



C A H I E R S T E C H N I Q U E S

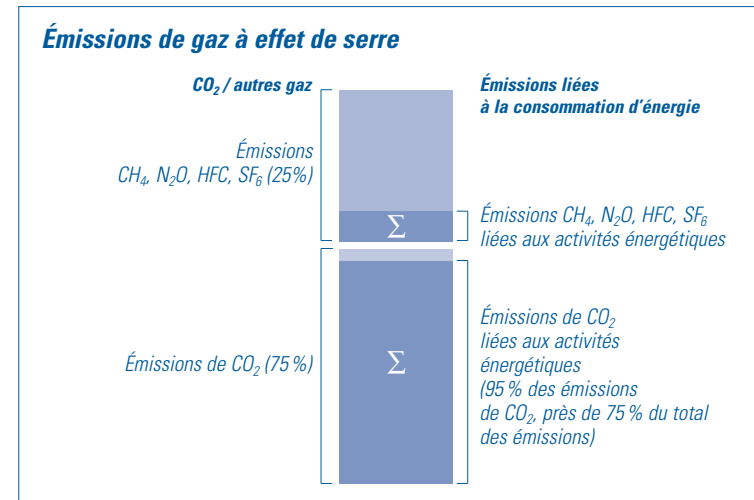
2



BILAN RÉGIONAL DES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE LIÉES À L'ÉNERGIE



Les modes de production et d'utilisation de l'énergie sont responsables pour près de 70 % des émissions de gaz à effet de serre (GES). Parmi ces gaz, le CO₂ est largement majoritaire : en effet, 95 % des émissions de CO₂ sont liées à des activités énergétiques.



La lutte contre le changement climatique est un objectif clairement affiché par le gouvernement ⁽¹⁾; la réalisation d'un bilan régional des émissions de GES s'inscrit dans ce cadre.

Ce cahier technique a pour objectif de permettre aux régions de réaliser un bilan des émissions de gaz à effet de serre liées aux consommations d'énergie. Les difficultés sur les choix méthodologiques qui se posent lors de l'élaboration de tels bilans seront également présentées.

Les bilans "gaz à effet de serre" s'appuieront, dans la mesure du possible, sur les données de consommations régionales d'énergie dont la méthode de calcul figure dans le cahier technique n° 1, ainsi que sur les travaux du Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA), du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), de l'Observatoire régional de l'environnement de Bourgogne (OREB) et du bureau d'études La Calade.

(1) Loi 2001-153 du 19 février 2001 tendant à conférer à la lutte contre l'effet de serre et à la prévention des risques liés au réchauffement climatique la qualité de priorité nationale et portant création d'un Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique en France métropolitaine et dans les départements et territoires d'outre-mer.

Il existe deux méthodes d'évaluation des émissions de gaz à effet de serre :

- **une méthode simplifiée** utilisant des facteurs d'émissions moyens par tonne de combustible,
- **une méthode détaillée** qui fait appel à des bases de données beaucoup plus lourdes (caractéristiques des combustibles, types de chaudière, niveaux de température atteints...).

Nous détaillerons ici la première approche, la méthode détaillée nécessitant des moyens financiers et humains très importants.

La construction d'un bilan des émissions de gaz à effet de serre nécessite de bien définir le degré de précision souhaité : celui-ci dépendra des ressources et du temps dont on dispose.

Pour une première approche, nous recommandons de suivre la méthodologie développée par le GIEC au niveau international ; l'avantage réside dans le fait de produire un document comparable avec les bilans nationaux, puisque basé sur la même méthodologie. L'utilisation de données récoltées localement est bien entendu recommandée, accroissant la validité des résultats.

REPÈRES

A ce stade, nous nous focaliserons sur les gaz à effet de serre directs issus de l'utilisation de l'énergie : CO₂, CH₄, N₂O. Les gaz fluorés sont présents dans les produits ou process industriels et doivent faire l'objet d'un recensement spécifique.

Les six gaz à effet de serre "directs" ⁽²⁾ retenus dans le protocole de Kyoto sont les suivants : CO₂, CH₄, N₂O, HFC, PFC, SF₆.

Le pouvoir de réchauffement global (PRG) de ces différents gaz est très variable.

Gaz	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	HFC/PFC	SF ₆
PRG	1	21	310	Variable selon les types de gaz pris en compte chaque année	23 900

PRG des différents GES à 100 ans : le CO₂ est par convention l'unité de référence.

Source : GIEC 1995

(2) Il existe aussi des gaz à effet de serre "indirects" : CO, NO_x, SO₂, COVNM (composés organiques volatils non méthaniques), non retenus dans le protocole.

ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE LIÉES À LA COMBUSTION D'ÉNERGIES FOSSILES

Émissions de dioxyde de carbone (CO₂)

Calcul des facteurs d'émission du CO₂

La méthode générale consiste à multiplier chaque quantité de combustible brûlé par un facteur d'émission de CO₂ spécifique⁽³⁾.

Le CITEPA utilise la série de facteurs d'émissions suivante (en kg CO₂/GJ) :

Charbon à coke ou à vapeur	95	Fioul domestique et gazole	75
Charbon sous-bitumineux	96	Kérosène et carburacteur	74
Agglomérés	95	Essence	73
Lignite	100	Gaz naturel	57
Coke de houille	107	GPL	64
Coke de lignite	108	Gaz de raffinerie	56
Coke de pétrole	96	Gaz de cokerie	47
Fioul lourd	78 +/- 1	Gaz de haut-fourneau	268

Source : CITEPA 2001

Pour une plus grande facilité de calcul à partir des bilans énergétiques, on utilisera les facteurs d'émission en kg de CO₂ par tep de combustible.

NB : il est indispensable d'être attentif à l'unité utilisée. En effet, on trouve dans les publications soit la tonne de carbone (tC), soit la tonne de dioxyde de carbone (tCO₂). À 1 tCO₂ correspondent 3,667 tC. Par ailleurs, dans tous les cas, il est fondamental d'afficher la source des données utilisées.

Problèmes méthodologiques

Les facteurs d'émission

Les facteurs d'émission CO₂ du GIEC, qui ont l'avantage d'être disponibles sur Internet, sont légèrement différents de ceux du CITEPA. A titre d'exemple, l'écart constaté en Bourgogne sur les bilans CO₂ réalisés par l'OREB est de l'ordre de 3 % entre les calculs réalisés avec les facteurs d'émission GIEC et CITEPA.

(3) Tout le carbone n'étant pas oxydé lors de la combustion, il y a une légère correction à apporter (en multipliant ces facteurs théoriques par la fraction de carbone oxydé donnée par défaut par le GIEC) pour obtenir un facteur d'émission "réel" par TJ de combustible.

Si l'on souhaite réaliser un bilan en tout point comparable au bilan national, il est souhaitable de contacter le CITEPA pour disposer des mêmes facteurs d'émission, à jour.

■ Les sources mobiles

- Transport routier

Le calcul des consommations est en général basé sur les livraisons de carburant (voir cahier technique n°1), ce qui peut introduire un écart important suivant la localisation géographique de la région (écart quantité livrée / consommée), d'autant plus important que la région est petite. Cependant, à cette échelle, un travail d'évaluation des consommations à partir du trafic est très lourd à entreprendre. La méthode appliquée au niveau des bilans nationaux est, elle aussi, basée sur les livraisons.

- Transport maritime, pêche, ports, plaisance

Au niveau national, l'ensemble des émissions liées aux livraisons de carburants pour la consommation des navires est pris en compte (logique livraison). Sont exclues les consommations des "soutes maritimes" correspondant à l'avitaillement hors douane des bateaux de haute mer.

- Transport aérien

La méthodologie du GIEC s'avère particulièrement complexe, puisqu'elle nécessite le recensement des catégories d'avions, des types de moteurs, ainsi que des cycles atterrissage / décollage ayant lieu dans la région. On se reportera à ce document pour plus de précisions. Deux autres méthodes existent :

- Calculer une consommation basée sur le trafic observé (cf. cahier technique n° 1).
- Ne prendre en compte que les livraisons en région.

■ Énergie, matières premières et gaz à effet de serre

- Les GPL

Seules les quantités consommées hors usage matière première doivent être prises en compte (cf. enquête du SESSI) afin d'éviter les doublons. En effet, l'approche retenue au niveau national consiste à ne pas comptabiliser le carbone stocké dans des matières plastiques par exemple (plus de 90 % des GPL consommés en Provence-Alpes-Côte-d'Azur sont utilisés comme matière première dans la chimie de base). Ce carbone sera comptabilisé en cas d'incinération de ces produits.

- Sidérurgie

La complexité d'une évaluation précise oblige à reprendre les données calculées par les industries du secteur⁽⁴⁾.

■ L'électricité

Deux options sont possibles :

- La première, basée sur la méthode nationale, d'après laquelle ne sont comptabilisés en région que les combustibles utilisés pour la production d'électricité dans des centrales thermiques (attention aux doubles comptes, les autoproductions ne doivent pas être pris en considération car les combustibles sont déjà inclus dans le secteur industrie).
- La seconde revient à affecter un contenu moyen en CO₂ à chaque kWh électrique consommé (moyenne France), ce qui a pour effet de pouvoir affecter cette quantité à chaque secteur (habitat, tertiaire, industrie).

Chaque méthode a ses avantages et ses inconvénients, l'important étant de bien expliquer la méthode choisie. Il semble utile de présenter les résultats avec les deux méthodes.

■ Corrections climatiques

La logique retenue par le GIEC consiste à ne pas effectuer de correction climatique pour comptabiliser les émissions de l'année N et les comparer avec 1990.

En revanche, une correction est nécessaire pour réaliser un bilan sur de nombreuses années et pouvoir identifier une tendance, sans introduire de biais climatique.

■ Stock, import, export, vente/consommation

La logique retenue au niveau international est de ne pas effectuer de correction économique (export d'énergie...). Les émissions de GES sont toujours liées au site de production de ces émissions.

De même, il y a un décalage entre les ventes et la consommation réelle, mais la logique "vente" est retenue pour simplifier la comptabilité des émissions.

■ La biomasse

Les émissions ne sont pas nulles, même si elles sont plus que compensées par l'augmentation de surface des forêts en France. L'ordre de grandeur est de 92 kg de CO₂ par GJ de bois. Cependant, si cette approche sources/puits de carbone est retenue au niveau national pour le bois (ce qui améliore le bilan), au niveau régional – et en l'absence d'étude fine sur les consommations de bois de feu et les puits de carbone – on pourra considérer les émissions égales à zéro.

Au niveau national, cette information est fournie pour mémoire ; elle pourrait également être recherchée au niveau régional.

(4) Attention à ne pas compter le charbon sidérurgique dans le bilan, si on procède par ailleurs par enquête directe pour connaître les émissions de ce secteur.

■ Émissions de méthane (CH₄)

Bien que la consommation d'énergie ne soit pas la principale source d'émissions de CH₄ (élevage, décharges, exploitation des mines de charbon, distribution du gaz...), il existe comme pour le CO₂ des facteurs d'émission par combustible.

Les facteurs d'émission du CH₄

Ces facteurs sont disponibles sur Internet (GIEC).

A la différence des facteurs CO₂, les facteurs CH₄ dépendent à la fois de l'énergie consommée et du mode de consommation :

en kg CH ₄ /ktep	Charbon	Gaz naturel	Produits pétroliers
Industrie de l'énergie	42	42	126
Industries manufacturières et de la construction	420	210	84
Transports			
- aérien			21
- routier		2 100	840 (essence) 210 (gazole)
- ferroviaire	420		210
- fluvial	420		210
Secteur			
- tertiaire	420	210	420
- résidentiel	12 600	210	420
Agriculture et sylviculture			
- sources fixes	12 600	210	420
- sources mobiles		210	210

Sources : GIEC 96 / OREB

Ces distinctions nécessitent de séparer, dans le bilan énergétique initial, les différentes consommations pour les sous-secteurs mentionnés dans le tableau ci-dessus.

Le bilan réalisé en Bourgogne montre un décalage d'environ 2,5 % entre les résultats obtenus à partir du calcul avec des facteurs GIEC et CITEPA.

Problèmes méthodologiques

Les problèmes méthodologiques exposés plus haut dans le chapitre "Émissions de dioxyde de carbone" sont similaires pour le méthane.

■ Émissions de protoxyde d'azote (N₂O)

Le N₂O est un composé oxygéné de l'azote et il participe au phénomène de l'accroissement de l'effet de serre.

Le N₂O est émis lors de la combustion des énergies fossiles, mais aussi par certains procédés industriels et par les sols.

Il existe comme pour le CO₂ des facteurs d'émission par combustible.

Les facteurs d'émission du N₂O

Ces facteurs sont disponibles sur Internet (sites du CITEPA et du GIEC).

A la différence des facteurs CO₂, les facteurs N₂O dépendent à la fois de l'énergie consommée et du mode de consommation :

en kg NO ₂ /ktep	Charbon	Gaz naturel	Produits pétroliers
Industrie de l'énergie	58,8	4,2	25,2
Industries manufacturières et de la construction	58,8	4,2	25,2
Transports			
- aérien			84
- routier		4,2	25,2 (essence) 25,2 (gazole)
- ferroviaire	58,8		25,2
- fluvial	58,8		25,2
Secteur tertiaire	58,8	4,2	25,2
Secteur résidentiel	58,8	4,2	25,2
Agriculture et sylviculture			
- sources fixes	58,8	4,2	25,2
- sources mobiles		4,2	25,2

Sources : GIEC 96 / OREB

Ces distinctions nécessitent de séparer, dans le bilan énergétique initial, les différentes consommations pour les sous-secteurs mentionnés dans le tableau ci-dessus.

Le bilan réalisé par l'OREB en Bourgogne montre un décalage très important : 71 tonnes avec les facteurs GIEC contre 510 tonnes avec les facteurs CITEPA. Cet écart représente cependant moins de 1% du total des émissions.

Problèmes méthodologiques

Les problèmes méthodologiques exposés plus haut dans le chapitre "Émissions de dioxyde de carbone" sont similaires pour le protoxyde d'azote.

ÉMISSIONS FUGITIVES DU SECTEUR DE L'ÉNERGIE

■ Émissions fugitives liées à l'extraction du charbon

Il existe des ratios d'émission de CH₄ par tonne de charbon extrait (GIEC) ; il s'agit de fourchettes, ce qui en moyenne donne les résultats suivants :

en kg CH ₄ /t de charbon	Mine souterraine	Mine à ciel ouvert
Activités extractives	8,38	0,77
Activités post extractives	1,64	0,07

Sources : OREB / GIEC 96

Il suffit de collecter le tonnage de charbon extrait et d'appliquer les ratios ci-dessus pour estimer les quantités de CH₄ émises.

NB : Il est possible que les quantités de CH₄ mesurées dans les mines soient des données directement disponibles auprès de l'exploitant (le CITEPA enquête directement l'ensemble des mines chaque année).

■ Émissions fugitives liées aux activités gazières

S'il n'y a pas de production locale, on peut ne retenir que les émissions liées aux activités de traitement, transport, stockage et distribution.

Le GIEC donne une fourchette large pour les pays d'Europe occidentale. Il est préférable d'utiliser le ratio moyen national du CITEPA, soit 3,15 tonnes de CH₄ par ktep de gaz naturel livré (ce qui permet de quantifier les pertes du réseau gaz : 0,4 % soit 4 tep/ktep de gaz naturel livré).

■ Émissions fugitives liées aux activités pétrolières

Émissions de CO₂

Les raffineurs peuvent donner les quantités de CO₂ émises à partir de la composition moyenne des combustibles autoconsommés, liées d'une part au procédé de régénération du catalyseur du cracking (le cas échéant), d'autre part aux torchères.

Le CITEPA interroge chaque année les raffineurs sur ces questions.

Il est possible de remonter aux émissions de CO₂ à partir des autoconsommations des raffineries, mais il manquera les rejets torchères et régénération du catalyseur de cracking...

Il est donc plus cohérent d'essayer d'obtenir les quantités émises par enquête directe.

Émissions de CH₄ et N₂O

Le ratio français utilisé par le CITEPA est de 6,4 kg de CH₄ par kilotonne de pétrole raffiné et de 5,5 kg de N₂O par kilotonne de pétrole raffiné. Les raffineurs doivent pouvoir répondre en direct sur les quantités émises (attention à toutefois bien séparer l'activité raffinage de l'activité chimique éventuelle).

SOURCES D'INFORMATION COMPLÉMENTAIRE

- Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC),
www.ipcc.ch
"Lignes directrices pour les inventaires nationaux de gaz à effet de serre", version révisée 1996, manuel simplifié, GIEC 1996

- Secrétariat de la convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (UNFCCC)
www.unfccc.int

- Agence Internationale de l'Énergie (AIE)
www.iea.org

- Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM)
www.ffem.net

- Mission interministérielle de l'effet de serre (MIES)
www.effet-de-serre.gouv.fr

- Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME)
www.ademe.fr

- Observatoire de l'Énergie
www.industrie.gouv.fr/energie

- Observatoire régional de l'environnement de Bourgogne (OREB)
www.oreb.org

- Rhônalpénergie-Environnement (RAEE)
www.raee.org

- Centre interprofessionnel technique d'études de l'énergie (CITEPA)
www.citepa.org

Le groupe de travail "Observation de l'énergie et de l'effet de serre en régions", composé du RARE, de l'ADEME, de la MIES et de l'Observatoire de l'Énergie, propose, à travers les Cahiers Techniques, des méthodologies simplifiées venant en soutien des travaux statistiques menés au niveau régional.



Ces documents de synthèse utilisent des données ou préconisations d'organismes experts, mais n'engagent en aucun cas la responsabilité de ceux-ci.



*Contact :
Jean Leroy, chargé de mission
Rhônalpénergie-Environnement,
secrétaire du groupe de travail.
jean.leroy@raee.org*