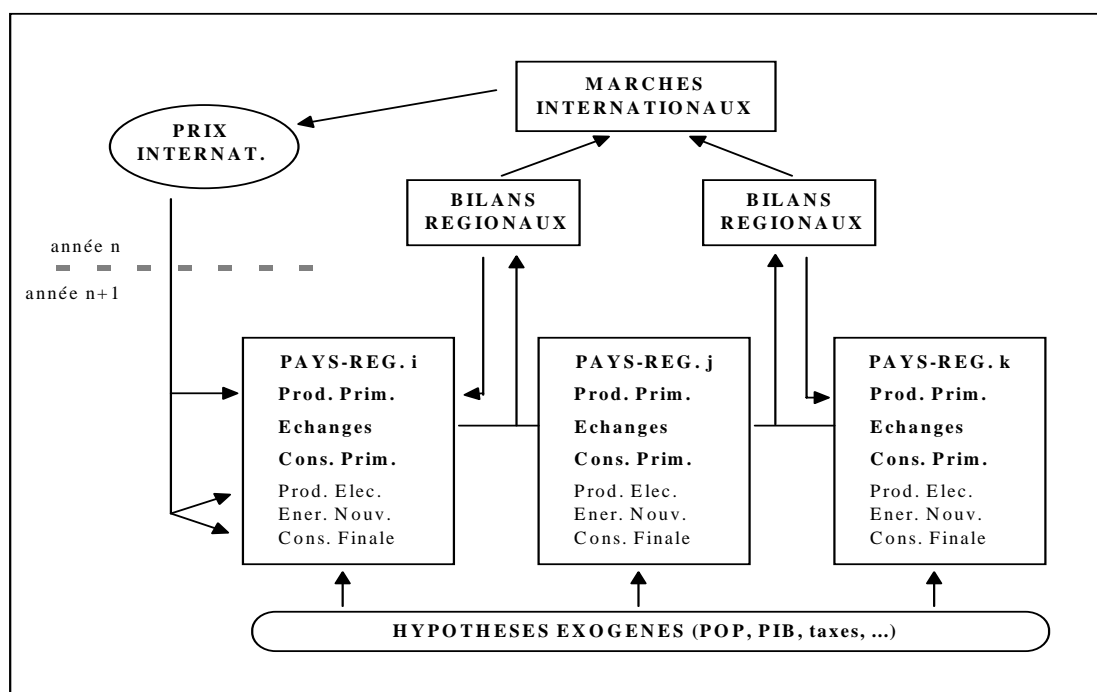


POLES : un modèle pour les politiques énergie - environnement

Le modèle POLES 5 est un modèle de simulation du système énergétique mondial à l'horizon 2050 avec scénarios économiques exogènes, mais une endogénéisation de l'ensemble des variables caractérisant la consommation, la transformation, la production et les prix de l'énergie, pour chacun des grands pays ou régions du monde (46 régions dans la version actuelle.). C'est un modèle d'équilibre partiel en simulation récursive dont la dynamique est donnée, à partir de l'année initiale puis d'année en année, par les ajustements échelonnés des variables d'offre et de demande d'une part et de prix d'autre part. Le modèle est construit selon une structure hiérarchisée de modules interconnectés aux niveaux national, régional et mondial et représentant les dynamiques de prix et les flux énergétiques en unités physiques : le niveau national intègre les modules de consommation, d'énergies nouvelles, de conversion en électricité ou hydrogène et de production d'énergies fossiles pour chaque région ; les niveaux régionaux ou mondiaux intègrent les flux d'échanges énergétiques et les modules de prix internationaux, pour les trois grandes énergies faisant l'objet d'un large commerce international, pétrole, gaz naturel et charbon.

Figure 1 : Structure et organisation du modèle POLES 5



• Représentation des marchés internationaux et prise en compte des contraintes de ressource

Outre une modélisation complète de la demande d'énergie par secteur, du développement des technologies d'énergies nouvelles et renouvelables, du secteur de production d'électricité et aujourd'hui d'hydrogène-énergie, le modèle offre une description détaillée du processus de découverte et de mise en production des énergies fossiles. Celui-ci tient compte à la fois : des contraintes de ressource qui pèsent sur le développement à long terme du pétrole et du gaz, dans une logique qui permet de parfaitement rendre compte des problématiques de type « pic de Hubbert » ; mais aussi de l'impact du progrès technique dans les techniques de récupération qui permet d'élargir la base de ressources. L'ensemble du modèle permet de donner une image complète des systèmes énergétiques nationaux et internationaux, avec une description — sans doute non exhaustive, mais néanmoins suffisamment détaillée — des technologies utilisées et la prise en compte des mécanismes fondamentaux des ajustements dynamiques de l'offre et de la demande d'énergie aux variations des prix.

• Simulation des politiques de réduction des émissions de CO2

A partir de la projection de base « sans politique climatique », l'introduction — ou l'internalisation — d'une « valeur du carbone » dans les différents modules permet d'évaluer pour chaque région : les émissions par tête ou par unité de PIB aux différents horizons de temps de la négociation internationale ; les courbes de Coûts Marginaux de Réduction (CMR) ; le CMR et les échanges de permis en volume et valeur pour différentes configurations de « Bulle » ; les Coûts Totaux de Réduction (CTR) auxquels sont ajoutés/soustraits les achats/ventes de permis ; le « Taux d'effort » par région (CTR/PIB). Ces analyses sont menées de deux manières différentes : par exploitation dans le logiciel spécialisé ASPEN (initialement développé pour le ministère de l'Environnement) des jeux de courbes de coût marginal produits dans le modèle principal, avec analyse de

bulles ou de marchés, avec égalisation des CMR et minimisation du coût total, par échange de permis d'émission notamment, par traitement endogène de la valeur du carbone avec imposition d'une trajectoire d'émission exogène, le modèle calculant par itération la valeur du carbone qui permet de respecter la contrainte globale.

• *Portefeuilles technologiques explicites et endogénéisation du progrès technique*

Cinq portefeuilles technologiques permettent une description explicite des grandes options pour le développement du système énergétique et la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre : les technologies de demande « Très Basses Emissions » pour les transports et le bâtiment, les énergies renouvelables, la production d'électricité centralisée dont l'énergie nucléaire, la production d'hydrogène et les options de capture et stockage du CO₂. Une base de données spécifiques, TECHPOL, a été développée dans le cadre du programme Energie du CNRS afin de rassembler et de traiter de manière rigoureuse et homogène des données de coût et de performances jusqu'alors éparses et hétérogènes, ce pour une cinquantaine de technologies clés. Cette base constitue un outil décisif pour l'amélioration de la qualité des hypothèses employées par les modèles énergétiques de grande taille et a de fait été utilisée dans plusieurs consortiums européens. Par ailleurs, le modèle incorpore aujourd'hui des « courbes d'apprentissage à deux facteurs » (*learning by doing* et impact de la R&D) qui permettent un certain degré d'engénéisation du progrès technique, les performances des technologies des cinq portefeuilles évoqués plus haut s'améliorant avec les capacités cumulées et les stocks de connaissance.

• *Liens internet vers des projets de recherche menés avec le modèle POLES :*

- Prospective énergétique pour la France et scénario Facteur 4, pour le ministère de l'Industrie, avec ENERDATA
<http://www.industrie.gouv.fr/energie/prospect/pdf/oe-facteur-quatre.pdf>
- Greenhouse emission Reduction Pathways and international endowments in the post-Kyoto perspective (GRP), pour la DG Environnement, avec NTUA, RIVM, KUL
http://europa.eu.int/comm/environment/climat/pdf/pm_summary2025.pdf
- Kyoto Protocol Implementation (KPI), economic analysis of the linking of the European EQTS with the international market, pour la DG Environnement
<http://europa.eu.int/comm/environment/climat/pdf/kyotoprotocolimplementation.pdf>
- World energy technology and climate policy outlook to 2030 (WETO), pour la DG Environnement avec ENERDATA, FPB-Belgium, IPTS-Séville
http://europa.eu.int/comm/research/energy/gp/gp_pu/article_1257_en.htm
- Blueprints for International Negotiation, an economic assessment of climate negotiation options, before and after COP-6 pour la DG Environnement <http://europa.eu.int/comm/environment/climat/pdf/blueprints.pdf>
- ASPEN, logiciel d'analyse des systèmes de permis d'émission négociables à partir du modèle POLES, pour le ministère de l'Environnement
<http://www.upmf-grenoble.fr/iepe/Recherche/Aspen.html>