimations du capital net de bâtiments selon la méthode de l'inventaire perpétuel supposaient que les prix des bâtiments existants (d'un âge donné) suivaient ceux des nouveaux immeubles, qui ne cessaient de croître. Avec la diminution des prix de l'immobilier et l'augmentation des prix des bâtiments, la valeur résiduelle – celle des terrains – a reculé. Mais ce recul a été si marquée que la valeur des terrains est devenue négative pendant quelques années durant la récession. Or, une valeur négative pour un terrain ne constitue pas un résultat significatif sur le plan économique.



Note : Les indices de prix de l'immobilier sont calculés sur la base de tous les biens immobiliers négociés durant une année donnée, tandis que les indices des prix des bâtiments couvrent l'ensemble du stock d'immeubles. Bien qu'il puisse exister des effets de composition, il est incontestable que l'évolution des prix des biens immobiliers et des bâtiments diffère dans le temps.

Une des explications possibles du problème des valeurs négatives des terrains pourrait résider dans la valorisation des bâtiments existants par la méthode de l'inventaire perpétuel et l'emploi des indices de prix des nouveaux actifs. Si les prix des biens immobiliers reculent pendant plus longtemps, il n'est pas nécessairement crédible de supposer que les prix des bâtiments existants suivent les prix de construction croissants des nouveaux immeubles. Cela pourrait notamment s'expliquer par l'hétérogénéité des bâtiments, les nouveaux immeubles pouvant présenter des caractéristiques différentes des biens échangés sur le marché. Par conséquent, l'indice des prix des bâtiments neufs n'est peut-être pas représentatif des variations de prix de l'ensemble du stock de logements. Une autre raison de la survalorisation apparente des bâtiments existants pourrait résider dans les schémas d'amortissement et de durée de vie utile employée dans la méthode de l'amortissement permanent.

Une solution pourrait consister à utiliser les prix des actifs du marché de l'ancien, combinés aux caractéristiques de qualité de l'immobilier soumis à transaction. Cette méthode pourrait contribuer à identifier les variations des prix, à améliorer la qualité des taux d'amortissement et à faire face, dans une certaine mesure, au caractère hétérogène des biens négociés. Les informations ainsi obtenues pourraient ensuite être utilisées pour la méthode de l'inventaire perpétuel. C'est une tâche très difficile, mais qui pourrait s'avérer nécessaire si elle permet de produire des estimations fiables et cohérentes de la valeur des bâtiments, des terrains et des biens immobiliers. Le problème de l'évolution divergente des prix des actifs neufs et existants pourrait en principe concerner tous les types d'immobilisations, même s'il est peut-être plus prononcé pour les actifs plutôt hétérogènes, qui ont une durée de vie utile longue et pour lesquels les marchés de l'occasion sont bien établis.

18.2. Les stocks

18.2.1. Les stocks en tant que sources de services du capital

Les stocks sont des actifs produits mais non immobilisés, qui jouent un double rôle dans la comptabilité nationale. Premièrement, les stocks, ou plutôt leur variation, sont une composante de la demande. En tant qu'un des éléments les plus fluctuants du PIB, la variation des stocks tend à constituer un déterminant important des variations de la croissance du PIB à court terme et il existe plusieurs questions conceptuelles ou empiriques associées à la mesure des variations réelles et nominales des stocks. Les avis sont par exemple partagés quant à savoir comment calculer les mesures annuelles de variation des stocks à partir de leurs valeurs mensuelles ou trimestrielles. Il existe également différentes manières d'aborder des gains ou pertes de détention. Deuxièmement, et plus récemment, les stocks ont également été comptabilisés comme des actifs à l'origine de services du capital. Ils doivent donc s'inscrire dans le périmètre des actifs pris en compte pour la mesure des prix et des volumes des services du capital. Ici aussi entrent en jeu plusieurs questions théoriques et pratiques. L'argumentaire de la présente section s'attachera principalement au traitement des stocks en tant que sources de services du capital, mais naturellement ces questions ne peuvent être dissociées de celles qui surviennent au moment de mesurer la variation des stocks comme une composante de la demande.

Selon le SCN, les stocks englobent (i) *les matières premières et fournitures* détenues en stock dans l'intention de les utiliser comme biens de production intermédiaires, (ii) *les biens finis*, à savoir la production en attente de vente par le producteur, (iii) *les biens acquis destinés à la revente* par les détaillants et les grossistes et (iv) *la production en cours*, à savoir la production non encore terminée et qui comprend les actifs cultivés. Harrison et Aspden (2005) citent une cinquième catégorie : les réserves stratégiques.

Les stocks sont-ils des sources de services du capital ? Bien qu'ils soient généralement reconnus comme une forme de capital, cette question mérite un examen plus approfondi. Il convient de considérer l'un après l'autre les différents types de stocks : (i) les matières premières et fournitures sont détenues en stock dans l'optique d'assurer un processus de production sans interruption ; les services du capital qu'ils fournissent s'apparentent donc à un approvisionnement sûr en biens de production. Les coûts de ces services comprennent les coûts d'opportunité des fonds investis dans les biens en stock, ainsi que les coûts directs du stockage ; (ii) le stock de produits finis garantit un certain volume de biens de production permettant aux producteurs de répondre à une demande qui évolue dans le temps. Le même schéma peut s'appliquer aux (iii) biens destinés à la revente : un stock approprié de biens acquis par les détaillants et par les grossistes est nécessaire pour garantir la prestation de services de distribution par les secteurs concernées. Enfin, s'agissant de (iv) la production en cours, si le processus de production est décomposé en plusieurs petites étapes, les stocks en tant que production en cours peuvent être considérés comme un

facteur de production au début de chacune d'entre elles pour la mise en œuvre de la suivante, fournissant ainsi un service du capital[41].

Le raisonnement ci-dessus suppose que les stocks soient détenus de manière planifiée ou volontaire. Si ce n'est pas le cas, par exemple parce que les produits finis s'accumulent en raison d'un décrochement inattendu de la demande, alors on peut considérer que les stocks ne fournissent pas de services du capital. Cet argument est valable, mais il ne se limite pas aux stocks, en cela que la sous-utilisation des immobilisations sera également souvent involontaire. Cependant, compte tenu des difficultés empiriques soulevés par la distinction des stocks volontaires et involontaires, il serait irréaliste de recommander un traitement différent pour ces deux catégories. Comme il peut semble raisonnable de supposer qu'en moyenne, une majeure partie des stocks est souhaitée, il est recommandé, à des fins pratiques, de considérer les services du capital liés aux stocks dans leur ensemble, sans exclure les stocks involontaires.

18.2.2. Mesure des stocks

Les stocks, comme tous les autres actifs inscrits au bilan, doivent être valorisés aux prix en vigueur à la date de ce dernier. Les transactions impliquant des stocks sont en principe traitées de la même manière que celles relatives à d'autres actifs, c'est-à-dire aux prix en vigueur au moment de leur réalisation. Plus précisément, les biens intégrés aux stocks doivent être valorisés à partir du prix de base moyen de la période comptable au cours de laquelle cette intégration a lieu, et les biens retirés des stocks doivent l'être aux prix de base moyens de la période comptable au cours de laquelle a lieu ce retrait. De ce fait, la valeur d'une variation des stocks au cours d'une période comptable donnée résulte de la différence entre les ajouts et les retraits des stocks, corrigée des pertes récurrentes éventuelles. Entre autres conséquences de ce calcul, la valeur de la variation des stocks ne reflète pas les gains ou pertes de détention assumés par l'entreprise au moment de la détention des stocks[42].

A moins de tenir un registre des quantités de biens intégrés aux stocks et retirés de ces derniers, et de leurs prix lors de ces opérations, il n'est pas possible de mesurer directement la valeur de la variation des stocks. De nombreux pays mesurent la variation des stocks à partir de la méthode « quantitative », qui repose sur la différenciation entre l'état des stocks au début et à la fin de la période comptable. Le SCN de 1993 (paragraphe 6.68) note à propos de cette méthode :

> *« Cette méthode, qui peut être appelée « méthode quantitative », est largement utilisée en pratique, et elle est parfois même considérée à tort comme la mesure théorique appropriée en toutes circonstances. La méthode quantitative donnera un résultat identique, ou quasiment identique, à celui de la méthode de l'inventaire perpétuel, non seulement quand les prix restent constants, mais aussi lorsque les quantités de biens détenus en stocks augmentent ou diminuent à un rythme constant au cours de la période. En revanche, lorsque les prix montent ou descendent, et que les niveaux des stocks fluctuent au cours de la période comptable, la méthode quantitative ne fournira qu'une pâle approximation de la MIP ».*

En dépit de ses imperfections potentielles, la méthode quantitative est largement employée. Une séquence typique de calcul de la variation des stocks se déroule comme suit : premièrement, des

[41] Ce raisonnement rappelle les théories de production dites « autrichiennes » ou « néo-autrichiennes » énoncées par Hicks (1973) : « Comme Böhm-Bawerk (ou Hayek), je considère que le processus général de production se compose d'un certain nombre (sans doute important) de processus élémentaires dissociables. [...] nous pourrons utiliser un processus élémentaire convertissant une séquence (ou un flux) d'intrants en une séquence d'extrants » (p. 5). Hicks considère ainsi les biens d'équipement comme des biens intermédiaires contribuant à un processus élémentaire.

[42] Il existe des exceptions : une hausse (attendue) de la valeur (réelle) des biens délibérément conservés en stock, tels que les récoltes ou le vin, est comptabilisée en tant que valeur de la production, et non comme gain de détention (voir Aspden et Harrison 2005 pour un développement de ce sujet).

informations sur les niveaux de stock en début et en fin de période sont obtenues auprès des entreprises. Étant donné que les valeurs comptables de ces dernières ne reflètent normalement pas les stocks au début ou à la fin du bilan, ces valeurs doivent être retraitées, puis déflatées de manière à obtenir des estimations à prix constants entre lesquelles il sera possible de calculer des écarts. Cette conversion en prix constants est généralement effectuée à partir des indices de prix à la production des principaux secteurs concernés (industries manufacturières, vente en gros et au détail).

Compte tenu des niveaux des stocks en prix (constants) d'une période de référence au début et à la fin de la période comptable étudiée, la variation des stocks en prix constants est obtenue via la différence entre les stocks en début et en fin de période, de laquelle sont retranchées les pertes de biens. Le calcul de la différence s'effectue au niveau le plus détaillé possible et, au cours d'une étape finale, on obtient la variation des stocks aux prix courants au moyen de la valorisation de la modification de chaque composante des stocks au niveau de prix moyen de la période étudiée.

Un problème se pose à ce stade, mis en avant par Diewert (2005c), à savoir que les techniques standard de calcul des indices ne résistent pas lorsqu'elles sont appliquées à des valeurs qui peuvent être aussi bien positives que négatives, comme tel serait le cas avec la variation des stocks. Plus précisément, lorsque l'agrégat en volume de la variation des stocks calculé selon la méthode quantitative décrite plus haut est divisé entre les agrégats de valeur correspondants, les indices de prix implicites qui sont obtenus peuvent être dépourvus de signification. Diewert propose ainsi d'appliquer séparément des formules d'indices aux stocks de début et de fin de période (qui ne comprennent par définition que des valeurs non négatives). Ce n'est que lors d'une phase d'agrégation ultérieure que, parallèlement à d'autres composantes de la demande, les stocks de début et de fin de période seraient regroupés. Tandis que cette procédure présente l'avantage de fournir des indices de prix implicites significatifs pour chaque composante de la variation des stocks (en début et en fin de période), son inconvénient réside dans une présentation relativement inhabituelle.

Après avoir brièvement évoqué les questions soulevées par l'estimation de la variation des stocks, nous pouvons à présent nous tourner vers la mesure des services du capital attribuables aux stocks. Sur une base purement conceptuelle, les services du capital présentent au moins une particularité : bien que le stock d'un type particulier de biens soit considéré comme un stock d'actif donné, il s'agit en réalité d'un flux constamment renouvelé de biens plus ou moins identiques qui constituent le stock d'inventaire. On voit difficilement comment, même en théorie, pourrait être opérée une distinction entre les fonctions ancienneté-prix et ancienneté-efficacité d'un stock d'inventaire. La notion d'âge elle-même est difficile à saisir pour les stocks à moins de raisonner en termes de roulement moyen des stocks ou de vitesse de renouvellement de ces derniers. A la lumière de cette difficulté, il n'est pas utile d'effectuer une distinction entre le stock de capital richesse et le stock de capital productif d'un type de stock particulier et nous l'ignorerons donc à des fins pratiques.

Plusieurs autres questions empiriques surviennent. On constate que la méthode de l'inventaire perpétuel telle qu'utilisée pour beaucoup d'autres types d'actifs n'est habituellement pas appliquée aux stocks car le stock de services du capital en début et en fin d'exercice est généralement obtenu directement par le biais d'enquêtes auprès des entreprises. En outre, la formule standard du coût d'usage peut s'appliquer aux services tirés des actifs stockés et s'avère relativement simple, en particulier si l'on ignore l'amortissement. Si celui-ci est positif, il doit correspondre aux pertes ou fuites récurrentes des stocks.

En utilisant la notation standard du présent *Manuel* et en ignorant l'amortissement, la valeur des services du capital d'un type de stocks donné k pendant la période t, $U^{I,k,t}$, serait calculée comme suit :

$$
\begin{aligned}
(31) \qquad U^{I,k,t} &= r_{(tB)} P_0^{k,tB} [I^{k,t}/2 + W^{k,tB}] - i^k_{(tB)} P_0^{k,tB} W^{k,t} \\
&= r_{(tB)} P_0^{k,tB} [(W^{k,tB} - W^{k,tE})/2 + W^{k,tB}] - i^k_{(tB)} P_0^{k,tB} W^{k,t} \\
&= P_0^{k,tB} [r_{(tB)} - i^k_{(tB)}] W^{k,t}.
\end{aligned}
$$

Dans l'expression ci-dessus, la formule de calcul de la variation des stocks exprimée en quantité a été appliquée pour mesurer $I^t=[W^{tB}-W^{tE}]$ comme la différence entre le solde en début et en fin de période. La valeur des coûts d'usage est ensuite mesurée comme le taux de rendement nominal moins la variation des prix des stocks, multiplié par le prix en début de période P_0^{tB} et le stock moyen de la période t, $W^{k,t}$. Contrairement à ce qui se passait pour la mesure de la variation des stocks, pour laquelle l'agrégation de tous les types de stocks posait problème en présence de certains volumes négatifs, cet obstacle est absent de la mesure des services du capital puisque ce sont seulement les stocks moyens, et non leur variation, qui entrent en jeu[43].

Dans l'analyse des stocks et des services du capital qui leur sont liés, il a été fait allusion aux nombreuses difficultés auxquelles se heurte la mise en œuvre, concernant notamment les mesures trimestrielles de la variation des stocks et leur relation aux mesures annuelles. On trouvera des réflexions à ce sujet dans les travaux de Bloem, Dippelsman et Maehle (2001), de Reinsdorf et Ribarsky (2007) et de Eheman (2005).

18.3 *Ressources naturelles autres que les terrains*

Outre les terrains, les actifs naturels comprennent les ressources souterraines telles que les réserves pétrolières, les ressources biologiques non cultivées comme les forêts naturelles et les ressources en eau telles que les aquifères. En fonction de la structure économique d'un pays, ces actifs pourront jouer des rôles plus ou moins importants dans la composition de la richesse et contribuer plus ou moins aux services du capital. Le domaine des ressources naturelles est aussi indissociable de la problématique de la prise en compte du facteur environnemental. La publication *Manuel de comptabilité nationale : Comptabilité environnementale et économique intégrée* (ONU et al. 2003), à laquelle nous renvoyons le lecteur, explique comment établir ce lien et propose une approche d'évaluation et de mesure des ressources naturelles. Nous notons toutefois que cette édition de 2003 est en cours de révision par le London Group on Environmental Accounting, et invitons le lecteur à suivre l'évolution de ces travaux[44]. La présente section ne décrira donc qu'un nombre limité de points associés à la question des ressources naturelles.

Terminologie. La formation de capital n'intervient qu'en lien avec des actifs produits. Les catégories correspondantes pour les actifs non produits dans les bilans du SCN sont « Apparition économique » (telle que les découvertes prouvées de gisements pétroliers) et « Croissance naturelle de ressources biologiques non cultivées » (comme la croissance naturelle d'un stock de poissons sauvages). Ces catégories constituent des ajouts au stock d'actifs. A l'inverse, on peut rencontrer une « Disparition économique », ainsi que des « Pertes catastrophiques », par exemple si une forêt naturelle est détruite par une tempête. « Épuisement » est la catégorie des ressources naturelles qui correspond pour les actifs produits à « Consommation de capital fixe » ou à « Amortissement ». Des données sur les prix et les volumes de services du capital existent pour tous les types d'actifs employés dans la production. La valeur des services du capital dans le cas des ressources naturelles a également été qualifiée de « rente des ressources naturelles ».

Services du capital. Les ressources naturelles employées dans la production constituent des sources de services du capital et le revenu brut total attribuable au capital (excédent brut d'exploitation plus la part du revenu mixte issue du capital) peut être réparti entre différents actifs, dont les ressources naturelles. Nous avons déjà expliqué la manière de procéder, en particulier dans la section 16.1.3. Le graphique 13 ci-après représente sous forme de diagramme la relation entre le traitement des actifs produits et non produits non financiers, à savoir principalement les ressources naturelles. Cette illustration opère une distinction

[43] Voir Diewert (2005a) pour une approche complète de la mesure des services du capital issus des stocks et de la variation des stocks.

[44] Voir http://unstats.un.org/unsd/envaccounting/londongroup/

entre les services du capital attribuables aux actifs produits et ceux attribuables aux ressources naturelles et aux autres actifs non produits non financiers. Le diagramme montre que le revenu de capital total peut être réparti symétriquement entre ces grandes catégories d'actifs. Une version endogène *ex post* existe également, ce cas ne représentant aucun gain ou perte résiduel, mais constituant selon toute probabilité une rente des ressources naturelles plus fluctuante. De même, dans une version simplifiée, la réévaluation réelle (attendue) des actifs pourrait être fixée à zéro, comme évoqué au chapitre 16.

Évaluation des stocks. Les principes d'évaluation des actifs du SCN s'appliquent aussi bien aux actifs produits que non produits. Dans la mesure du possible, il faut utiliser les prix du marché. Or, bien souvent les ressources naturelles n'ont pas de prix du marché et la valeur actualisée nette des avantages futurs de la détention ou de l'utilisation de l'actif constitue l'autre solution la plus conseillée pour attribuer une valeur comptable à ce dernier. Précisons toutefois qu'une telle approche nécessite entre autres de disposer d'informations sur les flux attendus de rentes des ressources naturelles, c'est-à-dire sur la valeur des services du capital attribuables à cet actif. De telles informations pourraient ainsi figurer dans le contrat existant entre le propriétaire d'un gisement pétrolier (par exemple un État) et l'entreprise qui l'exploite. Le *Manuel sur la comptabilité économique et environnementale intégrée* présente plusieurs méthodes d'évaluation des stocks de ressources minérales et énergétiques, de ressources biologiques cultivées ou non, des terrains et de l'eau (ONU et al. 2003).

En pratique, les choses sont plus compliquées. Une des difficultés procède de l'estimation et de la valorisation du stock d'actifs du sous-sol. Parmi les pays de l'OCDE qui évaluent actuellement ce type d'actifs (le Canada, la Corée du Sud, le Mexique, les Pays-Bas, la Norvège et le Royaume-Uni), cinq utilisent la méthode de la valeur actualisée nette pour calculer leur stock d'actifs du sous-sol. Dans le présent *Manuel*, la relation de la valeur actualisée nette ou la condition d'équilibre de prix de l'actif a constitué principalement un point de départ théorique pour la dérivation d'expressions cohérentes de la valeur du coût d'usage et des profils ancienneté-prix et ancienneté-efficacité. En outre, la valeur actualisée nette n'est normalement pas utilisée pour valoriser les actifs, les prix des nouveaux actifs au moins étant directement observables à partir du marché des biens d'équipement et n'ayant pas besoin d'être estimés. La situation est différente pour les actifs du sous-sol. Il n'existe notamment pas de prix du marché pour les gisements pétroliers ou les réserves de charbon. Le prix du pétrole ou du charbon *extrait* n'est pas applicable parce qu'il concerne un bien différent. Ce qu'on veut évaluer ici est la valeur du pétrole ou du charbon *avant* l'extraction. Le calcul de la valeur actualisée nette constitue un moyen d'estimer la valeur d'un actif souterrain non exploité. Il consiste à actualiser le flux attendu de bénéfices nets pour le propriétaire de l'actif.

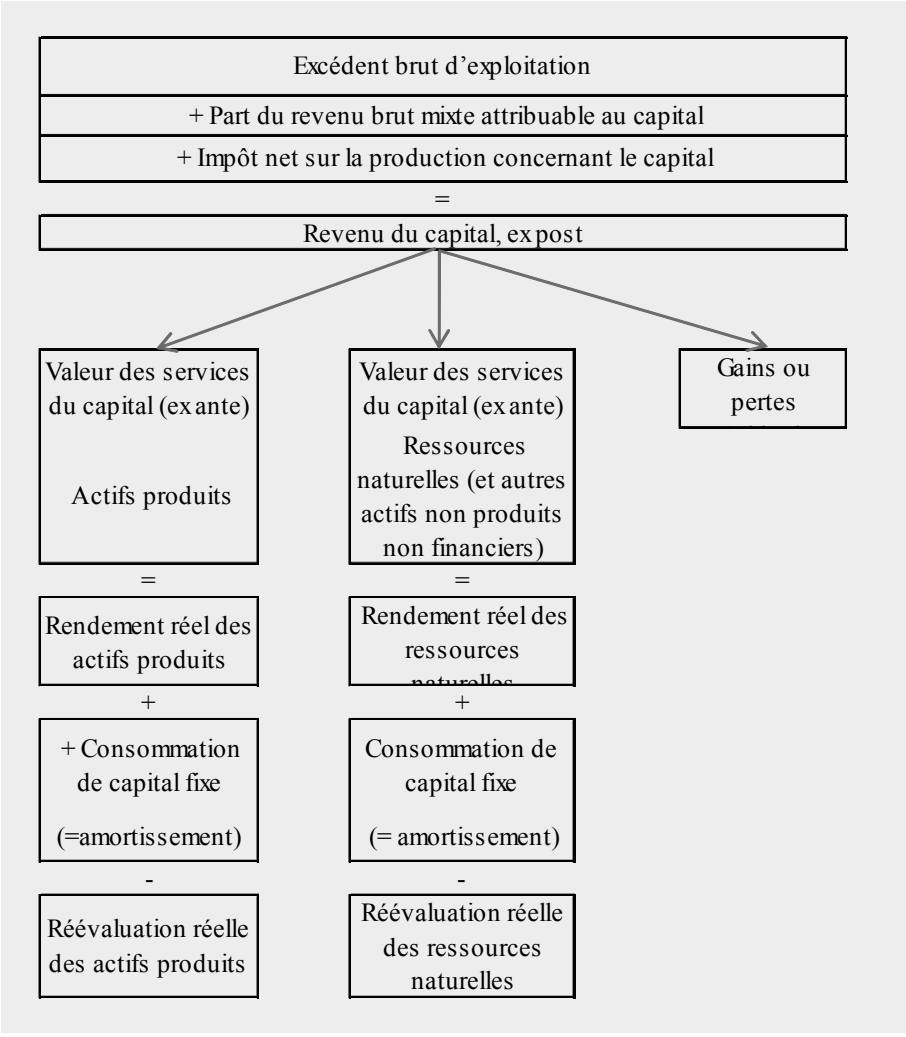
Aux Pays-Bas, par exemple, (voir Veldhuizen, Graveland, van den Bergen et Schenau 2008), la méthode de la valeur actualisée nette est utilisée pour actualiser les revenus futurs attendus, en fonction d'un scénario d'extraction physique et de la rente attendue des actifs pétroliers et gaziers. Cette rente des ressources est égale à l'excédent brut d'exploitation moins le coût d'usage du capital autre que les actifs du sous-sol su secteur « Extraction de pétrole brut et de gaz naturel ». Par rapport à l'approche représentée dans le graphique 13, le calcul néerlandais de la valeur des services du capital attribuables aux ressources naturelles constitue donc une approche *ex post*. Il n'existe aucun gain ou perte résiduel au-delà ni en deçà de la valeur des services du capital attribuables aux actifs produits et aux ressources naturelles. Une moyenne mobile sur trois ans est utilisée pour estimer la rente unitaire des ressources naturelles. Le flux de revenus futurs est calculé au moyen du produit des extractions physiques prévues par an et du revenu attendu par unité de réserve. Comme le montre l'expérience des Pays-Bas, cette méthode ne garantit nullement que l'on aboutira à une mesure significative ou totalement cohérente des services du capital attribuables aux réserves pétrolières et gazières, ni à une estimation fiable des stocks de gaz et de pétrole.

Afin de pallier les incertitudes liées à l'estimation de la valeur des actifs du sous-sol, le Canada recourt à plusieurs méthodes, celle de la valeur actualisée nette et celle du prix net. Cette dernière suppose

deux modes de calcul différents : l'une n'intégrant aucun rendement du capital et l'autre intégrant un taux de rendement de 4.25 %. La méthode du prix net évalue le stock d'actifs du sous-sol en corrigeant le prix de la ressource naturelle extraite de la valeur des services d'extraction, généralement sous la forme des coûts d'extraction, de développement et d'exploration.

Pour résumer, l'évaluation des actifs du sous-sol et la mesure cohérente des rentes de ressources et des services du capital comportent toujours de nombreuses difficultés d'ordre conceptuel, mais surtout empirique, sur lesquelles il serait important d'avancer aussi bien à l'échelle nationale qu'internationale.

Graphique 13. Revenu du capital, actifs produits et ressources naturelles



18.4 *Fiscalité et coûts d'usage*

Les impôts et subventions entrent dans la mesure du capital à plusieurs niveaux. Premièrement, dans le calcul de la valeur des services du capital et, deuxièmement, pour déterminer le coût unitaire du capital et le taux de rendement après impôt. De manière générale, il convient d'appliquer la perspective du propriétaire ou propriétaire-utilisateur du bien d'équipement concerné pour le traitement des impôts et subventions en lien avec la mesure des services du capital. La présente section s'attache à décrire comment ce principe est appliqué aux deux cas principaux impliquant la fiscalité.

18.4.1. Les impôts et la valeur des services du capital

La valeur ajoutée brute d'une branche ou d'un secteur donné se compose des éléments suivants[45] :

- La rémunération des salariés (salaires et charges sociales de l'employeur)
- Les autres impôts sur la production
- Les autres subventions sur la production
- L'excédent brut d'exploitation (pour les entreprises constituées en société)
- Le revenu mixte brut (pour les entreprises non constituées en société et détenues par des ménages).

L'excédent brut d'exploitation et le revenu mixte brut constituent des éléments résiduels, obtenus après déduction de la valeur ajoutée de la rémunération des salariés et des impôts nets sur la production. Ils mesurent l'excédent ou le déficit issu de la production avant prise en compte des intérêts, rentes ou charges similaires. Les « autres » impôts sur la production se composent essentiellement de taxes sur la propriété ou sur l'usage des terrains, bâtiments ou autres actifs utilisés pour la production, ou sur le travail employé, ou sur la rémunération des salariés[46]. Les autres subventions à la production sont les paiements à recevoir des mêmes facteurs. Si l'on connaît les composantes des « autres » impôts et subventions sur la production, il est possible en principe d'identifier ceux qui relèvent du facteur de production travail (par exemple les taxes sur les salaires) ou capital (comme les impôts fonciers). Les parts des autres impôts nets ne pouvant être attribuées au capital ou au travail doivent être distribuées en fonction d'une règle simple, par exemple proportionnellement aux parts d'actifs.

Les mesures du coût d'usage suivent la logique du producteur. De ce fait, les impôts sur la production devront être intégrés au coût des intrants. Pour les mêmes raisons, les taxes sur les biens produits par une entreprise seront exclues de la mesure de la production. En comptabilité nationale, les extrants sont valorisés à leur prix de base et les intrants le sont à leur prix d'achat.

Le montant total qu'une entreprise doit verser au titre du travail correspond donc à la rémunération des salariés plus la partie nette des taxes sur la production concernant le travail. De même, le revenu total du capital d'une entreprise correspond à l'excédent brut d'exploitation plus les parts des taxes nettes sur la production concernant le capital. Pour les entreprises non constituées en société et détenues par les ménages, le revenu mixte brut doit également être divisé entre composantes issues du travail et du capital. De ce fait, le revenu *ex post*[47] du capital *avant impôt* est la somme de l'excédent brut d'exploitation, de la partie du revenu mixte brut concernant le capital et de la part du capital des autres taxes nettes sur la production. Cette perspective est, comme il convient, celle du producteur, car au moment d'accroître son facteur travail ou capital, celui-ci s'intéresse aux taxes applicables sur la production.

[45] En comptabilité nationale, ces éléments figurent dans le compte d'exploitation.

[46] Système de comptabilité nationale 1993, paragraphe 7.49.

[47] Dans cette formulation générale, le revenu du capital *ex post* peut avoir deux composantes : une rémunération des services du capital, qui correspondrait à la valeur de ces services majorée d'une composante résiduelle sous la forme de gains ou pertes purs issus d'événements non prévus. *Ex ante*, le revenu du capital attendu ou normal correspondrait à la valeur des services du capital. Voir également plus haut la discussion sur les taux de rendement *ex ante* et *ex post*.

Il convient de mentionner ici un autre point relatif aux impôts sur la production. D'après le SCN 1993, ceux-ci correspondent aux taxes sur les produits et autres taxes sur la production. Le SCN précise en outre que :

> *« Dans le compte d'exploitation, les taxes à l'importation sont enregistrées uniquement au niveau de l'ensemble de l'économie, puisqu'elles ne sont pas prélevées sur les valeurs ajoutées des producteurs nationaux. En outre, au niveau d'une unité ou d'un secteur institutionnel considéré individuellement, seuls les impôts sur les produits qui n'ont pas été déduits de la valeur de la production de cette unité ou de ce secteur doivent être enregistrés en emplois du compte d'exploitation » (paragraphe 7.52). « Par conséquent, lorsque la valeur ajoutée est mesurée aux prix de base, il ne faut enregistrer, dans le compte d'exploitation du producteur, aucun impôt sur les produits à payer, ni aucune subvention sur les produits à recevoir. Il s'ensuit que le poste « impôts, moins subventions, sur la production » ne se rapporte qu'aux autres impôts et aux autres subventions sur la production » (paragraphe 7.7).*

Ces citations expliquent pourquoi, au niveau des différents secteurs ou branches, seules les autres taxes nettes sur la production figurent comme composantes de la valeur ajoutée et pourquoi seule la partie du capital pertinente doit être considérée comme un revenu du capital. A l'échelle de l'ensemble de l'économie, toutes les taxes et subventions apparaissent en tant que composante de la valeur ajoutée. Pour mesurer le revenu du capital à ce niveau, il convient de respecter la cohérence avec les mesures sectorielles du revenu du capital et, donc, les taxes sur les produits ne doivent pas être incluses dans le revenu du capital.

18.4.2. Les impôts et le prix des services du capital

Les paramètres fiscaux jouent également un rôle au moment d'affiner les mesures des prix des services du capital. Sous un angle analytique, il est utile de comprendre l'impact des différentes taxes sur le niveau et sur la structure des prix des services du capital. Ainsi, les différents types de taxes ne sont pas neutres en termes de type de propriété des biens d'équipement (par exemple lorsque les sociétés sont imposées différemment des entreprises non constituées en société ou des ménages), de branche d'utilisation des biens d'équipement (en cas d'existence de dispositions budgétaires spécifiques par type d'activité économique) et de type d'actif concerné (par exemple lorsqu'il existe des dispositions d'amortissement accéléré pour certains types d'actifs). Les taxes peuvent ainsi creuser un fossé entre les prix relatifs des différents services du capital. De telles différences affectent les producteurs et, comme l'objectif de la mesure des prix des services du capital consiste à imiter aussi parfaitement que possible les signaux de prix reçus par les propriétaires du capital/utilisateurs, la prise en compte des paramètres fiscaux dans la mesure du coût d'usage unitaire revêt une importance pour l'analyse. Le cadre théorique et la première mise en application totale des coûts d'usage retraités des impôts sont dus à Christensen et Jorgenson (1969), qui ont calculé des résultats pour les États-Unis. Une étude complète récente sur les impôts et leurs effets sur les coûts d'usage et l'investissement a été réalisée par Jorgenson et Yun (2001).

Avant d'examiner plus avant l'ajustement fiscal du prix des services du capital, il convient de prendre en compte plusieurs points généraux :

- Une application à grande échelle des coûts d'usage unitaires corrigés de l'impôt nécessite des informations sur les paramètres fiscaux selon une classification croisée par branche, par actif et par secteur institutionnel. Par exemple, les impôts assis sur le revenu sont généralement différenciés par unité institutionnelle et non par secteur. Ainsi, pour construire des mesures cohérentes des coûts d'usage corrigés des impôts par branche, il faut disposer d'informations sur la composition du capital de chaque branche en termes d'unités institutionnelles. Dans la pratique, on dispose difficilement de données croisées sur l'investissement et le capital des

différents secteurs et branches. De même, le revenu immobilier d'un secteur d'activité doit être ventilé entre le revenu des sociétés, le revenu des entreprises non constituées en société appartenant à des ménages (ce qui suppose de ventiler le revenu mixte par secteur d'activité) et, éventuellement, le revenu d'autres unités institutionnelles telles que les organisations à but non lucratif.

- Les codes des impôts sont complexes et les règles fiscales varient d'un pays à l'autre, voire parfois au sein d'un même pays, entre différentes populations, et dans le temps. Pour ces raisons, l'ajustement des coûts d'usage en fonction de la fiscalité s'apparente souvent davantage à une approximation qu'à une représentation exacte des structures fiscales. Ce n'est pas nécessairement un problème puisque l'objet de l'ajustement fiscal des prix des services du capital consiste à faire apparaître les aspects des impôts ou des subventions les plus importants sur le plan quantitatif pouvant influer sur le coût des apports de capital et sur les taux de rendement après impôt. Par exemple, nous nous pencherons ci-après sur deux paramètres : les taux d'imposition sur le capital et les taux d'imposition sur les bénéfices des sociétés. Nous laisserons de côté l'interaction entre les impôts sur le revenu des ménages et ceux sur les bénéfices des sociétés, ce lien nécessitant des connaissances sur les structures financières et sur les politiques des entreprises en matière de versement des dividendes[48].

En gardant en tête les remarques ci-dessus, intéressons-nous à la mesure du taux d'imposition effectif du capital d'une société. Nous avons établi dans la section 18.4.1 que, pour l'ensemble d'un secteur d'activité, le revenu *ex post* attribuable au capital, avant impôt, était mesuré comme l'excédent brut d'exploitation, comprenant la partie du revenu mixte brut revenant au capital (G^t) et les taxes nettes sur la production relatives au capital (T_K^t). En matière d'ajustement fiscal, les entreprises productrices doivent être considérées séparément des autres unités institutionnelles, par exemple des ménages. Pour le présent exposé, nous nous concentrerons sur les entreprises productrices, ce qui signifie que nous pouvons ignorer le revenu mixte et que G^t correspond uniquement à l'excédent brut d'exploitation. Dans la section 16.1, nous avons expliqué comment étaient calculés les taux de rendement endogènes *ex post,* sans prendre en compte l'aspect fiscal et, par souci de simplicité, nous reproduisons la formule ci-dessous :

$$(32) \qquad G^t+T_K^t = \sum_{k=1}^{N} P_0^{k,tB}(1+\rho^t)\,[r^{t*} + \delta_0^k(1+i^{k,t*}) - i^{k;t*}]K^{k,t}$$

Le taux de rendement réel r^{t*} est un taux de rendement *avant* impôt. Lorsque les paramètres fiscaux sont expressément pris en compte dans le calcul du coût d'usage, le taux de rendement qui en résulte s'entendra *après impôt.* Le taux après impôt se révèle souvent plus intéressant pour l'analyse que celui avant impôt. Pour calculer ce taux de rendement réel ajusté de l'impôt (r_a^{t*}), nous corrigeons la formule ci-dessus des paramètres fiscaux, dont trois[49] seront utilisés ici : le taux d'imposition effectif sur les apports de capital ($t_K^{k,t}$), le taux d'imposition effectif sur les bénéfices des sociétés (t_P^t) et la valeur actualisée de l'amortissement prévu par l'impôt ($z^{k,t}$). Le premier et le troisième paramètres peuvent être propres à un actif particulier, d'où la présence de l'exposant « k ». Le taux d'imposition sur les biens d'équipement est exprimé en pourcentage de la valeur du stock d'actifs productifs k, $K^{K,t}$, bien que d'autres formulations soient possibles :

$$(33) \qquad G^t+T_K^t = \sum_{k=1}^{N} [(1-z^{k,t}t_p^t)/(1-t_p^t)]\{P_0^{k,tB}(1+\rho^t)\,[r_a^{t*}+ \delta^k(1+i^{k,t*}) - i^{k;t*}]K^{k,t}\}+\sum_{k=1}^{N} t_K^{k,t}P_0^{k,t}K^{k,t}$$

[48] Cette interaction a été initialement étudiée par Hall (1981).

[49] Nous avons déjà mentionné que des approches plus élaborées du système fiscal sont possibles, mais qu'elles dépasseraient la portée du présent *Manuel* ; le lecteur est donc invité à consulter les études spécialisées, et en particulier celle de Jorgenson et Yun (2001).

Pour résoudre cette équation et calculer le taux de rendement après impôt r_a^{t*} il est nécessaire de connaître les taux d'imposition effectifs $t_K^{k,t}$ et t_P^t , ainsi que la valeur de $z^{k,t}$. Pour calculer le premier paramètre, le versement total au titre des « Autres impôts sur la production » pour un bien d'équipement donné k ($T_K^{k,t}$)[50] est divisé par la valeur du stock de ce même actif : $t_P^{k,t} = T_K^{k,t}/(P_0^{k,t}K^{k,t})$.

Pour le paramètre concernant l'impôt sur les bénéfices t_P^t, il faut disposer d'informations supplémentaires à propos du montant total de l'impôt sur les bénéfices des sociétés, noté T_P^t. Compte tenu du montant total des impôts sur les bénéfices, le taux d'imposition moyen effectif sur les bénéfices correspond à l'impôt total sur ces derniers, divisé par l'assiette, définie ici comme l'excédent brut d'exploitation moins les impôts sur le capital et les amortissements fiscaux. Notons que, de manière générale, l'amortissement fiscal n'est pas identique à l'amortissement ou à la consommation de capital fixe tels que décrits dans le présent *Manuel* aux fins de la mesure du capital. Il reflète les dispositions du code des impôts précisant le montant annuel déductible du résultat avant impôt. En ce qui concerne le prix des services du capital, le schéma chronologique de l'amortissement fiscal est représenté par le paramètre $z^{k,t}$, qui correspond à la valeur actualisée des amortissements fiscaux futurs qui réduiront l'assiette imposable. C'est à Hall et Jorgenson (1967) qu'on doit les bases théoriques de cette approche.

De la même manière que pour les revenus du capital des sociétés, des paramètres fiscaux peuvent être intégrés aux expressions du coût d'usage pour les entreprises non constituées en société. Dans ce cas, la partie du revenu mixte revenant au capital joue le rôle de G^t et les impôts sur les revenus fonciers dus par les ménages représentent l'impôt sur les bénéfices sociaux T_P^t.

S'agissant de l'introduction de paramètres fiscaux dans l'expression du coût d'usage, il convient, lorsqu'on interprète, par exemple, les taux d'imposition effectifs sur les bénéfices des sociétés, de ne pas oublier que ces impôts sont généralement évalués en fonction du revenu total des entreprises, de toutes origines, et pas uniquement celui généré par la production. De même, les impôts sur les revenus des ménages sont calculés à partir du revenu total déclaré ou présumé du ménage concerné, quelle que soit la source : rémunérations salariales, revenus fonciers, pensions, etc., ce qui affecte les taux d'imposition effectif marginal et moyen des revenus fonciers.

Malgré son intérêt sur le plan analytique, certaines études montrent que l'effet de l'introduction des paramètres fiscaux dans le coût d'usage pour les estimations des services du capital n'est pas significatif. Baldwin et Gu (2007) constatent que le fait d'ignorer les impôts dans les estimations des services du capital ne prête pas à conséquence, aussi bien pour les méthodes des taux endogènes comme exogènes, mais surtout pour la première.

Pour résumer cette section sur la fiscalité, disons que, bien qu'il soit important et relativement simple de tenir compte des autres impôts sur la production et de les répartir entre capital et travail, l'introduction de paramètres fiscaux sur les revenus et relatifs aux amortissements dans les expressions du coût d'usage est une entreprise plus complexe. Malgré son intérêt sur le plan analytique, sa mise en œuvre nécessite une connaissance institutionnelle et des informations statistiques sur le système fiscal d'un pays.

18.5 Actifs usagés

Le fait que le calcul de la FBCF mette en jeu des transactions sur des actifs usagés, qui sont valorisés à des prix inférieurs à ceux des actifs neufs, pose problème pour l'estimation du stock de capital. Par exemple, une entreprise A vend un actif usagé à une entreprise B. L'entreprise A va inscrire la vente au

[50] Cette opération suppose que $T_K^t=\sum t_K^{i,t}W^{i,t}$; on peut ensuite supprimer les termes T_K^t de la branche de gauche de l'équation (33) et $=\sum t_K^{i,t}W^{i,t}$ de la branche de droite. Cette manipulation ne rend pas le calcul de $t_K^{i,t}$ superflu du fait que le coût unitaire de tout type d'actif particulier contient toujours ce paramètre fiscal propre à l'actif.

prix actuel de marché de l'actif et non pas au prix « comme neuf » qui serait nécessaire pour la valorisation du stock de capital brut. Cela veut dire que la FBCF déclarée par l'entreprise A (ses achats moins ses déclassements d'actifs) sera trop élevée pour être incluse telle quelle dans la MIP car ses ventes sont valorisées au prix du marché (qui est bas) et pas au prix « comme neuf » (qui, lui, est élevé). Dans le même temps, l'entreprise B va inscrire son acquisition de l'actif usagé provenant de A au prix actuel du marché qui est là aussi plus faible que le prix « comme neuf ». La FBCF de B (ses achats moins ses déclassements d'actifs) sera trop faible pour être utilisée par la MIP.

Les erreurs d'estimation entraînées par la manière dont A et B inscrivent leurs transactions sur des actifs usagés se compenseront si les deux entreprises consolident leurs comptes, puisque la surévaluation de la FBCF de A est exactement identique à la sous-évaluation de la FBCF de B. Toutefois, il existe des circonstances où ces erreurs ne se compenseront pas :

- Les statistiques de stock de capital doivent être sectorisées et classées par type d'activité. Si des transactions sur actifs usagés ont lieu entre des unités répertoriées dans des secteurs ou des activités différents, il apparaîtra des erreurs dans les sous-composantes sectorielles ou d'activité du stock de capital.

- Deuxièmement, les actifs usagés peuvent entrer ou sortir de l'économie nationale au travers d'exportations ou d'importations. Si un actif usagé est importé, l'acquisition sera répertoriée à la valeur actuelle de marché de l'actif et la FBCF sera sous-estimée lorsqu'on calculera la MIP. Si un actif usagé est exporté, son déclassement sera valorisé à la valeur actuelle de marché et la FBCF sera surestimée lorsqu'on calculera la MIP. On ne pourra pas compter sur des erreurs qui se compenseraient puisqu'une partie prenante des transactions est extérieure à l'économie nationale.

- Enfin, les actifs usagés peuvent être transférés d'une utilisation productive à une utilisation qui ne l'est pas. En particulier, ils peuvent être transférés entre le secteur des entreprises ou des administrations vers celui des ménages. L'exemple le plus répandu pourrait être la vente de véhicules d'occasion par des entreprises de location à des ménages. Dans ce cas, on ne peut trouver aucune compensation à la surévaluation de la FBCF des entreprises de location puisque l'achat de véhicules d'occasion ne compte pas comme de la formation de capital.

Quelle est l'ampleur des erreurs découlant des transactions sur des actifs usagés qui peuvent affecter les estimations du stock de capital brut ? Et que peut-on faire ?

Si l'on considère les erreurs affectant les sous-composantes ventilées par secteur et par activité du stock de capital, l'ampleur de l'erreur dépend partiellement du degré de finesse des ventilations utilisées. Il serait donc sage que les pays restent modestes dans le degré de détail de leurs classifications par secteur et par activité du stock de capital, au moins au début de la collecte de statistiques de ce type. L'importance du problème dépend de la façon dont certains actifs peuvent être utilisés dans différentes industries. La plupart des machines et des outils sont spécifiques à une industrie donnée mais les bâtiments, eux, sont polyvalents. Un magasin peut devenir une banque, une usine peut être utilisée pour de nombreux types de production et même une gare peut être transformée en musée. Pour effectuer des corrections au titre des transferts d'actifs entre secteurs et activités, il est nécessaire d'isoler les transactions sur actifs usagés de celles sur actifs neufs.

Les importations et les exportations d'actifs usagés peuvent représenter des montants significatifs pour certains pays mais elles ne posent pas de problèmes complémentaires à ceux évoqués plus haut. Lorsqu'un producteur vend un actif usagé à un autre producteur national ou étranger, il suffit d'isoler la vente comme étant celle d'un actif d'occasion et de procéder à l'ajustement à la hausse requis de la valeur du bien dont on s'est séparé. Réciproquement, si un producteur achète un actif d'occasion provenant de

l'étranger, il faudra opérer exactement le même type de correction que dans le cas de l'achat d'un tel actif au niveau national.

Si l'on considère les transferts d'actifs des producteurs aux ménages, il est vraisemblable que dans de nombreux pays les seules transactions significatives concernent les véhicules d'occasion vendus aux particuliers, même si les exportations de tels véhicules peuvent être nombreuses dans certains pays. Lorsque tel n'est pas le cas, une hypothèse raisonnable est que l'ensemble des ventes de voitures particulières par les producteurs concernent les ménages. Dans la mesure où ces ventes de véhicules d'occasion peuvent être isolées dans les comptes des producteurs, il devient possible de relever les prix des actifs déclassés vers un niveau de prix « comme neuf » et ainsi d'éliminer cette source d'erreur.

18.6 Utilisateurs et propriétaires de biens immobilisés

Lorsque des actifs sont donnés à bail ou loués, les propriétaires et les utilisateurs de ces biens peuvent appartenir à différentes unités. Les paiements en rapport avec l'usage d'actifs non produits non financiers – essentiellement des terrains et des actifs du sous-sol – sont qualifiés de « loyers perçus » en comptabilité nationale alors que les paiements pour l'usage des actifs produits sont les « loyers payés ». Ces deux appellations différentes correspondent à des traitements différents dans les comptes nationaux. Le fait de donner à bail des terrains ou des actifs du sous-sol n'est pas en soi considéré comme de la production. Les loyers perçus sont considérés comme des revenus fonciers alloués aux propriétaires de la ressource après production. De ce fait, les services du capital attribuables aux terrains et aux actifs du sous-sol doivent être comptabilisés dans le compte d'exploitation de l'utilisateur de l'actif, et non dans celui de son propriétaire. L'excédent brut d'exploitation de l'utilisateur inclura le rendement de la ressource, lequel sera ensuite transmis au propriétaire.

Les « loyers payés » désignent les paiements reçus au titre de *contrats de location-exploitation*. Ici, la location concerne des actifs produits mis à la disposition de l'utilisateur pour des périodes relativement courtes, et dont le propriétaire conserve la responsabilité de l'entretien et de la réparation. Le fait de donner un actif en location-exploitation est considéré comme de la production, le propriétaire de l'actif fournissant un service à l'utilisateur en échange du paiement d'un loyer. Dans le cas d'une location-exploitation, l'actif doit en principe être répertorié du côté de son propriétaire, et c'est à ce niveau également que devront être comptabilisés les services du capital.

Les contrats de location-exploitation doivent être distingués des *contrats de location-financement*. Ces derniers sont des contrats selon lesquels les risques et le rendement sont de facto transférés du propriétaire légal de l'actif à son utilisateur. Un contrat de location-financement est une forme de financement et un substitut du crédit. Contrairement à la location-exploitation, et de même que la location de terrains et d'actifs souterrains, la location-financement n'est pas considérée en elle-même comme un processus de production. Ici, l'utilisateur est considéré comme le propriétaire économique de l'actif ; en conséquence, l'actif et les services du capital qui s'en suivent doivent être comptabilisés du côté de l'utilisateur, et non du propriétaire légal de l'actif.

Dans la pratique, il existe de nombreux types de contrats de location et il est souvent difficile d'établir si un accord donné est un contrat de location-exploitation ou un contrat de location-financement. Il a donc été suggéré, à des fins d'analyse telle que la mesure de la productivité, qu'il serait utile de classifier *tous* les actifs en fonction du type d'activité de leur *utilisateur*, sans essayer d'opérer une distinction entre les contrat de location-exploitation d'une part et de location-financement et la location de terrains et d'actifs souterrains d'autre part. C'est certainement une manière pragmatique de procéder.

Il convient toutefois de noter que, quand tous les actifs sont classés par utilisateur, il n'est pas toujours possible de relier les données aux autres flux représentés dans la comptabilité nationale, si ceux-ci sont

répertoriés sur la base des propriétaires des actifs. En ce qui concerne en particulier les contrats de location-exploitation, la répartition de la valeur ajoutée entre différents types d'activités dépend du régime de propriété de l'actif plutôt que de son utilisation. Si les actifs sont loués sur la base d'un contrat de location-exploitation, les revenus générés par l'actif apparaissent dans la valeur ajoutée du propriétaire et non pas dans celle de l'utilisateur. Cela tient au fait que le paiement du loyer est déduit, en tant que consommation intermédiaire, de la production brute de l'utilisateur et qu'il apparaît dans la production brute du propriétaire. De ce fait, le calcul des services du capital sur la base de l'utilisateur, sans correction des flux d'intrants intermédiaires au titre des paiements aux propriétaires des actifs, entraînera une distorsion des parts de coût du capital. Comme nous l'avons déjà vu plus haut, un contrat de location-exploitation consiste à acquérir des intrants intermédiaires – les services du capital – et il doit donc être abordé en tant que tel. Si des actifs sont loués selon un contrat de location-financement, aussi bien la propriété que l'utilisation sont enregistrées dans la branche utilisatrice, sans poser aucun problème particulier.

L'argumentaire qui précède dépend naturellement de la disponibilité des informations disponibles sur les flux de services du capital entre les bailleurs et les locataires, qui sont les parties au contrat de location-exploitation. Tel n'est pas toujours le cas, ce qui peut nous ramener à une classification exclusive des actifs en fonction du secteur de l'utilisateur si la déformation ainsi créée semble moins importante que celle induite par l'incohérence entre la valeur ajoutée et le facteur de production revenant au capital mentionnée plus haut.

CHAPITRE 19. LE MODÈLE

Le présent chapitre vise à présenter de manière assez détaillée le modèle formel servant de base à la mesure du capital. Bien que théorique, cette présentation vise une mise en application, c'est-à-dire qu'elle tient compte de caractéristiques telles que la valorisation des flux aux prix de milieu de période, pertinents en comptabilité nationale et qui compliquent parfois la présentation algébrique. Dans le même temps, ces considérations sont indispensables à la mise en œuvre des mesures des services du capital. Cette partie de notre *Manuel* commence par un chapitre sur le calcul des coûts d'usage et de ses composantes : le rendement du capital, l'amortissement et la réévaluation. Elle se poursuit avec la décomposition prix/volume de la valeur des services du capital et s'achève avec les mesures du capital dans les bilans.

Les comptes nationaux ne fonctionnent jamais avec les actifs pris individuellement, mais avec des cohortes, au sein desquelles les spécifications des actifs individuels sont similaires (voire, idéalement, identiques) ; ils ont été intégrés au même moment mais épuisent leurs capacités de production respectives pendant des durées de vie utiles différentes. Toutes les variables données ci-après font référence à des cohortes d'actifs, et non aux actifs individuels.

19.1. Calcul des coûts d'usage

Les coûts d'usage du capital correspondent au prix que le propriétaire utilisateur d'un bien d'équipement « se paie à lui-même » en échange de l'usage de ses propres actifs. On peut aussi définir les coûts d'usage comme les rendements marginaux générés par un actif pendant une période de production. Sur un marché parfait, et sans tenir compte des coûts du travail et intermédiaires éventuels entrant dans un loyer, les coûts d'usage auraient la même valeur que le loyer que pourrait espérer toucher le propriétaire d'un bien d'équipement s'il louait son actif pendant une période donnée, à des fins de production.

Dans le modèle théorique, et conformément aux pratiques de comptabilité nationale, l'investissement est supposé avoir lieu en milieu de période.

L'idée de base des coûts d'usage remonte à Walras (1874), mais les formulations modernes de cette relation fondamentale de la théorie du capital et de son rôle dans la mesure du capital sont le fait de Jorgenson (1963), de Christensen et Jorgenson (1973) et de Diewert (1974). Toutes les formules reposent sur l'idée que le prix d'un actif est égal à la valeur actualisée des avantages nets qu'il est censé apporter à l'avenir. Cette relation peut être établie de différentes manières. On peut par exemple supposer que les paiements (internes) relatifs à l'usage de l'actif surviennent en début ou en fin de période comptable. On peut également se demander à quel moment un actif nouvellement acquis commence à délivrer des services du capital. Ce peut être immédiatement, dès son achat, ou bien plus tard. Aux fins de la présente étude, nous allons procéder aux hypothèses ci-après, qui facilitent le lien avec les données de la comptabilité nationale et rejoignent les principes de cette dernière.

Il convient de noter que les conventions ci-après ont été établies dans l'idée d'une fréquence annuelle. Comme nous l'expliquions dans la section 15.6, il n'existe à l'heure actuelle aucun pays disposant d'un ensemble complet de mesures trimestrielles du capital (stock et flux) ; c'est pourquoi nous ne démontrons pas explicitement comment calculer des mesures annuelles à partir de données trimestrielles, mais passons

directement à la fréquence annuelle. Précisons que certains de nos calculs annuels seront des approximations[51], adoptés pour simplifier la présentation et le calcul.

- Une convention de comptabilité nationale stipule que l'investissement doit être mesuré comme le flux moyen pendant la période et valorisé aux prix moyens de cette dernière. Nous nous sommes rapprochés de cette convention en supposant que l'investissement avait lieu en milieu de période et qu'il était valorisé aux prix de ce moment. Nous noterons $I^{i,t}$ le volume d'investissement dans de nouveaux biens d'équipement d'un type particulier *i* , l'investissement étant supposé avoir lieu au milieu de la période t. Ce flux est valorisé au prix moyen d'une période de base t_0, $P_0^{i,t0} = (P_0^{i,t0B} + P_0^{i,t0E})/2 = 1$, que nous avons fixé comme égal à 1 pour simplifier. En outre, les lettres « B » et « E » ont été ajoutées en exposants aux prix $P_0^{i,t0B}$ et $P_0^{i,t0E}$ afin d'indiquer que ces derniers représentent les prix des actifs neufs en début et en fin de période t_0. L'indice qui accompagne la mesure de prix indique l'âge de l'actif, ce qui explique que le prix d'un actif neuf ait un indice de zéro. [$I^{i,t}$, $I^{i,t-1}$, $I^{i,t-2}$,…] correspond à une série chronologique d'investissement à prix constants comme on en trouve généralement dans les comptes nationaux. On suppose, uniquement à des fins de simplification de l'exposé et du calcul, que le déclassement d'un actif a lieu en fin de période. Dans certains cas, comme pour les taux d'amortissement géométrique et d'ancienneté-efficacité, cette hypothèse n'est pas pertinente puisque la durée de vie utile se rapproche de l'infini.

- Compte tenu des informations disponibles au début de la période t, nous allons définir le taux de variation attendu des prix des biens d'équipement *i* entre le début et la fin de la période comme $i_{(tB)}^{i,t} = P_0^{i,tE}/P_0^{i,tB}-1$. Bien que les variations de prix de l'actif attendues dépendent du moment où les prévisions sont formulées (indiqué par l'indice tB), elles sont supposées s'appliquer à toutes les périodes futures, c'est-à-dire que la variation attendue des prix dans deux périodes sera notée $P_0^{i,t+2B}/P_0^{i,tB}=(1+ i_{(tB)}^{i,t})^2$, celle attendue dans trois périodes par $(1+ i_{(tB)}^{i,t})^3$ et ainsi de suite. De ce fait, nous pouvons abandonner l'exposant t, mais il conviendra de garder l'indice (tB) pour faire référence au fait que les variations de prix futures attendues peuvent changer en fonction de l'évolution des informations disponibles.

- Les flux de paiements ou de prestations monétaires issus de l'usage d'un actif sont actualisés au taux nominal r. Comme le taux de variation attendu des prix, les taux d'intérêt nominaux peuvent changer avec le temps, en fonction des informations disponibles au début de chaque période. Par exemple, le taux d'actualisation nominal attendu pour les périodes futures au début de la période t sera noté $r_{(tB)}$. Nous allons prendre pour hypothèse une structure de taux d'intérêt à durée constante, c'est-à-dire que le taux pertinent pour les deux périodes pour un ensemble d'informations de t est noté $(1+r_{(tB)})^{2,}$ etc.

- Les paiements ont lieu en fin de période. Cette hypothèse est arbitraire et un paiement en début de période serait tout aussi plausible. Du point de vue de la comptabilité nationale, un paiement en milieu de période constituerait l'approche la plus naturelle. Sa mise en œuvre suppose le calcul de toutes les données ci-après parallèlement, sur la base du paiement des loyers en début de période et les identités ainsi obtenues devront faire l'objet d'une moyenne avec celles obtenues

[51] Dans un commentaire du présent *Manuel*, Erwin Diewert a souligné que certaines formules annuelles n'étaient pas cohérentes avec l'autre formulation obtenue systématiquement à partir de données d'une fréquence inférieure. Sa remarque est pertinente, mais l'imprécision due à l'approximation de nos formules doit être mise en regard des avantages d'une simplicité relative. Un modèle annuel totalement cohérent avec un modèle théorique trimestriel nécessiterait par exemple de spécifier des profils ancienneté-prix et ancienneté-efficacité, tout en compliquant la présentation et la mise en œuvre. D'un point de vue pratique, les données trimestrielles sont importantes à deux titres : le calcul de certaines mesures de flux de base requises dans les comptes trimestriels, telles que la consommation de capital fixe et le traitement des prix et des volumes dans un contexte d'inflation élevée.

sous une perspective de fin de période. Cela ne suppose aucune difficulté majeure, mais la présentation serait longue et laborieuse, ce que nous préférons éviter à ce stade.

Il est à présent possible de formuler la condition d'équilibre selon laquelle la valeur d'un actif correspond à ses avantages futurs actualisés. Pour ne pas surcharger la notation, nous abandonnons pour le moment l'exposant i, mais il est important de comprendre que tous les calculs effectués concernent un type d'actif unique. Il ne faut pas confondre avec le fait que les calculs concernent une cohorte et non des actifs pris individuellement. Pour signaler cette différence, nous utilisons f_n^t pour noter les coûts d'usage, de préférence à c_n^t, comme tel était le cas dans les premiers chapitres du présent *Manuel*. La même remarque vaut pour les prix des actifs, pour lesquels nous employons des majuscules plutôt que des minuscules. En cas de besoin, par exemple dans l'explication de l'agrégation des types d'actifs, nous réintroduirons l'indice.

$$(34) \qquad P_n^{tB} = f_n^t (1+r_{(tB)})^{-1} + f_{n+1}^{t+1} (1+r_{(tB)})^{-2} + f_{n+2}^{t+2} (1+r_{(tB)})^{-3} + \ldots \qquad n=0.5;\ 1.5;\ 2.5;$$

L'équation (34) indique que le prix d'un nouvel actif âgé de n années au début de la période t, P_n^{tB}, est égal à la somme des paiements de loyers $\{f_n^t, f_{n+1}^{t+1}, \ldots\}$, tous actualisés au début de l'exercice t. Les paiements de loyers ont lieu à la fin de chaque période comptable. Signalons la notation quelque peu inhabituelle de n, avec des valeurs de 0.5, 1.5, etc., qui reflète l'hypothèse de l'investissement effectué en milieu de période selon la comptabilité nationale : au début de la période t, l'actif le plus récent n'a que six mois, d'où n=0.5. Les biens d'équipement acquis au milieu de la période t-2 ont un an et demi au début de la période t, et ainsi de suite. De ce fait, l'expression (34) ne concerne que les actifs déjà en place en début de période. Les actifs acquis au cours de la période t sont abordés séparément. Pour obtenir une équation du coût d'usage, il suffit d'avancer l'expression (34) d'une période, sans toutefois modifier l'ensemble d'informations qui restera tB :

$$(35) \qquad P_{n+1}^{t+1B} = f_{n+1}^{t+1} (1+r_{(tB)})^{-1} + f_{n+2}^{t+2} (1+r_{(tB)})^{-2} + f_{n+3}^{t+3} (1+r_{(tB)})^{-3} + \ldots$$

En multipliant (34) par $1+r_{tB}$ puis en soustrayant (35) de l'équation obtenue nous arrivons à l'équation suivante :

$$(36) \qquad P_n^{tB}(1+r_{(tB)}) - P_{n+1}^{t+1B} = f_n^t \ ; \ n=0.5;\ 1.5;\ 2.5;$$

le prix de l'actif P_{n+1}^{t+1B} étant une variable attendue compte tenu du fait que la relation ci-dessus a été mise au point sur la base des informations disponible au début de la période t. Le prix de l'actif au début de la période t+1 est égal à celui de la fin de la période t, et l'on peut donc remplacer P_{n+1}^{t+1B} par P_{n+1}^{tE}.

Les nouveaux actifs acquis pendant la période t génèrent une demi-période de loyers, et seront notés f_{H0}^t. Précisons que ces loyers d'une demi-année ne peuvent être directement comparés aux loyers payés $\{f_n^t\}$, qui concernent les paiements d'une période complète. La relation exacte de coût d'usage pour les nouveaux actifs (sur la base des informations disponibles au début de la période t) est la suivante :

$$(37) \qquad P_0^t(1+r_{(tB)}/2) - P_{0.5}^{tE} = f_{H0}^t.$$

Cependant, pour maîtriser les choses, et sans doute avec peu de conséquences sur le plan pratique, nous allons simplement supposer que le coût d'usage d'une demi-période f_{H0}^t correspondra à la moitié du coût d'usage hypothétique d'un actif si celui-ci avait été acquis en début de période. De ce fait, pour la suite de l'exposé, nous procédons à l'approximation ci-après :

$$(38) \qquad f_{H0}^t \approx f_0^t/2 = [P_0^{tB}(1+r_{(tB)}) - P_1^{tE}]/2.$$

19.2. Décomposition des coûts d'usage

La prochaine étape consiste à décomposer l'expression du coût d'usage et à agréger les générations d'investissement pour obtenir les équations d'amortissement, de rendement net du capital et de réévaluation. Nous allons tout d'abord examiner l'ensemble d'actifs existants puis les nouveaux actifs. A cet effet, nous mesurons le *taux d'amortissement d'un actif âgé de n années pendant la période t*, comme la différence en pourcentage entre la valeur de l'actif âgé de n années et celle d'un autre, âgé de n+1 années. *Stricto sensu*, il s'agit d'un taux attendu, qui dépend de l'information disponible au début de la période t. Il doit donc y avoir un indice notant l'ensemble d'informations mais nous l'avons omis pour ne pas surcharger la notation. Autre simplification : nous supposons que, pour tout ensemble d'information n'existe qu'un seul ensemble de taux d'amortissement. De ce fait, le taux d'amortissement (attendu) d'un actif de deux ans au cours de la période actuelle sera le même que celui attendu pour un actif de deux ans au cours des périodes futures :

$$\delta_n \equiv (P_n^{tE} - P_{n+1}^{tE})/P_n^{tE} = 1 - P_{n+1}^{tE}/P_n^{tE} = (P_n^{tB} - P_{n+1}^{tB})/P_n^{tB} . \quad (39)$$

En ce qui concerne l'expression du coût d'usage (36), il est possible de décomposer la différence de prix entre un actif âgé de n années au début de la période et un actif âgé de n+1 années à la fin de la période, $P_n^{tB} - P_{n+1}^{tE}$, entre, d'une part, un écart de prix reflétant la dépréciation de l'actif et, d'autre part, une variation du prix procédant de la réévaluation ou des gains/pertes de détention. Il existe différentes manières de décomposer ces deux éléments et nous suivrons la procédure de Balk et van den Bergen (2006) en optant pour la moyenne des deux possibilités. Plus précisément, nous définissons la *Valeur d'amortissement par actif* d_n^t , égale à n années au début de la période t, en tant que produit du taux d'amortissement et du prix moyen de l'actif pendant cette période. Cette méthode rejoint le traitement de l'amortissement ou consommation de capital fixe préconisé dans le Système de comptabilité nationale. Nous représentons le calcul dans l'égalité ci-dessous.

$$\begin{aligned} d_n^t &= 0.5[(P_n^{tB} - P_{n+1}^{tB}) + (P_n^{tE} - P_{n+1}^{tE})] \\ &= 0.5[P_n^{tB}(1 - P_{n+1}^{tB}/P_n^{tB}) + P_n^{tE}(1 - P_{n+1}^{tE}/P_n^{tE})] \\ &= 0.5[P_n^{tB}\delta_n + P_n^{tE}\delta_n] \\ &= \delta_n 0.5[P_n^{tB} + P_n^{tE}] \\ &= \delta_n P_n^t \\ &= P_n^{tB}\delta_n (1+i_{(tB)}/2); \qquad \text{for n= 0.5; 1.5; 2.5;} \end{aligned} \quad (40)$$

La dépréciation en milieu d'année pour le nouvel actif d_{H0}^t sera simplement établie comme $d_{H0}^t = d_0^t/2 = \delta_0 P_0^t/2$. Compte tenu de la valeur de la dépréciation pour un actif âgé de n années, la *réévaluation* ou les *gains ou pertes de détention par unité d'un actif âgé de n année,s* qui forment la différence par rapport à la variation totale de la valeur de l'actif, $P_n^{tB} - P_{n+1}^{tE}$, sont mesurés comme suit :

$$\begin{aligned} z_n^t &= 0.5[(P_n^{tE} - P_n^{tB}) + (P_{n+1}^{tE} - P_{n+1}^{tB})] \\ &= 0.5[P_n^{tB}(P_n^{tE}/P_n^{tB} - 1) + P_{n+1}^{tB}(P_{n+1}^{tE}/P_{n+1}^{tB} - 1)] \\ &= 0.5[P_n^{tB} i_{(tB)} + P_{n+1}^{tB} i_{(tB)}] \\ &= i_{(tB)} 0.5[P_n^{tB} + P_{n+1}^{tB}] \\ &= P_n^{tB} i_{(tB)} 0.5 [1 + P_{n+1}^{tB}/P_n^{tB}] \\ &= P_n^{tB} i_{(tB)} 0.5 [2 - \delta_n] \\ &= P_n^{tB} i_{(tB)} [1 - \delta_n/2] \qquad \text{pour n= 0.5; 1.5; 2.5;} \end{aligned} \quad (41)$$

La dernière ligne de cette expression contient le terme $P_n^{tB}[1-\delta_n/2]$, qui correspond au prix d'un actif en début d'année, corrigée de l'amortissement d'un semestre. Ce terme peut aussi être considéré comme une approximation (assez exacte) de la valeur d'un actif âgé de n+0.5 années, ce qui correspond à l'âge moyen de l'actif pendant la période comptable. De ce fait, la réévaluation pendant la période t est mesurée comme la valeur d'un actif d'un âge moyen de n+0.5 années en début d'année, multipliée par la variation

de prix attendue durant la période. Encore une fois, pour les nouveaux actifs, la réévaluation sera établie à $z_{H0}^{t}=z_0^t/2 = P_0^{tB}\, i_{(tB)}\, [1 - \delta_0/2]/2 \approx P_{0.5}^{tB}\, i_{(tB)}/2$. Ensuite, le coût d'usage unitaire d'un actif âgé de n années au début de la période, et en supposant que le paiement des loyers a lieu en fin de période, est représenté comme suit :

$$
\begin{aligned}
(42) \qquad f_n^t &= P_n^{tB}(1+r_{(tB)}) - P_{n+1}^{tE} \\
&= P_n^{tB} r_{(tB)} + d_n^t - z_n^t \\
&= P_n^{tB} r_{(tB)} + P_n^{tB}\delta_n\,(1+ i_{(tB)}/2) - P_n^{tB}\, i_{(tB)}\,(1 - \delta_n/2) \qquad \text{pour n=0.5; 1.5; 2.5;…}
\end{aligned}
$$

$$
f_{H0}^t = (P_0^{tB} r_{(tB)} + d_0^t - z_0^t)/2.
$$

Les équations qui précèdent fournissent également la décomposition de base du coût d'usage unitaire pour l'investissement nouveau et les générations antérieures en plusieurs éléments :

- un rendement du capital, $P_n^{tB} r_{(tB)}$, obtenu en appliquant le taux de rendement attendu pour la période par la valeur du bien d'équipement au début de celle-ci ;
- une dotation aux amortissements (attendue) d_n^t;
- une réévaluation (attendue) z_n^t qui rend compte de la hausse attendue des prix de l'actif pour un âge d'actif donné.

Chaque élément fait partie d'un flux, l'avantage marginal de l'utilisation de l'actif pendant la période t. Nous allons à présent nous intéresser de plus près à chacun de ces trois éléments, à commencer par l'amortissement, pour ensuite aborder le rendement du capital et la réévaluation.

19.3. Amortissement

La valeur totale de l'amortissement d'un actif âgé de n années est obtenue en multipliant la valeur d'amortissement unitaire par la quantité totale d'investissements anciens d'âge n :

$$
(43) \qquad D_n^t = d_n^t I^{t-n-0.5} = P_n^{tB}\delta_n\,(1+ i_{(tB)}/2) I^{t-n-0.5}, \text{ for n=0.5; 1.5; 2.5;…}
$$

$$
D_{H0}^t = d_0^t I^t/2 = P_0^{tB}\delta_0\,(1+ i_{(tB)}/2) I^t/2.
$$

L'hypothèse implicite de ce calcul est la suivante : tout investissement au cours d'une période donnée concerne de nouveaux biens d'équipement. En pratique, tel n'est pas nécessairement le cas et il conviendrait de préciser, pour chaque flux d'investissement de la période t, la composition de l'investissement par génération. Cependant, ce faisant, on ajoute une dimension de complexité supplémentaire due au besoin de suivre tous les flux d'investissement en fonction de leur génération. Pour éviter une telle complication, nous partons du principe que tous les investissements concernent uniquement des biens neufs[52]. L'ampleur de la contrainte de cette hypothèse dépend du volume de transactions réalisées sur des actifs d'occasion par rapport à l'acquisition d'actifs neufs et du nombre de transactions sur des actifs d'occasion dans le secteur ou dans la branche étudiés. Avec ces réserves en tête, nous obtenons une mesure de l'amortissement correspondant au produit du taux d'amortissement δ_n et du volume de biens d'équipement âgés de (n+0.5) ans, valorisés aux prix moyens de la période t. La valeur totale de l'amortissement de la consommation de capital fixe pour un type d'actif donné ressort alors comme :

52. Voir Balk et van den Bergen (2006) pour un système de comptabilité par génération comme celui utilisé par l'office des statistiques néerlandais, qui tient compte des transactions sur des actifs d'occasion.

$$(44) \qquad D^t = D_{H0}{}^t + D_{0.5}{}^t + D_{1.5}{}^t + \ldots$$
$$= P_0{}^t \delta_0 I^t/2 + \delta_{0.5} P_{0.5}{}^t I^{t-1} + \delta_{1.5} P_{1.5}{}^t I^{t-2} + \ldots$$

Cette expression suscite plusieurs remarques. Premièrement, on peut à présent relier l'amortissement à la *fonction ancienneté-prix*. Comme nous l'avons déjà expliqué dans le présent *Manuel*, la fonction ancienneté-prix illustre le lien entre les prix d'achats de différentes générations du même actif. La fonction ancienneté-prix d'un type d'actif donné sera noté $\psi_n \equiv P_n{}^t/P_0{}^t$ (n= 0.5; 1.5; …). Il existe une corrélation entre le profil d'amortissement et la fonction ancienneté-prix, comme on peut aisément le vérifier à partir de la définition du taux d'amortissement : $\delta_n = 1-\psi_{n+1}/\psi_n$ de manière à ce que $\delta_n \psi_n = \psi_n - \psi_{n+1}$. En prenant $P_0{}^t$ dans l'expression ci-dessus, on obtient :

$$(45) \qquad D^t = P_0{}^t [\delta_0 I^t/2 + \delta_{0.5}\psi_{0.5} I^{t-1} + \delta_{1.5}\psi_{1.5} I^{t-2} + \ldots]$$
$$= P_0{}^t [(1-\psi_{0.5}) I^t + (\psi_{0.5} - \psi_{1.5}) I^{t-1} + (\psi_{1.5} - \psi_{2.5}) I^{t-2} + \ldots]$$

La dernière ligne de l'équation ci-dessus montre comment exprimer la valeur de l'amortissement à l'aide du profil ancienneté-prix uniquement. Chaque génération d'investissement de n années d'ancienneté est multipliée par l'équivalent d'un profil d'amortissement, à savoir une différence d'un an de la fonction ancienneté-prix ($\psi_{n-0.5} - \psi_{n+0.5}$) pour n=1, 2, …. Pour les générations d'investissement les plus récentes, nous avons établi que $\delta_0/2 = 1-\psi_{0.5}$.

Bien que l'étude du présent chapitre ait porté sur un actif unique, il convient de bien saisir que, de manière générale, la fonction ancienneté-prix $\{\psi_n\}$ se rapporte à une cohorte d'actifs et qu'elle est censée refléter le profil de déclassement autour duquel sont distribués les différents actifs d'une même cohorte. Le mode de calcul empirique des profils ancienneté-prix pour les cohortes entières a été décrit à la section 13.3. Une discussion complémentaire, plus technique, figure à l'annexe 4.

La deuxième remarque relative à l'expression (45) fait référence au cas particulier des fonctions ancienneté-prix géométriques. Dans le cadre de taux d'amortissement géométrique constants, la mesure de l'amortissement total est simplifiée si l'on applique un taux d'amortissement constant du patrimoine ou du stock net aux prix de la période en cours. En l'absence de taux d'amortissement géométrique, la valeur totale de l'amortissement ne peut être exprimée en proportion du stock patrimonial et il convient de suivre les taux propres à chaque génération ainsi que les valeurs d'amortissement de chaque type d'actif. Cependant, pour l'amortissement géométrique, si $\delta_n = \delta$ pour n=0.5, 1.5, 2.5, …, l'amortissement total devient :

$$(46) \qquad D^t \text{ (géometrique)} = \delta P_0{}^t [I^t/2 + \psi_{0.5} I^{t-1} + \psi_{1.5} I^{t-2} + \ldots]$$
$$= \delta P_0{}^t [I^t/2 + W^{tB}].$$

Ici, le taux d'amortissement s'applique au stock de capital en début d'année, $W^{tB} = \psi_{0.5} I^{t-1} + \psi_{1.5} I^{t-2} + \psi_{2.5} I^{t-3} + \ldots$, et à la moitié de l'investissement effectué pendant l'année t. L'expression à prix courants de l'amortissement d'un groupe d'actifs (45) constitue également un point de départ utile pour examiner la répartition possible de l'amortissement entre prix et volume. Un indice de prix naturel de l'amortissement serait l'indice de prix des nouveaux actifs en milieu d'année, $P_0{}^t$. Ensuite, le terme $[\delta_0 I^t/2 + \delta_{0.5}\psi_{0.5} I^{t-1} + \delta_{1.5}\psi_{1.5} I^{t-2} + \ldots]$ représente la partie en volume de l'amortissement, exprimée en prix (constants) de l'année de référence qui ont servi à déflater les séries d'investissement. Il conviendrait ensuite de mettre en place, selon la formule ci-après, un indice de volume en chaîne de Laspeyres pour l'amortissement d'un type

d'actif donné entre les périodes t et t-1, comme cela s'inscrirait dans un système de comptabilité nationale[53] :

$$(47) \qquad Q_L^{t/t-1}(D) = P_0^{t-1}\,[\delta_0 I^t/2 + \delta_{0.5}\psi_{0.5}\,I^{t-1} + \delta_{1.5}\psi_{1.5}\,I^{t-2} + \ldots]/D^{t-1} = (D^t/D^{t-1})/(P_0^t/P_0^{t-1}).$$

Le développement à partir de la perspective d'un actif unique vers la mesure englobant tous les actifs est relativement simple. Nous utilisons l'exposant k pour noter un des actifs de N (k=1,2,…N). La valeur totale de l'amortissement de tous les types d'actifs N aux prix courants et l'indice de volume de type Laspeyres correspondant sont notés :

$$(48) \qquad D^t = \sum_{i=k}^{N} D^{k,t} \text{ et}$$

$$(49) \qquad Q_L^{t/t-1}(D) = \sum_{k=1}^{N} D^{k,t-1}\, Q_L^{k,t/t-1}(D)/D^{t-1}.$$

19.4. Rendement du capital et réévaluation ou gains de détention

Nous nous intéressons à présent aux deux autres éléments du coût d'usage, à savoir le rendement du capital et la réévaluation. Ce n'est pas par hasard que ces deux termes sont rassemblés ici : le rendement du capital et la réévaluation constituent en effet des indicateurs qu'un investisseur ne considérerait pas l'un sans l'autre : le premier correspond au rendement (attendu) qu'il espérerait au final, après déduction de l'amortissement et de la réévaluation. De ce fait, le rendement attendu, diminué de la réévaluation, correspond au rendement que doit générer un actif dans des conditions d'activité « normales », et après déduction de l'amortissement. Si un actif enregistre une baisse de prix durable (c'est-à-dire que l'on prévoit une perte de détention), il devra générer un revenu plus important dans des conditions d'activité normales afin de compenser cette perte de détention, ce qui signifie que le taux de rendement $r_{(tB)}$ correspondra au revenu attendu par le marché pour un niveau de risque donné sur les activités de l'entreprise. Il existe une correspondance directe avec les actifs financiers. Par exemple, le taux de rendement d'une obligation se compose de paiements d'intérêts (l'équivalent du rendement d'une immobilisation dans des conditions d'activité « normales ») et de ses fluctuations de cours. La différence entre les paiements d'intérêts et les variations de cours donne le taux de rendement de l'obligation. Pour un type d'immobilisation particulier i, le rendement R^t se mesure comme suit :

$$\begin{aligned}(50) \qquad R^t &= P_0^{tB} r_{(tB)} I^t/2 + P_{0.5}^{tB} r_{(tB)}\, I^{t-1} + P_{1.5}^{tB} r_{(tB)}\, I^{t-2} + P_{2.5}^{tB} r_{(tB)}\, I^{t-3} + \ldots \\ &= r_{(tB)}[\, P_0^{tB} I^t/2 + P_{0.5}^{tB} I^{t-1} + P_{1.5}^{tB} I^{t-2} + P_{2.5}^{tB} I^{t-3} + \ldots] \\ &= r_{(tB)}\, P_0^{tB}\, [I^t/2 + \psi_{0.5} I^{t-1} + \psi_{1.5} I^{t-2} + \psi_{2.5} I^{t-3} + \ldots] \\ &= r_{(tB)}\, P_0^{tB}\, [I^t/2 + W^{tB}]\end{aligned}$$

avec $W^{tB} = \psi_{0.5}\, I^{t-1} + \psi_{1.5}\, I^{t-2} + \psi_{2.5}\, I^{t-3} + \ldots$ correspondant au stock de capital richesse ou stock de capital net d'un type d'actif particulier au début de l'année t, mesuré en prix de l'année de base. Pour la réévaluation Z^t nous obtenons :

$$\begin{aligned}(51)\ Z^t &= P_0^{tB}\,(1-\delta_0/2) i_{(tB)} I^t/2 + P_{0.5}^{tB} i_{(tB)}(1-\delta_{0.5}/2) I^{t-1} + P_{1.5}^{tB} i_{(tB)}(1-\delta_{1.5}/2) I^{t-2} + P_{2.5}^{tB} i_{(tB)}(1-\delta_n/2)\, I^{t-3} + \ldots \\ &= i_{(tB)} P_0^{tB}\, [(1-\delta_0/2) I^t/2 + \psi_{0.5}(1-\delta_{0.5}/2) I^{t-1} + \psi_{1.5}(1-\delta_{1.5}/2) I^{t-2} + \psi_{2.5}(1-\delta_n/2)\, I^{t-3} + \ldots\ ] \\ &= i_{(tB)} P_0^{tB} W^t.\end{aligned}$$

$W^t = 0.5(W^{tB}+W^{tE})$ est le stock de capital net moyen pendant la période t, valorisé aux prix de la période de référence. Même si l'on peut démontrer officiellement[54] la validité de la transformation de la

53. Lorsque les indices de volume des comptes nationaux reposent sur la formule numérique de l'indice idéal de Fisher, on peut s'adapter aisément en élaborant un indice de volume de Paasche et en calculant la moyenne géométrique de ce dernier indice et de celui de Laspeyres.

dernière ligne de l'expression (51), son analyse passe également par l'intuition. Prenons par exemple l'élément $\psi_{0.5}(1-\delta_{0.5}/2)I^{t-1}$. Il représente l'investissement de la période t-1, avec une pondération de $\psi_{0.5}(1-\delta_{0.5}/2)$. Si nous nous intéressons au stock de capital net en début d'année, le facteur de pondération sera $\psi_{0.5}$, contre $\psi_{1.5}$ pour le stock de capital en fin d'année. Le terme $(1-\delta_{0.5}/2)$ retranche l'amortissement d'une demi-période environ, ce qui fait que le facteur de pondération $\psi_{0.5}(1-\delta_{0.5}/2)$ correspond au facteur de pondération moyen d'un actif âgé d'un an : $\psi_{0.5}(1-\delta_{0.5}/2)=(\psi_{0.5}+\psi_{1.5})/2$.

Le rendement du capital et la réévaluation combinés dans leur version générique et selon une formule géométrique s'expriment donc comme suit :

(52) $R^t - Z^t = r_{(tB)} P_0^{tB} [I^t/2 + W^{tB}] - i_{(tB)} P_0^{tB} W^t.$

$R^t(\text{géométrique}) - Z^t(\text{géométrique}) = [r_{(tB)} - i_{(tB)} (1-\delta/2)] P_0^{tB} [I^t/2 + W^{tB}].$

19.5. Coûts d'usage totaux et stock de capital productif

Dans l'étape suivante, nous allons rassembler les différents éléments pour calculer une mesure globale de tous les coûts d'usage du capital. Pour simplifier la présentation, et parce que l'addition des coûts d'usage de différents types ne pose pas de problème particulier, nous fonderons encore notre exposé sur un type d'actif unique. Les coûts d'usage totaux U^t représentent la somme des coûts d'usage de toutes les générations, ou encore la somme du rendement du capital, de l'amortissement et de la réévaluation, comme on le voit ci-après :

(53) $U^t = f_{H0}{}^t I^t + f_{0.5}{}^t I^{t-1} + f_{1.5}{}^t I^{t-2} + f_{2.5}{}^t I^{t-3} + \ldots$

$= R^t - Z^t + D^t$

$= r_{(tB)} P_0^{tB} [I^t/2 + W^{tB}] - i_{(tB)} P_0^{tB} W^t + P_0{}^t [\delta_0 I^t/2 + \delta_{0.5}\, \psi_{0.5}\, I^{t-1} + \delta_{1.5}\, \psi_{1.5}\, I^{t-2} + \delta_{2.5}\, \psi_{2.5}\, I^{t-3} + \ldots].$

Lorsque les taux d'amortissement suivent un schéma géométrique, la même expression peut être simplifiée pour aboutir à un terme proportionnel au stock net d'actifs :

(54) U^t (géométrique) $= R^t - Z^t + D^t$ (géométrique)

$= [r_{(tB)} - i_{(tB)} (1-\delta/2)] P_0^{tB} [I^t/2 + W^{tB}] + P_0{}^t \delta [I^t/2 + W^{tB}]$

$= [r_{(tB)} - i_{(tB)} (1-\delta/2) + \delta(1+i_{(tB)}/2)] P_0^{tB} [I^t/2 + W^{tB}]$

D'un point de vue pratique, les expressions (53) et (54) jouent un rôle important en cela qu'elles montrent comment calculer la valeur totale des services du capital, d'une part, mais surtout comment la décomposer. Comme nous allons le montrer, il existe une autre manière de mesurer U^t *dans son ensemble* à l'aide du stock de capital productif, avant de le décomposer en deux éléments, prix et volume. Les expressions ci-dessus restent toutefois la seule manière valable de répartir les coûts d'usage totaux selon leurs composantes aux prix courants que sont le rendement du capital, la réévaluation et l'amortissement.

[54]. La différence entre le stock de capital net en fin et en début de période correspond à l'investissement moins l'amortissement (toujours en prix de la même période de référence) : $W^{tE}=W^{tB}+I^t-D^t/P_0{}^t$. Le stock de capital moyen pendant la période t, W^t, est ensuite égal à :

$W^t = 0.5(W^{tB}+W^{tE})$
$=0.5(W^{tB}+W^{tB}+I^t-D^t/P_0{}^t)$
$=W^{tB}+I^t/2-(\delta_0 I^t/2+\delta_{0.5}\psi_{0.5}I^{t-1}+\delta_{1.5}\psi_{1.5}I^{t-2}+\ldots)/2$
$=(\psi_{0.5}I^{t-1}+\psi_{1.5}I^{t-2}+\ldots)+I^t/2-(\delta_0 I^t/2+\delta_{0.5}\psi_{0.5}I^{t-1}+\delta_{1.5}\psi_{1.5}I^{t-2}+\ldots)/2$
$=(1-\delta_0/2)\, I^t/2+ \psi_{0.5}(1-\delta_{0.5}/2)\, I^{t-1}+\psi_{1.5}(1-\delta_{1.5}/2)\, I^{t-2}+\psi_{2.5}(1-\delta_{2.5}/2)\, I^{t-3}+\ldots$

Pour étudier l'autre manière de mesurer U^t, nous allons utiliser la première ligne de l'équation (53), qui établit simplement que les coûts d'usage totaux représentent la somme de ceux de toutes les générations de capital :

$$(55) \qquad U^t = f_{H0}{}^tI^t + f_{0.5}{}^tI^{t-1} + f_{1.5}{}^tI^{t-2} + f_{2.5}{}^tI^{t-3} + \ldots$$
$$= f_0{}^tI^t/2 + f_{0.5}{}^tI^{t-1} + f_{1.5}{}^tI^{t-2} + f_{2.5}{}^tI^{t-3} + \ldots$$

Avant de continuer, il est nécessaire de définir officiellement une *fonction ancienneté-efficacité* pour un type d'actif donné. Comme nous l'avons longuement expliqué dans d'autres chapitres du présent Manuel (**0**, **3.2** et **0**), cette fonction représente la perte d'efficacité productive d'un actif avec le temps. La fonction ancienneté-efficacité sera notée $\{h_n; n=0, 0.5, 1.5, \ldots\}$. Ici, quelques explications supplémentaires sont nécessaires. Premièrement, conformément à notre organisation générale, nous nous intéressons à des ratios ancienneté-efficacité pour des actifs âgés d'une demi-période, d'une période et demie, et ainsi de suite, par rapport à un actif neuf. Précisons qu'une dimension temporelle entre dans la mesure de l'efficacité d'un actif : celle-ci peut être représentée comme le nombre de services du capital pendant chaque période comptable. De ce fait, la comparaison des mesures d'efficacité des actifs d'anciennetés différentes doit reposer sur la même durée que celle pour laquelle on compare la quantité de services du capital. Les coûts d'usage ont également une dimension temporelle, puisqu'ils représentent le coût de l'usage d'un actif pendant une période comptable. Comme nous l'avons déjà expliqué, le coût d'usage d'une demi-année pour un actif neuf dans notre modèle est censé correspondre à la moitié du coût d'usage de cet actif pour une année entière[55].

Deuxièmement, la séquence ancienneté-efficacité $\{h_n\}$ diminue au fur et à mesure que l'actif vieillit, et on établit généralement que h_0 est égal à 1. L'utilisation d'une séquence ancienneté-efficacité suppose de pouvoir exprimer l'efficacité marginale des biens d'équipement de générations différentes en unités d'efficacité d'un nouvel actif, ce qui revient à supposer que les services du capital de différents âges peuvent se substituer parfaitement. Comme nous allons le voir, l'hypothèse de la substitution parfaite (Jorgenson 1973) entraîne une procédure d'agrégation simple pour les services du capital[56].

Troisièmement, la théorie économique (Hulten 1990) suggère qu'un producteur cherchant à minimiser ses coûts utilisera les différentes générations de biens d'équipement de manière à ce que les coûts unitaires relatifs induits par l'usage de ces différentes générations correspondent à leur efficacité relative, ce qui est plausible sur le plan intuitif. Si un actif ayant cinq ans d'ancienneté produit moitié moins d'unités de services du capital qu'un bien d'équipement neuf, alors le coût d'usage de ce dernier, mesuré par unité physique, devra théoriquement être deux fois plus élevé que celui de l'actif de cinq ans. On peut encore simplifier le raisonnement en supposant que la fonction ancienneté-efficacité ne varie pas avec le temps. Ces points étant précisés, nous aboutissons à l'égalité ci-après pour un utilisateur de biens d'équipement cherchant à minimiser ses coûts :

$$(56) \qquad h_n = f_n{}^t/f_0{}^t \qquad \text{pour } n=0.5;\ 1.5;$$

La valeur de (55) pour les coûts d'usage d'un actif peut à présent être représentée par le biais de la fonction ancienneté-efficacité. Une simple division par le coût d'usage unitaire d'un actif neuf, $f_0{}^t$, donne :

55. Du fait du cadre d'analyse selon lequel l'investissement a lieu en milieu de période, $f_0{}^t$ représente un prix hypothétique : il correspond au coût d'usage qui serait facturé si un nouvel investissement avait lieu en début de période.

56. Diewert et Wykoff (2006) insistent sur ce point et utilisent l'hypothèse de la substitution parfaite des générations de Jorgenson dans leur étude sur l'usure et l'obsolescence.

$$(57) \qquad U^t = f_0^t [I^t/2 + h_{0.5} I^{t-1} + h_{1.5} I^{t-2} + h_{2.5} I^{t-3} + \ldots] = f_0^t K^t.$$

Ici, la variable K^t représente le *stock de capital productif* en milieu de période, exprimé en prix du milieu de l'année d'une période de base, et avant déduction éventuelle au titre de l'érosion de l'efficience des nouveaux actifs pendant la seconde moitié de l'année t :

$$(58) \qquad K^t = I^t/2 + h_{0.5} I^{t-1} + h_{1.5} I^{t-2} + h_{2.5} I^{t-3} + \ldots$$

Le raisonnement qui précède entraîne deux conséquences pratiques : premièrement, la valeur totale des services du capital peut être calculée de deux manières, soit en ajoutant la valeur des coûts d'usage de chaque génération, soit en représentant l'investissement d'une génération sous la forme d'unités d'efficience « comme neuf » additionnées au stock de capital productif et en valorisant ce dernier à partir du coût d'usage d'un actif neuf. Ces deux options aboutissent à des résultats équivalents, mais elles reposent sur des hypothèses de substitution parfaite des générations pour la production et d'insensibilité au temps de la fonction ancienneté-efficacité. Pour de nombreuses applications pratiques, le calcul passant par le stock de capital productif représente une manière plus rapide de mesurer la valeur des services du capital et de les décomposer en éléments de prix et de volume, mais si les deux hypothèses (substitution parfaite et invariance temporelle) sont rejetées, alors le mode de calcul approprié est celui de l'expression (55) qui constitue une représentation générale de la mesure du coût d'usage.

Une deuxième conséquence provient du fait que, lorsque les coûts d'usage courants sont calculés par le biais du stock de capital productif, il s'ensuit directement une répartition de la valeur des services du capital entre prix et volumes (voir la section suivante). Cependant, si on souhaite obtenir une décomposition des coûts d'usage entre valeur d'amortissement, rendement du capital et réévaluation, alors il faudra toujours revenir aux expressions générales (55) ou (53). Prenons l'exemple de l'expression $f_0^t K^t$, qui représente une valeur du coût d'usage à travers le stock de capital productif. Nous avons appris des démonstrations précédentes que le coût d'usage unitaire d'un nouvel actif était $f_0^t = 2f_{H0}^t = (P_0^{tB} r_{(tB)} + d_0^t - z_0^t)$. De ce fait,

$$(59) \qquad U^t = f_0^t K^t = (P_0^{tB} r_{(tB)} + d_0^t - z_0^t) K^t.$$

Or, on ne peut généralement *pas* calculer la valeur totale de l'amortissement, du rendement du capital ou de la réévaluation à partir de l'équation (59) :

$$(60) \qquad \begin{aligned} d_0^t K^t &\neq D^t \\ P_0^{tB} r_{(tB)} K^t &\neq R^t \\ z_0^t K^t &\neq Z^t. \end{aligned}$$

Encore une fois, l'amortissement géométrique représente une exception à cette règle. L'amortissement géométrique entraîne en effet une simplification significative et le stock de capital net et le stock de capital productif aux prix d'une année de référence coïncident au niveau d'un (type d')actif individuel donné. Il s'agit d'une conséquence directe du fait que, pour des amortissements géométriques, la fonction ancienneté-prix et la fonction ancienneté-efficacité concordent :

$$
\begin{aligned}
(61) \qquad h_n &= f_n^t / f_0^t \\
&= P_n^{tB}(r_{(tB)} + \delta(1+ i_{(tB)}/2) - i_{(tB)})/P_0^{tB}(r_{(tB)} + \delta(1+ i_{(tB)}/2) - i_{(tB)}) \\
&= P_n^{tB}/P_0^{tB} \\
&= P_n^t/P_0^t \\
&= \psi_n
\end{aligned}
$$

Il découle directement de ces égalités que $W^{tB} = K^{tB}$.

La finalité générale de (59) est d'obtenir une mesure totale du coût du capital, et non de le décomposer en différents éléments constitutifs. A cette fin, nous pouvons également l'exprimer sous la forme plus familière d'un terme de coût d'usage avec un taux de rendement, un taux d'amortissement et un taux de réévaluation :

$$
\begin{aligned}
(62) \qquad U^t &= (P_0^{tB} r_{(tB)} + d_0^t - z_0^t)K^t \\
&= P_0^{tB}[r_{(tB)} + \delta_0 (1+i_{(tB)}/2) - i_{(tB)}(1- \delta_0/2)]K^t \\
&= P_0^{tB}[r_{(tB)} + \delta_0 (1+i_{(tB)}) - i_{(tB)}]K^t
\end{aligned}
$$

Pour de nombreuses applications pratiques, il est plus simple d'opérer avec les taux de rendement et avec les gains ou pertes de détention réels. Soient c^{tB} l'indice des prix à la consommation de l'économie au début de la période t, et c^{tE} l'indice attendu pour la fin de la période. Le taux d'inflation général attendu en début de période $\rho_{(tB)}$ pour la période t se définit comme suit :

$$
(63) \qquad 1+\rho_{(tB)} = c^{tE}/c^{tB}.
$$

Le taux d'inflation général attendu pour la période t, ainsi que le taux d'intérêt nominal, peuvent servir à définir le taux d'intérêt réel anticipé pour la période t $r_{(tB)}^*$ ainsi que le taux d'inflation réel anticipé de l'actif ou le taux réel des gains/pertes de détention $i_{(tB)}^*$, de la manière suivante :

$$
\begin{aligned}
(64) \qquad 1+r_{(tB)}^* &= (1+r_{(tB)})/(1+\rho_{(tB)}) \\
1+i_{(tB)}^* &= (1+i_{(tB)})/(1+\rho_{(tB)}).
\end{aligned}
$$

Intégrons à présent (64) dans l'expression du coût d'usage (62), qui peut maintenant être représentée en termes de taux réels d'inflation des actifs et de réévaluation, multipliés par un indice de l'évolution globale attendue du niveau des prix pour l'économie :

$$
\begin{aligned}
(65) \qquad U^t &= P_0^{tB}[r_{(tB)} + \delta_0 (1+i_{(tB)}) - i_{(tB)}]K^t \\
&= P_0^{tB}[1 + r_{(tB)} + \delta_0 (1+i_{(tB)}) - (1+i_{(tB)})]K^t \\
&= P_0^{tB}(1+\rho_{(tB)})[r_{(tB)}^* + \delta_0 (1+i_{(tB)}^*) - i_{(tB)}^*]K^t \\
U^t(\text{géométrique}) &= P_0^{tB}(1+\rho_{(tB)})[r_{(tB)}^* + \delta(1+i_{(tB)}^*) - i_{(tB)}^*][I^t/2+W^{tB}]
\end{aligned}
$$

Ces expressions appliquées au cas général et au cas géométrique sont importantes pour l'application empirique car elles constituent un point de départ naturel pour la répartition prix/volume de la valeur totale des services du capital, qui sera analysée dans la prochaine section.

19.6. Répartition prix/volume des services du capital

Après avoir calculé la valeur totale des services du capital aux prix de la période t, il est intéressant de décomposer la variation de valeur entre deux périodes en deux composantes, prix et volume. La mesure de la variation du volume de services du capital constitue un ingrédient essentiel de la mesure de la productivité multifactorielle (voir OCDE 2001a). Ici, la relation $U^t=f_0^t K^t$ constitue une manière pratique de décomposer la variation de valeur des services du capital U^t/U^{t-1} en une composante de prix et une

composante de volume[57]. Nous avons vu plus haut (expression (65)) que le prix des services du capital pour un nouvel actif correspondait à $f_0^t = P_0^{tB}(1+\rho_{(tB)})\,[r_{(tB)}^* + \delta_0(1+i_{(tB)}^*) - i_{(tB)}^*]$ ce qui est égal à $P_0^{tB}[r_{(tB)} + \delta_0(1+i_{(tB)}) - i_{(tB)}]$ pour une expression en variables nominales. Pour un type d'actif unique, la composante de volume correspond simplement à la variation du stock de capital productif K^t/K^{t-1}. Ce point rejoint bien l'idée que le flux de services du capital forme une proportion constante du stock de capital productif. Il s'ensuit que, pour un actif unique, la variation de la quantité de services du capital peut être mesurée comme la variation de la quantité de capital productif. Nous aurions également pu commencer avec la formulation plus générale (55) et calculer, par exemple, une indice quantitatif de Laspeyres pour les générations d'investissement :

$$
\begin{aligned}
(66) \qquad Q_L^{t/t-1}(U) &= [f_0^{t-1} I^t/2 + f_{0.5}^{t-1} I^{t-1} + f_{1.5}^{t-2} I^{t-2} + f_{2.5}^{t-3} I^{t-3} + \ldots]/U^{t-1} \\
&= f_0^{t-1}\,[I^t/2 + h_{0.5} I^{t-1} + h_{1.5} I^{t-2} + h_{2.5} I^{t-3} + \ldots]/U^{t-1} \\
&= f_0^{t-1} K^t/U^{t-1} \\
&= f_0^{t-1} K^t / f_0^{t-1} K^{t-1} \\
&= K^t/K^{t-1}.
\end{aligned}
$$

Avec des fonctions ancienneté-efficacité qui ne varient pas dans le temps et une substitution parfaite des générations d'actifs, le choix de la formule de l'indice ne joue pas dans le processus d'agrégation des générations. Par exemple, on voit bien qu'un indice de volume de type Paasche aboutirait également à K^t/K^{t-1} comme mesure de la variation en volume des services du capital pour un type d'actif particulier. En revanche, le choix de la formule numérique de l'indice devient pertinent si l'on passe d'un actif unique à des actifs multiples. Pour étudier cette procédure d'agrégation, il est nécessaire de réintroduire l'indice *k* afin d'opérer une distinction entre k=1,2,…N différents types d'actifs. Les indices chaînés de Laspyeres et de Paasche pour la variation en volume des services totaux tirés du capital sont représentés comme suit :

$$
\begin{aligned}
(67) \qquad Q_L^{t/t-1}(U) &= \textstyle\sum_{k=1}^{N} f_0^{k,t-1} K^{k,t} / \sum_{k=1}^{N} f_0^{k,t-1} K^{k,t-1} \\
Q_P^{t/t-1}(U) &= \textstyle\sum_{k=1}^{N} f_0^{k,t} K^{k,t} / \sum_{k=1}^{N} f_0^{k,t} K^{k,t-1}\,.
\end{aligned}
$$

Encore une fois, les mêmes résultats auraient pu être obtenus en définissant des indices de Laspeyres ou de Paasche pour la formule plus générale du coût d'usage fondée sur l'investissement d'une génération au lieu des stocks de capital productif et en agrégeant simultanément les générations et les types d'actifs.

19.7. Mesures du capital dans les bilans

A ce stade, nous avons étudié les mesures du capital essentiellement dans un contexte de mesure des flux : par exemple, les stocks de capital net servent à calculer les flux d'amortissement, ou le stock de capital productif permet d'obtenir les flux de services du capital. Or, les stocks de capital présentent également un intérêt propre au moment de mesurer le patrimoine et d'établir un bilan. Selon la comptabilité nationale, les actifs comptabilisés au bilan en début ou en fin de période sont valorisés aux prix en vigueur à la date concernée par le bilan. Seuls les stocks nets ou patrimoniaux sont portés au bilan. A partir de la notation adoptée dans le présent chapitre, le stock d'un actif donné en début de période t serait noté $P_0^{tB}W^{tB}$ et celui de la fin de la période, $P_0^{tE}W^{tE}$. La différence entre la valeur en début de bilan et la valeur de fin de bilan peut à présent être décomposée en une entité de base reliant les bilans, les transactions et les gains ou pertes de détention.

L'écart total entre les soldes de début et de fin de bilan peut être décomposé de deux manières :

57. Pour une formulation plus générale de l'agrégation des générations et des actifs, voir Diewert et Lawrence (2000) ainsi que Diewert et Schreyer (2008).

$$(68) \qquad P_0^{tE}W^{tE} - P_0^{tB}W^{tB} = P_0^{tE}W^{tE} - P_0^{tE}W^{tB} + P_0^{tE}W^{tB} - P_0^{tB}W^{tB}$$
$$P_0^{tE}W^{tE} - P_0^{tB}W^{tB} = P_0^{tE}W^{tE} - P_0^{tB}W^{tE} + P_0^{tB}W^{tE} - P_0^{tB}W^{tB}$$

Nous établissons la moyenne arithmétique de (68) pour obtenir une ventilation en deux composantes : l'une qui représente la variation en quantité de la mesure du stock de capital, valorisée aux prix moyens de la période, et l'autre correspondant à la variation en prix pendant la période, appliquée au stock de capital moyen pendant la durée de celle-ci :

$$(69) \qquad \begin{aligned} P_0^{tE}W^{tE} - P_0^{tB}W^{tB} &= 0.5(P_0^{tE}W^{tE} - P_0^{tE}W^{tB} + P_0^{tB}W^{tE} - P_0^{tB}W^{tB}) + \\ &\quad 0.5(P_0^{tE}W^{tB} - P_0^{tB}W^{tB} + P_0^{tE}W^{tE} - P_0^{tB}W^{tE}) \\ &= 0.5(P_0^{tE}+P_0^{tB})(W^{tE}-W^{tB}) + 0.5(W^{tB}+W^{tE})(P_0^{tE} - P_0^{tB}) \\ &= P_0^{t}(W^{tE}-W^{tB}) - P_0^{tB}i_{(tB)}W^{t} \end{aligned}$$

Intéressons-nous d'abord à la première composante, et insérons les expressions des stocks de début et de fin de bilan pour obtenir une mesure de la variation du stock de capital net pendant la période t, pour un ensemble de prix donnés :

$$(70) \qquad \begin{aligned} W^{tE} - W^{tB} &= (\psi_{0.5}I^{t}+ \psi_{1.5}I^{t-1}+ \psi_{2.5}I^{t-2}+\ldots) - (\psi_{0.5}I^{t-1}+ \psi_{1.5}I^{t-2}+ \psi_{2.5}I^{t-3}+\ldots) \\ &= \psi_{0.5}I^{t} - (\psi_{0.5} - \psi_{1.5})I^{t-1} - (\psi_{1.5} - \psi_{2.5})I^{t-2} - (\psi_{1.5} - \psi_{2.5})I^{t-3} - \ldots \\ &= \psi_{0.5}I^{t} - \psi_{0.5}\delta_{0.5}I^{t-1} - \psi_{1.5}\delta_{1.5}I^{t-2} - \psi_{2.5}\delta_{2.5}I^{t-2} - \ldots \qquad \text{en raison de (45)} \\ &= P_{0.5}{}^{t}I^{t}/P_0^{t} \quad - \delta_{0.5}\psi_{0.5}I^{t-1} - \delta_{1.5}\psi_{1.5}I^{t-2} - \delta_{2.5}\psi_{2.5}I^{t-3} - \ldots \\ &= (1- \delta_0/2)I^{t} \quad - \delta_{0.5}\psi_{0.5}I^{t-1} - \delta_{1.5}\psi_{1.5}I^{t-2} - \delta_{2.5}\psi_{2.5}I^{t-3} - \ldots \\ &= I^{t} - \delta_0 I^{t}/2 \quad - \delta_{0.5}\psi_{0.5}I^{t-1} - \delta_{1.5}\psi_{1.5}I^{t-2} - \delta_{2.5}\psi_{2.5}I^{t-3} - \ldots \\ &= I^{t} - D^{t}/P_0^{t} \end{aligned}$$

La variation du stock de capital net – aux prix d'une période de référence – correspond à l'investissement brut retraité de l'amortissement, une relation bien connue qui aboutit à une partie de la décomposition globale de la variation des éléments bilantiels aux prix courants. En revenant à l'expression (69), nous constatons que :

$$(71) \qquad \begin{aligned} P_0^{tE}W^{tE} - P_0^{tB}W^{tB} &= P_0^{t}(W^{tE} - W^{tB}) - P_0^{tB}i_{(tB)}W^{t} \\ &= P_0^{t}(I^{t} - D^{t}/P_0^{t}) - P_0^{tB}i_{(tB)}W^{t} \\ &= P_0^{t}I^{t} - D^{t} - Z^{t} \qquad \text{en raison de (51).} \end{aligned}$$

Nous obtenons ainsi la décomposition totale de l'élément au bilan : le stock de capital en début de bilan $P_0^{tB}W^{tB}$, valorisé aux prix du début de période, plus l'investissement brut pendant la période, valorisé aux prix du milieu de l'année ($P_0^{t}I^{t}$) moins l'amortissement D^{t}, lui aussi valorisé aux prix du milieu de l'année, moins les gains ou pertes de détention nominaux Z^{t}, mesurés comme la variation des prix pendant la période appliquée au stock de capital net moyen pendant celle-ci. Cette décomposition suit la prescription du Système de comptabilité nationale de 1993 :

> *« (...) le total des gains nominaux de détention constatés à l'égard d'une catégorie précise d'actifs détenus pendant une période donnée comprend non seulement les gains sur actifs acquis ou cédés au cours de l'exercice comptable, mais aussi les gains sur actifs figurant au compte de patrimoine d'ouverture ou de clôture. Par conséquent, les données du compte de patrimoine ne sont pas suffisantes à elles seules pour permettre le calcul des gains de détention totaux, sauf dans certains cas particuliers ou sous certaines hypothèses » (paragraphe 12.83).*

La formule ci-dessus comprend cependant une omission : les autres variations en volume n'ont pas été prises en compte. En plus de la formation nette de capital (formation brute de capital moins consommation de capital fixe), le volume du stock d'un actif produit peut également varier, en raison principalement de l'apparence économique d'actifs produits et de pertes catastrophiques qui n'apparaissent pas dans la

consommation de capital fixe. Les autres variations des actifs en volume sont davantage d'ordre statistique et concernent, par exemple, la reclassification des actifs. Les autres variations des actifs en volume supposent une évolution plus discrète des stocks de capital et elles suscitent peu d'explications plus générales.

19.8. Résumé des formules employées pour la mesure du capital

Box 16. Encadré 10. Légende des variables

P_n^{tB}	Prix d'un actif de n années d'ancienneté au début de l'année t (« tB »)
P_n^{tE}	Prix d'un actif de n années d'ancienneté à la fin de l'année t (« tE »)
δ_n	Taux d'amortissement d'un actif de n années d'ancienneté au début de la période
D^t	Valeur d'amortissement durant la période t, aux prix moyens de celle-ci
W^{tB}	Stock de capital net au début de la période t, aux prix d'une année de référence
W^{tE}	Stock de capital net à la fin de la période t, aux prix d'une année de référence
K^{tB}	Stock de capital productif au début de la période t, aux prix d'une année de référence
K^t	Stock de capital productif au milieu de la période t, aux prix d'une année de référence, mais avant prise en compte des pertes d'efficacité durant la période t ($K^t = K^{tB}+I^t/2$)
GR^t	Stock de capital brut moyen de la période t, aux prix d'une année de référence
$_n$	Probabilité cumulée de survie jusqu'à l'âge n
f_n^t	Prix des services du capital (coûts d'usage unitaires) pendant la période t, pour un actif âgé de n années
U^t	Valeur des services du capital
$i_{(tB)}$	Taux de variation du prix d'un actif en nominal, tel qu'attendu au début de la période t
$i_{(tB)}$*	Taux de variation du prix d'un actif en termes réels, tel qu'attendu au début de la période t , sachant que $i_{(tB)}^{*}=(1+i_{(tB)})/(1+\rho_{(tB)})-1$
$r_{(tB)}$	Taux de rendement nominal, tel qu'attendu au début de la période t
$r_{(tB)}$*	Taux de rendement réel, tel qu'attendu au début de la période t, sachant que $r_{(tB)}^{*}=(1+r_{(tB)})/(1+\rho_{(tB)})-1$
$\rho_{(tB)}$	Taux de variation de l'indice général des prix, par exemple l'indice des prix à la consommation

19.8.1. Amortissement (consommation de capital fixe)

- Fonction ancienneté-prix définie pour les prix des actifs d'âges n différents :

  $\psi_n = P_n^{tB}/P_0^{tB} = P_n^{tE}/P_0^{tE}$ n=0.5; 1.5; 2.5;…

- Profil d'amortissement $\{\delta_n\}$ calculé à partir de la fonction ancienneté-prix $\{\psi_n\}$:

  $\delta_n = 1 - P_{n+1}^{tB}/P_n^{tB} = 1 - \psi_{n+1}/\psi_n$ n=0.5; 1.5; 2.5;…

- Fonction ancienneté-prix calculée à partir du profil d'amortissement :

  $\psi_n = (1- \delta_{n-1})(1- \delta_{n-2})\ldots(1- \delta_0/2);$ n=1.5; 2.5;…
  $\psi_{0.5} = 1- \delta_0/2$

- Valeur d'amortissement aux prix moyens courants de la période t :

  Fonction générale, : $D^t = P_0^t [(1-\psi_{0.5}) I^t + (\psi_{0.5}- \psi_{1.5}) I^{t-1} + (\psi_{1.5}- \psi_{2.5}) I^{t-2} +\ldots]$
  Fonction géométrique : D^t (géométrique) $= P_0^t \delta[I^t/2 + W^{tB}]$

- Indice de prix de l'amortissement : P_0^t/P_0^{t0} , t_0 représentant une année de base ou de référence

19.8.2. Stocks nets de capital

- Stock net de capital en début de la période t, exprimé aux prix d'une année de référence, W^{tB} :

  Fonction générale : $W^{tB} = \psi_{0.5} I^{t-1} + \psi_{1.5} I^{t-2} + \psi_{2.5} I^{t-3} + \ldots$
  Fonction géométrique : W^{tB}(géométrique) $= (1-\delta/2)[I^{t-1} + (1-\delta)I^{t-2} + (1-\delta)^2 I^{t-3} + \ldots]$

- Stock net de capital en fin de la période t, exprimé aux prix d'une année de référence, W^{tE} :

  Fonction générale : $W^{tE} = \psi_{0.5} I^{t} + \psi_{1.5} I^{t-1} + \psi_{2.5} I^{t-2} + \ldots$
  Fonction géométrique : W^{tE}(géométrique) $= (1-\delta/2)[I^{t} + (1-\delta)I^{t-1} + (1-\delta)^2 I^{t-2} + \ldots]$

- Relation entre flux et stock de capital pour la fonction géométrique :

  $W^{tE} = W^{tB} + I^t - \delta(I^t/2+W^{tB})$

- Stock net de capital moyen sur la période t, exprimé aux prix d'une année de référence, W^t :

  $W^t=(W^{tB}+W^{tE})/2$

19.8.3. Stocks productifs

- Stock productif au milieu de la période t, exprimé aux prix d'une année de référence, K^t :

  Fonction générale : $K^t = I^t/2 + h_{0.5}I^{t-1} + h_{1.5}I^{t-2} + h_{2.5}I^{t-3} + \ldots$
  Fonction géométrique : K^t(géométrique) $= I^t/2+W^{tB}$(géométrique)

19.8.4. Stocks bruts de capital

- Stock brut de capital au début de la période t, exprimé aux prix d'une année de référence, G^{tB} :

  Fonction générale : $G^{tB} = I^t/2 + j_{0.5}I^{t-1} + j_{1.5}I^{t-2} + j_{2.5}I^{t-3} + \ldots$
  Fonction géométrique : non définie (la fonction géométrique associe la fonction ancienneté-efficacité et la fonction de déclassement, laquelle est requise pour calculer le stock brut de capital et ne peut être dissociée)

19.8.5. Prix des services du capital (coût d'usage unitaire)

- Coût d'usage *ex ante* par unité de services du capital pour un type d'actif particulier :

  Calcul avec les taux réels :
  Fonction générale : $f_0^t = P_0^{tB}(1+\rho_{(tB)})\,[r_{(tB)}^* + \delta_0(1+i_{(tB)}^*) - i_{(tB)}^*]$
  Fonction géométrique : f^t(géométrique) $= P_0^{tB}(1+\rho_{(tB)})\,[r_{(tB)}^* + \delta\,(1+i_{(tB)}^*) - i_{(tB)}^*]$

  Calcul avec les taux nominaux :
  Fonction générale : $f_0^t = P_0^{tB}\,[r_{(tB)} + \delta_0(1+i_{(tB)}) - i_{(tB)}]$
  Fonction géométrique : f^t(géométrique) $= P_0^{tB}\,[r_{(tB)} + \delta\,(1+i_{(tB)}) - i_{(tB)}]$

- Coût d'usage *ex post* par unité de services du capital pour un type d'actif particulier

  Calcul avec les taux réels :
  Fonction générale : $f_0^t = P_0^{tB}(1+\rho^t)\,[r^{t*} + \delta_0(1+i^{t*}) - i^{t*}]$

Fonction géométrique : f^t (géométrique) = $P_0^{tB}(1+\rho^t)\,[r^{t^*} + \delta\,(1+i^{t^*}) - i^{t^*}]$

Calcul avec les taux nominaux :
Fonction générale : f_0^t = $P_0^{tB}\,[r^t + \delta_0(1+i^t) - i^t]$
Fonction géométrique : f^t (géométrique) = $P_0^{tB}\,[r^t + \delta\,(1+i^t) - i^t]$

19.8.6. Valeur totale des services du capital, aux prix courants

- Coût d'usage unitaire des services du capital multiplié par le stock de capital productif, agrégé pour tous les actifs

Fonction générale : $U^t = \sum_{k=1}^{N} f_0^{k,t} K^{k,t}$
Fonction géométrique : U^t (géométrique) = $\sum_{k=1}^{N} f^{k,t}$(géométrique)$K^{k,t}$(géométrique)
= $\sum_{k=1}^{N} f^{k,t}$(géométrique)$[I^{k,t}/2+W^{k,tB}$(géométrique)$]$

19.8.7. Taux de rendement endogène ex post

- Taux de rendement réel endogène *ex post*
$r^{t^*} = \{(G^t+T_K{}^t)(1+\rho^t) - \sum_{k=1}^{N} P_0^{k,tB}\,[\delta_0{}^k(1+i^{k,t^*}) - i^{k;t^*}]K^{k,t}\}/\{\sum_{k=1}^{N} P_0^{k,tB}K^{k,t}\}$

- Taux de rendement réel simplifié (« équilibré ») *ex post*
$r^{t^{**}} = \{(G^t+T_K{}^t)(1+\rho^t) - \sum_{k=1}^{N} P_0^{k,tB}\,[\delta_0{}^k]K^{k,t}\}/\{\sum_{k=1}^{N} P_0^{k,tB}K^{k,t}\}$

19.8.8. Valeur totale des services du capital, en prix constants

- Coût d'usage unitaire des services du capital d'une année de référence t_0 multiplé par le stock de capital productif, agrégé pour tous les actifs

Fonction générale : $V^t = \sum_{k=1}^{N} f_0^{k,t0} K^{k,t}$
Fonction géométrique : V^t (géométrique) = $\sum_{k=1}^{N} f^{k,t0}$ (géométrique) $K^{k,t}$ (géométrique)
= $\sum_{k=1}^{N} f^{k,t0}$ (géométrique)$[I^{k,t}/2+W^{k,tB}$
(géométrique)$]$

RÉFÉRENCES

AHMAD, Nadim (2004), « Introducing Capital Services into the Production Account », présentation lors d'une réunion du Groupe de Canberra, tenue à Washington.

AHMAD, Nadim, Charles ASPDEN et Paul SCHREYER (2005), « Depreciation and Obsolescence », présentation lors d'une réunion du Groupe de Canberra, tenue à Canberra.

AKERLOF, George, A. (1970), « The Market for Lemons: Quality Uncertainty and the Market Mechanism », *Quarterly Journal of Economics* 84, pp. 488-500.

ATKINSON REVIEW (2005), *Final Report: Measurement of Government Output and Productivity for the National Accounts*, Palgrave, McMillan.

ATKINSON, Margaret et Jacques MAIRESSE (1978), « Length of life of equipment in French manufacturing industries », *Annales de l'INSEE*, n° 30-31.

AUSTRALIAN BUREAU OF STATISTICS (2000), « Australian National Accounts: Concepts, Sources and Methods Chapter 16 », *Capital Stock and Consumption of Fixed Capital,*www.abs.gov.au

AUSTRALIAN BUREAU OF STATISTICS (2006), « Australian System of National Accounts 2005-06 », *Feature article: Valuing land and dwellings owned by* households, www.abs.gov.au

BALDWIN, John R., Guy GELLATLY, Marc TANGUAY (2007), « Taux de dépréciation pour les comptes de la productivité », *La revue canadienne de productivité*, publication de Statistique Canada.

BALDWIN, John R. et Wulong GU (2007), « La productivité multifactorielle au Canada : une évaluation de diverses méthodes d'estimation des services de capital », *La revue canadienne de productivité*, avril 2007, Ministère de l'industrie.

BALK, Bert M. (1998), *Industrial Price, Quantity and Productivity Indices, The Micro-economic Theory and an Applicati*on, Kluwer Academic Publishers.

BALK, Bert M. et Dirk A.VAN DEN BERGEN (2006), *The Cost of Capital Input: Calculation Methods*, Version révisée d'une étude présentée lors de l'atelier de mesure du capital à Ottawa le 22 mai 2006.

BAUMOL, William J. (1986), « On the social rate of discount », *American Economic Review*, n° 58, pp. 988-802.

BERGEN van den, Dirk, Mark de HAAN, Ron de HEIJ et Myriam HORSTEN (2005); *Measuring Capital in the Netherlands*, document présenté lors de la réunion des experts comptables nationaux de l'OCDE, tenue à Paris en 2005.

BERNSTEIN, Jeffrey I. et Theofanis P. MAMUNEAS (2006), « R&D Depreciation, Stocks, User Costs and Productivity Growth for US R&D Intensive Industries »; *Structural Change and Economic Dynamics*, 17:70-98.

BIATOUR, Bernadette, Geert BRYON et Chantal KEGELS (2007), « Capital services and total factor productivity measurements: impact of various methodologies for Belgium », *document de travail 2-07 du Bureau fédéral du plan belge* (http://www.plan.be).

BLADES, Derek (2006), « User cost approach », présenté lors de l'atelier de l'OCDE sur l'évaluation de l'économie souterraine dans les Balkans de l'Ouest, tenu à Paris.

BLOEM, Adriaan M., Robert J. DIPPELSMAN, et Nils O. MAEHLE (2001), *Quarterly National Accounts Manual - Concepts, Data Sources, and Compilation*, Fonds monétaire international.

BÖHM-BAWERK, Egon. (1891), *The Positive Theory of Capital*, traduction de W. Smart, New York: G. E. Stechert.

BUCHANAN, James M. (1998), « Opportunity costs », *The New Palgrave Dictionary of Economics*, volume 3, John Eatwell, Murray Milgate et Peter Newman (eds.), Macmillan, Londres.

BUREAU OF ECONOMIC ANALYSIS (2003), « Fixed assets and consumer durable goods in the United States, 1925- 97 », United States Department of Commerce, http://bea.gov/national/pdf/Fixed_Assets_1925_97.pdf

CHRISTENSEN, L.R. et D.W. JORGENSON (1973), « Measuring the Performance of the Private Sector of the U.S. Economy, 1929-1969 », *Measuring Economic and Social Performance*, M. Moss (eds.), New York, Columbia University Press, pp. 233-351.

CHRISTENSEN, Laurits, R. et D.W. JORGENSON (1969), « The Measurement of U.S. Real Capital Input, 1919-67 », *Review of Income and Wealth*, série 15, n° 4, pp. 293-320.

CLARK, Colin. (1940), *The Conditions of Economic Progress*, Macmillan, Londres.

COHEN, Avi J. et G.C. HARCOURT (2003), « Whatever Happened to the Cambridge Capital Theory Controversies? », *Journal of Economic Perspectives,* volume 17, n°1.

Commission européenne, OCDE, FMI, ONU, Banque mondiale (1993), *Système de comptabilité nationale 1993*, Bruxelles/Luxembourg, New York, Paris, Washington.

COREMBERG, Ariel A. (2000), « Metodología para el cálculo del Valor Agregado del Sector Propiedad de Vieviendas », document non publié DNCN.

COREMBERG, Ariel A. (2004), « Capital Services in Argentina. Methodology of Estimation and its Contribution to the Productivity Growth During the 1990s », *document de travail de l' Instituto Valenciano de Investigaciones Económicas* (Ivie), WP-EC 2004-02

CORRADO, Carol, Charles HULTEN et Daniel SICHEL (2005), « Measuring Capital and Technology: An Expanded Framework », *in* CORRADO, Carol, Charles HULTEN et Daniel SICHEL (sous la direction de); *Measuring Capital in the New Economy*, National Bureau of Economic Research, Studies in Income and Wealth Volume 65, University of Chicago Press, pp. 11-46.

DADKHAH, Kamran M. et Fatemeh ZAHEDI (1986), « Simultaneous Estimation of Production Functions and Capital Stocks for Developing Countries », *The Review of Economics and Statistics*, vol. 68, n° 3, (août 1986), pp. 443-451.

DAVIS, Morris A. et Jonathan HEATHCOTE (2004), « The Price and Quantity of Residential Land in the United States », *The Federal Reserve Board Finance and Economics Discussion Series* 2004-37, www.federalreserve.gov/pubs/feds/2004/200437/200437abs.htm

DIEWERT, W. Erwin (1974), « Intertemporal Consumer Theory and the Demand for Durables », *Econometrica* 42, pp. 497-516.

DIEWERT, W. Erwin (1976), « Exact and Superlative Index Numbers », *Journal of Econometrics* 4, pp. 115-145.

DIEWERT, W. Erwin (1980), « Aggregation Problems in the Measurement of Capital », *The Measurement of Capital*, D. Usher (sous la direction de), The University of Chicago Press, Chicago, pp. 433-528.

DIEWERT, W. Erwin (2001), « Measuring the Price and Quantity of Capital Services under Alternative Assumptions », *Department of Economics Working Paper* No 01-24, Université de Colombie britannique.

DIEWERT, W. Erwin (2003). « Notes on the Treatment of Obsolescence and Depreciation », deuxième réunion du Groupe de Canberra sur la mesure des actifs non financiers, tenue à Paris du 13 au 15 octobre 2003.

DIEWERT, W. Erwin (2004), « A Note on the Cost Allocation Problem for R&D Investments », www.econ.ubc.ca/diewert/note.pdf

DIEWERT, W. Erwin (2005a). « Issues in the Measurement of Capital Services, Depreciation, Asset Price Changes and Interest Rates », *Measuring Capital in the New Economy*, C. Corrado, J. Haltiwanger et D. Sichel (eds.), University of Chicago Press, Chicago, pp. 479-542.

DIEWERT, W. Erwin (2005b), « The Measurement of Business Capital, Income and Performance, Chapter 1, The Measurement of Capital: Traditional User Cost Approaches », document pédagogique présenté à l'université autonome de Barcelone, les 21 et 22 septembre 2005, et révisé en décembre 2005, disponible sur http://www.econ.ubc.ca/diewert/barc1.pdf

DIEWERT, W. Erwin (2005c) « On Measuring Inventory Change in Current and Constant Dollars », Discussion Paper 05-12, Department of Economics, Université de Colombie britannique, Vancouver, août, disponible sur http://www.econ.ubc.ca/discpapers/dp0512.pdf

DIEWERT, W. Erwin (2006a), « The Measurement of Business Capital, Income and Performance, Chapter 7, The Measurement of Income », document pédagogique présenté à l'université autonome de Barcelone, les 21 et 22 septembre 2005, et révisé en avril 2006, disponible sur http://www.econ.ubc.ca/diewert/barc7.pdf

DIEWERT, W. Erwin (2006b), « Conclusions and Future Directions », *Résumé de l'atelier conjoint OCDE-FMI sur les indices de prix de l'immobilier,* Paris, disponible sur http://www.oecd.org/dataoecd/32/21/37848333.pdf

DIEWERT, W. Erwin (2006c), « The Aggregation of Capital over Vintages in a Model of Embodied Technical Progress », *Discussion Paper 05-13, Department of Economics, Université de Colombie britannique, Vancouver, Canada*, révisé le 30 avril 2006. http://www.econ.ubc.ca/discpapers/dp0513.pdf

DIEWERT, W. Erwin (2008), « Durables and Owner Occupied Housing in a Consumer Price Index », publié prochainement *in* « Price Index Concepts and Measurement », W.E. Diewert, J. Greenlees et C. Hulten (eds.), NBER/CRIW Volume, Chicago: University of Chicago Press.

DIEWERT, W. Erwin et Denis A. LAWRENCE (2000), « Progress in Measuring the Price and Quantity of Capital », *Econometrics and the Cost of Capital*, Esssays in Honour of D.W. Jorgenson, L. Lau (eds.), Cambridge, MA, pp 273-326.

DIEWERT, W. Erwin, Hide MIZOBUCHI et Koji NOMURA (2005), « On Measuring Japan's Productivity 1955-2003 », Discussion Paper 05-22, Department of Economics, Université de Colombie britannique, Vancouver, Canada. http://www.econ.ubc.ca/discpapers/dp0522.pdf

DIEWERT, W. Erwin et Paul SCHREYER (2008), « Capital Measurement », *The New Palgrave Dictionary of Economics*.

DIEWERT, W. Erwin et Frank C. WYKOFF (2006), « Depreciation, Deterioration and Obsolescence when there is Embodied or Disembodied Technical Change », *Price and Productivity Measurement* volumes 1 et 2, Erwin W. Diewert, Bert M. Balk, Dennis Fixler, Kevin J. Fox et Alice O. Nakamura (eds.), Trafford Press.

DOMS, Mark E. (1996), « Estimating Capital Efficiency Schedules within Production Functions », *Economic Inquiry* 34, pp. 78-92.

DOMS, Mark E., Wendy E. DUNN, Stephen D. OLINER et Daniel E. SICHEL (2004), « How fast do computers depreciate? Concepts and new estimates », *in* James M. POTERBA (sous la direction de), *Tax Policy and the Economy*; pp. 37-79, National Bureau of Economic Research et MIT Press.

DREZE, Jean et Nicholas STERN (1987), « The Theory of Cost-Benefit Analysis », *Handbook of Public Economics*, vol. II, A. J. Auerbach et M. Feldstein (eds.), Elsevier, Hollande septentrionale.

EHEMANN, Christopher (2005), « An Alternative Estimate of Real Inventory Change in Current and Constant Dollars », International Journal of Production Economics, 93-94, pp. 101-110.

EPSTEIN, L. G. et M. DENNY (1980), « Endogenous Capital Utilization in a Short Run Production Model: Theory and Empirical Application », *Journal of Econometrics* 12, pp. 189-207.

EUROSTAT (2001), « Task Force Report on Alternative Estimation Methods for Dwelling Services in the Candidate Countries », Document NA-PPP 02/6, présenté aux Groupes de travail d'Eurostat sur la comptabilité nationale et la parité des pouvoirs d'achat, Luxembourg.

EVANS, David et Haluk SEZER (2002), « A time preference measure of the social discount rate for the UK », *Applied Economics*, 34, pp. 1925-34.

FELDSTEIN, Martin S. (1964), « Opportunity Cost Calculations in Cost-Benefit Analysis », *Public Finance* XIX, pp. 117-39.

FELDSTEIN, Martin S. (1965), « The Derivation of Social Time Preference Rates », *Kyklos*, XVIII, pp. 277-87.

FISHER, Franklin M. et Karl SHELL (1982), *The Economic Theory of Price Indices: Two Essays on the Effects of Taste, Quality, and Technological Change*, Academic Press, New York.

FISHER, Irving. (1896), *Appreciation and Interest*, Macmillan, New York:

FRAUMENI, Barbara (1997), « The Measurement of Depreciation in the U.S. National Income and Product Accounts », *Survey of Current Business*, juillet.

FRAUMENI, Barbara, Michael HARPER, Susan G. POWERS et Robert YUSKAVAGE (2003), « An Integrated BEA/BLS Production Account: a First Step and Theoretical Considerations », *A New Architecture for the U.S. National Accounts* Dale W. Jorgenson, J. Steven Landefeld et William D. Nordhaus (eds.).

FREDERICK, Shane, George LOEWENSTEIN, Ted O'DONOGHUE (2002), « Time Discounting and Time Preference: A Critical Review », *Journal of Economic Literature*, vol. 40, 2, pp. 351-401.

GELLATLY, G., TANGUAY, M. & Y. BEILING (2002), « Une méthode alternative d'estimation de la dépréciation économique : nouveaux résultats obtenus au moyen d'un modèle de survie », *Croissance de la productivité au Canada*- 2002, Statistique Canada, n°15-204-XPE.

GESKE, Michael J., Valerie A. RAMEY et Matthew D. SHAPIRO (2004), « Why do computers depreciate? », *NBER Working Paper* n° W10831.

GESKE, Michael J., Valerie A. RAMEY et Matthew D. SHAPIRO (2007), « Why do computers depreciate? », pp. 121-150 in *Hard-to-Measure Goods and Services*, Ernst R. Berndt et Charles R. Hulten (sous la direction de), NBER/CRIW Studies in Income and Wealth Volume 67, Chicago: University of Chicago Press.

GRAMLICH, Edward M. (1994), « Infrastructure Investment: A Review Essay », *Journal of Economic Literature* 32(3), septembre, pp. 1176-96.

GUDNASON, Rósmundur (2004), « Simple User Costs and Rentals », document présenté lors de la 8ème réunion du Groupe d'Ottawa, tenue à Helsinki du 23 au 25 août, www.stat.fi/og2004/gudnasonpaper.pdf

HALL, Bronwyn H. (2006), « R&D, Productivity, and Market Value », version révisée d'un document présenté lors de la conférence internationale à la mémoire de Zvi Griliches, tenue à Paris en août 2003 (novembre 2006), disponible sur http://elsa.berkeley.edu/~bhhall/papers/BHH06_ZGAnnales_Nov06.pdf.

HALL, Robert E. (1971), « The Measurement of Quality Changes from Vintage Price Data », *in* Zvi GRILICHES (eds.), *Price Indexes and Quality Change*, Cambridge, Harvard University Press, pp. 240-271.

HALL, Robert E. (1981), « Tax Treatment of Depreciation, Capital Gains, and Interest in an Inflationary Economy », dans Charles R. HULTEN (eds.) *Depreciation, Inflation, and the Taxation of Income from Capital*, Urban Institute Press, Washington, pp. 149-166.

HALL, Robert E. et Dale W. JORGENSON (1967), « Tax Policy and Investment Behavior », *American Economic Review*, volume 57, juin, pp. 391-414.

HARPER, Michael (1982), « The Measurement of Productive Capital Stock, Capital Wealth, and Capital Services », *BLS Working Paper* 128, juin.

HARPER, Michael J. (2007), « Technology and the Theory of Vintage Aggregation », pp. 99-120 *in Hard-to-Measure Goods and Services*, Ernst R. Berndt et Charles R. Hulten (eds.), NBER/CRIW Studies in Income and Wealth Volume 67, Chicago, University of Chicago Press.

HARPER, Michael, Ernst R. BERNDT et David O. WOOD (1989), « Rates of Return and Capital Aggregation Using Alternative Rental Prices », *in* JORGENSON, Dale.W. et Ralph LANDAU (eds.), *Technology and Capital Formation,* MIT Press.

HARPER, M. FRAUMENI, B POWERS, S. et YUSKAVAGE, R. (2003), « An Integrated BEA/BLS Production Account: a First Step and Theoretical Considerations, dans JORGENSON, D., J. S. LANDEFELD, W. NORDHAUS (eds.), *A New Architecture for the U.S. National Account,* NBER, Studies in Income and Wealth, University of Chicago Press.

HARRISON, Anne et Charles ASPDEN (2005), « Inventories, Income and Capital Services », document présenté lors de la réunion du Groupe de Canberra II sur la mesure des actifs non financiers, Genève, septembre.

HAYEK, Friedrich A. v. (1941), « Maintaining Capital Intact: A Reply », *Economica* 8, pp. 276-280.

HESTON, Alan et Alice NAKAMURA (2007), « Reported Prices and Rents of Housing: Reflections of Costs, Amenities or Both? », chapitre 7 de *Price and Productivity Measurement, Volume 1: Housing*, W.E. Diewert, B.M. Balk, D. Fixler, K.J. Fox et A.O. Nakamura (eds.), Trafford Press.

HICKS, John (1973), *Capital and Time: A Neo-Austrian Theory*, Clarendon Press Oxford (édition de 1987).

HICKS, John (1981), *Wealth and Welfare: Collected Essays on Economic Theory,* volume 1, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

HILL, Peter (2000), « Economic Depreciation and the SNA », document présenté lors de la 26ème conférence de l'International Association for Research in Income and Wealth, tenue à Cracovie (Pologne).

HILL, Peter (1996), *La comptabilité d'inflation: Un manuel de comptabilité nationale dans un contexte de forte inflation,* OCDE.

HILL, Robert J. et Peter HILL (2003), « Expectations, Capital Gains and Income », *Economic Inquiry*, vol. 41, n+4, octobre, pp. 607-619.

HM TREASURY (2003), *The Green Book: Appraisal and Evaluation in Central Government*, www.greenbook.treasury.gov.uk/annex06.htm.

HULTEN, Charles R. (1990), « The Measurement of Capital », *Fifty Years of Economic Measurement*, E.R. Berndt et J.E. Triplett (sous la direction de), Studies in Income and Wealth, volume 54, The National Bureau of Economic Research, The University of Chicago Press, Chicago, pp. 119-152.

HULTEN, Charles R. (1996), « Capital and Wealth in the Revised SNA », *The New System of National Accounts*, J.W. Kendrick (eds.), New York: Kluwer Academic Publishers, pp. 149-181.

HULTEN, Charles R. et Paul SCHREYER (2006), « Income, depreciation and capital gains in an intertemporal economic model », document présenté lors d'un atelier sur la mesure de la productivité, Banque du Canada.

HULTEN, Charles R. et Frank C. WYKOFF (1981), « The Measurement of Economic Depreciation Using Vintage Asset Prices », *Journal of Econometrics* 15.

HULTEN, Charles R. et Frank C. WYKOFF (1996), « Issues in the Measurement of Economic Depreciation: Introductory Remarks », *Economic Inquiry* 34, pp. 10-23.

ORGANISATION INTERNATIONALE DU TRAVAIL, FONDS MONÉTAIRE INTERNATIONAL, ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES, COMMISSION DES NATIONS UNIES POUR L'EUROPE, BANQUE MONDIALE (2004), *Manuel de l'indice des prix à la consommation, théorie et pratique*, Washington.

JEVONS, William Stanley (1871), *The Theory of Political Economy*, Macmillan and Co., Londres.

JORGENSON, Dale W. (1963), « Capital Theory and Investment Behaviour », *American Economic Review,* vol. 53*,* pp. 247-259.

JORGENSON, Dale W. (1973), « The Economic Theory of Replacement and Depreciation », *Econometrics and Economic Theory,* W. Sellekaerts (eds.), Macmillan, New York.

JORGENSON, Dale W. (1989), « Capital as a factor of production », *Technology and Capital Formation*, JORGENSON, Dale W. et Ralph LANDAU (eds.), MIT Press.

JORGENSON, Dale W. (1995), *Productivity*, volumes I et II, MIT Press.

JORGENSON, Dale W. (1996), « Empirical Studies of Depreciation », *Economic Inquiry* 34, pp. 24-42.

JORGENSON, Dale W. (1999), « New Methods for Measuring Capital », document présenté lors de la réunion du Groupe de Canberra I sur la mesure du capital, tenue à Washington.

JORGENSON, Dale W. et Zvi GRILICHES (1972), « Issues in Growth Accounting: A Reply to Edward F. Denison », *Survey of Current Business* 52:4, partie II, mai, pp. 65-94.

JORGENSON, Dale W. et Zvi GRILICHES (1967), « The Explanation of Productivity Change », *Review of Economic Studies* 34(3), pp. 249-283.

JORGENSON, Dale W., HO, et Kevin STIROH (2005) ; « The Industry Origins of the American Growth Resurgence », *in Productivity* volume III, MIT Press.

JORGENSON, Dale W. et J. Steven LANDEFELD (2006), « Blueprint for Expanded and Integrated U.S. Accounts: Review, Assessment, and Next Steps », *New Architecture for the U.S. National Accounts*, *Studies in Income and Wealth Volume 66*, p. 13-112, Chicago, The University of Chicago Press.

JORGENSON, Dale W. et Kun-Young YUN (2001), « Lifting the Burden: Tax Reform, the Cost of Capital, and U.S. Economic Growth », *Investment*, volume 3, The MIT Press, Cambridge, MA

KATZ, Arnold J. (2007), « Estimating Dwelling Services in the Candidate Countries: Theoretical and Practical Considerations in Developing Methodologies Based on a User Cost of Capital Measure », *Price and Productivity Measurement*, volumes 1 et 2, W. Erwin Diewert, Bert M. Balk, Dennis Fixler, Kevin J. Fox et Alice O. Nakamura (eds.), Trafford Press.

KOHLI, Ulrich (1982), « Production Theory, Technological Change, and the Demand for Imports: Switzerland 1948-1974 », *European Economic Review 18*, pp. 369-86.

KULA, Erhun (1984), « Derivation of Social Time Preference Rates for the United States and Canada », *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 99, n°4, novembre, pp. 873-882.

LEE, Bun Song (1978), « Measurement of Capital Depreciation within the Japanese Fishing Fleet »; *Review of Economics and Statistics*, mai, pp. 225-237.

MARGLIN, Stephen. A. (1963), « The Social Rate of Discount and the Optimal Rate of Investment », *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 77, n°1, février, pp. 95-111.

MARSHALL, Alfred (1890), *Principles of Economics*, Londres, Macmillan.

MAS, Matilde (2006), « Infrastructures and ICT: Measurement Issues and Impact on Economic Growth », document présenté lors de l'atelier de l'OCDE sur l'analyse et la mesure de la productivité, tenue à Berne en 2006.

MAS, Matilde, Francisco PÉREZ et Ezequiel URIEL (2006), « Capital Stock in Spain, 1964-2002. New Estimates », *Growth, Capital and New Technologies*, M. MAS et P. SCHREYER, Fundación BBVA, Madrid.

MAS, Matilde, Francisco PÉREZ et Ezequiel URIEL (2006), *El stock y los servicios del capital en España y su distribución territorial 1964-2003*. Nueva metodología, Fundación BBVA, Madrid.

MATHESON Ewing (1910), Depreciation of Factories, Mines and Industrial Undertakings and their Valuations, quatrième édition, Londres.

MOULTON, Brent R. (2004), « The System of National Accounts for the New Economy: What Should Change? », *Review of Income and Wealth*, série 50, n°2, pp. 261-278.

MOORE, Mark A., Anthony E. BOARDMAN, Aidan R. VINING, David L. WEIMER et David H. GREENBERG (2004), « Just Give Me a Number! Practical Values for the Social Discount Rate », *Journal of Policy Analysis and Management*, vol. 23, n°4, pp.789-812.

NADIRI, M. I. et I. R. PRUCHA, (1996), « Estimation of the Depreciation Rate of Physical and R and D Capital in the U.S. Total Manufacturing Sector », *Economic Inquiry* 34, pp. 43-56.

NOMURA, Koji (2004), *Measurement of Capital and Productivity in Japan* (texte en japonais), Keio University Press, Tokyo.

OCDE (2001a), *Mesurer la productivité – Manuel de l'OCDE : Mesurer la croissance de la productivité par secteur et pour l'ensemble de l'économie*, Paris.

OCDE (2001b), *La mesure du capital – Manuel de l'OCDE*, Paris.

OLINER, Stephen D. (1993), « Constant-Quality Price Change, Depreciation, and Retirement of Mainframe Computers », *Price Measurement and their Uses*, Foss, M. F., Manser, M. E. et Young, A.H. (sous la direction de), University of Chicago Press.

OULTON, Nicolas (2007), « Ex post versus ex ante measures of the user cost of capital », *Review of Income and Wealth*, série 53, n° 2 (juin), pp. 295-317, 2007.

OXERA (2002), « *A Social Time Preference Rate for Use in Long-term Discounting* », compte rendu destiné au cabinet du Vice-premier Ministre, au ministère des Transports et au ministère de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires rurales du Royaume-Uni.

PAKES, Ariel et Zvi GRILICHES (1984), « Estimating Distributed Lags in Short Panels with an Application to the Specification of Depreciation Patterns and Capital Stock Constructs », *Review of Economic Studies* 51, pp. 243-262.

PATRY, André (2005), « Economic Depreciation and Retirement of Canadian Assets: A Comprehensive Empirical Study », manuscrit non publié.

PIGOU, Arthur C. (1924), *The Economics of Welfare*, deuxième édition, Macmillan, Londres.

PIGOU, Arthur C. (1935), « Net Income and Capital Depletion », *The Economic Journal* 45, pp. 235-241.

PIGOU, Arthur C. (1941), « Maintaining Capital Intact », *Economica* 8, pp. 271-275.

PITZER, John S. (2004), « Intangible Produced Assets », document présenté lors de la réunion du Groupe de Canberra II sur la mesure des actifs non financiers, tenue à Londres du 1er au 3 septembre.

PYO, Hak K. (2008), « The Estimation of Industry-level Capital Stock for Emerging-Market and Transition Economies », document présenté lors du Congrès mondial de 2008 sur la comptabilité nationale et la mesure de la performance économique des nations, tenue du 12 au 17 mai à Washington.

RAMSEY, F. P. (1928), « A Mathematical Theory of Saving », *The Economic Journal* vol. 38, pp. 543-559.

REINSDORF, Marshall et Jennifer RIBARSKY (2007), « How Should Inventory Investment be Measured in National Accounts? », document présenté lors du NBER/CRIW Summer Institute, Boston Mass., 17 juillet.

ROOIJEN-HORSTEN van, Myriam, Dirk van den BERGEN, Ron de HEIJ et Mark de HAAN (2007), « Service lives and discard patterns of capital goods in the manufacturing industry, based on directly observed data, the Netherlands », document de travail 08011, Centraal Bureau voor de Statistiek.

SANDMO, A. et J. H. DREZE (1971), « Discount Rates for Public Investment in Closed and Open Economies », *Economica 38*, pp. 396-412.

SCHMALWASSER, Oda (2001), « Revision der Anlagevermögensrechnung 1991 bis 2001 », *Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik* 5/2001.

SCHMALWASSER, Oda (2002), « Problems encountered in the context of calculation of capital stock using the Perpetual-Inventory-Method (PIM), when measuring volume at previous year's prices in contrast to the current fixed price method », document présenté lors du séminaire d'Eurostat *Introduction of Chain Indices in National Accounts*, tenu les 24 et 25 octobre au Luxembourg.

SCHMALWASSER, Oda et Michael SCHIDLOWSKI (2006), « Kapitalstockrechnung in Deutschland », *Statistisches Bundesamt, Wirtschaft und Statistik* 11/2006.

SCHREYER, Paul (2008), « Measuring Multi-factor Productivity when Rates of Return are Exogenous », *Price and Productivity Measurement,* volumes 1 et 2, W. Erwin Diewert, Bert M. Balk, Dennis Fixler, Kevin J. Fox et Alice O. Nakamura (eds.), Trafford Press.

SCHREYER, Paul (2005). « Note on depreciation, real holding gains/losses and welfare », présenté au Groupe de Canberra II sur la mesure des actifs non financiers, Direction des statistiques de l'OCDE, 29 juillet.

SCHREYER, Paul, Pierre-Emanuel BIGNON et Julien DUPONT, (2003), « OECD capital services estimates: Methodology and a first set of results », document de travail de la Direction des statistiques de l'OCDE.

SLATER, Courtenay M. et Martin H. DAVID (1998), *Measuring the Government Sector of the U.S. Economic Accounts*, Committee on National Statistics, National Research Council, National Academy Press, SLATER, Courtenay M. et Martin H. DAVID (eds.), Washington.

STATISTIQUE CANADA (2007), « Taux de dépréciation pour les comptes de la productivité », La revue canadienne de productivité, catalogue n°15-206-XIE, n° 005.

STERN, Nicholas (1977), *« The Marginal Valuation of Income »*, *Studies in Modern Economic Analysis*, ARTIS, N. et NOBAY, R. (eds.), Blackwell, Oxford.

TANGUAY, Marc et Alice O. NAKAMURA (publication à venir), « Linking Physical and Economic Depreciation: A Joint Density Approach », dans W.E. Diewert, B. M. Balk, D. Fixler, K. J. Fox et A. O. Nakamura (sous la direction de), *Price and Productivity Measurement,* Trafford Press.

TRIPLETT, Jack (1996), « Depreciation in Production Analysis and in Income and Wealth Accounts: Resolution of an old Debate », *Economic Inquiry*, vol. 34, pp. 93-115.

TRIPLETT, Jack (1997), « Concepts of Capital for Production Accounts and for Wealth Accounts: The Implications for Statistical Programs », document rédigé pour la deuxième réunion du Groupe de Canberra I sur les statistiques de stock de capital.

TIPLETT, Jack (1998), « A Dictionary of Usage for Capital Measurement Issues », document rédigé pour la deuxième réunion du Groupe de Canberra I sur les statistiques de stock de capital.

TRIPLETT, Jack (2001), « Comments on the draft OECD Manual on Measuring Capital », document rédigé pour la deuxième réunion du Groupe de Canberra I sur les statistiques de stock de capital.

TRIPLETT, Jack (2004), « Handbook on Hedonic Indexes and Quality Adjustments in Price Indexes: Special Application to Information Technology Products », *Document de travail de l'OCDE sur la STI, 2004/9*.

ONU, COMMISSION EUROPÉENNE, FONDS MONÉTAIRE INTERNATIONAL, ORGANISATION DE COOPÉRATION ET DE DÉVELOPPEMENT ÉCONOMIQUES, BANQUE MONDIALE, (2003), *Manuel de comptabilité nationale : Comptabilité environnementale et économique intégrée 2003*, ONU série F, n°61, Rev. 1.

VELDHUIZEN, Erik, Cor GRAVELAND, Dirk VAN DEN BERGEN et Sjoerd SCHENAU (2008), « Valuation of oil and gas reserves in the Netherlands 1990-2005 », projet de compte rendu, Centraal Bureau voor de Statistiek.

VERBRUGGE, Randolph (2006), « The Puzzling Divergence of Rents and User Costs, 1980-2004 », document présenté lors de l'atelier conjoint OCDE-FMI sur les indices de prix immobiliers, organisé à Paris les 6 et 7 novembre 2006, www.oecd.org/dataoecd/42/57/37612870.pdf

WALRAS, L. (1954), *Elements of Pure Economics*, traduction anglaise par W. Jaffé de l'édition définitive (1926) des *Eléments d'économie pure*, première édition parue en 1874, Richard D. Irwin, Homewood, Illinois.

WARD, Michael (1976), *The Measurement of Capital: The Methodology of Capital Stock Estimates in OECD Countries,* OCDE.

WEIBULL, Wallodi (1951), « A Statistical Distribution Function of Wide Applicability **»,** *ASME Journal of Applied Mechanics Paper*.

WEITZMAN, Martin L. (1976), « On the Welfare Significance of National Product in a Dynamic Economy », *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 90, n° 1, pp 156-162.

WINFREY, Robley. (1935), « Statistical Analyses of Industrial Property Retirements », *Bulletin 125, Iowa Engineering Experiment Station*, Iowa State College of Agriculture and Mechanic Arts Official Publication, vol XXXIV, n°28.

WYKOFF, Frank C. et Charles R. HULTEN (1979), « Tax and Economic Depreciation of Machinery and Equipment: A Theoretical and Empirical Appraisal, Phase II Report », dans *Economic Depreciation of the U.S. Capital Stock: A First Step*; Washington, U.S. Department of the Treasury, Office of Tax Analysis.

ANNEXE A : DURÉE DE VIE UTILE DES ACTIFS

Pays-Bas : la méthodologie servant de base à l'estimation des durées de vie utiles figurant dans le tableau ci-dessous a été décrite à la section 13.1.1.

Table 4. Tableau A.1. Durées de vie utile moyennes par actif et par secteur aux Pays-Bas

Rubriques du tableau	Dénomination de l'actif	Logements	Bâtiments	Autres structures	Automobiles particulières et autres matériels de transport routier	Trains et tramways	Navires	Avions	Ordinateurs
Nace	**Secteur d'activité**								
1 et 2	Agriculture et sylviculture	75	38	55	9	28	25	16	5
5	Pêche	75	38	35	9	28	35-25 [a]	16	5
10 et 14	Autres industries extractives	75	41	35	6	28	25	16	6
11	Extraction d'hydrocarbures	75	41	55	6	28	25	16	6
15 et 16	Industries alimentaires et industrie du tabac	75	42	55	6	28	25	16	12
17, 18 et 19	Industrie textile et industrie du cuir et de la chaussure	75	42	55	5	28	25	16	14
20	Travail du bois et fabrication d'articles en bois	75	42	55	5	28	25	16	8
21	Industrie du papier et du carton	75	42	55	5	28	25	16	6
22	Edition, imprimerie, reproduction	75	42	55	5	28	25	16	8
23	Cokéfaction, raffinage	75	36	55	5	28	25	16	8
24	Industrie chimique	75	41	55	7	28	25	16	12
25	Industrie du caoutchouc et des plastiques	75	41	55	5	28	25	16	12
26	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	75	42	55	5	28	25	16	8
27	Métallurgie	75	31	55	7	28	25	16	8
28	Travail des métaux	75	31	55	5	28	25	16	8
29	Fabrication de machines et d'équipements	75	44	55	5	28	25	16	12
30	Fabrication de machines de bureau et de matériel informatique	75	30	55	5	28	25	16	6
31	Fabrication de machines et appareils électriques	75	30	55	5	28	25	16	6
32	Fabrication d'équipements de radio, de télévision et de communication	75	30	55	5	28	25	16	6
33	Fabrication d'instruments médicaux, de précision et d'optique	75	30	55	6	28	25	16	6
34	Industrie automobile	75	36	55	5	28	25	16	5
35	Fabrication d'autres matériels de transport	75	36	55	5	28	25	16	5
36	Fabrication de meubles ; industries diverses	75	42	55	7	28	25	16	10
37	Récupération	75	42	55	7	28	25	16	10
40	Production d'électricité, de gaz et de chaleur	75	40	35	8	28	25	16	10
41	Captage, traitement et distribution d'eau	75	40	35	8	28	25	16	10
45	Construction	75	42	55	7	28	25	16	10
50	Commerce et réparation automobile	75	40	55	7	28	25	16	5
51	Commerce de gros	75	40	55	7	28	25	16	5
52	Commerce de détail et réparation d'articles domestiques	75	40	55	7	28	25	16	5
55	Hôtels et restaurants	75	32	55	7	28	25	16	5
60	Autres transports terrestres	75	50	55	9	28	25	16	5
611	Transports par eau	75	50	55	9	28	35-25 [a]	16	5
612	Transports fluviaux	75	50	55	9	28	50-40-30 [b]	16	5
62	Transports aériens	75	50	55	9	28	25	16	5
63 excl 6301	Services auxiliaires des transports	75	50	55	9	28	25	16	5
6301	Transports ferroviaires	75	40	40	9	28	25	16	5
64	Postes et télécommunications	75	40	25	66	28	25	16	5
66	Banques	75	36	55	66	28	25	16	5
67	Assurance et caisse de retraite	75	36	55	66	28	25	16	5
65	Activités auxiliaires de services financiers	75	36	55	66	28	25	16	5
70	Activités immobilières	75	36	55	66	28	25	16	5
71	Activités de location	75	36	55	66	28	25	16	5
72	Activités informatiques et activités connexes	75	36	55	66	28	25	16	5
73	Recherche et développement	75	36	55	66	28	25	16	5
74	Autres services aux entreprises	75	36	55	66	28	25	16	5
75 excl 7522	Administration publique et sécurité sociale	75	36	55	66	28	25	16	5
7522	Défense	75	48	55	66	28	25	16	5
80 excl 804	Enseignement et activités de soutien à l'enseignement	75	48	55	66	28	25	16	5
804	Autres activités de services	75	48	55	66	28	25	16	5
85	Santé et action sociale	75	48	55	66	28	25	16	5
90	Tout-à-l'égout et autres services d'évacuation des eaux usées	75	36	55	66	28	25	16	5
91	Autres activités de services	75	36	55	66	28	25	16	5
92	Activités récréatives, culturelles et sportives	75	36	55	66	28	25	16	5
93	Autres activités de services	75	36	55		28	25	16	5

a) 35 ans jusqu'en 1989 ; 25 ans à compter de 1990
b) 50 ans jusqu'en 1955 ; 40 ans à compter de 1956 et jusqu'en 1989 ; 30 ans à compter de 1990
NE = non estimé. Une méthode directe est utilisée pour calculer le stock de capital.

Rubriques du tableau	Dénomination de l'actif	Machines et équipements	Bétail	autres actifs cultivés	Autres actifs matériels	Transfert des coûts de propriété foncière	Exploitation minière	Logiciels	Originaux	Transfert des coûts de propriété sur les actifs non financiers et non produits
Nace	Secteur d'activité									
1 et 2	Agriculture et sylviculture	14	NE	15	10	1	40	3	5	3
5	Pêche	14	NE	15	10	1	40	3	5	3
10 et 14	Autres industries extractives	30	NE	15	12	1	40	3	5	3
11	Extraction d'hydrocarbures	30	NE	15	12	1	40	3	5	3
15 et 16	Industries alimentaires et industrie du tabac	27	NE	15	12	1	40	3	5	3
17, 18 et 19	Industrie textile et industrie du cuir et de la chaussure	35	NE	15	12	1	40	3	5	3
20	Travail du bois et fabrication d'articles en bois	30	NE	15	12	1	40	3	5	3
21	Industrie du papier et du carton	27	NE	15	12	1	40	3	5	3
22	Edition, imprimerie, reproduction	35	NE	15	12	1	40	3	5	3
23	Cokéfaction, raffinage	22	NE	15	12	1	40	3	5	3
24	Industrie chimique	30	NE	15	12	1	40	3	5	3
25	Industrie du caoutchouc et des plastiques	30	NE	15	12	1	40	3	5	3
26	Fabrication d'autres produits minéraux non métalliques	30	NE	15	12	1	40	3	5	3
27	Métallurgie	33	NE	15	12	1	40	3	5	3
28	Travail des métaux	33	NE	15	12	1	40	3	5	3
29	Fabrication de machines et d'équipements	33	NE	15	12	1	40	3	5	3
30	Fabrication de machines de bureau et de matériel informatique	21	NE	15	8	1	40	3	5	3
31	Fabrication de machines et appareils électriques	18	NE	15	8	1	40	3	5	3
32	Fabrication d'équipements de radio, de télévision et de communication	18	NE	15	8	1	40	3	5	3
33	Fabrication d'instruments médicaux, de précision et d'optique	15	NE	15	12	1	40	3	5	3
34	Industrie automobile	30	NE	15	11	1	40	3	5	3
35	Fabrication d'autres matériels de transport	30	NE	15	11	1	40	3	5	3
36	Fabrication de meubles ; industries diverses	30	NE	15	12	1	40	3	5	3
37	Récupération	30	NE	15	12	1	40	3	5	3
40	Production d'électricité, de gaz et de chaleur	32	NE	15	12	1	40	3	5	3
41	Captage, traitement et distribution d'eau	32	NE	15	12	1	40	3	5	3
45	Construction	15	NE	15	12	1	40	3	5	3
50	Commerce et réparation automobile	11	NE	15	10	1	40	3	5	3
51	Commerce de gros	10	NE	15	10	1	40	3	5	3
52	Commerce de détail et réparation d'articles domestiques	10	NE	15	10	1	40	3	5	3
55	Hôtels et restaurants	10	NE	15	12	1	40	3	5	3
60	Autres transports terrestres	11	NE	15	10	1	40	3	5	3
611	Transports par eau	11	NE	15	10	1	40	3	5	3
612	Transports fluviaux	11	NE	15	10	1	40	3	5	3
62	Transports aériens	11	NE	15	10	1	40	3	5	3
63 excl 6301	Services auxiliaires des transports	11	NE	15	10	1	40	3	5	3
6301	Transports ferroviaires	11	NE	15	10	1	40	3	5	3
64	Postes et télécommunications	15	NE	15	8	1	40	3	5	3
66	Banques	11	NE	15	8	1	40	3	10	3
67	Assurance et caisse de retraite	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
65	Activités auxiliaires de services financiers	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
70	Activités immobilières	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
71	Activités de location	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
72	Activités informatiques et activités connexes	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
73	Recherche et développement	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
74	Autres services aux entreprises	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
75 excl 7522	Administration publique et sécurité sociale	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
7522	Défense	12	NE	15	8	1	40	3	5	3
80 excl 804	Enseignement et activités de soutien à l'enseignement	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
804	Autres activités de services	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
85	Santé et action sociale	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
90	Tout-à-l'égout et autres services d'évacuation des eaux usées	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
91	Autres activités de services	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
92	Activités récréatives, culturelles et sportives	11	NE	15	8	1	40	3	5	3
93	Autres activités de services	11	NE	15	8	1	40	3	5	3

a) 35 ans jusqu'en 1989 ; 25 ans à compter de 1990
b) 50 ans jusqu'en 1955 ; 40 ans à compter de 1956 et jusqu'en 1989 ; 30 ans à compter de 1990
NE = non estimé. Une méthode directe est utilisée pour calculer le stock de capital.

États-Unis : une description méthodologique complète est consultable dans Bureau of Economic Analysis (2003), disponible sur http://bea.gov/national/pdf/Fixed_Assets_1925_97.pdf.

Table 5. Tableau A.2. Taux d'amortissement et taux applicables à la valeur résiduelle

Taux d'amortissement du BEA, durées de vie utile, taux applicables à la valeur résiduelle et catégories de Hulten-Wykoff

Type d'actif	Taux d'amortissement	Durée de vie utile (années)	Taux applicables à la valeur résiduelle
Biens d'équipement privés non résidentiels			
Logiciels :			
Standards	0.5500	3	1.65
Personnalisés	0.3300	5	1.65
Pour compte propre	0.3300	5	1.65
Équipement de bureau, de comptabilité et informatique :			
Années précédant 1978	0.2729	8	2.1832
1978 et années suivantes	0.3119	7	2.1832
Équipements de communication:			
Services aux entreprises	0.1500	11	1.65
Autres branches	0.1100	15	1.65
Appareillage	0.1350	12	1.6203
Équipements de photocopie et apparentés	0.1800	9	1.6203
Combustible nucléaire	.....	4	.....
Autres produits métalliques ouvrés	0.0917	18	1.65
Moteurs et turbines à vapeur	0.0516	32	1.65
Moteurs à explosion	0.2063	8	1.65
Machines-outils à travailler les métaux	0.1225	16	1.96
Machines industrielles spéciales, non repris ailleurs	0.1031	16	1.65
Équipement industriel général, y compris pour la manutention des matériaux	0.1072	16	1.715
Appareils industriels, de transmission et de distribution électrique	0.0500	33	1.65
Camions, autobus, autocars et remorques routières :	0.1232	14	1.7252
Transport passagers local et interurbain	0.1725	10	1.7252
Transport et entreposage de marchandises ; réparation automobile, services et stationnement	0.1917	9	1.7252
Autres branches	.....	.....	.....
Automobiles			
Avions :		16	1.65
Transport aérien, institutions de dépôt et services commerciaux :	0.1031	20	1.65
Années précédant 1960	0.0825		
1960 et années suivantes		12	1.65
Autres branches :	0.1375	15	1.65
Années précédant 1960	0.1100	27	1.65
1960 et années suivantes	0.0611	28	1.65
Bateaux	0.0589	12	1.65
Équipement de voie ferrée	0.1375	14	1.65
Matériel, mobilier, installations des ménages	0.1179	9	1.3064
Autres mobiliers	0.1452	8	1.3064
Tracteurs agricoles	0.1633	14	1.65
Engins de chantier	0.1179	10	1.5498
Machines agricoles, hors tracteurs	0.1550	11	1.65
Matériel de construction, hors engins de chantier	0.1500		
Machines pour l'extraction minière et pétrolière		10	1.65
Machines de la branche des services :	0.1650	11	1.65
Commerce de gros et de détail	0.1500	10	1.65
Autres branches	0.1650	9	1.65
Appareils domestiques	0.1834	11	1.623
Autres équipements électriques	0.1473		
Autres		31	0.9747
Bâtiments privés non résidentiels	0.0314	16	0.8892
Bâtiments industriels	0.0556	36	0.8892
Bureaux mobiles	0.0247	40	0.8892
Immeubles de bureaux	0.0222	34	0.8892
Entrepôts commerciaux	0.0262	48	0.9024
Autres bâtiments commerciaux	0.0188	48	0.9024
Édifices religieux	0.0188	48	0.9024

Type d'actif	Taux d'amortissement	Durée de vie utile (années)	Taux applicables à la valeur résiduelle
Locaux scolaires	0.0188	32	0.899
Hôpitaux et bâtiments institutionnels	0.0281	30	0.899
Hôtels et motels	0.0300	38	0.899
Bâtiments à usage récréatif et de loisirs	0.0237	38	0.948
Ensemble des autres bâtiments non agricoles	0.0249	54	0.948
Voies ferrées de remplacement	0.0176	40	0.948
Autres structures ferroviaires	0.0237		
Télécommunications		40	0.948
Éclairage et énergie électriques :	0.0237	45	0.948
Années précédant 1946	0.0211	40	0.948
1946 et années suivantes	0.0237	40	0.948
Gaz	0.0237	38	0.91
Oléoducs			
Secteur agricole	0.0239		
Prospection minière et puits :			
Pétrole et gaz naturel :			
Années précédant 1973	0.0563	16	0.9008
1973 et années suivantes	0.0751	12	0.9008
Autres	0.0450	20	0.9008
Transport local	0.0237	38	0.899
Autres	0.0225	40	0.899
Capital résidentiel (privé et public)			
Ouvrages de 1 à 4 unités - nouveaux	0.0114	80	0.91
Ouvrages de 1 à 4 unités –ajouts et modifications	0.0227	40	0.91
Ouvrages de 1 à 4 unités –remplacements majeurs	0.0364	25	0.91
Ouvrages de 5 unités et plus – nouveaux	0.0140	65	0.91
Ouvrages de 5 unités et plus – ajouts et modifications	0.0284	32	0.91
Ouvrages de 5 unités et plus – remplacements majeurs	0.0455	20	0.91
Maisons mobiles	0.0455	20	0.91
Autres ouvrages	0.0227	40	0.91
Équipements	0.1500	11	1.65
Biens de consommation durable détenus par les ménages			
Mobilier, y compris matelas et sommiers	0.1179	14	1.65
Équipements de cuisine et autres appareils domestiques	0.1500	11	1.65
Porcelaine, verrerie, vaisselle et ustensiles de cuisine	0.1650	10	1.65
Autres biens d'équipement durables domestiques	0.1650	10	1.65
Produits audio-vidéo, ordinateurs et périphériques, instruments de musique	0.1833	9	1.65
Bijouterie et montres	0.1500	11	1.65
Produits d'ophtalmologie et appareillage orthopédique	0.2750	6	1.65
Livres et cartes	0.1650	10	1.65
Appareils à roues, équipement de sport et de photographie, bateaux et aéronefs de plaisance	0.1650	10	1.65
Automobiles	.....	.....	.....
Autres véhicules à moteur	0.2316	8	1.853
Pneus, tuyaux, accessoires et autres pièces détachées	0.6177	3	1.853
Équipements non résidentiels publics			
État fédéral :			
Défense nationale :			
Aéronefs :			
Cellules :			
Bombardiers	0.0660	25	1.65
F–14	0.0868	19	1.65
Attaque, F–15 et F–16	0.0825	20	1.65
F–18	0.1100	15	1.65
Matériel de guerre électronique	0.0717	23	1.65
Transport et entraînement	0.0660	25	1.65
Hélicoptères	0.0825	20	1.65
Moteurs	0.2750	6	1.65
Autres :			
Années précédant 1982	0.1179	14	1.65
1982 et années suivantes	0.1650	10	1.65
Missiles :			
Stratégiques	.....	20	.....
Tactiques	.....	15	.....
Torpilles	.....	15	.....
Matériel de commande de tir	.....	10	.....

Type d'actif	Taux d'amortissement	Durée de vie utile (années)	Taux applicables à la valeur résiduelle
Programmes spatiaux	.....	20	.....
Navires :			
Bâtiments de surface	0.0550	30	1.65
Sous-marins	0.0660	25	1.65
Matériel fourni par le gouvernement :			
Électrique	0.1834	9	1.65
Propulsion	0.0825	20	1.65
Coque, mécanique	0.0660	25	1.65
Artillerie	0.1650	10	1.65
Autres	0.1650	10	1.65
Véhicules :			
Chars, transports de troupes, blindés et autres véhicules de combat	0.0825	20	1.65
Véhicules autres que de combat :	0.2875	6	1.7252
Camions	.....	.....	.....
Automobiles	0.2465	7	1.7252
Autres			
Matériel électronique :	.....	.....	.....
Ordinateurs et périphériques	0.2357	7	1.65
Contre-mesures électroniques	0.1650	10	1.65
Autres			
Autres équipements :	0.1834	9	1.65
Médical	0.1550	10	1.5498
Construction	0.0917	18	1.65
Industriel	0.0868	19	1.65
Usine de production de munitions	0.1375	12	1.65
Énergie atomique	0.1375	12	1.65
Commande d'armement et de tir	0.1650	10	1.65
Général			

Table A.3. Taux d'amortissement et taux applicables à la valeur résiduelle pour quelques pays

Quelques hypothèses sur la durée de vie utile par activité

		Italie		Belgique		Finlande		Allemagne	Italie	Belgique	Allemagne	Finlande	
Activités	**NACE rev 1**	Machines	Transport	Machines	Transport	Machines	Transport	Machines & Equipements	Immeubles & Bâtiments	Immeubles & Bâtiments	Immeubles & Bâtiments	Immeubles non résidentiels	Bâtiments
Agriculture, chasse, sylviculture	01-02	18	10	15	12	5-12	9	0	51	37		35-40	30-50
Pêche, aquaculture et pisciculture, etc.	05	18	10	15	25	15	10	0	35	39			
Activités extractives	10-14					18	7	21			23	30	25
Extraction de produits énergétiques	10-12	18	10						35		23		
Autres activités extractives	13-14	18	10	20	10			8	35	33	14		
Produits alimentaires, boissons et tabac	15-16	18	10	20	10	17-19	7	14	35	34	33	40	25
Textiles et produits textiles	17-18	18	10	19	10	14	7	14	35	38	40	35	40
Cuirs, maroquinerie, etc.	19	18	10	18	10	14	7	14	35	38	41	35	40
Laine et produits en laine et en liège, etc.	20	18	10	18	10	16	10	11	35	45	35	35	25
Pâte à papier, papier et papeterie, édition, imprimerie	21-22	18	10	19	10	15-18	6-10	12	35	45	35	40	35
Coke, produits du pétrole raffiné et énergie nucléaire	23	18	10	18	10	23	10	18	35	38	27	35	40
Produits chimiques	24	18	10	18	10	18	10	15	35	34	27	40	35
Produits en caoutchouc et en plastique	25	18	10	17	10	18	7	13	35	34	34	45	40
Autres produits minéraux non métalliques	26	18	10	19	10	19	10	14	35	30	30	40	40
Métaux de base, produits métalliques ouvrés	27-28	18	10	21	10	16-23	8-12	14	35	35	29	40	30-40
Machines et équipements non repris ailleurs	29	18	10	19	10	13	8	13	35	35	30	40	30
Equipement électrique et optique	30-33	18	10	19	10	11	7	12	35	35	31	40	30
Equipement de transport	34-35	18	10	18	10	15	9	11	35	35	30	45	40
Equipement manufacturier	36-37	18	10	18	10	14	8	12	35	35	38	35	35

ANNEXE A : DURÉE DE VIE UTILE DES ACTIFS

		Italie		Belgique		Finlande		Allemagne	Italie	Belgique	Allemagne	Finlande	
Activités	**NACE rev 1**	Machines	Transport	Machines	Transport	Machines	Transport	Machines & Equipements	Immeubles & Bâtiments	Immeubles & Bâtiments	Immeubles & Bâtiments	Immeubles non résidentiels	Bâtiments
non repris ailleurs, recyclage													
Approvisionnement en eau et en énergie	40-41	18	10	25	10	24-27	8-10	19	40	42	45	45-50	35-40
Construction	45			20	10	10	10	9		42	41	40	30
Commerce de gros et de détail, réparations	50-52	18	10	15	8	15	10	10	65	40	50	40	30
Hôtels et restaurants	55	18	10	15	8	15	10	12	65	40	59	40	
Transport, stockage et communication	60-64	18	10	15	15	5-25	7-25	13	80	40	33	20-50	20-70
Intermédiation financière	65-67	18	10	15	8	10		10	65	40-60	66	40	
Immobilier, locations et entreprises	70-74	18	10	15	8	15	10	10	80	40-60	66	50	70
Administration publique et défense, sécurité sociale	75	28	15	15	8	15	10	11	80	60-70	51	50	70
Education	80	18	10	15	8	10-15	10	8	57	(60)	59	50	70
Santé et travail social	85	18	10	15	8	10-15	8-10	11	35	40	58	40-50	70
Autres services sociaux et aux personnes	90-93			15	8	10-15	8-10	8		40	48	50	40-70

Tableau A.4. Taux d'amortissement et taux applicables à la valeur résiduelle au Canada

Catégories	Groupes d'actifs	Actifs	Définition	Taux d'amortissement estimé	Durées de vie étudiées de 1985 à 2001
Immeubles	Immeubles commerciaux et institutionnels	1004	Laboratoires, centres de recherche et de développement	0.066	32.4
		1012		0.087	24.5
		1013	Concessions automobiles	0.060	33.3
		1014	Immeubles de bureaux	0.059	36.0
		1015	Hôtels, motels centres de congrès	0.087	23.0
		1016	Restaurants, restauration rapide, bars et boîtes de nuit	0.070	30.7
		1018		0.067	31.8
		1019	Centres commerciaux, magasins et boutiques	0.069	31.2
		1201	Théâtres, salles de spectacles et centres culturels	0.062	34.7
		1202		0.055	39.1
		1203	Bâtiments de loisirs couverts	0.047	45.6
		1204	Bâtiments scolaires	0.061	35.1
		1205	Résidences étudiantes	0.060	35.6
		1206	Edifices religieux	0.076	27.9
		1207	Hôpitaux et autres centres de santé	0.059	35.9
		1208	Maisons de soins infirmiers	0.094	23.3
		1209	Hôpitaux de jour	0.060	35.4
		1210	Bibliothèques	0.046	46.2
		1211	Monuments historiques	0.081	26.4
		1212	Pénitenciers, centres de détention et tribunaux	0.118	18.2
		1214		0.096	22.3
		1299	Musées, centres scientifiques et archives publiques	0.075	28.6
		1999	Casernes de pompiers	0.071	30.0
		2201	Bureaux de poste	0.065	32.9
		3001	Arsenaux, casernes, salles d'entraînement et autres bâtiments militaires	0.086	30.6
			Autres immeubles publics/institutionnels		
			Autres constructions		
			Terminaux de passagers (notamment pour le transport aérien, ferroviaire, par bateau et par autocar)		
			Immeubles de radiodiffusion et de communication		
	Immeubles industriels	1001	Usines manufacturières	0.089	26.6
		1006	Entrepôts, terminaux de stockage et de fret réfrigérés	0.068	32.2
		1007	Elevateurs de grain et terminaux	0.071	30.0
		1008	Garages automobiles, ateliers et lieux de stockage des équipements	0.084	28.0
		1009	Ateliers ferroviaires et salles des machines	0.080	32.1
		1010	Hangars pour aéronefs	0.096	26.7
		1011	Stations-service	0.123	17.4
		1021	Bâtiments agricoles	0.095	27.0
		1022	Colis, dortoirs, cuisines et camps	0.161	13.3
			Autres bâtiments industriels et commerciaux		
		1099	Bâtiments miniers	0.085	23.9
		3401	Bâtiments miniers pour l'enrichissement des minéraux (hors fonderies et raffineries)	0.180	12.2
		3402		0.168	13.1
		5999	Autres bâtiments de construction (1999/Autres bâtiments)	0.150	21.0

Tableau A.4. Taux d'amortissement et taux appplicables à la valeur résiduelle au Canada (suite)

Catégories	Groupes d'actifs	Actifs	Définition	Taux d'amortissement estimé	Durées de vie étudiées de 1985 à 2001
Machines et équipements	Ordinateurs	6002	Ordinateurs et matériel associé	0.467	4.7
	Equipement informatisé	6401	Equipement de manutention informatisé	0.191	13.4
		6402	Equipement de fabrication de produits informatisé	0.174	12.7
		6403	Equipement de communication informatisé	0.225	9.5
		6410	Processus de production informatisé – manomètres à écrasement et meules	0.204	12.6
		6413	Processus de production informatisé – Autres	0.176	14.6
		6499	Autres équipements et machines informatisés	0.314	8.2
	Equipement mobilier	6001	Mobilier et aménagements de bureau	0.235	8.3
		6003	Mobilier et aménagements hors bureaux	0.214	9.4
	Machinerie lourde	6009	Moteurs, générateurs, transformateurs, turbines, compresseurs et pompes	0.130	15.3
		6010	Equipement de construction lourde*	0.172	13.9
		6011	Tracteurs de tous types et autres engins agricoles*	0.171	14.5
		6013	Equipement de forage et d'abattage	0.192	11.1
		6028	Equipement de charge, de roulage et de remblai souterrain (tel que racloirs et engins de déblai)	0.208	10.2
	Equipement attaché aux bâtiments	6005	Appareils de chauffage, d'électricité, de plomberie, de climatisation et de	0.167	12.5
		6006	réfrigération	0.151	16.7
		6007	Appareils de limitation et de contrôle de la	0.200	10.8
		6008	pollution	0.218	10.7
			Equipements de sûreté et de sécurité		
			Equipements sanitaires		
	Equipements non informatisés	6601	Equipement de transport de matériel non	0.182	10.6
		6602	informatisé	0.154	14.0
			Equipements de production manufacturière		
		6603	non informatisés	0.214	11.1
		6610	Equipements de communication non informatisés	0.171	15.0
		6613	Processus de production non informatisés – manomètres à écrasement et meules	0.201	12.8
			Processus de production non informatisés - Autres		
	Autres équipements de transport	6205	Locomotives, matériel roulant, voitures de métro/ de tramway, Autres métro régional et	0.103	25.3
		6206	pièces principales*	0.104	26.5
		6207	Navires et bateaux*	0.082	27.9
		6299	Aéronefs, hélicoptères et moteurs d'aéronefs *	0.201	12.6
			Autres équipements de transport*		
	Equipement de transport routier	6201	Automobiles et principales pièces détachées*	0.280	8.1
		6202	Autocars/bus et principales pièces détachées*	0.149	17.4
		6203	Camions, camionnettes, porteurs-remorqueurs, trains routiers et principales	0.227	10.6
		6204	pièces détachées*	0.190	11.6
			Véhicules tout-terrain et principales pièces détachées*		
	Equipement scientifique	6004	Appareils scientifiques, professionnels et médicaux	0.229	8.9

Tableau A.4. Taux d'amortissement et taux appplicables à la valeur résiduelle au Canada (suite)

Catégories	Groupes d'actifs	Actifs	Définition	Taux d'amortissement estimé	Durées de vie étudiées de 1985 à 2001
	Outillage	6012	Outillage capitalisé et autres outils*	0.233	8.0
	Logiciels	6021	Logiciels pour compte propre	0.330	5.0
		6022	Logiciels standards	0.550	3.0
		6023	Logiciels personnalisés	0.330	5.0
	Autres machines et équipements	6014	Protection contre l'incendie	0.151	15.4
		6015	Conteneurs industriels (transportables)*	0.160	12.9
		6016	Equipements d'aide à la navigation et de météorologie	0.225	11.1
		8999	Autres machines et équipements (non repris ailleurs)	0.166	10.9
Machines et équipements	Machines et équipements relatifs à la production d'électricité	9001	Générateurs et turbines à gaz	0.130	22.9
		9002	Turbines à vapeur	0.130	26.4
		9010	Moteurs et générateurs électriques	0.130	23.9
		9011	Transformateurs électriques, convertisseurs statiques et bobines d'induction	0.130	30.3
		9012	Appareillage de connexion électrique	0.130	28.0
		9013	Equipement de contrôle et de protection	0.229	15.0
		9015	électrique	0.233	23.0
		9091	Instruments et appareils de mesure, de vérification ou de contrôle automatique	0.233	23.9
		9092	Compteurs électriques	0.167	13.4
		9093	Chauffe-eau électriques	0.130	20.1
		9094	Pièces de réacteurs nucléaires, éléments de carburant et eau lourde	0.130	37.3
		9095	Turbines hydrauliques	0.166	26.2
		9099	Chaudières	0.166	16.9
			Autres machines et équipements		
	Machines et équipements spécifiques à l'extraction minière et à la production pétrolière et gazière	6027	Foreuses de cheminée et griffe de montage	0.286	9.0
		6029	Treuils d'extraction, cages, cordes et bennes	0.286	9.0
		6411	Processus de production informatisé – flottation et cyanuration	0.286	9.0
		6412	Processus de production informatisé – appareils de concentration gravitationnelle	0.286	9.0
		6611	Processus de production non informatisé – flottation et cyanuration	0.286	9.0
		6612	Processus de production non informatisé – appareils de concentration gravitationnelle	0.286	9.0

Tableau A.4. Taux Taux d'amortissement et taux appplicables à la valeur résiduelle au Canada (suite)

Catégories	Groupes d'actifs	Actifs	Définition	Taux d'amortissement estimé	Durées de vie étudiées de 1985 à 2001
Génie	Génie	1002	Raffineries pétrolières	0.118	22.6
		1003	Unités de traitement du gaz naturel	0.106	25.1
		1005	Pollution, limitation et contrôles	0.095	23.1
		1017	Emplacements de stationnement	0.085	25.9
		1020	Espaces de loisirs découverts (tels que parcs, stades, terrains de golf et stations de ski)	0.099	22.2
		1213	Equipement d'évacuation des eaux usées	0.087	25.4
		2001	Quai, pontons et terminaux	0.078	28.1
		2002	Dragage et fonçage	0.104	21.2
		2003	Jetées, canaux et voies fluviales	0.211	10.4
		2004	Projets d'irrigation et de mise en valeur des	0.046	47.7
		2005	sols	0.049	44.9
		2099	Autres constructions marines	0.071	31.0
		2202	Autoroutes, routes et rues (y compris chemins forestiers)	0.089	24.8
		2203	Chemins de roulement (y compris éclairage)	0.073	30.0
		2204	Voies ferrées et terrains de fondation	0.060	36.9
		2205	Ponts, chevalets et passages supérieurs	0.062	35.6
		2206	Tunnels Autres équipements de génie de	0.039	56.6
		2299	transport	0.073	30.0
		2401	Réservoirs (dont barrages)	0.056	39.0
		2402	Tambours et conduites maîtresses de	0.077	28.4
		2412	distribution pour les installations d'adduction	0.062	35.6
		2413	et de distribution d'eau	0.207	10.6
		2499	Stations de pompage et usines de filtration	0.092	23.9
		2601	des eaux	0.099	22.2
		2602	Bassins de stockage de l'eau	0.076	28.8
			Autres constructions pour l'eau		
			Usines de traitement et d'évacuation des eaux usées (y compris stations de pompage)		
			Egouts sanitaires et pluviaux, tambours, caniveaux et fossés à ciel ouvert		
Génie	Génie	2603	Etangs	0.081	27.0
		2699	Autres construction de systèmes d'égouts	0.100	22.0
		2801	Construction de centrales électriques	0.096	23.0
		2811	Centrales à vapeur	0.055	40.0
		2812	Centrales nucléaires	0.051	43.0
		2813	Centrales hydrauliques	0.048	46.0
	Lignes électriques	2814	Lignes de transmission électrique aériennes	0.051	43.0
		2815	Lignes de transmission électrique enterrées	0.049	45.0
		2816	Lignes de distribution électrique aériennes	0.067	33.0
		2817	Lignes de distribution électrique enterrées	0.063	35.0
	Génie	2899	Autres constructions (non reprises ailleurs)	0.063	35.0
	Communications	3002	Lignes de téléphone et de câble	0.122	20.0
		3003	Tours et antennes de communication	0.107	13.0

Tableau A.4. Taux d'amortissement et taux appplicables à la valeur résiduelle au Canada (suite)

Catégories	Groupes d'actifs	Actifs	Définition	Taux d'amortissement estimé	Durées de vie étudiées de 1985 à 2001
	Génie	3099	Autres communications	0.146	16.0
		3201	Conduites et services de gaz	0.070	38.0
		3202	Stations de pompage pétrolières	0.296	9.0
		3203	Stations de pompage gazières	0.083	32.0
		3204	Entreposage en vrac	0.113	23.0
		3205	Oléoducs	0.116	23.0
		3206	Gazoducs	0.081	33.0
		3216	Forage d'exploration	0.167	16.0
		3217	Forage de développement	0.167	16.0
		3218	Equipements de production gazière et	0.167	16.0
		3219	pétrolière	0.167	16.0
		3220	Projets de récupération assistée	0.167	
			Investissements de forage, recherche		16.0
		3221	préalable à l'extraction minière et autres	0.167	
		3299	Investissements géologiques et géophysiques	0.074	16.0
		3403	Autres équipements gaziers et pétroliers	0.147	36.0
			Mines – équipement souterrain (puits,		15.0
		3404	galeries d'avancement)	0.157	
		3411	Systèmes d'évacuation des résidus et bassins	0.137	14.0
		3412	de décantation	0.137	16.0
		3413	Exploration de sites miniers	0.137	16.0
		4999	Développement de sites miniers	0.122	16.0
			Evaluation de l'exploration et des dépôts hors du site minier		18.0
			Autres construction de génie		

Note : Les astérisques* et le libellé des actifs en gras signalent qu'un problème a été détecté pour la durée de vie attendue *ex ante,* qui a donc été remplacée par la durée de vie utile moyenne *ex post*.
Source : Statistique Canada.

ANNEXE B : MISE EN ŒUVRE DES ESTIMATIONS RELATIVES AU CAPITAL, SUR LA BASE D'UN ENSEMBLE ARTIFICIEL DE DONNEES

Cette annexe intègre les formules décrites au chapitre 19 dans les différentes étapes types de la mise en œuvre. Un ensemble de données, artificiel mais réaliste, est utilisé pour illustrer la mise en œuvre. Il s'agit de documenter les différentes étapes, en montrant comment effectuer l'agrégation des secteurs et des branches et en étudiant les effets d'une approche *ex ante* ou *ex post* de la mesure des coûts d'usage. L'ensemble de données, avec ses références et tous les calculs, est disponible sous la forme d'une feuille de calcul à l'adresse [adresse électronique]. Cet ensemble de données résente les caractéristiques ci-après :

- Il établit une distinction entre les secteurs institutionnels et les branches. Les premiers sont des « entreprises », ou des producteurs marchands, ainsi que « le secteur public » ou les producteurs non marchands, tandis que les branches sont « les industries manufacturières », « les services » et « l'administration ».

- Le secteur manufacturier est exclusivement composé d'entreprises. Dans le cas des services, une distinction a été opérée entre producteurs marchands et non marchands. L'administration publique est exclusivement composée de producteurs non marchands.

- Trois types d'actifs sont pris en considération : les « machines », les « logiciels » et les « terrains », qui ont été choisis pour leur représentativité. Les machines représentent l'équipement prototypique dont le prix évolue à long terme, mais dans une proportion quelque peu inférieure à l'inflation globale, et dont la durée de vie se situe dans la moyenne. Les logiciels englobent des équipements de haute technologie d'une durée de vie utile réduite, et dont les prix relatifs diminuent rapidement. Les « terrains » représentent un actif non produit dont la quantité est fixe dans notre exemple, mais dont les prix connaissent de fortes variations cycliques, comme on l'a observé dans la réalité.

- On utilise toujours des fonctions ancienneté-prix et ancienneté-efficacité géométriques.

- Le prix d'achat des actifs est le même pour tous les producteurs.

- Deux méthodes principales seront comparées pour calculer les coûts d'usage, à savoir les mesures du coût du capital *ex post* et *ex ante*. Pour la première, une distinction est opérée entre le cas standard et le cas simplifié, comme le montre le tableau ci-dessous.

<table>
<tr><th>Branche</th><th>Type de producteur</th><th colspan="3">Méthode</th></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td>Taux de rendement ex post</td><td></td><td>Taux de rendement ex ante</td></tr>
<tr><td>Méthode standard, avec la variation ex post des prix des actifs</td><td>Méthode simplifiée, les variations réelles des prix des actifs étant supposées égales à zéro</td><td>Variations réelles ex ante des prix des actifs (moyenne ou lissage)</td></tr>
<tr><td>Production manufacturière</td><td>Producteurs marchands</td><td colspan="2" rowspan="2">Taux de rendement endogène</td><td rowspan="2">Taux de rendement réel exogène de 4 %</td></tr>
<tr><td>Services</td><td>Producteurs marchands</td></tr>
<tr><td></td><td>Producteurs non marchands</td><td colspan="2" rowspan="2">Le taux ex post représentant la moyenne des taux ex post des producteurs marchands</td><td rowspan="2">Taux de rendement réel exogène de 2 %</td></tr>
<tr><td>Administration publique</td><td>Producteurs non marchands</td></tr>
</table>

Principales étapes de la procédure de calcul :

1. Application des indices de prix de la FBCF aux investissements en machines et en logiciels, pour obtenir les séries de FBCF en dollars chaînés pour l'année de référence 2000.

2. Estimation d'un stock de capital initial pour chacun des actifs. Dans notre exemple simple, celui-ci a été calculé pour l'année 1979 de manière à ce que le stock de capital initial = la FBCF de 1979/(croissance à long terme de la FBCF à prix constants + taux d'amortissement). Bien sûr, pour l'application effective, le stock de capital initial doit être calculé pour une période qui remonte plus loin dans le passé, ce qui signifie que les erreurs d'estimation du stock initial n'auront qu'un effet réduit sur les stocks de capital les plus récents. Le calcul d'un stock de capital initial présente une différence majeure avec les modèles comportant des schémas non géométriques, pour lesquels le stock de capital initial n'est pas nécessaire mais qui requièrent les statistiques de FBCF pour l'ensemble de la durée de vie utile d'un actif. Le stock de terrain est exprimé ici en unités physiques, et les informations le concernant proviennent des cadastres ou des enquêtes sur les terrains. Le stock de terrain est considéré comme fixe dans le présent exemple, ce qui suppose l'existence d'un seul type de terrain.

3. Compte tenu du stock de capital net au début de la première période, W^{1979B}, le stock de capital net en fin de période pour toutes les périodes consécutives sera établi en appliquant la relation stock-flux $W^{tE}=W^{tB} + I^t - \delta(I^t/2+W^{tB})$. Tous les stocks de capital sont valorisés aux prix moyens (en dollars chaînés) de l'année 2000.

4. Sur la base du stock de capital net et des taux d'amortissement, la valeur de l'amortissement aux prix moyens de l'année 2000 est calculée via l'application du taux d'amortissement au stock de capital en début de période, plus la moitié de l'investissement de la période en cours : $D^t/P_0^t = \delta[I^t/2 + W^{tB}]$. L'amortissement est réévalué aux prix courants via une multiplication par l'indice des prix des biens d'équipement, P_0^t.

5. Une transformation minime suffit pour calculer le stock de capital net moyen de l'année pour toutes les périodes, ainsi que le capital productif K^t, qui, selon la procédure du présent *Manuel*, est égal au stock de capital richesse plus l'investissement de la période la plus récente : $K^t=I^t/2+W^{tB}$.

6. Compte tenu de séries chronologiques de l'excédent brut d'exploitation G^t et de l'amortissement réévalué aux prix courants, D^t, l'excédent net d'exploitation N^t correspond à G^t-D^t. Pour les

producteurs non marchands, l'excédent net d'exploitation est égal à zéro dans un premier temps. Cependant, si les coûts du capital sont imputés de la manière représentée dans l'exemple, alors l'excédent net d'exploitation sera différent de zéro.

7. Les indices de prix réels sont obtenus en déflatant les indices de prix nominaux des actifs au moyen de l'indice des prix à la consommation.

8. Pour chaque type d'actif, chaque branche et chaque secteur, la valeur des services du capital est calculée selon trois variantes, comme nous l'avons expliqué plus haut. Les résultats sont surlignés en différentes couleurs dans la feuille de calcul jointe.

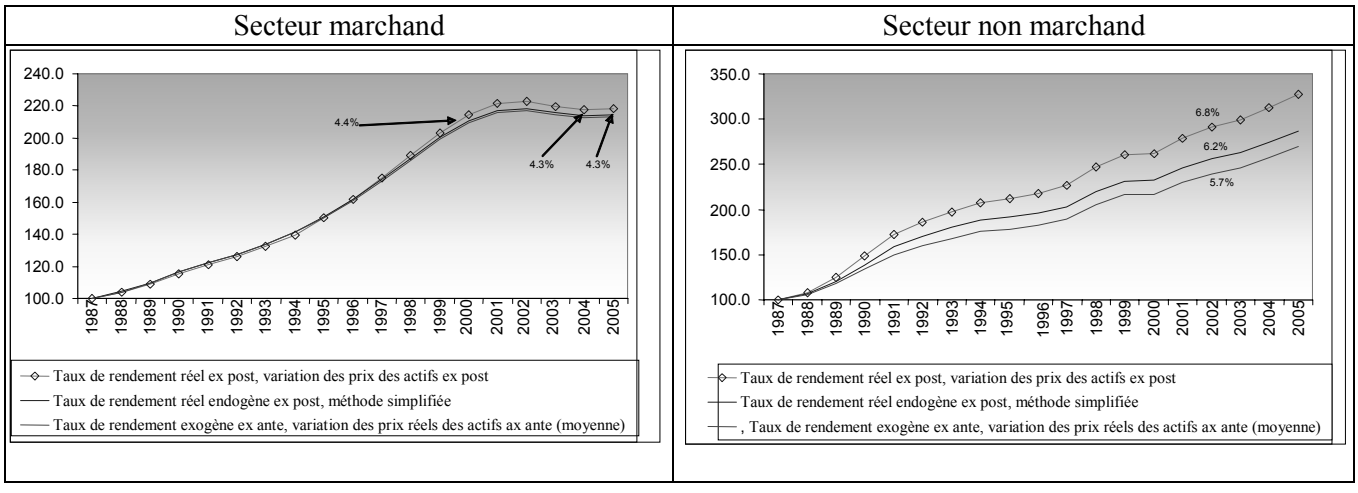
9. On calcule un indice de volume chaîné de Laspeyres pour les services du capital sous la forme d'une moyenne pondérée de la variation en volume de chaque actif du stock de capital productif, les parts du coût d'usage servant de base aux pondérations. On calcule de même un indice de type Paasche, et la moyenne géométrique de ces deux indices aboutit à un indice de Fisher des services du capital pour chaque combinaison secteur/branche.

10. L'agrégation permettant d'obtenir une mesure des services du capital pour les producteurs marchands et non marchands s'effectue selon une procédure similaire. L'indice de volume des services du capital pour le secteur marchand correspond à la moyenne pondérée des indices de volume des producteurs marchands dans les branches de l'industrie manufacturière et des services. Les parts du coût d'usage de chaque producteur servent de pondération pour l'agrégation. La même méthode est appliquée aux producteurs non marchands.

11. La dernière agrégation rassemble les producteurs marchands et non marchands, ce qui donne une mesure valable pour l'ensemble de l'économie.

L'examen des résultats conduit aux conclusions ci-après. Premièrement, et de manière générale, en ce qui concerne les services du capital en volume – un des principaux résultats du calcul -, les résultats sont relativement fiables. Les différences entre les trois méthodes de calcul des coûts d'usage sont assez faibles pour le secteur marchand. En ce qui concerne le secteur non marchand, les différences sont plus marquées, mais elles restent inférieures à un point de pourcentage en moyenne pour les taux de croissance moyenne annuelle sur l'ensemble de la période (voir graphique B.1).

Graphique B.1. Comparaison de trois méthodes de calcul des coûts d'usage
Indice de volume des services du capital, base 100 en 1987



Deuxième conclusion : l'ensemble de données artificiel a confirmé une observation de nombreuses études empiriques, à savoir que la méthode endogène *ex post* de calcul des coûts d'usage engendre un nombre plus élevé de prix négatifs des services du capital que les autres méthodes, ce qui présente un inconvénient sur le plan pratique.

Troisième conclusion : la comparaison entre l'excédent brut d'exploitation pour les producteurs marchands tel qu'« extrait » de la comptabilité nationale et celui qui ressort de la méthode *ex ante* donne le résultat escompté : les différences passent du positif au négatif, et vice-versa, et oscillent autour d'une valeur à long terme proche de zéro, ce qui rejoint l'idée que la différence entre les valeurs *ex ante* et *ex post* est un terme « surprise ».

ANNEXE C : MÉTHODE SIMPLIFIÉE DE L'INVENTAIRE PERPÉTUEL

La pleine mise en oeuvre d'un ensemble intégré de mesures du capital peut dépasser les capacités de certains bureaux de statistiques lorsque, du fait du renouvellement du système statistique, seules les informations les plus basiques sont disponibles. Cette annexe présente une version « minimale » des mesures du capital, dans l'objectif est d'esquisser une méthode simplifiée de mesure du capital quand l'information de base est limitée.

Données sur l'investissement. L'application intégrale de la méthode de l'inventaire perpétuel nécessite de disposer de séries relativement longues de données sur la formation brute de capital fixe, ventilée par type d'actif et par secteur institutionnel ou branche d'activité. Tous les bureaux ne disposent pas d'un tel ensemble de données. On peut viser *a minima* une classification de l'investissement en deux axes : une dimension sectorielle, à travers la FBCF du secteur public et du secteur privé, et une dimension par type d'actif, à travers la FBCF en machines et équipements et celle en bâtiments résidentiels et non résidentiels.

En fonction de la structure économique du pays étudié, il peut être important de distinguer en outre certains types d'actifs. Par exemple, dans certains pays en développement, des actifs cultivés tels que le bétail destiné à l'élevage peuvent représenter une catégorie de capital importante. Dans les pays riches en ressources naturelles, les actifs du sous-sol, comme le charbon, le pétrole ou les réserves minérales, ou les ressources biologiques non cultivées, comme les forêts, peuvent jouer un rôle significatif.

Calcul des stocks nets de capital. Comme nous l'avons expliqué par ailleurs dans le présent *Manuel*, l'approche de calcul de la mesure de l'amortissement et du stock de capital net la plus simple consiste à utiliser un taux de consommation de capital fixe constant, indépendant de l'ancienneté de l'actif (taux géométrique). Il n'est ainsi pas nécessaire de spécifier des paramètres supplémentaires de profil de déclassement, et cette option permet de formuler un lien direct entre les stocks de capital, l'investissement et la consommation de capital fixe :

$$(72) \qquad W^{tE} = W^{tB} + I^t - \delta(I^t/2 + W^{tB}) + X^t.$$

Pour faciliter la présentation, rappelons les variables employées ici : W^{tE} et W^{tB} correspondent aux stocks nets de capital en fin et en début de période, I^t est la formation brute de capital fixe, $\delta(I^t/2+W^{tB})$ représente la consommation de capital fixe et X^t désigne les autres variations en volume du groupe d'actifs. Toutes les variables sont valorisées aux prix moyens d'une période de référence, qui pourrait être l'année t.

Taux d'amortissement. La première étape d'un calcul du stock de capital net ci-dessus consiste à choisir un taux de consommation de capital fixe, δ. En l'absence d'informations fiables sur les taux d'amortissement, δ peut être fixé en référence aux taux d'amortissement pour des types d'actifs similaires ou des durées de vie utile des types d'actifs similaires constatés dans d'autres pays. Comme nous l'avons déjà indiqué plus haut (chapitre13), il est fréquent d'estimer δ à l'aide de la méthode du solde dégressif avec $\delta = R/T^A$, sachant que T^A représente la durée de vie moyenne utile d'un actif et R un paramètre aux alentours de 2. Comme les durées de vie utile tendent à être influencées par le cadre institutionnel et les conditions climatiques, il est préférable d'utiliser les paramètres constatés dans des pays similaires, plutôt que ceux de pays très différents. Le tableau ci-après fournit quelques points de référence simplistes mais pratiques de taux d'amortissement pour des catégories d'actifs relativement larges.

Tableau C.1. Exemples de valeurs de référence pour les taux de consommation de capital fixe, par grande catégorie d'actifs

Machines et équipements		
	Paramètre du solde dégressif R	
Durée de vie utile moyenne T^A	1.5	2.0
10	15.0%	20.0%
15	10.0%	13.3%
20	7.5%	10.0%
25	6.0%	8.0%

Bâtiments résidentiels et non résidentiels		
	Bâtiments résidentiels et non résidentiels	
Durée de vie utile moyenne T^A	1.0	1.5
40	3.8%	5.0%
50	3.0%	4.0%
60	2.5%	3.3%
70	2.1%	2.9%
80	1.9%	2.5%

Stocks initiaux. Une fois δ choisi, il s'agit de calculer un stock de capital de départ pour une période t_0. Pour ce faire, nous disposons de plusieurs possibilités, déjà décrites à la section 15.7 : utiliser les informations issues des enquêtes sur le capital et/ou bâtir une estimation plausible du taux de croissance à long terme de l'investissement en volume. En outre, une approximation simple (Kohli 1982) peut être employée dans le cas des fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix. Ici, le stock de capital productif (ou net) au début de la période de référence t0 peut être noté de manière approximative comme l'investissement cumulé amorti des années précédentes :

$$(73) \qquad W^{t0}\,(\text{géométrique}) \quad \approx \quad [I^{t0-1} + (1-\delta)I^{t0-2} + (1-\delta)^2 I^{t0-3} + \ldots]$$

Ensuite, élaborons une hypothèse plausible de croissance à long terme du volume d'investissement, la possibilité la plus simple étant de la rendre égale à la croissance à long terme du PIB en volume, pour laquelle il peut exister des estimations empiriques, et appeler ce taux de croissance à long terme θ. Selon l'hypothèse, $I^t = I^{t-1}(1+\theta)$. Cette relation peut être insérée dans l'expression ci-dessus représentant le stock de capital initial :

$$(74) \qquad \begin{aligned} [I^{t0-1} + (1-\delta)I^{t0-2} + (1-\delta)^2 I^{t0-3} + \ldots] \quad &= I^{t0-1}[1 + (1-\delta)(1+\theta) + (1-\delta)^2(1+\theta)^2 + \ldots] \\ &= I^{t0-1}(1+\theta)/(\delta+\theta) \\ &= I^{t0}/(\delta+\theta). \end{aligned}$$

Il est à présent possible de calculer approximativement le stock de capital initial au début de la période t0 au moyen du produit du niveau d'investissement de la période t0 (la première pour laquelle on dispose d'informations sur le montant de l'investissement) et d'une combinaison des paramètres d'investissement à long terme ou de la croissance du PIB et de l'amortissement.

La première période pour laquelle nous disposons d'informations sur la FBCF déterminera la date de calcul possible de ce stock de capital initial W^{t0B}. Même si les séries chronologiques des volumes de FBCF ne sont pas directement disponibles, cela vaut la peine de tenter d'estimer une série de données d'investissement au moins pour quelques années antérieures, de manière à repousser autant que possible dans le passé l'estimation forcément imprécise du stock de capital initial. Ainsi, les erreurs de mesure de ce dernier seront bien moins importantes pour les estimations les plus récentes.

Par exemple, une relation fonctionnelle entre la croissance en volume de la FBCF et du PIB pourrait être établie sur les périodes pour lesquelles on dispose d'informations. En supposant que cette relation soit stable dans le temps, et compte tenu de statistiques de PIB qui remontent plus loin dans le passé, il est possible d'estimer, puis d'utiliser, un ensemble de données de FBCF en volume, ainsi qu'une estimation du capital initiale, permettant de mesurer le stock de capital W^{tE} des années récentes.

Il arrive que la comptabilité des entreprises ou les registres administratifs fournissent des informations sur des « valeurs comptables », c'est-à-dire la valeur des actifs à leur prix historique. Une telle information ne peut être utilisée en elle-même pour estimer le capital mais, combinée à d'autres données, elle peut fournir un point de référence supplémentaire pour le stock de capital initial. Pour voir comment pourrait fonctionner une telle approche, rappelons qu'une valeur comptable aux prix historiques constitue simplement la somme des investissements passés, dépréciée selon un certain schéma d'amortissement. Le cas le plus typique est celui de l'amortissement linéaire, avec une dépréciation des valeurs d'investissement sur une période de T années.

Une autre méthode d'estimation du stock de capital date de Dadkhah et Zahedi (1986) et a été récemment utilisée par Pyo (2008). Ces chercheurs décident d'agréger la fonction de production de Cobb-Douglas et l'identité stock-flux qui lie les stocks de capital et l'investissement. La combinaison de ces deux identités entraîne une relation selon laquelle la production actuelle dépend de ses valeurs différées, de l'investissement et du facteur de production travail. On applique ensuite une technique de recherche économétrique afin de déterminer simultanément le paramètre de la fonction de production agrégée et le taux d'amortissement. Pour ce faire, il faut disposer d'informations empiriques sur la production, sur le facteur travail et sur l'investissement, mais pas sur le capital. En supposant sur les paramètres estimés soient constants, ils peuvent servir à obtenir une estimation initiale du stock de capital. Dadkhah et Zahedi (1986) présentent également une autre approche qui se passe des données sur le facteur travail, puisqu'elle suppose que le capital est le facteur de contrainte de production – une hypothèse qui se justifierait davantage pour les pays en développement que pour les économies de marché. Pyo (2008) met en œuvre les estimations de stocks de capital initiaux obtenues selon Dadkhah et Zahedi (1986) et la méthode de Kohli (1982) pour onze pays. Pour la moitié d'entre eux environ, les deux méthodes donnent des résultats similaires, mais pour les autres pays les estimations affiche d'importants écarts. C'est pourquoi il est recommandé d'utiliser plusieurs méthodes de comparaison et tests de mise à l'épreuve des estimations initiales.

Estimation du stock de bâtiments avec des informations limitées. Un élément de base important de la comptabilité nationale est le logement occupé par son propriétaire. Que les marchés locatifs permettent l'emploi d'une méthode d'équivalent loyer ou qu'il faille utiliser la méthode des coûts d'usage, il est nécessaire d'estimer le stock de logements occupés par leur propriétaire. Une application standard de la MIP exige de disposer de séries chronologiques à long terme sur l'investissement immobilier résidentiel. Quand tel n'est pas le cas, on peut se demander comment calculer des approximations. C'est ce que nous décrivons ici, à partir des travaux de Blades (2006), d'Eurostat (2001) et de Katz (2007), auxquels nous avons ajouté quelques éléments.

Il convient de disposer d'un minimum d'informations, et en particulier des éléments suivants :

- Le nombre d'unités de logements occupés par leur propriétaire pendant la période étudiée ($W^{D,t}$). Cette information sera généralement fournie par le dernier recensement en date, avec une mise à jour pour le milieu de la période étudiée à l'aide du taux de croissance des logements estimé ou observé. Si cela est possible, cette information devra être stratifiée de manière à refléter les différentes catégories de logements, chacune étant censée représenter les caractéristiques les plus déterminantes pour le prix, telles que la taille et/ou l'emplacement.

- On a également besoin d'une estimation du taux de croissance à long terme du nombre de logements, issue par exemple de la comparaison entre les différents recensements (pour une catégorie donnée). Ce taux sera appelé b et supposé tel que $b = (W^{D,t}/W^{D,t-\tau})^{1/\tau}-1$, pour deux recensements disponibles, espacés de t années.

- Le niveau de prix moyen de la période t d'un logement neuf (d'une catégorie particulière), hors terrains. Ce prix sera appelé $P_0^{D,t}$, l'indice 0 indiquant l'âge de l'actif, qui en l'occurrence est neuf.

- Le ratio de la valeur de marché du terrain ($P^{L,t}$) sur la valeur de marché des logements (d'une certaine catégorie) pour l'année en cours : $P^{L,t}/P_0^{D,t}$. En l'absence d'informations supplémentaires, il peut être nécessaire de considérer que ce ratio ne varie pas dans le temps.

- Une estimation des dépenses consacrées à des améliorations majeures des logements et des terrains pendant l'année en cours. Cette information est utile, mais non indispensable, pour le calcul recherché. Les dépenses d'amélioration seront notées $P_0^{D,t} M^t$, en supposant que l'indice de prix des améliorations majeures est identique à celui des logements neufs.

Avec tous ces éléments en main, la méthode peut être décrite plus précisément. Précisons que, malgré l'importance de la stratification de l'information, si elle est possible, notre explication concerne un seul type de logement, de manière à ne pas alourdir la notation. L'agrégation des différentes strates (si celles-ci sont disponibles) est très simple.

Nous commençons par reprendre la formule du stock de capital net en milieu de période t, valorisé aux prix de ce moment. Conformément à la pratique de la comptabilité nationale, l'investissement est supposé avoir lieu en milieu de période. La durée de vie utile maximale du logement est notée T, tandis que $P^{D,t}$ représente le niveau de prix moyen du prochain stock net de logements. $W^{D,t}$ est mesuré en unités physiques, à savoir en nombre de logements (d'une catégorie particulière).

$$(75) \qquad P^{D,t}W^{D,t} = P_0^{D,t}I^{D,t} + P_1^{D,t}I^{D,t-1} + P_2^{D,t}I^{D,t-2} + \ldots + P_T^{D,t}I^{D,t-T}.$$

Divisons l'expression par le prix d'un logement neuf afin d'obtenir la fonction ancienneté-prix $\{\psi_n\}$ qui, comme nous l'avons expliqué par ailleurs dans le présent *Manuel* (chapitres 3.2, 5 et section19.3) reflète le ratio entre le prix d'un actif de n années et celui d'un actif neuf. Ensuite, utilisons l'information sur le taux de croissance à long terme de l'investissement résidentiel (b) pour exprimer l'investissement des périodes passées en proportion de l'investissement présent en logements. Par exemple, $I^{D,t-3}=I^{D,t}(1+b)^{-3}$ représente l'estimation pour l'investissement dans les logements d'il y a trois périodes. Comme on le voit ci-dessous, la valeur du stock de capital peut ensuite être exprimée en proportion de la valeur de l'investissement dans les logements neufs, avec le facteur de proportionnalité (B), le ratio entre la valeur de l'investissement actuel et le stock net.

$$\begin{aligned}(76) \qquad P^{D,t}W^{D,t} &= P_0^{D,t}I^{D,t} + P_1^{D,t}I^{D,t-1} + P_2^{D,t}I^{D,t-2} + \ldots + P_T^{D,t}I^{D,t-T} \\ &= P_0^{D,t}[I^{D,t} + \psi_1 I^{D,t-1} + \psi_2 I^{D,t-2} + \ldots + \psi_T I^{D,t-T}] \\ &= P_0^{D,t} I^{D,t}[1 + \psi_1(1+b)^{-1} + \psi_2(1+b)^{-2} + \ldots + \psi_T(1+b)^{-T}] \\ &= P_0^{D,t} I^{D,t} B.\end{aligned}$$

La fonction ancienneté-prix ou d'amortissement $\{\psi_n\}$ illustre la relation entre le prix d'un actif âgé de n années et celui d'un actif neuf. Si l'on s'intéresse à des cohortes d'actifs entières, alors la fonction ancienneté-prix doit tenir compte de la distribution des déclassements. Nous montrons dans la section 13.3 comment combiner les fonctions ancienneté-prix d'un actif unique avec les distributions des déclassements. Parmi les informations nécessaires pour ce calcul figurent une hypothèse sur la forme de la fonction ancienneté-prix, une valeur pour la durée de vie utile maximale d'un groupe d'actifs et les paramètres de la distribution du déclassement. Blades (2006) prend pour hypothèse une fonction ancienneté-prix linéaire. Ce choix a le mérite de la simplicité mais ne comprend aucun ajustement en fonction de la distribution des déclassements. L'hypothèse implicite est que la durée de vie utile de tous les logements construits pendant une année donnée se termine au même moment. On peut utiliser un taux

géométrique pour calculer simplement une approximation de la fonction ancienneté-prix combinée à la distribution des déclassements. Katz (2007) et Eurostat (2001) suggèrent ainsi que :

> *« […] l'amortissement géométrique peut être utilisé avec un taux de solde dégressif de 1.6. […] Un taux de solde dégressif de 1.6 est recommandé car les simulations ont montré que, dans ce cas, les coûts d'usage totaux d'un stock d'actifs étaient majoritairement similaires à ceux obtenus par la méthode de l'amortissement linéaire et une distribution à peu près normale des durées de vie utiles autour de la durée de vie moyenne. La méthode géométrique est bien plus simple à mettre en œuvre que la méthode linéaire car elle ne nécessite pas d'estimer l'amortissement séparément pour chaque génération d'actifs ». (Eurostat 2001, p. 19.)*

Selon la méthode des soldes dégressifs (voir section 12.1), un taux d'amortissement δ est calculé tel que $\delta=R/T^A$, R représentant le taux de solde dégressif et T^A la durée de vie utile moyenne. En suivant la recommandation selon laquelle R=1.6, une durée de vie utile de 50 ans[58] engendrerait un taux d'amortissement de $\delta=1.6/50=3.2\%$. A partir d'un taux d'amortissement géométrique δ, la fonction ancienneté-prix correspond à $\psi_n = (1-\delta)^n$ (n=0,1,2,…), une série qui se prolonge à présent à l'infini. A travers une manipulation similaire à l'expression (22), nous obtenons :

$$
\begin{aligned}
(77) \qquad B &= [1+ \psi_1(1+b)^{-1}+ \psi_2(1+b)^{-2}+\ldots+ \psi_T(1+b)^{-T}] \\
&= [1+(1-\delta)/(1+b)+(1-\delta)^2/(1+b)^2+(1-\delta)^3/(1+b)^3\ldots] \\
&= [1-(1-\delta)/(1+b)]^{-1} \\
&= (1+b)/(b+\delta).
\end{aligned}
$$

En l'absence d'une croissance des logements (b=0), B est égal à $1/\delta$, ou $[1+(1-\delta)+(1-\delta)^2+(1-\delta)^3\ldots]$. Ce résultat correspond exactement au nombre de logements qui serait observé si un logement avait été construit pendant chaque période passée. $I^{D,t}B$ représenterait alors le stock de logements si le même investissement $I^{D,t}$ avait eu lieu dans le passé que durant la période présente. Lorsque b est positif, l'interprétation est similaire, à cela près que le nombre de logements a progressivement augmenté dans le temps. Comme précédemment, $I^{D,t}B$ correspond à la taille du stock de logements et $P_0^{D,t} I^{D,t} B$ à sa valeur au prix de milieu d'année de la période t.

$P_0^{D,t}I^{D,t}B$ pourrait servir de première estimation de la valeur du stock de logements, mais un tel calcul ignore un élément important, à savoir les améliorations majeures apportées aux logements. Selon les règles de la comptabilité nationale, ces dernières sont capitalisées; et donc comptabilisées en tant qu'ajouts au stock net pour l'application de la méthode de l'inventaire perpétuel. On doit supposer que les améliorations majeures augmentent parallèlement au vieillissement des biens d'équipement. Si M^t correspond aux dépenses réelles d'entretien pendant la période t, on peut établir une relation avec l'investissement passé sous la forme $M^t = \alpha_1 I^{D,t-1}+ \alpha_2 I^{D,t-2} + \alpha_3 I^{D,t-3} +\ldots$ avec $0<\alpha_n$, et en progression parallèlement à n. Pour simplifier, nous assumons que α est constant de sorte que :

$$
\begin{aligned}
(78) \qquad M^t &= \alpha\, I^{D,t}[(1+b)^{-1}+(1+b)^{-2}+(1+b)^{-3}+\ldots] \\
&= \alpha\, I^{D,t}[1+(1+b)^{-1}+(1+b)^{-2}+(1+b)^{-3}+\ldots] - \alpha\, I^{D,t} \\
&= \alpha\, I^{D,t}\,(1+b)/b - \alpha\, I^{D,t} \\
&= \alpha\, I^{D,t}/b.
\end{aligned}
$$

58. Katz (2007) souligne que « certains pays d'Europe occidentale utilisent une durée de vie de 50 ans, ce qui suppose un taux d'amortissement de 3,2 %. A l'inverse, comme les États-Unis emploient à présent un taux de solde dégressif de 0.91 pour les bâtiments à usage résidentiel, cela correspond à un taux d'amortissement géométrique de 1.14% pour une fourchette de un à quatre unités de logements, et de 1.4 % cinq unités ou plus. En comparaison, les États-Unis utilisent des taux égaux à plus du double de ces taux d'amortissement géométrique pour les principaux remplacements ainsi que pour les ajouts et les modifications apportées aux logements ».

Il est à présent possible de combiner l'expression (78) avec l'expression (76) pour aboutir à meilleure estimation du stock de logements avec l'ajout des améliorations majeures au nouvel investissement :

$$
\begin{aligned}
(79) \qquad P^{D,t}W^{D,t} &= P_0^{D,t}(I^{D,t}+M^t)B \\
&= P_0^{D,t}(I^{D,t}+\alpha\, I^{D,t}/b)(1+b)/(b+\delta) \\
&= P_0^{D,t}\, I^{D,t}(1+\alpha/b)(1+b)/(b+\delta) \\
&= P_0^{D,t}\, I^{D,t}C \qquad \text{sachant que } C\equiv(1+\alpha/b)(1+b)/(b+\delta).
\end{aligned}
$$

Le facteur C est égal au ratio des nouveaux investissements sur le stock de logements nets et il peut être facilement estimé à partir des valeurs des paramètres α, b et δ. Le tableau ci-après donne un exemple d'un tel calcul. En supposant que la valeur de l'investissement dans les logements neufs pendant la période présente ($P_0^{D,t}I^D$) soit égale à 1000, et compte tenu d'une durée de vie utile moyenne de 60 ans et d'un taux de solde dégressif de 1.6, le taux d'amortissement implicite ressort à 2.7%. En supposant que le taux de croissance à long terme du nombre de logements se situe aux alentours de 2% par an et que les améliorations majeures représentent environ 20% de l'investissement (à titre de comparaison, ce ratio était d'environ 25% pour les logements occupés par leurs propriétaires aux États-Unis au cours des deux dernières décennies), le ratio estimé des nouveaux investissements sur le stock de capital net (C) ressort à environ 26. En multipliant ce résultat par 1000, on obtient une estimation du stock net de logements (hors terrains) pour la période t. A titre de comparaison encore, le même ratio était en moyenne de 22 aux États-Unis ces vingt dernières années, et 26 ne représente donc pas une valeur improbable.

Tableau C.2. Exemple d'estimation d'un stock de logements dans un contexte d'informations limitées

Valeur du nouvel investissement année t	1000
Durée de vie utile moyenne T	60
Taux de solde dégressif	1.6
Taux d'amortissement = 1.6/T	0.027
Taux de croissance du nombre de logements à long terme (b)	0.02
Améliorations majeures exprimées en pourcentage de l'investissement = α/b	0.20
C= (1 + α/b) (1 + b)/(b + δ)	26.2
Stock net de logements en prix courants	26229

ANNEXE D : RAPPORTS ENTRE LES FONCTIONS ANCIENNETÉ-PRIX ET ANCIENNETÉ-EFFICACITÉ

La présente annexe décrit de manière relativement détaillée les rapports entre les fonctions ancienneté-prix et ancienneté-efficacité dans le cas non géométrique. Nous opérons une distinction entre les fonctions ancienneté-prix et ancienneté-efficacité des actifs individuels et des cohortes d'actifs.

Rappelons tout d'abord la condition optimale (56) selon laquelle un producteur cherchant à minimiser ses coûts utilisera des biens d'équipement d'âges différents, de manière à ce que leur efficacité productive relative soit égale à leurs loyers relatifs. Cette condition est supposée valable aussi bien pour les actifs individuels que pour les cohortes. Soient h_n et f_n^t la fonction ancienneté-efficacité et le coût d'usage d'une cohorte, de manière à ce que $h_n=f_n^t/f_0^t$, tandis que $g_n(T)$ et $c_n^t(T)$ représentent la fonction ancienneté-efficacité et le coût d'usage d'un actif individuel, de manière à ce que $g_n(T) = c_n^t(T) /c_0^t(T)$. Les variables pour les actifs individuels ont été indexées sur T afin de souligner leur dépendance dans une durée de vie utile T, qui variera généralement d'un actif à l'autre.

La première tâche consiste à vérifier la forme de la fonction ancienneté-prix d'une cohorte compte tenu de son profil ancienneté-efficacité. Pour ce faire, nous associons la condition d'équilibre du marché de l'actif (les prix des actifs sont égaux aux valeurs actualisées des revenus futurs tirés de l'actif) au terme représentant la fonction ancienneté-prix de la cohorte, ψ_n. Comme nous l'avons vu plus haut, P_n^{tB} représente le prix d'un actif âgé de n années au début de la période t.

$$
\begin{aligned}
\psi_n &= P_n^{tB} / P_0^{tB} \\
&= \frac{f_n^t(1+r_{(tB)})^{-1} + f_{n+1}^{t+1}(1+r_{(tB)})^{-2} + f_{n+2}^{t+2}(1+r_{(tB)})^{-3} + \ldots}{f_0^t(1+r_{(tB)})^{-1} + f_1^{t+1}(1+r_{(tB)})^{-2} + f_2^{t+2}(1+r_{(tB)})^{-3} + \ldots} \\
&= \frac{f_n^t(1+r_{(tB)})^{-1} + f_{n+1}^t(1+i_{tB})(1+r_{(tB)})^{-2} + f_{n+2}^t(1+i_{tB})^2(1+r_{(tB)})^{-3} + \ldots}{f_0^t(1+r_{(tB)})^{-1} + f_1^t(1+i_{tB})(1+r_{(tB)})^{-2} + f_2^{t+2}(1+i_{tB})^2(1+r_{(tB)})^{-3} + \ldots} \\
&= \frac{f_n^t(1+i^*_{(tB)})(1+r^*_{(tB)})^{-1} + f_{n+1}^t(1+i^*_{(tB)})^2(1+r^*_{(tB)})^{-2} + f_{n+2}^t(1+i^*_{(tB)})^3(1+r^*_{(tB)})^{-3} + \ldots}{f_0^t(1+i^*_{(tB)})(1+r^*_{(tB)})^{-1} + f_1^t(1+i^*_{(tB)})^2(1+r^*_{(tB)})^{-2} + f_2^{t+2}(1+i^*_{(tB)})^3(1+r^*_{(tB)})^{-3} + \ldots}
\end{aligned}
\tag{80}
$$

Dans cette équation, les taux de rendement et les taux de variation des prix des loyers sont exprimés en termes réels. L'étape suivante consiste à s'appuyer sur la condition optimale $h_n=f_n^t/f_0^t$:

$$
\begin{aligned}
\psi_n &= \frac{f_n^t(1+i^*_{(tB)})(1+r^*_{(tB)})^{-1} + f_{n+1}^t(1+i^*_{(tB)})^2(1+r^*_{(tB)})^{-2} + f_{n+2}^t(1+i^*_{(tB)})^3(1+r^*_{(tB)})^{-3} + \ldots}{f_0^t(1+i^*_{(tB)})(1+r^*_{(tB)})^{-1} + f_1^t(1+i^*_{(tB)})^2(1+r^*_{(tB)})^{-2} + f_2^{t+2}(1+i^*_{(tB)})^3(1+r^*_{(tB)})^{-3} + \ldots} \\
&= \frac{h_n(1+i^*_{(tB)})(1+r^*_{(tB)})^{-1} + h_{n+1}(1+i^*_{(tB)})^2(1+r^*_{(tB)})^{-2} + h_{n+2}(1+i^*_{(tB)})^3(1+r^*_{(tB)})^{-3} + \ldots}{(1+i^*_{(tB)})(1+r^*_{(tB)})^{-1} + h_1(1+i^*_{(tB)})^2(1+r^*_{(tB)})^{-2} + h_2(1+i^*_{(tB)})^3(1+r^*_{(tB)})^{-3} + \ldots}
\end{aligned}
\tag{81}
$$

On voit à présent que, pour une fonction ancienneté-efficacité d'une cohorte de h_n, et un taux de rendement réel r^* , avec un terme i^* représentant les gains/pertes de détention réels, on peut calculer pour la cohorte une fonction constante ancienneté-prix ψ_n. Pour simplifier, on peut fixer les gains ou pertes réels de détention attendus à zéro, ce qui permet de simplifier l'expression ci-dessus comme suit :

$$\psi_n = \frac{\left(h_n(1+r^*_{(tB)})^{-1} + h_{n+1}(1+r^*_{(tB)})^{-2} + h_{n+2}(1+r^*_{(tB)})^{-3} + \ldots\right)}{\left((1+r^*_{(tB)})^{-1} + h_1(1+r^*_{(tB)})^{-2} + h_2(1+r^*_{(tB)})^{-3} + \ldots\right)}$$

$$= \frac{\sum_{s=0}^{T\max-n} h_{n+s}(1+r^*_{(tB)})^{-(s+1)}}{\sum_{s=0}^{T\max} h_s(1+r^*_{(tB)})^{-(s+1)}} \tag{82}$$

De ce fait, le prix d'un actif de n années appartenant à une cohorte, relativement à celui d'un actif neuf, correspond au ratio des unités « d'efficience » actualisées restantes pour un actif âgé de n années par rapport à un actif neuf. Le profil d'efficacité h_n représente la fonction ancienneté-efficacité de l'ensemble d'une cohorte. Il tient compte du fait que, pendant la durée de vie utile maximale du groupe d'actifs, T^{max}, les différents actifs auront des durées de vie utiles différentes et seront mis au rebut avant la fin de T^{max}. Dans la section13.3, la fonction ancienneté-efficacité de la cohorte a été calculée à partir de celle des actifs individuels $g_n(T)$ et d'une fonction de densité de la probabilité F_T pour les déclassements, de sorte que :

$$h_n = \sum_{T=n}^{T\max} g_n(T)F_T \tag{83}$$

La deuxième méthode intéressante réside dans le calcul de la fonction ancienneté-efficacité d'une cohorte à partie de son profil ancienneté-prix. Cette fois-ci, le point de départ est la fonction ancienneté-prix de la cohorte, ψ_n que nous fixons comme la moyenne des fonctions ancienneté-prix des différents actifs, $\theta_n(T)$. Comme les fonctions ancienneté-efficacité individuelles présentées plus haut, ces différentes fonctions ancienneté-prix dépendent de la durée de vie utile de chaque actif, T. Combiné à la fonction de probabilité F_T, on obtient :

$$\psi_n = \sum_{T=n}^{T\max} \theta_n(T)F_T \; . \tag{84}$$

Encore une fois, l'équilibre du marché de l'actif et la condition optimale déjà introduite plus haut jouent un rôle dans le calcul. La fonction ancienneté-efficacité d'une cohorte d'actifs est ainsi calculée comme suit : .

$$
\begin{aligned}
h_n &= \frac{f_n^t}{f_0^t} = \frac{P_n^{tB} r_{(tB)} + d_n^t - z_n^t}{P_0^{tB} r_{(tB)} + d_0^t - z_0^t} \\
&= \frac{P_n^{tB} r_{(tB)} + P_n^{tB} \delta_n (1 + i_{(tB)}/2) - P_n^{tB} i_{(tB)} (1 - \delta_n/2)}{P_0^{tB} r_{(tB)} + P_0^{tB} \delta_0 (1 + i_{(tB)}/2) - P_0^{tB} i_{(tB)} (1 - \delta_0/2)} \\
&= \frac{P_n^{tB} \left(r_{(tB)} + \delta_n - i_{(tB)} + \delta_n i_{(tB)} \right)}{P_0^{tB} \left(r_{(tB)} + \delta_0 - i_{(tB)} + \delta_0 i_{(tB)} \right)} \\
&= \frac{P_n^{tB} \left(r_{(tB)} - i_{(tB)} + \delta_n (1 + i_{(tB)}) \right)}{P_0^{tB} \left(r_{(tB)} - i_{(tB)} + \delta_0 (1 + i_{(tB)}) \right)} \\
&= \frac{P_n^{tB} \left(r^*_{(tB)} - i^*_{(tB)} + \delta_n (1 + i^*_{(tB)}) \right)}{P_0^{tB} \left(r^*_{(tB)} - i^*_{(tB)} + \delta_0 (1 + i^*_{(tB)}) \right)}
\end{aligned} \tag{85}
$$

Ici, nous avons exprimé la fonction ancienneté-efficacité en tant que fonction du taux de rendement réel, du taux réel de gain ou perte de détention et du taux d'amortissement. Une version simplifiée, mais suffisante pour la plupart des applications pratiques, consiste à effectuer le calcul sans tenir compte des gains ou pertes de détention. Ainsi, la fonction ancienneté-efficacité correspondant à un profil d'amortissement ressort comme suit :

$$
h_n = \frac{P_n^{tB} \left(r^*_{(tB)} + \delta_n \right)}{P_0^{tB} \left(r^*_{(tB)} + \delta_0 \right)} = \psi_n \frac{\left(r^*_{(tB)} + \delta_n \right)}{\left(r^*_{(tB)} + \delta_0 \right)}. \tag{86}
$$

Nous ne arrêtons toutefois pas là. Les taux d'amortissement δ_n ey δ_0 sont eux-mêmes dérivés de la fonction ancienneté-prix de la cohorte, ce qu'il convient de prendre en compte pour le calcul d'une expression totale de la fonction ancienneté-efficacité de la cohorte. A partir de la représentation des taux d'amortissement, on obtient $\delta_n \equiv 1 - \psi_{n+1}/\psi_n$, ou, avec un développement total du profil de prix de la cohorte,

$$
\begin{aligned}
\delta_n &\equiv 1 - \psi_{n+1}/\psi_n \\
&= 1 - \frac{\sum_{T=n+1}^{T\max} \theta_{n+1}(T) F_T}{\sum_{T=n}^{T\max} \theta_n(T) F_T} \\
&= \frac{\sum_{T=n}^{T\max} \theta_n(T) F_T - \sum_{T=n+1}^{T\max} \theta_{n+1}(T) F_T}{\sum_{T=n}^{T\max} \theta_n(T) F_T} \\
&= \frac{\sum_{T=n}^{T\max} \theta_n(T) F_T - \sum_{T=n}^{T\max} \theta_{n+1}(T) F_T}{\sum_{T=n}^{T\max} \theta_n(T) F_T} \\
&= \frac{\sum_{T=n}^{T\max} \left(\theta_n(T) F_T - \theta_{n+1}(T) F_T \right)}{\sum_{T=n}^{T\max} \theta_n(T) F_T}
\end{aligned} \tag{87}
$$

Les deux dernières lignes s'expliquent par le fait que le prix d'un actif âgé de (n+1) années, avec une durée de vie utile de n années, devra être égal à zéro, de sorte que $\theta_{n+1}(n)=0$. Au cours de l'étape suivante,

nous insérons cette expression dans la formule simplifiée de la fonction ancienneté-efficacité de la cohorte ci-dessus.

$$
\begin{aligned}
h_n &= \psi_n \frac{\left(r^*_{(tB)} + \delta_n\right)}{\left(r^*_{(tB)} + \delta_0\right)} \\
&= \sum_{T=n}^{T\max} \theta_n(T) F_T \frac{\left(r^*_{(tB)} + \delta_n\right)}{\left(r^*_{(tB)} + \delta_0\right)} \\
&= \frac{\left(r^*_{(tB)} \sum_{T=n}^{T\max} \theta_n(T) F_T + \sum_{T=n}^{T\max} \left(\theta_n(T) F_T - \theta_{n+1}(T) F_T\right)\right)}{\left(r^*_{(tB)} + \theta_0 F_0\right)} \\
&= \frac{\left(\sum_{T=n}^{T\max} r^*_{(tB)} \theta_n(T) F_T + \left(\theta_n(T) F_T - \theta_{n+1}(T) F_T\right)\right)}{\left(r^*_{(tB)} + \theta_0 F_0\right)} \\
&= \frac{\left(\sum_{T=n}^{T\max} r^*_{(tB)} P_n^{tB}(T) F_T + \left(P_n^{tB}(T) F_T - P_{n+1}^{tB}(T) F_T\right)\right)}{P_0^{tB}\left(r^*_{(tB)} + \theta_0 F_0\right)} \\
&= \sum_{T=n}^{T\max} \frac{c_n(T) F_T}{c_0} = \sum_{T=n}^{T\max} \frac{c_n(T)/c_0(T) F_T \; c_0(T)}{c_0} = \sum_{T=n}^{T\max} \frac{g_n(T) F_T \; c_0(T)}{c_0}
\end{aligned}
\tag{88}
$$

Ces équations interminables produisent un résultat intéressant : il s'avère que la fonction ancienneté-efficacité de la cohorte est une moyenne des fonctions ancienneté-efficacité des différents actifs[59] pondérée *par le coût d'usage*. Cela est nécessaire pour la cohérence avec une fonction ancienneté-prix de la cohorte notée sous la forme $\psi_n = \sum_{T=n}^{T\max} \theta_n(T) F_T$ **.** Si on opte pour cette version, alors il ne sera plus possible de suivre la méthode commençant avec les informations sur les fonctions ancienneté-efficacité, puis de calculer les fonctions ancienneté-prix d'une cohorte d'actifs, parce que la construction de la fonction ancienneté-efficacité de la cohorte nécessite une connaissance des coûts d'usage c_0, comme on l'a vu plus haut. Pour obtenir c_0, il faut disposer d'une mesure de l'amortissement, et donc d'un profil ancienneté-prix. Si on souhaite utiliser la fonction ancienneté-efficacité comme point de départ du calcul, alors il faut opter pour l'approche décrite dans la première partie de la présente annexe. On obtient alors une fonction ancienneté-prix différente[60]. Il est difficile de préconiser une méthode plutôt qu'une autre.

Mentionnons un autre problème de cohérence induit par l'utilisation des fonctions ancienneté-efficacité et ancienneté-prix non géométriques en association avec les taux de rendement calculés par la méthode endogène : pour un profil ancienneté-prix donné, un taux de rendement doit aboutir à un profil ancienneté-prix constant. Or, le taux de rendement ne peut être calculé de manière endogène à moins qu'on ne dispose d'informations sur l'amortissement, ce qui nécessite aussi de connaître la fonction ancienneté-prix. A l'inverse, si l'on part du profil ancienneté-prix, on a besoin du stock de capital productif pour calculer le taux de rendement endogène, mais ce stock de capital productif dépend du profil prix-efficacité, dont le calcul nécessite des informations sur les taux de rendement. En principe, ce problème peut être résolu via un système d'équations simultanées, pourvu qu'une solution existe, ou via des algorithmes

[59] L'auteur remercie Brian Sliker (U.S. Bureau of Economic Analysis), qui l'a démontré dans son commentaire d'une version antérieure de ce document.

[60] En principe, il doitdonc exister des notations différentes pour les fonctions ancienneté-prix et ancienneté-efficacité de la cohorte en fonction de l'orientation du calcul. Nous n'avons pas souhaité compliquer la notation de la sorte.

itératifs. En pratique, ce sont des applications fastidieuses des mesures du capital et il semble que le choix se résume à l'emploi du profil géométrique et/ou à celui des taux de rendement exogènes.

GLOSSAIRE

Fonction ancienneté-efficacité	Représentation de la capacité productive d'un actif pendant sa durée de vie utile. L'indice est supposé égal à 1 pour un actif neuf, jusqu'à tomber à zéro à la fin de la durée de vie utile de l'actif. Cette érosion de la capacité productive de l'actif procède de son vieillissement et de son usure.
Fonction ancienneté-prix	Indice de prix d'un bien d'équipement en fonction de son âge. La fonction ancienneté-prix compare des biens d'équipement identiques d'âges différents à un même moment. La fonction ancienneté-prix diminue généralement au fur et à mesure que l'actif vieillit.
Actifs	
Bilan	Description, à un moment donné dans le temps, de la valeur des actifs détenus par une unité ou un secteur institutionnel et de celle des engagements financiers (le passif) contractés par cette unité ou secteur.
Plus-values	→ Gains de détention
Facteur (de production) capital	Contribution physique du capital dans la production de biens finis. Le facteur capital est mesuré comme le flux des services du capital dans la production.
Services du capital	→ Volume des services du capital
Prix des services du capital	→ Coût d'usage unitaire
Consommation de capital fixe	« Déclin, au cours de la période comptable, de la valeur courante du stock d'actifs fixes, du fait de la détérioration physique, de l'obsolescence prévisible ou des dommages accidentels pouvant être considérés comme normaux » (définition du SCN). Dans ce *Manuel*, la *dépréciation* et l'*amortissement* sont synonymes de *consommation de capital fixe.*
Rémunération des salariés	Rémunération totale, en numéraire ou en nature, payable par les entreprises à leurs salariés en échange du travail effectué par ces derniers pendant la période comptable.
Coût du capital	→ Valeur des services du capital
Cohorte d'actifs	Groupe d'actifs du même type et du même âge
Amortissement (dépréciation)	Erosion attendue de la valeur d'un actif dans le temps → Consommation de capital fixe.
Profil d'amortissement	Dépréciation d'un actif dans le temps, exprimé en pourcentage de la valeur d'un actif neuf.
Taux d'amortissement	Le taux d'amortissement d'un actif âgé de s années correspond à la différence entre le prix d'un actif âgé de s années et celui d'un autre âgé de s+1 années, exprimé en proportion du premier.
Rente économique	Revenu dégagé par un actif lorsque celui-ci est utilisé pour la production. → Valeur des services du capital.
Taux de rendement *ex*	Taux de rendement attendu par l'investisseur

ante	
Taux de rendement *ex post*	Taux de rendement effectif, correspondant à l'excédent net d'exploitation réalisé divisé par le stock net d'actifs.
Contrat de location-financement	Contrat pour lequel les risques et les bénéfices de la propriété sont transférés *de facto* du propriétaire légal de l'actif à son utilisateur.
Stock brut de capital	Stock d'actifs restant des investissements passés et réévalué aux prix d'achat des nouveaux biens d'équipement de la période en cours.
Formation brute de capital fixe	Valeur totale, sur la période comptable, des acquisitions d'immobilisations diminuée des cessions réalisées par un producteur et majorée de certains compléments de la valeur des actifs non produits tels que les améliorations apportées à des terrains.
Prix historiques	Si les stocks de capital sont valorisés aux prix historiques, alors les actifs sont évalués aux prix auxquels ils ont été acquis à l'origine.
Gains ou pertes de détention	Les gains ou pertes de détention pour les propriétaires d'actifs et d'engagements financiers ou non financiers peuvent se cumuler pendant la période comptable en conséquence de la variation de leurs prix. Les gains ou pertes de détention sont parfois appelés *gains en capital* ou *éléments de réévaluation.*
Revenu mixte	Excédent ou déficit résultant de la production d'entreprises non constituées en société détenues par des ménages ; il contient implicitement un élément de rémunération pour le travail accompli par le propriétaire, ou d'autres membres du ménage, qui ne peuvent être identifiés séparément du rendement pour le propriétaire en tant qu'entrepreneur, mais il exclut l'excédent d'exploitation résultant des logements occupés par leur propriétaire.
Stock net de capital net	→ Stock patrimonial
Valeur actualisée nette	Valeur des flux actualisés de bénéfices attendus de l'utilisation d'un actif dans la production ; elle est égale à la valeur du stock d'un actif à l'équilibre.
Obsolescence	Dévalorisation d'un capital existant qui n'est plus adapté aux conditions économiques sur le plan technologique, ou due à l'arrivée de produits concurrents plus performants. L'obsolescence est généralement décrite comme un phénomène de valeur, et elle n'affecte pas les services physiques rendus par un bien d'équipement. Cependant, elle peut influer sur la durée de vie économique d'un actif, et donc sur le volume total de services du capital issus de ce dernier.
Contrat de location-exploitation	Contrat en vertu duquel des actifs produits sont mis à la disposition d'un utilisateur pour des périodes relativement limitées dans le temps, en échange d'un loyer, et prévoyant que le propriétaire de l'actif conserve la responsabilité de son entretien et de ses réparations.
Coût d'opportunité	Evaluation de la solution la plus hautement valorisée parmi celles auxquelles renonce l'acteur économique.
Méthode de l'inventaire perpétuel (MIP)	Méthode d'estimation du stock de capital passant par un cumul des flux d'investissement, corrigé des déclassements et de l'amortissement (pour les stocks nets) ou des pertes d'efficacité (pour les stocks productifs).

Stock de capital productif	Quantité d'un type d'actif particulier restant de périodes antérieures, corrigée de la perte de son efficacité productive. Les stocks de capital productif constituent une étape intermédiaire vers le calcul des flux de services du capital. On prend pour hypothèse que les flux de services du capital représentent une proportion fixe des stocks de capital productif.
Quantité de services du capital	Flux des services productifs fournis par un actif servant à la production. Le volume des services du capital reflète un concept physique (de quantité), qu'il convient de ne pas confondre avec le concept de richesse du capital. Le volume des services du capital constitue la mesure appropriée du facteur capital dans l'analyse de la production.
Valeurs/prix réels	Valeurs/prix déflatés au moyen d'un indice de prix général, généralement l'indice des prix à la consommation.
Taux de rendement (nominal)	Rendement de l'investissement diminué du risque, pour un dollar investi
Taux de rendement (réel)	(1+taux de rendement nominal)/(1+taux d'inflation global)-1
Loyers des terrains	Les loyers des terrains représentent une forme de revenu foncier : ils représentent l'ensemble des paiements effectués par un locataire au profit du propriétaire d'un terrain pendant une période déterminée.
Loyers des actifs du sous-sol	Les loyers des actifs souterrains représentent une forme de revenu foncier : ils représentent l'ensemble des paiements effectués par une unité institutionnelle au profit du propriétaire d'un actif souterrain en échange de l'autorisation d'extraction des dépôts souterrains pendant une période déterminée.
Loyer (des immobilisations)	Le loyer des immobilisations représente le montant dû par l'utilisateur d'une immobilisation au propriétaire de celle-ci, en vertu d'un contrat de location-exploitation ou similaire, en échange du droit d'utilisation de l'actif dans le processus de production, pendant une période déterminée.
Loyer	Prix d'utilisation d'une unité de stock de capital productif pendant une période déterminée. Le montant du loyer correspond au prix des services du capital d'un actif loué sur le marché → Loyer (des immobilisations).
Valeur locative d'un type d'actif particulier	Loyer d'un (type d')actif particulier, multiplié par son stock de capital productif loué. La valeur locative est égale à la valeur des services du capital acquise par le locataire.
Rente de ressource	Rente économique d'une ressource naturelle
Déclassement	Mise au rebut d'un actif qui a atteint la fin de se durée de vie utile
Réévaluation	→ Gains ou pertes de détention
Durée de vie utile	Durée de vie utile économique d'un actif
Valeur locative totale	Somme des valeurs locatives de tous les actifs productifs
Coût d'usage unitaire	Coût d'usage par dollar constant du stock productif d'un actif. Les coûts d'usage unitaires correspondent au prix des services du capital d'un actif utilisé par son propriétaire. Les coûts d'usage unitaires et le prix des services du capital sont synonymes.

Valeur des services du capital d'un type d'actif particulier	Revenu généré par des actifs utilisés dans le processus de production. Cette valeur est calculée comme les coûts d'usage unitaires d'un (type d')actif particulier. La *rente économique* est un synonyme de la valeur des services du capital.
Usure	Erosion de la capacité physique d'un actif à contribuer à la production. L'usure est généralement modélisée comme une fonction de l'âge de l'actif. Elle constitue le principal élément influant sur la fonction ancienneté-efficacité.
Valeur totale des services du capital	Somme des valeurs des services du capital de tous les actifs productifs
Indice en volume des services du capital	En présence de plusieurs types d'actifs produisant des flux de services du capital, on élabore un tel indice sous la forme d'une moyenne pondérée des variations proportionnelles de la quantité de services du capital de chaque actif. La part de chaque actif dans la valeur totale des services du capital représente la pondération appropriée pour l'indice en volume.
Stock patrimonial	→Stock net de capital