

2.6 L'effet du progrès technique

Ce modèle de base du marché du travail permet de faire des prévisions concernant l'impact du progrès technique ou d'un accroissement de la population active sur le niveau d'emploi d'équilibre.

2.6.1 Une augmentation du progrès technique dans le modèle concurrentiel de base

Pour évaluer l'effet d'un changement technologique pouvant prendre la forme de nouveaux procédés de production, d'une meilleure formation des travailleurs, d'une gestion du personnel plus efficace, ou de la création de nouveaux produits, nous procédons en quatre étapes (voir le graphique situé dans le quadrant de gauche de la Figure 2.20) :

1. Première étape : identifier les courbes qui se déplacent. D'après la fonction de demande de travail (2.19), un changement technologique va déplacer la courbe de demande de travail vers la droite de N_0^D en N_1^D . Pour comprendre pourquoi la demande de travail est plus élevée pour un niveau de salaire réel $(W/P)_0^*$, il suffit de réécrire la règle de décision de demande de travail des entreprises (2.16) avec $A_1 > A_0$:

$$\frac{A_1}{N} > \left(\frac{W}{P}\right)^* = \frac{A_0}{N}. \quad (2.70)$$

En augmentant la capacité productive des travailleurs, le changement technologique élève la productivité du travail au-dessus du salaire réel initial. Le profit marginal devient positif et les entreprises peuvent donc augmenter leurs profits en embauchant de nouveaux travailleurs jusqu'à ce que le supplément de production généré par le dernier travailleur soit juste égal au salaire réel.

2. Deuxième étape : identifier les déséquilibres initiaux. Pour un salaire réel initial $(W/P)_0$, l'accroissement de la demande de travail, du fait d'une plus grande productivité des travailleurs, provoque initialement un excès de demande de travail.
3. Troisième étape : décrire le mécanisme d'ajustement. La concurrence entre les employeurs pour embaucher des travailleurs exercent une pression à la hausse du salaire réel dont l'augmentation élève en retour l'offre de travail. L'économie se déplace le long de la courbe d'offre de travail de E_0 en E_1 : le salaire réel et l'emploi augmentent.
4. Quatrième étape : décrire le nouvel équilibre. Au nouvel équilibre situé en E_1 , l'emploi et le salaire réel sont plus élevés. Ce modèle simple permet d'aller à l'encontre d'une idée reçue selon laquelle le changement technologique est destructeur d'emplois et se traduit par une augmentation du chômage.

L'explication de l'effet positif du progrès technique sur l'emploi dans le modèle concurrentiel de base est la suivante. Le progrès technique pouvant prendre la forme de la création de nouveaux produits ou de gains de productivité améliorent la rentabilité des firmes qui vont alors élargir leur capacité de production en élevant leur demande de travail. Dans le

modèle concurrentiel de base, la firme prend le prix et le salaire comme donnés et choisit la quantité à produire. Pour élever la production, la firme doit embaucher un nouveau travailleur qu'elle paie au taux de salaire W . Ce travailleur supplémentaire permet de produire $\frac{\Delta Y}{\Delta N}$ unités supplémentaires de bien. Donc le coût de produire une unité additionnelle d'un bien en embauchant ce travailleur supplémentaire est donné par le coût marginal :

$$Cm = \frac{W}{\frac{\Delta Y}{\Delta N}}.$$

La hausse de la productivité du travail, en réduisant le Cm en-dessous de la recette marginale encourage la firme à produire davantage en embauchant un nouveau travailleur.

L'impact d'un changement technologique sur l'emploi :

- Si l'on regarde les données, on se rend compte que l'amélioration constante de la productivité n'a pas élevé le taux de chômage. C'est plutôt l'inverse. Par exemple, en France, le taux de chômage a augmenté lors de la phase de ralentissement du progrès technique. Le taux de croissance de l'emploi s'établissait à 0.42% sur la période 1947-1973 et le niveau de technologie progressait à un rythme annuel moyen de 2.2%. De 1973 à 1994, le progrès technique croît en moyenne au rythme de 1% et l'emploi augmente à un rythme de 0.2% puis de 1994 à 2006, le progrès technique augmente de 0.8% et l'emploi de 1%. Le progrès technique ne semble donc pas affecter négativement l'emploi mais ne semble pas l'influencer positivement non plus.
- La raison que l'on peut avancer est la suivante. Il est vrai que le progrès technique détruit des emplois en en créant de nouveaux (les nouveaux produits remplacent les produits existants, les nouveaux emplois se substituent aux anciens). Le phénomène de destruction créatrice nous enseigne que la création de nouveaux produits, de nouvelles méthodes de production ou d'une meilleure gestion du personnel contribuent à détruire des emplois dans les entreprises qui ne s'adaptent pas aux nouvelles conditions technologiques et de demande et parallèlement crée des emplois dans les entreprises plus productives et innovantes. Lorsque le changement technologique affecte négativement une entreprise ou un secteur particulier, il affecte généralement positivement d'autres établissements ou d'autres secteurs de l'économie. Exemples : des emplois sont créés dans les compagnies aériennes à bas coûts et sont détruits dans les compagnies aériennes traditionnelles ; des emplois de secrétaires ont été détruits avec la croissance des NTIC et des emplois ont été créés dans le secteur des services informatiques aux entreprises.
- Le changement technologique s'accompagne de la destruction d'emplois qui sont remplacés par de nouveaux emplois mais également par un changement des qualifications demandées. Le modèle de plein emploi prédit que le progrès technique va avoir un effet positif sur l'emploi et le salaire réel mais le changement technologique s'accompagne d'une **modification dans la composition de la demande de travail**, c'est-à-dire la demande de travailleurs qualifiés s'élève au détriment de la demande de travailleurs non qualifiés car les pays de l'OCDE produisent de plus en plus des biens à fort coefficient de qualification. Ce changement technologique risque donc d'accroître les écarts de revenu entre les personnes les moins qualifiées et les individus plus qualifiés, sous

TABLE 2
BETWEEN-GROUP CHANGES IN WAGES IN THE UK AND THE US

<i>Differential</i>	Late 1960s– Early 1970s		Late 1970s– Early 1980s		Late 1980s– Early 1990s		
	Year	Ratio	Year	Ratio	Year	Ratio	
<i>Educational Differentials (males)</i>							
UK	University/no-qualification	1974	1.64	1980	1.53	1988	1.65
US	College/High school	1969	1.49	1979	1.37	1987	1.51
<i>Occupational Differentials (manufact.)</i>							
UK	Non-manual/manual	1970	1.35	1980	1.31	1990	1.49
US	Non-production/production	1970	1.56	1980	1.53	1990	1.64
<i>Age Differentials</i>							
UK	40–49/21–24	1974	1.27	1980	1.29	1990	1.36
US	45–49/20–24	1970	1.76	1980	1.88	1990	2.14

Source: Machin (1996a), Table 4, p. 52.

FIG. 2.44 – Modifications des salaires aux UK et US en fonction du niveau d'éducation, de la CSP, et de l'âge - Source : Aghion, Caroli et Garcia-Peñalosa (1999) *Journal of Economic Literature*, 37(4), pp. 1615-1660

l'effet du déplacement de la courbe de demande de travail pour les non qualifiés vers le bas. Le différentiel de salaire réel s'est amplifié aux Etats-Unis et au Royaume-Uni. En revanche, dans les pays européens, cette inégalité s'est traduit par un chômage des non qualifiés relativement plus important que le chômage des qualifiés.

2.6.2 Faits empiriques sur la montée des inégalités

Les hausses les plus spectaculaires des inégalités ont eu lieu au UK et aux US. Dans le premier pays, le ratio de salaire entre les 10% les plus riches et les 10% les plus pauvres est passé de 2.53 à 3.21 entre 1980 et 1990, et de 4.76 à 5.63 dans le deuxième pays. Comme le montre le Tableau 2.44 basé sur les calculs de Machin (1996), cet accroissement global des inégalités peut être scindé en trois composantes ; entre les années 1980 et 1990, on a assisté à un accroissement de l'écart de salaire entre : i) les travailleurs ayant un diplôme du supérieur et ceux ayant terminé leurs études au lycée, ii) les cadres et les ouvriers, et iii) les travailleurs âgés et jeunes. L'accroissement des inégalités aux USA est confirmé par la Figure 2.45 qui montre l'évolution de la part des revenus des 10% les plus riches aux USA sur la période 1917-2007 : depuis 1981, leur part est passée de 35% à 50%.

Un premier élément d'explication a trait au développement du commerce international entre pays riches, mieux dotés en travail qualifié, et pays émergents, mieux dotés en travail non qualifié, car le développement du commerce international entre ces deux zones coïncide avec l'accroissement des inégalités dans les premiers pays. D'après le modèle Heckscher-Ohlin, les

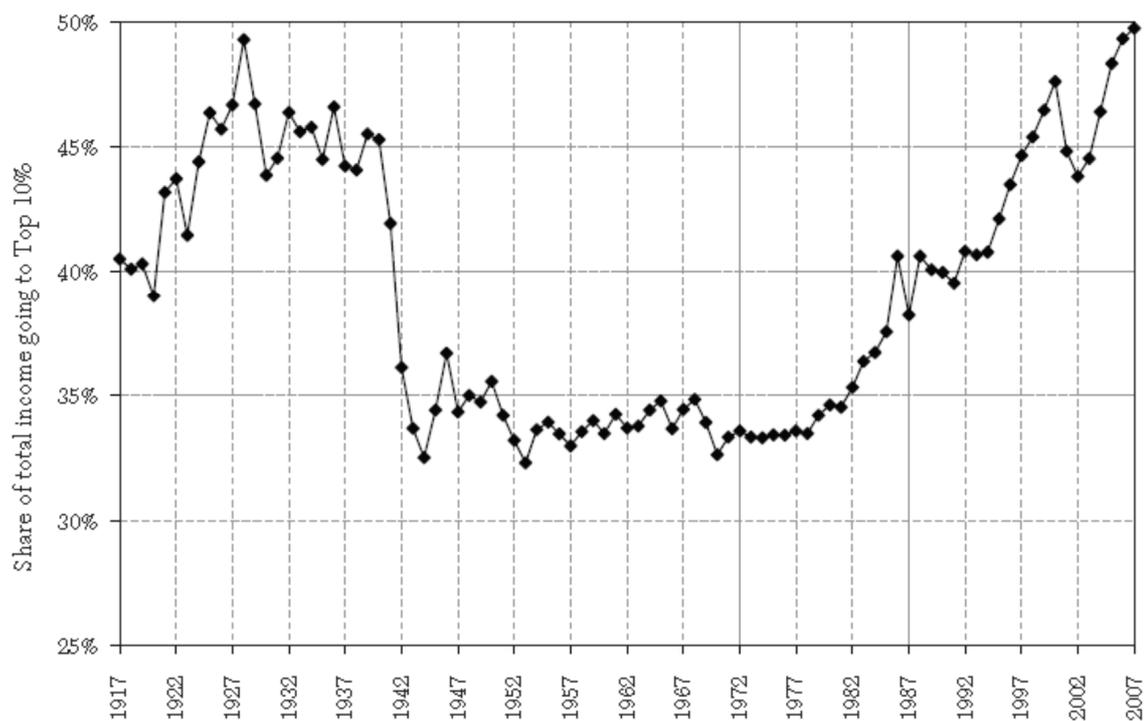


Figure 1. The Top Decile Income Share in the United States, 1917–2007.

Notes: Income is defined as market income including realized capital gains (excludes government transfers). In 2007, top decile includes all families with annual income above \$109,600.

Source: Piketty and Saez (2003), series updated to 2007.

FIG. 2.45 – Evolution de la part des revenus des 10% les plus riches - Source : Piketty and Saez (2003), series updated to 2007

pays riches ont un avantage comparatif dans la production de biens intensifs en travail qualifié car ils sont mieux dotés dans ce type de facteur de production. L'ouverture au libre échange va donc conduire à un accroissement du prix de ce bien relativement à celui utilisant davantage de travail non qualifié ce qui en retour élève le salaire des qualifiés relativement à celui des non qualifiés, augmentant ainsi les inégalités dans les pays riches. Le libre-échange devrait conduire à une réallocation de l'emploi entre les branches utilisant de manière intensive le travail non qualifié et les branches utilisant de manière intensive le travail qualifié. Comme les branches utilisant de manière intensive le travail qualifié voient la demande s'adressant à leurs produits s'élever, la réallocation du travail devrait élever la part de l'emploi employé par ces industries dans l'emploi total industriel. Mécaniquement, la hausse de l'emploi qualifié serait dû à l'accroissement du poids de ces branches (qui utilisent de manière intensive le travail qualifié) dans l'industrie. Parallèlement, une deuxième explication s'est développée en se fondant sur le progrès technique. Plus précisément, la hausse de la productivité des travailleurs qualifiés relativement à celle des travailleurs non qualifiés aurait conduit à un accroissement de la demande de travailleurs qualifiés (nous verrons sous certaines conditions) ce qui aurait élevé l'emploi de cadres relativement à celui des ouvriers. En d'autres termes, la production devient plus intensive en travail qualifié ce qui élève à la fois la part de l'emploi qualifié et leur salaire. L'idée sous-jacente est que le capital est complémentaire au travail qualifié et comme les firmes ont augmenté l'investissement en capital dans les années 1980 et 1990, notamment sous l'essor des nouvelles technologies de l'information et de la communication, ce qui a élevé la productivité des travailleurs qualifiés et donc la demande s'adressant à ce type de travailleurs.

Berman, Bound et Griliches (1994) ont cherché à évaluer le poids respectif de ces deux explications en décomposant la variation moyenne de la part de cadres dans l'emploi total des branches industrielles. En notant $s_i = \frac{S_i}{N_i} = \frac{S_i}{S_i+U_i}$ (avec S les qualifiés et U les non qualifiés) la part des cadres dans l'emploi total de la branche industrielle i , et $E_i = \frac{N_i}{\sum_j N_j}$ la part de l'emploi de cette branche industrielle dans l'emploi total industriel, la variation de la part de l'emploi des cadres peut être scindée en deux composantes :

$$\Delta s = \sum_{j=1}^J \Delta E_j \bar{s}_j + \sum_{j=1}^J \Delta s_j \bar{E}_j, \quad (2.71)$$

où une barre au-dessus de la variable indique que cette variable est maintenue constante sur la période. Le premier terme du membre de droite reflète la variation de la part de l'emploi de la branche industrielle j ce qui permet de capter l'accroissement de la demande de travail qualifié provoqué par le libre échange. Le deuxième terme reflète traduit la variation de l'intensité du travail qualifié dans la branche j ce qui traduit davantage l'effet du progrès technique biaisé vers les travailleurs qualifiés.

Berman, Bound et Griliches (1994) trouvent que la deuxième composante liée au progrès technique biaisé représente 70% de l'accroissement de la part des cadres dans l'emploi total entre 1979 et 1987 aux USA. Pour le UK, Machin (1996) trouve que la contribution de cette composante atteint 82% entre 1979 et 1990. Donc une part faible de l'accroissement de la part des cadres est dû aux réallocations inter-sectorielles. Berman, Bound et Machin (1998) ont

prolongé leur analyse au salaire et ont élargi leur étude en considérant deux périodes : 1970-1980 et 1980-1990. Le Tableau 2.46 confirme les résultats précédents des auteurs (ceux de 1994 cités ci-dessus) : les résultats indiquent que la hausse de la demande globale de travailleurs qualifiés s'opère davantage au sein de chaque branche industrielle plutôt que par le biais de l'accroissement du poids de la branche dans l'industrie. Les dernières lignes des colonnes (1) et (4) indiquent qu'en moyenne, la part de l'emploi des cadres a augmenté de 4 (= 0.4×10) points de pourcentage sur la période 1970-1980 et de 2.8 points de pourcentage sur la période 1980-1990. Les chiffres dans la colonne '% within' montrent qu'en moyenne, le progrès technique biaisé serait responsable à hauteur de 85-92% selon la période de l'accroissement de la part des cadres dans l'emploi total. Les chiffres de cette colonne sont calculés en calculant le rapport suivante :

$$\frac{\sum_{j=1}^J \Delta s_j \bar{E}_j}{\Delta s}$$

En d'autres termes, les branches deviennent davantage intensives en travail qualifié à poids donné de la branche dans l'industrie.

Le Tableau 2.47 décompose la variation du salaire des cadres en deux parties : i) une partie de l'accroissement des salaires provenant du poids plus élevé des industries employant de manière intensive du travail qualifié (cet effet est capté en calculant la variation de la masse salariale de l'industrie i dans la masse salariale de l'industrie), et ii) une autre partie s'explique par l'accroissement de la masse salariale des cadres dans la masse salariale totale pour un niveau inchangé sur la période du poids de l'industrie i dans la masse salariale totale de l'industrie. On note $\omega_i^S = \frac{W^S S_i}{W N_i} = \frac{W^S S_i}{W^S S_i + W^U U_i}$ (avec W^S les salaires des qualifiés et W^U les salaires des non qualifiés) la part des cadres dans l'emploi total de la branche industrielle i , et $\beta_i = \frac{W N_i}{\sum_j W N_j}$ la part de l'emploi de cette branche industrielle dans la masse salariale totale industrielle, la variation de la part de la masse salariale des cadres peut être scindée en deux composantes :

$$\Delta \omega^S = \sum_{j=1}^J \Delta \beta_j \cdot \bar{\omega}_j^S + \sum_{j=1}^J \Delta \omega_j^S \cdot \bar{\beta}_j, \quad (2.72)$$

où le premier terme représente la hausse du poids de la masse salariale des cadres entraînée par l'accroissement du poids des branches utilisant de manière intensive le travail qualifié, et le deuxième terme représente la hausse de la part de la masse salariale des cadres engendrée par l'accroissement des salaires payés aux travailleurs qualifiés à poids donné de la branche j dans l'industrie. La colonne '% within' indique l'accroissement de la part de la masse salariale des cadres si le poids de la branche dans l'industrie était resté inchangé. Les chiffres montrent que 80% de la montée des inégalités a été entraînée par l'accroissement du salaire (à poids inchangé de la branche dans l'industrie), le reste ayant été entraîné par l'accroissement du poids des branches utilisant de manière intensive le travail qualifié (20% environ). Donc le progrès technique biaisé vers le travail qualifié expliquerait la plus grande partie de la montée des inégalités dans les années 1980-1990. Borjas, Freeman et Katz (1992) obtiennent un résultat similaire : ils trouvent que l'accroissement des importations aux USA n'est responsable de la hausse de la prime de qualification qu'à hauteur de 15%. Le Tableau 2.47 confirme également

Country	1970-1980			1980-1990			Note
	Change in % non-production (annualized)	% within	Change in wage ratio (%)	Change in % nonproduction (annualized)	% within	Change in wage ratio (%)	
U. S.	0.20	81	-2	0.30	73	7	
Norway	0.34	81	-3	—	—	—	1970,80,n/a
Luxembourg	0.57	90	6	0.30	144	12	
Sweden	0.26	70	3	0.12	60	-3	
Australia	0.40	89	-17	0.36	92	2	1970,80,87
Japan	—	—	—	0.06	123	3	n/a*,81,90
Denmark	0.44	86	-11	0.41	87	7	1973,80,89
Finland	0.42	83	-11	0.64	79	-2	
W. Germany	0.48	93	5	—	—	—	1970,79,n/a
Austria	0.46	89	7	0.16	68	7	1970,81,90
U. K.	0.41	91	-3	0.29	93	14	
Belgium	0.45	74	6	0.16	96	-5	1973,80,85
Average	0.40	84.3	-1.8	0.28	91.5	4.2	

a. The change in aggregate proportion of nonproduction workers can be decomposed into a component due to reallocation of employment between industries with different proportions of skilled workers and a net effect due to changes in the proportion of skilled workers within industries. The percentage within is calculated by dividing the second term of equation (2) in the text by the sum of both terms.

b. Source: United Nations General Industrial Statistics Database.

c. There are 28 industries in this classification for all countries except Belgium (30), W. Germany (23), Japan (27), Luxembourg (8 in 1970-1980, 6 in 1980-1990), and Norway (26). For these countries aggregate change and "within" calculations are based upon the reduced set of industries. Appendix 2 includes an industry list. See the Data Appendix for details.

* The sampling frame changed for Japanese data between 1970 and 1981.

FIG. 2.46 – Accroissement de l'utilisation des travailleurs qualifiés relativement aux travailleurs non qualifiés dans les branches industrielles. Source : Berman, Bound and Machin (1998) Implications Of Skill-Biased Technological Change : International Evidence. *The Quarterly Journal of Economics*, 113(4), pp. 1245-1279.

l'accroissement de la prime de qualification au cours des années 1980 dans la majorité des pays (dans 7 pays sur 10), sauf en Belgique, Finlande et Suède.

2.6.3 Le progrès technique biaisé vers le travail qualifié

Bien qu'il soit couramment admis que le progrès technique conduise à une demande accrue de travail qualifié, certains arguments peuvent affaiblir cette relation. Braverman (1974) et Marglin (1974) soutiennent que le changement technologique au 19^{ème} siècle a consisté à une plus grande spécialisation des tâches en les simplifiant, ces tâches étant antérieurement accomplies par les artisans ayant des compétences élevées pour accomplir leur métier. Bien que la croissance lors de la révolution industrielle semble avoir accrue la demande de travail non qualifié, en scindant le processus de production d'un bien relativement complexe en diverses tâches, chacune nécessitant moins de compétences qu'un artisan qualifié, les chiffres avancés par Goldin et Katz (1998) suggèrent que la croissance des années 1980 et 1990 s'est, en revanche, davantage bâtie sur l'utilisation croissance du capital et du travail qualifié : alors que l'emploi non qualifié est stable de 1959 à 1989, l'emploi des qualifiés et le capital s'élèvent fortement.

Country	1970-1980			1980-1990			Note
	Change in % nonproduction (annualized)	% within	Change in wage ratio (%)	Change in % nonproduction (annualized)	% within	Change in wage ratio (%)	
U. S.	0.19	86	-2	0.51	76	7	
Norway	0.33	76	-3	—	—	—	1970,80,n/a
Luxembourg	0.90	95	6	0.73	123	12	
Sweden	0.38	81	3	0.07	25	-3	
Australia	0.07	51	-17	0.42	92	2	1970,80,87
Japan	—	—	—	0.14	84	3	n/a*,81,90
Denmark	0.12	42	-11	0.64	89	7	1973,80,89
Finland	0.27	82	-11	0.70	83	-2	
W. Germany	0.67	95	5	—	—	—	1970,79,n/a
Austria	0.69	93	7	0.36	76	7	1970,81,90
U. K.	0.39	91	-3	0.62	92	14	
Belgium	0.77	86	6	-0.06	92	-5	1973,80,85
Average	0.43	79.8	-1.8	0.41	83.2	4.2	

a. The change in aggregate wage bill share of nonproduction workers can be decomposed into a component due to reallocation of wage bill between industries with different shares of skilled workers and another due to change in the share of skilled workers within industries. The percentage within is calculated by dividing the second term of the following decomposition by the sum.

$$\Delta S_n^* = \sum_j \Delta W_j^* \bar{S}_n^* + \sum_j \Delta S_{nj}^* \bar{W}_j^*$$

where

$$S_n^* = \frac{W_n S}{W_n S + W_p Z}, \quad W_j^* = \frac{W Z_j}{\sum_j W Z_j}$$

and an overstrike indicates a simple average over time.

b. Source: United Nations General Industrial Statistics Database.

c. There are 28 industries in this classification for all countries except Belgium (20), W. Germany (23), Japan (27), Luxembourg (9 in 1970-1980, 6 in 1980-1990), and Norway (28). For these countries aggregate change and "within" calculations are based upon the reduced set of industries. Appendix 2 includes an industry list. See the Data Appendix for details.

* The sampling frame changed for Japanese data between 1970 and 1981.

FIG. 2.47 – Accroissement moyen du salaire des travailleurs qualifiés relativement aux travailleurs non qualifiés dans les branches industrielles. Source : Berman, Bound and Machin (1998) Implications Of Skill-Biased Technological Change : International Evidence. *The Quarterly Journal of Economics*, 113(4), pp. 1245-1279.

Un large pan de la littérature met en avant le progrès technique pour expliquer l'inégalité accrue en termes de revenu entre les différents groupes de travailleurs. Plus précisément, les nouvelles technologies sont, de par leur nature, complémentaires du travail qualifié, et l'accroissement de l'utilisation de nouvelles technologies dans les années 1980 et 1990 a engendré l'utilisation intensive de travail qualifié. En utilisant des données du secteur manufacturier, Berman, Bound et Griliches (1994) trouvent que l'utilisation croissante d'équipement informatique (comme une part de l'investissement) ainsi que la hausse des dépenses en R&D ont eu un effet positif significatif sur l'accroissement des salaires qualifiés, ces deux facteurs contribuant à hauteur de 70% entre 1979 et 1987. Katz et Krueger (1997) confirment ces résultats. En utilisant des données micro au niveau de la firme, Dunne, Haltiwanger, et Troske (1996) montrent, en utilisant des données américaines, que les changements de stock de R&D ont eu un effet positif et significatif sur l'intensité croissante de la production en travail qualifié.

Alors que la littérature précédente considère que l'accroissement de la demande de travail qualifié est entraîné par l'utilisation croissante de NTIC et le fait que la production devient plus intensive en R&D, Acemoglu (2002) met plutôt en avant le rôle l'offre de travail qualifié. L'argument avancé par Acemoglu (2002) pour expliquer ces deux phases de croissance des pays riches, cad lors de la révolution industrielle au 19^{ème} siècle et à partir des années 1970 est le suivant. Au 19^{ème} siècle, les gains de productivité élevés dans le secteur agricole et la mécanisation croissante de ce secteur a permis de relâcher une grande quantité de main d'oeuvre peu qualifiée ce qui a rendu le coût de ce travail peu élevé et donc a conduit les firmes à adopter une technologie biaisée vers le travail non qualifié qui a pris la forme d'une spécialisation des tâches. A l'inverse, depuis le début des années 1970, on assiste à une offre accrue de travail qualifié ce qui a incité les firmes à développer des technologies qui sont complémentaires du travail qualifié. En d'autres termes, l'offre de travail qualifié a augmenté la taille du marché des biens d'équipement pouvant être utilisés par des travailleurs qualifiés. Le mécanisme est le suivant : un accroissement du nombre de travailleurs qualifiés élève la production de biens intensifs en travail qualifiés ce qui diminue leur prix relativement aux biens intensifs en travail non qualifié ; si la demande de biens intensifs en travail qualifié est suffisamment sensible à la baisse de prix, la dépense en biens intensifs en travail qualifié va s'élever relativement à la dépense en biens intensifs en travail non qualifié ce qui incite les firmes à développer de nouveaux produits intensifs en travail qualifié (ici, le progrès technique est capté par la variété de biens). Il s'ensuit une hausse de la demande de travail qualifié qui élève la prime de qualification.

2.6.3.1 Les faits empiriques

Résumé des faits empiriques :

1. L'offre de travail qualifié a considérablement augmenté à partir des années 1960, et dans le même temps, le rendement de l'éducation s'est également accru comme le montre la Figure 2.48 qui trace le ratio des travailleurs avec un diplôme du supérieur aux travailleurs n'en ayant pas : 20% en 1959 et 70% en 1996.

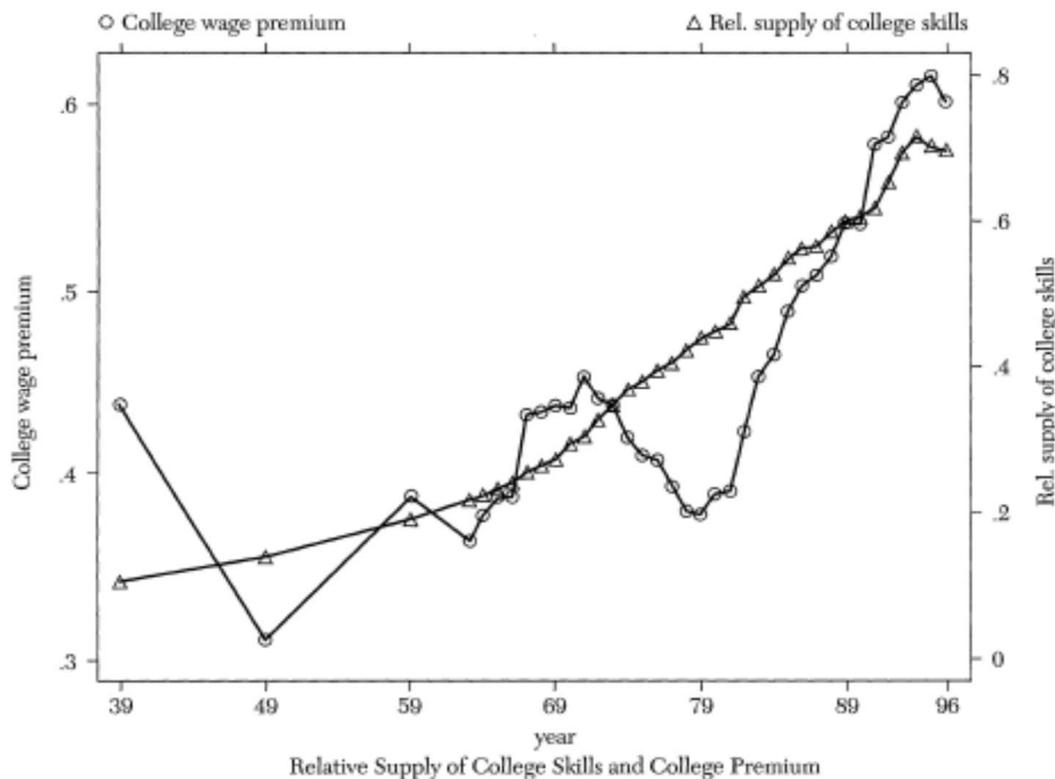


FIG. 2.48 – Offre relative de travail qualifié et prime d'éducation. Source : Acemoglu (2002) *Journal of Economic Literature*, 40(1), pp. 7-72

2. Toutefois, les rendements de l'éducation ont connu une diminution dans les années 1970 qui coïncident avec l'accroissement de l'offre de travail qualifié, comme le montre la Figure 2.48 : le salaire des travailleurs qualifiés était de 40% supérieur à celui des non qualifiés en 1960 et 35 ans plus tard, l'écart est monté à 60%.
3. Globalement, les inégalités salariales se sont accrues de manière marquée à partir du début des années 1970 comme le montre la Figure 2.49 qui trace l'évolution des salaires des travailleurs faisant partie des 10% les mieux payés (90ième percentile), des 10% les moins bien payés (10ième percentile), et du salaire médian (50ième percentile : c'est le salaire qui partage la population des travailleurs en deux parties égales). Les salaires médians ont stagné de 1975 à 1997. Les salaires des travailleurs peu qualifiés ont diminué en termes réels à partir des années 1970.

Il s'agit maintenant d'expliquer la montée des inégalités dans les années 1990, ces inégalités étant notamment reflétées par un accroissement de la prime de qualification :

- Acemoglu (2002) appuie son raisonnement en considérant un progrès technique endogène. L'idée est que c'est la forte augmentation de l'offre de travail qualifié qui est à l'origine de l'adoption de technologies complémentaires au travail qualifié. Un déterminant clef de la rentabilité de ces nouvelles technologies est la taille du marché : l'accroissement de l'offre de travail qualifié permet de rendre rentable la production de nouvelles variétés de biens d'équipement en contenant la hausse du coût du travail.



FIG. 2.49 – Salaires de trois catégories de travailleurs (1963-1997). Source : Acemoglu (2002) *Journal of Economic Literature*, 40(1), pp. 7-72

L'offre de travail qualifié alimente la demande de travail qualifié en présence de progrès technique endogène. Et par ce biais, ce progrès technique endogène accroît les inégalités, toutefois sous certaines conditions qu'il s'agira de déterminer.

- L'argument d'Acemoglu (2002) est d'autant plus convaincant que l'on observe un fort accroissement de l'offre de travail qualifié aux USA dans les années 1970 ; en supposant que le progrès technique endogène A^H/A^L répond lentement à un élargissement de la taille du marché, une hausse de l'offre de travail qualifié va d'abord réduire la prime de qualification car l'offre de travail qualifié l'emporte sur la demande qui augmente peu ; puis à mesure que le progrès technique s'accélère au cours des années, la demande l'emporte sur l'offre et va donc faire augmenter la prime de qualification.
- Pour aboutir à ce résultat, on procède en quatre étapes :
 1. On développe d'abord un modèle avec progrès technique biaisé vers le travail qualifié pour déterminer la condition sous laquelle la prime de qualification s'élève.
 2. Ensuite, en utilisant les données sur l'offre de travail qualifié ainsi que la masse salariale des qualifiés relativement à celle des non qualifiés, le modèle est simulé de façon à évaluer dans quelle mesure le progrès technique biaisé s'est accéléré dans les années 1990, engendrant un accroissement des inégalités.
 3. Comme l'élasticité de substitution entre travailleurs qualifiés et non qualifiés au niveau de la technologie de production joue un rôle majeur à la fois au niveau de la condition de la hausse de la prime de qualification et de l'accélération du progrès technique biaisé, on estime sa valeur de manière empirique.
 4. Enfin, on développe un modèle permettant d'endogénéiser le progrès technique biaisé. On montre que la demande de biens intensifs en travail qualifié doit être suffisamment sensible au prix relatif pour encourager le développement de nouvelles technologies intensives en travail qualifié, cet investissement engendrant une forte demande pour ce type de travail et donc une hausse de la prime de qualification.

2.6.3.2 Progrès technique biaisé et prime de qualification

On suppose que les deux types de travail sont pleinement utilisés :

$$L = \bar{L}, \quad H = \bar{H}, \quad (2.73)$$

où \bar{L} et \bar{H} sont l'offre de travail des deux catégories de travailleurs. On considère un bien final qui est produit en quantité Y à l'aide de travail qualifié H et de travail non qualifié L :

$$Y = \left[\gamma (B \times H)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\gamma) (A \times L)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}, \quad (2.74)$$

où B est la productivité des travailleurs qualifiés, H , et A la productivité des travailleurs non qualifiés, L . Lorsque $B = A$, alors le progrès technique $Z = B = A$ est dit neutre au sens de Hicks car les deux types de travailleurs seront affectés de la même façon (la demande de travail) par une hausse de $Z = B = A$. Un progrès technique neutre au sens de Hicks

laisse inchangée la répartition du produit entre rémunération du capital et rémunération du travail ce qui n'est pas le cas avec progrès technique biaisé à condition que $\sigma \neq 1$. En d'autres termes, il faut deux ingrédients pour modifier la prime de qualification : i) il faut que le progrès technique soit biaisé ce qui rend le facteur de production moins coûteux, et ii) il faut que les deux facteurs de production soient suffisamment substituables pour que la demande de travail s'adressant au facteur le plus productif augmente et ainsi élève son salaire.

Avec une fonction de production Cobb-Douglas :

$$Y = (B \times H)^\alpha \cdot (A \times L)^{1-\alpha},$$

et en notant $W^H = \alpha \frac{Y}{H} = \alpha \cdot B \cdot \left(\frac{AL}{BH}\right)^{1-\alpha}$ le salaire des qualifiés et $W^L = (1-\alpha) \frac{Y}{L} = (1-\alpha) \cdot A \cdot \left(\frac{AL}{BH}\right)^{-\alpha}$ le salaire des non qualifiés qui égalisent les productivités marginales respectives des deux types de travailleurs, on obtient que le rapport des masses salariales est indépendante du progrès technique bien qu'il soit biaisé :

$$\frac{W^H H}{W^L L} = \frac{\alpha}{1-\alpha}.$$

Lorsque B/A augmente de 1%, cela élève la productivité marginale des travailleurs qualifiés mais cela accroît également mécaniquement leur offre relativement aux travailleurs non qualifiés. Avec $\sigma = 1$, ces deux effets se compensent laissant inchangé le poids de la masse salariale des travailleurs qualifiés. En revanche, si $\sigma > 1$, la demande de travail devient élastique au progrès technique biaisé : le fait que les travailleurs qualifiés deviennent moins coûteux l'emporte sur l'accroissement de la quantité de travail qualifié disponible rendu possible par la hausse de la productivité.

Le paramètre σ représente l'élasticité de substitution entre les deux types de travail ; d'une manière générale, l'élasticité de substitution dans la production indique de combien l'utilisation d'un facteur quand son prix augmente de 1% relativement à celui de l'autre facteur ; en notant $h \equiv H/L$ le ratio du travail qualifié au travail non qualifié, et W^j le taux de salaire de la catégorie de travail $j = H, L$, l'élasticité σ mesure de combien diminue le ratio h lorsque le coût relatif du travail qualifié $\omega = W^H/W^L$ augmente de 1% :

$$\sigma \equiv -\frac{d \ln h}{d \ln \omega}.$$

Lorsque $\sigma > 1$, une hausse de 1% du salaire relatif des qualifiés va entraîner une baisse plus que proportionnelle de la demande de travail qualifié (de plus de 1%), si bien que le ratio $\frac{W^H H}{W^L L}$ va baisser : on dit que le travail qualifié et le travail non qualifié sont des substituts.

Une fonction de production est à **rendements d'échelle constants** lorsqu'elle est homogène de degré 1 : $\lambda^1 Y = F[\lambda B H, \lambda A L]$:

$$\begin{aligned} & \left[\gamma (\lambda B H)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\gamma) (\lambda A L)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}, \\ & = \left\{ \lambda^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \left[\gamma (B H)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\gamma) (A L)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right] \right\}^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} = \lambda^1 Y. \end{aligned} \quad (2.75)$$

Sous la condition de rendements d'échelle constants, le théorème d'Euler implique que la production est égale à la somme des contributions de chaque facteur de production :

$$Y \equiv \frac{\partial Y}{\partial H} H + \frac{\partial Y}{\partial L} L.$$

L'hypothèse de concurrence parfaite sur les marchés des biens et des facteurs de production implique que les facteurs de production sont rémunérés à leur productivité marginale :

$$Y \equiv W^H H + W^L L. \quad (2.76)$$

On suppose qu'il existe un seul bien final dont nous normalisons le prix $P = 1$. Les firmes déterminent la demande de travail s'adressant aux deux types de travailleurs en égalisant la valeur de la productivité marginale du travail au salaire de la catégorie de travail considérée :

$$\frac{\partial Y}{\partial H} = \gamma (B)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} (H)^{-\frac{1}{\sigma}} (Y)^{\frac{1}{\sigma}} = W^H, \quad (2.77a)$$

$$\frac{\partial Y}{\partial L} = (1 - \gamma) (A)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} (L)^{-\frac{1}{\sigma}} (Y)^{\frac{1}{\sigma}} = W^L, \quad (2.77b)$$

En divisant le revenu marginal du travail peu qualifié (2.77b) par le revenu marginal du travail qualifié (2.84), on obtient la demande de travail qualifié en terme de travail non qualifié

$$\begin{aligned} h^D \equiv \left(\frac{H}{L}\right)^D &\equiv \left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right)^\sigma \left(\frac{B}{A}\right)^{\sigma-1} \left(\frac{W^L}{W^H}\right)^\sigma, \\ &= \equiv \left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right)^\sigma \left(\frac{B}{A}\right)^{\sigma-1} \omega^{-\sigma}, \end{aligned} \quad (2.78)$$

où $\omega \equiv W^H/W^L$. Comme l'offre de travail qualifié relativement à celle de non qualifié, $\left(\frac{H}{L}\right)^S$ est fixe, le marché du travail implique que c'est l'offre (fixe) qui détermine les quantités relatives demandées de travail (et donc le salaire réel $\omega \equiv W^H/W^L$) s'ajuste :

$$h^D = h^S = \frac{\bar{H}}{\bar{L}}. \quad (2.79)$$

En combinant (2.78) et (2.79), on obtient le salaire relatif assurant l'équilibre sur le marché du travail :

$$\omega \equiv \frac{W^H}{W^L} = \left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right) \left(\frac{\bar{H}}{\bar{L}}\right)^{-\frac{1}{\sigma}} \left(\frac{B}{A}\right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}. \quad (2.80)$$

En appliquant le logarithme aux membres de gauche et de droite de (2.80), on obtient une expression nous permettant d'analyser l'ajustement du salaire relatif du travail qualifié à la suite de variations de la productivité relative du travail qualifié B/A ou de l'offre relative de travail qualifié \bar{H}/\bar{L} :

$$\ln \omega = \ln \left(\frac{\gamma}{1-\gamma}\right) + \left(\frac{\sigma-1}{\sigma}\right) \ln \left(\frac{B}{A}\right) - \frac{1}{\sigma} \ln \left(\frac{\bar{H}}{\bar{L}}\right). \quad (2.81)$$

On appelle prime de qualification un écart $\omega > 1$. D'après (2.81), la prime de qualification résultant de la demande de travail qualifié et non qualifié de la firme représentative produisant le bien final s'écrit comme une fonction i) croissante du progrès technique biaisé vers le travail qualifié B/A à condition que les deux facteurs de production soient suffisamment substituables ce qui est reflété par une élasticité de substitution $\sigma > 1$ et ii) une fonction décroissante de l'offre de travail qualifié \bar{H}/\bar{L} .

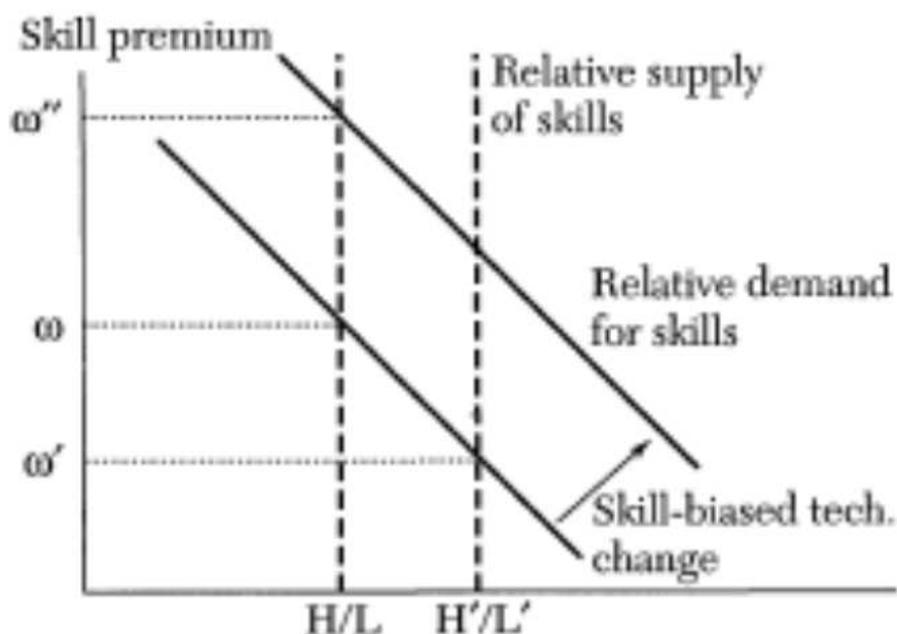


FIG. 2.50 – La demande relative de travail qualifié. Source : Acemoglu (2002) *Journal of Economic Literature*, 40(1), pp. 7-72

Bien que H/L ait augmenté rapidement entre 1970 et 2000, la prime de qualification n'a pas baissé, suggérant une demande accrue de travail qualifié lors de cette période. La Figure 2.50 illustre ce point. Elle porte le travail qualifié en termes de travail non qualifié H/L sur l'axe horizontal et la prime de qualification ω sur l'axe vertical :

- L'offre relative de travail qualifié (eq. (2.78)) est représentée par une droite verticale et la demande relative de travail qualifié par une droite décroissante de pente $-1/\sigma$. L'accroissement de l'offre relative de travail qualifié a déplacé la droite verticale vers la droite ce qui a exercé une pression à la baisse sur la prime de qualification qui diminue de ω à ω' . L'effet d'un accroissement de l'offre sur la prime de qualification dépend de la valeur de σ : plus l'élasticité σ est élevée, plus les deux types de travail sont facilement substituables et donc l'entreprise pourra embaucher les travailleurs qualifiés supplémentaires en contrepartie d'un salaire qui décroît peu. En revanche, si $\sigma < 1$, l'entreprise embauchera le surplus de travail qualifié mais en exigeant une forte baisse des salaires car il est coûteux pour les firmes de les embaucher (car ils sont peu substituables au travail non qualifié).
- En supposant que $\sigma > 1$, une hausse de la productivité relative des travailleurs qualifiés (B/A augmente) déplace la courbe de demande vers la droite (eq. (2.78)). Si les deux catégories de travailleurs sont suffisamment substituables dans le processus de production (σ prend des valeurs élevées), la productivité plus importante des travailleurs qualifiés élève leur demande de travail et donc leur salaire relativement à ceux des travailleurs non qualifiés. En d'autres termes, une hausse de B/A de 1% élève la demande H/L seulement si les $\sigma > 1$: la raison est qu'une hausse de B/A diminue le coût d'embauche des travailleurs qualifiés mais agit également comme une augmentation de

	Employment Share						Wage Bill Share					
	Some college		College graduate		College equivalent		Some college		College graduate		College equivalent	
1940	6.4		6.1		9.3		8.9		12.3		16.7	
1950	9.5		7.7		12.4		11.0		11.9		17.4	
1960	12.5		10.1		16.4		14.1		16.4		23.4	
1970	16.4		13.4		21.5		16.5		21.5		29.7	
1980	23.6		19.2		31.0		22.4		28.1		39.3	
1990	30.8		24.0		39.3		28.5		36.7		51.0	
	$\sigma = 1.4$						$\sigma = 2$					
	Some college		College graduate		College equivalent		Some college		College graduate		College equivalent	
	$\frac{A_h}{A_l}$	D	$\frac{A_h}{A_l}$	D	$\frac{A_h}{A_l}$	D	$\frac{A_h}{A_l}$	D	$\frac{A_h}{A_l}$	D	$\frac{A_h}{A_l}$	D
1940	0.004	0.21	0.016	0.31	0.035	0.38	0.140	0.37	0.303	.055	0.392	0.63
1950	0.006	0.24	0.011	0.28	0.030	0.37	0.146	0.38	0.219	0.47	0.313	0.56
1960	0.013	0.29	0.030	0.37	0.080	0.48	0.189	0.43	0.343	0.59	0.476	0.69
1970	0.017	0.32	0.069	0.47	0.179	0.61	0.199	0.45	0.485	0.70	0.652	0.81
1980	0.042	0.40	0.157	0.59	0.486	0.81	0.270	0.52	0.643	0.80	0.933	0.97
1990	0.090	0.50	0.470	0.81	1.777	1.18	0.357	0.60	1.064	1.03	1.673	1.29

Note: The first panel gives the ratio of the employment of skilled relative to unskilled workers, and the wage bill of skilled to unskilled workers for the corresponding skill categories. These data are taken from Autor, Katz, and Krueger (1998). Some college refers to those with more than high school (hence the measure is those with more than high school divided by those with high school or less). College graduate refers to all those with a college degree, and college equivalent is defined, as in Autor et al., as those with a college degree + 0.5 × those with some college (correspondingly, the unskilled are defined as those with high school and less + 0.5 × those with some college). The bottom panel gives the implied technology shifts using equation (9) above for different values of the elasticity of substitution. The demand index D is defined as $(A_h/A_l)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}$.

FIG. 2.51 – Ratio de l’emploi qualifié à l’emploi non qualifié, H/L , et masse salariale des qualifiés à la masse salariale des non qualifiés. Calcul de B/A en utilisant (2.89); $B/A = \frac{S_H^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{H/L}$; le terme $D \equiv (B/A)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}$ reflète l’évolution de la demande de travail biaisé vers le travail qualifié. Source : Acemoglu (2002) *Journal of Economic Literature*, 40(1), pp. 7-72

Dependent variable is log college premium					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Relative supply	-0.742 (0.053)	-0.388 (0.037)	-0.610 (0.068)	-0.691 (0.100)	-0.740 (0.054)
Time	0.026 (0.002)			0.022 (0.007)	0.024 (0.005)
Log relative price		-0.323 (0.024)		-0.051 (0.084)	
Relative price			-0.875 (0.086)		-0.056 (0.167)
Adjusted R ²	0.900	0.864	0.795	0.898	0.897

Note: This table reports the regression of the log college premium on a linear time trend, the log relative supply of skilled workers and various measures of the relative price of equipment capital. For comparability, all data taken from Krusell et al. (2000).

FIG. 2.52 – L’effet du prix relatif des biens d’équipement sur la prime de qualification. Source : Acemoglu (2002) *Journal of Economic Literature*, 40(1), pp. 7-72

leur offre ce qui nécessite que la technologie de production puisse être suffisamment souple pour utiliser ce surplus de travail : la demande de travail qualifié s’élève si la technologie de production permet de remplacer facilement les travailleurs non qualifiés par des travailleurs qualifiés.

En revanche, si $\sigma < 1$, le fait que les travailleurs qualifiés deviennent plus productifs permet à l’entreprise d’économiser ce type de travail et d’embaucher davantage de travailleurs non qualifiés. Cet effet est peu plausible car combiné à l’offre relative de travail qualifié, le salaire baisserait au-delà de ω' sur la Figure 2.50.

Salaire moyen

On peut calculer le salaire moyen en rapportant la masse salariale à l’emploi total en utilisant le fait que la fonction de production est à rendements d’échelle constants ce qui implique que $Y = W^L L + W^H H$ (utiliser (2.84) et (2.77b) ce qui donne $\frac{\partial Y}{\partial H} \times H + \frac{\partial Y}{\partial L} \times L = Y^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \times Y^{\frac{1}{\sigma}} = Y$) :

$$w = \frac{W^L L + W^H H}{L + H} = \frac{Y}{L + H} = \frac{y}{1 + h}, \quad (2.82)$$

où $y = Y/L$ est la production par travailleur non qualifié qui est obtenue en divisant la fonction de production (2.74) par le travail non qualifié L ; la production par travailleur non qualifié y est croissante avec $h = H/L$:

$$y \equiv \frac{Y}{L} = \left[\gamma (Bh)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1 - \gamma) (A)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}, \quad (2.83)$$

Comme y est croissante avec le h . Pour le voir, il faut différentier (2.83) et utiliser le fait l'expression de la part distributive du travail qualifié $s_H = \frac{W^H H}{Y}$ que l'on obtient (2.84) par $\frac{H}{Y}$:

$$\begin{aligned} s_H &= \frac{\partial Y}{\partial H} \times \frac{H}{Y}, \\ &= \gamma (BH)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} (Y)^{\frac{1}{\sigma}-1}, \\ &= \frac{\gamma (BH)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{Y^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}, \end{aligned} \quad (2.84)$$

ce qui aboutit finalement à :

$$s_H = \frac{\gamma (BH)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{\gamma (BH)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\gamma) (AL)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}} = \frac{\gamma (Bh)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{(y)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}. \quad (2.85)$$

En appliquant le logarithme à (2.85) et en différentiant par rapport à la productivité des travailleurs qualifiés B , on obtient :

$$\begin{aligned} d \ln s_H &= \left(\frac{\sigma-1}{\sigma} \right) \cdot \left[1 - \frac{\partial \ln y}{\partial \ln B} \right] \cdot d \ln B, \\ &= \left(\frac{\sigma-1}{\sigma} \right) \cdot (1 - s_H) \cdot d \ln B, \end{aligned}$$

où $\frac{\partial \ln y}{\partial \ln B} = s_H$. La relation ci-dessus indique qu'un accroissement de la productivité des travailleurs qualifiés élève le poids de la masse salariale de ce type de travailleurs ssi $\sigma > 1$ car dans cette configuration, la demande de travail s'adressant aux travailleurs qualifiés s'élève.

En utilisant (2.85), le taux de variation de y en fonction de h est décrit par :

$$\frac{dy}{y} = s_H \frac{dh}{h}. \quad (2.86)$$

en différenciant totalement (2.82) puis en substituant (2.86), on obtient le taux de variation du salaire moyen :

$$\frac{dw}{w} = \frac{dy}{y} - \frac{h}{1+h} \frac{dh}{h} = \left(s_H - \frac{H}{H+L} \right) \times \frac{dh}{h}. \quad (2.87)$$

Le salaire moyen va être croissant avec h lorsque la part distributive du travail qualifié s_H est supérieure à la part du travail qualifié dans l'emploi total. Intuitivement, à mesure que le travail qualifié s'élève, le salaire moyen va augmenter seulement si le salaire versé à cette catégorie de travailleur est suffisamment élevée, cad si $\omega > 1$. Pour le voir :

$$\begin{aligned} s_H - \frac{H}{H+L} &= \frac{W^H H}{W^H H + W^L L} - \frac{H}{H+L}, \\ &= \frac{H}{H + \frac{L}{\omega}} - \frac{H}{H+L}. \end{aligned}$$

La différence est positive ssi $\omega > 1$.

La conclusion est que l'accroissement de l'offre de travail qualifié devrait élever le salaire moyen et diminuer la prime de qualification. Le progrès technique biaisé va également élever le salaire moyen en augmentant le salaire des travailleurs qualifiés et non qualifiés (car le

salaires des non qualifiés est fonction de Y et une hausse de A^H augmente Y). Cette dernière prédiction relative aux salaires des non qualifiés va à l'encontre des faits empiriques.

La théorie n'explique donc pas la tendance à la baisse des salaires réels des travailleurs non qualifiés et la stagnation du salaire moyen réel aux Etats-Unis. Une des explications de cette baisse repose davantage sur la dérégulation du marché du travail qui a conduit à une baisse du pouvoir de négociation des travailleurs. Le deuxième élément d'explication à cette baisse tendancielle est liée au commerce international qui a exercé sans aucun doute une pression à la baisse sur les salaires des non qualifiés. Acemoglu (2002) soutient que ces facteurs explicatifs non pas eu un effet direct sur les salaires des non qualifiés mais ont plutôt amplifié l'effet du progrès technique biaisé.

Calcul numérique du progrès technique biaisé

En utilisant le rapport de la masse salariale des travailleurs qualifiés à celle des travailleurs non qualifiés, on trouve une relation entre ce ratio d'une part, et le progrès technique biaisé ainsi que l'offre relative de travail qualifié d'autre part :

$$S_H = \frac{w_H H}{w_L L} = \left(\frac{B}{A}\right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \left(\frac{H}{L}\right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}, \quad (2.88)$$

où on suppose que $\gamma \simeq 1 - \gamma$ pour simplifier l'expression. L'objectif de la détermination de (2.88) est de calculer B/A à partir des données de S_H et H/L qui sont observables alors que B/A ne l'est pas :

$$\frac{B}{A} = \frac{S_H^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}}{H/L}, \quad (2.89)$$

en considérant des valeurs de σ égales à 1.4 et 2. La partie haute du Tableau 2.51 donne les valeurs de H/L et S_H . La partie basse du Tableau 2.51 donne les valeurs de B/A calculées en utilisant (2.89) et les données présentées dans la partie haute. Les valeurs indiquent que B/A s'est accéléré, en particulier dans les années 1990. Le terme $D \equiv (B/A)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}$ reflète l'évolution de la demande de travail biaisé vers le travail qualifié qui est responsable de la hausse de la prime de qualification, ω . En utilisant les chiffres du rapport des masses salariales entre les deux types de travailleurs fournis par Autor, Katz et Krueger (1998) ainsi que l'offre relative de travail qualifié, Acemoglu (2002) identifie donc une accélération du progrès technique biaisé. Par exemple, pour les diplômés du supérieur ayant un master (College Graduates), A^H/A^L valait 0.030 en 1960, puis 0.069 en 1970, puis 0.157 en 1980. Entre 1980 et 1990, le rapport des productivités est presque multiplié par 3 et atteint 0.470. La colonne D montre l'évolution de la demande D qui s'accélère fortement entre 1980 et 1990.

Estimations de l'élasticité de substitution σ

Pour estimer l'élasticité de substitution σ entre travailleurs qualifiés et non qualifiés, Acemoglu (20002) utilise l'équation de détermination de la prime de qualification qui assure l'équilibre entre la demande de travail qualifié (en termes de travail non qualifié) et l'offre relative de travail qualifié. D'après cette relation, le progrès technique élève la prime de qualification et l'offre relative de travail qualifié la diminue.

A cette fin, Acemoglu (2002) suppose que le rapport B/A croît à un taux constant γ_1 au cours du temps t :

$$\ln \left(\frac{B}{A} \right)_t = \gamma_1 \times t. \quad (2.90)$$

En substituant (2.90) dans (2.81), la prime de qualification (en log) s'écrit maintenant :

$$\begin{aligned} \ln \omega &= \left(\frac{\sigma - 1}{\sigma} \right) \times \gamma_1 \times t \\ &\quad - \frac{1}{\sigma} \times \ln \left(\frac{\bar{H}}{\bar{L}} \right). \end{aligned} \quad (2.91)$$

D'après (2.91), si l'offre relative de travail qualifié H/L augmente plus vite que le progrès technique biaisé, $(\sigma - 1) \times \gamma_1$, le rendement de l'éducation diminue. En utilisant des données américaines sur la période 1963-1987, Katz et Murphy (1992) trouvent :

$$\ln \omega = 0.033 \times t - 0.71 \times \ln \left(\frac{\bar{H}}{\bar{L}} \right). \quad (2.92)$$

D'après ces estimations, l'élasticité de substitution σ est égale à $1/0.71 \simeq 1.4$ et un accroissement annuel moyen de la demande de travail qualifié de 3.3% ; le rythme de croissance annuel moyen de la productivité relative des travailleurs qualifiés est égal à : $\gamma_1 \simeq \frac{\sigma}{\sigma-1} \times 0.033 \simeq 0.115$. D'après cette équation, la forte hausse de la prime de qualification ω pendant les années 1980 s'explique par le ralentissement dans la croissance de H/L , c'est-à-dire de l'offre relative de travail qualifié.

Un pan important de la littérature tend à attribuer la hausse de la prime de qualification non pas à l'offre de travail qualifié mais plutôt à l'accélération du progrès technique biaisé : l'idée est que les firmes utiliseraient davantage des biens complémentaires au travail qualifié (comme les NTIC), cette utilisation intensive de biens d'équipement s'expliquant par la baisse du prix relatif des biens d'équipement depuis le début des années 1970. On devrait donc observer que la baisse du prix relatif des biens d'équipement devrait élever la prime de qualification en augmentant la demande de travail qualifié.

Le Tableau 2.52 vient confirmer cette affirmation : les estimations confirment bien l'effet négatif de H/L (première ligne) et l'effet positif du progrès technique biaisé (deuxième ligne) ainsi que l'effet positif de la baisse du prix relatif des biens d'équipement sur la prime de qualification (troisième et quatrième ligne) : toutefois, le coefficient associé au prix relatif des biens d'équipement n'est pas significatif. Acemoglu (2002) avance plutôt l'argument d'une accélération s'expliquant par les opportunités de profit des firmes : le développement des technologies complémentaires au travail qualifié va s'accélérer avec l'accroissement de la taille du marché, cad avec l'accroissement de H/L .

2.6.3.3 Progrès technique biaisé endogène

Acemoglu (2002) avance l'accroissement de l'offre de travail qualifié pour expliquer l'accélération du progrès technique biaisé dans les années 1980-1990. On suppose que les individus consomment

des biens intensifs en travail qualifié Y^H et en travail non qualifié Y^L ce qui aboutit à une utilité Y :

$$Y = \left[(Y^L)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (Y^H)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}}, \quad (2.93)$$

On pourrait supposer comme le fait Acemoglu (1998) que les biens Y^L et Y^H correspondent à des biens intermédiaires qui sont combinés pour produire un bien final qui est consommé. Ce cadre d'analyse est plus complexe car la demande émanant du secteur de bien final au secteur produisant les biens intermédiaires en concurrence monopolistique aboutirait à une complexité plus grande.

En supposant que les individus allouent un revenu R aux dépenses $P^H Y^H + P^L Y^L$, on obtient une demande de biens intensifs en travail qualifié en termes de biens intensifs en travail non qualifié qui s'écrit de la façon suivante (il suffit d'utiliser le principe d'égalité entre avantage marginal $(Y^j)^{-\frac{1}{\sigma}}$ et prix P^j) :

$$\frac{Y^H}{Y^L} = \left(\frac{P^H}{P^L} \right)^{-\sigma}. \quad (2.94)$$

où $N^H = A^H$ et $N^L = A^L$. On suppose que la demande est égale à l'offre. Les quantités offertes sont produites à l'aide de travail qualifié en quantité H et de travail non qualifié en quantité L :

$$Y^H = N^H \cdot H, \quad Y^L = N^L \cdot L, \quad (2.95)$$

où N^H et N^L représentent les variétés de biens d'équipement utilisés par les travailleurs, la quantité de chaque variété de bien d'équipement étant égale à 1.

Pour mieux comprendre les fonctions de production (2.95), on part d'une technologie de production générale qui combine une variété N_i^j de biens intermédiaires x_i^j avec $j = H, L$; pour le secteur utilisant du travail qualifié :

$$Y^H = H^{1-\alpha} \cdot \int_0^{N^H} (x_i^H)^\alpha di,$$

et pour le secteur utilisant du travail non qualifié :

$$Y^L = L^{1-\alpha} \cdot \int_0^{N^L} (x_i^L)^\alpha di,$$

Les biens intermédiaires sont produits par des firmes en concurrence monopolistique; on suppose que chaque firme produit une unique variété d'une quantité égale à 1, $x_i^j = 1$. En posant $\alpha = 0$, on retrouve les fonctions de production (2.95).

Les firmes choisissent le nombre de variétés à produire N^j et la quantité de travailleurs. Les firmes déterminent le nombre de variétés en égalisant la contribution au chiffre d'affaires (chiffre d'affaires marginal) de la conception d'une variété supplémentaire avec le coût marginal que l'on suppose égal à B . Comme le chiffre d'affaires est égal à $\frac{\partial P^j Y^j}{\partial N^j}$ et le coût marginal à B et comme le coût marginal est identique dans les deux secteurs, les revenus marginaux de l'innovation doivent s'égaliser :

$$\frac{\partial P^H Y^H}{\partial N^H} = P^H H = P^L L = B, \quad (2.96)$$

On obtient que le nombre de machines est déterminé par le chiffre d'affaires :

$$\begin{aligned}
 \frac{P^H N^H H}{P^L N^L L} &= \frac{P^H Y^H}{P^L L} = \frac{N^H}{N^L}, \\
 \Rightarrow \frac{P^H Y^H}{P^L Y^L} &= \left(\frac{Y^H}{Y^L}\right)^{-\frac{1}{\sigma}} \cdot \frac{Y^H}{Y^L} \\
 &= \left(\frac{Y^H}{Y^L}\right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} = \frac{N^H}{N^L}.
 \end{aligned} \tag{2.97}$$

D'après (2.97), le chiffres d'affaires dans le secteur intensif en travail qualifié relativement à celui dans le secteur intensif en travail non qualifié, $\frac{P^H Y^H}{P^L L}$, et par suite le nombre relatif de variétés de biens d'équipement, $\frac{N^H}{N^L}$, augmente seulement si la demande est suffisamment sensible qui est reflété par une élasticité $\sigma > 1$: dans cette configuration les dépenses en biens intensifs en travail qualifiés, $\frac{P^H Y^H}{P^L L}$, s'élève.

Et la prime de qualification est déterminée par le rapport des valeurs des productivités marginales du travail :

$$\begin{aligned}
 \omega &= \frac{W^H}{W^L} = \frac{P^H N^H}{P^L N^L}, \\
 &= \left(\frac{Y^H}{Y^L}\right)^{-\frac{1}{\sigma}} \times \left(\frac{Y^H}{Y^L}\right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}, \\
 &= \left(\frac{Y^H}{Y^L}\right)^{\frac{\sigma-2}{\sigma}}.
 \end{aligned} \tag{2.98}$$

Il faut donc que la demande de biens soit suffisamment sensible : $\sigma > 2$, cad que les biens soient suffisamment substituables. Lorsque H/L augmente de 1%, il faut que $\sigma > 1$ pour que les dépenses $\frac{P^H N^H H}{P^L N^L L}$ augmentent et ainsi que N^H/N^L s'élève; et pour que ω augmente, il faut que N^H/N^L s'élève plus que ne baisse les prix ce qui est possible seulement la demande de Y^H augmente suffisamment par rapport à Y^L de façon à ce que les dépenses $\frac{P^H N^H H}{P^L N^L L}$ s'élèvent fortement. De manière quantitative, lorsque H/L augmente de 1%, l'offre Y^H/Y^L s'élève de 1%, le prix relatif P^H/P^L diminue de $1/\sigma\%$ et les dépenses s'élèvent de $\frac{\sigma-1}{\sigma}\%$. Il s'ensuit une augmentation du nombre de variétés de biens d'équipement N^H/N^L de $\frac{\sigma-1}{\sigma}\%$ qui l'emporte sur la baisse de prix relatif de $-\frac{1}{\sigma}\%$ ssi $\sigma > 2$.

Acemoglu (1998) avance comme explication de la hausse de la prime de qualification l'accroissement de la taille marché. En combinant le choix du nombre de variétés $\frac{N^H}{N^L} = \left(\frac{Y^H}{Y^L}\right)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}$ avec les fonctions de production, on obtient :

$$\frac{N^H}{N^L} = \left(\frac{H}{L}\right)^{\sigma-1}.$$

D'après cette expression, un accroissement de la taille du marché de 1% des qualifiés élève le progrès technique de $\sigma - 1\%$, cad à condition que les dépenses en biens intensifs en travail

qualifié augmentent. Puis en utilisant la demande relative :

$$\begin{aligned}\frac{P^H}{P^L} &= \left(\frac{N^H}{N^L} \cdot \frac{H}{L} \right)^{-\frac{1}{\sigma}}, \\ &= \left(\frac{H}{L} \right)^{-\frac{\sigma-1}{\sigma}} \cdot \left(\frac{H}{L} \right)^{-\frac{1}{\sigma}}, \\ &= \left(\frac{H}{L} \right)^{-1}.\end{aligned}$$

D'après cette expression, une hausse de la taille du marché de 1% fait baisser le prix relatif dans la même proportion, une fois que l'on a pris en compte le progrès technique. Le changement de la prime de qualification est le résultat de deux effets de sens contraire :

$$\begin{aligned}\frac{W^H}{W^L} &= \left(\frac{P^H}{P^L} \cdot \frac{N^H}{N^L} \right) \\ &= \left(\frac{H}{L} \right)^{-1} \cdot \left(\frac{H}{L} \right)^{\sigma-1}, \\ &= \left(\frac{H}{L} \right)^{\sigma-2}.\end{aligned}$$

D'un côté, l'accroissement de la taille du marché réduit le prix relatif et donc la prime de qualification mais d'un autre côté, elle stimule la demande de travail s'adressant aux qualifiés en encourageant la production de biens d'équipement complémentaires au travail qualifié. Ce dernier effet l'emporte ssi $\sigma > 2$.

Comment expliquer que la prime de qualification baisse dans les années 70 et augmente fortement dans les années 1980-90 ? Comme il faut un certain temps pour que N^H/N^L s'ajuste aux nouvelles conditions du marché entraînées par l'accroissement de la taille du marché, la hausse de H/L a d'abord diminué ω et c'est seulement dans les années 1980-1990 que l'accroissement de la demande l'a emporté sur l'augmentation de l'offre, élevant ainsi la prime de qualification ω .

2.7 Un modèle statique de chômage : chômage structurel et rigidité du salaire réel

Le modèle de plein emploi permet d'aller à l'encontre de deux idées reçues : le progrès technique n'est pas destructeur d'emplois et un taux d'activité plus important est associé à un taux d'emploi plus élevé. Le chômage est volontaire dans le modèle de plein emploi et le taux d'inactivité est sans doute plus fort chez les personnes peu qualifiées qui ne peuvent prétendre à des salaires élevés (car demande de travail basse). Dans ce cas de figure, l'acceptation d'un emploi peut se traduire par une perte de revenu puisque les familles devront supporter des frais de garde des enfants, les frais de ménage, frais de transport supplémentaires pour aller au travail, et des impôts sur le revenu plus élevés etcetera.

Notre première analyse du chômage reste assez limitée puisqu'elle évacue la notion habituelle de chômage et ne laisse place qu'au chômage volontaire en considérant qu'un individu