

# COMMERCE INTERNATIONAL ET SALAIRES RELATIFS : LES ENSEIGNEMENTS DES MODÈLES D'ÉQUILIBRE GÉNÉRAL CALCULABLES

Yvan Decreux, Jean-Louis Guérin et Sébastien Jean<sup>1</sup>

Date de réception de l'article : 2 mai 2002

Date d'acceptation pour publication : 27 mai 2003

**RÉSUMÉ.** Cet article étudie les enseignements des modèles d'équilibre général calculables quant à l'impact sur les salaires relatifs d'un choc de politique commerciale ou d'un choc exogène de commerce international. Les simulations présentées confirment que, en s'appuyant sur un cadre d'analyse « réaliste », l'ordre de grandeur de cet impact est généralement faible. Mais elles montrent aussi que quelques paramètres, et certaines caractéristiques du modèle (relatives à la mobilité des facteurs et à l'accumulation du capital) sont cruciales pour déterminer l'ampleur de l'impact induit sur les salaires relatifs.

Classification *JEL* : D58 ; F12 ; F16.

Mots-clefs : Équilibre général ; commerce international ; prime à la qualification.

**ABSTRACT.** This article intends to provide a methodological contribution, trying to make clear what insights CGE models simulations can give as to the order of magnitude of the impact on relative wages of a trade policy shock, or of an exogenous change in international trade. The simulations carried out confirm that, using a "realistic" framework, the order of magnitude they deliver is generally rather low. But they also highlight that a few parameters, and some devices of the model (concerning factor mobility and capital accumulation), are crucial in determining the magnitude of the assessed impact on relative wages.

*JEL* Classification: D58; F12; F16.

Keywords: General Equilibrium; International Trade; Skill Premium.

---

1. Auteur correspondant : Sébastien JEAN, économiste senior au CEPII (s.jean@cepii.fr).

Yvan DECREUX, économiste au CEPII. Jean-Louis GUÉRIN, économiste à REXECODE, économiste au CEPII au moment où cet article a été rédigé.

Comme l'illustrent plusieurs articles de ce numéro d'*Économie internationale*, les modèles d'équilibre général calculables (MEGC) sont abondamment utilisés pour l'analyse du commerce international et de ses conséquences. Ces modèles sont particulièrement indiqués pour évaluer les impacts induits sur la production, les échanges et le bien-être social. Cependant, les conséquences pour le marché du travail, et en particulier les salaires relatifs, sont aussi une question importante. Dans un cadre néoclassique standard, le théorème de Stolper-Samuelson montre que l'ouverture commerciale a un impact direct sur les salaires relatifs, et même sur les salaires réels. Un choc commercial modifie les prix des biens, et ceux-ci sont liés aux prix des facteurs par la condition de profits nuls. De ce fait, les changements dans les prix des biens sont transmis, avec un effet d'amplification (voir Jones, 1965) aux rémunérations des facteurs. Il s'ensuit une perte réelle pour le facteur rare. Ce type de mécanisme est également valable dans le cadre des "nouvelles" théories du commerce international, mais le résultat en est moins clair, en raison des gains liés aux imperfections de la concurrence et au goût pour la variété (voir par exemple Helpman, 1984). Différents aspects doivent être pris en compte pour connaître l'impact induit sur les rémunérations des facteurs, et pour évaluer leur ordre de grandeur. Comme le soulignent Francois et Nelson (1998, p. 1498-9), « the neoclassical, general equilibrium model is an extremely useful framework for discussing and evaluating the impact of international trade on the returns to labor market participation », mais il est « sufficiently flexible to permit a wide range of conclusions as to the magnitude of these effects ».

Les contributions au débat sur le lien entre commerce et salaires basées sur des MEGC et réalisées au cours de la dernière décennie, confirment dans une certaine mesure cette assertion. Certains travaux trouvent un impact significatif ou fort du commerce international sur les salaires, comme par exemple Minford *et alii* (1995), Rowthorn (1995) ou Cardebat et Teïletche (1997). Ils sont soit basés sur un cadre *ad hoc*, soit sur l'hypothèse que les biens sont homogènes. En revanche, l'utilisation du cadre standard des nouvelles théories du commerce international aboutit à des ordres de grandeur nettement plus faibles : Tang (1997), Cortes et Jean (1999), et Smith (1999) obtiennent chacun un impact sur les salaires relatifs inférieur à un pour cent, suite à un choc commercial d'ampleur significative. Lawrence et Evans (1996) trouvent que le salaire relatif des travailleurs ayant suivi une formation de cycle supérieur (*workers with some college education*) augmente de 3,5 %, mais cet impact reste faible en comparaison de l'ampleur du choc considéré, puisque celui-ci induit une multiplication par cinq des importations manufacturées en provenance des pays en développement.

Cette « large gamme » de résultats est dérangeante quant à l'intérêt de l'utilisation des MEGC pour évaluer les conséquences de chocs commerciaux, et en particulier pour donner des ordres de grandeur de l'impact induit sur les salaires relatifs. L'objectif de cet article est d'étudier, d'un point de vue méthodologique, les raisons de ces différences, et les enseignements qui en découlent. En particulier, dans quelle mesure les MEGC permettent-ils d'apprécier l'ordre de grandeur des variations de salaires relatifs consécutives à un choc de politique commerciale ou un choc exogène de commerce international? Quels sont les déterminants

de ces résultats ? Quels sont les variables-clés et les mécanismes auxquels ils sont particulièrement sensibles ?

Par souci de concision, seul l'impact du commerce Nord-Sud sur les salaires au Nord est étudié ici. Le marché du travail sera toujours supposé parfaitement concurrentiel, pour les travailleurs qualifiés et non qualifiés. Bien sûr, l'introduction de rigidités salariales ou de mécanismes de négociation sur les salaires et/ou l'emploi, permettrait d'étendre l'analyse aux conséquences induites sur le chômage. Dans la plupart des cas, cependant, l'ampleur de l'impact induit sur le chômage, dans un tel cadre d'analyse, est étroitement liée à l'impact sur les salaires relatifs (Bontout et Jean, 1998). Les primes salariales sectorielles sont également un aspect potentiellement important ici (voir en particulier Borjas et Ramey, 2000); elles ne seront pas étudiées directement, même si des différences intersectorielles de salaires apparaissent sous l'hypothèse de spécificité sectorielle du travail, considérée ci-après. Finalement, c'est donc surtout l'ampleur de l'effet de type Stolper-Samuelson induit au Nord qui sera considérée ici.

La robustesse des résultats est étudiée dans deux dimensions. La première est la spécification du modèle. Même parmi les modèles couramment utilisés dans les analyses appliquées, certaines caractéristiques peuvent influencer significativement l'évaluation de l'impact sur les salaires relatifs: la nature de la concurrence et de la différenciation des produits, l'existence de spécificités sectorielles des facteurs de production, le mode d'accumulation du capital. La seconde dimension concerne les données utilisées dans l'analyse. Cela ne concerne pas seulement les paramètres décrivant le comportement des agents, mais aussi la désagrégation sectorielle de la base de données.

Les simulations concernent deux chocs de natures différentes: un choc de politique commerciale (la suppression des barrières douanières), et un choc exogène de commerce international, représenté comme un doublement de la taille relative de la zone regroupant les pays en développement. Ce dernier choc peut être interprété comme résultant soit de l'ouverture accrue d'un certain nombre de pays du Sud, soit d'un phénomène de rattrapage par les pays en développement<sup>2</sup>. De surcroît, le cas où ces chocs eux-mêmes comportent un biais factoriel est étudié.

La nature des liens entre commerce international et salaires ayant déjà été abondamment analysée, une description détaillée du cadre analytique sous-jacent est inutile (pour une discussion explicitement liée à la modélisation en équilibre général, voir par exemple Francois et Nelson, 1998). Concrètement, notre approche consiste à se baser sur un modèle relativement simple (mais réaliste en termes d'hypothèses et paramètres), puis d'étudier comment la relaxation de certaines hypothèses modifie l'impact évalué sur les salaires relatifs, pour différents types de chocs. Une analyse de sensibilité à la valeur des paramètres est ensuite menée, et le biais d'agrégation introduit par le niveau relativement faible de détail sectoriel inhérent à ce type d'analyse est étudié.

---

2. Dans ce cas, on peut considérer que c'est la dotation factorielle exprimée en unités d'efficience qui est accrue dans les pays du Sud.

## ■ CADRE ANALYTIQUE

Le cadre analytique a été choisi avec le souci de permettre la comparaison des principales hypothèses effectivement utilisées dans les modèles appliqués (toutes les équations du modèle sont données en ANNEXE 1). L'analyse étant limitée à des cadres cohérents avec les faits stylisés, l'hypothèse de biens homogène est écartée d'emblée (voir par exemple Francois et Nelson, 1998, pour des impacts simulés avec cette hypothèse, en comparaison de ceux obtenus sous l'hypothèse de biens différenciés). La configuration de référence repose sur l'hypothèse d'Armington, supposant que les biens sont différenciés selon leur origine géographique. Cette hypothèse est utilisée dans le premier modèle (i), dans un cadre de concurrence pure et parfaite. Le modèle comprend deux régions, Nord et Sud, produisant trois biens (services, industrie intensive en travail non qualifié, industrie intensive en travail qualifié) avec trois facteurs (travail qualifié, travail non qualifié, capital). Le modèle est calibré en utilisant la base de données GTAP 5 (Dimaranan et McDougall, 2002), sauf pour les barrières commerciales, que nous supposons uniformément égales à 20 %<sup>3</sup>. La fonction de production est homogène et linéaire : c'est une fonction CES des intrants intermédiaires et de la valeur ajoutée, et la valeur ajoutée elle-même est une fonction CES emboîtée des facteurs de production. À l'instar du modèle MIRAGE (Bchir et alii, 2002) et de nombreux autres modèles, capital et travail qualifié sont supposés être relativement complémentaires. Tous les facteurs sont supposés parfaitement mobiles entre secteurs, et le modèle est bouclé par l'hypothèse de balance courante exogène.

Le deuxième modèle (ii) correspond au modèle archétype des nouvelles théories du commerce international. Outre les caractéristiques mentionnées ci-dessus, il incorpore une concurrence monopolistique à la Cournot, avec différenciation horizontale des produits, décrite par une fonction d'utilité de type Dixit-Stiglitz.

Sur la base de cette structure de concurrence imparfaite, deux autres variations sont étudiées. Le troisième modèle (iii) est obtenu, à partir du modèle (ii), en supposant que le travail non qualifié est un facteur spécifique. L'hypothèse de parfaite mobilité intersectorielle est donc levée pour ce facteur dans ce cas. La présence de spécificités factorielles étant connue pour amplifier l'effet Stolper-Samuelson (Jones, 1971), cette hypothèse est susceptible d'accroître l'impact induit sur les rémunérations relatives des facteurs.

Enfin, un quatrième modèle (iv) tient compte de l'effet du commerce international sur le stock de capital à moyen terme (selon les mécanismes décrits dans Baldwin, 1992). Cet effet est modélisé en supposant que le stock de capital de l'économie est endogène, tandis que le taux de rémunération du capital est fixe. Pour un pays riche, le commerce a tendance en général à favoriser l'accumulation de capital ; en présence d'une complémentarité entre capi-

---

3. Cette hypothèse est retenue par souci de clarté, de façon notamment à s'assurer que les variations de barrières commerciales ne sont pas corrélées avec les intensités factorielles dans le premier choc. Voir la section suivante pour plus de détails.

tal et travail qualifié, cela devrait avoir un effet positif sur le salaire relatif des travailleurs qualifiés, par rapport aux non qualifiés.

## ■ DÉFINITION DES SCÉNARIOS

Deux types de scénarios correspondant aux principales utilisations des MEGC en matière de commerce international sont étudiés. Le premier (choc (a)) est un scénario standard de politique commerciale, consistant en une suppression des barrières douanières. Le second (choc (b)) est un accroissement de la taille relative de la zone Sud, par rapport à la zone Nord. Ce scénario est modélisé comme un doublement des dotations factorielles de la zone Sud, tandis que celles de la zone Nord restent inchangées. Ce second scénario est moins classique : il correspond à une utilisation prospective des MEGC, visant à évaluer l'impact structurel d'une évolution anticipée. Dans le cas présent, il simule l'hypothèse d'une croissance des pays du Sud supérieure pendant une période de temps substantielle à celle des pays du Nord.

Ces chocs correspondent cependant à un cas particulier, dans la mesure où ils affectent de façon symétrique chaque facteur : l'évolution sectorielle des barrières douanières n'est pas corrélée avec les intensités factorielles et le taux de croissance relatif des dotations est le même pour chaque facteur. En pratique, les chocs de ce type ne sont pas nécessairement caractérisés par une telle "neutralité au sens de Hicks". D'une part, les barrières douanières protégeant les marchés des pays développés sont surtout élevées dans l'agriculture et le textile-habillement : il y a donc plus de perspectives de baisse (en termes absolus) dans ces secteurs, qui sont relativement intensifs en travail non qualifié. D'autre part, l'entrée de travailleurs non qualifiés dans le secteur moderne est l'une des principales sources potentielles de croissance dans les pays en développement<sup>4</sup>. C'est pourquoi le cas où ces chocs eux-mêmes comportent un biais factoriel est également considéré. Ainsi, la suppression des barrières douanières intervient seulement dans le secteur industriel intensif en travail non qualifié dans le choc (c), avec une hypothèse symétrique au Sud, à savoir que les barrières sont supposées être seulement supprimées dans le secteur intensif en travailleurs qualifiés. Le choc de croissance biaisée (d), enfin, correspond à un doublement du seul stock de travailleurs non qualifiés (mais pas des autres facteurs), au Sud.

Les chocs étudiés sont donc les suivants :

- suppression des barrières douanières ;
- accroissement de la taille relative de la zone Sud (doublement des dotations factorielles) ;

---

4. La plupart des pays en développement ont en fait une économie duale, avec un important secteur traditionnel, qui est mal pris en compte dans les données utilisées par les MEGC. Or, la croissance du secteur moderne est l'une des modalités principale du développement économique. En conséquence, un grand nombre de travailleurs non qualifiés quittent le secteur traditionnel pour intégrer le secteur moderne, et donc le champ du modèle. C'est pourquoi, même si le développement économique se traduit d'une façon générale par une qualification croissante de la main-d'œuvre, il reste réaliste de le modéliser en supposant que le stock de travailleurs non qualifiés croît plus vite.

- suppression des barrières douanières, avec biais factoriel (barrières seulement supprimées dans l'industrie intensive en travail non qualifié au Nord, et seulement dans l'industrie intensive en travail qualifié au Sud);
- accroissement de la taille relative de la zone Sud, avec biais factoriel (doublement de la dotation en travail non qualifié).

## ■ RÉSULTATS DES SIMULATIONS

Les quatre modèles présentés ci-dessus ont été utilisés pour simuler chacun des quatre chocs. Par souci de concision, l'analyse se concentrera dans ce qui suit sur l'impact induit au Nord. Les résultats des simulations de base sont présentées dans les TABLEAUX 1a et 1b. Les impacts sur le bien-être social y sont toujours positifs. Ce résultat est classique dans le cas d'une suppression des barrières commerciales, et il n'est pas étonnant que le gain soit inférieur lorsque la libéralisation ne concerne qu'une partie des biens échangés. Une augmentation de la taille de la zone Sud a également un effet positif, parce qu'elle baisse le prix des biens que cette région exporte, induisant ainsi une amélioration des termes de l'échange pour les pays développés.

Excepté sous l'hypothèse de facteurs spécifiques, l'impact sur le salaire réel des non-qualifiés est toujours positif, bien qu'il soit très faible dans les deux derniers scénarios. Lorsque le travail non qualifié est supposé spécifique, l'impact est très contrasté d'un secteur à l'autre, en accord avec l'analyse théorique de Jones (1971), et le salaire réel subit une baisse de plus de 5 % au Nord, pour les travailleurs non qualifiés de l'industrie intensive en travail non qualifié, dans le scénario (c) (suppression des barrières douanière biaisée). Cependant, l'impact moyen sur le salaire réel des non-qualifiés est similaire à celui obtenu avec le modèle standard. Un résultat robuste entre ces différents chocs et modèles est donc que l'effet Stolper-Samuelson pur (la baisse de la rémunération réelle du facteur rare) n'est jamais dominant : dans ce cadre d'analyse, qui diffère toujours du cadre néoclassique, au moins en raison de la prise en compte d'un secteur de biens quasiment non échangés (les services) et de la différenciation des produits (que ce soit par l'hypothèse d'Armington ou par la différenciation horizontale à la Dixit-Stiglitz), les gains de la libéralisation sont dominants, même pour les travailleurs non qualifiés du Nord.

Il n'en reste pas moins, sans surprise, que le salaire relatif des qualifiés par rapport aux non qualifiés augmente dans chaque cas, de 0,05 % à 1 %. Pour chaque choc, l'ampleur de l'impact induit sur ce salaire relatif ne varie guère entre les modèles (i) et (ii). L'introduction de la concurrence imparfaite et de la différenciation horizontale des produits n'a pas un effet véritablement différencié entre les facteurs de production. Comme souligné plus haut, l'impact sur le salaire relatif qualifiés/non-qualifiés est peu modifié en moyenne en présence de spécificités factorielles (modèle (iii)), mais il est fortement contrasté entre secteurs. Le salaire relatif des travailleurs non qualifiés subit, dans le secteur importateur net, une baisse jusqu'à dix fois supérieure à la moyenne, pour un même choc. Cela signifie que l'identification d'éventuelles spécificités factorielles est cruciale pour bien comprendre la nature de

**Tableau 1a - Résultats de la simulation de référence, scénarios (a) et (b)**

	Modèle				Variations en %
	Conc. Parf. + Armington (i)	Dixit-Stiglitz + Conc. Imparf. (ii)	(ii) + facteur spécifique (iii)	(ii) + accum'n capital (iv)	
<b>Scénario (a) : suppression des barrières tarifaires</b>					
Rémunération réelle non qualifiés	(a1)	1,60	1,61	2,91	
[Min ; Max] des rém. réelles sectorielles non qualifiés	(a2)		[0,79 ; 3,72]		
Prime à la qualification	(a3)	0,07	0,05	0,74	
Rémunération relative capital/non qualifiés	(a4)	-0,09	-0,10	-2,83	
Stock de capital	(a5)			2,05	
Bien-être	(a6)	0,13	0,26	1,38	
Ouverture commerciale (variations en pourcent. du PIB)	(a7)	1,31	1,31	1,40	
Contenu en travail non qualif. du commerce*	(a8)	0,03	0,03	-0,02	
Réallocation sectorielle des non qualif.*	(a9)	0,50	0,47	0,52	
Var. de la prime à la qualif./augmentation de l'ouverture	(a10) = (a1)/(a7)	0,05	0,07	0,53	
Var. de la prime à la qualif./var. du contenu en non qualif. du commerce	(a11) = (a1)/(a8)	2,29	3,22	-45,77	
Var. de la prime à la qualif./réallocation sectorielle des non qualif.	(a12) = (a1)/(a9)	0,14	0,19	1,44	
<b>Scénario (b) : croissance du Sud</b>					
Rémunération réelle non qualifiés	(b1)	1,21	1,51	2,53	
[Min ; Max] des rém. réelles sectorielles non qualifiés	(b2)		[-4,02 ; 3,29]		
Prime à la qualification	(b3)	0,44	0,56	0,99	
Rémunération relative capital/non qualifiés	(b4)	-0,05	0,03	-2,47	
Stock de capital	(b5)			1,87	
Bien-être	(b6)	1,51	1,88	2,72	
Ouverture commerciale (variations en pourcent. du PIB)	(b7)	1,20	1,42	1,37	
Contenu en travail non qualif. du commerce*	(b8)	-0,69	-0,77	-0,74	
Réallocation sectorielle des non qualif.*	(b9)	1,01	1,03	0,98	
Var. de la prime à la qualif./augmentation de l'ouverture	(b10) = (b1)/(b7)	0,36	0,33	0,72	
Var. de la prime à la qualif./var. du contenu en non qualif. du commerce	(b11) = (b1)/(b8)	-0,63	-0,67	-1,33	
Var. de la prime à la qualif./réallocation sectorielle des non qualif.	(b12) = (b1)/(b9)	0,43	0,46	1,00	

Tableau 1b - Résultats de la simulation de référence, scénarios (c) et (d)

	Modèle				Variations en %
	Conc. Parf. + Armington (i)	Dixit-Stiglitz + Conc. Imparf. (ii)	(ii) + facteur spécifique (iii)	(ii) + accum'n capital (iv)	
<b>Scénario (c) : suppression barrières tarifaires, avec biais de qualification</b>					
Rémunération réelle non qualifiés	(c1)	0,61	0,69	0,70	1,15
[Min ; Max] des rém. réelles sectorielles non qualifiés	(c2)			[- 5,32 ; 6,98]	
Prime à la qualification	(c3)	0,56	0,63	0,55	0,87
Rémunération relative capital/non qualifiés	(c4)	- 0,20	- 0,22	- 0,21	- 1,13
Stock de capital	(c5)				0,67
Bien-être	(c6)	0,07	0,13	0,15	0,53
Ouverture commerciale (variations en pourcent. du PIB)	(c7)	0,53	0,56	0,51	0,61
Contenu en travail non qualif. du commerce *	(c8)	- 0,04	- 0,07	- 0,13	- 0,10
Réallocation sectorielle des non qualif. *	(c9)	1,48	1,62		1,67
Var. de la prime à la qualif./augmentation de l'ouverture	(c10) = (c1)/(c7)	1,05	1,13	1,06	1,42
Var. de la prime à la qualif./var. du contenu en non qualif. du commerce	(c11) = (c1)/(c8)	- 13,47	- 8,77	- 4,08	- 8,72
Var. de la prime à la qualif./réallocation sectorielle des non qualif.	(c12) = (c1)/(c9)	0,38	0,39		0,52
<b>Scénario (d) : croissance du Sud, avec biais de qualification</b>					
Rémunération réelle non qualifiés	(d1)	0,36	0,43	0,44	1,61
[Min ; Max] des rém. réelles sectorielles non qualifiés	(d2)			[- 1,70 ; 0,79]	
Prime à la qualification	(d3)	0,17	0,19	0,23	0,87
Rémunération relative capital/non qualifiés	(d4)	0,01	0,03	0,04	- 1,58
Stock de capital	(d5)				1,23
Bien-être	(d6)	0,46	0,55	0,57	1,79
Ouverture commerciale (variations en pourcent. du PIB)	(d7)	0,37	0,44	0,44	0,93
Contenu en travail non qualif. du commerce *	(d8)	- 0,17	- 0,19	- 0,20	- 0,43
Réallocation sectorielle des non qualif. *	(d9)	0,39	0,40		1,12
Var. de la prime à la qualif./augmentation de l'ouverture	(d10) = (d1)/(d7)	0,47	0,42	0,52	0,94
Var. de la prime à la qualif./var. du contenu en non qualif. du commerce	(d11) = (d1)/(d8)	- 1,02	- 1,01	- 1,12	- 2,02
Var. de la prime à la qualif./réallocation sectorielle des non qualif.	(d12) = (d1)/(d9)	0,45	0,47		0,78

Note: Tous les résultats sont des changements en pourcentages, sauf indication contraire.

\* : Exprimés en variation, en % l'offre totale des non-qualifiés.

l'impact potentiel d'un choc de commerce international sur les inégalités. Cela peut s'avérer particulièrement important pour les agriculteurs, par exemple, ou pour certaines catégories particulières de travailleurs.

Enfin, la prise en compte de l'effet sur l'accumulation du capital affecte fortement l'impact sur les salaires relatifs : même si l'ampleur de l'impact reste limitée dans l'absolu, elle est multipliée par un facteur de 1,5 à 10, comparée à celle obtenue dans les modèles (i) et (ii). En effet, tous les chocs considérés ont un impact positif sur l'accumulation de capital dans l'économie. Le travail qualifié étant relativement complémentaire du capital, son salaire relatif s'en trouve augmenté. Les simulations montrent que ce type de mécanismes peut changer nettement les résultats, en termes de salaire relatif.

Comparer directement les résultats des chocs serait trompeur, puisqu'il s'agit de chocs de différentes natures. Il est cependant utile de disposer d'éléments de comparaison de l'ampleur relative des chocs. Trois mesures sont donc calculées : le changement du degré d'ouverture commerciale (défini comme  $(\text{importations} + \text{exportations}) / (2 \times \text{PIB})$ ), le changement de contenu en travail non qualifié du commerce (calculé comme la somme sur les secteurs du produit du ratio travail qualifié/output par le solde net des échanges), et la réallocation intersectorielle de travail non qualifié. Les deux dernières présentent notamment l'intérêt d'avoir souvent été utilisées, dans la littérature empirique, comme des indicateurs de l'impact du commerce international sur les salaires relatifs. Les scénarios étudiés diffèrent par leur taille, selon chacune de ces métriques, mais aucune métrique n'est étroitement corrélée à l'impact sur les salaires relatifs, comme le montrent les lignes (a-d10). Cela confirme qu'une analyse minutieuse est utile, dans la mesure où aucun indicateur facilement calculable ne peut être considéré comme une approximation de l'ampleur de l'impact induit sur les salaires relatifs : la nature des chocs compte, mais aussi le type de mécanismes pertinents, pour l'économie considérée.

## ■ ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Deux ensembles de paramètres sont particulièrement importants à étudier ici : les élasticités de substitution entre biens de différents secteurs et de différentes régions, et les élasticités de substitution entre facteurs de production.

Il est bien connu que les élasticités de substitution entre biens sont importantes *a priori* pour déterminer l'impact commercial d'un choc donné de prix relatifs. Cela ne signifie pas, cependant, qu'elles doivent nécessairement influencer sur l'ampleur des variations de salaires relatifs, exprimées en proportion de la variation du volume de commerce.

Le degré de substituabilité entre facteurs est susceptible de conditionner fortement l'impact sur les salaires relatifs : plus le degré de substituabilité est élevé (en particulier entre travail qualifié et non qualifié), plus la variation de salaire relatif induite par un choc donné est faible (voir par exemple Cortes et Jean, 1999). Soulignons cependant que la sensibilité des salaires serait *a priori* beaucoup plus faible, si l'on supposait des salaires rigides : la substitu-

bilité entre facteurs est importante lorsque l'ajustement s'opère par les salaires, mais beaucoup moins lorsqu'il s'effectue par l'emploi.

L'analyse de sensibilité peut être menée en modifiant la valeur de certains paramètres (par exemple en doublant ou en réduisant de moitié la valeur initiale): les résultats de cette méthode sont donnés dans le TABLEAU 2. L'impact obtenu sur le salaire relatif des qualifiés évolue de façon quasi linéaire avec l'inverse de l'élasticité de substitution entre facteurs. L'impact dépend cependant aussi de la structure théorique du modèle: la sensibilité est plus limitée dans le cas des modèles (iii) et (iv). La valeur de l'élasticité d'Armington a un fort impact positif sur le salaire relatif des qualifiés suite à un choc de politique commerciale (surtout lorsque le choc comporte un biais factoriel), mais un impact beaucoup plus limité dans le cas d'un choc de croissance relative. Enfin, l'élasticité de substitution entre secteurs a une influence négative mais limitée: cette substituabilité augmente les possibilités d'absorption du choc par l'évolution du panier sectoriel de consommation des ménages.

**Tableau 2 - Analyse de sensibilité ordinaire**

Évolution de la prime à la qualification pour différents niveaux des élasticités

	(i)			(ii)			(iii)			(iv)		
	Bas	Central	Élevé	Bas	Central	Élevé	Bas	Central	Élevé	Bas	Central	Élevé
<b>Entre les facteurs</b>												
scénario (a)	0,13	0,07	0,04	0,17	0,09	0,05	0,04	0,05	0,05	0,78	0,74	0,83
scénario (b)	0,87	0,44	0,22	0,94	0,47	0,24	0,84	0,56	0,34	1,39	0,99	0,84
scénario (c)	1,10	0,56	0,28	1,25	0,63	0,32	0,67	0,55	0,39	1,39	0,87	0,65
scénario (d)	0,32	0,17	0,09	0,34	0,19	0,10	0,29	0,23	0,15	1,77	0,87	0,64
<b>Armington</b>												
scénario (a)	-0,01	0,07	0,14	0,00	0,09	0,19	-0,01	0,05	0,07	0,58	0,74	1,19
scénario (b)	0,49	0,44	0,41	0,56	0,47	0,34	0,66	0,56	0,51	1,20	0,99	0,89
scénario (c)	0,21	0,56	1,34	0,22	0,63	2,10	0,23	0,55	1,09	0,48	0,87	2,31
scénario (d)	0,17	0,17	0,21	0,20	0,19	0,20	0,24	0,23	0,26	0,91	0,87	1,18
<b>Entre les biens</b>												
scénario (a)	0,11	0,07	-0,03	0,13	0,09	-0,01	0,11	0,05	-0,05	0,79	0,74	0,64
scénario (b)	0,49	0,44	0,33	0,52	0,47	0,37	0,65	0,56	0,40	1,03	0,99	0,88
scénario (c)	0,60	0,56	0,48	0,66	0,63	0,56	0,60	0,55	0,45	0,90	0,87	0,80
scénario (d)	0,19	0,17	0,14	0,20	0,19	0,15	0,26	0,23	0,16	0,90	0,87	0,81

Dans un second temps, une analyse de sensibilité par des quadratures gaussiennes a été conduite, suivant la méthode décrite par Arndt (1996). Cette méthode résout deux types de problèmes: le résultat donné par un modèle pour la valeur moyenne de certains paramètres peut très bien être différent de la moyenne des résultats pour les différentes valeurs possibles<sup>5</sup>; faire l'analyse de sensibilité séparément pour les différents paramètres d'intérêt suppose qu'il n'y a pas d'interaction entre eux. En pratique, sur la base de la formule de Stroud, une approximation des résultats est obtenue en utilisant des polynômes d'ordre trois.

5. Si  $x$  est un vecteur de paramètres et  $H(x)$  le vecteur de résultats donnés par le modèle, il est rare d'avoir  $E(H(x)) = H(E(x))$ .

Cette méthode présente l'avantage, par rapport à la méthode de Monte-Carlo, de nécessiter beaucoup moins de simulations ( $2n$  simulations sont nécessaires pour un nombre  $n$  de paramètres indépendants). Les variations de cinq paramètres indépendants sont considérées (au moyen de  $2 \times 5 = 10$  simulations) : l'élasticité de substitution entre travail non qualifié et l'agrégat capital-travail qualifié, l'élasticité de substitution entre secteurs dans la demande finale, et l'élasticité d'Armington pour chacun des trois secteurs. Les autres élasticités de substitution sont supposées proportionnelles à celles-ci : celle entre travail qualifié et capital est proportionnelle à celle entre travail non qualifié et l'agrégat ; l'élasticité de substitution entre secteurs dans la demande intermédiaire est identique à celle dans la demande finale ; les élasticités de Dixit-Stiglitz sont proportionnelles à celles d'Armington. Ces paramètres-clés sont supposés distribués symétriquement autour de leur valeur moyenne, avec un écart-type égal au quart de la moyenne. Les résultats de cette procédure sont présentés dans le TABLEAU 3, dans le cas de la suppression des droits de douane avec biais factoriel (scénario c), pour les quatre modèles.

La moyenne des résultats des différentes simulations (ici 10) doit être considérée d'un point de vue mathématique comme le "vrai" impact moyen d'un choc, étant donné l'incertitude entourant les bonnes valeurs des paramètres. Comme le montre le TABLEAU 3, cette valeur ne diffère guère des résultats donnés par le modèle pour le même choc, en considérant seulement l'estimation moyenne de ces paramètres. Cette procédure donne également des écarts-types des résultats. Les écarts-type obtenus sont ici similaires, en proportion de la valeur moyenne, à ceux des paramètres-clés.

Les MEGC nécessitent une base de données cohérente et exhaustive, décrivant le commerce, la production, les biens intermédiaires et les marchés de facteurs. Comme le soulignent Francois et Nelson (1998, p. 1483), une analyse très détaillée est « en quelque sorte antithétique de l'analyse en équilibre général ».

Cela soulève plusieurs problèmes<sup>6</sup>.

– *Sous-estimation de la variance intersectorielle des intensités factorielles.* Un manque de détail sectoriel peut être considéré comme un regroupement des « vrais » secteurs (au sein desquels la fonction de production est approximativement uniforme). Seule la variance intergroupe des intensités factorielles est alors prise en compte, tandis que la variance intragroupe (la variance entre les « vrais » secteurs regroupés au sein d'un même poste de nomenclature) est omise. Cet effet peut être massif : en se basant sur le capital physique ou humain par travailleur, Finger (1975) montre qu'environ 40 % de la variance des intensités factorielles entre secteurs de la nomenclature SIC à 4 positions trouve son origine dans la variance entre secteurs regroupés sous un même poste dans le niveau à 3 positions de cette nomenclature<sup>7</sup>.

6. Cela peut aussi impliquer une inversion des intensités factorielles.

7. Ce chiffre provient d'une décomposition intra-/intergroupe de la variance des intensités factorielles entre secteurs SIC 4 positions, les groupes étant les postes de la nomenclature SIC à 3 positions.

Tableau 3 - Analyse de sensibilité gaussienne

Modèle	Conc. parf. + Armington	Modèle central	Facteur spécifique	Accum'n capital
<b>Résultats moyens</b>				
Bien-être	0,06	0,14	0,16	0,58
Prime à la qualification	0,60	0,68	0,55	0,92
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du contenu en emploi non qualifié du commerce en % de la main-d'œuvre non qualifiée	15,92	- 54,33	- 4,58	- 11,70
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du tx d'ouverture	1,13	1,22	1,09	1,54
Var. de la prime à la qualif., rapportée à la réallocation de l'emploi non qualifié en % de la main-d'œuvre non qualifiée	0,40	0,41		0,54
Stock de capital				0,72
Rémunération relative capital/travail non qualifié	-0,21	-0,23	-0,21	- 1,16
Rémunération sectoriel non qualifié min.			7,06	
Rémunération sectoriel non qualifié max.			- 5,35	
Rémunération moyen non qualifié	0,61	0,69	0,71	1,17
<b>Écart-type</b>				
Bien-être	0,08	0,04	0,03	0,22
Prime à la qualification	0,21	0,25	0,12	0,21
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du contenu en emploi non qualifié du commerce en % de la main-d'œuvre non qualifiée	58,64	124,75	1,86	7,79
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du tx d'ouverture	0,36	0,37	0,23	0,40
Var. de la prime à la qualif., rapportée à la réallocation de l'emploi non qualifié en % de la main-d'œuvre non qualifiée	0,11	0,11		0,10
Stock de capital				0,35
Rémunération relative capital/travail non qualifié	0,07	0,08	0,06	0,19
Rémunération sectoriel non qualifié min.			1,28	
Rémunération sectoriel non qualifié max.			1,35	
Rémunération moyen non qualifié	0,08	0,05	0,04	0,19

Modèle	Conc. parf. + Armington	Modèle central	Facteur spécifique	Accum'n capital
<b>Résultats obtenus par la procédure ordinaire</b>				
Bien-être	0,07	0,13	0,15	0,53
Prime à la qualification	0,56	0,63	0,55	0,87
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du contenu en emploi non qualifié du commerce en % de la main-d'œuvre non qualifiée	- 13,47	- 8,77	- 4,08	- 8,72
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du tx d'ouverture	1,05	1,13	1,06	1,42
Var. de la prime à la qualif., rapportée à la réallocation de l'emploi non qualifié en % de la main-d'œuvre non qualifiée	0,38	0,39		0,52
Stock de capital				0,67
Rémunération relative capital/travail non qualifié	- 0,20	- 0,22	- 0,21	- 1,13
Rémunération sectoriel non qualifié min.			6,98	
Rémunération sectoriel non qualifié max.			- 5,32	
Rémunération moyen non qualifié	0,61	0,69	0,70	1,15

– *Sous-estimation de l'étendue des spécialisations commerciales.* Comme le soulignait déjà Finger (1975), l'utilisation d'une nomenclature sectorielle trop peu désagrégée amène à surestimer l'ampleur du commerce intrabranche. Et même lorsque les secteurs sont définis de manière détaillée, les cadres d'analyse usuels ne tiennent pas compte des différences de qualité, qui correspondent généralement à des différences d'intensités factorielles (voir par exemple Fontagné, Freudenberg et Péridy, 1997).

– *Mauvaise appréciation possible de la corrélation entre intensités factorielles et spécialisations commerciales.* Ce point est moins clair, mais l'agrégation des secteurs a un effet incertain sur cette corrélation, en particulier lorsque la spécialisation commerciale est très marquée pour un nombre relativement limité de secteurs.

– *Sous-estimation de la délocalisation à l'étranger des segments les plus intensifs en travail non qualifié.* Lorsque les secteurs sont définis de façon large, la délocalisation peut concerner certains segments spécifiques au sein de ces secteurs. Si le progrès technique, des coûts de transports moindres ou des barrières aux échanges réduites, permettent aux segments les plus intensifs en travail non qualifiés d'être délocalisés dans des pays à bas salaires, le salaire relatif des travailleurs non qualifiés au Nord peut être significativement diminué, sans nécessairement qu'interviennent de fortes variations de flux de commerce (voir notamment Feenstra et Hanson, 2001). Avec une classification sectorielle trop peu détaillée, le fait que les délocalisations touchent éventuellement spécifiquement les créneaux les plus intensifs en travail non qualifié ne peut être pris en compte.

Conjointement, ces problèmes posent question quant à la précision des évaluations que les MEGC peuvent délivrer à propos de l'ampleur de l'impact du commerce international sur les salaires relatifs. Il serait difficile, pour dire le moins, de conduire une analyse en équilibre général à un niveau de détail sectoriel satisfaisant au regard des problèmes soulevés ici. Sans se lancer dans ce type d'exercice, l'objectif de cette section est de donner des indications sur l'ampleur probable du biais induit.

Pour cela, nous procédons comme suit. Pour un choc donné et un modèle donné, les résultats obtenus avec la base initiale, comportant 3 secteurs, sont comparés à ceux issus d'une simulation effectuée, pour le même choc, en utilisant une base de données à 11 secteurs, puis ceux obtenus avec une base à 33 secteurs. Ces trois bases de données sont chacune obtenues par agrégation de la base GTAP 5 (la base à 33 secteurs garde le détail complet des secteurs industriels et de services, mais le primaire est regroupé en deux secteurs). L'ANNEXE 2 détaille la méthodologie utilisée pour cet exercice, notamment pour calculer les élasticités de substitution « équivalentes » entre facteurs de production au niveau sectoriel, pour différents niveaux de détail sectoriel.

Cet exercice a pour but d'illustrer l'influence de la désagrégation sectorielle sur les résultats des simulations. Dans le même temps, l'idée est aussi de s'en servir de base pour extrapoler les résultats. Trois points ne permettent évidemment pas d'établir une relation, mais ils peuvent donner une indication quant à la façon dont les résultats sont liés aux principales

variables, telles que la variance intersectorielle des intensités factorielles, le degré de spécialisation commerciale, voire, plus important peut-être, la covariance des intensités factorielles et des avantages comparatifs révélés.

L'impact d'un choc donné apparaît généralement plus fort avec une nomenclature sectorielle plus détaillée, comme attendu. Cependant, ce n'est pas le cas pour tous les chocs et toutes les spécifications. Le TABLEAU 4 présente les résultats du modèle de base seulement. Pour cette spécification, l'impact d'un choc tarifaire est plus fort avec une désagrégation supérieure; la conclusion est moins claire pour un choc sur les dotations factorielles. Étant donné qu'une désagrégation à trente-trois secteurs ne reflète évidemment pas la variété des biens échangés entre pays, on peut penser que les résultats s'écarteraient plus nettement des simulations initiales avec une nomenclature plus désagrégée. Cela étant, l'ampleur des écarts obtenus ici reste très limitée, laissant plutôt penser que l'imparfaite agrégation des modèles ne remet pas fondamentalement en cause la pertinence de leurs résultats.

## ■ CONCLUSION

Le lien théorique entre commerce international et salaires relatifs est bien connu, mais son ampleur est difficile à évaluer en pratique. Les MEGC sont un instrument très utile pour évaluer cet impact, qu'il résulte d'un choc de politique commerciale ou d'une évolution exogène du commerce international. Les simulations présentées dans cet article confirment que, en utilisant un cadre d'analyse « réaliste » (en particulier, en écartant l'hypothèse d'homogénéité des biens), l'ordre de grandeur obtenu est faible, car il est limité par plusieurs mécanismes: contrainte d'équilibre de la balance courante, substituabilité des facteurs de production, substituabilité imparfaite entre les biens, etc. Cependant, ces simulations montrent aussi que certaines caractéristiques sont cruciales dans la détermination de l'ampleur de l'impact induit sur les salaires relatifs. Dans certains cas spécifiques – mais pas nécessairement irréalistes –, les salaires relatifs peuvent se trouver significativement modifiés, suite à un choc de commerce international. Cela est vrai en termes absolus, mais aussi à l'aune de certains indicateurs suggérés par la littérature empirique (volume de commerce, contenu en facteur des échanges, volume de réallocation intersectorielle de facteurs).

Concernant les paramètres, l'impact sur les salaires relatifs est sensible aux élasticités d'Armington, principalement parce qu'elle détermine le volume de commerce créé. Mais il est surtout sensible à l'élasticité de substitution entre facteurs de production, dans la mesure où la substitution entre facteurs amortit considérablement l'asymétrie des impacts. Le niveau relativement faible de désagrégation sectorielle inhérent à ce type de modèles crée un biais d'agrégation, mais nos simulations suggèrent que ce biais n'est pas nécessairement très important. Cependant, il ne s'agit que d'une première tentative pour évaluer ce biais, et même le niveau le plus fin de désagrégation utilisé ici peut difficilement prétendre refléter la diversité des biens et des intensités factorielles. Il serait intéressant d'approfondir l'étude de

Tableau 4 - Effet du niveau d'agrégation

Agrégation	3 secteurs	11 secteurs	33 secteurs
<b>Scénario (a) : suppression des barrières tarifaires</b>			
Rémunération réelle non qualifiés	1,60	1,60	1,80
Prime à la qualification	0,09	0,11	0,12
Rémunération relative capital/travail non qualifié	0,08	0,02	0,10
Bien-être	0,26	0,36	0,46
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du taux d'ouverture	0,07	0,09	0,10
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du contenu en emploi non qualifié du commerce en %			
de la main-d'œuvre non qualifiée	3,22	2,35	31,15
Var. de la prime à la qualif., rapportée à la réallocation de l'emploi non qualifié en %	0,19	0,19	0,11
<b>Scénario (b) : croissance du Sud</b>			
Rémunération réelle non qualifiés	1,48	1,47	1,65
Prime à la qualification	0,47	0,60	0,43
Rémunération relative capital/travail non qualifié	0,04	0,14	0,23
Bien-être	1,83	1,91	1,85
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du taux d'ouverture	0,33	0,43	0,37
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du contenu en emploi non qualifié du commerce en %			
de la main-d'œuvre non qualifiée	0,61	0,69	0,66
Var. de la prime à la qualif., rapportée à la réallocation de l'emploi non qualifié en %	0,46	0,52	0,37

<b>Scénario (c): suppression barrières tarifaires, avec biais de qualification</b>			
Rémunération réelle non qualifiés	0,69	0,71	0,92
Prime à la qualification	0,63	0,61	0,60
Rémunération relative capital/travail non qualifié	0,22	0,19	0,31
Bien-être	0,13	0,16	0,28
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du taux d'ouverture	1,13	1,23	1,24
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du contenu en emploi non qualifié du commerce en %	8,77	8,45	5,63
de la main-d'œuvre non qualifiée			
Var. de la prime à la qualif., rapportée à la réallocation de l'emploi non qualifié en %	0,39	0,41	0,43
de la main-d'œuvre non qualifiée			
<b>Scénario (d): croissance du Sud, avec biais de qualification</b>			
Rémunération réelle non qualifiés	0,43	0,33	0,16
Rémunération sectoriel non qualifié min.			
Rémunération sectoriel non qualifié max.			
Prime à la qualification	0,19	0,33	0,32
Rémunération relative capital/travail non qualifié	0,03	0,16	0,37
Stock de capital			
Bien-être	0,55	0,54	0,49
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du taux d'ouverture	0,42	0,79	0,82
Var. de la prime à la qualif., rapportée à celle du contenu en emploi non qualifié du commerce en %			
de la main-d'œuvre non qualifiée			
Var. de la prime à la qualif., rapportée à la réallocation de l'emploi non qualifié en %	1,01	1,31	1,19
de la main-d'œuvre non qualifiée	0,47	0,57	0,49

ce point, de même que celle de l'influence de la diversité des facteurs de production (sur ce dernier point, voir Greenaway, Reed et Winchester, 2002).

Quant à la structure du modèle, les simulations montrent que l'existence de spécificités factorielles peut engendrer des impacts très contrastés. Même si l'impact sur la moyenne des salaires relatifs par qualification varie peu, certains facteurs spécifiques peuvent subir de fortes baisses de rémunérations. L'impact induit sur l'accumulation du capital s'avère aussi particulièrement important dans la détermination de l'impact sur les salaires relatifs : étant donnée la relative complémentarité entre capital et travail qualifié, un choc de commerce qui favorise l'accumulation du capital peut augmenter assez fortement le salaire relatif des qualifiés<sup>8</sup>.

Y.D., J.-L. G. & S.J.

## ANNEXE 1

### Les modèles

Les quatre modèles partagent une structure de base commune.

L'utilité des agents représentatifs est un emboîtement de fonction CES : les consommateurs différencient d'abord les biens en provenance de différents secteurs, puis ils distinguent les biens d'un secteur donné par la région de provenance (hypothèse d'Armington). Un troisième niveau de différenciation est pris en compte lorsque la concurrence est supposée imparfaite.

Le niveau supérieur de la fonction de production combine la valeur ajoutée et un agrégat de biens intermédiaires au moyen d'une fonction CES. L'agrégat de biens intermédiaires est une fonction CES des consommations intermédiaires classées par produits. Chaque bien lui-même est un agrégat des différentes variétés disponibles sur le marché du pays considéré. La structure des agrégats est la même que celle des fonctions de sous-utilité utilisées pour décrire la demande finale. Toutefois nous supposons que l'élasticité de substitution entre les produits est plus élevée pour les entreprises. La raison qui soutient cette hypothèse est principalement que les entreprises, d'un poids économique supérieur aux ménages, consacrent davantage de temps pour collecter des informations à propos des produits qu'elles consomment ; elles changent donc plus facilement de produit en réponse à une variation de prix. La valeur ajoutée est une fonction CES du travail non qualifié et d'un agrégat réunissant le capital et le travail qualifié. Cet agrégat est une autre fonction CES de ses composantes. Cette structure permet de tenir compte du fait que le capital est plus complémentaire du travail qualifié que du travail non qualifié, un résultat obtenu par la plupart des études empiriques.

---

8. Les auteurs remercient Mohamed Hedi Bchir, Lionel Fontagné, Michel Fouquin et deux rapporteurs anonymes pour leurs commentaires et suggestions.

Tous les facteurs sont immobiles internationalement mais parfaitement mobiles entre secteurs, sauf dans le modèle (iii) (dans ce modèle, le travail non qualifié est supposé spécifique). Les stocks de facteurs sont exogènes sauf dans le modèle (iv) où la rémunération réelle du capital est fixée et le stock de capital s'ajuste.

À l'exception du modèle (ii), les secteurs sont en concurrence monopolistique, avec une concurrence à la Cournot et une différenciation des produits au niveau des entreprises, comme dans Krugman (2000). Les entreprises d'un secteur et d'un pays donnés ont toutes la même fonction de production : à l'équilibre elles produisent donc la même quantité et la vendent au même prix. Dans les secteurs en concurrence imparfaite, le coût marginal est calculé au moyen d'une fonction de production à rendement constant, mais un coût fixe produit de la même façon s'ajoute pour constituer le coût total. Le coût fixe est le même pour toutes les entreprises d'un secteur et d'un pays donnés. Le coût fixe est défini en unités de produit, si bien que la fonction de production est homogène et l'échelle de production n'induit aucun biais structurel *via* la demande d'intrants et de facteurs. Les secteurs sont soit échangeables (agriculture, industrie) soit non échangeables (services). Les coûts de transport sont supposés nuls. Les nombres d'entreprises sont supposés suffisamment élevés pour que les taux de marge soient constants. L'ajustement suite à un choc est instantané (les profits restent nuls et le nombre d'entreprises s'ajuste).

#### ■ LES ÉQUATIONS DU MODÈLE

Les régions (l'OCDE et le Sud) sont identifiées par les indices  $r$  ou  $s$ , et les secteurs par  $i$  ou  $j$ . Le suffixe 0 (et non  $O$ ) après une variable indique que l'on considère la valeur avant le choc. Le préfixe  $P$  suivi d'un nom de variable représente le prix de cette variable.

- Offre

$$Y(j,s) = \left( a\_VA(j,s) * VA(j,s)^{1-1/\sigma\_Y(j,s)} + a\_CINTER(j,s) * CINTER(j,s)^{1-1/\sigma\_Y(j,s)} \right)^{\frac{1}{1-1/\sigma\_Y(j,s)}}$$

$$VA(j,s) = \left( a\_L(j,s) * L(j,s)^{1-1/\sigma\_VA(j,s)} + a\_Q(j,s) * Q(j,s)^{1-1/\sigma\_VA(j,s)} \right)^{\frac{1}{1-1/\sigma\_VA(j,s)}}$$

$$Q(j,s) = \left( a\_K(j,s) * K(j,s)^{1-1/\sigma\_Q(j,s)} + a\_H(j,s) * H(j,s)^{1-1/\sigma\_Q(j,s)} \right)^{\frac{1}{1-1/\sigma\_Q(j,s)}}$$

$$CINTER(j,s) = \left( \sum_i a\_CI(i,j,s) * CI(i,j,s)^{1-1/\sigma\_CINTER(j,s)} \right)^{\frac{1}{1-1/\sigma\_CINTER(j,s)}}$$

$$CI(i,j,s) = \left( \sum_r a\_CIGEO(i,j,r,s) * CIGEO(i,j,r,s)^{1-1/\sigma\_CI(i,j,s)} \right)^{\frac{1}{1-1/\sigma\_CI(i,j,s)}}$$

$$Y(i,r) = Y0(i,r)$$

- Demande

$$U(s) = \left( \sum_i a_{-C(j,s)} * C(j,s)^{1-1/\sigma_{-U(s)}} \right)^{\frac{1}{1-1/\sigma_{-U(s)}}}$$

$$C(j,s) = \left( \sum_r a_{-CGEO(i,j,s)} * CGEO(i,j,s)^{1-1/\sigma_{-C(j,s)}} \right)^{\frac{1}{1-1/\sigma_{-C(j,s)}}}$$

- Équilibre des marchés de biens

$$YT(i,r) = Y(i,r) * nb(i,r)^{\sigma_{-var(i,r)} / (\sigma_{-var(i,r)} - 1)} = \sum_s \left( CGEO(i,r,s) + \sum_j CIGEO(i,j,r,s) \right)$$

- Prix

$$PCIGEO(i,j,r,s) = PCGEO(i,r,s)$$

$$PCGEO(i,r,s) = PYT(i,r) * (1 + \text{tariff}(i,r,s))$$

$$PY(i,r) = PYT(i,r) * nb(i,r)^{1/(\sigma_{-var(i,r)} - 1)}$$

- Balance commerciale

$$\text{Balance}(r) = \text{balance0}(r) = \sum_{i,s} PYT(i,r) * (CGEO(i,r,s) + \sum_j CIGEO(i,j,r,s)) -$$

$$\sum_{i,s} PYT(i,s) * (CGEO(i,s,r) + \sum_j CIGEO(i,j,s,r))$$

- Contraintes budgétaires

$$\sum_{r,j} \text{tariff}(j,r,s) * PYT(i,r) * \left( CGEO(i,r,s) + \sum_j CIGEO(i,j,r,s) \right) + \sum_j VA(j,s) * PVA(j,s)$$

$$= U(s) * PU(s) + \text{balance}(s)$$

- Mobilité parfaite et plein emploi des facteurs ( $f = K, H$  ou  $L$ )

$$fbar(s) = \sum_j f(j,s) \quad \text{et} \quad Pf(j,s) = P\bar{f}(s) \quad \text{et} \quad fbar(s) = \bar{f}(s)$$

- Numéraire

$$PU(OCDE) = 1$$

Modèle (ii) :  $Y(i,r) = Y0(i,r)$  remplacé par :  $nb(i,r) = 1$  ;

Modèle (iii) :  $PL(j,s) = PLbar(s)$  remplacé par :  $L(j,s) = L0(j,s)$  ;

Modèle (iv) :  $Kbar(s) = Kbar0(s)$  remplacé par :  $PK(j,s) = Pkbar0(s)$ .

## ANNEXE 2

### Calibrage des élasticités de substitution sectorielles entre les facteurs de production à partir d'une élasticité de substitution agrégée

Afin de rendre les trois simulations comparables, un premier problème doit être traité : la valeur des élasticités de substitution entre facteurs influence fortement les résultats en termes de rémunérations relatives. Mais la substituabilité agrégée entre les facteurs a deux origines : un effet de substitution pure, directement lié à l'élasticité de substitution entre les facteurs de production, et un effet de structure, provenant du changement dans les parts relatives des différents secteurs suite à une modification des coûts relatifs des facteurs. Ainsi, une décomposition plus fine des secteurs – et par conséquent une plus grande variance des intensités factorielles relatives entre les secteurs – conduit, toutes choses égales par ailleurs, à un effet de structure plus important. Cela signifie qu'utiliser les mêmes élasticités de substitution entre facteurs pour des simulations reposant sur des décompositions sectorielles différentes serait trompeur, puisque la substituabilité agrégée croît en réalité avec la finesse de la désagrégation. Comme nous souhaitons évaluer la sensibilité des résultats à la finesse de la désagrégation, toutes choses égales par ailleurs, nous corrigeons ce biais potentiel en choisissant les élasticités de substitution de sorte que la substituabilité agrégée soit la même dans les différentes simulations. En pratique, cela signifie que les élasticités de substitution entre les facteurs sont déterminées de sorte qu'une variation exogène donnée de la dotation en travail non qualifié au Nord conduise à la même variation de rémunération dans les trois cas. En d'autres termes, l'élasticité de substitution entre facteurs au niveau de chaque secteur est calibrée tandis que l'élasticité agrégée entre facteurs est donnée. Dans le cas présent, cet ajustement est toutefois mineur.

Le principe consiste à poser une valeur donnée de l'élasticité entre les facteurs de production au niveau de l'économie toute entière ( $\sigma$ ). L'élasticité de substitution entre les facteurs de production, supposée identique dans les différents secteurs, est ensuite calibrée pour chaque niveau de décomposition sectorielle. Deux estimations successives sont conduites avec pour objectif que l'impact en terme de rémunération d'un choc donné de dotation factorielle soit en accord avec le niveau choisi d'élasticité agrégée. On commence par le premier étage de la valeur ajoutée : l'offre de travail non qualifié au Nord est accrue de 1 % ; utilisant le modèle central iii (concurrence monopolistique et hypothèse d'Armington), la variation relative de la rémunération du travail non qualifié est réduite de  $1/\sigma$  % de façon exogène. L'élasticité de substitution entre le travail non qualifié et l'agrégat travail qualifié – capital peut alors être calculée de façon exogène (la valeur de l'élasticité entre  $K$  et  $H$  au sein de l'agrégat est posée à 0,6).

Comme on peut le voir dans le TABLEAU A2.1, des valeurs des élasticités de substitution factorielles différentes sont requises pour obtenir un même effet agrégé sur les salaires relatifs. Néanmoins les différences sont très petites et nettement inférieures à la marge d'erreur rencontrée quand on estime ces paramètres. Notons que l'utilisation de la même méthode dans le modèle à travail non qualifié spécifique conduit à des résultats exactement identiques.

**Tableau A2.1 - Résultats du calibrage des élasticités de substitution équivalentes entre le travail non qualifié et l'agrégat capital – travail qualifié**

Élasticité de substitution au niveau agrégé ( $\sigma$ )	Élasticité obtenue pour une décomposition sectorielle grossière (n = 3)	Élasticité obtenue pour une décomposition sectorielle intermédiaire (n = 11)	Élasticité obtenue pour une décomposition sectorielle détaillée (n = 33)
0,8	0,8		0,83
1	1	1,01	1,04
1,2	1,2		1,27

Source: Calcul des auteurs.

La même méthode est utilisée pour déterminer l'élasticité entre  $K$  et  $H$ . On évalue l'impact d'une augmentation de 1 % du stock de capital humain dans le Nord. L'élasticité agrégée est supposée égale à 0,6 (l'élasticité au niveau supérieur étant posée égale à 1,001). La valeur calibrée de l'élasticité au niveau sectoriel est alors  $\sigma_{K-H} = 0,58$  pour les décompositions grossière et intermédiaire, et  $\sigma_{K-H} = 0,57$  pour la base de donnée détaillée.

## ANNEXE 3

### Décomposition sectorielle

#### Correspondance entre les secteurs

De haut en bas : par ratio qualifiés/non qualifiés dans la région OCDE décroissant

33 secteurs	11 secteurs	3 secteurs
1- dwe	1- Houses	1- Ser
2- Food	2- Food	2- Low
3- wap	3- Clothes	2- Low
4- lea	3- Clothes	2- Low
5- tex	3- Clothes	2- Low
6- lum	4- Manuf	2- Low
7- atp	5- TrT	1- Ser
8- OthPrimary	6- Primary	2- Low
9- omf	4- Manuf	2- Low
10- trd	5- TrT	1- Ser
11- i_s	6- Primary	2- Low
12- nmm	4- Manuf	2- Low
13- nfm	6- Primary	2- Low
14- fmp	4- Manuf	2- Low
15- otp	5- TrT	1- Ser
16- cns	1- Houses	1- Ser
17- wtp	5- TrT	1- Ser
18- mvh	7- Vehic	3- High
19- ppp	8- Chemical	3- High
20- otn	7- Vehic	3- High
21- wtr	9- WGE	1- Ser
22- p_c	8- Chemical	3- High
23- gdt	9- WGE	1- Ser
24- crp	8- Chemical	3- High
25- ele	10- Equipment	3- High
26- ome	10- Equipment	3- High
27- ely	9- WGE	1- Ser
28- osg	11- OtherSer	1- Ser
29- cmn	11- OtherSer	1- Ser
30- obs	11- OtherSer	1- Ser
31- ros	11- OtherSer	1- Ser
32- isr	11- OtherSer	1- Ser
33- ofi	11- OtherSer	1- Ser

---

**Définition des secteurs – 3 secteurs**


---

1- Ser	Services
2- Low	Secteurs intensifs en travail non qualifié
3- High	Secteurs intensifs en travail qualifié

---

**Définition des secteurs – 11 secteurs**


---

1- Houses	Logement
2- Food	Alimentation
3- Clothes	Textile et habillement
4- Manuf	Produits manufacturés
5- TrT	Transport et commerce
6- Primary	Produits primaires
7- Vehic	Véhicules
8- Chemical	Chimie
9- WGE	Eau, gaz et électricité
10- Equipment	Biens d'équipement
11- OtherSer	Autres services

---

**Définition des secteurs – 33 secteurs**


---

dwe	Logement
Food	Alimentation (agrégation de plusieurs secteurs GTAP)
wap	Habillement
lea	Cuir
tex	Textile
lum	Produits en bois
atp	Transport aérien
OthPrimary	Produits primaires (agrégation de plusieurs secteurs GTAP)
omf	Produits manufacturés
trd	Commerce
i_s	Métaux ferreux
nmm	Produits minéraux
nfm	Métaux (autres)
fmp	Produits métalliques
otp	Transports (autres)
cns	Construction
wtp	Transport maritime
mvh	Moteurs, véhicules et composants
ppp	Produits en papier, édition
otn	Équipements de transport
wtr	Distribution d'eau
p_c	Pétrole, charbon
gdt	Gaz, production et distribution
crp	Produits chimiques et plastiques
ele	Équipements électronique
ome	Machines et biens d'équipement (autres)
ely	Électricité
osg	Administration/Défense/Santé/Éducation
cmn	Communication
obs	Services aux entreprises
ros	Loisirs et autres services
isr	Assurance
ofi	Services financiers

---

## RÉFÉRENCES

- Arndt, C., 1996. An introduction to systematic sensitivity analysis via gaussian quadrature, GTAP Technical Paper 2.
- Baldwin, R.A., 1992. Measurable Dynamic Gains from Trade, *Journal of Political Economy* 100, 162-74.
- Bchir, M.H., Decreux, Y., Guérin, J.-L., Jean, S., 2002. MIRAGE, un modèle d'équilibre général calculable pour l'analyse des politiques commerciales, *Économie Internationale* 89-90, 109-54.
- Borjas, G.J., Ramey, V.A., 2000. Market Responses to Interindustry Wage Differentials, NBER Working Papers 7799.
- Bontout, O., Jean, S., 1998. Wages And Unemployment: Trade-Off Under Different Labour Market Paradigms, Document de travail CEPII 1998-13.
- Cardebat, J.-M., Teïletche, J., 1997. Salaires relatifs, commerce Nord-Sud et progrès technique: un modèle stylisé d'équilibre général calculable, dans de Melo, J., Guillaumont, P. (Ed), *Commerce Nord-Sud, migration et délocalisation – Conséquences pour l'emploi et les salaires*, Economica, Paris, 183-206.
- Cortes, O., Jean, S., 1999. Does Competition from Emerging Countries Threaten Unskilled Labor in Europe? An Applied General Equilibrium Approach, dans Brenton, P., Pelkmans, J. (Ed), *Global Trade and European Workers*, Macmillan, London, 96-122.
- Dimaranan, B.V., McDougall, R.A., 2002. Global Trade Assistance and Production: The GTAP 5 Data Base. Center for Global Trade Analysis, Purdue University.
- Feenstra, R.C., Hanson, G.H., 1999. The impact of outsourcing and high-technology capital on wages: Estimates for the United States, 1979-1990, *Quarterly Journal of Economics* 114, 907-40.
- Feenstra, R.C., Hanson, G.H., 2001. Global production sharing and rising inequality: A survey of trade and wages, NBER Working Paper 8372.
- Finger, J.M., 1975. Trade overlap and intra-industry trade, *Economic Enquiry* XIII, 581-89.
- Fontagné, L., Freudenberg, M., Péridy, N., 1997. Trade Patterns Inside the Single Market, Document de travail CEPII 1997-07.
- Francois, J.F., Nelson, D., 1998. Trade and wages: general equilibrium linkages, *The Economic Journal* 108, 1483-99.
- Greenaway, D., Reed, G.V., Winchester, N., 2002. Trade and Rising Wage Inequality in the UK: Results from a CGE Analysis, GEP Research Paper 2002/29.
- Haskel, J.E., Slaughter, M.J., 2001. Trade, technology and U.K. wage inequality, *The Economic Journal* 111, janvier, 163-87.
- Helpman, E., 1984. Increasing Returns, Imperfect Markets, and Trade Theory, dans Jones, R., Keneu, P. (Eds), *Handbook of International Trade* 1, Amsterdam, North-Holland, 325-65.
- Jones, R.W., 1965. The structure of simple general equilibrium models, *Journal of Political Economy* 73 (6), 557-72.
- Jones, R.W., 1971. A three factor model in theory, trade and history, dans Bhagwati, J.N., Mundell, R.A., Jones, R.W., Vanek, J. (Eds), *Trade Balance of Payments and Growth*, North-Holland.

- Krugman, P.R., 2000. Technology, trade and Factor Prices, *Journal of International Economics* 50 (1), 51-72.
- Lawrence, R.Z., Evans, C.L., 1996. Trade and wages: insights from the crystal ball, NBER Working Paper 5633.
- Lawrence, R.Z., Slaughter, M.J., 1993. Trade and US wages: great sucking or small hiccup?, *Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics* 2, 161-226.
- Leamer, E.E., 1998. In search of Stolper-Samuelson effects on US wages, NBER Working Paper 5427.
- Leamer, E.E., 2000. What's the use of factor contents?, *Journal of International Economics* 50 (1), 17-50.
- Minford, P., Riley, J., Nowell, E., 1995. The elixir of growth: traded, non-traded goods and development, CEPR Discussion Paper 1165.
- Rowthorn, R., 1995. A simulation model of North-South trade, CNUCED Discussion Paper 104.
- Sachs, J.D., Shatz, H.J., 1994. Trade and jobs in US manufacturing, *Brookings Papers on Economic Activity: Microeconomics* 1, 1-69.
- Smith, A., 1999. The Market Labour Effects of International Trade: A Computable General Equilibrium Model, dans Dewatripont, M., Sapir, A., Sekkat, K. (Eds), *Trade and Jobs in Europe – Much Ado About Nothing?*, Oxford University Press, 95-112.
- Tang, P.J.G., 1997. Emerging economies and wage inequality, présenté à la conférence "Globalisation and Employment Patterns: Policy, Theory an Evidence", Centre de développement de l'OCDE et CEPR, octobre, Paris.
- Wood, A., 1998. Globalization and the rise in labor market inequalities, *Economic Journal* 108 (450), 1463-82.