

ANNEXE DESCRIPTION DU PROGRAMME SAP 12

SAP12 (*Stochastic Assessment of climate Policies*) est un modèle d'équilibre partiel du marché international du carbone à l'horizon 2010. Ses fonctions d'offre ou de demande de permis prennent en compte plusieurs hypothèses concurrentes sur les émissions régionales tendanciennes et leurs courbes associées de coût marginal d'abattement (CCMA). Chaque jeu de fonctions est dérivé des résultats d'un des 12 grands modèles mondiaux multi-sectoriels de l'étude de l'EMF (Weyant et Hill, 1999) : ABARE-GTEM, AIM, G-CUBED, MERGE3, EPPA, MS-MRT, OXFORD, POLES, RICE, SGM, WAGEM, WORLDSCAN. SAP12 en résume ainsi les hypothèses essentielles et permet de simuler une variante technico-économique d'un même scénario de configuration politique ou institutionnelle du SPEN.

L'intérêt de cette démarche est double. D'une part, l'approche en équilibre partiel réduit des modèles complexes à des représentations simples par fonctions d'offre et de demande ; cela permet d'approximer leur fonctionnement sur des scénarios institutionnels ou politiques quelconques et d'introduire facilement des hypothèses *ad hoc* sur les coûts de transaction qui, autrement, seraient négligés. La disponibilité de plusieurs variantes technico-économiques autorise, d'autre part, des mesures de la fréquence d'événements critiques pour le SPEN.

I. — SPÉCIFICATION ET CALAGE DES FONCTIONS D'OFFRE OU DE DEMANDE CONCURRENTIELLES

Les fonctions d'offre ou de demande (concurrentielle) de permis représentent le comportement agrégé d'une région et sa position sur le marché. SAP12 prend en compte les régions suivantes : l'Union européenne ; les États-Unis ; le Japon ; le Canada avec l'Australie et la Nouvelle-Zélande ; les EET ; et le reste du monde, assimilé aux PVD. La fonction F_i^j représentant, dans la variante technico-économique j , l'offre (ou la demande) de la région i s'écrit :

$$F_i^j = A_i^j(p) - \Delta_i^j$$

où $A_i^j(p)$ est le volume de réduction d'émission dans la région i disponible à coût marginal inférieur au prix des permis p ; Δ_i^j représente le déficit potentiel initial en permis, c'est-à-dire les émissions tendanciennes régionales nettes du quota attribué à Kyoto. Quand $A_i^j(p) > \Delta_i^j$, la région i dispose de permis excédentaires, elle est en position d'en offrir au marché ; sa fonction d'offre s'écrit : $O_i^j = A_i^j(p) - \Delta_i^j$. Lorsque $A_i^j(p) < \Delta_i^j$, ses droits initiaux ne suffisent pas à la couverture des émissions, elle doit importer des permis pour respecter ses engagements de Kyoto ; sa demande de titres a pour expression : $D_i^j = \Delta_i^j - A_i^j(p)$.

Les volumes Δ_i^j et les courbes $A_i^j(p)$ sont déduits des résultats présentés par l'EMF (*ibid.*). Pour le calcul des Δ_i^j , il suffit de relever les émissions tendanciennes régionales ET_i^j indiquées dans cette étude pour chaque modèle et d'en soustraire les quotas Q_i^j attribués à Kyoto ainsi que les contributions autorisées à travers les puits de carbone. Par ailleurs, comme suggéré dans la sous-section 1.3.1, il a fallu réviser à la hausse l'incertitude sur le *hot air*. Pour ce faire, la série initiale des émissions tendanciennes des EET a été remplacée par deux séries sensiblement distantes, dérivées par ajustement homothétique à partir d'hypothèses contrastées sur leurs moyennes respectives.

Les réductions domestiques $A_i^j(p)$ sont quant à elles obtenues par inversion des CCMA supposées du type $C_i^j(A) = \alpha A^\beta$. Les CCMA sont calées sur deux familles de résultats. L'une correspond aux différentes estimations des coûts marginaux dans l'hypothèse où les régions respectent les objectifs de Kyoto de façon autarcique, c'est-à-dire sans recourir aux transferts de permis; l'autre indique les estimations concurrentes des émissions régionales E_i^j et du prix des permis lorsque les transferts peuvent avoir lieu. Pour chaque variante technico-économique et pour chaque région, on obtient ainsi, après avoir soustrait des ET_i^j respectivement les Q_i^j pour la première famille et les E_i^j pour la seconde, deux valeurs du type (volume de réduction des émissions domestiques, coût marginal) qui suffisent à caler les fonctions $C_i^j(A)$. Le cas des EET et des PVD est toutefois singulier: il n'y a qu'un seul point pour caler leur CCMA du fait de l'inactivité de leur contrainte d'émission dans le scénario autarcique. La difficulté est résolue en leur attribuant une CCMA linéaire.

II. — REPRÉSENTATION DES COÛTS DE TRANSACTION

Les coûts de transaction sont représentés en modifiant les fonctions d'offre des deux régions exportatrices de permis, les EET et les PVD, conformément à l'approche proposée par Eyckmans *et al.* (2001). Les fonctions $O_i(p)$ décrites ci-dessus sont transformées, pour ces régions, en fonctions $\theta O_i(p(1-t))$. Les coûts de transaction s'imputent ainsi en partie proportionnellement (selon un facteur t) aux recettes d'exportation, tandis qu'une autre partie est responsable d'une réduction, également proportionnelle, du volume de l'offre (selon un taux $1-\theta$).

Les premiers coûts s'interprètent comme des coûts de transaction directs – recherche d'information et négociation – les seconds comme la résultante de contraintes administratives, notamment relatives au contrôle des émissions, ayant pour effet d'éliminer certains projets générateurs de crédits (dans les domaines de l'habitat et des transports, par exemple). Nous retenons pour les simulations les paramètres suivants: $(\theta, t) = (60 \%, 20 \%)$ pour les EET, et $(\theta, t) = (25 \%, 20 \%)$ pour les PVD.

Pour simplifier les notations, les coûts de transaction et certains indices ne sont pas mentionnés dans la suite de l'annexe.

III. — DÉTERMINATION DES ÉQUILIBRES

Le programme SAP12 permet d'envisager trois types d'équilibre du SPEN : l'équilibre parfaitement concurrentiel, l'équilibre de Hahn (1984) résultant du pouvoir de marché d'une région, et l'équilibre avec un *fonds vert* dans lequel les exportations de *hot air* doivent être compensées par des efforts additionnels de réduction des émissions.

3.1. L'équilibre concurrentiel

Dans l'hypothèse où toutes les régions se comportent de manière parfaitement concurrentielle, chacune considère le prix des permis comme une variable exogène et détermine sa position en fonction de celui-ci. L'équilibre du SPEN est alors caractérisé par la condition :

$$\sum F_i(p) = 0$$

qui s'écrit aussi :

$$\sum A_i(p) = \Delta_{\text{Kyoto}} \quad (1)$$

où $\Delta_{\text{Kyoto}} = \sum \Delta_i$. La résolution de l'équation (1) donne le prix d'équilibre p^* du SPEN ainsi que d'autres indicateurs.

3.2. L'équilibre de Hahn

SAP12 permet de considérer des équilibres non parfaitement concurrentiels, où, conformément à l'approche de Hahn (1984), une région manipule le prix des permis en restreignant son offre ou sa demande de titres, tandis que les autres se comportent en *price-takers*. La région m exerçant un pouvoir de marché anticipe que sa position F_m , ou, ce qui revient au même, son effort domestique A_m influence le prix d'équilibre $p_m(A_m)$ résultant de son action. En conséquence, elle optimise sa position selon un programme :

$$\text{Max}_{A_m} p_m(A_m)F_m - \text{CT}_m(A_m) \quad (2)$$

où CT_m désigne la fonction de coût total de réduction d'émission de la région m - l'intégrale de sa CCMA C_m . En réécrivant (2) pour y substituer l'identité $F_m = A_m - \Delta_m$, le programme de m devient :

$$\text{Max}_{A_m} p_m(A_m)(A_m - \Delta_m) - \text{CT}_m(A_m) \quad (3)$$

dont la condition de premier ordre s'écrit :

$$p_m + \frac{\partial p}{\partial A_m} F_m - C_m = 0$$

où $\frac{\partial p}{\partial A_m}$ s'interprète comme une sensibilité du prix des permis à l'action de la région manipulatrice. La résolution de l'équation (3) détermine l'équilibre de Hahn, équivalent soit à la situation de monopole lorsque la région m vend des permis, soit à celle du monopsonne quand elle est acheteuse. Dans les deux cas, la distorsion comportementale se mesure par l'écart, respectivement positif et négatif, entre le prix des permis et le coût marginal de contrôle des émissions :

$$p_m^* - C_m = - \frac{\partial p}{\partial A_m} F_m$$

3.3. L'équilibre avec le fonds « vert »

L'équilibre concurrentiel avec fonds vert se calcule simplement en modifiant la fonction d'offre des EET utilisée dans la résolution de l'équilibre concurrentiel. L'offre de permis en provenance des EET doit en effet être distinguée selon qu'elle correspond aux résultats d'une véritable politique de réduction des émissions ou simplement à du *hot air*. L'offre du premier type, dont le volume normal s'élève à p/α , α étant la pente de la fonction de coût marginal et p le prix des permis, n'est pas contrainte. Les permis correspondant au *hot air* ne sont quant à eux exportables que s'ils sont compensés par des réductions réelles de montant équivalent. Ces réductions sont nécessairement additionnelles aux efforts normaux du premier type, leur coût marginal est donc supérieur au prix des permis. Mais le surcoût de cette offre spéciale est compensé par le droit qu'elle ouvre à vendre du *hot air*. Permettant l'exportation d'une unité de *hot air*, de valeur p et dont le coût de production est nul, chaque effort additionnel peut être directement valorisé sur le marché au prix p mais il bénéficie aussi, de fait, d'une subvention implicite de montant également égal à p .

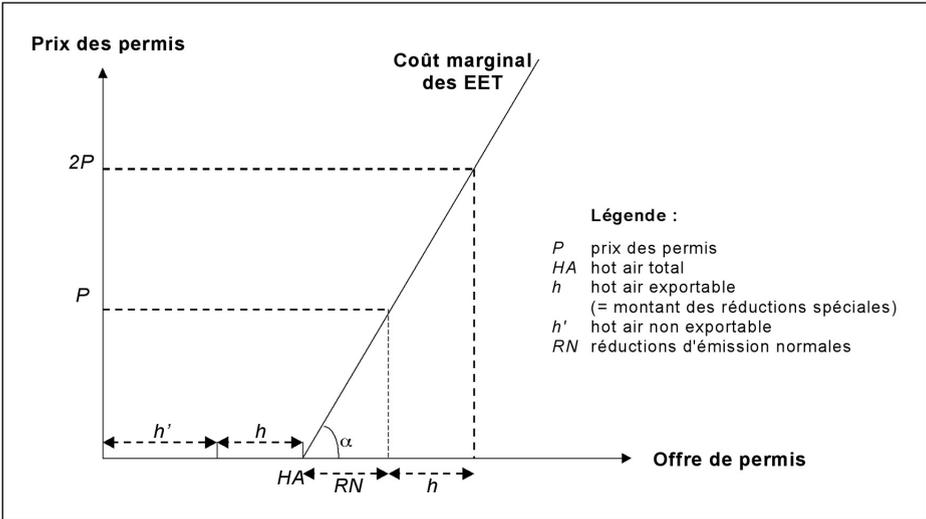
Pour un prix donné des permis, le volume des exportations spéciales, qui est identique au montant de *hot air* exportable h , est doublement limité. Il l'est par le volume total de *hot air* disponible, dont l'éventuel épuisement interrompt la subvention implicite. Il l'est aussi par le coût marginal des efforts : au-delà de la valeur $2p$, c'est-à-dire du prix des permis auquel s'ajoute la subvention implicite de même valeur, l'incitation disparaît (figure 5). Le coût marginal d'une exportation « spéciale » étant compris entre p et $2p$, cela donne un volume maximal de p/α . En résumé, les réductions spéciales, ainsi que le *hot air* exportable qui leur est associé, ont pour expression : $h = \text{Min}(\text{HA}, p/\alpha)$, où HA est le montant initial de *hot air*.

Au total, la nouvelle fonction d'offre des EET prend la forme suivante :

$$O_{\text{EET}}(p) = p/\alpha + 2h$$

où s'ajoute aux réductions « normales », dont l'expression est également p/α , le volume h des réductions additionnelles, multiplié par 2 en raison des exportations de *hot air* de même quantité qu'elles ont rendu possibles.

FIGURE 5 : Fonction d'offre des EET avec le fonds vert



IV. — MESURES DE PROBABILITÉ

Les mesures de probabilité calculée avec SAP12 sont proposées à titre indicatif sans prétendre à une grande précision statistique. Pour un scénario politique donné, il est admis que l'ensemble des variantes technico-économiques offre une bonne représentation de l'incertitude technico-économique à laquelle sont confrontés les décideurs politiques.

À défaut d'études sur la distribution des croyances, il est supposé que chaque scénario est évalué par un décideur représentatif considérant les résultats des variantes technico-économiques de SAP12 comme des issues équiprobables et dont la cohérence individuelle est assurée par celle des modèles sous-jacents. Les probabilités auxquelles nous faisons référence correspondent ainsi à la proportion des variantes pour lesquelles la proposition considérée est vraie. Cette méthode de représentation de l'incertitude du coût des politiques de contrôle des émissions de GES est proche de celle qu'utilisent les climatologues pour quantifier l'incertitude climatique ; la différence entre les deux approches réside dans le mode de génération de l'incertitude : dans le premier cas la dispersion des estimations est produite par le recours aux résultats de différentes équipes de modélisation, dans le second cas la fourchette de variation des paramètres clés est issue de dires d'expert (Murphy *et al.*, 2004).

Voir références pages suivantes