

Le rôle du MRV dans les inventaires nationaux d'émissions de polluants atmosphériques

Par Jean-Pierre CHANG
et Nadine ALLEMAND
Citepa

Les inventaires d'émissions de polluants sont nécessaires pour le rapportage international et européen réglementaire que la France doit assurer, pour la définition des politiques publiques d'amélioration de la qualité de l'air et le suivi des mesures mises en place dans ce but. Ces applications ne peuvent être efficaces que si des règles de mesurage, rapportage et vérifications (MRV) sont mises en œuvre. Une description détaillée du MRV relatif aux inventaires d'émissions de polluants est présentée dans cet article.

Les applications des inventaires d'émissions de polluants

Un inventaire d'émissions est une représentation quantitative des rejets de substances provenant d'un ensemble de sources émettrices d'origine anthropique ou naturelle, répondant à des spécifications précises.

Les pouvoirs publics s'attachent à disposer de tels inventaires d'émissions de polluants atmosphériques, car leurs applications et les besoins sont multiples. On peut citer :

- Un besoin de rapportage réglementaire fixé par la Commission européenne et les instances internationales. En termes de polluants, il s'agit notamment de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CLRTAP) de la Commission économique pour l'Europe des Nations Unies (CEE-NU), qui a fixé un cadre de travail depuis 1979 et mis en place plusieurs protocoles de réduction des émissions de polluants, dont le plus connu est le Protocole de Göteborg mis en place en 1999. Ce dernier a été révisé en 2012 et cette version révisée entrera en application à la fin de l'année 2019 (puisque un nombre suffisant de ratifications a été obtenu). La Commission européenne, quant à elle, exige des rapportages pour déployer, en outre, sa politique Air et, notamment, la directive Plafonds d'émissions de polluants de 2001 (2001/81/CE) et la directive Réduction des émissions de 2016 (2016/2284). Ces institutions ont travaillé de concert pour mettre au point un cadre de rapportage cohérent (émissions au format NFR (Nomenclature for reporting), par exemple).
- Un besoin de disposer d'outils d'aide à la décision pour la mise en place de politiques publiques adaptées de réduction des émissions. Les méthodologies employées pour réaliser l'inventaire doivent être capables de refléter

les évolutions passées, les politiques et mesures mises en place et prendre en compte les évolutions techniques et structurelles ayant lieu dans les secteurs émetteurs.

Ainsi, la mise au point du Plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques (PREPA) a débuté par un examen des potentiels de réduction des émissions existants pour définir un jeu de mesures à la fois techniques, fiscales, structurelles et d'amélioration des connaissances et de recherche. La Figure 1 ci-après présente les progrès accomplis en matière de réduction des émissions de polluants en 2017 par rapport à 2005 et situe les progrès accomplis par rapport aux nouveaux engagements de réduction à respecter à partir de 2020 et 2030 par la France, en application de la directive 2284/2016 et du PREPA. Pour certains polluants (SO_2 , COVNM et $\text{PM}_{2,5}$), les réductions exigées à partir de 2020 étaient déjà

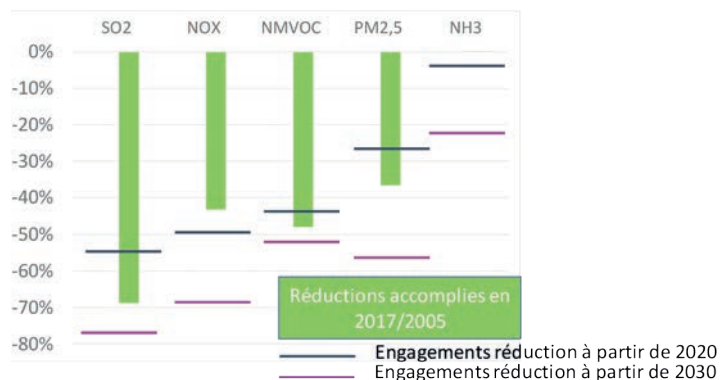


Figure 1 : Réduction des émissions en 2017 par rapport à l'année de référence 2005 et engagements sur les réductions à atteindre à partir de 2020 et 2030 selon la directive 2284/2016 et le PREPA (Citepa (2019), à partir des données d'émissions du rapport d'inventaire CEE-NU de mars 2019).

atteintes en 2017, mais celles exigées pour 2030 ne pourront pas être atteintes sans les mesures additionnelles définies dans le PREPA et les cobénéfices de certaines mesures climat-énergie, telles que l'amélioration de l'efficacité énergétique.

- Un besoin de suivi des politiques publiques. Au regard des engagements européens et internationaux, un suivi rigoureux est nécessaire et l'inventaire, dont la périodicité est annuelle, en est un indicateur fondamental.

Étant donné l'importance de ces indicateurs de la pression exercée sur l'environnement par les activités humaines, des spécifications précises relatives aux caractéristiques et à la qualité des inventaires sont définies aux niveaux international et européen.

Face aux engagements quantifiés de réduction des émissions de polluants et au suivi aux niveaux national et international de ces inventaires au regard de ces objectifs de réduction, des règles de mesurage, rapportage et vérifications (appelées MRV) ont été progressivement mises en place et renforcées ces dernières années.

Le MRV dans les inventaires d'émissions de polluants

La notion de MRV a émergé historiquement dans le cadre du Protocole de Kyoto, avec, en particulier, l'introduction de mécanismes financiers de flexibilité (échanges d'émissions de gaz à effet de serre (GES)), lequel a induit un niveau élevé d'exigences qualité des inventaires d'émissions de GES en matière de MRV.

Ces critères qualité MRV ont aussi été déclinés pour les inventaires nationaux d'émissions de polluants atmosphériques dans le cadre de la Convention sur la pollution atmosphérique transfrontière à longue distance (CLRTAP) de la CEE-NU, mais avec un niveau d'exigence et de contrainte moins fort concernant le volet Vérification comparé à celui imposé dans le cadre du Protocole de Kyoto pour les GES (pas de mécanisme financier d'échanges de permis d'émissions de polluants).

Ces dernières années, les aspects vérifications ont toutefois été renforcés dans le cadre de la directive européenne 2016/2284 qui fixe les objectifs de réduction des émissions nationales à partir de 2020 et 2030, pour NO_x, SO₂, COVNM, NH₃ et PM_{2,5}.

Le « MRV », dans le cas des inventaires nationaux d'émissions de polluants atmosphériques en Europe, consiste en :

- un mesurage et un suivi (« M ») : les émissions doivent être suivies et mesurées (quantifiées) conformément aux bonnes pratiques définies dans le guide Inventaires EMEP/EEA (voir l'édition de ce guide, actuellement en application (2016), <https://www.eea.europa.eu/themes/air/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guide-book>) ;
- un rapportage (« R ») : les émissions doivent être rapportées, conformément aux lignes directrices de rapportage de la CLRTAP/Protocole de Göteborg et de la directive 2016/2284 ;

- une vérification (« V ») : les émissions doivent être contrôlées, validées et vérifiées (procédure d'assurance et contrôle qualité, et autres vérifications).

Principes détaillés du MRV

« M » : mesurage/suivi des inventaires d'émissions de polluants

Pour un suivi et une production efficaces des inventaires d'émissions nationales de polluants atmosphériques, le guide EMEP (*co-operative programme for monitoring and evaluation of the long-range transmission of air pollutants in Europe*)/EEA (Agence européenne de l'environnement) préconise de mettre en place un système national de gestion des inventaires d'émissions de polluants atmosphériques, basé sur des arrangements institutionnels et la bonne définition des rôles et missions des différents acteurs et parties prenantes.

En France, le ministère de la Transition écologique et solidaire (MTES) est l'entité responsable des inventaires nationaux vis-à-vis des Nations Unies et de l'UE. Il confie la production opérationnelle des inventaires d'émissions au Citepa qui a développé depuis de nombreuses années cette expertise, notamment depuis la fin des années 1980 avec le projet européen CORINAIR, dont l'actuel guide EMEP/EEA dérive. Ce système d'inventaire national a été formalisé dans la réglementation française, dans le cadre de l'arrêté SNIEBA du 24 août 2011 (système national d'inventaires d'émissions et de bilans dans l'atmosphère). Ce dernier précise également le rôle du groupe de concertation et d'information sur les inventaires d'émissions (GCIE), qui :

- suit au niveau national ces inventaires d'émissions, en particulier les évolutions méthodologiques et leurs améliorations, possiblement en lien avec les programmes de recherche ;
- donne, en fin de chaque année, son avis sur la qualité des derniers inventaires réalisés, au titre de sa contribution au processus de validation piloté, au niveau national, par le MTES (voir sur ce point : <https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions>, ainsi que le rapport OMINEA décrivant le système d'inventaire national et les méthodologies mises en œuvre).

Afin de fiabiliser et d'harmoniser les inventaires d'émissions de polluants entre les différents pays, le guide EMEP/EEA représente un référentiel méthodologique à suivre dans le cadre de la Convention LRTAP et de la directive européenne 2016/2284 relative à la réduction des émissions de certains polluants. La France, dans sa mise en œuvre méthodologique des inventaires d'émissions de polluants, se conforme à ce référentiel (voir le rapport annuel OMINEA).

Les principes adoptés dans le guide EMEP/EEA sont les suivants :

- Différents niveaux de méthodes (tier) sont proposés selon l'importance de la source d'émission (notion de catégories clés (ensemble des sources qui, par ordre décroissant d'importance, contribuent à 80 % des émissions nationales (95 % pour les GES)).

- Pour les sources qui ne sont pas des catégories clés, il est possible d'utiliser les méthodes les plus simples du guide (méthodes tier 1).
- Pour les catégories clés, il est nécessaire d'utiliser des méthodes (plus) avancées : c'est-à-dire les méthodes tier 2 du guide EMEP/EEA (des équations avec des paramètres nationaux), ou des approches tier 3 comme des modèles d'émissions internationaux, ou une approche *bottom-up* par site, ou encore des méthodes spécifiques nationales documentées.

Seules les méthodologies tier 2 et 3 permettent de prendre en compte les évolutions techniques et structurelles ayant lieu dans les secteurs émetteurs. Ces évolutions sont souvent impulsées par la mise en place de réglementations limitant les émissions, telles que les réglementations relatives aux installations classées pour la protection de l'environnement, aux transports, aux produits mis sur le marché, etc. Les évolutions structurelles, elles aussi impulsées par des politiques publiques, telles que l'évolution du mix énergétique, vont, quant à elles, se refléter dans les statistiques alimentant les inventaires d'émissions.

Pour permettre la prise en compte de ces évolutions différenciées, les activités sont alors désagrégées en autant de « sous-secteurs » que nécessaire pour pouvoir représenter la diversité des cas rencontrés. Ainsi, la prise en compte d'une réglementation visant les installations de combustion selon leur taille nécessite un découpage de l'activité en fonction de ce critère de taille réglementaire. Pour chacune des tranches de puissance, la méthodologie prend en compte un certain taux d'application des mesures qui évolue dans le temps, en fonction des contraintes réglementaires mises en place et des délais d'application.

La mise en œuvre de méthodes tier 2 et 3 nécessite de disposer d'un ensemble de données statistiques et techniques très vaste, la réalisation d'enquêtes spécifiques ainsi qu'une connaissance très précise des activités que développent d'ailleurs les experts des inventaires.

Un bon suivi de la qualité et de la fiabilité des inventaires d'émissions passe également par une évaluation régulière de leurs incertitudes. Le guide EMEP/EEA fournit pour ce faire des recommandations pour déterminer les incertitudes de l'inventaire national pour chaque polluant, en adoptant une approche tier 1 simple de calcul de propagation des incertitudes et une approche tier 2 plus élaborée, dite « Monte Carlo », basée sur une simulation informatique des calculs des émissions, prenant en compte les courbes de densité de probabilité des paramètres intervenant dans la détermination des émissions. Le Citepa emploie la méthode tier 1 et la méthode tier 2 pour l'évaluation des incertitudes de certaines sources clés.

« R » : rapportage des inventaires d'émissions de polluants

Pour assurer la transparence des calculs des émissions de polluants et faciliter leur comparabilité et les audits entre les différents pays, des règles de rapportage sont définies au niveau de la CLRTAP et de la directive 2016/2284. En particulier, un format commun de rapportage des données d'émissions par catégorie est utilisé, format *nomenclature*

for reporting (NFR) (voir : https://www.ceip.at/ms/ceip_home1/ceip_home/reporting_instructions).

De plus, pour assurer la transparence, un rapport annuel d'inventaire des émissions de polluants est demandé, en respectant une structure commune des chapitres et sections recommandée pour tous les pays (voir, par exemple, le rapport CEE-NU/NFR de la France sur : <https://www.citepa.org/fr/activites/inventaires-des-emissions/cee-nu>).

Par ailleurs, la rationalisation et l'optimisation du rapportage des émissions sont encouragées pour l'ensemble des rapportages réglementaires demandés au niveau de l'UE. Ainsi, en France, une approche intégrée des inventaires d'émissions a été mise en place depuis plusieurs décennies pour gérer dans un même système d'inventaire, les émissions de GES et de polluants atmosphériques.

« V » : vérification des inventaires d'émissions de polluants

Au titre des contraintes MRV, le « V » correspond à la notion de vérification dans un sens large. Il s'agit de vérifications de différents types et à différents niveaux.

Il est utile de distinguer les contrôles et les vérifications planifiés et organisés au niveau national (relevant de la responsabilité des États) des vérifications réalisées au niveau international, dans le cadre de la CLRTAP/CEE-NU et de l'UE (les revues d'inventaires ou audits).

Les vérifications des inventaires d'émissions de polluants réalisées au niveau de chaque pays correspondent aux activités dites d'assurance qualité et contrôle qualité (AQ/CQ) liées à la production des inventaires d'émissions nationaux. Le guide EMEP/EEA traite aussi des bonnes pratiques à mettre en œuvre en matière d'AQ/CQ.

Les activités de contrôle qualité (CQ) correspondent aux diverses actions de contrôle et vérification réalisées au sein de l'agence d'inventaire (le Citepa, en France). Ces activités de CQ vont du contrôle de la pertinence des données d'entrée et des hypothèses, de l'exactitude des calculs, de la cohérence temporelle des résultats et de la complétude de l'inventaire, au contrôle et, *in fine*, à la comparaison entre deux éditions d'inventaires, avec justification des changements et perfectionnements apportés.

Les activités d'assurance qualité (AQ) correspondent aux diverses actions de revues et d'évaluations réalisées au niveau national par des tierces personnes (hors agence inventaire), afin d'évaluer la qualité de l'inventaire national et d'identifier de possibles voies d'amélioration. En France, c'est notamment l'un des rôles dévolus au GCIE que d'examiner et donner son avis sur les inventaires d'émissions nationaux. Par ailleurs, des revues volontaires bilatérales entre deux agences d'inventaires sont régulièrement organisées par secteur d'activité (par exemple, l'évaluation croisée entre le Citepa et l'agence d'inventaire anglaise, en 2018, sur le secteur agricole).

D'autres types de vérifications peuvent être encore réalisés sur la base de comparaison avec des estimations alternatives, comme des projets internationaux basés sur des données internationales, ou encore (objet de travaux

de recherche plus récents) sur la base de données de mesures sols et/ou satellitaires de concentrations couplées à des modélisations inverses pour remonter à des estimations d'émissions spatialisées. À titre d'illustration, le projet en cours H2020 « VERIFY » de l'UE, auquel participe d'ailleurs le Citepa, a pour objectif d'utiliser cette approche par modélisation inverse afin de vérifier les inventaires d'émissions de GES (voir, <https://verify.lsce.ipsl.fr>). Cet exemple, concernant les GES, illustre le potentiel de ce type d'approche qui, dans le cas des polluants atmosphériques, serait encore plus complexe à mettre en œuvre du fait du couplage des transformations chimiques avec les phénomènes de transport et dispersion. Les travaux de recherche menés sur la compréhension des phénomènes de pollution atmosphérique permettent également de faire évoluer les méthodes d'inventaire. C'est le cas, par exemple, de la prise en compte des composés organiques semi-volatils dans les émissions de particules.

Des vérifications ont lieu également au niveau international. Celles des inventaires nationaux de polluants atmosphériques ont démarré en 2008 dans le cadre de la CLRTAP/CEE-NU. Ces revues CLRTAP concernent un pays donné et sont réalisées une fois tous les cinq ans en moyenne. À la différence des revues des inventaires nationaux de GES intervenant dans le cadre du Protocole de Kyoto, il n'y avait pas jusqu'à présent de processus de correction immédiate (dans la foulée de la revue) des défauts significatifs observés. Mais, depuis 2017, les revues d'inventaires réalisées dans le cadre de la directive 2016/2284 sont de nature plus contraignante et régulière : les revues NECD (National Emission Ceiling Directive) sont annuelles pour tous les États membres et, avec la directive 2016/2284, un processus de correction/révision immédiates pendant la revue est enclenché si des biais significatifs (seuil de 2 % du total national) sont détectés par les équipes d'audit.

Ce faisant, ces vérifications et audits permettent d'identifier des points d'amélioration continue des inventaires, notamment en matière de transparence, de complétude, de comparabilité, de cohérence et de précision.

Un processus dit d'ajustement des inventaires des émissions de polluants atmosphériques existe pour permettre le contrôle du respect des objectifs de réduction de ces émissions. Le Protocole de Göteborg de 1999 et la directive 2001/81/CE de 2001 ont introduit les premiers plafonds d'émissions à respecter à partir de 2010. Ce processus d'ajustement permet, si besoin, de présenter, en plus de l'inventaire national le plus actualisé, un inventaire « ajusté » comparable en termes de méthodes utilisées à celui développé au moment de la définition des plafonds d'émissions. En France, ce besoin d'ajustement a concer-

né les émissions de NOx du transport routier. En effet, à l'époque de l'établissement des plafonds 2010 (soit avant 1998), c'était le modèle COPERT (voir le guide EMEP/EEA) en version II/III qui était utilisé pour estimer quels seraient les impacts des normes Euro mises en place ou à venir, en 2010. Or, depuis, les mesures des émissions des véhicules en conditions réelles de trafic ont montré que les émissions réelles dépassaient très largement les émissions limites normatives réglementaires. Dans ses versions plus récentes (IV et V), le modèle COPERT a intégré les nouvelles données d'émissions réelles et a donc revu fortement à la hausse ses facteurs d'émissions de NOx. La conséquence de cette meilleure prise en compte des émissions en conditions réelles a été, pour la France, un dépassement du plafond NOx entre 2010 et 2016, sans ajustement de l'inventaire. Avec la prise en compte de cet ajustement, les plafonds NOx 2010 du Protocole Göteborg et ceux de la directive plafonds de 2001 ont été respectés respectivement à partir de 2012 et 2014.

Conclusions

Les inventaires d'émissions de polluants atmosphériques sont réalisés depuis les années 1990 dans le cadre du programme européen CORINAIR (avant même les inventaires nationaux de GES intervenus au début des années 2000 dans le cadre de la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC)). Avec l'avènement du Protocole de Kyoto et de ses mécanismes de flexibilité incluant des mécanismes financiers, les exigences qualité dites MRV sur les inventaires de GES ont rehaussé de façon qualitative et quantitative le niveau de fiabilité de ces inventaires. Un renforcement des exigences MRV sur les inventaires nationaux de polluants atmosphériques a aussi été imposé sous l'impulsion de l'UE dans le cadre de la directive 2016/2284, qui fixe pour certains polluants les réductions à atteindre à partir de 2020 et 2030 par chaque État membre. L'UE met en place à partir de 2019, en plus des audits annuels des inventaires d'émissions, un premier audit des projections d'émissions de polluants de tous les États membres. Peut-on déjà parler de MRV des projections des émissions de polluants atmosphériques ? L'avenir nous le dira. Il est à noter que ces projections sont désormais exigées tous les deux ans comme le sont celles relatives aux GES.

L'inventaire des émissions de polluants est un outil précieux d'aide à la décision et de pilotage des actions de réduction mises en place et de suivi de leur efficacité. Le MRV en est un élément capital. Sa performance conditionne l'emploi des inventaires pour vérifier l'atteinte des objectifs de réduction.