

## *Annexe 1*

# **Cadre et scénario de croissance du PIB à long terme pour l'économie mondiale**

## Introduction

Cette annexe applique un cadre simple de « convergence conditionnelle » de la croissance aux projections du PIB à long terme pour l'économie mondiale qui sert de référence pour l'examen des scénarios des politiques<sup>1</sup>. Les scénarios économiques de référence ont proliféré ces dernières années dans le contexte des projections du changement climatique, notamment ceux élaborés par le groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), qui présume généralement un processus de convergence par lequel les niveaux de revenu des pays en développement rattrapent progressivement, et au moins partiellement, ceux des économies plus développées<sup>2</sup>. La très grande majorité des projections tablent sur une convergence au niveau macroéconomique, en termes de PIB par habitant ou de PIB par travailleur (« approche descendante »), tandis que quelques-unes tablent sur un certain rattrapage progressif au niveau sectoriel (« approche ascendante »)<sup>3</sup>. Dans les deux cas, les modélisateurs de l'évolution climatique se sont normalement appuyés sur des hypothèses simples concernant la forme et la vitesse de la convergence, sans expliciter les hypothèses de politiques sur lesquelles se fondent leurs scénarios. Ce facteur, mais aussi le fait que dans le rapport spécial du GIEC sur les scénarios d'émission (SRES) un grand nombre de résultats possibles sont présentés comme étant également probables, a sans doute contribué à renforcer l'impression d'incertitude inhérente à toutes les prévisions économiques mondiales à long terme<sup>4</sup>.

Dans cette annexe, l'accent est mis sur la création d'un cadre théorique intégrant explicitement quelques-unes des connaissances théoriques et empiriques sur les moteurs à long terme de la croissance économique. En même temps, en raison des contraintes liées aux données et de la grande diversité des théories de la croissance existantes<sup>5</sup>, on a retenu un cadre simple et plutôt consensuel, dans lequel le PIB par habitant dépend de la technologie, de l'investissement en capital physique, de l'investissement en capital humain et du taux d'emploi, et dans lequel s'applique la « convergence conditionnelle de la croissance ». À partir de ce cadre, un scénario de référence peut être construit en fonction d'hypothèses explicites pour chacun des quatre moteurs de la croissance. En outre, des scénarios de remplacement plausibles peuvent être élaborés afin d'évaluer sommairement le degré d'incertitude entourant les projections, tout en posant certaines limites à la trajectoire future du PIB mondial.

La présente annexe s'articule comme suit. La section A1.1 présente le cadre théorique qui sous-tend les prévisions du PIB à long terme. La section A1.2 examine les hypothèses formulées dans ce cadre afin de construire un scénario de référence, y compris au niveau sectoriel et présente les prévisions du PIB correspondantes. La section A1.3 décrit les sources des données. La dernière section présente sous forme tabulaire les résultats de simulations spécifiques analysées au chapitre 4 et illustrées par les chiffres correspondants.

Il faut souligner d'emblée que les prévisions présentées dans cette annexe ont été établies dans le contexte d'un projet de l'OCDE réalisé en 2008. Par conséquent, elles n'intègrent pas la forte dégradation de l'activité économique mondiale et des prévisions qui s'est produite au second semestre 2008 et au premier semestre 2009. La prise en compte de ce ralentissement impliquerait une révision à la baisse de la croissance du PIB mondial sur les 5-10 premières années de la période de prévision, mais ne devrait avoir que des effets très faibles, voire négligeables, sur la période allant jusqu'en 2050, du moins dans la mesure où la croissance potentielle à long terme n'est que très légèrement affectée.

## A1.1. Cadre théorique et hypothèses de base sous-tendant son application empirique

### A1.1.1. Cadre théorique

Il n'existe pas d'accord sur un modèle théorique unique de la croissance économique, mais un consensus empirique — y compris dans des travaux antérieurs de l'OCDE — semble se manifester en faveur de l'hypothèse dite de la « convergence conditionnelle »<sup>6</sup>. Cette hypothèse implique essentiellement que le taux de croissance du PIB par habitant d'un pays devrait être négativement corrélé au niveau de départ du PIB par habitant, sous réserve de valeurs fixes pour d'autres variables, notamment les taux d'investissement en capital physique et humain, les politiques et les institutions, la démographie, la géographie, etc. Par conséquent, chaque pays devrait converger jusqu'à son propre niveau d'équilibre du PIB par habitant, déterminé par les variables précitées. Étant donné que ces dernières varient d'un pays à l'autre, il subsisterait à long terme des différences entre les niveaux de revenu par habitant, mais pas entre les taux de croissance.

Afin d'incorporer l'hypothèse de la convergence conditionnelle dans les prévisions, on adopte ici le cadre théorique le plus couramment utilisé dans les récentes analyses empiriques des disparités internationales du revenu par habitant (Caselli, 2005 ; Caselli et Coleman, 2006 ; Easterly et Levine, 2001 ; Hall et Jones, 1999 ; Jones, 1997 ; Klenow et Rodriguez-Clare, 1997 ; OCDE, 2004). La variation d'un pays à l'autre du niveau de la production par travailleur est généralement ventilée entre les parts imputées à la variation du capital physique et humain par travailleur et à la productivité totale des facteurs (PTF). Ces calculs ont montré que la PTF et, dans une moindre mesure, le capital humain, sont les principaux déterminants des disparités actuelles de niveau de vie entre les économies développées et les pays en développement<sup>7</sup>. Une fois cette décomposition effectuée, on peut construire des scénarios de la production par travailleur à long terme pour chaque pays en établissant les prévisions de chacune des trois composantes (voir par exemple Jones, 1997).

Concrètement, comme indiqué dans l'encadré 1, à partir d'une fonction de production globale type de Cobb-Douglas, avec le capital physique, le capital humain et le travail comme facteurs de production, et le progrès technologique comme facteur d'économie de travail, et à supposer que la fonction de production soit invariante d'un pays à l'autre et dans le temps, le PIB par habitant peut être décomposé comme suit<sup>8</sup> :

$$Y_t / Pop_t = (K_t / Y_t)^{\alpha/(1-\alpha)} A_t h_t (L_t / Pop_t) \quad (1)$$

où  $K_t/Y_t$ ,  $A_t$ ,  $h_t$ , et  $L_t/Pop_t$  dénotent respectivement le ratio capital/production, la PTF, le capital humain par travailleur et le taux d'emploi (défini ici comme étant le ratio emploi/population totale), et où  $\alpha$  est la part du capital dans la production totale.

Cette décomposition peut être effectuée pour une année de base, et des prévisions à long terme peuvent ensuite être réalisées pour chacune des quatre composantes afin d'estimer la trajectoire future du PIB par habitant.

### Encadré A1.1 Mise en évidence des moteurs à long terme du PIB par habitant

Soit une fonction de production type de Cobb-Douglas avec capital, main-d'œuvre qualifiée et progrès technologique facteur d'économie de travail (neutre au sens de Harrod) :

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t H_t)^{1-\alpha} = K_t^\alpha (A_t h_t L_t)^{1-\alpha}$$

où  $Y$ ,  $K$ ,  $H$ ,  $h$ ,  $L$  et  $A$  dénotent respectivement la production, le capital physique, l'apport effectif de main-d'œuvre, le capital humain par travailleur, l'emploi et la PTF. Après quelques manipulations, cette équation peut être reformulée comme suit :

$$Y_t / L_t = (K_t / Y_t)^{\alpha/(1-\alpha)} A_t h_t$$

Le PIB par habitant et le PIB peuvent ensuite être exprimés respectivement comme suit (Pop dénotant la population) :

$$Y_t / Pop_t = (Y_t / L_t)(L_t / Pop_t) = (K_t / Y_t)^{\alpha/(1-\alpha)} A_t h_t (L_t / Pop_t)$$

et :

$$Y_t = (Y_t / L_t)(L_t / Pop_t)Pop_t = (K_t / Y_t)^{\alpha/(1-\alpha)} A_t h_t (L_t / Pop_t)Pop_t$$

Les différences entre pays concernant le PIB par habitant à un moment donné peuvent donc être ventilées en quatre composantes<sup>1</sup> :

- Ratio capital/production
- Capital humain par travailleur
- PTF
- Taux d'emploi

1. En principe, le temps de travail pourrait être intégré en tant que cinquième déterminant des différences de PIB par habitant d'un pays à l'autre. Mais dans la pratique, cela ne serait possible que pour les pays de l'OCDE, étant donné l'insuffisance des données disponibles. Ce facteur est donc omis. Cela signifie que les éventuelles différences internationales relatives au temps de travail seront en fin de compte captées comme des différences internationales concernant la PTF, et que tout scénario de convergence de la PTF impliquera un scénario de convergence du temps de travail.

#### A1.1.2. Hypothèses de base sous-tendant la mise en œuvre empirique du cadre théorique

Afin de réaliser la décomposition décrite dans l'équation (1) pour une année de base, il faut disposer de données comparables d'un pays à l'autre pour la productivité du travail, la PTF, le ratio capital/production, le capital humain par travailleur et le taux d'emploi. Cela suppose un certain nombre de simplifications de manière à faciliter l'harmonisation, surtout en ce qui concerne les stocks de capital physique. Les sources des données et la méthodologie de construction des données sont décrites de façon détaillée dans la section A1.3. Les principales caractéristiques des données sont les suivantes :

- Deux années de base sont examinées : 1995 et 2005.
- Les niveaux de productivité du travail sont calculés pour chaque pays comme le rapport entre le PIB en USD PPA constants de 2005 et l'emploi, à l'aide des dernières estimations des PPA

publiées dans le contexte du Programme de comparaison internationale (PCI) coordonné par la Banque mondiale (Banque mondiale, 2007). Ces données comprennent des révisions notables par rapport aux estimations antérieures, qui surévaluaient les écarts de prix globaux et, par conséquent, sous-évaluaient les écarts de revenu à parité de pouvoir d'achat entre pays développés et pays en développement<sup>9</sup>. En conséquence, les écarts de revenu entre pays développés et pays en développement ont été généralement révisés à la hausse, ce qui peut avoir des implications importantes pour la croissance future du PIB mondial dans le contexte des scénarios de convergence<sup>10</sup>.

- Les stocks de capital (prix constants de 2005 en monnaie nationale) sont construits à partir de séries de l'investissement selon la méthode de l'inventaire permanent, dans l'hypothèse d'un taux d'amortissement annuel de 5 %<sup>11</sup>. Des séries chronologiques longues de l'investissement – remontant au moins au début des années 70 – sont utilisées, de sorte que les estimations du stock de capital en 1995 et en 2005 sont largement insensibles au choix de la valeur initiale<sup>12</sup>. L'estimation du stock de capital est ensuite divisée par le PIB (également exprimé en prix constants de 2005 en monnaie nationale) pour obtenir le ratio capital/production.
- Les stocks de capital humain sont construits en deux temps. Dans une première étape, les données sur le nombre moyen d'années de scolarité de la population âgée de 25-64 ans sont assemblées pour un large éventail de pays, principalement à l'aide du jeu de données construit par Cohen et Soto (2007)<sup>13</sup>, lequel s'accorde avec l'ensemble de données bien connu de Barro-Lee, tout en l'améliorant<sup>14</sup>. Dans une seconde étape, le nombre moyen d'années de scolarité pour l'ensemble de la population est converti en un stock de capital humain au moyen d'une hypothèse concernant le rendement de l'éducation. Compte tenu de l'étude féconde de Hall et Jones (1999) et au vu des données microéconomiques sur le rendement des études pour de nombreux pays examinés dans Psacharopoulos (1994) et Psacharopoulos et Patrinos (2002), le rendement marginal de l'éducation est fixé à 13.4 % pour les quatre premières années de scolarité, à 10.1 % pour les quatre années suivantes et à 6.8 % au-delà de la 8<sup>ème</sup> année<sup>15</sup>. Tandis que l'ampleur du rendement social de l'éducation — et en particulier de ses externalités possibles — demeure entourée d'incertitude, le profil général d'une baisse du rendement en fonction du niveau d'études est bien établi, et un rendement moyen de 6.5%-7 % des études du deuxième cycle du secondaire et de l'enseignement supérieur s'accorde assez bien avec les données microéconomiques comme avec les données macroéconomiques<sup>16</sup>.
- La PTF est ensuite calculée à partir des données concernant le PIB par habitant, le stock de capital physique, le stock de capital humain et le taux d'emploi, l'équation (1) étant réorganisée comme suit :

$$A_t = (Y_t / Pop_t) / [(K_t / Y_t)^{\alpha/(1-\alpha)} h_t (L_t / Pop_t)],$$

où la part du capital  $\alpha$  est fixée à 1/3.

Le tableau A1.1 présente les résultats de cette décomposition pour l'année 2005. En accord avec les conclusions d'études récentes (à cet égard, Easterly et Levine (2001) parlent des « nouveaux faits stylisés concernant la croissance ») et en contradiction avec la théorie néo-classique générale de la croissance<sup>17</sup>, la PTF semble être le principal déterminant des différences actuelles de PIB par habitant d'un pays à l'autre, surtout entre les pays développés et les pays en développement<sup>18</sup>. Il apparaît aussi que le capital humain joue un rôle important. Cela laisse à penser que ces deux facteurs sont probablement les principaux moteurs de tout scénario de convergence à long terme.

**Tableau A1.1 Décomposition des différences internationales de PIB par habitant entre leurs principaux déterminants, 2005<sup>1,2</sup>**

(États-Unis = 100)

	PIB PPA par habitant	PTF	Capital humain	Capital physique	Emploi
	Y/Pop	A	h	$(K/Y)^{\alpha(1-\alpha)}$	L/Pop
États-Unis	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Canada	83.5	72.0	103.3	105.8	106.0
Japon	72.6	52.6	100.4	130.7	105.1
Chine	9.8	13.6	57.3	105.2	119.5
Inde	5.2	12.7	47.7	98.3	87.1
Brésil	20.5	29.3	70.1	103.1	96.8
Fédération de Russie	28.6	31.5	84.9	97.4	99.3
Australie & Nouvelle-Zélande <sup>3</sup>	78.3	64.1	101.5	114.8	104.5
UE27 & AELE <sup>3</sup>	64.7	67.8	91.2	114.1	91.3
Reste du Monde <sup>3</sup>	12.3	20.9	59.7	103.6	81.7
Total Monde <sup>3</sup>	22.8	27.9	64.2	104.2	95.8

1. Quoique égaux en principe, Y/Pop et le produit de A, h,  $(K/Y)^{\alpha(1-\alpha)}$  et L/Pop peuvent différer dans la pratique, pour deux raisons. Premièrement, pour les pays où l'extraction de combustibles fossiles représente une part substantielle de la production totale (la Fédération de Russie et un certain nombre de pays de l'agrégat Reste du Monde), les niveaux de la PTF ont été estimés pour la production totale hors industries extractives, pour des motifs expliqués dans le texte. Deuxièmement, les agrégats de zones géographiques sont calculés sous forme de moyennes arithmétiques, alors qu'il faudrait utiliser des moyennes géométriques pour que l'identité  $Y/Pop = A h (K/Y)^{\alpha(1-\alpha)} L/Pop$  soit valide.
2. Le cadre de croissance à long terme est appliqué au niveau de chaque pays. La désagrégation géographique de l'économie mondiale présentée ici correspond à celle du modèle ENV-Linkages de l'OCDE (voir annexe 2).
3. Moyennes arithmétiques pondérées en fonction de la population.

Source : Duval et de la Maisonneuve (2009).

## A1.2. Scénario économique de base pour l'économie mondiale jusqu'en 2050

### A1.2.1. Hypothèses

Jusqu'en 2008, les prévisions du PIB, de l'investissement et de l'emploi sont tirées des *Perspectives économiques de l'OCDE* pour les pays de l'OCDE ainsi que pour le Brésil, la Chine, l'Inde et la Russie, et des *Perspectives de l'économie mondiale* du FMI pour tous les autres pays. Cela permet une certaine extension de la décomposition du PIB présentée au tableau A1.1 jusqu'en 2008. À partir de 2009, des scénarios sont ensuite établis pour chacune des quatre composantes du PIB et pour chaque pays jusqu'en 2050. Ces scénarios sont présentés ci-après ; suit une description de l'approche adoptée pour les pays (représentant 10 % du PIB mondial) auxquels le cadre de projection ne peut pas être appliqué faute de données exactes.

#### Scénario de croissance de la PTF

Étant donné que la technologie circule librement à travers le monde, du moins dans le long terme, il apparaît raisonnable de s'attendre à ce que les niveaux de la PTF dans les pays retardataires rattrapent

progressivement ceux des pays de pointe. En même temps, toute une série de facteurs, notamment des différences persistantes entre pays concernant les politiques et les institutions, peuvent empêcher une convergence intégrale. Le scénario de référence présume implicitement que ces facteurs continueront de jouer un rôle dans l'avenir, quoique à un degré moindre qu'aujourd'hui. Plus concrètement, on suppose que la PTF dans les pays retardataires convergera en fin de compte non pas sur la frontière technologique mais sur la moyenne (inférieure) des niveaux de la PTF des pays de l'OCDE « à PTF élevée ». Plus précisément, le scénario de référence de la PTF repose sur les hypothèses suivantes :

- Le niveau moyen de la PTF dans l'ensemble des pays de l'OCDE dont les niveaux de PTF se situent au-dessus de la moyenne OCDE est calculé pour 2005<sup>19</sup>. Ce niveau de PTF pour les pays « à PTF élevée » est présumé croître à un taux annuel de 1.5 % entre 2009 et 2050<sup>20</sup>. La trajectoire qui en résulte est censée être la « frontière » vers laquelle convergent tous les pays retardataires. L'hypothèse d'une croissance de la PTF de 1.5 % implique que dans le long terme, à supposer que le niveau d'études des jeunes générations finisse par plafonner que le ratio capital/production reste constant, la productivité du travail croît aussi de 1.5 % par an.
- Pour les pays retardataires et jusqu'en 2015, les tendances récentes de la PTF sont extrapolées en supposant que ces pays convergent vers la « frontière » définie ci-dessus au taux moyen observé pour chaque pays sur la période 1995-2005 (taux fixé à zéro s'ils ont en fait divergé)<sup>21</sup>.
- Entre 2015 et 2025, la vitesse de convergence est présumée converger progressivement jusqu'à un taux annuel de 2 %. Cela correspond à la vitesse moyenne estimée de la convergence du PIB par habitant pour un large éventail de séries de données et de méthodes économétriques mentionnées par Barro et Sala-i-Martin (2004)<sup>22</sup>. Il apparaît raisonnable d'appliquer cette vitesse de convergence à la PTF étant donné que celle-ci est le principal déterminant des différences de pays à pays entre les niveaux de PIB par habitant et entre les taux de croissance<sup>23</sup>. Incidemment, ce chiffre n'est plus non incompatible avec la vitesse de convergence de la PTF de 3 % estimée dans une étude récente de l'OCDE (Nicoletti et Scarpetta, 2003) pour un échantillon de pays de l'OCDE<sup>24</sup>.
- Au-delà de 2025, les pays retardataires convergent vers la « frontière » à un rythme annuel de 2 % ; autrement dit, l'écart de PTF vis-à-vis de la frontière se réduit de 2 % chaque année.

### *Scénario d'accumulation de capital humain*

Deux grands aspects se détachent en ce qui concerne l'accumulation mondiale de capital humain, et peuvent s'avérer utiles pour la prévision<sup>25</sup>. Premièrement, compte tenu de l'ensemble de données historiques par cohortes utilisé dans la présente annexe, le niveau d'études du groupe d'âge de 25-29 ans s'est accru en moyenne à un rythme assez régulier de l'ordre de 1.2 année par décennie entre 1960 et 2000 dans les pays à niveau d'éducation plus faible<sup>26</sup>. Deuxièmement, le niveau d'instruction a eu tendance à plafonner dans les pays où il était le plus élevé, par exemple en Australie, aux États-Unis ou en Suisse. À partir de cette observation, on peut formuler l'hypothèse que la vitesse d'accumulation du capital humain diminue normalement à mesure que le niveau d'études s'élève. Par conséquent, le scénario de référence du capital humain est construit comme suit :

- Le niveau d'instruction du groupe d'âge de 25-29 ans est présumé rester constant à l'avenir dans le pays où il est actuellement le plus élevé (la Corée du Sud : 14.4 années d'études en 2000).
- Jusqu'en 2015, les tendances récentes sont extrapolées en supposant que tous les autres pays convergent vers la « frontière » ci-dessus à leur vitesse moyenne de 1990-2000 (fixée à zéro si le niveau d'études a en fait baissé au cours de cette période).

- Entre 2015 et 2025, la vitesse de convergence est censée converger progressivement vers la vitesse moyenne observée dans la moyenne des pays du monde<sup>27</sup> sur la période 1960-2000.
- Au-delà de 2025, les pays convergent sur la « frontière » à la vitesse moyenne observée dans la moyenne des pays du monde sur la période 1960-2000.
- Sur la base de ce scénario pour le groupe d'âge de 25-29 ans, le niveau d'études futur de la population âgée de 25-64 ans est estimé par le biais des effets de cohorte, puis converti en stock de capital humain en fonction des hypothèses décrites ci-dessus pour le rendement de l'éducation<sup>28</sup>.

### *Scénario d'accumulation du capital physique*

Dans un monde où le capital international est au moins partiellement mobile, l'accumulation future de capital physique au niveau national devrait être déterminée, du moins en partie, par les taux d'intérêt réels à l'échelle mondiale, qui devraient eux-mêmes refléter l'équilibre mondial entre l'épargne et l'investissement. Malheureusement, faute d'un cadre intégré de croissance mondiale véritablement global, il est impossible d'incorporer les tendances de l'épargne mondiale dans la présente analyse, de sorte que leur impact sur l'investissement mondial futur par le biais des taux d'intérêt réels ne peut pas être évalué. C'est là un aspect du cadre ci-dessus qu'il faudrait certainement développer à l'avenir. Néanmoins, on peut toujours tenir compte du fait que, dans un monde de marchés financiers intégrés, les ratios capital/production ne devraient pas diverger en permanence d'un pays à l'autre, car cela impliquerait des différences permanentes entre pays concernant le rendement marginal du capital<sup>29</sup>. À cet effet, on pose les hypothèses suivantes :

- La trajectoire du taux d'investissement aux États-Unis est censée stabiliser progressivement le ratio capital/production à son niveau actuel. Cela implique que les États-Unis se situent sur une trajectoire de croissance équilibrée.
- Les taux d'investissement de tous les autres pays sont présumés varier de telle sorte que leurs ratios capital/production convergent progressivement jusqu'au niveau des États-Unis. On suppose que la convergence totale n'est réalisée qu'en 2080, au-delà de l'horizon du scénario présenté ici<sup>30</sup>.

### *Scénario de l'emploi*

Les projections de la PTF, du capital physique et du capital humain doivent être combinées avec une projection de l'emploi pour produire un scénario de référence du PIB pour chaque pays. On prévoit l'emploi futur en ventilant l'emploi entre la population, le taux d'activité et le taux de chômage, puis en présumant les trajectoires suivantes pour chacune de ces trois composantes :

- Les projections démographiques sont tirées du scénario de référence des Nations Unies jusqu'en 2050.
- La projection des taux d'activité est réalisée en deux étapes. Tout d'abord, dans le quintile supérieur des pays de l'OCDE où l'activité est actuellement la plus forte<sup>31</sup>, les âges futurs de départ effectif à la retraite sont partiellement indexés sur l'espérance de vie, de façon à maintenir à un niveau constant la part de la vie passée à la retraite. Ensuite, dans tous les autres pays où des données par cohorte sont disponibles, le niveau d'activité de chaque groupe d'âge est présumé converger progressivement jusqu'à la moyenne du quintile supérieur<sup>32</sup>. Les taux d'activité globaux sont alors prévus à l'aide de la méthode des cohortes présentée dans Burniaux *et al.* (2003). Pour les pays dans lesquels les données par cohorte ne sont pas



disponibles, l'hypothèse de convergence est similaire mais elle est appliquée directement au taux d'activité global et non au taux d'activité de chaque groupe d'âge.

- Les taux de chômage sont présumés converger progressivement jusqu'à 5 % à l'horizon 2050.

### *Scénario de référence pour les pays dans lesquels le cadre ne peut pas être appliqué*

La démarche ci-dessus est appliquée à 76 pays, qui représentaient plus de 90 % du PIB mondial et de la population mondiale en 2005. Pour tous les autres pays, les données sur le capital humain et/ou physique sont trop fragmentaires ou trop peu fiables pour que l'on puisse utiliser le même cadre avec un degré de confiance raisonnable. Dans un certain nombre de cas, par exemple, les séries relatives à l'investissement sont disponibles sur une période trop brève pour permettre d'estimer les stocks de capital avec une marge de confiance suffisante. La solution adoptée pour ces pays consiste à appliquer à la productivité du capital la méthodologie appliquée à la PTF pour les pays dans lesquels le cadre ci-dessus pouvait être utilisé<sup>33</sup>.

#### **A1.2.2. Questions sectorielles**

Une lacune de la plupart des projections globales, surtout celles qui sont établies dans le contexte de l'analyse de la politique climatique, tient au fait que le PIB est rarement endogénéisé pour les régions où l'extraction de combustibles fossiles représente une part substantielle de la production totale. Ainsi, il n'est guère logique de prévoir le PIB futur des pays de l'OPEP sans tenir compte des trajectoires futures de l'offre de pétrole. Afin de surmonter ce problème, pour les pays dans lesquels la production de combustibles fossiles revêt de l'importance, les scénarios de convergence décrits ci-dessus sont appliqués non pas au PIB mais au PIB à l'exclusion du secteur des industries extractives<sup>34</sup>. Le PIB hors industries extractives est prévu à l'aide de la méthode décrite dans la section A1.2.1., puis la valeur ajoutée dans les industries extractives — et donc le PIB total — est déterminée en faisant tourner le modèle d'équilibre général multisectoriel mondial (ENV-Linkages) de l'OCDE. Avec sa structure à fonctions CES imbriquées comportant une représentation détaillée des apports énergétiques au niveau sectoriel, ce modèle est particulièrement adapté à la prévision de l'offre, de la demande et des prix de l'énergie (voir l'annexe 2).

Le modèle ENV-Linkages de l'OCDE étant multisectoriel, les variables prévues dans la section A1.2.1 pour l'économie dans son ensemble ne sont pas suffisantes pour le faire tourner, et des hypothèses sectorielles sont nécessaires. Ces hypothèses sont aussi utiles par elles-mêmes, étant donné que divers exercices de prévision économique à long terme présentent une dimension sectorielle majeure ; c'est le cas en particulier des prévisions des émissions de gaz à effet de serre. Pour prévoir la croissance de la production et de la valeur ajoutée sectorielles, on part du fait que l'évolution passée révèle constamment des différences dans les tendances de la productivité d'un secteur à l'autre, comme en témoignent par exemple les séries temporelles longues de la productivité sectorielle assemblées par le *Groningen Growth and Development Centre* pour un large éventail de pays (Groningen Growth and Development Centre, 2006 ; Van Ark, 1996 ; Timmer *et al.*, 2007). Les observations montrent généralement que la croissance de la productivité est plus rapide dans l'agriculture et dans le secteur manufacturier que dans la construction, dans les transports et – de façon encore plus frappante – dans les autres services. Il faut donc construire pour chaque pays un scénario de croissance de la productivité sectorielle qui intègre la poursuite de ces tendances historiques tout en restant compatible avec le scénario de croissance de la productivité globale – à l'exclusion du secteur des industries extractives, dont la production est déterminée de façon endogène par le modèle – décrit dans la section A1.2.1. Pour ce faire, on calibre la croissance de la productivité sectorielle dans le modèle ENV-Linkages de l'OCDE de telle sorte que les tendances spécifiques de la croissance de la productivité sectorielle *relative* et le scénario de croissance de la productivité globale (hors industries extractives) soient *tous deux* valides ex

post. Les tendances de la croissance de la productivité sectorielle relative sont supposées être les suivantes :

- Les tendances récentes de la croissance de la productivité sectorielle relative observées dans chaque pays au cours des 15-20 dernières années<sup>35</sup> sont extrapolées dans le court terme, mais elles sont présumées converger à l'horizon 2025 vers les tendances historiques moyennes observées sur la période 1950-2000 dans les dix pays de l'OCDE pour lesquels il existe des séries chronologiques longues<sup>36</sup>.
- Les tendances historiques moyennes s'appliquent à tous les pays au-delà de 2025. L'hypothèse implicite est que les tendances passées de la croissance de la productivité sectorielle relative dans l'ensemble des pays développés donnent une bonne idée de la trajectoire future qu'emprunteront les pays en développement. On suppose également que les tendances passées se maintiendront dans les pays développés, avec une croissance de la productivité plus rapide dans l'agriculture et le secteur manufacturier que dans les services. Cela semble plausible étant donné qu'aucune rupture majeure n'a été observée jusqu'ici dans ces tendances, même si la croissance de la productivité dans les services s'est redressée à la fin des années 90 et au début des années 2000 dans quelques pays développés, dont les États-Unis.

L'approche suivie dans cette annexe répond aussi aux critiques récemment formulées dans les études sur l'économie du changement climatique à propos de l'emploi de prévisions économiques fondées sur les taux de change du marché. Ces prévisions entrent dans la plupart des scénarios publiés ces deux dernières décennies, y compris dans le SRES du GIEC (Castles et Henderson, 2003a, 2003b ; Henderson, 2005). Les niveaux de prix exprimés en monnaie commune sont généralement plus élevés dans les pays développés que dans les pays en développement, à cause de l'effet « Baumol-Balassa-Samuelson ». En conséquence, les différences actuelles entre pays concernant les niveaux de revenu par habitant tendent à être surestimées lorsque les taux de change du marché sont utilisés pour convertir les PIB nationaux en une monnaie commune. Dans le contexte d'un scénario de convergence, et toutes choses étant égales par ailleurs, cette surestimation risque de se traduire par une surestimation de la croissance future du PIB et des émissions de gaz à effet de serre. Dans le cas présent ce problème ne se pose pas, car on utilise les PPA, et non les taux de change du marché, pour comparer les niveaux initiaux de revenu par habitant et calculer le scénario de convergence économique.

### **A1.2.3. Résultats**

Les principaux éléments du scénario économique de référence sont présentés dans les tableaux A1.2 et A1.3. Le scénario de référence exprimé en USD PPA (tableau A1.2) est à peu près comparable — quoique légèrement inférieur — aux prévisions récentes de l'OCDE jusqu'en 2025 (Hervé *et al.*, 2007). Selon les prévisions, la croissance du PIB par habitant mondial est plus élevée en USD PPA qu'en USD constants de 2005 aux taux de change du marché, car dans le second cas un poids plus faible est attribué aux pays en croissance rapide. Exprimée en USD constants aux taux de change du marché, la croissance du PIB par habitant mondial dans le scénario de référence jusqu'en 2030 se situe grosso modo au milieu de la fourchette de 1 %-3.1 % indiquée dans le SRES du GIEC, qui repose également sur des estimations en USD constants au taux de change du marché.

L'application du cadre de croissance à long terme conduit aussi à plusieurs résultats intéressants au niveau des pays : ainsi, la croissance pourrait être plus faible en Chine qu'en Inde au cours des prochaines décennies. En effet, par rapport à l'Inde, la Chine se caractérise déjà par une assez forte intensité de capital, n'a pratiquement plus de marges pour accroître ses taux d'activité et sera confrontée à un ralentissement significatif de la croissance démographique.

**Tableau A1.2 Scénario économique de référence : principales caractéristiques<sup>1</sup>**

(Taux de croissance annuelle moyenne, USD PPA)

Pays/région	PIB par travailleur			PIB par habitant			PIB		
	2000-2006	2006-2025	2025-2050	2000-2006	2006-2025	2025-2050	2000-2006	2006-2025	2025-2050
États-Unis	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	2.6	2.4	2.2
Canada	0.7	2.0	1.7	1.6	1.9	1.6	2.6	2.7	2.1
Japon	1.7	1.9	1.9	1.5	1.7	1.5	1.6	1.5	0.8
Chine	8.6	6.4	3.7	9.0	6.1	3.3	9.7	6.6	3.2
Inde	5.0	5.2	4.6	5.6	6.3	5.1	7.3	7.6	5.6
Bésil	0.0	2.5	3.3	1.5	3.0	3.5	2.9	4.0	3.9
Fédération de Russie	5.4	3.8	2.5	6.7	4.0	2.5	6.2	3.4	1.8
Australie & Nouv-Zélande	0.9	2.0	1.7	1.9	2.0	1.6	3.1	2.9	2.1
UE27 & AELE	1.1	2.1	1.8	1.7	2.3	1.8	2.1	2.4	1.7
Pays exportateurs de pétrole	1.9	2.3	3.7	2.9	3.0	4.2	4.8	4.4	5.0
Reste du Monde	2.1	3.1	3.5	2.8	3.3	3.7	4.5	4.9	4.7
Total Monde	2.0	2.5	2.8	2.5	2.8	2.9	3.7	3.8	3.4
Total Monde en USD constants de 2005 aux taux de change du marché		1.9	2.3		2.2	2.4		3.2	3.0

1. Le cadre de croissance à long terme est appliqué au niveau de chaque pays. La désagrégation géographique de l'économie mondiale présentée ici correspond à celle du modèle ENV-Linkages de l'OCDE (voir l'annexe 2).

Source : Duval et de la Maisonneuve (2009).

**Tableau A1.3 Scénario économique de référence : prévisions de la population et de l'emploi<sup>1</sup>**

(Pourcentages)

Pays/région	Croissance démographique, moyenne annuelle			Taux d'emploi <sup>2</sup> , moyenne		
	2000-2006	2006-2025	2025-2050	2000-2006	2007-2025	2026-2050
États-Unis	1.0	0.8	0.5	60.0	58.5	56.6
Canada	1.0	0.8	0.5	60.3	60.8	57.9
Japon	0.1	-0.3	-0.7	58.2	55.8	51.8
Chine	0.7	0.5	-0.1	72.6	68.9	60.5
Inde	1.6	1.2	0.5	61.8	64.3	68.8
Brésil	1.4	1.0	0.4	61.7	64.0	63.6
Fédération de Russie	-0.5	-0.6	-0.7	54.7	58.0	58.8
Australie & Nouvelle-Zélande	1.2	0.9	0.5	60.5	61.6	58.4
UE27 & AELE	0.3	0.1	-0.1	51.2	53.5	53.4
Pays exportateurs de pétrole	1.8	1.5	0.8	52.6	54.8	55.2
Reste du Monde	1.7	1.5	1.0	60.2	60.1	57.8
Total Monde	1.2	1.0	0.5	61.6	61.6	59.9

1. Le cadre de croissance à long terme est appliqué au niveau de chaque pays. La désagrégation géographique de l'économie mondiale présentée ici correspond à celle du modèle ENV-Linkages de l'OCDE (voir l'annexe 2).

2. Emploi en pourcentage de la population âgée de 15 ans et plus.

Source : Duval et de la Maisonneuve (2009).

### A1.3. Sources des données et méthodologie

Cette section contient des précisions supplémentaires sur les sources et la méthodologie utilisées pour construire les données incorporées dans le cadre de croissance à long terme.

#### A1.3.1. Production totale en volume

*Définition* : PIB réel en USD PPA constants de 2005.

*Source* : Perspectives économiques de l'OCDE (ci-après : EO) ; Banque mondiale, base de données des Indicateurs du développement mondial (ci-après : WDI) pour le PIB et Banque mondiale (2007) pour les taux de change PPA de 2005<sup>37</sup> ; FMI, Perspectives de l'économie mondiale (ci-après : WEO).

*Ajustements des données* : Les PIB en monnaie locale sont convertis en USD PPA pour l'année 2005 à l'aide des estimations des PPA de la Banque mondiale. Les PIB sont ensuite rétro-polés jusqu'en 1995 et extrapolés jusqu'en 2006 à l'aide des taux de croissance du PIB réel en monnaie nationale. Enfin, les PIB en USD PPA constants de 2005 pour les années 2007 et 2008 sont obtenus en extrapolant les données du

PIB de 2006 à l'aide des taux de croissance prévus du PIB tels que publiés dans EO82 (pour les pays de l'OCDE et le Brésil, la Russie, l'Inde et la Chine) et dans le numéro d'octobre 2007 des WEO (pour les autres pays).

Pour les pays dans lesquels l'extraction de combustibles fossiles représente une part substantielle de la production, les scénarios de convergence sont appliqués au PIB à l'exclusion du secteur des industries extractives (pays de l'OPEP, Azerbaïdjan, Kazakhstan, Bahreïn, Israël, Jordanie, Oman, République arabe syrienne, Yémen, Brunei Darussalam, Norvège et Russie). La part de ce secteur dans la valeur ajoutée totale est calculée à partir des Comptes nationaux des Nations Unies. Pour la plupart des pays, la dernière année disponible était 2005.

### ***A1.3.2. Emploi***

#### *Population active*

*Définition* : Population active âgée de 15 ans et plus.

*Source* : OCDE, Statistiques de la population active (ci-après : LFS) ; Perspectives de l'emploi de l'OCDE ; Organisation internationale du travail, enquête sur la population active (ci-après : OIT) ; WDI ; WEO ; EO ; pour la Chine, Annuaire statistique 2007 ; pour l'Inde, Rapport n° 522, National Sample Survey, National Sample Survey Organisation, ministère des Statistiques et de l'Exécution des programmes. Les sources principales sont LFS pour les pays de l'OCDE, les Perspectives de l'emploi de l'OCDE pour le Brésil et la Fédération de Russie, les sources nationales pour la Chine et l'Inde, et OIT ou WDI pour les autres pays jusqu'en 2006 (ou dernière année disponible).

*Ajustements des données* : Sur la période 2007-2008, les prévisions de EO et WEO sont utilisées pour extrapoler les données sur la population active respectivement pour les pays de l'OCDE et pour les autres pays. Les éventuelles valeurs manquantes sur la période 1995-2006 sont rétablies grâce à d'autres sources de données disponibles et/ou à une interpolation linéaire.

#### *Chômage*

Le taux de chômage des individus âgés de 15 ans et plus est tiré de sources similaires à celles des données sur la population active et fait l'objet des mêmes ajustements.

#### *Emploi*

L'emploi est défini comme la population active diminuée du chômage.

Les taux d'emploi correspondent au rapport de l'emploi à la population âgée de 15 ans et plus.

### ***A1.3.3. Population***

Les données sur la population sont disponibles par cohortes (groupes d'âge de 5 ans) et sont tirées des projections démographiques des Nations Unies.

### **A1.3.4. Stock de capital humain**

*Définition* : Nombre moyen d'années d'études de la population âgée de 25-64 ans (converti ensuite en une mesure du stock de capital humain, à partir d'hypothèses explicites concernant le rendement social de l'éducation).

*Source* : Base de données de Cohen-Soto ; jeu de données de Barro-Lee. La principale source est la base de données de Cohen-Soto, qui indique le nombre moyen d'années d'études par groupe d'âge de 5 ans. Le nombre moyen d'années d'études pour la population âgée de 25-64 ans peut ensuite être prévu par cohortes, en fonction d'un scénario unique de résultats scolaires pour le groupe d'âge de 25-29 ans.

Pour certains pays, les données par cohortes ne sont pas disponibles (Afrique du Sud, Croatie, Hong Kong, Islande, Pakistan, Pologne, République slovaque, République tchèque, Russie et Slovénie). Le jeu de données de Barro-Lee est utilisé dans ces cas, et l'on établit directement les prévisions du nombre moyen d'années d'études pour la population âgée de 25-64 ans.

### **A1.3.5. Stock de capital physique**

*Définition* : Stock de capital total réel aux prix constants de 2005 en monnaie nationale.

*Source* : WDI, WEO et Annuaire statistique pour la Russie.

*Ajustements des données* : Les séries historiques sur l'investissement réel et le PIB sont tirées de WDI et extrapolées jusqu'en 2008 à l'aide des prévisions de EO82 et de WEO d'octobre 2007. Un ratio stock de capital/PIB est ensuite calculé à l'aide de la méthode de l'inventaire permanent. Pour quelques pays d'Europe orientale dans lesquels les séries de l'investissement sont trop brèves pour permettre de calculer des estimations fiables du stock de capital à l'aide de la méthode de l'inventaire permanent, des hypothèses fortes sont formulées en ce qui concerne la valeur initiale du stock de capital. Pour la Croatie, la Pologne, la République slovaque, la République tchèque et la Slovénie, le ratio capital/production est présumé être similaire à celui de la Hongrie (qui est disponible) en 1990, et la méthode de l'inventaire permanent est appliquée uniquement à partir de 1991 pour extrapoler le stock de capital jusqu'en 2008. Pour l'Estonie, la Lettonie et la Lituanie, le ratio capital/production est présumé similaire à celui de la Russie en 1995. Pour la Roumanie, le ratio capital/production est censé être similaire à celui de la Bulgarie en 1990.

## **A1.4. Résultats détaillés de certaines simulations**

Cette section reproduit sous forme tabulaire les résultats de certaines simulations qui sont mentionnées dans plusieurs graphiques du chapitre 4. L'objectif est de fournir des informations plus détaillées sur les chiffres qui sous-tendent les scénarios examinés dans ce chapitre. Plus précisément, le tableau A1.4 renvoie aux graphiques 4.9 et 4.10, le tableau A1.5 au graphique 4.18 et le tableau A1.6 au graphique 4.19.

**Tableau A1.4 Coûts des mesures d'atténuation et prix du carbone pour une réduction des émissions de 50 % dans chaque région de l'annexe I considérée séparément, avec et sans mécanisme d'attribution de crédits<sup>1</sup>**

2020						
	Coûts d'atténuation (variation de l'équivalent revenu par rapport au scénario de référence, en %)			Prix du carbone (USD / t éq.CO <sub>2</sub> )		
	Sans mécanisme d'attribution de crédits	Avec mécanisme d'attribution de crédits (20 %)	Avec mécanisme d'attribution de crédits (50 %)	Sans mécanisme d'attribution de crédits	Avec mécanisme d'attribution de crédits (20 %)	Avec mécanisme d'attribution de crédits (50 %)
Australie & Nouvelle-Zélande	-4.2	-2.1	-0.9	140.8	73.2	19.5
Canada	-6.4	-4.3	-2.1	129.6	61.3	23.2
UE27 & AELE	-0.5	-0.3	-0.1	60.5	41.7	10.6
Japon	-1.1	-0.4	0.0	180.1	87.5	17.7
Russie	-3.1	-2.1	-0.9	4.8	2.9	1.2
États-Unis	-1.7	-1.1	-0.5	106.5	68.1	28.5
Pays d'Europe orientale non membres de l'UE	-3.8	-2.5	-1.2	32.5	19.6	6.7
Pays non visés à l'annexe I				0.0	0.6	3.8
2050						
	Coûts d'atténuation (variation de l'équivalent revenu par rapport au scénario de référence, en %)			Prix du carbone (USD / t éq.CO <sub>2</sub> )		
	Sans mécanisme d'attribution de crédits	Avec mécanisme d'attribution de crédits (20 %)	Avec mécanisme d'attribution de crédits (50 %)	Sans mécanisme d'attribution de crédits	Avec mécanisme d'attribution de crédits (20 %)	Avec mécanisme d'attribution de crédits (50 %)
Australie & Nouvelle-Zélande	-8.2	-3.8	-1.4	404.9	163.3	43.7
Canada	-10.2	-6.3	-2.7	602.8	241.0	65.9
UE27 & AELE	-2.6	-1.2	-0.4	207.0	107.5	44.4
Japon	-1.5	-0.7	-0.1	213.6	104.5	24.2
Russie	-10.8	-7.1	-3.3	80.9	50.2	19.3
États-Unis	-1.6	-0.9	-0.4	142.8	78.6	31.0
Pays d'Europe orientale non membres de l'UE	-18.8	-11.7	-4.9	201.7	111.7	36.1
Pays non visés à l'annexe I				0.0	0.8	4.0

1. Les valeurs indiquées dans ce tableau correspondent aux graphiques 4.9 et 4.10 du chapitre 4.

Source : OCDE, modèle ENV-Linkages.

**Tableau A1.5 Coûts d'atténuation avec un système international d'échange de droits d'émission dans les régions de l'annexe I et des plafonds sectoriels contraignants dans les régions non visées à l'annexe I<sup>1</sup>**

(réduction de 50 % dans les régions de l'annexe I et réduction de 20 % dans les industries énergivores et le secteur de l'électricité des régions non visées à l'annexe I à l'horizon 2050, variation de l'équivalent revenu par rapport au scénario de référence, en %)

Pays/région	2020			2050		
	Sans aucun couplage	Avec couplage direct entre les systèmes sectoriels des pays non visés à l'annexe I	Avec couplage intégral entre les systèmes macro-économiques des pays de l'annexe I et les systèmes sectoriels des pays non visés à l'annexe I	Sans aucun couplage	Avec couplage direct entre les systèmes sectoriels des pays non visés à l'annexe I	Avec couplage intégral entre les systèmes macro-économiques des pays de l'annexe I et les systèmes sectoriels des pays non visés à l'annexe I
Australie & Nouvelle-Zélande	-4.2	-4.2	-4.3	-9.0	-8.9	-8.4
Brésil	-0.6	-0.7	-0.6	-0.8	-0.8	-0.8
Canada	-5.7	-5.7	-5.9	-10.6	-10.1	-9.7
Chine	-4.1	-4.2	-4.0	-3.2	-4.8	-4.6
UE27 & AELE	-0.4	-0.4	-0.5	-2.5	-2.5	-2.0
Inde	-9.3	-6.1	-5.4	-8.6	-6.8	-7.5
Japon	-0.1	-0.1	-0.2	-1.0	-1.1	-1.0
Pays d'Europe orientale non membres de l'UE	-4.0	-3.9	-3.7	-21.2	-21.0	-20.3
Pays exportateurs de pétrole	-9.2	-8.8	-8.5	-10.7	-8.0	-8.6
Reste du Monde	-1.2	-1.1	-1.1	-1.3	-1.3	-1.4
Russie	-2.5	-2.5	-2.2	-11.8	-11.7	-12.1
États-Unis	-1.6	-1.6	-1.7	-1.7	-1.7	-1.8
Pays de l'annexe I	-1.2	-1.2	-1.3	-2.9	-2.9	-2.7
Pays non visés à l'annexe I	-3.6	-3.2	-3.1	-3.6	-3.4	-3.5

1. Les valeurs indiquées dans ce tableau correspondent à celles de la graphique 4.18 du chapitre 4.

Source : OCDE, modèle ENV-Linkages.



**Tableau A1.6 Impact des mécanismes sectoriels d'attribution de crédits sur les coûts d'atténuation dans les régions de l'annexe I et les régions non visées à l'annexe I<sup>1</sup>**

(pour une réduction de 20 % à l'horizon 2020 et une réduction de 50 % à l'horizon 2050 par rapport aux niveaux de 1990 dans chaque région de l'annexe I, variations de l'équivalent revenu par rapport au scénario de référence, en %)

Pays/région	Sans mécanisme sectoriel d'attribution de crédits	Avec mécanisme sectoriel d'attribution de crédits couvrant les industries énergivores et le secteur de l'électricité <sup>2</sup>	Sans mécanisme sectoriel d'attribution de crédits	Avec mécanisme sectoriel d'attribution de crédits couvrant les industries énergivores et le secteur de l'électricité <sup>2</sup>
	2020		2050	
Australie & Nouvelle-Zélande	-3.6	-2.5	-7.1	-4.5
Brésil	0.0	0.0	-0.1	-0.1
Canada	-5.0	-3.6	-8.2	-5.7
Chine	-0.1	-0.1	0.0	0.0
UE27 & AELE	-0.7	-0.2	-2.4	-0.9
Inde	0.5	0.3	0.6	0.3
Japon	-0.5	-0.3	-1.2	-0.5
Pays d'Europe orientale non membres de l'UE	-3.4	-2.4	-19.3	-12.4
Pays exportateurs de pétrole	-2.8	-2.0	-3.4	-2.2
Reste du Monde	-0.2	-0.1	-0.4	-0.2
Russie	-1.6	-0.7	-10.1	-6.0
États-Unis	-1.6	-1.1	-1.6	-1.1
Pays de l'annexe I	-1.3	-0.8	-2.6	-1.5
Pays non visés à l'annexe I	-0.4	-0.3	-0.5	-0.3

1. Les valeurs indiquées dans ce tableau correspondent aux données de la graphique 4.19 du chapitre 4.

2. Avec plafond de 20 % pour l'utilisation des crédits de compensation.

Source : OCDE, modèle ENV-Linkages.

## Notes

1. Cette annexe s'inspire largement de Duval et de la Maisonneuve (2009).
2. Voir en particulier Nakicenovic *et al.* (2000).
3. Voir par exemple, l'approche suivie par McKibbin *et al.* (2004) à l'aide du modèle G-Cubed. L'une des difficultés de l'approche « ascendante » est qu'elle repose sur des comparaisons internationales des niveaux de productivité sectorielle du travail qui nécessitent elles-mêmes l'utilisation de taux de change PPA au niveau sectoriel. Dans la mesure où ces données n'existent pas pour la très grande majorité des pays, il faut poser des hypothèses fortes pour les construire.
4. Voir Nakicenovic *et al.* (2000), ainsi que la récente actualisation dans Fisher *et al.* (2007). La graphique 3.2 (p. 180) de cette dernière étude montre que, même en faisant abstraction des scénarios les plus extrêmes, le PIB mondial prévu en 2100 pourrait se situer entre moins de 100 milliards USD de 1990 (5<sup>ème</sup> centile de la distribution des scénarios SRES) et plus de 500 milliards USD de 1990 (95<sup>ème</sup> centile).
5. Voir Barro et Sala-i-Martin (2004). Voir Vanston (2006) pour une vue d'ensemble des conséquences potentielles des théories de la croissance pour les scénarios de convergence globale, thème d'un atelier de l'OCDE tenu le 16 janvier 2006.
6. Barro et Sala-i-Martin (2004), OCDE (2004).
7. Par ailleurs, les différences internationales dans les niveaux de la PTF et/ou du capital humain peuvent refléter des différences concernant les politiques et les institutions. L'analyse de ces facteurs dépasse le cadre de la présente étude.
8. L'hypothèse de rendements d'échelle constants exclut de facto la possibilité d'effets permanents sur la croissance dus au stock de capital humain. Tandis que plusieurs études empiriques relèvent des effets endogènes sur la croissance dus au capital humain ou même au capital physique (voir par exemple, Bassanini et Scarpetta, 2004 ; Bond *et al.*, 2004), ce point reste assez controversé dans les faits (voir par exemple Sianesi et Van Reenen, 2003).
9. Cela tient en partie au fait que les estimations passées recouraient à la technique de « Geary-Khamis » pour construire les PIB en termes de PPA, méthode qui surestimait en fait les revenus relatifs des pays pauvres. D'autres approches disponibles, y compris la méthode « EKS » utilisée désormais pour la plupart des pays, se révèlent moins biaisées à cet égard (du moins dans l'hypothèse de préférences homothétiques des consommateurs, voir Neary, 2004). Voir Banque mondiale (2007) et Nordhaus (2007) pour une analyse de cette question dans le contexte des modèles climatiques.
10. À titre d'exemple, les niveaux du PIB par habitant en Chine et en Inde pour l'année 2005 sont désormais estimés respectivement à quelque 10 % et 15 % du niveau des États-Unis, contre 16 % et 8 % auparavant, encore que cette révision puisse aussi refléter d'autres facteurs, notamment l'utilisation de données d'enquête plus récentes pour les prix.
11. Cette méthode très simple a été choisie pour deux raisons : *i*) elle permet de construire les stocks de capital pour un grand nombre de pays, dont beaucoup de pays en développement ; *ii*) elle permet de comparer les ratios capital/production d'un pays à l'autre, ce qui est essentiel dans le contexte des scénarios de convergence. Toutefois, un des inconvénients de cette approche — et une source potentielle de distorsions d'un pays à l'autre et dans le temps — est qu'elle ne prend pas en compte les variations du prix relatif des investissements, et en particulier la baisse tendancielle du prix des technologies de l'information et des communications. Cette baisse a contribué à l'adoption progressive de la pondération en chaîne dans les comptes nationaux de la plupart des pays de l'OCDE.

12. La valeur initiale du stock de capital est calculée à l'aide de la formule  $I0/(\delta+g)$ , où  $I0$  dénote l'investissement pour la première année disponible,  $\delta$  est le taux d'amortissement du stock de capital (fixé ici à 5 %) et  $g$  est le taux de croissance moyenne du PIB entre les périodes 0 et 10. Il s'agit du stock de capital qui serait observé sur une trajectoire de croissance équilibrée où la croissance du PIB et le taux d'investissement seraient constants. Certes, l'application de cette méthodologie commune à tous les pays produit des séries de stocks de capital assez frustes pour les pays où ces données sont directement disponibles dans les comptes nationaux, mais dans le présent contexte son principal atout est d'élargir considérablement l'éventail des pays couverts et d'autoriser des comparaisons des ratios capital/production d'un pays à l'autre.
13. Voir Cohen et Soto (2007).
14. Barro et Lee (1993, 2001).
15. De façon formelle, on suppose que le capital humain par travailleur peut être exprimé par la formule  $h_t = e^{\phi(S)}$ , où  $S$  dénote le nombre d'années de scolarité, et  $\phi(S)$  est choisi comme étant une fonction linéaire par morceaux de manière à reproduire les trois rendements marginaux différents de l'enseignement utilisés ici pour trois niveaux d'études différents. Bils et Klenow (2000) estiment que cette spécification est le moyen approprié pour incorporer les années de scolarité dans une fonction de la production globale. Une année supplémentaire d'études accroît à la fois l'apport « effectif » de main-d'œuvre dans l'équation (1) et le salaire réel de  $100\phi'(S)$  %, ce qui correspond au taux marginal (mincérien) de rendement des études.
16. Une méta-analyse d'études microéconomiques réalisée par Harmon *et al.* (2003) conclut à un rendement moyen des études de 6.5 % pour un large éventail de pays de l'OCDE, de jeux de données et de spécifications des modèles. Boarini et Strauss (2007) estiment les taux de rendement interne privés moyens de l'enseignement supérieur à quelque 8 % en moyenne pour 21 pays de l'OCDE sur la période 1991-2005. À partir de régressions de la croissance à base de données de panel pour un échantillon de pays de l'OCDE, Bassanini et Scarpetta (2001) estiment à 6 % le taux de rendement (social) marginal implicite des études pour la moyenne de l'échantillon sur 10 années d'études moyennes. Ce résultat s'accorde avec le rendement implicite de 5.9 % estimé dans Gemmel (1996).
17. Voir par exemple Mankiw *et al.* (1992), dont l'étude s'appuie sur une fonction de production similaire à celle qui est utilisée ici.
18. La variance internationale du logarithme de la PTF explique pour plus de moitié la variance internationale du logarithme du PIB par habitant.
19. Ces pays sont l'Autriche, la Belgique, le Canada, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la Finlande, la France, la Grèce, l'Irlande, l'Italie, la Norvège, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et la Suède.
20. Ce chiffre est légèrement supérieur au taux de croissance annuelle moyenne de 1.3 % sur la période 1990-2006 relevé pour les États-Unis dans le jeu de données, et produit des estimations de la croissance à moyen terme du PIB potentiel pour ce pays qui s'accordent avec les prévisions à moyen terme de l'OCDE.
21. L'équation annuelle dynamique utilisée est la suivante :  $dl(TFPt) = dl(TFPt^*) - \beta[\ln(TFPt-1) - \ln(TFPt-1^*)]$ , où  $TFP^*$  est la « frontière » décrite dans le texte et  $\beta$  la vitesse moyenne de convergence observée sur la période 1995-2005.

22. Résumant ces données, les auteurs (page 497) jugent « surprenant de constater la similitude de la vitesse de convergence  $\beta$  pour les différentes séries de données. Les estimations de  $\beta$  sont de l'ordre de 2-3 % par an dans les divers contextes ».
23. Pour une décomposition des contributions aux différences entre les niveaux de PIB par habitant d'un pays à l'autre, voir le tableau A1.1, ainsi que Hall et Jones (1999). Pour une décomposition des contributions aux différences entre les taux de croissance du PIB par habitant d'un pays à l'autre, voir Easterly et Levine (2001).
24. En outre, il peut être intéressant de souligner que cette vitesse de convergence est également proche de celle observée pour la Chine sur la période 1995-2005, et supérieure à celle observée pour l'Inde.
25. Conformément au cadre théorique adopté, l'une des hypothèses fortes posées ici est que la convergence dans le domaine de l'éducation agit sur la convergence des revenus mais n'est pas influencée par celle-ci.
26. Il s'agit de l'augmentation moyenne dans tous les pays pour lesquels des données sont disponibles, à l'exclusion des 15 pays où le niveau d'instruction était le plus élevé dès 1960.
27. À l'exclusion des 15 pays où le niveau d'instruction était le plus élevé dès 1960.
28. Pour un petit nombre de pays dans lesquels des données par cohortes sur le niveau d'études ne sont pas disponibles (Afrique du Sud, Croatie, Hong Kong, Islande, Pakistan, Pologne, République slovaque, République tchèque, Slovaquie, Russie), la méthode de projection a été appliquée directement au groupe d'âge de 25-64 ans.
29. Le rendement marginal du capital est égal à  $\alpha Y/K$  dans le cadre théorique utilisé ici.
30. En termes formels, la trajectoire du taux d'investissement retenue pour chaque pays est la trajectoire la plus régulière possible qui satisfait à la contrainte selon laquelle le ratio capital/production égale celui des États-Unis en 2080.
31. Ces pays sont le Canada, le Danemark, l'Islande, la Norvège, la Nouvelle-Zélande et la Suède.
32. Les pays pour lesquels les données sur le taux d'activité par cohorte sont disponibles sont les pays de l'OCDE, le Brésil, la Russie, l'Inde et la Chine. Tabler sur une convergence des taux d'activité par groupe d'âge et non à un niveau global permet de prendre en compte les différences permanentes entre les taux d'activité d'un pays à l'autre qui peuvent encore être associées à des facteurs démographiques propres à chaque pays.
33. Enfin, pour les pays et zones géographiques (en très petit nombre) dans lesquels les données en niveau sur la productivité du travail ne sont pas disponibles, on suppose que la croissance de la productivité du travail est égale à la croissance moyenne de la productivité mondiale du travail au cours de la période de prévision.
34. Ces pays sont les pays de l'OPEP ainsi que la Norvège et la Russie. Dans ces deux derniers pays, il faut aussi supposer que le ratio capital/production dans le secteur des industries extractives est similaire à celui du reste de l'économie.
35. Le laps de temps précis varie d'un pays à l'autre, suivant la période exacte couverte par les bases de données du *Groningen Growth and Development Centre* qui sont utilisées ici. En outre, tandis que les données sur la croissance de la productivité sectorielle sont disponibles pour tous les grands émetteurs et pour d'autres, de nombreux pays — par exemple les pays d'Afrique et du Moyen-Orient — ne sont pas couverts. Pour ces derniers, les tendances historiques moyennes des dix pays de l'OCDE pour lesquels il existe des séries chronologiques longues sont censées rester valides tout au long de la période de prévision.

36. Ces pays sont l'Allemagne, le Danemark, l'Espagne, les États-Unis, la France, l'Italie, le Japon, les Pays-Bas, le Royaume-Uni et la Suède.
37. Pour les rares pays dont les taux de change PPA de 2005 ne sont pas publiés dans l'étude de la Banque mondiale (2007), on a utilisé des estimations des PPA pour l'année 2000, telles que publiées dans WDI. Les pays en question sont l'Algérie, les Émirats Arabes Unis et quelques pays d'Amérique centrale.

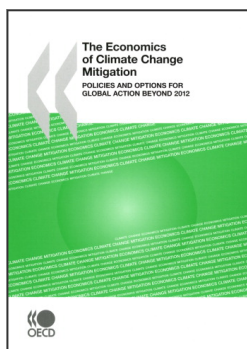
## Références

- Banque mondiale (2007), *2005 International Comparison Program: Preliminary results*, 17 décembre, Banque mondiale, Washington D.C.
- Barro, R. et J-W. Lee (1993), “International Comparisons of Educational Attainment”, *Journal of Monetary Economics*, Vol. 32, No. 3.
- Barro, R. et J-W. Lee (2001), “International Data on Educational Attainment: Updates and Implications”, *Oxford Economic Papers*, Vol. 53, No. 3.
- Barro, R. et X. Sala-i-Martin (2004), *Economic Growth*, second edition, The MIT Press, Cambridge, Massachussets.
- Bassanini, A. et S. Scarpetta (2001), “Les moteurs de la croissance dans les pays de l’OCDE : analyse empirique sur des données de panel”. *Revue économique de l’OCDE*, N° 33, Paris.
- Bassanini, A. et S. Scarpetta (2004), “Does Human Capital Matter for Growth in OECD Countries? A Pooled Mean Group Approach”, *Economics Letters*, Vol. 74, No. 3.
- Bils, M. et P. Klenow (2000), “Does Schooling Cause Growth?”, *American Economic Review*, Vol. 90, No. 5.
- Boarini, R. et H. Strauss (2007), “The Private Internal Rates of return to Tertiary Education: New Estimates for 21 OECD countries”, *Documents de travail du Département des affaires économiques de l’OCDE*, n° 591, Paris.
- Bond, S., A. Leblebicioglu et F. Schiantarelli (2004), “Capital Accumulation and Growth: A New Look at the Empirical Evidence”, *Boston College Working Papers* No. 591, Paris.
- Burniaux, J-M. et J. Chateau (2008), “An Overview of the OECD ENV-Linkages Model”, *Documents de travail du Département des affaires économiques de l’OCDE*, n° 653, Paris.
- Burniaux, J-M., *et al.* (2008), “The Economics of Climate Change Mitigation: Policies and options for the Future”, *Documents de travail du Département des affaires économiques de l’OCDE*, n° 658, Paris.
- Burniaux, J-M., R. Duval et F. Jaumotte (2003), “Coping with Ageing: a Dynamic Approach to Quantify the Impact of Alternative Policy Options on Future Labour Supply”, *Documents de travail du Département des affaires économiques de l’OCDE*, n° 371, Paris.
- Caselli, F. et W. Coleman (2006), “The World Technology Frontier”, *American Economic Review*, Vol. 96, No. 3.

- Caselli, F. (2005), “Accounting for Cross-Country Income Differences”, dans P. Aghion et S. Durlauf (dir. publ.), *Handbook of Economic Growth*, Elsevier, Amsterdam.
- Castles, I. et D. Henderson (2003a), “Economics, Emission Scenarios and the Work of the IPCC”, *Energy and Environment*, Vol. 14, No. 4.
- Castles, I. et D. Henderson (2003b), “The IPCC Emission Scenarios: an Economic-Statistical Critique”, *Energy and Environment*, Vol. 14, No. 2-3.
- Cohen, D., et M. Soto (2007), “Growth and Human Capital: Good Data, Good Results”, *Journal of Economic Growth*, Vol. 12, No. 1.
- Duval, R. et C. de la Maisonneuve (2009), “Long-run GDP Growth Scenarios for the World Economy”, *Documents de travail du Département des affaires économiques de l’OCDE*, n° 663, Paris.
- Easterly, W. et R. Levine (2001), “It’s Not Factor Accumulation: Stylized Facts and Growth Models”, *World Bank Economic Review*, Vol. 15, No. 2.
- Fisher, B., *et al.* (2007), “Issues Related to Mitigation in the Long-Term Context”, dans B. Metz, O. Davidson, P. Bosch, R. Dave et L. Meyer (dir. publ.), *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Inter-Governmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Gemmel, R. (1996), “Evaluating the Impacts of Human Capital Stocks and Accumulation on Economic Growth: Some New Evidence”, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Vol. 58, No. 1.
- Groningen Growth and Development Centre (2006), “Data Sources and Methodology of the 60-Industry Database of the Groningen Growth and Development Centre”, Groningen Growth and Development Centre, *document non publié*.
- Hall, R. et C. Jones (1999), “Why Do Some Countries Produce So Much More Output than Others?”, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 114, No. 1.
- Harmon, C., H. Oosterbeek et I. Walker (2003), “The Returns to Education: Microeconomics”, *Journal of Economic Surveys*, Vol. 17, No. 2.
- Henderson, D. (2005), “The Treatment of Economic Issues by the Intergovernmental Panel on Climate Change”, *Energy and Environment*, Vol. 16, No. 2.
- Herve, K., I. Koske, N. Pain et F. Sedillot (2007), “Globalisation and the Macroeconomic Policy Environment”, *Documents de travail du Département des affaires économiques de l’OCDE*, n° 552, Paris.
- Jones, C. (1997), “Convergence Revisited”, *Journal of Economic Growth*, Vol. 2, No. 2.
- Klenow, P. et A. Rodriguez-Clare (1997), “The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has it Gone Too Far?”, dans B. Bernanke et J. Rotemberg (dir. publ.), *NBER Macroeconomics Annual 1997*, The MIT Press, Cambridge.
- Mankiw, G., D. Romer et D. Weil (1992), “A Contribution to the Empirics of Economic Growth”, *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 107, No. 2.

- McKibbin, W., D. Pearce et A. Stegman (2004), “Long-Run Projections for Climate Change Scenarios”, *Lowy Institute for International Policy, Working Papers in International Economics* No. 1.04.
- Nakicenovic, N., *et al.* (2000), *Special Report on Emission Scenarios. Working Group III, Inter-Governmental Panel on Climate Change (IPCC)*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Neary, P. (2004), “Rationalizing the Penn World Table: True Multilateral Indices for International Comparisons of Real Income”, *American Economic Review*, Vol. 94, No. 5.
- Nicoletti, G. et S. Scarpetta (2003), “Regulation, Productivity and Growth: OECD Evidence”, *Documents de travail du Département des affaires économiques de l’OCDE*, n° 347, Paris.
- Nordhaus, W. (2007), “Alternative Measures of Output in Global Economic-Environmental Models: Purchasing Power Parity or Market Exchange Rates?”, *Energy Economics*, Vol. 29, No. 3.
- OCDE (2004), *Les sources de la croissance économique dans les pays de l’OCDE*, Paris.
- Psacharopoulos, G. (1994), “Returns to Investment in Education: a Global Update”, *World Development*, Vol. 22, No. 9.
- Psacharopoulos, G., et H. Patrinos (2002), “Returns to Investment in Education: a Further Update”, *Education Economics*, Vol. 12, No. 2.
- Sala-i-Martin, X., G. Doppelhofer et R. Miller (2004), “Determinants of Long-Term Growth: A Bayesian Averaging of Classical Estimates (BACE) Approach”, *American Economic Review*, Vol. 94, No. 4.
- Sianesi, B. et J. Van Reenen (2003), “The Returns to Education: Macroeconomics”, *Journal of Economic Surveys*, Vol. 17, No. 2.
- Timmer, M. et G. de Vries (2007), “A Cross-Country Database For Sectoral Employment And Productivity In Asia And Latin America, 1950-2005”, Groningen Growth and Development Centre, *document non publié*.
- Van Ark, B. (1996), "Sectoral Growth Accounting and Structural Change in Post-War Europe", dans B. Van Ark et N. Crafts (dir. publ.), *Quantitative Aspects of Post-War European Economic Growth*, CEPR/Cambridge University Press, Cambridge.
- Vanston, N. (2006), “Summary of a Workshop on Global Convergence Scenarios: Structural and Policy Issues”, *Documents de travail du Département des affaires économiques de l’OCDE*, n° 483, Paris.





Extrait de :

## The Economics of Climate Change Mitigation Policies and Options for Global Action beyond 2012

Accéder à cette publication :

<https://doi.org/10.1787/9789264073616-en>

### Merci de citer ce chapitre comme suit :

OCDE (2010), « Annexe 1 : Cadre et scénario de croissance du PIB à long terme pour l'économie mondiale », dans *The Economics of Climate Change Mitigation : Policies and Options for Global Action beyond 2012*, Éditions OCDE, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264073913-11-fr>

Cet ouvrage est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Les opinions et les arguments exprimés ici ne reflètent pas nécessairement les vues officielles des pays membres de l'OCDE.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Vous êtes autorisés à copier, télécharger ou imprimer du contenu OCDE pour votre utilisation personnelle. Vous pouvez inclure des extraits des publications, des bases de données et produits multimédia de l'OCDE dans vos documents, présentations, blogs, sites Internet et matériel d'enseignement, sous réserve de faire mention de la source OCDE et du copyright. Les demandes pour usage public ou commercial ou de traduction devront être adressées à [rights@oecd.org](mailto:rights@oecd.org). Les demandes d'autorisation de photocopier une partie de ce contenu à des fins publiques ou commerciales peuvent être obtenues auprès du Copyright Clearance Center (CCC) [info@copyright.com](mailto:info@copyright.com) ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) [contact@cfcopies.com](mailto:contact@cfcopies.com).