



**HAL**  
open science

# Concilier la lutte contre la pollution transfrontalière et la convergence économique dans une union

Théophile Bassene, Albert Millogo

► **To cite this version:**

Théophile Bassene, Albert Millogo. Concilier la lutte contre la pollution transfrontalière et la convergence économique dans une union. 2015. hal-01145356

**HAL Id: hal-01145356**

**<https://hal.science/hal-01145356>**

Preprint submitted on 24 Apr 2015

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Concilier la lutte contre la pollution transfrontalière et la convergence économique dans une union

BASSENE Théophile E. S. \* & MILLOGO Albert †

## Résumé

Dans cet article, nous nous intéressons à l'efficacité de la politique environnementale dans une union économique en présence d'une pollution transfrontalière. Nous cherchons à déterminer l'instrument de politique environnementale capable de concilier lutte efficace contre la pollution transfrontalière et convergence économique. A l'aide d'une modélisation à générations imbriquées, nous montrons que lorsque la pollution transfrontalière émane du pays le moins avancé de l'union, appliquer le principe du pollueur-payeur conduit à un équilibre sous-optimal d'un point de vue global. Seule une coopération technologique permettrait de lutter efficacement contre la pollution transfrontalière sans compromettre le processus de rattrapage économique.

## Reconcile the fight against transboundary pollution and economic convergence into an union

In this paper, we focus on the effectiveness of environmental policy in economic union in the presence of transboundary pollution. We seek to determine the environmental policy instrument capable of reconciling effective fight against transboundary pollution and economic convergence. With an overlapping generations modelization, we show that when transboundary pollution emanates from the least developed country of the Union, applying the polluter pays principle leads to a sub-optimal equilibrium from an of view overall. Only a technological cooperation effectively fights against transboundary pollution without compromising the economic convergence process.

*Classification JEL : F15; H23; Q56.*

*Mots clés : Pollution transfrontalière - Convergence économique - Transfert technologique - Modèle à générations imbriquées.*

---

\*Email : t.bassene@yahoo.fr

†LEAD, Université de Toulon, Email : albertmillogo@yahoo.fr

## Introduction

La thématique de la pollution fait l'objet d'une abondante littérature en sciences économiques. A l'intérieur d'un pays, la mise en place de paiements de type pigouvien (Pigou, 1920) peut être un instrument efficace pour réduire ce type d'externalité. Cependant, lorsque la pollution est transfrontalière, il paraît très difficile d'appliquer un tel instrument.

Depuis deux décennies les économistes s'intéressent de plus en plus à ce problème transnational. Deux axes de réflexions sont principalement privilégiés : politique environnementale et commerce international en présence de pollution transfrontalière (Copeland et Taylor, 1995 ; Benarroch et Thille, 2001 ; Copeland et Taylor, 2004 ; Lai et Hu, 2008 ; Cavagnac et Péchoux, 2010 ; Lapan et Sikdar, 2011) et politique environnementale et mobilité inter-régionale en présence de pollution transfrontalière (Hoel et Shapiro, 2003 ; Haavio, 2005). Il ressort de la plupart de ces travaux qu'un organisme supranational serait à même d'obtenir des résultats satisfaisants en terme de protection de l'environnement.

Une union économique offre un tel cadre analytique. Chen et Huang (2014) ont montré que les conditions environnementales imposées aux pays désireux d'adhérer à l'Union Européenne ont un impact positif sur la qualité de l'environnement de ces derniers. En effet, ces pays font un arbitrage entre le coût d'une politique environnementale plus rigoureuse et le gain espéré d'une appartenance à l'union économique. Cependant, force est de constater que la pollution transfrontalière est un phénomène qui n'épargne pas les unions déjà constituées. Ce qui nous amène à nous interroger sur la politique environnementale dans une union économique en présence d'une pollution transnationale. Lorsque la pollution transfrontalière est causée par l'activité productive du pays le moins avancé de l'union, l'application de la solution de Varian (1994) conduira t-elle à l'optimum global ? A notre connaissance, il n' existe quasiment pas de travaux portant sur l'efficacité globale de la politique environnementale lorsque la pollution transnationale émane du pays le moins avancé de l'union. Supposons qu'il existe une institution fédérale dans l'union chargée de la politique environnementale. Doit-elle appliquer le principe du pollueur-payeur ?

Dans cet article , nous proposons un modèle théorique qui tente de définir la politique environnementale globalement optimale prenant en compte le processus de convergence économique. Par politique environnementale globalement optimale, nous entendons la politique qui permet de lutter efficacement contre la pollution transfrontalière tout en favorisant (ou en n'entravant pas) le processus de rattrapage économique. La section 1 présente le modèle. La section 2 détermine l'impact de la pollution sur la croissance par tête de long terme et sur la qualité de l'environnement du pays riche lorsque celui-ci prend en charge la dépollution. La section 3 étudie la dynamique de long terme des économies lorsque le principe du pollueur-payeur est appliqué. La section 4 examine la dynamique des économies en cas de coopération technologique. La section 5 discute de la solution globalement optimale et enfin, la section 6 conclut ce papier.

# 1 Modèle

Soient deux pays A et B en union économique. Le pays A étant le moins développé et le pays B le plus développé. Le pays B détient une technologie non polluante  $\theta_B$  tandis que le pays A possède une technologie polluante  $\theta_A$ . L'activité de production du pays A est concentrée à la frontière entre les deux pays, autour de la source du fleuve qui traverse le pays B pour se jeter à la mer. Les déchets industriels, liés à l'activité de production du pays A, sont rejetés dans le fleuve. Ce qui entraîne une pollution transfrontalière. Cette pollution,  $P_{A,t}$ , est fonction du niveau de production par tête du pays A ( $y_{A,t}$ ) et de l'écart entre la technologie non polluante  $\theta_B$  (par hypothèse  $\theta_B = 1$ ) et la technologie polluante ( $\theta_A \in (0,1)$ ). Et donc :

$$P_{A,t} = (1 - \theta_A)y_{A,t}. \quad (1)$$

On se demande alors comment lutter efficacement contre cette pollution transfrontalière sans compromettre l'objectif de convergence économique? Faut-il appliquer le principe du pollueur-payeur? Ou y a-t-il un autre instrument plus efficace? Pour répondre à ces interrogations, nous proposons un modèle à générations imbriquées à deux pays.

## 1.1 Hypothèses

Chacune de nos deux économies (A et B) est constituée d'individus qui ne vivent que deux périodes et à chaque période coexistent deux générations. Une génération de jeunes en activité et une génération de vieux à la retraite (Diamond, 1965). Dans chaque pays on suppose la taille de la population constante et égale à l'unité. Les individus ont une préférence pour la consommation de seconde période (John et Pecchenino, 1994). Autrement dit, les jeunes épargnent leurs revenus et ne le consomment qu'au cours de leur seconde période de vie.

Par ailleurs, puisque l'activité de production du pays A se concentre à la frontière entre les deux pays et que les déchets sont rejetés dans le fleuve qui traverse le pays B, alors la qualité de l'environnement dans le pays A n'est pas affectée; seule celle du pays B l'est.

## 1.2 Ménages

### • Pays A

Au cours de sa première période de vie l'agent jeune travaille et gagne un revenu ( $w_{A,t}$ ) qu'il épargne. Au cours de sa seconde période de vie, il consomme l'intégralité de son épargne,  $s_{A,t}$  (majoré des intérêts, avec  $r_{A,t+1}$  le taux d'intérêt). Son environnement n'est pas affecté par la pollution. Par conséquent, ses contraintes budgétaires de première et de seconde période peuvent s'écrire comme suit :

$$s_{A,t} = w_{A,t}, \quad (2a)$$

$$c_{A,t+1} = (1 + r_{A,t+1})s_{A,t}, \quad (2b)$$

$$E_{A,t+1} = E_{A,t} = \bar{E}_A. \quad (2c)$$

Puisque l'agent n'a de préférence que pour la consommation de seconde période, alors sa fonction d'utilité intertemporelle s'écrit :

$$U(c_{A,t+1}; E_{A,t+1}) = u(c_{A,t+1}) + u(E_{A,t+1}). \quad (3)$$

#### • Pays B

Contrairement à l'agent A, l'agent B subit une externalité négative liée à la pollution transfrontalière. Ainsi, il doit au cours de sa première période de vie répartir son revenu entre l'épargne ( $s_{B,t}$ ) et les dépenses de dépollution ( $m_{B,t}$ ). La qualité de l'environnement dans le pays B dépend donc négativement de la pollution transfrontalière et positivement des dépenses de dépollution. L'équation de la dynamique de la qualité de l'environnement dans le pays B s'écrit :

$$E_{B,t+1} = (1 - \delta)E_{B,t} - \rho P_{A,t} + \gamma m_{B,t}. \quad (4)$$

$\delta$ ,  $\rho$  et  $\gamma$  sont des paramètres positifs et représentent respectivement le taux de régénération naturelle, l'impact marginal de la pollution sur la qualité de l'environnement et l'efficacité marginale de la dépollution.

Le programme de maximisation de l'agent B s'écrit alors comme suit :

$$\max U(c_{B,t+1}, E_{B,t+1}), \quad (5)$$

sous contraintes :

$$s_{B,t} + m_{B,t} = w_{B,t}, \quad (6a)$$

$$c_{B,t+1} = (1 + r_{B,t+1})s_{B,t}, \quad (6b)$$

$$E_{B,t+1} = (1 - \delta)E_{B,t} - \rho P_{A,t} + \gamma m_{B,t}. \quad (6c)$$

### 1.3 Entreprises

#### • Pays A

Du côté de la production, la firme représentative produit à l'aide d'une technologie de type néo-classique,  $Y_{A,t} = \theta_A F(K_{A,t}, N_{A,t})$  de degré homogène d'ordre 1. Ce qui entraîne que :

$$y_{A,t} = \theta_A f(k_{A,t}).$$

Par hypothèses  $f(0) = 0$ ,  $f'(k_{A,t}) > 0$ ,  $f''(k_{A,t}) < 0$ .

Les facteurs de production sont rémunérés à leurs productivités marginales. Pour simplifier, nous supposons qu'il n'y a pas de dépréciation du capital. A l'optimum le profit ( $\pi_A$ ) de la firme A est nul :

$$\pi_A = \theta_A F(K_{A,t}, N_{A,t}) - r_{A,t}K_{A,t} - w_{A,t}N_{A,t} = 0,$$

ce qui entraîne que :

$$\theta_A F(K_{A,t}, N_{A,t}) = r_{A,t}K_{A,t} + w_{A,t}N_{A,t},$$

et donc :

$$\frac{\theta_A F(K_{A,t}, N_{A,t})}{N_{A,t}} = y_{A,t} = r_{A,t} \frac{K_{A,t}}{N_{A,t}} + w_{A,t} \implies \theta_A f(k_{A,t}) = r_{A,t} k_{A,t} + w_{A,t}.$$

Il s'en suit :

$$\begin{cases} r_{A,t} = \theta_A f'(k_{A,t}) = r(k_{A,t}), \\ w_{A,t} = \theta_A [f(k_{A,t}) - f'(k_{A,t})k_{A,t}] = w(k_{A,t}). \end{cases} \quad (7)$$

### • Pays B

La fonction de production de la firme B est de type néo-classique,  $Y_{B,t} = \theta_B F(K_{B,t}, N_{B,t})$ , de degré homogène d'ordre 1. Par analogie à la firme A, nous avons :

$$y_{B,t} = \theta_B f(k_{B,t}).$$

et

$$\begin{cases} r_{B,t} = \theta_B f'(k_{B,t}) = r(k_{B,t}), \\ w_{B,t} = \theta_B [f(k_{B,t}) - f'(k_{B,t})k_{B,t}] = w(k_{B,t}). \end{cases} \quad (8)$$

## 2 Conséquences de la pollution transfrontalière

Étudions maintenant les conséquences qu'engendre la pollution transfrontalière sur la dynamique de long terme de la production par tête et sur la qualité de l'environnement.

### 2.1 Équilibre du modèle en présence de la pollution transfrontalière

#### • Pays A

La résolution du programme de maximisation de l'agent A, nous donne l'équation dynamique d'accumulation du capital suivante<sup>1</sup> :

$$k_{A,t+1} = \phi(k_{A,t}) = w(k_{A,t}). \quad (9)$$

A l'équilibre stationnaire nous avons<sup>2</sup> :

$$k_A^* = w(k_A^*), \quad (10a)$$

$$E_A^* = \bar{E}_A. \quad (10b)$$

#### • Pays B

La dynamique d'accumulation du capital du pays B est décrite comme suite :

$$k_{B,t+1} = \phi(k_{B,t}) = \frac{1}{2} \left[ w(k_{B,t}) + \frac{1}{\gamma} ((1 - \delta)E_{B,t} - \rho P_{A,t}) \right] \quad (11)$$

A l'équilibre stationnaire nous avons :

$$k_B^* = \frac{1}{2} \left[ w(k_B^*) + \frac{1}{\gamma} ((1 - \delta)E_B^* - \rho P_A^*) \right], \quad (12a)$$

$$E_B^* = \frac{1}{\delta} [\gamma m(k_B^*) - \rho P_A^*]. \quad (12b)$$

1. Voir en annexe pour la résolution du programme de maximisation de l'agent A et de l'agent B.

2. En considérant une fonction de production de type Cobb-Douglas, nous obtenons un équilibre stable et unique.

## 2.2 Statique comparative

Pour le pays A (pollueur), la pollution n'impacte ni sa production par tête à long terme ni la qualité de son environnement. Pour le pays B, l'utilisation de la différentielle totale nous permet d'obtenir l'effet de la pollution transfrontalière sur les variables d'équilibre.

$$\frac{dk_B^*}{dP_A^*} = \frac{-\rho}{\gamma(2 - w'(k_B^*))} < 0, \quad (13)$$

$$\frac{dE_B^*}{dP_A^*} = -\frac{\rho}{\delta} < 0. \quad (14)$$

Les équations (13) et (14) montrent que l'activité de production du pays A a un impact négatif sur la dynamique économique et environnementale de son voisin (pays B). La pollution transfrontalière dégrade la qualité de l'environnement dans le pays B. Et ce dernier, en consacrant une partie de son épargne pour la dépollution, sacrifie une source non négligeable de son potentiel de croissance de long terme.

Afin de lutter efficacement contre cette externalité négative, la littérature économique propose, entre autres, la mise en place d'une compensation que le pollueur devrait verser à la victime. Supposons maintenant que la dépollution soit prise en charge par le pollueur.

## 3 Application du principe du pollueur-payeur

Dans ce cas, les programmes d'optimisation des deux agents sont réécrits de la manière suivante :

### • Pays A

$$\max U(c_{A,t+1}, E_{A,t+1}) \quad (15)$$

sous contraintes :

$$s_{A,t} + m_{A,t} = w_{A,t}, \quad (16a)$$

$$c_{A,t+1} = (1 + r_{A,t+1})s_{A,t}, \quad (16b)$$

$$E_{A,t+1} = E_{A,t} = \bar{E}_A. \quad (16c)$$

### • Pays B

$$\max U(c_{B,t+1}; E_{B,t+1}) \quad (17)$$

sous contraintes :

$$s_{B,t} = w_{B,t}, \quad (18a)$$

$$c_{B,t+1} = (1 + r_{B,t+1})s_{B,t}, \quad (18b)$$

$$E_{B,t+1} = (1 - \delta)E_{B,t} - \rho P_{A,t} + \gamma m_{A,t}. \quad (18c)$$

L'équation (18c) met en exergue le principe du pollueur-payeur.  $\rho P_{A,t}$  constitue le dommage que subit le pays B et  $\gamma m_{A,t}$  constitue le dédommagement qu'il reçoit.

### 3.1 Équilibre du modèle avec dépenses de dépollution à la charge du pollueur

#### • Pays A

L'équation dynamique d'accumulation du capital obtenue suite à la résolution du programme de maximisation de l'agent A est la suivante :

$$k_{A,t+1} = \phi(k_{A,t}) = w(k_{A,t}) - m(P_{A,t}). \quad (19)$$

A l'équilibre stationnaire, nous obtenons pour l'agent A :

$$k_A^* = w(k_A^*) - m(P_A^*), \quad (20a)$$

$$E_A^* = \bar{E}_A. \quad (20b)$$

#### • Pays B

$$k_{B,t+1} = \phi(k_{B,t}) = w(k_{B,t}). \quad (21)$$

A l'équilibre stationnaire, nous obtenons pour l'agent B :

$$k_B^* = w(k_B^*), \quad (22a)$$

$$E_B^* = \frac{1}{\delta} [\gamma m(P_A^*) - \rho P_A^*]. \quad (22b)$$

### 3.2 Statique comparative

Pour le pays A, l'application du principe du pollueur-payeur impacte négativement son niveau de production par tête de long terme. En effet, les dépenses de dépollution viennent en diminution de l'investissement productif (équation 23). Et pour le pays B, cette politique peut s'avérer très efficace en terme de protection de l'environnement si la dégradation marginale est égale au dédommagement marginal (équation 24).

$$\frac{dk_A^*}{dm(P_A^*)} = \frac{-m'(P_A^*)}{1 - w'(k_A^*)} < 0, \quad (23)$$

$$\frac{dE_B^*}{dP_A^*} = \frac{1}{\delta} [\gamma m'(P_A^*) - \rho] = 0 \quad \text{si} \quad \gamma m'(P_A^*) = \rho. \quad (24)$$

Y a-t-il une autre politique possible pour lutter contre cette pollution transnationale dans cette union économique ?

## 4 Coopération technologique : transfert de $\theta_B$

La pollution transfrontalière est dans notre modèle causée par la technologie polluante du pays A ( $\theta_A$ ). Supposons maintenant que pour lutter contre cette pollution, le pays A et le pays B, privilégient une coopération technologique. Le pays B transfère sa technologie non polluante à son voisin. Ce qui entraîne que  $\theta_A = \theta_B = 1$ . Donc :

$$P_{A,t} = (1 - \theta_A)y_{A,t} = (1 - \theta_B)y_{A,t} = 0. \quad (25)$$

Les programmes de maximisation des agents A et B deviennent alors :

• Pays A

$$\max U(c_{A,t+1}; E_{A,t+1}) \quad (26)$$

sous contraintes :

$$s_{A,t} = w_{A,t}, \quad (27a)$$

$$c_{A,t+1} = (1 + r_{A,t+1})s_{A,t}, \quad (27b)$$

$$E_{A,t+1} = E_{A,t} = \bar{E}_A. \quad (27c)$$

• Pays B

$$\max U(c_{B,t+1}; E_{B,t+1}) \quad (28)$$

sous contraintes :

$$s_{B,t} = w_{B,t}, \quad (29a)$$

$$c_{B,t+1} = (1 + r_{B,t+1})s_{B,t}, \quad (29b)$$

$$E_{B,t+1} = E_{B,t} = \bar{E}_B. \quad (29c)$$

#### 4.1 Équilibre du modèle avec transfert technologique ( $\theta_B$ )

En résolvant les programmes de maximisation des agents A et B nous obtenons :

• Pays A

$$k_{A,t+1} = \phi(k_{A,t}) = w(k_{A,t}). \quad (30)$$

A l'équilibre stationnaire nous avons :

$$k_A^* = w(k_A^*), \quad (31a)$$

$$E_A^* = \bar{E}_A. \quad (31b)$$

• Pays B

$$k_{B,t+1} = \phi(k_{B,t}) = w(k_{B,t}) \quad (32)$$

A l'équilibre stationnaire nous avons :

$$k_B^* = w(k_B^*), \quad (33a)$$

$$E_B^* = \bar{E}_B. \quad (33b)$$

Nous constatons que le transfert technologique a permis de lutter efficacement contre la pollution transfrontalière (équation 25) sans impacter négativement le niveau de production par tête d'aucun pays (équations 31a et 33a). Par contre, comme Benchekroun et Chaudhuri (2014) l'ont défendu, cette politique aura un effet positif sur le bien-être global.

## 5 Discussion

Le tableau suivant nous donne les valeurs d'équilibre de long terme suivant que la pollution transfrontalière n'implique aucune compensation de la part du pollueur (PT), que le principe de pollueur payeur (P-P) est appliquée ou que la coopération technologique est privilégiée (T  $\theta_B$ ).

**Tableau 1 : Récapitulation des trois situations**

Cas	PAYS A	PAYS B
PT	$k_A^* = w(k_A^*) ; E_A^* = \bar{E}_A$	$k_B^* = \frac{1}{2} \left[ w(k_B^*) + \frac{1}{\gamma} ((1 - \delta)E_B^* - \rho P_A^*) \right] ; E_B^* = \frac{1}{\delta} [\gamma m(k_B^*) - \rho P_A^*]$
P-P	$k_A^* = w(k_A^*) - m(P_A^*) ; E_A^* = \bar{E}_A$	$k_B^* = w(k_B^*) ; E_B^* = \frac{1}{\delta} [\gamma m(P_A^*) - \rho P_A^*]$
T $\theta_B$	$k_A^* = w(k_A^*) ; E_A^* = \bar{E}_A$	$k_B^* = w(k_B^*) ; E_B^* = \bar{E}_B$

**Proposition 1 :** *Si la pollution transfrontalière est causée par le pays le moins avancé de l'union économique, l'application du principe du pollueur-payeur (P-P) compromettra l'objectif de convergence économique.*

Lorsque les pays A et B sont en union économique alors force est de constater que la mise en application du principe du pollueur-payeur pour lutter contre cette pollution transfrontalière se fera au détriment de la convergence économique. En effet, avec cette politique, le revenu par tête du pays le moins avancé ( $k_A^* = w(k_A^*) - m(P_A^*)$ ) sera inférieur, à l'état stationnaire, à ce qu'il serait sans l'adoption de cette politique ( $k_A^* = w(k_A^*)$ ). Parallèlement, cette politique permet au pays B d'avoir, à l'équilibre de long terme, un revenu par tête ( $k_B^* = w(k_B^*)$ ) plus élevé que celui qu'il obtiendrait sans cette politique ( $k_B^* = \frac{1}{2} \left[ w(k_B^*) + \frac{1}{\gamma} ((1 - \delta)E_B^* - \rho P_A^*) \right]$ ).<sup>3</sup>

L'application du principe du pollueur-payeur permettra donc de lutter efficacement contre la pollution transfrontalière mais creusera l'écart de production par tête de long terme entre les deux pays. Alors que celle de l'économie la plus développée (pays B) augmente, celle de l'économie la moins avancée (pays A) diminue.

**Proposition 2 :** *Le transfert technologie est l'instrument de politique environnementale qui permet d'obtenir l'optimum global. Il permet d'augmenter le bien-être global.*

Le transfert technologique permet aux deux pays de consacrer l'ensemble de leurs revenus à l'investissement productif. A l'état stationnaire, la production par tête, aussi bien pour le pays A que pour le pays B, est à son niveau le plus élevé possible (voir tableau 1). Il en est de même pour la qualité de l'environnement dans les deux pays. Par ailleurs, la différence structurelle à l'origine de l'écart de développement entre les deux pays de l'union étant l'écart technologique, alors le transfert technologique permettra également d'accélérer le processus de rattrapage du pays A. Par conséquent, à l'équilibre stationnaire :

$$w(k_A^*) = w(k_B^*) \quad ; \quad k_A^* = k_B^* \quad (34)$$

3. Cela découle du fait que l'application du principe du pollueur-payeur permet au pays B de disposer plus de revenu pour l'investissement productif.

Ce résultat est compatible avec les différentes études relatives à la convergence économique. La plupart d'entre elles soulignent l'importance de la technologie dans l'explication du processus de rattrapage et de divergence économique.<sup>4</sup> Sadik (2008) soutient que l'adoption de nouvelles technologies et le coût total d'importation de nouvelles machines sont des facteurs déterminants dans le processus de convergence.<sup>5</sup> Etant donné que nos deux pays sont à la fois frontaliers et en union, alors nous pouvons bien supposer que le coût total d'importation des nouvelles machines est à son niveau minimal. Ce qui favorise la convergence entre les deux économies.

Notre résultat rejoint également celui de Ciscar et Soria (2000). En introduisant, le processus de convergence économique dans les stratégies de négociations internationales sur le climat des pays en développement, Ciscar et Soria (2000) montrent que les pays en développement seraient d'autant plus incités à appliquer des politiques plus strictes en termes de réduction des gaz à effet de serre (GES) que leur taux de convergence économique est élevé. Et donc toute politique permettant d'améliorer leur vitesse de convergence aura un effet positive sur leurs efforts en matière de lutte contre le réchauffement climatique.

## 6 Conclusion

Avec le réchauffement de la planète (GIEC, 2007), la lutte contre toutes les formes de pollution est devenue aujourd'hui l'un des principaux sujets de discussion sur le plan international. Dans ce document, nous nous sommes intéressés au problème de la pollution transfrontalière unidirectionnelle dans une union économique.

A l'aide d'une modélisation à générations imbriquées, nous montrons que lorsque la pollution transfrontalière est due à l'activité productive du pays le moins développé d'une union économique, l'application du principe du pollueur-payeur apparaîtrait comme une solution sous-optimale d'un point de vue global. En effet, cette politique permettrait de lutter efficacement contre la pollution transfrontalière mais compromettrait le processus de rattrapage. Nous montrons que si l'écart de développement est dû à l'écart technologique, alors un transfert technologique permettrait de concilier la lutte efficace contre la pollution transfrontalière et la convergence économique. Le bien-être global maximal est obtenu en contrebalançant l'externalité négative (pollution transfrontalière) par une externalité positive (transfert technologique) sans passer par un système de prix.

---

4. Voir Islam (2003), pour une revue de la littérature sur la convergence économique.

5. La technologie est incorporée dans les machines.

Ce résultat souligne le rôle déterminant de la coopération entre les nations dans la lutte contre le changement climatique. Il montre que seules les politiques susceptibles d'accroître le niveau de développement des pays en développement auront plus de chance de faire évoluer leur position dans les négociations internationales sur le climat.

## Annexe A : Pays A

L'agent représentatif maximise son utilité sous sa contrainte budgétaire intertemporelle :

$$\begin{cases} \max U(c_{A,t+1}, E_{A,t+1}) \\ s/c : w_{A,t} = \frac{c_{A,t+1}}{1+r_{A,t+1}}. \end{cases}$$

Le lagrangien du programme de maximisation s'écrit comme suit :

$$L(c_{A,t+1}, E_{A,t+1}, \lambda) = U(c_{A,t+1}, E_{A,t+1}) + \lambda \left[ w_{A,t} - \frac{c_{A,t+1}}{1+r_{A,t+1}} \right].$$

Les conditions de première ordre donnent<sup>6</sup> :

$$\begin{cases} \frac{\partial L}{\partial c_{A,t+1}} = 0 \implies \lambda = \frac{1+r_{A,t+1}}{c_{A,t+1}}, \\ \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0 \implies \lambda = \frac{1}{w_{A,t}}. \end{cases}$$

Il s'ensuit :

$$\begin{aligned} c_{A,t+1} &= (1+r_{A,t+1})w_{A,t} \\ s_{A,t} &= w_{A,t}. \end{aligned}$$

La dynamique d'évolution du stock de capital est définie à partir de l'équilibre du marché des capitaux. Étant donné que les vieux consomment l'intégralité de leur revenu, alors le stock de capital en début de la période suivante est constitué par l'épargne des jeunes. Par conséquent :

$$\begin{aligned} N_{A,t}s_{A,t} &= K_{A,t+1} \implies s_{A,t} = \frac{K_{A,t+1}}{N_{A,t}}, \\ s_{A,t} &= k_{A,t+1}. \end{aligned}$$

Finalement, on obtient l'équation de la dynamique du stock du capital suivante :

$$k_{A,t+1} = \phi(k_{A,t}) = w(k_{A,t}). \quad (35)$$

Si l'on considère une fonction de production de type Cobb-Douglas,  $y_{A,t} = \theta_A k_{A,t}^\alpha$ , alors on peut facilement montrer que l'économie converge vers un unique équilibre stable,  $k_A^*$ . À l'état stationnaire :

$$k_A^* = w(k_A^*), \quad (36a)$$

$$E_A^* = \bar{E}_A. \quad (36b)$$

---

6.  $U(c_{A,t+1}, E_{A,t+1})$  est une fonction d'utilité additivement séparable avec  $u(c_{A,t+1}) = \ln(c_{A,t+1})$ .

## Annexe B : Pays B

L'agent représentatif maximise son utilité sous sa contrainte budgétaire intertemporelle :

$$\begin{cases} \max U(c_{B,t+1}, E_{B,t+1}) \\ s/c : w_{B,t} = \frac{c_{B,t+1}}{1+r_{B,t+1}} + \frac{1}{\gamma} [E_{B,t+1} - (1-\delta)E_{B,t} + \rho P_{A,t}]. \end{cases}$$

Le lagrangien du programme de maximisation s'écrit comme suit :

$$L(c_{B,t+1}, E_{B,t+1}, \lambda) = U(c_{B,t+1}, E_{B,t+1}) + \lambda \left[ w_{B,t} - \frac{c_{B,t+1}}{1+r_{B,t+1}} - \frac{1}{\gamma} [E_{B,t+1} - (1-\delta)E_{B,t} + \rho P_{A,t}] \right].$$

Les conditions du premier ordre conduisent à l'égalité suivante :

$$\frac{c_{B,t+1}}{1+r_{B,t+1}} = \frac{E_{B,t+1}}{\gamma}.$$

Ce qui entraîne que :

$$s_{B,t} = \frac{1}{2} \left[ w(k_{B,t}) + \frac{1}{\gamma} ((1-\delta)E_{B,t} - \rho P_{A,t}) \right].$$

Par conséquent :

$$k_{B,t+1} = \phi(k_{B,t}) = \frac{1}{2} \left[ w(k_{B,t}) + \frac{1}{\gamma} ((1-\delta)E_{B,t} - \rho P_{A,t}) \right] \quad (37)$$

A l'état stationnaire nous avons :

$$k_B^* = \frac{1}{2} \left[ w(k_B^*) + \frac{1}{\gamma} ((1-\delta)E_B^* - \rho P_A^*) \right], \quad (38a)$$

$$E_B^* = \frac{1}{\delta} [\gamma m(k_B^*) - \rho P_A^*]. \quad (38b)$$

$$\begin{aligned} \frac{dk_B^*}{dP_A^*} &= \frac{-\rho}{\gamma(2-w'(k_B^*))} < 0, \\ \frac{dE_B^*}{dP_A^*} &= -\frac{\rho}{\delta} < 0. \end{aligned}$$

Le signe  $\left( \frac{dk_B^*}{dP_A^*} \right)$  dépend du signe du numérateur En fait :

$$\frac{dk_{B,t+1}}{dk_{B,t}} \Big|_{k_{B,t+1}=k_{B,t}=k_B^*} < 1,$$

ce qui entraîne :

$$\frac{1}{2} w'(k_B^*) < 1 \quad \text{et donc} \quad 2 - w'(k_B^*) > 0.$$

## Références

- [1] Benarroch M. and Thille H., (2001), "Transboundary pollution and the gains from trade" *Journal of International Economics*, 55 (2001), 139–159.
- [2] Benchekroun H. and Chaudhuri A. R., (2014), "Transboundary pollution and clean technologies", *Resource and Energy Economics*, Vol. 36, Issue 2, May 2014, pp 601–619.
- [3] Cavagnac M. et Péchoux I., (2010), « Taxation régionale versus nationale en présence de pollution transfrontalière », *Revue économique*, 2010/1 Vol. 61, p. 35-56. DOI : 10.3917/reco.611.0035.
- [4] Chen X. and Hong B., (2014), "Club membership and transboundary pollution : Evidence from the European Union enlargement", *Energy Economics*, doi:10.1016/j.eneco.2014.06.021
- [5] Ciscar J. C. and Soria A., (2000), "Economic convergence and climate policy", *Energy Policy*, 28 (2000), 749-761.
- [6] Copeland B. R. and Taylor M. S., (2004) "Trade, growth and environment", *Journal of Economic Literature*, Vol. 42, No. 1. (Mar., 2004), pp. 7-71.
- [7] Copeland B. R. and Taylor M. S., (1995) "Trade and transboundary pollution", *The American Economic Review*, vol 85, N.4.(sep., 1995), pp 716-737.
- [8] Diamond P., (1965), "National debt in a neoclassical growth model", *The American Economic Review* 55, 1126-1150.
- [9] GIEC, (2007), *Bilan 2007 des changements climatiques. Contribution des Groupes de travail I, II et III au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [Équipe de rédaction principale, Pachauri, R.K. et Reisinger A. (publié sous la direction de)]*. GIEC, Genève, Suisse, . . . , 103 pages.
- [10] John A. and Pecchenino R., (1994), "An overlapping generations model of growth and the environment", *Economic Journal* 104, 1393-1410.
- [11] Haavio M., (2005), "Transboundary pollution and household mobility : Are they equivalent ?" *Journal of Environmental Economics and Management*, 50 (2005), 252–275.
- [12] Hoel M. and Shapiro P., (2003), "Population mobility and transboundary environmental problems", *Journal of Public Economics*, 87 (2003), pp. 113–124.
- [13] Islam N., (2003), "What have We Learnt from the Convergence Debate?", *Journal of Economic Surveys*, Vol. 17, Issue 3, July 2003, pp 309–362.
- [14] Lai Y-B and Lu C-H., (2008), "Trade agreements, domestic environmental regulation, and transboundary pollution", *Resource and Energy Economics*, 30 (2008), 209–228.
- [15] Lapan H. E. and Sikdar S., (2011), "Strategic Environmental Policy under Free Trade with Transboundary Pollution", *Review of Development Economics*, Volume 15, Issue 1, pages 1–18, February 2011.
- [16] Pigou A.C., (1920), *The Economics of Welfare*, 4th ed. London : Macmillan 1932.  
<http://www.econlib.org/library/NPDBooks/Pigou/pgEW.html>

- [17] Sadik J., (2008), "Technology adoption, convergence, and divergence", *European Economic Review*, 52 (2008), 338–355.
- [18] Varian R. H., (1994), "A solution to the problem of externalities when agents are well-informed", *The American Economic Review*, volume 85, Issue 5 (Dec., 1994), 1278–1293.