

CÓ CẦN ĐIỀU TIẾT NHIỀU LOẠN KHÍ HẬU HAY KHÔNG ?

Hà Dương Minh*

Tóm tắt :

Bài này trước hết trình bày hiện tượng nhiễu loạn khí hậu : tại sao đó là một vấn đề xã hội trong dài, các chính quyền ứng phó như thế nào ? Sau đó tiến hành phân tích kinh tế về giải pháp các chính quyền đề ra, đặc biệt về hiệp định ký kết ở Kyoto. Đoạn này chủ yếu đề cập sự hiện tại hoá (actualisation) các giá trị kinh tế tương lai, quản tính của các hệ thống năng lượng, và tiến bộ kỹ thuật. Sau hết, phần kết luận bàn một đặc tính cơ bản mà khi phân tích kinh tế về vấn đề môi trường phải tính đến : tính không xác định. Luận đề toát từ bài này ra : tính không đảo ngược lại được của hiện tượng khí hậu thay đổi là lý do chính đáng đòi hỏi phải hành động phòng ngừa, đó là giảm thiểu rõ rệt trong ngắn hạn khối lượng tàn phát dioxit cacbon vào khí quyển do con người gây ra.

1. Dẫn nhập

Thành phần hoá học khí quyển đã thay đổi rất nhiều từ ngày có cuộc cách mạng công nghiệp. Lượng methan trong không khí đã tăng 145 % và lượng dioxit cacbon tăng 30 %. Hàng thế kỷ nay người ta biết rằng các loại khí này, cũng như hơi nước, góp phần vào hiệu ứng nhà kính vì chúng hấp thụ năng lượng từ mặt địa cầu toả ra. Các hiện tượng này là nền gốc của hiện tượng nhiễu loạn khí hậu, một hó sơ mà tầm quan trọng không ngừng tăng trong những năm gần đây. Giảm thiểu tàn phát những loại khí gây ô nhiễm vì có tác động nhà kính đã

trở nên một phương hướng phải có trong chính sách năng lượng quốc gia ngày nay. Bài này giải thích vì lẽ gì tác động giảm thiểu này sẽ có quan hệ tới mọi công dân trong chọn lựa phương thức tiêu thụ, di chuyển và cư ngụ của họ, trong một tương lai gần đây.

Phần thứ nhì dưới đây chú tâm vạch rõ bản chất vấn đề và các giải pháp có thể triển khai. Phần này tiến hành theo cách đề cập xuyên ngang những mặt được và mất trên phương diện xã hội do vấn đề gây nên. Tiếp theo những điều cơ bản tổng quát đó, phần ba và kết luận sẽ thảo luận khoa học về thời cơ của các nỗ lực giảm thiểu ô nhiễm (phải hành động hay không và hành động vào lúc nào), phần này đặc biệt liên hệ tới những câu hỏi đặt ra cho bài toán phân tích kinh tế nhằm đánh giá chính sách về khí hậu.

2. Từ hiện tượng vật lý đến vấn đề chính trị

Như đã trình bày trong phần dẫn nhập, thành phần hoá học khí quyển gần đây đã chuyển biến trong hướng có khả năng làm cho khí hậu địa cầu nóng lên. Nhưng, các hậu quả do nhiễu loạn nhiệt độ, chẳng hạn như lượng mưa hay mức mặt biển dâng cao, nằm lòng trên một nền dao động tự nhiên quan trọng. Ví dụ, theo các nhà khí hậu học ước lượng thì từ cuối thế kỷ XIX tới nay nhiệt độ trung bình toàn cầu đã tăng thêm từ 0,3°C đến 0,6°C, trong khi khoảng dao động 'tự nhiên' trong vòng mười nghìn năm trở lại đây là cỡ 1°C.

2.1. THỰC CHẤT CỦA VẤN ĐỀ

Vậy thì, cho dù nhiễu loạn khí hậu đã được ghi nhận, gần cho con người cái trách nhiệm ấy có đúng hay không ? Trong lo lắng câu hỏi vấn có thể đặt ra. Ngày nay, có cả chòm râu hiệu khoa học tự hỏi về hướng xác nhận theo thống kê học cái trách nhiệm đó [7]. Điều này không đáng ngạc nhiên, nếu ta để ý đến các phương tiện tính toán tin học ngày càng mạnh cũng như các mô hình toán học ngày càng hoàn chỉnh ; do đó số lượng và chất lượng các dữ kiện được xử lý tăng theo ; kết quả là tín hiệu mỗi năm mỗi lớn rõ hơn lên. Để dự đoán thay đổi khí hậu cho đúng hơn, việc không ngừng tìm cách đặt độ chính xác toán học mỗi ngày mỗi cao là quan trọng. Nhưng mặc dầu vậy ta cũng không nên quan trọng hoá quá mức cái phần thiếu xác định còn sót lại.

Hình 1 biểu thị ở bên phải những giá thuyết khác nhau về độ tăng nóng ΔT toàn cầu ; ở bên trái, tương ứng với từng giá thuyết, là các kích bản khác nhau về độ biến chuyển nồng độ trong khí quyển theo định nghĩa trong [6]. Ví dụ như biểu đồ số S350 giả định rằng nồng độ ngừng tăng vào giữa thế kỷ XXI để đến năm 2150 trở lại 359 phần triệu dung tích, nghĩa là gần như mức độ năm 1988. Vạch ngang, trong biểu đồ phía phải, biểu thị biên độ sai số tương ứng. Nó cho thấy trong trường hợp này nhiệt độ toàn cầu tăng trên $+1^{\circ}\text{C}$ và dưới $+2,5^{\circ}\text{C}$, trung bình ước lượng là $1,5^{\circ}\text{C}$. Tuy nhiên, kích bản này rất khó thể hiện về mặt kinh tế. Vì trên thực tế nó hàm nghĩa tức khác giảm một cách nghiêm ngặt lượng tiêu thụ toàn cầu chất đốt hoá thạch ; điều này khó dung hoà được với cái đã biến chuyển nặng nề của tăng trưởng dân số và kinh tế. Nhìn dài hạn, giả thuyết hiện thực hơn cả là sẽ có một độ sưởi nóng toàn cầu đáng kể lồng trong dao động nhiệt độ tự nhiên.

Có nên phải lo vì sự sưởi nóng toàn cầu ấy không ? Đó đây, ta đọc thấy ý kiến rằng, nghĩ cho cùng, đa số chúng ta chẳng ưa nóng ấm hơn là lạnh lẽo đó sao ! Nếu chỉ nghĩ đến ngăn hạn như vậy thì sẽ đánh giá quá thấp tầm quan trọng của vấn đề. Vì lẽ nếu không điều tiết mạnh các xu hướng thị trường hiện nay, thì không biết cái gì cản trở nổi sức tiêu thụ năng lượng hoá thạch cứ tiếp tục đà thăng tiến trong thế kỷ tới, do cả tăng dân số lẫn phát triển kinh tế hợp lực lại mà kéo lên. Trữ lượng tích lũy dầu khí, khí đốt và nhất là than đá hiện nay thừa sức để thể hiện hay vượt quá kích bản S1000. Độ sưởi nóng toàn cầu như thế có cơ đạt $6,4^{\circ}\text{C}$ vào chân trời 2100 rồi sau đó càng cao lên nữa [7], với nguy cơ vượt xa mọi điểm 'khí hậu tốt ưu'.

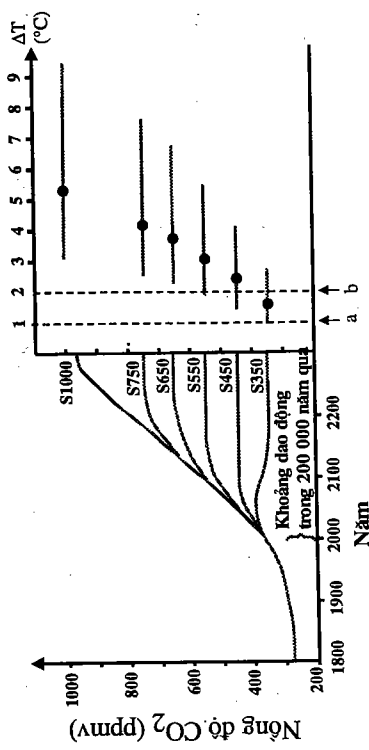
Đến đây, cần nhấn mạnh cái khác biệt giữa nguyên nhân, sự sưởi nóng toàn cầu, và một hậu quả, sự nhiễu loạn khí hậu.

* Nhiệt độ trung bình hàng năm cho toàn thể đất được cái hay là một chỉ số tổng hợp và minh bạch. Nhưng, một con số trung bình xem đường như nhỏ bé chẳng là bao có thể che đậy những dao động quan trọng ở địa phương hay ở một thời điểm trong năm.

* Hơn thế nữa, không nên quên rằng khí hậu không chỉ giới hạn vào nhiệt độ ; đối với nông nghiệp thì trong năm nước mưa phân phối

ra sao, bao nhiêu ngày được nắng và ngày nào hết băng giá, là những điều quan trọng chẳng kém gì nhiệt độ.

* Sau hết, còn những hậu quả khác khi toàn cầu nóng lên, như là mặt biển dâng cao do nước đại dương giãn nở ra vì nóng. Mục nước biển đã dâng lên từ 10 đến 25 cm trong thế kỷ vừa qua, và có thể chờ đợi là từ nay đến năm 2100 sẽ lên cao thêm vài chục cm nữa.



Hình 1 : Bên trái, các kích bản ổn định nồng độ CO_2 (CO_2 concentration) trong khí quyển. Bên phải, độ nóng lên tương ứng với các kích bản ấy, với số trị trung tâm (biểu thị bằng điểm) và khoảng xác suất (đoạn ngang). Đường thẳng đứng chấm chấm a biểu thị độ dao động tự nhiên, đường thẳng đứng chấm chấm b biểu thị ngưỡng được xem như là nguy hiểm bởi Viện Môi trường Stockholm (Stockholm Environmental Institute). Theo Azar và Rodhe, Science, 1997.

Sự phức tạp của các hậu quả nói trên cho ta hiểu lý do tại sao các mô hình tổng hợp hiện nay không đủ chính xác để ước lượng nguy cơ ở mức độ địa phương. Ví dụ người ta biết rằng dòng hải lưu Gulf Stream ở Bắc Đại Tây dương vốn là nguồn làm cho khí hậu mùa đông của vùng Tây Âu được ấm áp hơn, dòng hải lưu ấy có thể yếu đi rất nhiều trong một cấu hình khí hậu nóng hơn. Chính vì vậy mà có những

nhà khoa học cho rằng dòng tuần hoàn nhiệt lưu nội đại dương của Bắc Đại Tây dương là chỗ nưoc, cái gót chân Achille, của khí hậu. Nhưng không thể dự đoán được khi nào thì dòng hải lưu ấy yếu đi. Cũng vậy, thật khó mà liên hệ từ hiện tượng tăng nồng độ trong khí quyển của các loại khí gây hiệu ứng nhà kính tới những chuyển biến thủy chế của hiện tượng El Nino trong mấy năm qua.

Nhân loại đã phát triển và thích nghi trong điều kiện khí hậu tương đối ổn định. Chẳng hạn sự thích nghi nói trên thể hiện qua cách phân phối cư dân trên thế giới, với sự xuất hiện các đô thị, các hải cảng và các cấu trúc hạ tầng khác, với cách tổ chức cơ cấu xã hội dựa trên kỹ thuật nông nghiệp. Cũng như sức dung nạp của con người đối với các loại côn trùng, ký sinh trùng và bệnh lý khác nhau, đi sát theo điều kiện khí hậu. Có nguy cơ thật sự là điều kiện khí hậu chuyển nhanh qua hướng khác. Trong trường hợp ấy quá trình dung nạp những điều kiện mới chẳng phải tất nhiên là dễ dàng và không tốn kém. Trái lại, khi nào điều kiện mới còn chưa ổn định, quá trình ấy có thể thành bi thảm và phải trả với giá đắt.

2.2. PHƯƠNG PHÁP TRỊ LIỆU QUỐC TẾ

Cuộc thảo luận trên đây có lẽ còn chưa được đại chúng biết tới, như ta thấy cái cách vấn đề được đặt đi đặt lại trong mục Thảo luận của tờ *Le Monde* (báo Thế Giới). Tuy nhiên, ở mức độ chính phủ, sự hiện hữu của nguy cơ mà chúng ta vừa xét qua, cũng như việc truy tìm nguyên nhân, không còn thực sự đặt ra nữa từ khi ở Rio năm 1992, đa số quốc gia đã nhìn nhận mình bạch nguy cơ trong dài hạn của sự ô nhiễm vì các khí có hiệu ứng nhà kính, do con người gây ra.

Ý thức tầm quan trọng của vấn đề, chính phủ các nước đã thi hành hai loại chính sách để đối phó. Một mặt là các biện pháp *thích nghi* nhằm giảm thiểu những tác động nhiễu loạn mà ngay từ bây giờ đã không thể nào tránh được nữa. Mặt khác, nhằm cho khí hậu được an toàn, cần giảm mức độ tán phát toàn cầu các loại khí có hiệu ứng nhà kính xuống dưới mức hiện nay. Đó là mục tiêu tối hậu của các biện pháp và quy trình điều tiết nhiễu loạn khí hậu được bố trí ở Rio de Janeiro năm 1992 với cuộc ký kết Thoả ước Khung Liên hợp quốc về Nhiễu loạn khí hậu (Convention Cadre des Nations Unies sur le

Changement Climatique, www.unfccc.de), cũng gọi là Thoả ước Khí hậu (Convention Climat). Ngoài giá trị tương trưng của cuộc ký kết, Thoả ước đã tổ chức đợt tư duy toàn thế giới về các khía cạnh ngoại giao và khoa học.

Hoạt động ngoại giao kỳ này có tầm vóc lớn hơn lần ký Hiệp định Montreal về sự giới hạn các chất làm tiêu giảm lớp ozon. Về phạm vi thì nó gần giống với các cuộc thảo luận về thương mại thế giới, khởi đầu từ năm 1948 và mãi đến 1996 mới đạt tới OMC (Tổ chức Thương mại quốc tế, Organisation Mondiale du Commerce). Trong giai đoạn hiện nay các nước công nghiệp hoá giữa họ với nhau đang soạn thảo một luật chơi chấp nhận được. Không phải nước nào cũng ngóng đợi cho có xuất hiện một hệ thống giấy phép trao đổi lượng tán phát rồi mới hành động. Ví dụ như Thụy Điển đã đề ra từ 1991 một sắc thuế đánh vào các loại tán phát dioxit cacbon.

Các khía cạnh khoa học của hồ sơ được *Nhóm chuyên viên liên chính phủ về biến hoá khí hậu* theo dõi. Nhóm này (Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, GIEC cũng gọi tiếng Anh là IPCC, www.ipcc.ch) là một định chế độc đáo đặt dưới sự che chở của Tổ chức Khí tượng quốc tế (Organisation Météorologique Mondiale) và Chương trình Liên Hợp Quốc cho Môi trường (Programme des Nations Unies pour l'Environnement). Chức năng của nhóm là xử lý tình trạng tổng quát các kiến thức khoa học và kỹ thuật có liên quan đến nhiễu loạn khí hậu. Công việc của nhóm là biểu thị toàn thể các ý kiến đăng trong các tạp chí khoa học. Để làm việc ấy, trên hai nghìn chuyên viên khắp thế giới tham gia vào việc soạn thảo và phân tích các văn bản, và có một cố gắng đặc biệt để đưa các nước đang phát triển vào trong nhóm. Các chính phủ đại diện cho toàn thế địa cầu duyệt và chuẩn y các tài liệu về mặt khoa học và kỹ thuật. Vì thế mà báo cáo của nhóm có uy tín hợp pháp và có thể dùng làm cứ liệu khách quan trong các cuộc thảo luận quốc tế.

2.3. NGHỊ ĐỊNH THƯ KYOTO

Dù cho những cam kết đã đạt được phản ánh trước hết điểm dung hợp của tương quan lực lượng chính trị và ngoại giao giữa rất nhiều bên tham dự cuộc thương lượng, lập luận khoa học không thể

hoàn toàn vắng bóng trong định hướng thảo luận. Các công trình mới nhất của GIEC cho biết rằng đã nhận ra được, bằng thống kê học, trách nhiệm của con người trong hiện tượng nhiễu loạn khí hậu. Điểm này xác nhận giảm thiểu trong dài hạn các loại tán phát ô nhiễm xuống dưới mức độ hiện nay rất nhiều là cần thiết. Tuy nhiên, về những hướng động trong ngắn hạn thì sự đồng thuận thấp hơn.

Những điểm bất đồng ý kiến xuất hiện vào dịp Hội nghị Kyoto năm 1997, và càng nổi rõ chính vì thảo luận chú tâm vào một tham số đơn giản : mục tiêu định lượng về giảm thiểu và giới hạn các loại tán phát ô nhiễm. Định nghĩa của tham số ấy như sau : nếu lượng tán phát năm 1990 là 100 và mục tiêu là x%, thì lượng tán phát được cho phép vào năm 2010 sẽ là $100 \times (1-x)$. Đối chiếu vào đây, nhà quan sát có thể lượng được khoảng cách biệt giữa đề nghị của Hoa Kỳ về ổn định lượng tán phát, $x = 0\%$, và đề nghị của Âu châu đặt tham vọng cao hơn với mục tiêu $x = 15\%$. Nhân đó người ta nhận thấy biệt tài về số học của các nhà ngoại giao, vì thoả thuận cuối cùng rơi chính giữa khoảng cách ($x = 7\%$ cho Hoa Kỳ và $x = 8\%$ cho Âu châu, xin xem bảng I theo [1]).

Đối với tất cả các nước công nghiệp hoá gộp lại, cũng gọi là các quốc gia 'có ghi trong danh sách Tài liệu phụ I của Thoả ước Khí hậu' (gọi tắt là 'tài liệu phụ I'), nghị định thư Kyoto không quy định phải giảm quá 5%, chỉ số đã được chấp thuận từ 1995. Nghị định thư như thế có thể được xem như lời mời mọc các nước trong OCDE trao đổi đơn vị giảm thiểu với các nước còn lại trong 'tài liệu phụ I' (Liên xô cũ và Đông Âu). Bảng I cho thấy rõ rằng thế giới hãy còn đứng trong logic phát triển tán phát khí có hiệu ứng nhà kính. Thế mà, chính lại cần phải có một sự giảm dần bền lâu mới ổn định nổi được nồng lượng các loại khí. Tính về dài hạn hơn, có thể chứng minh rằng nếu các nước trong 'tài liệu phụ I' không đặt được quan hệ cộng tác với các nước đứng ngoài, thì trong giai đoạn 2010 - 2020 không dễ gì đạt nổi mục tiêu ổn định nồng độ CO2 trong khí quyển ở mức độ 450 ppmv (phần triệu dung tích).

Ngoài hai khía cạnh khá trong suốt nói trên, việc phê phán Nghị định thư Kyoto nêu lên nhiều câu hỏi khó giải đáp hơn.

	Năm căn cứ		Ước lượng cho		Dự phóng cho	
	1995	1990	1990	2010	1990	2010
Liên Hiệp Âu châu (UE)	949	936	-1%	873	-8%	-8%
OCDE ngoài UE	2086	2254	+8%	1961	-6%	-6%
Các nước khối Liên xô cũ	1311	925	-29%	1298	-1%	-1%
Tổng cộng tài liệu phụ I	4346	4115	-5%	4132	-5%	-5%
Ngoài tài liệu phụ I	1774	2225	+25%	4007	+126%	+126%
Tổng cộng cả thế giới	6120	6340	+4%	8139	+33%	+33%

Bảng I. Lượng tán phát CO₂ từ nhiên liệu hoá thạch, đơn vị là Mt (triệu tấn cacbon / năm), theo từng khu vực lớn. Với những biến chuyển so với năm căn cứ 1990. Các con số phóng định cho các nước trong Tài liệu phụ I tương ứng với những cam kết theo Nghị định thư Kyoto, đối với các nước đang phát triển tỷ số gia tăng hàng năm lượng tán phát được giả thiết là 4%.

3. Làm thế nào để đánh giá chính sách khí hậu ?

Các điều cam kết với những mục tiêu đã thành con số như trên sẽ định hướng cho chính sách toàn cầu về khí hậu, đã đến lúc cần đánh giá những con số ấy trên phương diện kinh tế, nhưng bằng cách nào ? Bảng I cho thấy hậu quả có thể xảy ra với kịch bản S550 và những kịch bản cao hơn về sưởi nóng toàn cầu. Nhưng muốn giải đáp câu hỏi đặt ra ở trên, cần phải lưu tâm đến tác động của khí hậu bị nhiễu loạn trên xã hội loài người, chứ không phải là nhiệt độ. Tính không xác định trở nên vấn đề quan trọng cao độ trong việc thẩm định các chính sách khí hậu trong ngắn hạn. Chúng ta sẽ trở lại vấn đề ấy, nhưng phần này hãy bắt đầu xét một câu hỏi rõ ràng hơn : Nghị định thư Kyoto nhất quán với mục tiêu khí hậu dài hạn nào ?

Dù rằng tính không xác định còn là vấn đề cơ bản, vẫn có thể thực hiện phân tích kinh tế sơ lược về giá phải trả và lợi thu được, và việc này là cần thiết. Như đã có nói ở đoạn trên, rõ là nhắm tới mục tiêu 350 ppmv đòi hỏi những cố gắng quá lớn, không tương xứng với

lợi ích mong đợi. Nồng độ hiện nay ở khoảng 360 ppmv, như thế là phải quay ngược về nồng độ thời đã qua. Giản tiện hơn là hãy chịu nhận một chuyển biến khí hậu nhẹ và thích nghi với nó. Nhưng, mặt khác cũng không thể nào mà chấp nhận nguy cơ gắn liền với S 1000 có tiềm năng nóng lên hơn 9°C được. Trong tất cả các quốc gia, năng lượng là khu vực được luôn luôn điều tiết, và về dài hạn những khả năng kỹ thuật cho phép điều tiết năng lượng là mênh mông.

Để hiểu rõ hơn những gì làm ta chؤng một mục tiêu về môi trường này hơn mục tiêu khác trong khoảng cách mở rộng giữa 350 và 1000 ppmv, chúng ta hãy xem xét ba phương diện cân được khảo sát với tinh thần phê phán, đó là giá trị thực có tương ứng, quán tính của công nghệ năng lượng, và tiến bộ kỹ thuật.

3.1. GIÁ TRỊ THỰC CÓ TƯƠNG ỨNG

Biểu đồ dân số thế giới gần đây có điểm uốn : độ tăng trưởng sẽ chậm lại trong tương lai. Cũng vậy, có thể phải chờ đợi là xu hướng của *độ tăng giàu có trên đầu người* trong thế kỷ sắp tới giảm đi. Nhưng cứ xét theo phát triển kinh tế đã thấy trong hai thế kỷ vừa qua thì, nói chung, các nhà nắm quyền quyết định có thể dự trù rằng đời con cháu sẽ giàu có gấp mấy lần hơn chúng ta. Trong những điều kiện ấy, làm thế nào để đánh giá các biện pháp đồng thời liên quan đến quyền lợi của cả thế hệ ngày nay lẫn thế hệ mai sau ?

Tính toán giá trị thực có tương ứng (actualisation hay *escompte*) là dụng cụ phân tích chính của các nhà kinh tế học dùng để so sánh hậu quả xảy ra vào những thời đại khác nhau. Cách tính toán này sử dụng nguyên tắc tính lãi kép : nếu lãi suất là r thì một đơn vị tài khoản ngày hôm nay chỉ tương đương với $1/(1+r)$ đơn vị ở giai đoạn sau. Chọn lựa tỷ suất giá trị thực có tương ứng có tầm quan trọng kỹ thuật rất lớn trong phân tích chính sách về vấn đề nhiễu loạn khí hậu, vì chân trời thời gian đặt rất xa và cái giá phải trả cho sự suy giảm ở nhiệm có xu thế được ghi nhận sớm hơn là lợi ích có được nhờ tránh tổn hại. Tỷ suất giá trị tương ứng càng lớn bao nhiêu thì phân tích ra sẽ thấy lợi ích tương lai càng không đáng kể và giá phải trả thực có càng cao bấy nhiêu.

Xác lập một lý thuyết để định tỷ suất giá trị thực có tương ứng

là cần thiết, vì nếu lấy lại một tỷ suất cao như 8 %, dùng trong tính toán kinh tế thông dụng cho các loại đầu tư của nhà nước Pháp, để áp dụng cho môi trường toàn cầu là không thực tiễn chút nào. Thuyết này tự nó cũng có điểm lý thú, vì nó liên quan trực tiếp đến những câu hỏi sâu xa nhất của tư tưởng kinh tế, đặc biệt là về phát triển và tích lũy tư bản.

Hiện nay có hai cách tiếp cận để xác định tỷ suất giá trị thực có tương ứng :

* Cách thứ nhất, gọi là phương pháp mô tả, đặt các biện pháp bảo trợ khí hậu song song với các đầu tư khác của xã hội. Nếu giáo dục là đầu tư tích lũy vốn con người và qua đó phát triển tư bản công nghiệp, thì đầu tư cho môi trường là tái sản xuất và truyền đạt lại một di sản.

Nếu ta dựa vào lý thuyết hiệu quả kinh tế thì nên cho tỷ suất giá trị thực có tương ứng bằng với tỷ suất sinh lợi của các loại đầu tư công cộng dài hạn không có nguy cơ. Nghiên cứu theo kinh nghiệm đưa ra những tỷ suất từ 3 % đến 6 % tính theo giá cố định. * Cách tiếp cận thứ hai, gọi là phương pháp chuẩn tắc, xem giá trị thật có tương ứng như một tham số dựa trên đạo lý lựa chọn tập thể. Người ta tính giá trị thực có tương ứng của sức tiêu thụ nhiều thế hệ khác nhau bằng một ' *tỷ suất lãi kép tập thể cho hiện tại* ', được định nghĩa như là tổng số của hai số hạng :

Tỷ suất lãi kép tập thể cho hiện tại, dựa trên lòng nôn nóng và là một cách đo lường khoảng cách chúng ta đặt lợi ích các thế hệ đi sau đối với lợi ích của thế hệ đương đại. Tỷ suất này thông thường là một con số ở giữa 0 % và 1 %.

Hiệu ứng giàu có, dựa trên sự kiện chúng ta nghĩ rằng điều kiện đời sống các thế hệ trong tương lai sẽ khảm khá hơn lên và cho rằng giá trị phụ trội một đơn vị tài khoản sẽ nhỏ hơn trong các xã hội tương lai giàu có hơn ngày nay. Nếu đem bản chất đặc biệt của tài sản môi trường và tài nguyên thiên nhiên ra mà xét thì hiệu ứng này có điều để bàn cãi. Tuy nhiên có thể nhận rõ ra hiệu ứng này trong ví dụ sau đây : nhu cầu được thoải mái của một người tiêu thụ hiện đại với một kilô bốt mì chắc chắn là nhỏ hơn đối với

tổ tiên anh ta thời thế kỷ XIX.

Tổng cộng lại, cách để cấp chuẩn tắc đưa đến những tỷ suất thường là nhỏ hơn 3 %.

Chọn lựa tỷ suất giá trị thực có tương ứng là cả một vấn đề vì đó là một tham số quyết định trong việc đánh giá các chính sách về khí hậu, và các phương pháp hiện hành đưa ra những đáp số khác biệt nhau đáng kể. Vấn đề này không thể tránh né bằng cách lý luận so sánh giá phải trả với hiệu quả, nghĩa là chỉ đơn giản xét xem làm thế nào để đạt với giá tối thiểu một mục tiêu khí hậu để ra. Đúng là tính theo cách ấy được miễn khỏi phải ước lượng chính xác lợi ích của chính sách giảm bớt nhiễu loạn khí hậu. Có điều là sử dụng tỷ suất giá trị thực có tương ứng càng cao bao nhiêu thì quy trình phân tích luôn luôn theo đó mà gợi ý nên chuyển lại cho thế hệ tương lai càng nhiều nỗ lực hơn bấy nhiêu.

Tới giai đoạn này, ta có thể chấp nhận nhiều giải đáp khác nhau. Giải đáp thiên về thực hành nhất thì xem tham số này như một dụng cụ chủ quan, các quan điểm khác nhau đều là hợp thức miễn sao chúng được biện luận đúng đắn và rõ ràng. Giải đáp triệt để nhất thì từ bỏ ý định đi tìm một tối ưu kinh tế, để chú tâm phân tích các quỹ đạo thực hiện được hay có thể xảy ra. Giữa hai thái độ nói trên, có cả một khối lượng quan trọng công trình nghiên cứu về sự chọn lựa tập thể và về phát triển bền vững, ta có thể hy vọng các công trình này đem lại những công cụ biểu tượng và tính số sát sao hơn.

3.2. QUẢN TÍNH CỦA CÔNG NGHỆ NĂNG LƯỢNG

Điểm mấu chốt thứ nhì cần phải thảo luận để đánh giá chính sách về khí hậu là quán tính của công nghệ năng lượng, khả năng thay đổi nhanh với giá phải trả cao, hay chậm hơn với giá thấp, khi điều chỉnh theo biến chuyển. Quán tính này có hai tác dụng chống lại ý đồ thực thi một nỗ lực ngắn hạn :

- * Một mặt, quán tính liên hệ với vốn liếng đã được đầu tư, đòi hỏi nếu có đổi thay thì phải giữ được tính liên tục, tránh mọi trệch đường đột ngột tách khỏi quỹ đạo hiện hành.
- * Mặt khác, cũng chính quán tính ấy hàm ý rằng cái cách càng cần thời gian dài bao nhiêu để hoàn tất thì ta phải bắt đầu thực hiện nó

cấp bách bấy nhiêu.

Nói cách ẩn dụ thì chúng ta gặp ở đây sơ đồ đối chọi rùa với thỏ. Rùa ta phải nỗ lực liên tục suốt chặng đường, nhất là ngay từ lúc khởi hành. Còn thỏ cũng có thể phóng ra nhanh ngay từ đầu, nhưng nó tin vào khả năng chạy nước rút vượt qua đoàn cuối rất nhanh là chính, ấy là vì nó ưu đãi cái hiện tại (do tính toán giá trị thực có tương ứng) và nó có lợi mà làm như vậy.

Đây là chúng ta bàn về giai đoạn chuyển tiếp đến các hình thái xã hội ít tán phát dioxit cacbon, và làm việc này đòi hỏi phải thay thế cơ sở vật chất của cả nền kinh tế. Tốc độ thay thế vốn tư bản đã được đầu tư mà không gây phí tổn quá nặng để điều chỉnh theo đổi mới chính là nhịp độ khấu hao tự nhiên của thiết bị. Thay vì chọn nhịp độ sụt giá theo khấu hao, sử dụng thời gian sống D của các hệ thống năng lượng để đo quán tính có điều kiện lợi hơn.

Làm như vậy ta ước lượng sơ lược được việc phát khởi chính sách điều tiết hiệu ứng nhà kính là cấp bách tới đâu, bằng cách so sánh thời gian cải cách hệ thống kinh tế-xã hội D với thời hạn còn lại T trước khi khí hậu vượt qua một ngưỡng nguy hiểm. Nếu tính toán giá trị thực có tương ứng thời thúc chúng ta dồn nỗ lực lại cho tương lai, thì với quán tính ta xác định được tổng số thời gian để thể hiện những nỗ lực ấy là bao nhiêu và buộc ta phải khởi công kịp thời nếu không muốn gánh chịu giá phải trả quá cao trong quá trình điều chỉnh.

Lịch sử năng lượng trong hai thế kỷ vừa qua cho thấy các hình thái năng lượng kế tiếp theo nhau mỗi ngày mỗi ít ỏi nghiêm hơn, xưa kia là sử dụng khối lượng sinh vật, rồi là than đá, rồi dầu khí, và có lẽ ngày mai là khí đốt. Mỗi lần chuyển tiếp phải mất một thời gian khoảng nửa thế kỷ. Con số D này có vẻ quá cao đối với đời sống một trung tâm nhiệt điện hay các thiết bị nội trợ. Nhưng nghĩ thế là quên rằng các hệ thống năng lượng còn được quyết định bởi một tổng thể nhiều yếu tố tùy thuộc lẫn nhau, và điều này đúng cho cả cung lẫn cầu. Sản xuất, vận tải và phân phối cần đến những thiết bị hạ tầng nặng, thường ở cấp quốc gia như thương cảng hay hệ ống dẫn dầu khí (pipeline). Cấu trúc nhà ở, chất lượng khung cốt xây dựng và các sơ đồ vận chuyển tùy thuộc vào cách suy tư cân nhắc mang tính chất xã hội tổng quát hơn nữa, và tất cả những điều này tiến hoá chậm rãi với thời gian

kế hàng thế hệ.

Để có một ý niệm về T, ta có thể nhận xét rằng nồng độ dioxit cacbon trong khí quyển trước cuộc cách mạng công nghiệp ở vào khoảng 280 ppmv nay đã lên tới 365 ppmv và cứ 10 năm tăng lên 15 ppmv. Có người xác định ngưỡng nguy hiểm khí hậu là 2°C, và mức này có thể sẽ đạt tới khi nồng độ lên đến 450 ppmv và chắc chắn sẽ vượt quá nếu lên đến 550 ppmv.

Ước lượng này là lý do chính đáng để hành động cấp bách nếu ta muốn giữ không vượt qua ngưỡng hiểm nguy. Cứ để nguyên không có biện pháp gì thì nồng độ CO₂ có thể lên tới 450 ppmv trước giữa thế kỷ tới, và T < 50. Dù sao đó cũng là quan điểm xuyên suốt Nghị định thư Thỏa ước Khí hậu, nó không cho phép chúng ta chần chừ khởi công chuyển hướng sản xuất và tiêu thụ năng lượng trên thế giới.

3.3. TIẾN BỘ KỸ THUẬT

Với phương pháp kết hợp quán tính (D) với giá trị thực có tương ứng chúng ta có thể đề cập, bằng cách phỏng chừng theo kinh nghiệm, vấn đề phân phối trong thời gian các nỗ lực giảm thiểu phải làm cho một mục tiêu môi trường (T) nào đó, như được thấy trong [11]. Có cách tiếp cận nào chính xác hơn không?

Trong ngắn hạn, công nghệ học hiện hữu sẵn dùng ngay được mở ra cho ta nhiều khả năng giảm lượng phân tán khí gây hiệu ứng nhà kính. Hơn thế nữa, người ta thường ước lượng có thể giảm thiểu hơn 10% với giá phải trả âm hoặc bằng số không, nhờ các chọn lựa 'không có gì phải hối tiếc'.

Tuy nhiên khi tìm cách dự phóng ra ngoài 20 năm sự phân tích, để định lượng một cách chính xác hơn cái giá phải trả cho một công trình giới hạn phân tán khí và ổn định nồng độ CO₂ nào đó, thì vấn đề tiến bộ kỹ thuật dài hạn trong nhiều khu vực khác nhau được đặt ra [9, 2].

Mục tiêu tối hậu để giải quyết vấn đề nhiễu loạn khí hậu là phát triển các phương thức sản xuất và tiêu thụ năng lượng mới. Kiến thức hiện nay về sự tiến triển của các điều kiện sản xuất hợp kinh tế chưa đủ khả năng cho phép ta tiếp cận theo phương pháp dự báo. Câu hỏi trung tâm: cái gì đưa đến tiến bộ kỹ thuật, và cuối cùng là sự giàu có

của các xã hội chúng ta? Vẫn chưa có giải đáp.

Về vấn đề này, những lập luận sau đây cho thấy rằng mối quan điểm về mối liên hệ giữa giảm thiểu tán phát với tiến bộ kỹ thuật đều có ảnh hưởng trực tiếp đến nội dung các hành động cần khởi sự.

* Nếu ta cho rằng tiến bộ kỹ thuật chủ yếu là do tích lũy kiến thức và đầu tư công cộng vào nghiên cứu - phát triển (Recherche - Développement, R&D) sinh ra, thì trên nguyên tắc ta có thể phát triển kỹ thuật mới, nhưng không cần đồng thời tiến hành việc giảm thiểu lượng tán phát.

* Trong một 'giai đoạn đầu' chính quyền quốc gia có thể đem phần lớn phương tiện dành cho công cuộc chống nhiễm loạn khí hậu vào việc phát triển các giải pháp năng lượng thay thế. Chủ yếu để triển khai nguyên mẫu và thí điểm, nhắm tới một 'giai đoạn hai', giai đoạn giải quyết vấn đề, và đợi đến khi ấy mới thể hiện giảm thiểu phân phối khối lượng tán phát. Đề cập kiểu này thì, trước khi hành động thật sự, được ngời hưởng hàng chục năm mặc tình ô nhiễm, trong khi đang tích lũy một lượng dự trữ đầy đủ các tiến bộ kỹ thuật.

* Tuy nhiên, có nhiều lý lẽ chống lại cái chính sách 'Cứ đợi và chờ *tiêu đã, rồi sẽ chạy rút sau*'. Khai triển công nghệ học mà không có cơ sở đã nên nề nếp là việc khó thành, lịch sử chứng minh rằng tiến bộ thiên hẳn về các công nghệ học hiện có. Ngoài ra, mau chóng đem một loạt công nghệ học mới không ô nhiễm vào khu vực năng lượng thật ra khó mà thực hiện được vì lý do các công nghệ học liên kết với nhau.

* Thật vậy, các thành phần của một hệ thống công nghệ tùy thuộc lẫn nhau, không thể đem thay thế riêng lẻ từng phần được. Chính hai tác động phản hồi dương nói trên gây nên những điểm khóa công nghệ học (lock-in) làm cho thời gian đã tiêu pha không tất nhiên phải tương ứng với sự tăng thêm các giải pháp khả thi.

* Chính vì vậy, có thể suy ra rằng tiến bộ kỹ thuật trong một khu vực là do biến chuyển thị trường tương ứng thúc đẩy mà ra, chứ không phải là do tích lũy kiến thức khoa học tổng quát hay do ngân sách công cộng cho R&D. Tìm cách đẩy mạnh tiến bộ kỹ

thuật mà không giám tán phát ô nhiễm là một chính sách không nhất quán mà cũng chẳng hữu hiệu.

Nghị định thư Kyoto dường như nằm trong quan điểm thứ hai này. Chúng ta buộc phải nhìn nhận rằng hiện nay phần lớn tác động của R&D tư nhân là nhằm vào cải tiến các công nghệ học lấy nhiên liệu hoá thạch làm cơ sở. Một chính sách thực sự cưỡng bức về vấn đề tán phát CO₂ sẽ có khả năng tạo ra khích động thích hợp trên thị trường năng lượng để chuyển một phần chi tiêu R&D cho các công nghệ học ít hay không tán phát khí.

Tuy nhiên, bảng tổng kết tác động của Thỏa ước Kyoto trên tiến bộ kỹ thuật đối với chúng tôi là lằng nhằng. Thật vậy, cách bố trí trong thực tế chưa tạo được một khung cảnh ổn định về lâu dài cần thiết cho công nghiệp thấy có lý do chính đáng để đem vốn lớn đầu tư vào các công nghệ học mới. Ngoài ra, trong khi trách nhiệm của con người trong nhiệm vụ giảm khí hậu dù làm lý do chính đáng để phải đi xa hơn nữa thì Nghị định thư lại không chịu bước quá điểm 'không hồi tiếc'.

4. Kết luận : nguyên tắc thận trọng

Đến đây thì chúng ta có thể trở lại vấn đề cơ bản, tính không xác định. Đúng là thỏa ước Kyoto phù hợp với một mục tiêu gần 450 ppmv hơn là với 550 ppmv, nhưng lẽ lái thực sự chính sách năng lượng lại thuộc về quyền tối cao của các quốc gia. Chỉ tính đến riêng một chuyên Thượng nghị viện Hoa Kỳ hiện còn chặn lại không chịu phê chuẩn thỏa ước đủ cho thấy rằng chưa biết ngày nào thoả ước sẽ có đầy đủ giá trị pháp lý.

Hiện nay ta không thể loại trừ trường hợp mục tiêu cuối cùng leo lên tới 650 ppmv CO₂ trong khí quyển, chẳng hạn. Ở mức độ ấy hoặc cao hơn nữa thì theo phản tích mà chúng tôi vừa trình bày trên đây ta có thể nghĩ rằng các mục tiêu mà hội nghị Kyoto xác nhận là không công hiệu về phương diện kinh tế. Như vậy phải chăng việc cần làm ngay là ta hãy ngồi chờ xem sao ?

Không đầu, vì vấn đề nào phải là chỉ có một lần quyết định dứt khoát về chính sách khí hậu sẽ được tuân thủ trong 100 năm tới, mà là chọn lựa một chiến lược thận trọng để theo dòng thời gian mà điều

chính theo thông tin thu thập được. Khi đưa tính không xác định vào lập luận, cuộc thảo luận về thời cơ được thêm nhiều kích thước mới :

* Kích thước trực tiếp nhất là lòng dốt kỹ rủi ro, hay đơn giản là chi thật trọng mà thôi. Thông thường ai ai cũng cho rằng là người cha tốt làm chủ cả một gia đình thì không nên đem số tiền lớn phó cho rủi may của cuộc đò đen, dù rằng có hy vọng thu lợi thực đó. Ở mức độ xã hội cũng vậy, quan niệm rằng xã hội phải đặc biệt chú tâm đến các loại nguy cơ toàn cầu là chính đáng, dù xác suất nguy cơ ấy là thấp hoặc chưa biết được là bao nhiêu.

* Kích thước thứ hai là liên hệ giữa hành động với lúc thông tin đến tới. Ví dụ như giám thiểu tán phát khí gây hiệu ứng nhà kính làm bớt nhiều loạn khí hậu đi. Điểm này có xu hướng làm mờ bớt tín hiệu báo động khi nó xuất hiện vì bị chìm lẫn trong nền nhiễu của các dao động tự nhiên. Dù rằng điểm này được vài công trình nghiên cứu đề cao, theo chúng tôi tác động này là không đáng kể. Vì lẽ, chẳng hạn như có thực sự thể hiện nghị định thư Kyoto đi nữa, thì chỉ mới giảm được có 1,5 ppmv dioxit carbon trong lượng nồng độ lên tới 400 ppmv. Trái lại, đem áp dụng vào cái giá phải trả trong công cuộc giảm thiểu thì lý lẽ này lại vững chắc hơn nhiều. Tạo thị trường cho các công nghệ học ít ô nhiễm có khả năng mở cho kiến thức về vấn đề này được cao sâu hơn, và qua đó mà có cơ giảm giá thành đáng kể.

* Kích thước cuối cùng, và có lẽ đây là tác động quan trọng bậc nhất đem lại cho nguyên tắc thận trọng một lý do chính đáng, là tính không trở ngược được. Một mặt, hành động có thể gây tổn kém kinh tế lớn không thu hồi lại nổi, sau đó còn khả năng vỡ lẽ ra là vô tích sự. Nhưng mặt khác, trì hoãn hành động và thả trôi cho xu thế mỗi ngày tán phát ô nhiễm mỗi tăng thêm làm cho khi có hiệu ứng nhà kính cứ tích lũy lên mãi, với nguy cơ sinh ra hậu quả bất ngờ và không trở ngược được nữa.

Đây không phải là nơi để chúng tôi dài dòng trình bày lý thuyết kinh tế vi mô về quyết định trong tình huống không xác định. Bạn đọc nào lưu tâm đến các liên hệ giữa khái niệm *tự-giá-trị của chọn lựa* (quasi-valeur d'option) với *giá-trị trông đợi* (valeur espérée) từ thông tin, có thể đọc các bài viết chuyên đề hơn như [4, 10, 8].

thuật mà không giám tán phát ô nhiễm là một chính sách không nhất quán mà cũng chẳng hữu hiệu.

Nghị định thư Kyoto dường như nằm trong quan điểm thứ hai này. Chúng ta buộc phải nhìn nhận rằng hiện nay phần lớn tác động của R&D tư nhân là nhảm vào cải tiến các công nghệ học lấy nhiên liệu hoá thạch làm cơ sở. Một chính sách thực sự cưỡng bức về vấn đề tán phát CO₂ sẽ có khả năng tạo ra khích động thích hợp trên thị trường năng lượng để chuyển một phần chi tiêu R&D cho các công nghệ học ít hay không tán phát khí.

Tuy nhiên, bảng tổng kết tác động của Thỏa ước Kyoto trên tiến bộ kỹ thuật đối với chúng tôi là làng nhàng. Thật vậy, cách bố trí trong thực tế chưa tạo được một khung cảnh ổn định về lâu dài cần thiết cho công nghiệp thấy có lý do chính đáng để đem vốn lớn đầu tư vào các công nghệ học mới. Ngoài ra, trong khi trách nhiệm của con người trong nhiệm vụ khí hậu đủ làm lý do chính đáng để phải đi xa hơn nữa thì Nghị định thư lại không chịu bước quá điểm 'không hồi tiếc'.

4. Kết luận : nguyên tắc thận trọng

Đến đây thì chúng ta có thể trở lại vấn đề cơ bản, tính không xác định. Đúng là thỏa ước Kyoto phù hợp với một mục tiêu gần 450 ppmv hơn là với 550 ppmv, nhưng lẽ lái thực sự chính sách năng lượng lại thuộc về quyền tối cao của các quốc gia. Chỉ tính đến riêng một chuyên Thượng nghị viện Hoa Kỳ hiện còn chặn lại không chịu phê chuẩn thỏa ước đủ cho thấy rằng chưa biết ngày nào thoả ước sẽ có đầy đủ giá trị pháp lý.

Hiện nay ta không thể loại trừ trường hợp mục tiêu cuối cùng leo lên tới 650 ppmv CO₂ trong khí quyển, chẳng hạn. Ở mức độ ấy hoặc cao hơn nữa thì theo phân tích mà chúng tôi vừa trình bày trên đây ta có thể nghĩ rằng các mục tiêu mà hội nghị Kyoto xác nhận là không công hiệu về phương diện kinh tế. Như vậy phải chăng việc cần làm ngay là ta hãy ngồi chờ xem sao ?

Không đầu, vì vấn đề nào phải là chỉ có một lần quyết định dứt khoát về chính sách khí hậu sẽ được tuân thủ trong 100 năm tới, mà là chọn lựa một chiến lược thận trọng để theo dòng thời gian mà điều

chính theo thông tin thu thập được. Khi đưa tính không xác định vào lập luận, cuộc thảo luận về thời cơ được thêm nhiều kích thước mới :

* Kích thước trực tiếp nhất là lòng dốt kỹ rủi ro, hay đơn giản là chi thật trọng mà thôi. Thông thường ai ai cũng cho rằng là người cha tốt làm chủ cả một gia đình thì không nên đem số tiền lớn phó cho rủi may của cuộc đổ đen, dù rằng có hy vọng thu lợi thực đó. Ở mức độ xã hội cũng vậy, quan niệm rằng xã hội phải đặc biệt chú tâm đến các loại nguy cơ toàn cầu là chính đáng, dù xác suất nguy cơ ấy là thấp hoặc chưa biết được là bao nhiêu.

* Kích thước thứ hai là liên hệ giữa hành động với lúc thông tin đến tới. Ví dụ như giám thiếu tán phát khí gây hiệu ứng nhà kính làm bớt nhiều loạn khí hậu đi. Điểm này có xu hướng làm mờ bớt tín hiệu báo động khi nó xuất hiện vì bị chìm lẩn trong nền nhiễu của các dao động tự nhiên. Dù rằng điểm này được vài công trình nghiên cứu đề cao, theo chúng tôi tác động này là không đáng kể. Vì lẽ, chẳng hạn như có thực sự thể hiện nghị định thư Kyoto đi nữa, thì chỉ mới giảm được có 1,5 ppmv dioxit cacbon trong lượng nồng độ lên tới 400 ppmv. Trái lại, đem áp dụng vào cái giá phải trả trong công cuộc giám thiếu thì lý lẽ này lại vững chắc hơn nhiều. Tạo thị trường cho các công nghệ học ít ô nhiễm có khả năng mở cho kiến thức về vấn đề này được cao sâu hơn, và qua đó mà có cơ giảm giá thành đáng kể.

* Kích thước cuối cùng, và có lẽ đây là tác động quan trọng bậc nhất đem lại cho nguyên tắc thận trọng một lý do chính đáng, là tính không trở ngược được. Một mặt, hành động có thể gây tổn kém kinh tế lớn không thu hồi lại nổi, sau đó còn khả năng vỡ lẽ ra là vô tích sự. Nhưng mặt khác, trì hoãn hành động và thả trôi cho xu thế mỗi ngày tán phát ô nhiễm mỗi tăng thêm làm cho khí có hiệu ứng nhà kính cứ tích lũy lên mãi, với nguy cơ sinh ra hậu quả bất ngờ và không trở ngược được nữa.

Đây không phải là nơi để chúng tôi dài dòng trình bày lý thuyết kinh tế vi mô về quyết định trong tình huống không xác định. Bạn đọc nào lưu tâm đến các liên hệ giữa khái niệm *tư-giá-trị của chọn lựa* (quasi-value d'option) với *giá-trị trông đợi* (value esperée) từ thông tin, có thể đọc các bài viết chuyên đề hơn như [4, 10, 8].

Hiện tượng nhiễu loạn khí hậu báo hiệu sẽ có cả một loại hồ sơ về môi trường, trong đó nêu vấn đề làm thế nào để biết được lợi ích của hành động. Ta không biết cách đánh giá thiệt hại kinh tế hậu quả của nhiễu loạn khí hậu đang xảy ra, vậy thì cũng không thể định lượng chính xác được lợi ích của các chính sách thận trọng. Tuy nhiên các mục tiêu thương lượng ở hội nghị Kyoto ứng với việc phải thực hiện ngay chính sách và chương trình giảm thiểu tán phát khí có hiệu ứng nhà kính.

Sự kết hợp các tác động của quán tính với tính không xác định - trước đây bị một bộ phận quan trọng trong thư mục đánh giá quá thấp [5] - đem lại một biện giải thuần lý cho nguyên tắc thận trọng : ấy là trong khi còn phải chờ xác định khoa học thì hãy tìm cách kéo dài thời gian không để cho hệ khí hậu đi đến bước ngoặt hiểm nghèo.

8. 10. 1998

Thư mục tham khảo

- [1] Bert Bolin. *The Kyoto negotiations on climate change : A science perspective. Science*, 279 (5349) : 330-331, January 16, 1998.
- [2] Michael J. Grubb. *Technologies, energy systems and the timing of CO2 emissions abatement. Energy Policy*, 25 (2) : 159-172, 1997.
- [3] Minh Ha-Duong. *Comment tenir compte de l'irréversibilité dans l'évaluation intégrée du changement climatique ?* PhD thesis, Ecole des hautes Etudes en Sciences Sociales, Paris, april 1998.
- [4] Minh Ha-Duong. *Quasi-option value and climate policy choices. Energy Economics*, N°20, pages 599-620, 1998.
- [5] Minh Ha-Duong, Michael J. Grubb, and Jean-Charles Hourcade. *Influence of socioeconomic inertia and uncertainty on optimal CO2-emission abatement. Nature*, 390 : 270-274, 1997.
- [6] T.M.L. Wigley, I.G. Enting and M. Heimann. *Future Emissions and Concentrations of Carbon Dioxide : Key Ocean / Atmosphere / Land Analyses. Number 31 in Division of Atmospheric Research Technical Paper. CSIRO, Australia,*

1994.

- [7] IPCC. *Second Assessment Synthesis of Scientific-Technical Information Relevant to Interpreting Article 2 of the UN Framework Convention on Climate Change. UNEP/WMO*, 1995.
 - [8] Urvashi Narain and Anthony C. Fisher. *Irreversibility and catastrophic global warming. In World Congress of Environmental and Resource Economists*, Venice, Italy, June 25-27, 1998. Deposited electronically at the GNEE archive.
 - [9] Stephen H. Schneider and Lawrence H. Goulder. *Achieving low-cost emissions targets. Nature*, 398 : 13-14, 1997.
 - [10] Alistair Ulph and David Ulph. *Global warming, irreversibility and learning. The Economic Journal*, 107 (442) : 636-650, 1997.
 - [11] T.M.L. Wigley, Richard Richels, and Jae A. Edmonds. *Economic and environmental choices in the stabilization of atmospheric CO2 concentrations. Nature*, 379 (6562) : 240-243, 1996.
- * Ủy nhiệm nghiên cứu (chargé de recherche) CNRS, Trung tâm quốc tế nghiên cứu về môi trường và phát triển (Centre International de Recherche sur l'Environnement et le Développement, CIRED), Jardin Tropical, 45 bis avenue de la Belle Gabrielle, 94732 Nogent sur Marne CEDEX, FRANCE.
Hộp thư điện tử : haduong@centre-cired.fr