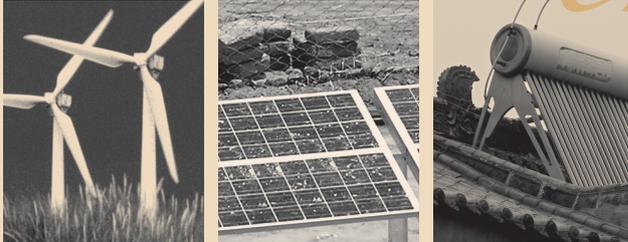


Série Évaluation et capitalisation



*exPost*  
*ExPost*

## Comment mesurer l'impact climatique ?

Capitalisation sur le portefeuille de projets d'efficacité énergétique  
et d'énergies renouvelables du groupe AFD et du FFEM

Koulm GUILLAUMIE



Département de la Recherche

Division Évaluation et capitalisation

Agence Française de Développement

5, rue Roland Barthes 75012 Paris < France

[www.afd.fr](http://www.afd.fr)



## Préambule

Les programmes d'efficacité énergétique font l'objet de critiques récurrentes quant à l'absence de mesures et d'estimations exactes des économies d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre (GES) résultant du programme engagé<sup>1</sup>. Il est vrai que l'évaluation d'un programme énergétique n'est pas une science exacte, puisqu'elle s'appuie sur des estimations de croissance énergétique en l'absence du programme. Toutefois, les techniques d'évaluation ont évolué et abouti à un bon compromis entre des mesures précises et un coût acceptable (Annexe 1).

Pour légitimer l'intégrité environnementale du Mécanisme de Développement Propre (MDP) mis en place par le protocole de Kyoto, les projets bénéficiaires doivent pouvoir évaluer quantitativement, et de manière vérifiable et mesurable, les réductions d'émissions de GES. Or, un grand nombre de projets présentés au Comité exécutif du MDP sont refusés, faute de pouvoir estimer *ex ante* avec précision les émissions de GES générées.

L'AFD justifie le financement de ses projets dans les pays émergents par des estimations des réductions d'émissions de GES. Elle a également mis en place des indicateurs agrégables, afin de pouvoir juger de l'atteinte des objectifs annoncés. La division des évaluations (RCH/EVA) de l'AFD s'associe à cette démarche, dans la mesure où elle procède à ces évaluations *ex post*. Le suivi des indicateurs, nécessaire à ces évaluations rétrospectives, est rendu très difficile par la non-conservation, fréquente, des paramètres permettant le calcul de l'indicateur.

Ce rapport cherche à dégager les pratiques utilisées actuellement par l'AFD et le Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM) pour mesurer les réductions d'émissions de GES ainsi que les initiatives engagées. Il dresse également un bilan des méthodologies développées pour quantifier les réductions d'émissions de GES dans le cadre des projets MDP, en examinant dans quelle mesure ces méthodologies peuvent être appliquées aux projets de l'AFD. Le rapport dégage ensuite quelques enseignements applicables, lors de l'instruction des projets de l'AFD, pour évaluer l'impact climatique. Une distinction est établie entre les projets pouvant faire l'objet d'un financement MDP et les autres, sachant que le cas des lignes de crédit environnementales est étudié séparément. Enfin, le rapport conclut que ni le calcul des émissions absolues ni le calcul des émissions évitées d'un projet ne permettent, à eux seuls, d'estimer l'efficacité climatique d'un projet et que la méthode la plus efficace et la moins coûteuse consiste souvent à agir sur la réglementation.

<sup>1</sup> GELLER et ATTALI (2005).



## SOMMAIRE

	<b>Résumé et conclusions</b>	<b>7</b>
<b>1.</b>	<b>Les pratiques et les initiatives engagées</b>	<b>10</b>
	1.1 Le Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM)	10
	1.2 L'Agence Française de Développement	12
<b>2.</b>	<b>Le Mécanisme de Développement Propre (MDP) ou comment mesurer les réductions d'émission de gaz à effet de serre (GES)</b>	<b>15</b>
	2.1 Le scénario de référence, le périmètre du projet et les fuites	16
	2.2 L'additionnalité du projet	17
	2.3 Le plan du suivi du projet	19
	2.4 Les méthodologies du MPD	20
<b>3.</b>	<b>Enseignements et recommandations</b>	<b>22</b>
	3.1 Mesurer l'efficacité d'un projet climatique	22
	3.2 Elaboration d'un bilan carbone absolu	25
	3.3 Elaboration d'un bilan carbone relatif	26
<b>4.</b>	<b>Conclusions</b>	<b>30</b>
	<b>Annexes</b>	
	Bibliographie	33
	Annexe 1	34
	Annexe 2	36
	Annexe 3	38



## Résumé et conclusions

Le référencement des indicateurs énergétiques et environnementaux des projets est un sujet essentiel, compte tenu de leur place dans les stratégies d'interventions du groupe AFD et du FFEM. Ces indicateurs sont utiles pour prendre la décision du financement mais également lors des évaluations rétrospectives, pour justifier *ex post* le bien-fondé du projet et son efficacité. Deux types de bilan carbone peuvent être réalisés pour estimer l'impact climatique d'un projet : le premier est un bilan absolu, qui ne tient pas compte de ce qui se passerait en l'absence du projet ; le second est un bilan relatif (ou différentiel) par rapport à une situation de référence, laquelle correspond à l'absence de ce projet. Ainsi, même quand un projet a un bilan d'émissions de GES supérieur à zéro, il peut conduire à une réduction des émissions de GES comparativement à l'évolution qui aurait eu lieu sans ce projet.

Pour ses projets énergétiques, le FFEM a systématisé le calcul, qu'il explicite en détail, des tonnes de GES émises par rapport à un scénario de référence. Dans son cadre d'intervention stratégique le climat (CIS « Climat »<sup>2</sup>), l'AFD recommande l'utilisation de l'indicateur « réductions des émissions de GES ». Cet indicateur est toutefois encore insuffisamment référencé dans les projets AFD et les bases du calcul sont peu explicitées.

L'AFD<sup>3</sup> développe actuellement un indicateur nouveau – la quantité totale actualisée de CO<sub>2</sub> émis pendant la durée du projet – calculé à partir d'un bilan de carbone absolu. Un expert climatique a construit des applications qui permettent de calculer les émissions de CO<sub>2</sub> pour chaque type de projet pendant ses deux phases, de mise en place et de fonctionne-

ment. L'objectif est d'intégrer ce nouvel indicateur au cycle de projet à un stade préliminaire, en trois étapes :

- étape 1 : estimation des émissions absolues de GES et émissions par euro investi ;
- étape 2 : estimation de la vulnérabilité des projets face au changement climatique et à la contrainte énergétique ;
- étape 3 : bilan carbone complet.

Le calcul d'un bilan carbone relatif est un exercice difficile et mieux vaut s'inspirer des méthodologies mises en place par la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC) pour l'évaluation des projets du MDP. Défini par le protocole de Kyoto, le MDP permet à des pays industrialisés de financer dans des pays en développement des projets qui évitent des émissions de GES. Les premiers sont alors récompensés par l'obtention d'« unités de réduction certifiées des émissions » (URCE), communément appelées « crédits carbone », qui peuvent être utilisées pour respecter les objectifs d'émission, épargnées ou vendues. En cas de financement via l'aide publique au développement (APD), les crédits carbone dégagés peuvent retourner au pays donateur ou être donnés au pays hôte. La vente de ces crédits permet d'améliorer la rentabilité du projet financé en apportant une source additionnelle de revenus. Les sources de revenus issues du MDP sont donc totalement différentes de celles d'un bailleur de fonds, puisque les crédits ne sont obtenus qu'après la réalisation du projet et que les revenus dépendent du cours du marché de la tonne de CO<sub>2</sub>.

La CCNUCC<sup>4</sup> a développé de nombreuses méthodologies pour valider les projets de réduction des émissions de GES éli-

<sup>2</sup> AFD (2005).

<sup>3</sup> Département TEN/ERN.

<sup>4</sup> Voir <http://unfccc.int/>

gibles au MDP, afin de définir trois concepts fondamentaux du projet : *le scénario de référence*, *l'additionnalité* et *le plan de suivi*. L'élaboration et l'application d'une méthodologie type MDP est une démarche très lourde, mais ce processus est le principal garant de la crédibilité du mécanisme.

• **Le scénario de référence** correspond à la situation sans projet (*business as usual*). Plusieurs approches vont permettre de construire ce scénario : chiffrage des émissions effectives actuelles ; calcul des émissions obtenues en utilisant la technologie économiquement la plus intéressante, en tenant compte des obstacles à l'investissement ; ou estimation du niveau moyen des émissions des 20 % de projets les meilleurs de leur catégorie mis en place au cours des cinq dernières années.

Afin de déterminer quelles émissions de GES doivent être calculées dans le scénario de référence et le scénario du projet, il faut délimiter le périmètre du projet ainsi que ses fuites. Le périmètre du projet contient toutes les sources d'émission qui sont sous contrôle du développeur du projet et qui sont significatives et raisonnablement attribuables au projet. Les fuites correspondent à la différence des émissions de GES entre le projet et le scénario de référence, mais qui se produisent hors de la limite du projet. Les fuites n'invalident pas le projet, sauf si les émissions de GES représentent un pourcentage élevé des réductions d'émission potentielles du projet.

Pour pouvoir être éligible au MDP, un projet doit être additionnel. Le porteur du projet doit montrer comment le financement apporté permet d'assurer la rentabilité économique et financière du projet ou de lever les barrières institutionnelles ou techniques au projet, en finançant des coûts d'apprentissage par exemple.

• **Le plan de suivi** définit un certain nombre de tâches de surveillance continues qui permettent de s'assurer que toutes les émissions de GES du projet sont contrôlées et quantifiées. Pour l'AFD, il s'agit de déterminer la pertinence climatique du projet. Cela nécessite le calcul des deux bilans carbone complémentaires, l'absolu et le relatif. Pour les projets permettant des réductions d'émissions de GES, l'intensité des réductions

est en général corrélée aux émissions absolues générées. Il existe toutefois des projets extrêmement vertueux qui produisent peu d'émissions en absolu et permettent des réductions importantes. C'est le cas des projets institutionnels visant à établir des réglementations énergétiques, des labels ou une planification stratégique. Véritables projets à effets de levier majeurs, ils sont donc à privilégier dans les pays émergents, conformément au mandat de l'AFD.

Un critère permet de concilier ces deux approches absolues et relatives et d'estimer la pertinence d'un projet vis-à-vis de la lutte contre le changement climatique. Il s'agit du ratio tonnes de CO<sub>2</sub> évitées/tonnes de CO<sub>2</sub> absolues émises. Un indicateur permet par ailleurs de déterminer l'efficacité, en ramenant les réductions d'émissions au coût total du projet.

Un élément majeur de l'efficacité climatique provient également de l'inertie du secteur considéré. Cette inertie est très importante pour les projets de transport, d'habitat ou de planification urbaine, où des investissements non réalisés aujourd'hui rendront la réduction des émissions beaucoup plus coûteuse demain. Une tonne non émise dans le secteur des transports ou de l'habitat a donc une valeur plus importante que les réductions d'émissions dans d'autres secteurs plus flexibles.

Ainsi, la mesure de l'impact climatique d'un projet ne peut se résumer aux tonnes de CO<sub>2</sub> évitées par le projet mais doit tenir compte de quatre éléments :

1. les tonnes de CO<sub>2</sub> évitées ;
2. le ratio tonnes de CO<sub>2</sub> évitées / tonnes de CO<sub>2</sub> absolues émises ;
3. le ratio tonnes de CO<sub>2</sub> évitées totales/coût total du projet ;
4. l'inertie du secteur.

Des propositions sont avancées pour calculer le bilan carbone relatif des projets AFD, en distinguant les projets éligibles à financement MDP de ceux qui ne le sont pas. Dans le premier cas, mieux vaut calculer les économies d'émissions de GES à partir de la méthodologie MDP adaptée au type du projet, en

faisant appel à un cabinet de consultants ; dans le second, il est préférable d'utiliser l'indicateur d'estimation des économies d'émissions de GES. On doit pouvoir se contenter d'une approche comparative simple et rapide donnant un bon ordre de grandeur des réductions d'émission.

Le calcul du bilan relatif peut être réalisé à l'aide du tableau développé par TEN/ERN, à condition d'avoir préalablement défini le scénario de référence. Le scénario de référence le plus facile à appréhender est la situation présente sans projet. Les émissions nettes générées par un projet sont calculées en soustrayant du niveau de référence toutes les émissions du projet plus les fuites. Par ailleurs, le FFEM ayant une expérience plus ancienne que l'AFD dans l'établissement de bilans carbone relatifs, il peut être intéressant de s'inspirer de ses méthodes pour des projets similaires.

Le cas des lignes de crédit environnementales doit être considéré à part, puisque les projets financés ne sont pas connus lors de l'octroi de la ligne. L'AFD doit vérifier que l'indi-

cateur « réductions d'émissions de GES » est calculé *ex ante* pour tous les projets. Les principaux paramètres du calcul doivent être explicités et conservés par l'industriel pendant la durée du projet pour permettre une évaluation rétrospective de la ligne de crédit, surtout lorsqu'une rémunération de l'efficacité du projet est prévue.

L'établissement d'un bilan carbone relatif n'est pas une science exacte, puisqu'il consiste à extrapoler des tendances passées dans le futur, notamment pour définir un scénario de référence. L'estimation des réductions d'émissions nécessite en effet des prévisions de consommation énergétique, de croissance économique et de la demande de transport. Les estimations peuvent varier beaucoup en fonction de ces paramètres ainsi que du scénario de référence choisi. De ce fait, on ne peut se contenter de fournir l'indicateur « réductions d'émissions envisagées » mais il faut absolument donner les hypothèses de calcul et définir le scénario de référence choisi. Ces données sont indispensables pour l'évaluation *ex post* du projet. ■

## 1. Les pratiques et les initiatives engagées

### 1.1 Le Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM)

Après une période d'apprentissage, le FFEM a systématisé le calcul des tonnes de GES émises par rapport à un scénario de référence. Par ailleurs, il explicite les facteurs d'émission utilisés, leur source et le détail des calculs (souvent en annexe des rapports de présentation). Ainsi sur le projet de diversification des sources d'énergie domestique à Madagascar (encadré ci-dessous), un bilan complet des émissions de GES est effectué pour la filière charbon de bois et pour la filière butane, incluant les émissions provoquées par la production, le transport et l'utilisation finale. Ce bilan poussé permet de justifier le caractère spécifique de ce projet de remplacement de combustible biomasse par du gaz (cf. encadré 1).

Lorsque l'on regarde le portefeuille « efficacité énergétique » du FFEM entre 2004 et 2006 (Annexe 2), on constate que la quasi-totalité des projets fait l'objet d'une évaluation des tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> qui pourront être évitées grâce au projet. Cette analyse est plus ou moins détaillée pour les projets, en fonction des données disponibles et du type de projet : ainsi pour les projets transport, les bilans carbone sont moins bien documentés.

Pour ces deux dernières années, les projets du portefeuille du FFEM relèvent essentiellement du secteur du renforcement des capacités locales. Le FFEM a subventionné plusieurs programmes d'appui au montage de projets MDP en Afrique, en Chine, au Maroc (cimenteries Lafarge) et au Mexique. Pour ces projets, la note de présentation au Conseil ne comporte qu'une estimation sommaire des émissions de CO<sub>2</sub> évitées, ce qui tient à ce type d'interventions : on ne connaît pas vraiment à l'avance les projets bénéficiaires ni, par conséquent, les émissions évitées.

Ainsi pour le « Programme d'appui au montage de projets MDP dans quatre provinces de l'ouest de la Chine » (projet CCN1008), l'estimation des économies d'émissions de CO<sub>2</sub> des quatre projets pouvant faire l'objet d'un financement MDP est calculée en faisant la moyenne des économies réalisées par tous les projets chinois ayant bénéficié d'un MDP. On voit par là qu'une approche différentielle du calcul des émissions de CO<sub>2</sub> évitées par le projet – par rapport à un scénario de référence – est toujours établie par le FFEM, conformément à son mandat de réduction des émissions de GES. ►

**Encadré 1****Diversification des sources d'énergie domestique à Madagascar****Projet FFEM CMG1206, novembre 2005**

Le projet vise à réduire les émissions de CO<sub>2</sub> résultant de la combustion incomplète du charbon de bois dans les fourneaux domestiques utilisés traditionnellement à Madagascar pour la cuisson des aliments, en remplaçant le charbon de bois par du gaz.

L'un des freins à la pénétration du gaz est le coût relativement important d'une première acquisition. Le projet se propose de subventionner la moitié de ce coût, l'autre moitié étant financée par les distributeurs de gaz agréés par le projet. La cuisine au gaz est plus chère que celle au charbon de bois, puisque le bois est prélevé gratuitement dans l'environnement et que cette filière informelle n'est pas fiscalisée, contrairement au gaz. Le projet vise donc également à réduire d'au moins 15 à 20 % le coût de la cuisine au gaz en améliorant la performance des fourneaux.

Le FFEM apporte une subvention de 1,25 M€ pour un coût total du projet estimé à 3,38 M€. Le bénéficiaire du projet est WWF Madagascar. Le projet permettra entre autres une réduction des émissions de 558 000 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> à la fin du projet et de près de 2 millions de tonnes cinq années plus tard. Cette réduction est due à :

- la substitution du charbon (dont la combustion émet beaucoup de GES) par du butane, plus propre ;
- une réduction de la pression sur les espaces forestiers du fait de la substitution.

Pour obtenir ce chiffrage d'économies d'émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, le FFEM a établi un bilan carbone comparatif des filières du GPL<sup>6</sup> (butane) et du charbon de bois, en utilisant des standards internationaux de facteurs d'émission ou, au besoin, des mesures adaptées à Madagascar.

Pour la filière GPL, sont prises en compte les émissions de CO<sub>2</sub> lors de sa production, de son transport par voie maritime puis par voie terrestre ainsi que lors de son utilisation. Le GPL émet ainsi 3,3 kg équivalent CO<sub>2</sub> par kg de GPL brûlé.

Pour la filière charbon de bois, sont pris en compte le carbone libéré par la coupe des arbres ainsi que les émissions de CO<sub>2</sub> lors de la carbonisation du bois, du transport du lieu de production au lieu de consommation et de l'utilisation finale. Selon que l'exploitation de la forêt est renouvelable ou non, le charbon de bois émet entre 5 et 8 kg équivalent CO<sub>2</sub> par kg de charbon de bois brûlé. De plus, comme le butane est plus efficace que le charbon de bois, il faut 3,2 fois moins de butane que de charbon pour préparer la même quantité de plat cuisiné.

Pour un même repas, le charbon de bois émet donc 8 fois plus de GES que le GPL s'il est extrait d'arbres qui ne sont pas exploités de façon renouvelable et 1,6 fois plus dans le cas contraire.

Le FFEM établit ensuite une projection des taux de substitution gaz/charbon au fur et à mesure de l'avancement du projet (15 % la première année et 70 % au bout de 15 ans). Sachant que 37 500 ménages doivent être équipés, qui consomment 26 625 tonnes de charbon de bois par an, le projet réduira les émissions annuelles d'équivalent CO<sub>2</sub> de 558 000 tonnes au bout de 4 ans.

<sup>6</sup> GPL : gaz de pétrole liquéfié.

## 1.2 L'Agence Française de Développement

### 1.2.1 Approches actuelles pour calculer les bilans carbone

Les indicateurs agrégables proposés afin de mieux prendre en compte les enjeux de développement durable et les objectifs du plan d'orientation stratégique 2 (POS 2) concernant l'efficacité énergétique et la préservation de l'environnement mondial sont :

- réduction des émissions de GES (CO<sub>2</sub>) ;
- puissance énergétique renouvelable ou récupérée financée ;
- énergie économisée.

Rares sont les projets du portefeuille « efficacité énergétique » où les émissions de GES ont pu être calculées : trois en 2004, cinq en 2005<sup>7</sup> et deux en 2006 (sur les six projets du portefeuille étudié ; voir Annexes 2 et 3). Trois des projets pour lesquels les réductions de CO<sub>2</sub> émises n'ont pas été estimées

<sup>7</sup> Sans compter un projet de séquestration au Ghana (CGH6008), qui a permis une économie de 98 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

sont des lignes de crédit environnementales, ce qui n'est guère étonnant, puisqu'il faut attendre de connaître les projets financés pour calculer ces indicateurs. Il est évident que l'indicateur « réduction des émissions de GES » est encore insuffisamment référencé dans les projets de l'AFD d'autant que, quand il l'est, les calculs sont peu explicités (du moins au niveau de la note au conseil de surveillance). D'où un manque de comparabilité entre projets. Le référencement de l'indicateur « réductions des tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> émises » est toutefois prévu pour le suivi et l'évaluation du projet.

L'octroi d'une ligne de crédit environnementale interbancaire, et non souveraine, à la Tunisie (projet CTN6010) prévoit différentes modalités de sélection des projets :

« Tous les projets à financer par la ligne de crédit devront recevoir la non-objection préalable de l'AFD pour donner droit à l'usage de la ligne de crédit. Les projets les plus importants

### Encadré 2

#### Projet MDP de la municipalité de Durban

##### Projet AFD CZA3009, Afrique du Sud, novembre 2004

Du fait de sa spécialisation dans des industries énergivores, l'Afrique du Sud est responsable de la moitié des émissions de GES du continent africain ; elle présente donc un potentiel important pour des projets susceptibles d'être instruits au titre du MDP.

Dans le cas présent, il s'agit de financer les investissements d'un projet de récupération et de valorisation du méthane issu de la fermentation des déchets dans les décharges de la municipalité. Des puits de captage du méthane alimenteront une centrale qui produira de l'électricité (7 MW) à partir de ce gaz. Le projet est géré par Durban Solid Waste, la régie municipale chargée de la collecte et de la gestion des déchets.

Les réductions de GES sont estimées à 3,8 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> sur 12 ans, soit une réduction d'environ 300 000 tonnes de CO<sub>2</sub> par an.

La vente d'électricité produite par le projet ne permet pas d'équilibrer l'exploitation, compte tenu du faible coût de production (charbon peu cher). Cependant, la vente de crédits carbone au Fonds prototype pour le carbone (PCF) géré par la Banque mondiale permet de rentabiliser le projet. Il s'agit du premier projet de l'AFD pour le financement d'opérations éligibles au MDP. Pour ce faire, la municipalité de Durban, appuyée par le PCF, a soumis une méthodologie au comité exécutif du MDP, laquelle a été approuvée en 2003.

en termes de montant ou d'impact environnemental feront l'objet d'une évaluation plus approfondie. Des rapports biannuels présenteront par ailleurs l'ensemble des projets imputés sur la ligne de crédit (accompagnés d'une estimation des indicateurs prévus dans le cadre logique présenté en Annexe 2) »<sup>8</sup>.

L'annexe 2 de ce projet comprend notamment trois indicateurs : « réduction des émissions des GES », « réduction de la consommation énergétique par unité industrielle produite » et « puissance renouvelable et surface de chauffe-eau solaires installés ». Les responsables de l'accompagnement et du suivi du projet sont deux partenaires institutionnels, l'Agence nationale de maîtrise de l'énergie (ANME) et l'Agence nationale de protection de l'environnement (ANPE). Ces deux structures auront vraisemblablement besoin d'un appui pour calculer ces indicateurs.

### 1.2.2 Mise en place d'un indicateur nouveau : la quantité totale actualisée de CO<sub>2</sub> émis pendant la durée du projet, à partir d'un bilan de carbone absolu

La démarche lancée par le département TEN/ERN en faisant appel à Jean-Marc JANCOVICI, expert-conseil pour les bilans carbone, vise à approfondir et systématiser l'analyse climatique des projets sous un autre angle. Le raisonnement est mené en termes de bilan carbone absolu et non plus uniquement en termes d'économies d'émissions de GES par rapport à un scénario de référence. On va ainsi prendre en compte l'ensemble des émissions produites par le projet pendant ses deux stades de :

- *mise en place* : matériaux utilisés pour la construction, énergie consommée par le génie civil, défrichage... ;
- *fonctionnement* : combustibles fossiles brûlés, émissions liées au trafic engendrées par le projet, électricité de réseau consommée, matériaux utilisés par l'activité, engrais utilisés, émissions générées par la fermentation des déchets, maintenance...

<sup>8</sup> Note au conseil de surveillance du 12 octobre 2006.

Un tableur sur Excel – avec une feuille de calcul par type de projet – permet de calculer relativement facilement les tonnes de CO<sub>2</sub> et de carbone émises pour chaque type de projet : mines, aéroport, barrage, projet éolien... En fonction du type de projet, on laisse de côté les émissions produites lors de l'une des deux phases. Pour un aéroport par exemple, les émissions pendant la phase de construction sont négligeables par rapport aux émissions du trafic aérien en phase de fonctionnement. Il en est de même pour une centrale thermique. Pour un barrage en revanche, seules les émissions lors de la phase de construction sont prises en compte, puisqu'ensuite, le barrage n'émet pas de GES<sup>9</sup>.

Le calcul des émissions lors des phases de construction nécessite de connaître les quantités de matériaux utilisés ainsi que le combustible alimentant les engins de chantier. Pour calculer les émissions de fonctionnement, il faut connaître le taux de croissance ou de décroissance des émissions de GES. Ainsi, pour une centrale au charbon transformée en centrale au gaz, il faut estimer le taux annuel de substitution du charbon au gaz. Pour un aéroport, l'estimation portera sur le taux de croissance annuel du trafic aérien.

Les applications tableur mises au point – elles seront disponibles, après tests, dans les prochains mois – sont dérivées du Bilan Carbone de l'Agence française de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME)<sup>10</sup>, avec deux ajouts méthodologiques significatifs :

- elles prennent dès à présent en compte les émissions futures pendant la phase de fonctionnement du projet financé, en pratiquant un taux d'actualisation ;
- elles ramènent les émissions à un montant financier, pour donner des émissions cumulées actualisées par euro de financement.

<sup>9</sup> En réalité, la submersion de la masse végétale peut conduire à des émissions de méthane (CH<sub>4</sub>). Toutefois, ce phénomène est très difficile à modéliser car il dépend du climat ainsi que de la morphologie et du marnage de la retenue. Une coupe de végétation préalable à la mise en eau du barrage permet de réduire fortement ces émissions. Sur ce sujet, lire la thèse de doctorat de Frédéric Guérin (2006).

<sup>10</sup> Se reporter au site de l'ADEME : [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)

Il s'agit, à terme, d'intégrer cet indicateur au cycle de projet à un stade préliminaire pour donner très rapidement un ordre de grandeur des émissions qui seront engendrées par le projet financé. Les projets de développement urbain mais aussi d'eau et d'assainissement risquent toutefois de poser des difficultés, car les indicateurs nécessaires au calcul ne sont pas habituellement disponibles en début de projet.

Avec cette approche, tous les projets auront un bilan d'émissions de GES positif (ou nul, au mieux), c'est-à-dire qu'ils augmenteront les émissions. Seuls les projets de séquestration de carbone peuvent permettre, en valeur absolue, de réduire les émissions de GES.

### 1.2.3 Approche différentielle : sur quel scénario de référence se baser ?

Afin de déterminer la quantité d'émissions de GES économisées par le projet, il faut comparer ce que le projet émet effectivement à un scénario de référence. Cette approche différen-

tielle n'a pas été intégrée dans l'application Excel, car les scénarios alternatifs ne peuvent pas être généralisés à un type de projet. Ainsi, pour un projet d'efficacité énergétique dans une centrale thermique, l'amélioration du rendement peut permettre de réduire la quantité de combustible brûlé pour produire la même quantité d'électricité.

Une alternative est que la même quantité de combustible sera utilisée pour produire plus d'électricité. L'impact du point de vue climatique n'est pas le même dans les deux cas. La difficulté réside donc dans l'identification et la quantification de l'évolution du projet ainsi que dans l'identification du scénario de référence.

Cette réflexion a été conduite pour les projets MDP et la CCNUCC a développé de nombreuses méthodologies pour valider les projets de réduction des émissions de GES. Ce rapport cherche à mettre en évidence la démarche utilisée par la CCNUCC, afin que l'AFD puisse s'en inspirer dans le calcul des réductions d'émissions de ses propres projets. ■

## 2. Le MDP ou comment mesurer les réductions d'émissions de GES

Le Mécanisme de Développement Propre est un mécanisme défini par le protocole de Kyoto permettant à des entreprises privées (ou publiques) des pays industrialisés de financer dans des pays en développement des projets qui réduisent ou évitent des émissions de GES. Les pays industrialisés sont alors récompensés par l'obtention d'« unités de réduction certifiées des émissions », ces fameux « crédits carbone » ou « crédits d'émission ». Les crédits carbone obtenus peuvent être utilisés pour respecter les objectifs d'émission de l'investisseur du pays industrialisé, « épargnés » pour un futur usage ou vendus à d'autres pays industrialisés dans le système du commerce d'émissions du protocole, afin d'améliorer la rentabilité de leur projet. L'avantage pour les pays hôtes est de bénéficier d'injections « gratuites » de technologies avancées qui permettent à leurs usines ou leurs installations générant de l'électricité d'opérer de manière plus efficiente et donc à moindre coût.

Dans le cas d'un financement *via* l'APD, deux utilisations des crédits carbone liés à des projets bénéficiant du MDP sont possibles :

- les crédits d'émission dégagés retournent au pays donateur. Dans ce cas, les crédits générés doivent être déduits de la comptabilisation de l'APD ;
- les crédits d'émission sont donnés au pays hôte qui peut à son tour les vendre sur le marché. La vente de ces crédits permet d'améliorer la rentabilité du projet financé en apportant une source additionnelle de revenus.

Cette dernière option est celle que l'AFD a retenue pour le projet MDP de la municipalité de Durban.

Les sources de revenus issues du MDP sont donc totalement différentes de celles d'un bailleur de fonds. Non seulement les crédits carbone ne sont obtenus qu'après la réalisation du projet et vérification de l'obtention des réductions d'émissions anticipées par le projet – le promoteur du projet doit donc pouvoir préfinancer l'investissement – mais, en outre, les revenus proviennent de la vente des crédits carbone sur le marché et sont donc très variables en fonction du cours du marché.

Les règles et conditions du MDP ont été précisées par les accords de Marrakech en novembre 2001. Pour pouvoir être éligible au MDP, un projet doit notamment être développé en conformité avec les politiques et les stratégies nationales du pays hôte, y compris en matière environnementale. Par ailleurs, le projet doit être additionnel, c'est-à-dire que les réductions d'émissions du projet doivent venir s'ajouter à celles qui auraient été obtenues en l'absence du projet dans un scénario de référence. En effet, le MDP n'est pas conçu pour accompagner des projets qui auraient été mis en œuvre de toute façon.

Des méthodologies visant à imprimer une démarche précise à chaque projet ont été mises en place pour estimer les réductions d'émissions de GES permises. Il s'agit de définir trois concepts fondamentaux du projet : le scénario de référence, l'additionnalité du projet et le plan de suivi du projet. Les méthodologies élaborées par la CCNUCC recommandent quelle solution utiliser en fonction du type de projet.

## 2.1 Le scénario de référence, le périmètre du projet et les fuites

### 2.2.1 Étape 1 : le scénario de référence

Pour estimer les réductions d'émissions de GES, il faut pouvoir quantifier les émissions qui se produiraient raisonnablement en l'absence du projet et définir ainsi un scénario de référence. Rien n'est moins évident !

Prenons l'exemple de la construction d'une centrale fonctionnant au gaz naturel. Le scénario de référence est une centrale au charbon. La solution de référence de base consiste à comparer les émissions de la centrale au gaz avec celles du « mix électrique<sup>11</sup> » moyen du pays. Mais cette solution ne prend pas en compte l'avancée technologique moyenne du pays (les centrales anciennes, moins efficaces, ne sont plus construites) et conduit à surestimer les économies d'émissions. Une solution alternative consiste donc à comparer avec

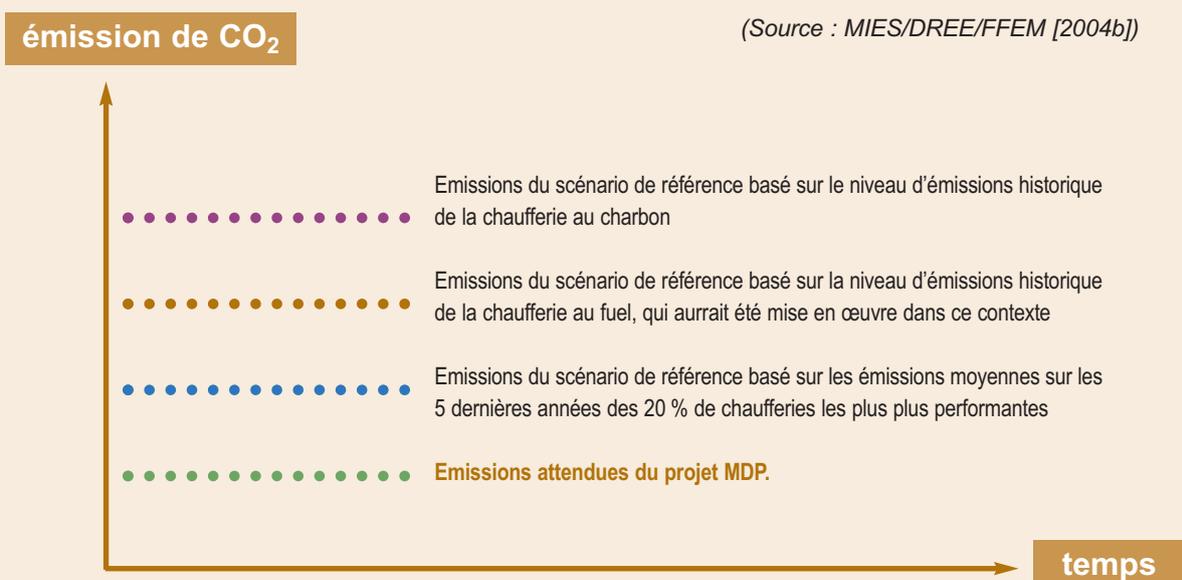
<sup>11</sup> Mix électrique : x % de charbon, y % d'énergies renouvelables, z % d'énergie nucléaire... rentrant dans la fabrication de l'électricité du réseau.

le « mix électrique » provenant des 20 % de projets les meilleurs de leur catégorie au cours des cinq dernières années (conditions sociales, économiques, environnementales et technologiques comparables). La troisième solution consiste à comparer ces émissions avec celles d'un projet utilisant la technologie économiquement la plus intéressante, compte-tenu des obstacles à l'investissement.

### 2.1.2 Étape 2 : le périmètre du projet

Afin de déterminer quelles émissions de GES doivent être calculées dans le scénario de référence et le scénario du projet, il faut délimiter le périmètre du projet. La CCNUCC recommande d'intégrer toutes les sources d'émissions qui sont « sous contrôle » du développeur de projet et qui sont « signi-

**GRAPHIQUE 1.** Illustration des trois approches du scénario de référence pour un projet de remplacement d'une chaufferie municipale fonctionnant au charbon par une chaufferie au gaz naturel.



ficatives » et « raisonnablement attribuables » au projet. On estime que des émissions sont « significatives » si elles représentent plus de 1 % de toutes les réductions d'émissions ou des émissions du projet. Les émissions sont « sous contrôle du projet » si elles peuvent être influencées par les participants au projet<sup>12</sup>.

Il est important de tenir compte d'un éventuel « effet rebond »<sup>13</sup> du projet et de comptabiliser les émissions liées à cet effet. Ainsi, une augmentation de l'efficacité énergétique de la centrale peut se traduire par une augmentation de la production électrique. Il ne faut donc pas raisonner à production constante mais tenir compte de l'augmentation pour calculer les émissions.

### 2.1.3 Étape 3 : les fuites du projet

Les fuites sont définies comme la variation nette des émissions anthropiques de GES qui se produisent hors de la limite du projet, qui sont mesurables et directement attribuables à l'activité du projet MDP. Elles ne sont toutefois pas, en général, sous contrôle du développeur du projet. Elles doivent être identifiées lors de la conception du projet et évaluées, notamment

dans le plan de suivi du projet. Les fuites n'invalident pas le projet sauf si les émissions de GES représentent un pourcentage élevé des réductions d'émission potentielles du projet.

- Les causes de fuites sont de quatre ordres :
- report sur d'autres activités ;
  - approvisionnement à l'extérieur ;
  - effets de marché ou effets de « débouchés » (réduction d'émissions compensée par des émissions plus élevées ailleurs) ;
  - modification du profil des émissions durant le cycle de vie (du fait de changements de procédés).

Ainsi, le projet d'électrification d'une ligne ferroviaire où les locomotives fonctionnaient auparavant au diesel permet a priori de réduire les émissions de GES. Il faut toutefois vérifier que l'alimentation électrique par le mix électrique du pays ne modifie pas cette analyse. En effet, une production d'électricité par des centrales à taux d'émission de CO<sub>2</sub> élevé et/ou des pertes en ligne importantes pourraient diminuer l'efficacité climatique du projet. La prise en compte des fuites est importante dans cet exemple.

## 2.2 L'additionnalité du projet <sup>14</sup>

Il s'agit de montrer que le financement apporté par le MDP est nécessaire au projet et, ainsi, de prouver que le projet ne constitue pas un scénario de référence probable. Certains projets semblent avoir des effets positifs en termes d'émissions

de GES mais ils ne sont pas additionnels, car ils consistent en la simple application d'exigences réglementaires existantes. En revanche, ils seront additionnels<sup>15</sup> si le porteur du projet peut démontrer que ces réglementations ne

<sup>12</sup> Les émissions liées à la production, au transport et à la distribution des énergies primaires (pétrole, charbon, gaz naturel) ne seront pas habituellement incluses dans le périmètre du projet (mais elles interviennent dans les fuites). En revanche, la séquestration du CO<sub>2</sub> par les forêts dont est extrait le bois pour la production d'électricité à partir de biomasse, ou les émissions évitées par la génération d'électricité à partir de combustibles fossiles en cas d'amélioration de l'efficacité énergétique, font partie du périmètre du projet.

<sup>13</sup> Théorie de l'« effet rebond » : au lieu de diminuer la consommation de matières premières et d'énergie, un progrès technique ou une amélioration de productivité conduit au contraire à produire beaucoup plus, donc à consommer davantage.

<sup>14</sup> La question de l'additionnalité est détaillée dans un rapport séparé portant sur le même portefeuille de projets d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables et intitulé « Quel usage de la conditionnalité ».

<sup>15</sup> CCNUCC, Additionality tool (version 02-2006) : « If an alternative scenario does not comply with all applicable legislation and regulations, then show that, based on an examination of current practice in the country or region in which the law or regulation applies, those applicable legal or regulatory requirements are systematically not enforced and that non-compliance with those requirements is widespread in the country. If this cannot be shown, then eliminate the alternative from further consideration. »

**Encadré 3****Exemple de projet type MDP non additionnel visant à améliorer l'efficacité énergétique de réfrigérateurs au Brésil***(source : DE GOUVELLO et al., 2004)*

Il s'agit d'un projet hypothétique selon lequel le gouvernement brésilien accorderait des remises aux réfrigérateurs dont la consommation électrique est inférieure à celle du modèle standard (baseline). Les subventions seraient fonction des crédits d'émissions de GES anticipées. Un modèle de simulation de la demande permet d'estimer les résultats du projet sur l'équipement des ménages, en fonction de leurs revenus.

La méthode fixe le standard au niveau de la technologie socialement optimale. Les différentes technologies disponibles C0 à C5 intègrent, par ordre croissant de performances, des options d'économies d'énergie et sont donc également par ordre de prix croissant. Cinq catégories de ménages, notés H1 à H5, sont classées par ordre de revenus croissants.

Les simulations montrent que la baseline réelle est différente de la baseline théorique et que l'impact du projet est faible. Les ménages pauvres restent « bloqués » avec l'option C0 : les subventions électriques dont ils bénéficient s'ajoutent à leur taux d'actualisation très élevé pour rendre les options techniques économes en énergie peu attractives. De leur côté, les ménages aisés achètent des équipements sur-performants même sans l'incitation MDP, parce qu'ils payent une électricité fortement taxée. Les remises MDP constituent donc un effet d'aubaine pour ces ménages aisés. Ainsi, le projet ne réduit les émissions que de 5 % au lieu des 18 % théoriquement estimés et se traduit par un taux très élevé de passagers clandestins (80 %).

**TABLEAU 1. Choix des ménages avec et sans le programme MDP**

Classe	Sud-Est	Sud	Nord	Nord-Est	Entre-Ouest
HI	C0	C0	C0	C0	C0
HII	C0	C0	C0	C0	C0
HIII	C1 → C3	C1	C1	C1	C1
HIV	C5	C3 → C5	C1 → C3	C1 → C3	C3 → C5
HV	C5	C5	C5	C5	C5

Résultats de la simulation de la demande du projet MDP brésilien. Dans les cases où n'apparaît qu'une option technologique, le projet incitatif ne change pas l'équipement du ménage. Les cases contenant une option suivie d'une flèche et d'une autre option correspondent aux catégories qui répondent à l'incitation MDP par un changement technique, les choix sans et avec MDP étant représentés, respectivement, à gauche et à droite de la flèche.

Ce projet ne peut pas être additionnel au sens de la CCNUCC. Deux solutions permettent d'y remédier. La première consiste à supprimer préalablement les distorsions tarifaires de l'électricité – mais cette distorsion permet d'atténuer les inégalités sociales. La seconde consiste à définir deux catégories de subventions, une pour les ménages à bas et moyens revenus, l'autre pour les plus riches – mais le cloisonnement du marché est extrêmement complexe.

sont ni appliquées, ni contrôlées dans la zone géographique considérée<sup>16</sup>.

LA CCNUCC propose une méthode<sup>17</sup> précise pour identifier l'additionnalité des projets. Elle consiste en cinq étapes (dont une facultative) :

1. **identifier les projets alternatifs au projet soumis**. Ceux-ci doivent être réalistes et crédibles et proposer des services comparables et de même qualité que ceux proposés par le projet soumis au MDP. Ces projets doivent être compatibles avec la législation en vigueur et respectée dans le pays ;

2. **réaliser une analyse économique et financière de l'investissement** afin de montrer que le projet est moins rentable que les projets alternatifs sans l'apport du financement MDP. Cette analyse doit inclure une analyse de sensibilité aux variations des paramètres (tels que le coût de l'énergie) ;

ou 2bis. **analyser les barrières au projet proposé** mais qui n'empêchent pas le développement des projets alternatifs. Le financement MDP doit pouvoir lever ces barrières à l'investis-

sement (impossibilité d'obtenir un prêt) ou ces barrières technologiques (manque de main-d'œuvre qualifiée, risque élevé lié à une technologie peu connue) ;

3. **analyse des pratiques communes**, c'est-à-dire dans quelle mesure le type de projet proposé s'est déjà propagé au secteur et au pays concernés. Les autres projets bénéficiant d'un projet MDP ne doivent pas être inclus dans cette analyse ;

4. **déterminer les impacts du financement MDP sur le projet** et montrer comment le financement permet d'assurer la rentabilité économique et financière (étape 2) ou de lever les barrières au projet (étape 3).

Si les étapes 1, 2, 3, 4 ou 1, 2bis, 3, 4 sont vérifiées, le projet peut alors être considéré comme additionnel. L'additionnalité peut donc se révéler à travers deux approches : une approche purement financière permettant de relever la rentabilité du projet et une approche d'innovation, où les crédits carbone visent à lever des obstacles non liés à la rentabilité du projet (cf. encadré 3).

## 2.3 Le plan de suivi du projet

Dans beaucoup de projets, les réductions de CO<sub>2</sub> permises sont estimées à partir de modélisations et de prévisions. Il est nécessaire de vérifier tout au long du projet que les économies prévues ont été réalisées afin de pouvoir bénéficier des crédits carbone. Il faut pouvoir mesurer les émissions de GES spécifiques au projet, dans son périmètre, mais il faut également identifier les augmentations d'émissions directement imputables au projet hors de son périmètre. D'où l'intérêt du plan

de suivi. Celui-ci doit être conçu de manière à être aussi simple que possible, afin de réduire les futurs coûts de vérification.

Il revient aux participants au projet de collecter et de conserver les données permettant de s'assurer de la réalité des réductions d'émissions. Par ailleurs, les indicateurs à déterminer et le détail des procédures pour la collecte de ces données doivent être définis en amont du projet.

<sup>16</sup> Cette approche rejoint celle de l'AFD détaillée dans OTTAVY (2006) : « Dans ces pays d'intervention où l'État est souvent trop faible pour imposer le respect des méthodes qu'il édicte, un prêt bonifié est effectivement additionnel s'il est la seule manière de faire respecter les standards ».

<sup>17</sup> [http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/AdditionalityTools/Additionality\\_tool.pdf](http://cdm.unfccc.int/methodologies/PAMethodologies/AdditionalityTools/Additionality_tool.pdf)

## 2.4 Les méthodologies du MDP

L'élaboration d'une nouvelle méthodologie constitue un processus long et procédurier mais qui est le principal garant de la crédibilité du MDP. Le processus d'approbation d'une nouvelle méthodologie comprend 17 étapes et dure en moyenne plus d'un an. Les participants au projet ont toute latitude pour proposer de nouvelles méthodologies. Toute nouvelle méthodologie est soumise à une entité opérationnelle désignée (EOD) pour un premier examen. Si la revue EOD est satisfaisante, la méthodologie est soumise aux commentaires publics. Elle fait ensuite l'objet d'une analyse par deux experts indépendants. Les participants au projet apportent alors des clarifications et le panel de méthodologies des recommandations. La méthodologie peut alors être approuvée par le conseil exécutif. À ce jour, 62 méthodologies ont été approuvées<sup>19</sup>.

Cette procédure comporte plusieurs inconvénients, dont le fait qu'une méthodologie est supposée servir pour de nombreux projets alors qu'elle est souvent élaborée sur la base d'un seul (mais elle peut être élargie ensuite). Elle risque donc de conduire à des difficultés lors d'une utilisation ultérieure. Par ailleurs, les coûts de développement sont supportés par les participants au premier projet.

Des méthodologies distinctes sont appliquées aux projets à petite et à grande échelles ; elles diffèrent selon les secteurs.

Une même méthodologie peut toutefois couvrir plusieurs secteurs. Les méthodologies les plus utilisées pour les grands projets sont les suivantes :

- ACM0002 (31 %) : production d'électricité pour le réseau à partir d'une source renouvelable (voir encadré 3) ;
- ACM0006 (17 %) : production d'électricité pour le réseau à partir de résidus de biomasse ;
- ACM0004 (9 %) : gaz ou chaleur de rejet pour la génération d'électricité.

Les méthodologies les plus utilisées pour les petits projets sont les suivantes :

- AMS.I.D. (51 %) : production d'électricité pour le réseau à partir d'une source renouvelable ;
- AMS.III.D. (18 %) : capture du méthane des activités agricoles et agroindustrielles ;
- AMS.I.C. (8 %) : énergie thermique pour l'utilisateur ;
- AMS.II.D. (6 %) : efficacité énergétique et fuel Switch pour des installations industrielles.

L'application d'une méthodologie type MDP est une démarche très lourde et nécessite donc de faire appel à des consultants spécialisés. ■

<sup>19</sup> <http://cdm.unfccc.int/methodologies/index.html>

**Encadré 4****Résumé de la méthodologie ACM0002<sup>20</sup> des projets de production d'électricité à grande échelle pour le réseau à partir d'une source renouvelable**

Cette méthodologie s'applique aux projets de barrages hydroélectriques, aux éoliennes, aux sources géothermiques, aux sources solaires et aux sources marémotrices.

Dans ce cas, deux scénarios de référence peuvent être choisis afin d'estimer les économies d'émissions de GES, en fonction du type de projet :

- l'existant, ou les émissions historiques ;
- les émissions d'une technologie qui présente un taux de rentabilité économique intéressant, en tenant compte des barrières à l'investissement (sans aide du MDP).

Pour un projet qui ne remplace ou ne modernise pas une centrale électrique existante, l'électricité apportée au réseau par le nouveau projet aurait de toute manière été générée par toutes les centrales électriques actuellement connectées à ce réseau. Les émissions de CO<sub>2</sub> du scénario de référence correspondent donc aux émissions de CO<sub>2</sub> de l'ensemble du réseau électrique (à l'exclusion des centrales MDP préexistantes). Pour les déterminer, on multiplie la puissance électrique du projet par le facteur d'émission de l'électricité de réseau du pays (qui prend en compte le mix électrique de tous les modes de production)<sup>21</sup>.

Lorsque le projet remplace ou modernise une centrale électrique existante, le calcul du scénario de référence est plus complexe. On distingue deux périodes :

- la centrale continuera à produire de l'électricité pour le réseau, à la même puissance qu'elle le faisait auparavant. Le scénario de référence correspond donc à la moyenne de la puissance produite par la centrale chaque année depuis sa construction ou sa dernière modernisation. Un minimum de 5 années de données est requis pour les centrales hydroélectriques et de 3 ans pour les autres centrales. Lorsque ces données ne sont pas disponibles, il faut mettre en place une nouvelle méthodologie ;
- il arrive un moment où la centrale devra être remplacée ou modernisée, même en l'absence du projet MDP. Cette date est déterminée en fonction des pratiques communes de l'entreprise gérant les centrales, de ce secteur d'activité et du pays considéré. On suppose alors que la nouvelle centrale produira autant d'électricité que le projet MDP mais sans réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. Ce sera le scénario de référence de la seconde période.

Par ailleurs, l'additionnalité du projet doit être prouvée en reprenant la méthode décrite plus haut (section 2.2).

<sup>20</sup> [http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF\\_AM\\_9IQ5ITEEXPM1G94CR4SB51YVFGQ76A](http://cdm.unfccc.int/UserManagement/FileStorage/CDMWF_AM_9IQ5ITEEXPM1G94CR4SB51YVFGQ76A)

<sup>21</sup> Les facteurs d'émission de l'électricité de réseau de la majorité des pays sont référencés dans le tableur « Première analyse projets AFD.xls ».

### 3. Enseignements et recommandations

#### 3.1 Mesurer l'efficacité d'un projet climatique

##### 3.1.1 Bilan carbone absolu et relatif à un scénario de référence

Afin d'estimer l'impact climatique d'un projet, il est important de distinguer entre deux bilans : le bilan absolu et le bilan relatif. **Le bilan absolu** du projet en termes d'émissions de GES ne tient pas compte de ce qui se passerait en l'absence du projet. En calculant les tonnes de CO<sub>2</sub> émises lors des phases de

mise en place et de fonctionnement du projet, on estime l'impact climatique absolu du projet. La quasi-totalité des projets financés émet des GES dans l'atmosphère. Les plus vertueux ont un impact quasi nul. Seuls les projets de séquestration du carbone peuvent avoir des émissions inférieures à zéro. Ce bilan absolu n'est encore jamais réalisé pour les projets de l'AFD ou du FFEM. **Le bilan relatif** du projet s'effectue par rap-

**TABLEAU 2.** Représentation de l'ordre de grandeur des émissions absolues et des réductions d'émissions par rapport à un scénario de référence de quelques projets types

		Réduction des émissions par rapport un scénario de référence d'extrapolation des tendances actuelles			
		Négative	Faible	Moyenne	Forte
ÉMISSIONS ABSOLUES	Négative			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Séquestration</li> <li>• Boisement</li> <li>• Agro-écologie</li> </ul>	
	Faible	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Groupe scolaire</li> <li>• Établissement de santé</li> </ul>	Autre énergie renouvelable (éolien, photovoltaïque)		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réglementation énergétique</li> <li>• Plan de déplacement urbain</li> <li>• Captage/stockage de CO<sub>2</sub></li> <li>• Grand barrage</li> <li>• Centrale nucléaire</li> </ul>
	Moyenne	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extension de réseau d'eau potable</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projet de biocarburants</li> </ul>	
	Forte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aéroport</li> <li>• Route</li> <li>• Extension de réseaux électriques</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projet de transport en site propre urbain</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Centrale de cogénération</li> </ul>

port à une situation de référence, qui correspond à l'absence de ce projet. Même quand un projet a un bilan d'émissions de GES supérieur à zéro, il peut conduire à réduire les émissions de GES comparativement à ce qu'aurait été l'évolution du marché sans ce projet. Ainsi, une centrale de cogénération produit des émissions de CO<sub>2</sub> mais moins que la centrale au charbon qui aurait été installée de toute façon dans le pays. Les deux bilans sont complémentaires et ne sont pas utilisés dans les mêmes cas. Ils ne conduisent pas toujours aux mêmes conclusions. La méthodologie d'élaboration de ces deux types de bilans carbone est présentée dans la suite du texte.

Le bilan carbone *absolu* s'inscrit dans une problématique militante, communicante et innovante. Un critère de choix de projets basé sur ce bilan conduit à retenir des projets émettant peu d'émissions de GES. Il correspond à une logique environnementale visant à raisonner en stock et non plus seulement en flux. Le facteur majeur déterminant le réchauffement planétaire est bien la concentration totale de GES dans l'atmosphère et non les émissions annuelles. Les émissions passées étant déjà réalisées, nous ne pouvons agir que sur les émissions futures pour stabiliser la concentration des GES atmosphériques.

Le bilan carbone *relatif* correspond à une problématique d'impact par rapport à un scénario sans projet. Un critère de choix de projets basé sur ce bilan pousse des projets qui conduisent à des réductions d'émissions élevées. Ces projets peuvent par ailleurs être de forts émetteurs de GES, comme les projets de transport en site propre. Ce critère d'impact est actuellement utilisé par l'AFD et le FFEM pour les projets financés dans les pays émergents.

Il ne s'agit pas ici de choisir un critère plutôt qu'un autre mais de combiner les deux approches. Si le tableau précédent permet de comparer les émissions absolues et relatives de différents projets types financés par un bailleur de fonds comme l'AFD, le ratio suivant permet de concilier les deux approches et d'estimer la pertinence d'un projet dans la lutte contre le changement climatique.

Pour les projets permettant des réductions d'émissions de GES, l'intensité des réductions est en général corrélée aux émissions absolues générées. Il existe toutefois des projets extrêmement vertueux qui produisent peu d'émissions en absolu et permettent des réductions importantes. Ainsi, les projets institutionnels visant à établir des réglementations énergétiques, des labels ou une planification stratégique pour le pays sont des projets à effets de levier majeurs pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>. Ils sont peu coûteux et nécessitent souvent une aide sous la forme d'une subvention ou d'assistance technique. Ils sont donc à privilégier dans les pays émergents où le mandat de l'AFD est de réduire les émissions de GES.

$$\frac{\text{tonnes de CO}_2 \text{ évitées}}{\text{tonnes de CO}_2 \text{ absolument émises}}$$

Cela revient à calculer :

$$\frac{\text{EMref} - \text{EM projet}}{\text{EM projet}}$$

- où EMprojet = émissions absolues de GES générées par le projet
- et EMref = émissions absolues de GES générées par le scénario de référence

Rappelons par ailleurs que la lutte contre le changement climatique ne doit pas faire oublier l'atteinte des objectifs de lutte contre la pauvreté. Ainsi, tout projet d'électrification rurale par extension de réseau est mauvais du point de vue climatique bien que fortement désirable en termes de lutte contre la pauvreté. En règle générale, l'approche climatique de l'AFD doit être différenciée selon que le bénéficiaire est un pays à revenu intermédiaire (PRI) ou un pays moins avancé (PMA), comme indiqué dans le CIS « Climat ». Seuls les projets financés dans les pays émergents doivent chercher à réduire les émissions de GES. Dans les PMA au contraire, il est tout à fait acceptable de financer des projets moins vertueux du point de vue climatique s'ils tendent à réduire la pauvreté. Il faut toute-

fois vérifier que le projet n'accroît pas la vulnérabilité du pays au changement climatique en créant, par exemple, une dépendance plus forte envers des produits pétroliers importés.

### 3.1.2 Indicateur d'efficacité

À côté de l'indicateur « tonnes de CO<sub>2</sub> évitées », il serait intéressant de mettre en exergue – comme dans le cas du bilan carbone absolu – l'efficacité du projet, en ramenant les émissions à un montant financier. Le bailleur contribue à une part des réductions des émissions du projet, qui correspond à la part du financement apporté. L'indicateur d'efficacité à utiliser est le suivant :

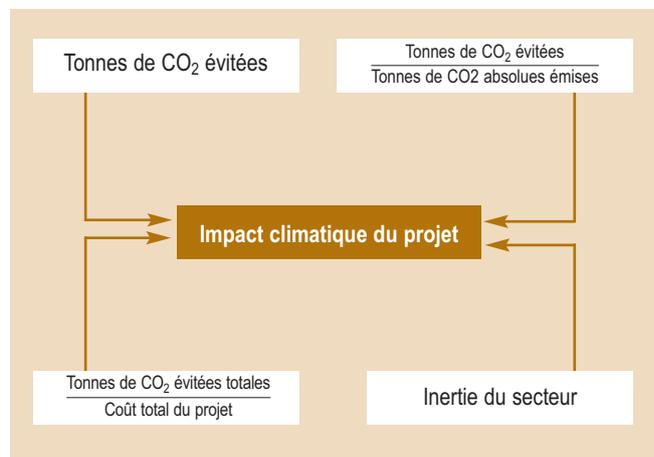
$$\frac{\text{tonnes de CO}_2 \text{ utilisées totales}}{\text{coût total du projet}}$$

Cet indicateur ne tient toutefois pas compte du problème de l'actualisation des tonnes de CO<sub>2</sub> émises dans le futur. Il constitue un outil d'aide à la décision à côté des indicateurs « émissions totales par euro de prêt ou de don » et « réductions d'émissions par tonne de CO<sub>2</sub> émise ».

### 3.1.3 Inertie des émissions de GES

Un élément majeur de l'efficacité climatique provient également de l'inertie du secteur. Cette inertie est très importante pour les projets de transport, d'habitat ou de planification urbaine où des investissements non réalisés aujourd'hui rendront la réduction des émissions beaucoup plus coûteuse demain (voir encadré ci-dessous). La durée de vie escomptée d'un investissement donne une idée de son inertie.

### 3.1.4 Bilan pour l'aide à la décision



**GRAPHIQUE 2.** Facteurs à prendre en compte pour déterminer la pertinence du projet du point de vue climatique.

#### Encadré 5

**La difficile estimation des réductions de GES sur les projets de transport où il existe un fort effet rebond sur la demande finale de service**

source : DE GOUVELLO et al., 2004

À l'échelle du système de transport urbain d'une ville, dès lors que l'on agit sur l'un des maillons du système (installation d'un transport urbain collectif, modification des prix relatifs des différents modes de transport...), on doit prendre en compte les rétroactions sur les autres maillons et sur les niveaux absolus de la demande finale.

Pour être éligible au MDP, un projet doit pouvoir modéliser les réductions de GES anticipées et, pour cela, modéliser le transfert modal entraîné par le projet et donc la demande et les spécificités la dirigeant. Or, la répartition modale observée dans une ville, et donc les émissions de GES qui en découlent, sont autant la résultante du choix en matière de politique des transports (tarification, contrôle...) que du développement des infrastructures, de la planification urbaine (emplacement des centres commerciaux ou des nouveaux quartiers résidentiels) ou encore des politiques en matière de logements sociaux.

Les coûts de transaction nécessaires à l'élaboration du scénario de référence (enquêtes transports, niveau d'émissions de chacun des modes) seront forcément importants et ne permettront pas de s'abstraire d'une forte incertitude sur la trajectoire de référence.

Le risque est ainsi d'exclure les projets des secteurs à sources d'émissions diffuses (habitat, transport) pour lesquels il est impossible d'opérer des mesures précises pour chacune des sources. Pourtant, ces projets ont un potentiel de réduction important à long terme. Par ailleurs, cette logique consiste à négliger les irréversibilités inhérentes au secteur des transports, où l'effet d'inertie est plus élevé qu'ailleurs.

En effet, un investissement de transport (route, transport en site propre) ou un plan de planification urbaine sont mis en place pour une durée de 30-50 ans et peuvent avoir des conséquences quasi irréversibles (implantation des logements ou des industries). Si ces investissements sont mal ou pas faits aujourd'hui, il sera plus coûteux de réduire les émissions du secteur des transports demain. Une tonne non émise dans le secteur des transports ou de l'habitat a donc une valeur plus importante que les réductions d'émissions dans d'autres secteurs plus flexibles.

On doit donc imaginer pouvoir accepter un certain risque environnemental sur la mesure, si l'on considère que les gains en carbone sont nettement supérieurs au niveau d'incertitude.

## 3.2 Élaboration d'un bilan carbone absolu

La méthodologie est en cours de développement par le département TEN/ERN. Une première étude commanditée par la division à J.-M. JANCOVICI a été remise début 2007. La méthodologie est détaillée dans le rapport « Prise en compte de la contrainte carbone dans les projets ». La procédure recommandée tient en trois étapes.

### 3.2.1 Étape 1 : estimation grossière des émissions de GES et émissions par euro investi

Dans un premier temps, il s'agit d'estimer les tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> émises par le projet en utilisant le tableur développé par TEN/ERN. Ce fichier inclut une base de données de facteurs d'émission très importante (y compris, pour les émissions du réseau électrique, pays par pays). Ce calcul est donc désormais faisable de manière assez simple et permet d'avoir un ordre de grandeur des émissions. Le manuel d'utilisation du tableur est extrêmement détaillé.

### 3.2.2 Étape 2 : estimation de la vulnérabilité des projets face au changement climatique et à la contrainte énergétique

Cet outil se présente sous la forme d'un guide – également développé spécifiquement pour l'AFD – permettant de faire le tour des points de vulnérabilité d'un projet si le climat change ou si l'approvisionnement énergétique devient contraint. On peut ainsi s'interroger sur le devenir d'un projet de barrage si la pluviométrie du bassin-versant est amenée à diminuer en cas de réchauffement climatique. Il s'agit ici d'une approche essentiellement quantitative.

### 3.2.3 Étape 3 : bilan carbone complet

Il est possible d'approfondir le calcul effectué dans l'étape 1 à l'aide d'un second tableur<sup>22</sup>. Les données nécessaires à l'établissement de ce bilan complet pourront être intégrées dans le cahier des charges de l'étude de faisabilité. Le bilan carbone complet pourra alors être intégré à la note de présentation de projet (NPP) Le modèle est en cours de vérification par des chefs de projet de l'AFD et sera disponible d'ici fin 2007.

<sup>22</sup> Ce tableur fait l'objet d'un manuel séparé.

### 3.3 Élaboration d'un bilan carbone relatif

Il semble souhaitable de distinguer entre deux cas : le projet est, ou non, éligible à un financement MDP. Le cas des lignes de crédit environnementales sera considéré à part (section 3.3.3).

#### 3.3.1 Projet éligible à un financement MDP

Dans ce cas, il est souhaitable de calculer les économies d'émissions de GES à partir de la méthodologie MDP adaptée au type du projet. Cette démarche complexe nécessite de faire appel à des consultants externes. Si l'étude est disponible au moment de la décision de financement, il faut fournir les estimations de réduction de GES. En revanche, si l'étude n'est pas encore disponible, il est préférable d'attendre pour chiffrer les réductions de GES plutôt que de donner une estimation nécessairement sommaire qui pourrait se révéler en décalage avec les résultats de l'étude MDP.

#### 3.3.2 Projet non éligible à un financement MDP

L'estimation des économies d'émissions de GES sert ici à l'évaluation des projets. Comme il s'agit d'un indicateur, l'on doit pouvoir se contenter d'une approche comparative simple, rapide et donnant un bon ordre de grandeur des réductions d'émission<sup>23</sup>.

##### ● Étape 1 : choix du scénario de référence

Le scénario de référence le plus facile à appréhender est la situation présente sans projet. Pour une nouvelle centrale électrique par exemple, nous prendrons comme référence les émissions de CO<sub>2</sub> du réseau électrique actuel (auquel cette centrale sera connectée) provenant de l'ensemble des

<sup>23</sup> Cette approche est d'autant plus justifiée qu'il n'y a pas de valorisation financière des tonnes de CO<sub>2</sub> évitées, à la différence du processus MDP.

sources de production électriques, quelles qu'elles soient (« mix électrique » du réseau).

Pour un projet d'efficacité énergétique remplaçant un combustible par un autre moins polluant, le scénario de référence est la production d'énergie avec le combustible actuel. On comparera alors le facteur d'émission des deux combustibles.

Pour un projet de mise en place d'un transport en site propre, le scénario de référence sera la flotte de transport actuelle, avec le même taux de croissance annuelle du trafic qu'estimé dans le projet.

##### ● Étape 2 : calcul des économies d'émission de GES

Le calcul du bilan relatif peut être réalisé à l'aide du tableur mis en place pour le calcul des émissions absolues, à condition d'avoir préalablement défini le scénario de référence, puisque toutes les données de facteurs d'émission sont disponibles dans ce tableur.

Les émissions nettes générées par un projet sont calculées en soustrayant du niveau de référence toutes les émissions du projet, auquel il convient d'ajouter les fuites<sup>24</sup>. Les calculs doivent être effectués sur toute la durée du projet.

En utilisant la méthode décrite dans le manuel du tableur, on effectue un bilan carbone absolu du scénario de référence puis du scénario du projet. La différence d'émission de tonnes de CO<sub>2</sub> entre les deux scénarios donne les réductions d'émissions induites par le projet. Cette méthode nécessite d'estimer tous les paramètres des deux scénarios. Très complète, elle est adaptée à tous les types de projets. Il n'est toutefois pas nécessaire de prendre en compte les émissions qui ne changent pas d'un scénario à l'autre : pour la construction d'une centrale au gaz naturel à la place d'une centrale au charbon, les émissions liées à la construction de la centrale sont les mêmes en première estimation. Si l'on considère le remplace-

<sup>24</sup> Le tableur permet de prendre en compte les fuites du projet, puisqu'il calcule les émissions générées en tenant compte – ou non – de la phase de production et du transport des combustibles en amont. On aura donc un calcul « avec amont » et un calcul « sans amont ».

ment d'une centrale au charbon produisant 200 MWh d'électricité par une centrale au gaz naturel produisant la même quantité d'électricité, on obtient alors – hors de tout effet rebond sur la production électrique – une économie de 27 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>.

Le FFEM ayant une expérience plus ancienne que l'AFD dans l'établissement de bilans carbone relatifs, il peut être intéressant de s'inspirer de ses méthodes pour des projets similaires. La liste des projets FFEM du portefeuille « efficacité énergétique » est disponible en Annexe 2, avec une indication de la méthode utilisée pour calculer les réductions d'émission de GES.

● Étape 3 : estimation des paramètres essentiels pour le suivi *ex post*

La définition d'un indicateur agrégeable ne suffit pas pour l'évaluation *ex post*. Une estimation des réductions d'émissions de GES permise par le projet est fournie lors de la décision d'octroi du projet.

Pour vérifier l'atteinte des objectifs initiaux, le calcul de l'indicateur doit être possible après la réalisation effective du projet. Dans ce but, les principaux paramètres du calcul doivent être explicités par l'AFD, afin que ceux-ci soient conservés et suivis par le promoteur du projet. L'évaluateur peut alors reprendre ces paramètres pour réaliser un bilan carbone a posteriori.

L'établissement d'un bilan carbone relatif n'a rien d'une science exacte puisque l'on extrapole des tendances passées dans le futur, notamment lors de la définition d'un scénario de référence. L'estimation des réductions d'émissions nécessite en effet des prévisions de consommation énergétique, de croissance économique ou de demande en transport. Les estimations peuvent fortement varier en fonction de ces paramètres ainsi que du scénario de référence choisi. De ce fait, on ne peut se contenter de fournir l'indicateur « réduction d'émissions envisagées » sans donner les hypothèses de calcul du modèle (voir encadré 6).

**Encadré 6**

**Projet Proparco en Thaïlande : « Impress Technology Co LTD » (février 2007)**

Ce projet consiste en la construction et l'exploitation d'une usine de production d'éthanol en Thaïlande, d'une capacité de 200 000 L/jour. Le concours sollicité est un prêt subordonné en monnaie locale (THB) d'un montant maximum équivalent à 8 M€. Le coût total du projet s'élève à environ 42,9 M€.

L'éthanol sera produit à partir de cossettes de manioc séchées et destiné en priorité au marché domestique pour la production de biocarburant par les compagnies pétrolières thaïlandaises. Le projet s'inscrit dans le cadre de la politique de promotion des biocarburants mise en œuvre par le gouvernement thaïlandais à travers un cadre réglementaire favorable.

Les émissions de CO<sub>2</sub> liées au projet correspondent à ces différents postes :

- émission des intrants à la fabrication : 8 279 t eq CO<sub>2</sub> ;
- émissions liées à la volatilisation de l'azote sous forme de N<sub>2</sub>O après épandage : 25 908 t eq CO<sub>2</sub>. Le facteur de volatilisation de l'azote utilisé ici est de 7 % ; il est adapté à une fertilisation de haute technicité réalisée dans des pays à climat tropical. Le facteur peut être beaucoup plus élevé en cas de fertilisation non optimisée ;
- émissions liées au transport routier par camions : 1 367 t eq CO<sub>2</sub> ;
- émissions liées à l'électricité consommée par l'usine de transformation en incluant les pertes en ligne sur le réseau électrique du pays : 407 t eq CO<sub>2</sub> ;

- émissions liées à la production de vapeur dans l'usine : 18 500 t eq CO<sub>2</sub>. Ces émissions dépendent du type de combustible utilisé (mélange de fioul lourd et de biogaz). Les émissions de CO<sub>2</sub> produites par la combustion du biogaz (déchets de la biomasse qui sert à produire l'éthanol) ne sont pas prises en compte car elles correspondent à la quantité de carbone assimilée par la plante lors de la photosynthèse.

De même, les émissions de CO<sub>2</sub> générées par la combustion du bioéthanol sont considérées comme totalement équivalentes à la quantité de carbone absorbée par les plantes de manioc lors de leur croissance.

Les deux principaux postes d'émissions du projet sont liés à la production de vapeur et à l'utilisation d'intrants. Les émissions totales du projet sont de 56 000 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> par an.

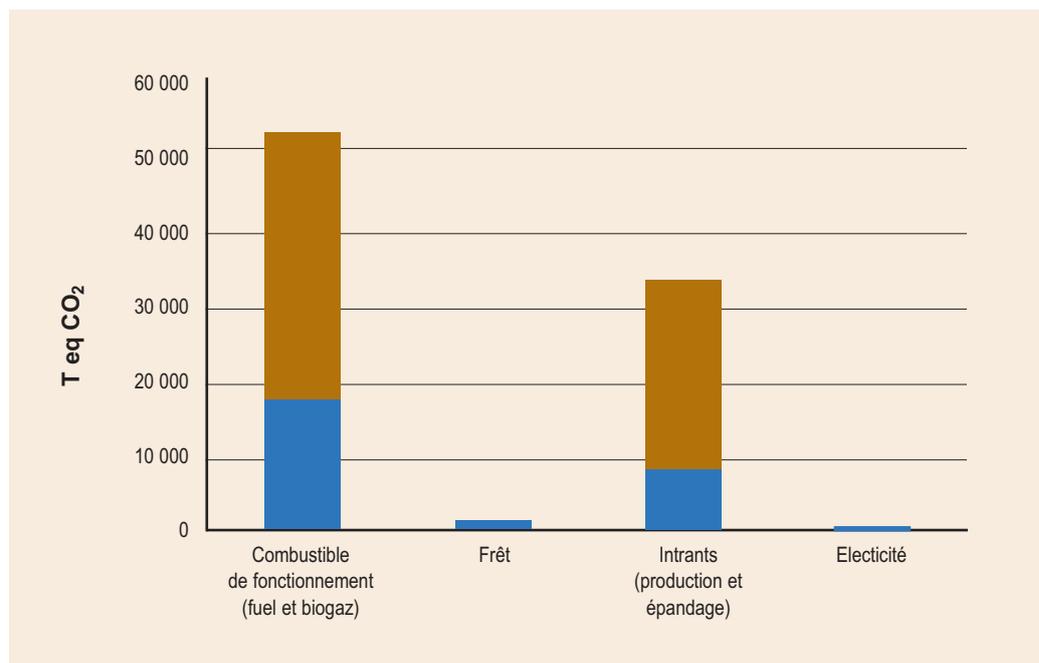
Le scénario de référence choisi est la combustion de carburants fossiles à la place du bioéthanol. Les 69 000 m<sup>3</sup> d'éthanol produits permettent l'économie de 45 800 m<sup>3</sup> d'essence, car le pouvoir calorifique de l'éthanol est inférieur à celui de l'essence (1 L d'éthanol produit la même énergie que 0,66 L d'essence). Les émissions de CO<sub>2</sub> liées au scénario de référence correspondent aux émissions de combustion de l'essence avec émission dans l'atmosphère, soit des émissions de 130 000 t eq CO<sub>2</sub>.

Pour calculer les réductions d'émissions permises par le projet, on soustrait aux émissions du scénario de référence les émissions du projet, ce qui aboutit à des réductions de 75 000 t eq CO<sub>2</sub>.

On aboutit à un ratio émissions évitées sur émissions produites de 1,33. Ainsi, pour 1 tonne d'équivalent CO<sub>2</sub> produite par le projet, le projet permet d'éviter l'émission de 1,33 t eq CO<sub>2</sub>. Les autres ratios d'efficacité du projet sont de 1,75 kg eq CO<sub>2</sub> évité par euro investi et de 1,3 kg eq CO<sub>2</sub> produit par euro investi.

Afin de permettre l'évaluation *ex post* du projet, les paramètres majeurs à conserver sont donc le poids d'engrais utilisé, le mode de fertilisation (afin d'en déduire le facteur de volatilisation) et la quantité et le type de combustible utilisé pour produire de la vapeur.

**Graphique 3.**  
Émissions de CO<sub>2</sub>  
du projet (total de  
90 000 t eq CO<sub>2</sub>/an)



### 3.3.3 Lignes de crédit environnementales

Les lignes de crédit sont accordées à des banques locales qui vont elles-mêmes financer des petits projets d'économie d'énergie ou de développement des énergies renouvelables. Au moment de la décision de financement, les projets ne sont pas connus avec précision. Il n'est pas possible de chiffrer les réductions d'émissions de GES qui seront permises par la ligne de crédit. Il est toutefois important de mettre en place une méthodologie d'évaluation des projets sous cet angle, avec la banque locale, comme cela a été fait en partie pour la ligne de crédit tunisienne (section 1.2.1).

Il faut préciser que l'indicateur « réductions d'émissions de GES » doit être calculé *ex ante* pour tous les projets et que la

méthode de calcul et les scénarios de référence à utiliser doivent être détaillés. Comme pour les projets classiques, les principaux paramètres du calcul doivent être explicités par l'AFD afin qu'ils soient conservés par l'industriel pendant la durée du projet pour permettre une évaluation rétrospective de la ligne de crédit. Cette conservation des paramètres pour pouvoir calculer les indicateurs est indispensable quand il existe une rémunération de l'efficacité du projet (comme dans le cas de la ligne de crédit égyptienne accordée à la National Bank of Egypt en juin 2006). En effet, si au départ les prêts sont aux conditions du marché, une subvention de 20 % est accordée au client final en cas de réussite du projet<sup>25</sup>.

■

<sup>25</sup> Pourvu que l'Agence égyptienne de l'environnement (EEAA) atteste l'atteinte des objectifs environnementaux fixés, l'entreprise bénéficiaire ne remboursera que 80 % du capital emprunté.

## Conclusions

L'AFD ayant pour mandat de contribuer à la réduction des émissions de GES dans les pays émergents, l'estimation de la mesure d'impact climatique de tel ou tel projet financé dans ces pays est primordiale. Le CIS « Climat » 2006-08 et le CIS « Énergie » en cours d'élaboration montrent la nécessité de cette mesure pour tous les projets quel que soit le secteur concerné. Cette mesure de l'impact se traduit par le référencement des indicateurs énergétiques et environnementaux de tous les projets.

Le développement d'une application simple pour réaliser un bilan carbone absolu et son utilisation potentielle dans le cycle d'adoption des projets à l'AFD constitue une approche innovante permettant une meilleure quantification de l'émission absolue des GES. Mais ce travail considérable offre aussi la possibilité de valoriser sous forme d'estimation différentielle les tonnes de CO<sub>2</sub> évitées par le projet par rapport à un scénario de référence. En effet, les applications tableur mises au

point pour le bilan carbone absolu peuvent être utilisées pour réaliser le bilan carbone relatif, même si elles ne sont pas spécifiquement prévues pour cet usage. Cette valorisation passe par la définition de quelques règles méthodologiques pour les projets de l'AFD, afin d'homogénéiser le choix du scénario de référence.

Ni le calcul des émissions absolues ni le calcul des émissions évitées d'un projet ne permettent toutefois, à eux seuls, d'estimer l'efficacité climatique d'un projet. Il faut ramener les réductions d'émissions au montant investi et comparer la quantité d'émissions produites par le projet pour empêcher l'émission d'une tonne de CO<sub>2</sub>. Enfin, la forte inertie de domaines tels que le transport et l'habitat poussent à accentuer le financement de projets d'efficacité énergétique dans ce domaine. Agir sur la réglementation est souvent une méthode plus efficace et moins coûteuse.

■

## **ANNEXES**



## Bibliographie

- AFD (2006), Cadre d'intervention stratégique « *Climat* » 2006-08 – *Rapport annuel de suivi*, Agence Française de Développement, Paris.
- AFD (2005), Cadre d'intervention stratégique « *Climat* » 2006-08, Agence Française de Développement, Paris.
- CCNUCC (2006) *Annex 9 : Methodological tool – Combined tool to identify the baseline scenario and demonstrate additionality*, *Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques*, New York.  
[http://cdm.unfccc.int/EB/027/eb27\\_repan09.pdf](http://cdm.unfccc.int/EB/027/eb27_repan09.pdf)
- DE GOUVELLO et al. (2004), *Conditions de l'additionnalité développementale du MDP et rôle de l'aide publique au développement*, CIRED, Paris, avril. [www.centre-cired.fr/forum/IMG/pdf/RapFinMDP.pdf](http://www.centre-cired.fr/forum/IMG/pdf/RapFinMDP.pdf)
- GELLER, H. et S. ATTALI (2005), *The experience with energy efficiency policies and programmes in IEA countries – Learning from the Critics*, Agence internationale de l'énergie, Paris, août.
- GUERIN, F. (2006), *Émission de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) par une retenue de barrage hydroélectrique en zone tropicale (Petit-Saut, Guyane française) : expérimentation et modélisation*, thèse de doctorat soutenue à l'université Paul Sabatier (Toulouse III), disponible sur <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/07/99/47/PDF/ms.pdf>
- JANCOVICI, J.-M. (2007) *Première analyse projets AFD.xls, dérivé du Bilan Carbone® de l'ADEME, associé au Manuel d'utilisation du tableur Première analyse projets AFD.xls* et au Guide méthodologique *Prise en compte de la contrainte carbone dans les projets*.
- LOISEAU, B. (2006), *Les méthodologies MDP*, présentation pour l'AFD, Agence Française de Développement Paris, 12 octobre.
- MIES/DREE/FFEM (2004a), *Guide des mécanismes de projet prévus par le protocole de Kyoto – tome A : Présentation générale des mécanismes de projet*, 2<sup>e</sup> édition, Mission interministérielle de l'effet de serre, direction des Relations économiques extérieures et Fonds français pour l'environnement mondial, Paris.
- MIES/DREE/FFEM (2004b), *Guide des mécanismes de projet prévus par le protocole de Kyoto – tome B : Le mécanisme pour un développement propre (MDP)*, 2<sup>e</sup> édition, Mission interministérielle de l'effet de serre, direction des Relations économiques extérieures et Fonds français pour l'environnement mondial, Paris.
- MIES/DREE/FFEM (2004c), *Guide des mécanismes de projet prévus par le protocole de Kyoto – tome C : Les mécanismes de mise en œuvre conjointe (MOC)*, Mission interministérielle de l'effet de serre, direction des Relations économiques extérieures et Fonds français pour l'environnement mondial, Paris.
- OTTAVY F. (2006), « *Prêts bonifiés au secteur privé : les bonnes pratiques* », Repères juridiques et financiers, n° 14, Agence Française de Développement, Paris, novembre.

### Méthodologies de mesure des économies d'énergie mises en place par différentes organisations (revue de l'Agence internationale de l'énergie)

#### Méthodologies générales

---

Violette, D.-M. 1995. *Evaluation, Verification, and Performance Measurement of Energy Efficiency Programs*. International Energy Agency, Paris. <http://dsm.iea.org/NewDSM/Prog/Library/upload/139/Evaluation-violette.doc>

SRCI. 2001. *A European ex post evaluation guidebook for DSM and Energy Efficiency Service Programmes*. Copenhagen, Denmark : SRC International A/S.

IPMVP. 2003. *International Performance Measurement and Verification Protocol*. [www.ipmvp.org](http://www.ipmvp.org)

Quantum Consulting. 2004. *National Energy Efficiency Best Practices Study*. Volume S-Crosscutting Best Practices and Project Summary. Berkeley, CA : Quantum Consulting Inc.

California Measurement Advisory Council (CALMAC) [www.calmac.org](http://www.calmac.org)

Lees, E. 2005. Summary of a workshop on Bottom-up Measurement and Verification of Energy Efficiency Improvements : National and Regional Examples. Brussels, 3 March 2005  
[www.eceee.org/library\\_links/downloads/ESD/ESDWorkshop.Sum.3Mar05.V3.pdf](http://www.eceee.org/library_links/downloads/ESD/ESDWorkshop.Sum.3Mar05.V3.pdf)

Thomas, S. 2005b. "The Quantitative Targets for Energy Savings Proposed by the Draft Directive on Energy End-Use Efficiency and Energy Services – how to Define, how to Monitor Them." Presentation at a workshop on Bottom-up Measurement and Verification of Energy Efficiency Improvements : National and Regional Examples. Brussels, 3 March 2005.  
[www.eceee.org/library\\_links/downloads/ESD/Bottom-up.3March05.Thomas.pdf](http://www.eceee.org/library_links/downloads/ESD/Bottom-up.3March05.Thomas.pdf).

#### Exemples de programmes d'évaluation de l'efficacité énergétique

---

##### Programme d'assistance technique au Canada

Westfall, L.-A., M. Nanduri and G. Taylor. 2003. "Estimating the Impacts of Voluntary Programs : Results from a Recent Study on the Canadian Industry Program for Energy Conservation." Proceedings of the 2003 ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Industry. Washington, DC : American Council for an Energy-Efficient Economy. pp. 6.253-260.

#### Amélioration de l'efficacité énergétique industrielle aux Pays-Bas

Van Luyt, P. 2001. "LTA's and the recent Covenant Benchmarking Energy Efficiency Agreements in the Netherlands." Presentation at the IEA Workshop on Government-Industry Cooperation to Improve Energy Efficiency and the Environment through Voluntary Action. Washington, DC, Feb. 22. [www.iea.org/workshop/gov/govpvlf.pdf](http://www.iea.org/workshop/gov/govpvlf.pdf).

Rietbergen, M., J. Farla and K. Blok. 1998. "Quantitative Evaluation of Voluntary Agreements on Energy Efficiency." In Industrial Energy Efficiency Policies : Understanding Success and Failure. Edited by N. Martin, E. Worrell, A. Sandoval, J.W. Bode and D. Philipsen. LBNL-42368. Berkeley, CA : Lawrence Berkeley National Laboratory.

#### Programmes d'efficacité énergétique dans les logements en Grande-Bretagne

Shorrocks, L.-D. 1999. "An analysis of the effect of Government grants on the uptake of home insulation measures." Energy Policy 27(3) : 155-171.

### Mesure des tonnes de CO<sub>2</sub> évitées sur le portefeuille « Efficacité énergétique et développement des énergies renouvelables » du FFEM entre 2004 et 2006

Date d'octroi	Identité du projet	Libellé du projet	Pays
2004	CVN1091	Projet de transports collectifs intégrés et durables du grand Hanoï	VIETNAM
2004	CAF1000	Diffusion des bonnes pratiques d'efficacité énergétique / secteur construction des bâtiments publics	AFGHANISTAN
2004	CMA109	Appui au pilotage et à la consolidation des PPP par ONE sur volet électrification rurale décentralisée	MAROC
2005	CZZ1296	Programme incubateur de projets MDP (Africa-Assist)	AFRIQUE
2006	CMG1206	Diversification des sources d'énergie. Programme de promotion de petits fourneaux à gaz économes	MADAGASCAR
2006	CZZ1309	MDP dans le secteur forestier : élaboration de projets éligibles	AFRIQUE
2006	CCN1008	Programme d'appui au montage de projets MDP dans quatre provinces de l'ouest de la Chine	CHINE
2006	CMA1095	Appui à la mise en place d'une station d'épuration à Fès avec valorisation énergétique du biogaz	MAROC
2006	CMX1002	Appui institutionnel et appliqué à la politique climat du Mexique	MEXIQUE
2006	CBJ1135	Projet d'appui au passage au quatre-temps des « Zémidjans » de Cotonou	BÉNIN

Abréviation : T d'eq CO<sub>2</sub> éco = tonne d'équivalent CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone) économisée.

Engagements nets (en M€)	Secteur	MDP	T d'eq CO <sub>2</sub> éco/an	Mode de calcul des tonnes de CO <sub>2</sub> évitées
2	Transports et déplacements	non	1 200 000	Estimation sommaire (peu de données disponibles)
1,35	Aménagement urbain et habitat	non	<ul style="list-style-type: none"> <li>• projet strict : 118 000</li> <li>• projet élargi : 310 000</li> </ul>	Analyse simple
0,50	Distribution électrique	non	30 000	Analyse simple, calculs non explicités
2	Renforcement des capacités locales et appuis	oui	non	Ne s'y prête pas
1,25	Combustibles	non	558 000	Analyse poussée, calculs explicités
2,30	Agriculture et forêts / Renforcement des capacités locales	oui	non	Ne s'y prête pas
0,75	Renforcement des capacités locales et appuis	oui	400 000	Estimation sommaire (moyenne des autres projets MDP) pour 4 projets montés
0,90	Aménagement urbain et habitat / Combustibles	oui	223 200	Par rapport à une technique classique de lagunage ; étude par bureau d'étude détaillée et calculs explicités
0,29	Renforcement des capacités locales et appuis	oui en partie	entre 10 000 et 30 000	Pas détaillé (mais ne s'y prête pas car pas un projet)
1	Transports et déplacements	non	<ul style="list-style-type: none"> <li>projet strict : 15 000</li> <li>scénario élargi : 100 000</li> </ul>	Analyse simple, calculs explicités

**Mesure des tonnes de CO<sub>2</sub> évitées sur le portefeuille « Efficacité énergétique et développement des énergies renouvelables » de l'AFD entre 2004 et 2006**

Date d'octroi	Identité du projet	Libellé du projet	Pays
2004	CKE3000	Amélioration de la gestion des déchets solides de Mombasa et Nakuru	KENYA
2004	CZA3009	Projet MDP de la municipalité de Durban	AFRIQUE DU SUD
2004	CDZ3005	Développement des services ferroviaires voyageurs de la banlieue d'Alger	ALGÉRIE
2005	CBJ3002	Projet d'appui à l'agglomération de Cotonou	BÉNIN
2005	CCN3002	Petite hydroélectricité à Wuxi	CHINE
2005	CCN3004	Cogénération au gaz et distribution de chaleur à Hankou (Wuhan-province du Hubei)	CHINE
2005	CTH3003	Ligne de refinancement et garantie efficacité énergétique TMB Bank	THAÏLANDE
2005	CTN601	Financement partiel du programme de développement du réseau du métro léger de Tunis	TUNISIE
2005	CCN3006	Électrification de la voie ferrée Luoyang – Zhangjiajie	CHINE
2006	CMA6033	Financement partiel de la deuxième phase du PERG 4	MAROC
2006	CTR6000	Ligne de crédit environnementale à TSKB	TURQUIE
2006	CTN6010	Ligne de crédit environnementale interbancaire et non souveraine	TUNISIE
2006	CEG3001	Ligne de crédit interbancaire non souveraine pour l'environnement	ÉGYPTE
2006	CCN3011	Programme bancaire pour l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables	CHINE
2006	CCN3013	Projet de gaz naturel véhicule pour les bus et les taxis de Changsha	CHINE

**Abréviation :** T d'eq CO<sub>2</sub> : tonne d'équivalent CO<sub>2</sub> (dioxyde de carbone) économisée.

NPC : Note de présentation au conseil.

Engagements nets (en M€)	Secteur	MDP	T d'eq CO <sub>2</sub> éco/an	Mode de calcul des tonnes de CO <sub>2</sub> évitées
17	Procédés industriels de conversion en énergie de la biomasse	oui peut-être (avec l'aide du FFEM)	52 000	Calcul non présent dans la NPC – Indicateur du volume d'émanation de méthane traité mais pas des tonnes de CO <sub>2</sub> économisées par an
6	Procédés industriels de conversion en énergie de la biomasse	oui	340 000	Méthodologie MDP approuvée
80	Transports et déplacements	non	Transports et déplacements	Estimation sommaire ; indicateur des tonnes de CO <sub>2</sub> économisées par an prévu
11	Aménagement urbain et habitat	non	55 000	Calcul réalisé par le projet FFEM associé
32	Centrales sobres réparties sur le réseau électrique	oui peut-être	250 000	Estimation sommaire ; indicateur des tonnes de CO <sub>2</sub> économisées par an prévu
40	Combustibles	non	500 000	Estimation sommaire ; indicateur des tonnes de CO <sub>2</sub> économisées par an prévu
40	Multi-secteurs	non	non	Pas <i>ex ante</i> ; indicateurs à prévoir
40	Transports et déplacements	non	non	Indicateur 38 (réduction des émissions de GES) prévu
80	Transports et déplacements	non	400 000	Estimation approfondie hors de la NPC ; indicateur des tonnes de CO <sub>2</sub> économisées par an prévu
45	Distribution électrique	oui peut-être	non	Indicateur non prévu. En collaboration avec FFEM
50	Multi-secteurs	non	non	Indicateur 38 (réduction des émissions de GES) prévu
40	Multi-secteurs	non	non	Indicateur 38 (réduction des émissions de GES) prévu
40	Multi-secteurs	non	non	Pas d'indicateur précisé à ce stade
60	Multi-secteurs	non	860 000	Estimation sommaire ; indicateur des tonnes de CO <sub>2</sub> économisées prévu
25	Transports et déplacements	non	20 000	Estimation sommaire ; indicateur des tonnes de CO <sub>2</sub> économisées par an prévu