

III. Evaluation des I&FF pour l'atténuation dans le secteur de l'énergie



3.1 Introduction

Le secteur de l'énergie est la principale source des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES), source qui représente actuellement environ 70% des émissions combinées de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄) et d'oxyde nitreux (N₂O)¹. Plus de 95% des émissions de GES liées au secteur de l'énergie, proviennent de la combustion de combustibles fossiles². Le secteur de l'énergie est aussi la principale source des émissions de GES dans la plupart des pays, à la fois en termes d'émissions et en termes de taux de croissance des émissions. De plus, les émissions du secteur énergétique sont en train d'augmenter de manière plus rapide dans les pays en voie d'industrialisation rapide.

Les options d'atténuation du secteur de l'énergie sont à même de réduire des émissions de GES tout en contribuant au développement durable et à l'amélioration du niveau de vie par le biais d'un certain nombre d'avantages collatéraux potentiels³. Les avantages collatéraux des mesures d'atténuation peuvent se refléter dans des indicateurs d'ordre social, environnemental et économique comme le montrent les exemples suivants :

- La réduction, à l'échelon local, de la pollution de l'air et des dommages causés à la santé humaine et écologique peut résulter, par exemple, de l'intégration de sources et de technologies énergétiques plus propres.
- L'équilibre commercial et l'amélioration de la sécurité énergétique sont dérivés de l'utilisation de sources d'énergie disponibles localement et/ou meilleur marché, ainsi que d'une production énergétique ou d'applications technologiques à destination du consommateur final, plus efficaces.
- La facilitation de l'accès aux services énergétiques modernes. C'est le cas lorsque l'électricité vient remplacer d'autres vecteurs d'énergie à rendement plus faible et à

¹ Sur la base des données figurant dans GIEC (2000) et GIEC (2007):

GIEC, 2000, *Rapport spécial sur les scénarios des émissions*, N. Nakicenovic and R. Swart (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 570 pp. Accessible à : <http://www.ipcc.ch/ipccreports/special-reports.htm>

GIEC, 2007, *Changements climatiques 2007: l'Atténuation. Contribution du Groupe de travail III au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*, B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, L.A. Meyer (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 851pp. Accessible à: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

² Selon les données figurant dans EDGAR (Système électronique de collecte, d'analyse et de restitution de données), accessible à : <http://www.mnp.nl/edgar/>

³ Les avantages collatéraux sont appelés "effets externes positifs" dans le chapitre II. Le terme "avantages collatéraux" est utilisé ici parce qu'il est, généralement utilisé dans la littérature consacrée aux mesures d'atténuation des GES.

risques connexes plus élevés pour l'environnement et la santé (par exemple, là où la combustion de la biomasse est la principale source d'énergie pour les appareils de cuisson, d'éclairage et de chauffage).

- Réduction des coûts de l'énergie et donc élargissement de l'accès à une énergie abordable.
- Elargissement des opportunités d'emploi grâce à de nouvelles capacités de production et de sous-secteurs de service, par exemple, via des emplois dans de nouvelles installations électriques, des installations d'énergies renouvelables, des services de distribution d'électricité et ceux connexes de construction et d'entretien).

Il résulte de ce qui précède que certaines mesures d'atténuation peuvent donner lieu à une épargne nette due à une réduction des besoins en combustible. Ce serait le cas, en particulier, si les économies de carburant découlant d'une option d'atténuation (par exemple, un programme d'amélioration du rendement énergétique) sur une certaine période, compense, de manière avantageuse, les coûts d'investissement (par exemple, dans des équipements électriques plus efficaces), d'exploitation et d'entretien qui s'y rapportent. En outre, les mesures d'atténuation qui impliquent des investissements d'infrastructure auront des avantages à long terme liés et non liés aux GES, en raison de la longue durée de vie du capital infrastructurel. Ces investissements comprennent les investissements dans les infrastructures d'approvisionnement en énergie (par exemple, de nouvelles centrales électriques) et dans les infrastructures d'utilisation finale (par exemple, les installations de production industrielle à grande consommation énergétique, les bâtiments et les infrastructures de transport).

Compte tenu des contraintes de temps et de ressources de l'exercice d'évaluation des I&FF, il peut ne se concentrer que sur un nombre limité de mesures d'atténuation applicables dans les sous-secteurs prioritaires de l'énergie, plutôt que de tenter de procéder à une estimation du coût intégral de la mise en œuvre de toutes les options d'atténuation possibles. Cela implique (comme mentionné dans la description par étape ci-dessous) que l'équipe d'évaluation aura à cadrer et à dépister les options d'atténuation à intégrer dans l'exercice d'évaluation, en fonction des besoins et stratégies de développement du pays d'accueil, ainsi que d'autres critères pertinents du point de vue du pays. Avant d'aborder cette étape de cadrage et de dépistage, il est important de garder à l'esprit la grande variété des options d'atténuation disponibles dans le secteur de l'énergie. Ces options peuvent englober des mesures à mettre en œuvre à la fois au niveau des différents sous-secteurs de l'approvisionnement et de la demande, et impliquer différents types de sources, utilisations et production énergétiques et de technologies à destination du consommateur final. Une approximation de la gamme des sous-secteurs et domaines offrant des possibilités d'atténuation est illustrée dans le tableau 3.1.

Notez que certaines options d'atténuation liées à l'énergie seront exclues pour éviter le double comptage, par exemple comme dans le cas des options d'atténuation liées à la production de la biomasse forestière et agricole pour la production de biocarburants (par exemple, pour réduire

les émissions de N₂O dues à l'utilisation d'engrais) ou, parce que ces activités de production sont intrinsèquement liées à l'agriculture et la sylviculture. Les parties du tableau 3.1 qui sont pertinentes à l'évaluation des I&FF dans un pays particulier est entièrement spécifique au pays, comme montré ci-dessous dans la section 3.2.

Comme le montre le tableau 3.1, chaque pays impliqué dans l'évaluation aura à choisir entre un grand nombre de mesures d'atténuation qui peuvent être mises en œuvre dans le domaine de l'approvisionnement énergétique (ou dans un sous-secteur particulier de l'approvisionnement, comme l'extraction des combustibles primaires, le traitement et la transformation de formes d'énergie secondaire et tertiaire, etc.), ainsi que dans divers secteurs d'utilisation finale. Les consommateurs finaux comprennent ceux qui utilisent (ou qui "demandent") l'énergie, comme la production industrielle, le transport et l'utilisation énergétique du secteur résidentiel.

Si les analyses précédentes (comme les évaluations des besoins en matière de technologies, les études stratégiques relatives à l'atténuation ou les communications nationales) ont déjà établi une liste d'options d'atténuation prioritaires qui est encore valide pour les conditions actuelles du pays et pour sa stratégie de développement en vigueur, la tâche principale de l'équipe d'évaluation consistera en l'estimation des coûts d'I&FF et E&M marginaux de la mise en œuvre de ces options et leurs implications politiques.

Si aucune liste de mesures d'atténuation prioritaires n'est disponible, l'équipe aura à en établir une en se basant sur les indications fournies ci-dessous.

Pour donner quelques exemples utiles, il convient de mentionner que les sous-secteurs de l'approvisionnement en énergie peuvent adopter des mesures d'atténuation qui permettent de réduire soit :

- 1) les émissions de combustion des industries de production d'énergie et d'extraction et de conversion de carburants (par exemple, en remplaçant les combustibles à fortes émissions de GES par des options plus propres dans les centrales électriques, en adoptant des technologies moins polluantes comme à travers l'investissement dans des centrales de production combinée de chaleur et d'électricité, etc.), soit
- 2) les émissions fugitives, par exemple celles dues à l'extraction, transformation, stockage et transport des combustibles

Pour leur part, les mesures d'atténuation mises en œuvre, dans les sous-secteurs relatifs à la demande (utilisation par les consommateurs finaux), réduisent, soit, la demande d'énergie, à travers une plus grande efficacité des technologies applicables à l'utilisation finale, pour la production primaire, industrielle ou de services (transport, énergie, bâtiment, etc.) (par exemple, des chaudières et des appareils ménagers à haut rendement), soit à travers le remplacement des combustibles fossiles (par exemple, des chauffe-eau solaires à usages ménager et industriel).

D'une manière plus générale, les réductions des émissions de GES liées à l'énergie peuvent être réalisées soit par l'amélioration de l'efficacité dans l'utilisation ou la production de l'énergie, soit par la réduction des émissions par unité de production d'énergie, à travers des changements technologiques ou de la source d'énergie. Le tableau 3-2 énumère les mesures d'atténuation pour chacune de ces catégories de mesures. Des mesures d'atténuation plus spécifiques sont examinées ci-dessous, dans la section 3.2.

Tableau 3-1 : Champ d'application du secteur de l'énergie (qui englobe différents sous-secteurs de l'approvisionnement et de la demande, les vecteurs et les sources d'énergie, ainsi que la production et les technologies d'utilisation finale)

Ressources	Technologies de conversion et des processus	Vecteurs d'énergie	Applications technologiques à destination du consommateur final	Sous-secteurs des utilisations finales
Charbon	Combustion/Cogénération	Charbon	Processus industriels	Production Industrielle Chauffage des locaux Eclairage
Hydrocarbures	Liquéfaction	Liquides Raffinés	Chaleur Industrielle	Commercial Chauffage des locaux Climatisation Eclairage
Gaz naturel	Charbon Mazout et Coke de houille	Gaz naturel et méthane piégé dans les gisements de charbon	Electricité industrielle	Résidentiel urbain Eclairage, cuisson Chauffage des locaux & et chauffe-eau
Méthane piégé dans les gisements de charbon	Centrales thermiques	Gaz de synthèse	Chauffage des locaux commerciaux	Résidentiel rural Cuisson Chauffage des locaux et chauffe-eau
Uranium	Raffinage d'hydrocarbures	Electricité	Climatisation des locaux commerciaux	Agricole Traitement des moteurs électriques Irrigation Machines agricoles
Biomasse	Pile à combustible/Cogénération	Chaleur	Cuisson et chauffe-eau en zones urbaines	Transport Aérien Maritime Routier Ferroviaire Pipeline
Géothermique	Production d'hydrogène	Biogaz	Chauffage des locaux en zones urbaines	
Hydro	Production d'éthanol	Hydrogène	Climatisation des locaux en zones urbaines	
Solaire	Gazogène/Digesteur		Eclairage et appareils	
Eolienne	Energie nucléaire		Cuisson et chauffe-eau en zones rurales	
	Energie hydroélectrique		Processus agricoles	
	Energie solaire		Transport de passagers	
	Energie éolienne		Transport de fret	

Note : Cette liste des sous-secteurs, de sources, de vecteurs et de technologies est présentée uniquement à titre illustratif. Tous ne sont pas toujours présents dans les différents pays en développement, et aux fins de l'évaluation des I&FF, seuls certains d'entre eux (ou même d'autres sous-secteurs définis à différents niveaux de ventilation) sont susceptibles d'être sélectionnés.

Source: E.D. Larson, P. DeLaquil, Z. Wu, W. Chen, et P. Gao (2002): Exploration d'implications à 2050 des options de technologie énergétique pour la Chine. Préparé pour la sixième Conférence sur les technologies de lutte contre les gaz à effet de serre, Kyoto, Japon, Septembre 30 - Octobre 4, 2002. Disponible sous: http://www.princeton.edu/pei/energy/publications/texts/Larson_Kyoto_-02.pdf.

3.2 Application de la méthode d'évaluation des I&FF à l'atténuation dans le secteur de l'énergie

Cette section présente la manière dont la méthode d'évaluation des I&FF décrite dans le chapitre II sera appliquée pour l'estimation des besoins financiers supplémentaires nécessaires à la mise en œuvre des principales options d'atténuation dans le secteur de l'énergie. Pour cette raison, et afin d'éviter la répétition, certaines données fournies dans le chapitre II, qui sont de pertinence pour tous les secteurs, ne figurent pas dans ce chapitre. Une lecture attentive du chapitre II, avant le présent chapitre, est fortement recommandée.

Comme indiqué dans le chapitre II, l'estimation des I&FF comprend une suite de huit étapes qui seront décrites en détail dans ce qui suit :

- 1) Etablir les principaux paramètres de l'évaluation
- 2) Collationner les données (historiques, actuelles et prévisionnelles) pertinentes pour l'élaboration des scénarios
- 3) Déterminer un scénario de référence
- 4) Estimer les coûts d'I&FF et d'E&M au titre du scénario de référence
- 5) Déterminer un scénario d'atténuation
- 6) Estimer les coûts d'I&FF et d'E&M au titre du scénario d'atténuation
- 7) Estimer les changements à apporter dans les coûts des I&FF et de l'E&M pour la mise en œuvre du scénario d'atténuation
- 8) Evaluer les implications de politiques

Etape #1: Etablir les principaux paramètres de l'évaluation

>>> Définir le champ d'application détaillé du secteur

Dans cette étape, l'équipe d'évaluation déterminera les sous-secteurs précis qui doivent être compris dans l'évaluation des I&FF. Il s'agit de sélectionner les processus, activités, entités et des régions géographiques particuliers à inclure dans le secteur de l'énergie pour les besoins de l'évaluation des I&FF. Il est recommandé d'intégrer les composantes les plus importantes du sous-secteur de l'approvisionnement énergétique, ainsi que les plus importants sous-secteurs des usages finaux. La sélection des sous-secteurs, et plus précisément la manière large ou étroite dont ils sont déterminés, devrait se faire en fonction des circonstances nationales, des priorités et de la disponibilité des données. Les circonstances nationales se réfèrent, plus spécifiquement, à la structure de chaque sous-secteur et à l'importance relative de ses composantes en termes d'émissions de GES, de possibilités d'atténuation efficaces, de contribution à l'économie nationale et de potentiel de croissance économique, et leurs liens avec les plans de développement national et sectoriel. Ce choix devrait dépendre aussi de la disponibilité des données et devrait prendre en considération la structure des entités gouvernementales dans lesquelles se trouvent les données, et le champ d'application des (et les sous-secteurs compris dans les) évaluations connexes qui ont été menées et, en particulier,

l'analyse des options d'atténuation pour les communications nationales et d'autres évaluations des mesures d'atténuation qui peuvent avoir été menées.

Il y a plusieurs façons de définir les sous-secteurs de l'utilisation finale d'énergie. La définition la plus simple qui est généralement appliquée intéresse trois secteurs : l'industrie, le résidentiel et le transport (voir, par exemple, le quatrième rapport d'évaluation du GIEC⁴). Le tableau 3-1, en revanche, présente une liste plus ventilée et plus complète de six secteurs d'utilisation finale : les sous-secteurs industriel, commercial, résidentiel urbain, résidentiel rural, agricole et des transports, en tenant compte du fait que davantage de détails concernant le champ d'application des sous-secteurs analysés peuvent être d'intérêt dans les pays en développement. La manière dont les pays choisissent de définir leurs secteurs d'utilisation finale devrait dépendre des circonstances et priorités nationales ainsi que de la disponibilité des données et de la garantie de compatibilité avec d'autres sources de données, telles que les communications nationales et les études sectorielles.

En outre, il convient de garder à l'esprit que le niveau de ventilation du secteur doit être compatible avec les pratiques habituelles de l'analyse sectorielle dans le pays. Par exemple, s'il est de coutume de procéder à une analyse sectorielle en utilisant un modèle analytique particulier (par exemple, pour faire des prévisions et des estimations et pour calculer les besoins en coûts d'investissement et d'exploitation), le niveau de ventilation adopté pour l'évaluation des I&FF devrait être compatible avec ce modèle et ces données. D'autres observations sur les modèles énergétiques sont présentées dans la case 1 qui se trouve à la fin du chapitre.

La portée des émissions de GES inclus dans l'évaluation des I&FF peut être déterminée par l'évaluation de la correspondance entre les sous-secteurs de l'offre et de la demande d'énergie inclus dans l'évaluation et de la structure et des résultats de l'inventaire national de GES. Bien que l'objectif de l'évaluation ne consiste guère à fournir une estimation potentielle de l'atténuation physique associée aux I&FF mesurés, les pays peuvent choisir de procéder à l'estimation des efforts financiers associés à l'atténuation, en valeur absolue (monétaire), ainsi qu'en valeur relative (en dollars par tonne de GES réduite).

Les liens directs importants entre le secteur de l'énergie, tel que défini pour l'évaluation des I&FF, et d'autres secteurs devraient être soulignés. Par exemple, le secteur de l'énergie reçoit des contributions importantes des secteurs de l'agriculture et de la sylviculture, de la gestion des déchets et de la gestion de l'eau. L'agriculture et la foresterie sont les principaux fournisseurs de matières premières pour la production de biocarburants. Le secteur de la gestion des déchets est une source d'énergie par l'incinération des déchets et la collecte et

⁴ GIEC, 2007, Changements climatiques 2007: L'atténuation. Contribution du Groupe de travail III au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, L.A. Meyer (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 851pp. Accessible à : <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

l'utilisation du méthane des décharges. Le secteur de la gestion de l'eau contribue à la production d'hydroélectricité et au processus de refroidissement dans la production d'électricité et de chaleur. Des précautions doivent être prises pour éviter le double comptage des I&FF, dû aux chevauchements sectoriels (par exemple, le remplacement de matériaux à énergie intensive par la biomasse ligneuse pourrait être inclus dans l'atténuation dans le secteur énergétique ou dans l'atténuation dans le secteur forestier), et des résultats incompatibles (par exemple, si le développement de l'hydroélectricité est une option d'atténuation pour le secteur de l'énergie, les mesures d'adaptation dans le secteur de l'eau ne devraient pas comporter des pré-conditions pour le développement de l'hydroélectricité). Chaque fois que de tels chevauchements risquent de survenir en raison du choix des secteurs d'atténuation et d'adaptation compris dans l'évaluation des I&FF du pays, une sous-section spécifique devrait indiquer la manière dont le double comptage sera évité (par exemple, à travers l'énonciation des processus et/ou des options à intégrer dans chaque secteur).

>>> Spécifier la période d'évaluation et l'année de référence

Cette méthode recommande une évaluation étalée sur une période de 25 ans, et 2005, comme année de référence. Si une autre année doit être utilisée comme année de référence, faute de données ou en raison d'autres circonstances nationales, la période d'évaluation devrait être toujours de 25 ans, en raison de la longue durée de vie des infrastructures d'énergie.

>>> Déterminer les options préliminaires d'atténuation

Un premier train de mesures d'atténuation doit être déterminé pour chaque sous-secteur d'approvisionnement et d'utilisation finale pertinent, choisi pour l'évaluation. Le tableau 3.3 présente une liste de mesures d'atténuation, d'ordre général, par sous-secteur. Le rapport du Groupe de travail III du GIEC sur le Quatrième rapport d'évaluation⁵, et les références qui y figurent, fournit des descriptions plus détaillées des mesures d'atténuation destinées aux sous-secteurs de l'approvisionnement en énergie et de l'utilisation finale de l'énergie.

La sélection des options devrait être fondée sur le champ d'application sectoriel, les priorités du pays pour le secteur, les résultats précédents de la hiérarchisation des mesures d'atténuation (par exemple, ceux tirés des communications nationales), la cohérence avec les plans et objectifs de développement nationaux et sectoriels et les caractéristiques actuelles et celles attendues dans le futur, de l'approvisionnement et de la demande énergétique. Cette dernière intéresse les sources de carburant, les sous-secteurs de la demande qui connaissent la croissance la plus forte, etc.

⁵ GIEC, 2007, Changements climatiques 2007 : L'atténuation. Contribution du Groupe de travail III au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, L.A. Meyer (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 851pp. Accessible at: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

Parmi d'autres critères qu'un pays pourrait prendre en considération dans sa hiérarchisation des options d'atténuation :

- Les frais de capital et les coûts d'exploitation
- Le potentiel d'atténuation des GES,
- Les avantages collatéraux d'ordre environnemental et social
- Les avantages économiques collatéraux aux niveaux macro et micro (la balance des paiements et les effets de la croissance, les effets du développement, la création d'emplois, etc.)

Le résultat de cet exercice d'identification et de hiérarchisation serait une courte liste d'options d'atténuation (par exemple, pas moins de 5 et, idéalement, pas plus de 15 options et ce, pour des motifs de souplesse et pour faire en sorte que le débat politique reste gérable).

Tableau 3-2 : Mesures d'atténuation applicables au secteur de l'énergie

Sous-secteur primaire	Sous-secteur secondaire	Mesures d'atténuation	
		Améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'énergie	Réduire les émissions par unité énergétique
Approvisionnement en énergie	Génération d'électricité et de chaleur (centrales électriques, centrales de cogénération, centrales thermiques)	Amélioration de l'efficacité des centrales (mise à niveau des installations existantes, construction de nouvelles centrales de plus grande efficacité)	Passage à des combustibles fossiles à teneur carbonique plus faible (par exemple, du charbon au gaz) Passage à des sources renouvelables (solaire, éolienne, marémotrice, hydroélectrique)
	Transmission et distribution d'électricité, et distribution de chaleur		Réduction des pertes d'électricité lors des opérations de transmission et de distribution Réduction des pertes de vapeur à la distribution Réduction des fuites de SF ₆ et de PFC des équipements de transmission et de distribution électriques
	Industrie pétrolière et de gaz naturel	Amélioration de l'efficacité des raffineries de pétrole et des installations de traitement du gaz naturel	Réduction des émissions fugitives de la production de pétrole et de gaz plutôt par combustion en torchère du CH ₄ , que par éventage, et/ou plutôt par collecte et utilisation que par torchage et éventage Réduction des émissions fugitives de CH ₄ des systèmes de et de distribution du gaz naturel
	Industrie charbonnière	Amélioration de l'efficacité des installations de traitement du charbon	Réduction des émissions fugitives de l'extraction du charbon par collecte et utilisation du CH ₄
	Biocombustibles ² (par exemple, production du charbon de bois, de l'éthanol, du biodiesel et de la tourbe; décomposition anaérobie des déchets organiques)	Amélioration de l'efficacité dans la fabrication du charbon de bois et la production d'éthanol	Réduction des fuites de CH ₄ provenant des digesteurs anaérobies
Demande d'énergie	Production industrielle	Utilisation d'équipements électriques de consommation efficace (Récupération de chaleur et d'électricité)	
	Transport : Circulation routière	Des véhicules de plus grande efficacité, y compris les véhicules hybrides, les véhicules diesel plus propres, et les véhicules de conception structurelle améliorée Amélioration de l'entretien des véhicules Passage modal de la route au rail et à des systèmes de transport public, et à des modes de transport non motorisés (bicyclette et marche) Planification de l'affectation des terres et des transports	Utilisation de biocombustibles
	Bâtiments (à usages commercial, institutionnel et résidentiel)	Eclairage nocturne et diurne plus efficace Des appareils électriques et à gaz et des appareils de chauffage et de refroidissement plus efficaces Fourneaux de cuisson améliorés Isolation et d'étanchéité améliorées Conception et implantation des bâtiments améliorées	Passage à des énergies renouvelables pour le chauffage et le refroidissement, et pour le chauffage de l'eau (Energie solaire, géothermique passive et active), les aspects de conception, installation de systèmes de CVCA (chauffage, ventilation et climatisation).

Source: élaboration par les auteurs

>>> *Sélectionner une approche analytique*

Les démarches analytiques recommandées pour les options d'atténuation applicables au secteur de l'énergie, dans l'évaluation des I&FF, vont de modèles de feuilles de calcul simples qui peuvent être élaborés par les membres de l'équipe du projet, aux modèles énergétiques bien établis déjà utilisés dans le pays. Il est important de souligner le fait que le calendrier et les ressources du projet ne permettent pas de créer de nouvelles capacités pour l'achat, l'intégration et l'estimation de modèles. Pour cette raison, l'utilisation de modèles énergétiques ou de modèles d'économie d'énergie sophistiqués est seulement recommandée chaque fois que ceux-ci sont déjà connus et habituellement utilisés pour l'analyse sectorielle au niveau local (par exemple, par des experts en énergie ou dans le cadre de l'élaboration des communications nationales). Une combinaison d'approches, par exemple, un modèle énergétique économique complété par une analyse de feuille de calcul, pourrait également être utilisée selon ce qu'il convient.

Beaucoup de modèles énergétiques largement utilisés dans les évaluations nationales et internationales des mesures d'atténuation applicables au secteur de l'énergie, pourraient être également utilisés pour l'évaluation des I&FF. Ces modèles sont souvent appelés des modèles «verticaux descendants» ou «verticaux ascendants», selon la manière dont ils traitent les combustibles énergétiques, les technologies, les marchés et le reste de l'économie⁶. Des approches hybrides, qui utilisent à la fois des approches «verticales descendantes» et des approches «verticales ascendantes», sont également utilisées. Les approches verticales ascendantes sont recommandées pour les évaluations des I&FF en raison de leur approche ventilée et de l'accent qu'ils placent plutôt sur les combustibles, les technologies et les marchés de l'énergie que sur le comportement de l'ensemble de l'économie, ainsi que de leur transparence plus importante par rapport aux modèles verticaux descendants. Voir l'encadré I en fin de chapitre, pour plus de précisions sur les modèles et autres outils utilisés pour l'analyse du secteur de l'énergie.

Si un modèle énergétique n'est pas adapté, un plan sectoriel ou une prévision des évolutions peuvent être utilisés comme plate-forme pour l'analyse. Les ministères de l'énergie, les organismes de réglementation ou les services d'électricité peuvent avoir des plans de développement ou d'expansion pour une partie (par exemple, l'approvisionnement en électricité) ou pour l'ensemble du système d'approvisionnement en énergie. Ces plans devraient être fondés sur des études prévisionnelles de la demande d'énergie, dans les secteurs pertinents d'utilisation finale.

⁶ Voir, par exemple : UNFCCC, 2008, UNFCCC Resource Guide for Preparing the National Communications of Non-Annex I Parties, Module 4 Measures to Mitigate Climate Change, Bonn, Allemagne, 32 pp. Accessible à : http://unfccc.int/essential_background/background_publications_htmlpdf/items/2625.php

Il est important de noter que quelle que soit la méthode d'analyse choisie (feuille de calcul spéciale ou modèle disponible ou prévision de l'évolution du secteur), une estimation des prévisions en matière de demande et d'approvisionnement en énergie, pour l'horizon de l'évaluation des I&FF, sera un élément central et incontournable de l'élaboration des scénarios, plus tard.

Etape #2 : Compiler les données historiques relatives aux coûts des FI, FF et E& M, les données relatives au coût des subventions (si comprises explicitement dans l'évaluation) et autres données pouvant contribuer à l'élaboration des scénarios

>>> Compilez les données historiques des FI et FF, ventilées par entité d'investissement et par source de financement

La méthode recommande que les pays compilent 10 ans de données historiques des I&FF, c'est-à-dire, celles de l'année de référence et des neuf années précédentes. Au minimum, les pays devraient procéder à la collecte d'au moins, trois années de données (celles de l'année de référence et de deux années de la décennie précédente). Les données doivent être collationnées pour chaque type d'investissement (les techniques appropriées impliquées dans les conditions actuelles et au titre des options d'atténuation, par exemple, les centrales thermiques, les centrales d'énergie renouvelable, etc.) et de flux financier (c'est-à-dire toutes les dépenses qui ne concernent pas des biens durables, telles que les dépenses liées à des campagnes d'information ou à d'autres programmes publics). Les données doivent être annuelles, ventilées par entité d'investissement et, si possible, par source de financement, et être également subdivisées en flux d'investissements d'une part et en flux financiers d'autre part (voir tableau 2-3 dans le chapitre II).

Les définitions des types d'investissement, en particulier, dans quelle mesure ils sont étroits, dépendra de la situation nationale, du champ d'application sectoriel et du niveau de détail de l'approche analytique (par exemple, un type de centrale thermique, ou plusieurs, différenciés par type de combustible).

Les données relatives aux I&FF dont il est besoin peuvent se trouver dans un ou plusieurs lieux (par exemple, dans les comptes nationaux, dans les dossiers des commissions de planification nationale et dans les dossiers et les plans des ministères, dans les dossiers de l'industrie, des organismes de statistiques, des services publics, les institutions de recherche). Il est à noter que les définitions et les ventilations des données sectorielles et sous-sectorielles varieront d'une source de données à l'autre, de sorte que des hypothèses pourraient être nécessaires à faire pour concilier les ensembles de données et pour extraire les données dont on a besoin à partir de catégories agrégées. Par exemple, le système des Nations Unies relatif aux plans comptables nationaux, utilise le système de classification de la CITI dans lequel les activités d'approvisionnement en énergie sont répartis entre quatre sections distinctes (le niveau de

classification le plus élevé ou le plus agrégé)⁷. A noter aussi, que même au niveau le plus désagrégé dans le système de la CITI, de multiples activités du secteur de l'énergie sont combinées de manière à que les données concernant l'investissement fait dans chaque activité ne puissent pas être séparées sans l'élaboration de quelques hypothèses et/ou le recours à des compléments d'information.

Il est recommandé que les sources locales des données sectorielles au niveau le plus désagrégé (par exemple, celles recueillies auprès des ministères de l'énergie ou de l'infrastructure) ou tirées des communications nationales soient choisies à la place et lieu des sources des comptes nationaux (agrégés).

>>> Compiler les données historiques des coûts d'E&M annuels, ventilées par entité d'investissement et par source

Les données historiques relatives à l'E&M sont également nécessaires pour fournir une plateforme historique à partir de laquelle on pourrait procéder à l'estimation des coûts futurs d'E&M pour de nouveaux actifs matériels, ainsi que pour fournir des données pour la première année, des scénarios. Les données relatives aux coûts annuels d'E&M des actifs matériels qui sont en fonctionnement au cours de la période historique doivent être collectées (et les coûts doivent être estimés) pour les mêmes années pour lesquelles les données historiques relatives aux coûts annuels des I&FF sont collectées. Les données concernant la durée de vie escomptée des actifs en fonctionnement durant la période historique et concernant, (le cas échéant), les fluctuations annuelles des coûts d'E&M, doivent également être collectées. Les données relatives à l'E&M doivent être recueillies à un niveau de ventilation compatible avec celui des données relatives aux I&FF, et les données relatives à l'E&M des actifs acquis *durant* la période historique doivent être suivis de manière distincte des données relatives à l'E&M des actifs acquis *avant* la période historique (voir tableau 2-4 figurant au chapitre II).

Les données relatives à l'E&M qui doivent être recueillies peuvent se trouver dans un ou plusieurs des endroits où se trouvent les données relatives aux I&FF (par exemple, les comptes nationaux, les dossiers et les plans du ministère de l'industrie, les dossiers des bureaux de statistiques, les services publics, les institutions de recherche). Si ces données ne sont pas disponibles, les pays devraient utiliser l'une des méthodes d'estimation décrites dans le chapitre II (extrapolation, utilisation de sources internationales et de modèles d'estimation des coûts, etc.)

Enfin, il sera important pour les experts en énergie intégrés dans l'équipe, de fournir des informations générales sur les principales politiques sectorielles et macroéconomiques (à la fois les politiques récentes et celles attendues) qui pourraient affecter de manière significative les

⁷ CITI (Classification internationale type, par industrie de toutes les branches d'activité économiques) est le système utilisé par les Nations Unies pour la classification des données économiques. La version la plus récente (CITI, Révision 4) est accessible à : <http://unstats.un.org/unsd/cr/registry/regcst.asp?Cl=27>

prévisions concernant l'approvisionnement et la demande énergétiques et les coûts de l'énergie.

>>> Compiler les données historiques des coûts annuels des subventions, si les subventions sont comprises, de manière explicite, dans l'évaluation

Il y a plusieurs types de subventions en faveur de l'énergie, dont les transferts financiers directs (par exemple, des subventions et des prêts à faible intérêt pour les producteurs), les traitements fiscaux préférentiels, les restrictions au commerce, les investissements directs dans l'infrastructure énergétique, les garanties de la demande et les taux de déploiement mandaté, le contrôle des prix, les restrictions à l'accès au marché et les contrôles de l'accès aux ressources. Si un pays choisit d'intégrer explicitement les subventions dans l'évaluation des I&FF, les coûts annuels des subventions, pour chaque type d'investissement durant la période historique, doivent être collectés (ou estimés) pour les mêmes années pour lesquelles les données historique relatives aux I&FF sont collectées. Les subventions doivent être compilées de manière distincte des FI, FF et E& M (voir tableau 2-5 qui figure au chapitre II).

Les données concernant les subventions peuvent être disponibles auprès des ministères ou bureaux gouvernementaux, des instituts de statistique, des organismes de recherche, des institutions universitaires et des entités du secteur privé.

>>> Compiler d'autres données pouvant contribuer à l'élaboration des scénarios

Outre les données historiques relatives aux coûts des I&FF et d'E&M, la caractérisation des scénarios et l'estimation des coûts annuels pour les scénarios, nécessiteront la collecte d'autres données historiques, actuelles et prévisionnelles/estimatives, pertinentes pour le secteur. Le point de savoir quelles données sont nécessaires dépendra de la méthode d'analyse retenue, du champ d'application sectoriel et des besoins de la modélisation, si un modèle est utilisé. Les types de données qui sont susceptibles d'être nécessaires comprendront un sous-ensemble des éléments suivants (en fonction des sous-secteurs pris en compte dans l'évaluation et de la manière dont ils sont définis) :

Si le sous-secteur de l'énergie primaire est pris en compte :

- Caractérisation de l'approvisionnement en énergie primaire (contribution des combustibles fossiles, de l'énergie nucléaire et des sources renouvelables), y compris la production intérieure, les importations et les exportations, ainsi que des prévisions pour la période d'évaluation et, en particulier pour les énergies renouvelables, une évaluation du potentiel de croissance de l'approvisionnement.

Si le(s) sous-secteur(s) de génération/distribution électrique est (sont) pris en compte :

- Inventaire et caractérisation des centrales de production d'énergie thermique et électrique, y compris des données concernant les coûts de fonctionnement et les caractéristiques de la performance (par exemple, les besoins en carburant, les gains en

matière d'efficacité), et le calendrier des départs à la retraite (ou la durée de vie prévue pour chaque type d'investissement pris en compte) et les ajouts et les mises à jour prévues dans le domaine des capacités, durant la période d'évaluation

- Inventaire et caractérisation des centrales de transformation de l'énergie
- Inventaire et caractérisation de l'infrastructure de transmission/distribution de l'énergie électrique et thermique
- Caractérisation des technologies électrique et thermique alternatives de plus grande efficacité et/ou de faible teneur en carbone, y compris, les données relatives aux coûts de fonctionnement et les caractéristiques de la performance
- Caractérisation d'autres mesures d'atténuation applicables au sous-secteur de l'approvisionnement en énergie (par exemple, les mesures visant à réduire les pertes d'électricité dans les circuits de transmission et de distribution), y compris les données relatives aux coûts de fonctionnement et les caractéristiques de la performance

Si les sous-secteurs de l'utilisation finale (sont) pris en compte :

- Caractérisation de la demande en énergie aux fins de l'utilisation finale par type de vecteur de combustible/d'énergie et par secteur d'utilisation finale, y compris les données concernant les moteurs de la croissance (par exemple, l'évolution démographique et le développement urbain), les prévisions concernant la demande intérieure et, pour les pays qui ont d'importantes industries d'exportation pour les combustibles fossiles, les produits raffinés, ou l'électricité, les prévisions concernant la demande dans les pays voisins ou dans les marchés internationaux
- Caractérisation de technologies d'utilisation finale alternatives de plus grande efficacité et/ou à faible émission de carbone (par exemple, des véhicules de passagers à haut rendement, des moteurs industriels à haut rendement, des chauffe-eau fonctionnant à l'énergie solaire passive et active, des fourneaux de cuisine à haut rendement) et d'infrastructures d'utilisation finale plus efficaces (par exemple, des transports publics, l'amélioration de la conception des bâtiments), y compris les données concernant les coûts de fonctionnement et les caractéristiques de la performance

Etape #3 : Déterminer un scénario de référence

Cette étape implique la caractérisation de chaque sous-secteur sélectionné de l'approvisionnement énergétique et/ou de l'utilisation finale, durant la période de l'évaluation, en supposant que de nouvelles politiques visant à faire face aux changements climatiques sont mises en œuvre. Elle devrait rendre compte des conditions macro-économiques, des plans sectoriels et nationaux, des évolutions socio-économiques escomptés et des investissements attendus dans les sous-secteurs. Le scénario de référence peut être fondé sur un modèle, un plan sectoriel, une prévision de l'évolution ou une combinaison de ces éléments. Outre les données particulières concernant la manière dont, à la fois, l'approvisionnement énergétique et la demande d'énergie sont susceptibles d'évoluer durant la période d'évaluation, le descriptif du scénario de référence devrait comprendre des données précises sur les investissements

dans l'installation et l'infrastructure, qui sont attendus dans chaque sous-secteur (par exemple, le calendrier et l'ampleur des ajouts dans le domaine des capacités dans le secteur de l'électricité, pour chaque type d'investissement sélectionnés), ainsi que sur les investissements programmatiques (par exemple, le calendrier, la nature et l'envergure d'un programme de recherche et développement dans le domaine de l'énergie).

Etape #4 : Estimer les coûts annuel des FI, FF et d'E&M et les coûts des subventions si elles sont intégrées de manière explicite, pour le scénario de référence

>>> Estimer les FI et FF annuels pour chaque type d'investissement, ventilé par entité d'investissement et par source de financement

Dans cette étape, les FI annuels destinés aux investissements dans l'installation et l'infrastructure, et les FF annuels destinés aux investissements programmatiques, pour le scénario de référence, sont estimés pour chaque sous-secteur. Comme indiqué dans le chapitre II, les coûts devraient être en valeur réelle (c'est-à-dire ajustés par rapport à l'inflation), idéalement, en valeur constante de 2005 du dollar américain, devraient être signalés dans l'année où ils sont susceptibles d'être engagés et devraient être actualisés suivant les taux d'escompte public et privé appropriés. Les estimations des FI et FF annuels relatives à chaque type d'investissement, devraient être ventilées par entité d'investissement et par source de financement, et devraient être, aussi, subdivisées en flux d'investissements et flux financiers. Les sources des données pourraient englober la production de modèles et/ou les documents de planification des secteurs gouvernemental et privé ou les estimations pourraient être tirés des données historiques.

Le produit de cette étape sera une suite de flux d'investissements et/ou flux financiers annuels pour chaque type d'investissement, dans chaque sous-secteur, pour toute la période d'évaluation, ventilés par entité d'investissement et par source de financement. Ces données devraient être organisées comme dans le tableau 2-3 figurant au chapitre II.

>>> Estimer les coûts d'E&M annuels pour chaque FI, ventilés par entité d'investissement et par source de financement

Les estimations annuelles des coûts d'E&M relatifs aux actifs (types d'investissement) acquis durant la période d'évaluation et pour les actifs acquis avant la période d'évaluation, qui sont censés être encore en fonctionnement, doivent être collectées (ou dérivés) pour chaque sous-secteur sélectionnés. Les coûts devraient être en valeur réelle, de préférence en valeur constante de 2005 du dollar américain, devraient être signalés dans l'année où ils sont susceptibles d'être engagés, et devraient être escomptés. Les estimations annuelles de l'E&M pour chaque type d'investissement devraient être ventilées par entité d'investissement et par source de financement (comme dans le tableau 2-4 figurant au chapitre II) et être aussi subdivisées en E&M pour les actifs acquis durant la période d'évaluation et pour les actifs acquis avant la période d'évaluation. Pour les actifs acquis durant la période d'évaluation, qui

sont susceptibles d'être encore en fonctionnement après la dernière année de la période d'évaluation, les coûts annuels d'E&M pour chaque année supplémentaire durant laquelle les actifs seront en fonctionnement, devraient être estimés, à concurrence d'une période de cinq années supplémentaires après la fin de la période d'évaluation. Les sources de données possibles comprennent celles décrites ci-dessus pour les FI et FF, notamment, les sources locales (les plans et les prévisions sectoriels, les communications nationales et, éventuellement, les comptes nationaux) et celles internationales (les données et les outils de détermination des coûts).

>>> Estimer les coûts annuels des subventions pour chaque type d'investissement et pour les coûts des FI, FF et de l'E&M, si les subventions sont comprises explicitement dans l'évaluation

Si un pays choisit d'intégrer explicitement les subventions dans l'évaluation des I&FF, les coûts annuels des subventions devraient, dans le scénario de référence, être évalués pour chaque type d'investissement et pour toutes les catégories de frais (FI, FF, et E&M) (voir section 2.2.1 du chapitre II).

Etape #5 : Déterminer un scénario d'atténuation

Cette étape implique l'élaboration d'un descriptif de ce qui est susceptible de se produire dans chaque sous-secteur sélectionné de l'approvisionnement et de l'utilisation finale de l'énergie, durant la période d'évaluation, si des mesures d'atténuation sont mises en œuvre pour lutter contre le changement climatique. Cela comporterait des descriptions complètes de la spécificité des mesures d'atténuation qui seront mises en œuvre (le type de technologie, les sous-secteurs où les mesures seront mises en œuvre, etc.), et des implications de ces mesures pour l'évolution des sous-secteurs (par exemple, une réduction des capacités dont il est besoin dans le secteur de l'électricité en raison d'économies d'électricité réalisées dans les secteurs de l'industrie et du bâtiment). Les mesures d'atténuation doivent être définies clairement et complètement, de manière à ce que les coûts des FI, FF et d'E&M puissent être estimés dans l'étape suivante. Cela devrait comprendre des données précises sur les investissements dans les installations et dans l'infrastructure qui se produiraient dans chaque sous-secteur (par exemple, le calendrier et l'ampleur de la mise à niveau des installations et des ajouts de capacités dans le secteur de l'électricité, par type de technologie ; le timing, le nombre et les caractéristiques des véhicules à plus grande efficacité qui sont en fonctionnement), ainsi que sur les investissements programmatiques (par exemple, le calendrier, la nature et l'ampleur d'une recherche sur les sources d'énergie renouvelables et un programme de développement). Un modèle, un plan sectoriel ajusté, une prévision de l'évolution ou une combinaison de ces éléments peut être utilisé comme plate-forme d'une étude prévisionnelle. Les travaux antérieurs sur les changements climatiques (par exemple, les communications nationales, la détermination des besoins en matière de technologies, l'évaluation des mesures d'atténuation des émissions de GES) devraient être utilisés dans cette étape.

Dans les processus de détermination et de définition de la série de mesures d'atténuation qui seraient mises en œuvre, le premier ensemble de mesures d'atténuation qui a été identifié dans l'étape n° 1, devrait être réévalué en tenant compte de l'approche analytique choisie dans l'étape # 1, des données compilées dans l'étape n° 2 et de l'analyse de référence achevée dans l'étape # 3. L'équipe compterait également sur l'ordre de priorité donné aux options d'atténuation dans l'étape # 1, qui sera réévalué plus tard dans l'étape # 8.

Dans le cadre du réexamen de la première hiérarchisation des mesures d'atténuation, les pays devraient évaluer qualitativement les avantages en rapport avec les GES et ceux qui ne sont pas en rapport avec les GES, ainsi que les coûts potentiels de non-investissement (les effets externes négatifs) des mesures d'atténuation. Les avantages non liés aux GES pourraient comprendre :

- Le chiffre d'affaires : Les investissements dans les installations d'approvisionnement en énergie et dans les installations d'utilisation finale et dans l'infrastructure, qui produisent des biens ou des services (par exemple, les systèmes de transport public), augmenteront le chiffre d'affaires, ce qui peut compenser de manière importante les coûts d'investissement et d'exploitation.
- La sécurité énergétique : Les mesures d'atténuation qui améliorent l'approvisionnement en énergie au niveau intérieur (par exemple, le développement des technologies de l'énergie renouvelable) peut accroître la sécurité énergétique nationale.
- La réduction des polluants atmosphériques : Le passage à des combustibles fossiles de faible teneur en carbone ou à des sources d'énergie renouvelables ou à l'énergie nucléaire, et l'utilisation de l'énergie fossile de manière plus efficace, peuvent réduire, de manière importante, les polluants atmosphériques, avec des avantages à la fois pour la santé humaine et pour la santé écologique.

Les effets externes négatifs pourraient comprendre :

- Des dommages dus au développement de l'hydroélectricité : les projets hydroélectriques peuvent perturber les écosystèmes qui se trouvent en amont et en aval des installations, et le remplissage des réservoirs peut causer le déplacement d'implantations humaines.
- Une concurrence accrue exercée sur ressources : L'accroissement de l'approvisionnement en biocarburants agricoles et ligneux peut accroître la demande de terres productives et exacerber les contraintes de disponibilité des terres. Les centrales thermoélectriques et thermiques (qui nécessitent d'importantes quantités d'eau pour le refroidissement) et les installations hydroélectriques peuvent réduire l'approvisionnement en eau.
- Les émissions dues à des fuites : Le passage à des combustibles fossiles de faible teneur en carbone (par exemple, passage du charbon au gaz) pour la combustion, peut par inadvertance, entraîner une augmentation des émissions fugitives, en fonction des caractéristiques du combustible et des opérations de production et de transport du combustible. Les réservoirs d'énergie hydraulique peuvent entraîner des émissions de

CH₄ supplémentaires dues à la décomposition anaérobie des matières organiques dans les eaux de crue.

Il est recommandé que les résultats de ces évaluations qualitatives (le cas échéant) soient intégrés et discutés dans des sections ou des “encadrés” particuliers dans le chapitre sectoriel du rapport des I&FF.

Etape #6 : Estimer les coûts annuels des FI, FF et de l'E&M et les coûts des subventions si elles sont comprises de manière explicite, pour le scénario d'atténuation

>>> Estimer les FI et FF annuels pour chaque type d'investissement, ventilés par entité d'investissement et source de financement

Dans cette étape, les FI annuels relatifs aux investissements dans les installations et l'infrastructure, pour le scénario de d'atténuation, et les FF annuels relatifs aux investissements programmatiques, pour le scénario d'atténuation, sont estimés pour chaque sous-secteur. Comme indiqué dans le chapitre II, les coûts devraient être en valeur réelle (c'est-à-dire ajustés suivant l'inflation), idéalement en valeur constante de 2005 du dollar américain, devraient être signalés dans l'année où ils sont censés être engagés et devraient être actualisés en fonction des taux d'escompte public et privé appropriés. Le rapport des estimations des FI et FF annuels pour chaque type d'investissement, devrait être ventilés par entité d'investissement et par source de financement et devrait être, aussi, subdivisé en flux d'investissements et en flux financiers. Les sources des données peuvent englober le produit d'un modèle et/ou les documents de planification des secteurs gouvernemental et privé, ou les estimations pourraient être tirées des données historiques.

Le produit de cette étape sera une suite de flux d'investissements et/ou de flux financiers annuels pour chaque type d'investissement dans chaque sous-secteur, pour toute la période d'évaluation, par entité d'investissement et par source de financement. Ces données devraient être organisées comme dans le tableau 2-3 figurant au chapitre II.

>>> Estimer les coûts annuels de l'E&M pour chaque FI, ventilés par entité d'investissement et par source de financement

Les estimations annuelles des coûts d'E&M pour les actifs acquis durant la période d'évaluation et pour les actifs acquis avant la période d'évaluation qui sont censés être encore en fonctionnement, doivent être collectées (ou dérivées) pour chaque sous-secteur. Les coûts doivent être, en valeur réelle, de préférence, en valeur constante de 2005 du dollar américain, doivent être signalés dans l'année durant laquelle ils sont susceptibles d'être engagés, et doivent être escomptés. Le rapport des estimations des coûts annuels d'E&M pour chaque type d'investissement doit être ventilé par entité d'investissement et par source de financement (comme dans le tableau 2-4 figurant au chapitre II) et doit être aussi subdivisé en E&M pour les actifs acquis durant la période d'évaluation et pour les actifs acquis avant la période

d'évaluation. Pour les actifs acquis durant la période d'évaluation qui sont susceptibles d'être encore en fonctionnement après la dernière année de la période d'évaluation, les coûts annuels d'E&M pour chaque année supplémentaire durant laquelle les actifs seront en fonctionnement devraient être estimés, pendant une période maximum de cinq années supplémentaires après la dernière année de la période d'évaluation. Les sources de données possibles englobent celles décrites ci-dessus pour les FI et FF.

>>> Estimer les coûts annuels des subventions pour chaque type d'investissement pertinent et pour les coûts des FI, FF et d'E&M, si les subventions sont explicitement comprises dans l'évaluation

Si un pays choisit d'intégrer explicitement les subventions dans l'évaluation des I&FF, les coûts annuels des subventions devraient être estimés pour chaque type d'investissement et pour toutes les catégories de coûts (FI, FF et E&M) dans le scénario de référence (voir section 2.2.1 du chapitre II).

Étape #7: Calculer les changements dans les coûts des FI, FF et d'E&M et dans les coûts des subventions si elles sont explicitement intégrées, nécessaires pour mettre en œuvre l'atténuation

Les changements dans les coûts des FI, FF d'E&M qui sont nécessaires pour mettre en œuvre les mesures d'atténuation dans chaque sous-secteur sont calculés dans cette étape, en soustrayant les coûts figurant dans le scénario de référence, des coûts figurant dans le scénario d'atténuation. Cette étape a deux principaux objectifs : 1) déterminer la manière dont les coûts cumulatifs des FI, FF et d'E&M changeraient et, 2) déterminer la manière dont les coûts annuels des FI, FF et E&M changeraient. Ces calculs, qui doivent être accomplis pour chaque sous-secteur, sont décrits en détail dans le chapitre II.

Étape #8 : Evaluer les implications de politique

Le but de cette étape consiste à évaluer les implications politiques des résultats de l'étape précédente pour le secteur. Les analyses faites dans l'étape précédente ont estimé l'ampleur et le timing des changements dans les FI, FF et E&M, par chaque entité d'investissement et chaque source de financement, qui seront nécessaires pour mettre en œuvre les mesures d'atténuation, dans chaque sous-secteur.

Il est recommandé que les pays réévaluent, d'abord, la hiérarchisation des mesures d'atténuation entreprise durant l'étape 5, en se basant sur les estimations de coûts marginaux, et déterminent les entités d'investissement qui sont responsables des changements les plus importants (la priorité la plus grande et/ou la plus élevée) dans les I&FF et les principales sources de leurs fonds. Ensuite, les mesures politiques qui pourraient être utilisées pour inciter ces entités à mettre en œuvre les mesures proposées et à modifier leurs modes d'investissement, et les sources de fonds supplémentaires qui pourraient être utilisées pour

répondre aux nouveaux besoins d'investissement, doivent être évaluées. Il sera particulièrement important d'établir une distinction entre les sources de financement publiques et privées et entre les sources nationales et étrangères. Les mesures politiques comprennent une variété d'instruments, dont, les instruments économiques (par exemple, les taxes), les instruments réglementaires (par exemple, les normes régissant le portefeuille des combustibles), les accords volontaires, la diffusion de l'information et la planification stratégique et la recherche et développement et la démonstration (RD&D) (voir tableau 3-3).

Tableau 3-3 : Options de politiques potentielles pour l'encouragement des investissements dans l'atténuation des GES dans le secteur de l'énergie

Options de politique Objectifs des politiques	Instruments économiques	Instruments de régulation	Mécanismes politiques		
			Accords volontaires	Diffusion de l'information et planification stratégique	RD&D technologiques
Efficacité énergétique	<ul style="list-style-type: none"> •Élévation des taxes sur l'énergie •Baisse des subventions destinées à l'énergie •Taxes sur les GES émis par les centrales électriques •Incitations fiscales •Permis d'émission négociables 	<ul style="list-style-type: none"> • Normes d'efficacité minimales des centrales électriques • Ordonnances des meilleures technologies disponibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Engagements volontaires à améliorer l'efficacité des centrales électriques 	<ul style="list-style-type: none"> • Campagnes d'information et de sensibilisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Génération d'énergie plus propre à partir des combustibles fossiles
Commutation des sources d'énergie	<ul style="list-style-type: none"> •Taxes sur les GES •Permis d'émission négociables •Incitations fiscales 	<ul style="list-style-type: none"> • Normes relatives au portefeuille des combustibles des centrales électriques 	<ul style="list-style-type: none"> • Engagements volontaires à faire évoluer les normes du portefeuille des combustibles 	<ul style="list-style-type: none"> • Campagnes d'information et de sensibilisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmentation de la génération de l'électricité à partir des sources renouvelables, nucléaire et de l'hydrogène en tant que vecteurs énergétiques
Energie renouvelable	<ul style="list-style-type: none"> •Subventions en capital •Tarifications préférentielles •Echange de quotas et de droit d'émission •Taxes sur les GES •Permis d'émission négociables 	<ul style="list-style-type: none"> • Objectifs • Tarifs de soutien à la transmission et accès à la transmission 	<ul style="list-style-type: none"> • Accords volontaires pour l'installation de capacités en énergies renouvelables 	<ul style="list-style-type: none"> • Campagnes d'information et de sensibilisation • Validation de l'électricité verte 	<ul style="list-style-type: none"> • Génération électrique accrue à partir de sources d'énergies renouvelables
Piégeage et stockage du carbone	<ul style="list-style-type: none"> •Taxes sur les GES •Permis d'émission négociables 	<ul style="list-style-type: none"> •Restrictions d'émissions pour les grands émetteurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Accords volontaires pour le développement et déploiement du PSC 	<ul style="list-style-type: none"> • Campagnes d'information 	<ul style="list-style-type: none"> • Rétention chimique et biologique • Rétention dans les formations géologiques

Source : GIEC, 2007, Changements climatiques 2007 : L'atténuation. Contribution du Groupe de travail III au Quatrième rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, L.A. Meyer (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, and New York, NY, USA, 851pp. Accessible at: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>

Case 1 Modèles et autres outils d'analyse applicables au secteur de l'énergie

ENPEP-BALANCE : ENPEP (Programme d'évaluation de l'énergie et du courant électrique) se compose d'une série de modules analytiques énergétiques, environnementaux et économiques élaborés par Argonne National Laboratory (ANL) et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), en collaboration avec plusieurs autres organisations. ENPEP-BALANCE, la version Windows de ENPEP élaborée par ANL, peut être utilisée pour évaluer l'ensemble du système énergétique (à la fois l'approvisionnement et la demande) et les implications environnementales des différentes stratégies énergétiques. Il est utilisé dans un certain nombre de pays en développement pour l'analyse de l'atténuation des émissions de GES du secteur de l'énergie. Il utilise une approche de simulation fondée sur le marché pour déterminer la réactivité des différents segments du système énergétique à l'évolution des prix de l'énergie et des niveaux de demande. Le modèle repose sur un processus décisionnel décentralisé dans le secteur de l'énergie et peut être calibré pour les différentes préférences des utilisateurs et des fournisseurs. Les paramètres de base comprennent : les données concernant la structure du système énergétique, les statistiques énergétiques de l'année de référence, y compris la production et la consommation, les prix, les prévisions de croissance de la demande d'énergie et toutes les contraintes d'ordre technique et politique. Parallèlement aux calculs énergétiques, le modèle calcule les résidus environnementaux associés à la configuration donnée du système énergétique (par exemple, les émissions de gaz à effet de serre et les critères normatifs des polluants atmosphériques). Site web : <http://www.dis.anl.gov/groups/ceeesa.html>

MARKAL & TIMES: MARKAL (Market Allocation) est un modèle énergétique, économique et environnemental riche en technologies. Il a été élaboré dans le cadre d'une collaboration établie sous l'égide du Programme d'analyse des systèmes technologiques (ETSAP) de l'Agence internationale de l'énergie (AIE). MARKAL est un modèle générique façonné par les données fournies pour représenter, sur une période, généralement, de 20 à 50 ans, l'évolution d'un système énergétique-environnemental particulier, à l'échelon national, régional, de l'état ou de la province ou au niveau communautaire. Le système est représenté comme un réseau, illustrant tous les flux d'énergie possibles, depuis l'extraction des ressources, à travers la transformation de l'énergie et les dispositifs de l'utilisation finale, à la demande de services d'énergie utiles. Chaque lien, dans le réseau, est caractérisé par un ensemble de coefficients techniques (par exemple, la capacité, l'efficacité), de coefficients d'émission de l'environnement (par exemple, les émissions de CO₂, de SO_x, de NO_x), et de coefficients économiques (par exemple, les coûts en capital, la date de commercialisation). Beaucoup de ces réseaux énergétiques ou Systèmes énergétiques de référence (RES) sont possibles pour chaque période de temps. MARKAL trouve le meilleur RES pour chaque période de temps en sélectionnant un ensemble d'options qui réduit au minimum le coût total du système sur toute la période planifiée. Times (The Integrated MARKAL-EFOM System) est la génération d'après MARKAL. Il s'appuie sur MARKAL et sur EFOM (Energy Flow Optimization Model), en représentant à la fois les flux de technologies (MARKAL) et les flux de produits de base (EFOM), et étend leurs capacités, notamment en améliorant la comptabilisation des coûts du système et en permettant une caractérisation plus souple des processus, des contraintes et horizons temporels. L'utilisation de MARKAL a besoin d'un certain nombre d'éléments logiciels : MARKAL lui-même, une interface utilisateur (deux sont disponibles pour Windows : ANSWER et VEDA), GAMS (un système de modélisation de haut niveau pour les problèmes de programmation mathématique) et un solveur optimisant, tel que MINOS, CPLEX, ou OSL. Un certain nombre de variations de MARKAL est disponible, dont :

- MARKAL-MACRO, qui relie MARKAL à un modèle macroéconomique (MACRO) pour fournir des exigences qui sont endogènes et sensibles au prix, et estime l'impact et les rétroactions du PIB.
 - MARKAL-stochastique, qui associe les probabilités à l'apparition de chaque scénario, permettant la détermination de stratégies de couverture qui identifient des stratégies plutôt solides que purement optimales.
 - Programmation du but dans MARKAL, qui résout MARKAL en fonction des préférences pondérées des diverses parties prenantes, quant au rapport entre les coûts et les objectifs environnementaux.
- Site web : <http://www.etsap.org>

LEAP: LEAP (Long-Range Energy Alternatives Planning System) est un outil de modélisation énergétique environnementale intégré, fondé sur des scénarios, élaboré par l'Institut de Stockholm pour l'environnement, qui est connu pour sa souplesse, sa transparence et sa convivialité. Ses scénarios rendent compte de la manière dont l'énergie est consommée, transformée et produite dans un système énergétique donné, dans le cadre d'une série d'hypothèses concernant la population, le développement économique, la technologie, les prix, etc. Il s'agit principalement d'un système de comptabilité, mais les utilisateurs peuvent également créer des modèles fondés sur la simulation économétrique. L'utilisateur peut mélanger et assortir ces méthodes selon les besoins dans une analyse donnée. LEAP comprend une base de données technologiques et environnementales, modulable (TED) et contenant des données concernant les coûts, les performances et les facteurs d'émission pour plus de 1000 technologies énergétiques. LEAP peut être utilisé pour calculer les profils des émissions et peut être utilisé également pour la création de scénarios pour les émissions et les puits autres que ceux du secteur de l'énergie (par exemple, de la

production de ciment, du changement d'affectation des terres, de la gestion des déchets solides). LEAP est conçu pour fonctionner avec les produits Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), ce qui facilite l'importation, l'exportation et les liens vers des données et des modèles créés ailleurs.
Site web : www.energycommunity.org

MESSAGE: MESSAGE (Model of Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impacts) est un modèle qui est utilisé pour la formulation et l'évaluation de différentes stratégies pour l'approvisionnement en énergie dans le cadre des différentes contraintes physiques définies par les utilisateurs, telles que les nouvelles limites d'investissement, les taux de pénétration de marché pour les nouvelles technologies, la disponibilité et le commerce des combustibles, la sécurité de l'approvisionnement énergétique, l'utilisation des ressources énergétiques et les émissions dans l'environnement. MESSAGE a été développé par l'IIASA ; L'AIEA fournit une formation dans MESSAGE. MESSAGE est extrêmement souple et peut être utilisé aussi pour l'étude des marchés d'énergie/électricité et l'analyse des questions touchant au changement climatique (il englobe les émissions de gaz à effet de serre). Il appartient à la même famille des modèles MARKAL, EFOM, et TIMES, et s'appuie sur une description technologique fournie du système énergétique. Il choisit les dispositions technologiques et les vecteurs d'énergie les plus rentables pour répondre à la demande de services énergétiques spécifiés. Contrairement à de nombreux autres modèles d'optimisation, il ne requiert pas l'achat de GAMS ou d'un résolveur commercial. Un résolveur de programmation linéaire (LP) est fourni. Des résolveurs LP plus puissants et des résolveurs de programmation non linéaires (NLP), comme CPLEX, peuvent être facilement utilisés par le logiciel, si nécessaire à la suite d'un problème complexe.

Site Web : http://www.iiasa.ac.at/collections/IIASA_Research/ECS/docs/models.html et
<http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/capacitybuilding.shtml>

A3.2 Modèles applicables dans les sous-secteurs de l'énergie

WASP-IV: WASP (Wien Automatic System Planning Package) est un outil de planification du système d'alimentation électrique qui a été élaboré par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et qui est largement utilisé dans les pays en développement pour la planification du système de production de l'énergie. WASP-IV est la dernière version WASP de Windows. L'AIEA diffuse WASP-IV ; Argonne National Laboratory (ANL) fournit l'assistance technique. Dans le cadre des contraintes définies par l'utilisateur, WASP détermine le plan d'expansion optimal à long terme pour le système de production énergétique. Les contraintes peuvent comprendre une disponibilité limitée des combustibles, Les restrictions d'émission, les exigences concernant la fiabilité du système et d'autres facteurs. L'expansion optimale est déterminée par la réduction au minimum du total des coûts escomptés. WASP explore toutes les séquences possibles de l'ajout de capacités capables de satisfaire la demande tout en répondant aux conditions de fiabilité requises du système, et il rend compte de tous les coûts liés aux unités de production disponibles et nouvelles, des capacités de réserve et de l'électricité non distribuée. WASP-IV prend en considération les centrales de pompage ; permet la spécification d'un calendrier de maintenance fixe pour les unités dans le système ; calcule les émissions atmosphériques ; et introduit de nouvelles contraintes sur le total des émissions, la consommation de carburant et la génération d'électricité.

Sites Web : <http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/capacitybuilding.shtml> et
<http://www.dis.anl.gov/groups/ceeesa.html>

MAED: MAED (Model for Analysis of Energy Demand) est le modèle mis au point à l'AIEA pour l'analyse de la demande future d'énergie, sur la base de scénarios, allant du moyen au long terme, du développement socioéconomique et technologique et de l'évolution démographique. La demande d'énergie est ventilée en un grand nombre de catégories de l'utilisation finale, correspondant à différents biens et services dans quatre grands secteurs de la demande : l'industrie, les transports, les services et les ménages. Les influences exercées par les facteurs d'entraînement d'ordre social, économique et technologique, à partir d'un scénario donné, sont estimées. Celles-ci sont combinées pour donner une image globale de la croissance de la demande future d'énergie. Sur la base de l'efficacité des appareils de consommation, la demande d'énergie utile et la demande d'énergie finale sont estimées. La dernière version du MAED (MAED-2) est fondée sur une feuille de calcul et présente beaucoup plus de souplesse dans la définition des modes de consommation d'énergie d'un pays. MAED est distribué par l'AIEA, A la fois, l'AIEA et ANL fournissent un appui technique pour le modèle. L'outil et le manuel sont disponibles en anglais, français et espagnol.

Site Web : <http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/Pess/capacitybuilding.shtml> et
<http://www.dis.anl.gov/groups/ceeesa.html>

RETSscreen: Le logiciel de diagnostic projet international pour la promotion de l'énergie propre, RETScreen, élaboré par Ressources naturelles Canada, comprend un ensemble d'outils fondés sur des feuilles de calcul, pour l'évaluation de la production d'énergie et des économies d'énergie, des coûts, des réductions des émissions, de la viabilité financière et des risques liés à divers types d'énergies renouvelables et technologies économes en énergie (TER). Le logiciel (disponible en plusieurs langues) comprend aussi des produits, des projets, des études hydrologiques et des bases de données climatiques. La base des données consacrée aux produits fournit les coordonnées de fabricants de technologies énergétiques propres, dans le monde entier, et les données concernant les performances et spécifications des produits pour un certain nombre de ces fabricants. Le logiciel RETScreen comprend actuellement des modules servant à l'évaluation : de l'énergie éolienne, des petites centrales hydroélectriques, de l'énergie solaire photovoltaïque (PV), de la production combinée thermoélectrique, du chauffage à la biomasse, du chauffage solaire, des chauffe-eau solaires, du chauffage solaire passif, des pompes géothermiques et de la réfrigération.

Site web: www.retscreen.net

HOMER: HOMER est un outil de modélisation mis au point par le National Renewable Energy Laboratory (NREL) pour évaluer les options de conception à la fois pour les systèmes électriques hors-réseau et ceux raccordés au réseau (génération à distance, autonome et distribuée [DG]). Les algorithmes d'optimisation et d'analyse de sensibilité de HOMER peuvent être utilisés pour évaluer la faisabilité économique et technique d'un grand nombre d'options technologiques et pour rendre compte des variations dans les coûts de la technologie et dans la disponibilité des ressources énergétiques. HOMER modélise un large éventail de technologies énergétiques classiques et renouvelables. Parmi les sources d'énergie qui peuvent être modélisées, il y a lieu de citer : L'énergie solaire photovoltaïque (PV), les turbines éoliennes, l'hydroélectricité au fil de l'eau, la biomasse, les moteurs diesel et autres moteurs alternatifs, la cogénération, les réseaux électriques, les micro-turbines, les piles à combustible, les batteries et les électrolyseurs. Les formes de stockage comprennent : les banques et les piles à hydrogène.

Site web : www.nrel.gov/homer

CO₂DB : CO₂DB est une base de données renfermant des données détaillées sur les technologies d'atténuation du carbone. La base de données contient actuellement près de 3000 technologies, y compris leurs caractéristiques techniques, économiques et environnementales détaillées, ainsi que les données concernant l'innovation, la commercialisation et la diffusion. Les utilisateurs peuvent apporter des ajouts, sélectionner, filtrer, classer et comparer les données de CO₂DB en fonction des caractéristiques technologiques figurant dans chaque entrée de la base de données. Les utilisateurs peuvent également élaborer des calculs de la chaîne énergétique ainsi que des tableaux et graphiques comparatifs sur la technologie et le niveau de la chaîne. IIASA diffuse CO₂DB à titre gracieux, de manière à ce qu'il puisse être utile aux chercheurs dans leurs études. En retour, ils demandent que les utilisateurs se partagent les données qu'ils entrent dans la base de données.

Site web: http://www.iiasa.ac.at/collections/IIASA_Research/ECS/docs/test.htm

Outil d'analyse des coûts : l'outil d'analyse des coûts de l'énergie a été élaboré par le PNUD et le Projet du millénaire des Nations Unies, pour aider les planificateurs et les décideurs à estimer les quantités et types d'investissements nécessaires dans le secteur de l'énergie, à la réalisation de leurs objectifs du millénaire pour le développement (OMD), adaptés au niveau national, d'ici 2015. Il fournit un cadre fondé sur une feuille de calcul et une méthodologie simple que les pays peuvent utiliser pour élaborer des estimations approximatives des coûts de la satisfaction d'un ensemble minimum de besoins énergétiques, sur la base des contributions fournies par le pays, telles que les technologies disponibles et leurs coûts unitaires. Il est conçu pour aider les gouvernements et les services publics à formuler et des plans décennaux comprenant des estimations quantitatives des besoins en énergie et les coûts associés aux stratégies nationales visant à concrétiser les OMD. Il n'évalue pas le besoin ou le coût des infrastructures à grande échelle centralisées telles que la capacité de production électrique.

Site web: <http://www.undp.org/energy/mdg-serv.htm>