

Méthode de construction d'un indicateur agrégé des impacts des polluants atmosphériques

Thierry GOGER* et Robert JOUMARD**

* Précédemment INRETS, actuellement COST (Belgique)

** INRETS, Laboratoire Transports Environnement, Bron cedex (France)

Résumé

On cherche à construire un indicateur d'impact environnemental global de la pollution atmosphérique pour évaluer des infrastructures et technologies de transport. Cet indicateur doit être simple et transparent pour être un outil d'aide à la décision. L'objectif est que cet indicateur soit semblable au potentiel de réchauffement climatique, qui établit une relation entre les émissions de 6 gaz à effet de serre et l'augmentation moyenne de la température terrestre. Cet indicateur doit permettre d'estimer l'impact environnemental global de la pollution générée par les transports, tout en conservant la valeur de l'impact environnemental de chaque catégorie d'impact, ainsi que l'évaluation des émissions. On s'appuie pour cela sur une typologie des impacts, la recherche d'un indicateur pour chaque type pollution, et l'élaboration d'une architecture d'agrégation de la pollution de l'air.

La typologie est basée sur une combinaison des caractéristiques spécifiques et homogènes de chacun des types de pollution en termes de polluants, de mécanisme d'impact, de cible et d'impact sur l'environnement. Afin d'être le plus exhaustif possible tout en évitant les redondances, on obtient 10 catégories d'impact environnemental : effet de serre, trou de la couche d'ozone, écotoxicité directe (hors écotoxicité des autres catégories), eutrophisation, acidification, pollution photochimique, impacts sanitaires restreints directs (hors bien-être, et hors effets sur la santé des autres impacts), pollution sensible (gêne due aux odeurs et fumées), et dégradation du patrimoine bâti commun et historique.

Des indicateurs similaires au potentiel de réchauffement climatique peuvent être identifiés dans la littérature pour chacun de ces types de pollution de l'air, sauf pour la dégradation du patrimoine bâti, pour lequel le coût de restauration pourrait être utilisé. Certains de ces indicateurs sont cependant peu valides d'un point de vue scientifique : la recherche d'indicateurs plus pertinents apparaît nécessaire.

Nous proposons une structure d'agrégation de ces indicateurs directement par cible, et indirectement par le biais des trois dimensions cibles, espace, temps. Ceci permet à l'utilisateur de hiérarchiser ses préoccupations vis-à-vis de chacune des catégories d'impact de la pollution de l'air.

Cette recherche s'insère dans le cadre de l'action COST 356 "Outils de mesure de la durabilité environnementale des transports".

Mots-clés : Pollution de l'air, transport, évaluation environnementale, critères, indicateurs, émissions, impact, développement durable

Introduction

Les transports induisent une multitude d'impacts environnementaux, préoccupant de plus en plus les spécialistes, les décideurs et la société. Compte tenu de la diversité et de la complexité des impacts, chacun procède à sa manière pour les mettre en perspective. Une évaluation simple, synthétique et transparente de ces impacts permettrait d'assister la décision. L'évaluation des impacts sur l'environnement des polluants atmosphériques en fait partie.

On propose d'identifier les différentes catégories d'impact environnemental induites par la pollution atmosphérique, et de les caractériser sur la base des connaissances scientifiques par un indicateur, construit à l'image du potentiel de réchauffement global proposé par le GIEC (2001). Celui-ci évalue

simplement et synthétiquement les impacts sur l'environnement de l'effet de serre, à travers l'élévation prévisible de la température due à l'émission de six polluants, sans passer par la modélisation de la concentration, puis de la chaîne d'impacts (perturbation des équilibres climatiques et écologiques...).

On suggère d'agréger ensuite ces indicateurs au sein d'un indicateur global, de façon à pouvoir répondre à des questions pertinentes, comme « l'essence est-elle plus polluante que le diesel ? », ou « qu'elle est l'évolution des impacts environnementaux des polluants atmosphériques émis par les transports routiers en France ? ». On fait reposer le plus possible l'agrégation des indicateurs sur les connaissances scientifiques, tout en veillant à ne pas aller au-delà de la légitimité de la communauté scientifique, par exemple pour pondérer des impacts comme la pollution sensible, l'effet de serre et les effets sanitaires. L'agrégation des indicateurs devra alors refléter également les préoccupations sociales vis-à-vis de la pollution de l'air.

Cette recherche s'insère dans le cadre de l'action COST 356 "Outils de mesure de la durabilité environnementale des transports" (2005-2010) et fait l'objet d'un rapport détaillé (Goger, 2006).

1 – Typologie de la pollution de l'air

On élabore une typologie de la pollution de l'air selon les différentes catégories d'impact environnemental affectées par les émissions de polluants atmosphériques des transports, avant de les évaluer à l'aide d'un indicateur. La typologie est basée sur les connaissances physiques, chimiques, biologiques, écologiques, etc, de la pollution atmosphérique. Chaque type de pollution correspond à une catégorie d'impact environnemental homogène, définie par une combinaison spécifique de polluants, de mécanismes d'impacts, de cibles et d'impacts. On cherche à ce que la typologie soit la plus précise et la plus exhaustive possible, tout en évitant les redondances.

Trois cibles, définies comme un ensemble de récepteurs homogènes, sont principalement affectées par la qualité de l'air : la nature entendue au sens des écosystèmes c'est-à-dire de l'association entre un environnement physico-chimique, abiotique (le biotope) et une communauté vivante caractéristique de ce dernier (la biocénose), l'homme que l'on extrait de la nature et pour lequel on s'intéresse à sa santé telle que définie par l'Organisation mondiale de la santé (OMS, 1999), et le patrimoine bâti où l'on distingue les bâtiments communs et les bâtiments historiques. On ajoute à ces trois cibles un quatrième élément, le globe terrestre, qui n'est pas une véritable cible, car il recouvre l'ensemble des cibles : les trois précédentes et les milieux physiques comme l'atmosphère et les océans. Nous le considérons donc comme une pseudo-cible.

Un impact correspond à la réponse d'une cible exposée à un état de la qualité de l'air. Les impacts sont très divers et forment souvent des successions ou des chaînes d'impacts. Ainsi, les émissions de gaz à effet de serre entraînent tout d'abord un réchauffement climatique global, dont découle entre autres l'élévation du niveau des océans entraînant à son tour des inondations pouvant provoquer des déplacements de population humaine et des effets sanitaires, ou des modifications des écosystèmes pouvant entraîner une perte de biodiversité.

Guinee et coll. (2002) distinguent plusieurs catégories d'impact environnemental : l'effet de serre, le trou de la couche d'ozone, la pollution photochimique, l'acidification, l'eutrophisation, la pollution sanitaire, et les effets sur la nature. L'ensemble de ces catégories permet de donner une vision assez large de notre typologie de la pollution de l'air, mais oublie trois catégories d'impact environnemental auxquels contribuent les polluants atmosphériques : la pollution sensible, et la dégradation du patrimoine bâti commun et historique.

On observe cependant un certain nombre de redondances : les impacts sanitaires dus à la pollution photochimique, au trou de la couche d'ozone et à l'effet de serre sont par exemple redondants avec la pollution sanitaire. Pour éviter les redondances tout en couvrant l'ensemble des impacts environnementaux induits par les différents polluants gazeux émis par les transports, nous redéfinissons dix catégories d'impacts (cf. tableau 1) :

- L'effet de serre ou plus exactement l'augmentation de l'effet de serre (GIEC, 2001).
- Le trou de la couche d'ozone : les composés halogénés réagissent avec l'ozone stratosphérique et entraînent une réduction de la couche d'ozone. Bien que théoriquement maîtrisé, cet impact n'a pas disparu et garde donc tout son intérêt (Académie des sciences, 1998 ; Solomon & Albriton, 1992).
- La pollution photochimique : les oxydes d'azote et les composés organiques volatiles réagissent pour former de l'ozone troposphérique hors centres urbains, toxique pour l'homme et la nature (Académie des sciences, 1993 ; Derwent & coll. 1998).
- L'acidification : les oxydes d'azote et le dioxyde de soufre sont transformés en composés acides, et acidifient les milieux naturels jusqu'à des distances de l'ordre de 1000 km de leur lieu d'émission (Potting & coll., 1998 ; Fuladi, 2002 ; Rey & Hermeline, 1994).
- L'eutrophisation : les oxydes d'azote contribuent à développer la biomasse végétale, dont le développement excessif entraîne une anoxie des milieux aquatiques, puis des dommages pour la faune et la flore (Finnveden & Östlund, 1997).
- La pollution sanitaire restreinte directe : effets sur la santé humaine, mais restreints car on exclut les atteintes au bien-être et les aspects psychologiques (intégrés au sein de la pollution sensible), et directs, car on ne considère que les effets dus à une exposition à des polluants primaires. Les impacts sanitaires dus à des polluants secondaires (acidification, pollution photochimique...) sont régis par des lois d'impact de nature différente (Campagna & coll., 2002 ; Chiron & coll., 1996 ; Huijbregts, 2000a).
- L'écotoxicité directe : les polluants primaires affectant la santé humaine peuvent aussi affecter la nature (Labrot & coll., 1996 ; Huijbregts, 1999).
- La pollution sensible : perçue par nos sens, principalement la vue et l'odorat, elle est constituée par les fumées, salissures et odeurs (Moch & coll., 2000 ; De Boer & coll., 1987 ; Joumard & coll., 1995).
- La dégradation du patrimoine bâti commun : elle est principalement due aux effets des particules et des produits corrosifs. Elle intègre les impacts sur les bâtiments de la pollution photochimique et de l'acidification (Diren & coll., 2004).
- La dégradation du patrimoine bâti historique : elle est dissociée de la précédente, car l'impact n'est pas principalement sensible et économique, mais culturel avec un caractère irréversible dans la mesure où toute œuvre est unique et de ce fait impossible à rétablir à l'identique, sans compter la perte du savoir-faire dans certain cas (Diren & coll., 2004)

On a choisi de ne pas tenir compte de la pollution radioactive au sein de notre typologie dans la mesure où, étant due à la production d'électricité nucléaire, elle est peu liée au secteur des transports. Les caractéristiques de ses impacts sur l'environnement sont en outre de nature très différente.

Cibles		Types de pollution de l'air	Polluants	Impacts caractéristiques	Indicateur	Position / chaîne d'impacts
Globe	Milieux physiques Écosystèmes Santé Patrimoine	Effet serre	CO ₂ , HFC, N ₂ O et CH ₄	Réchauffement du globe	PRG	Début
		Trou O₃	CFC, HFC, HCFC	Destruction de la couche d'ozone	PDO	Début
Nature	Espèces Écosystèmes	Ecotoxicité directe	PM ₁₀ , NO _x , COVNM, SO ₂ , HAP et Cu	Mortalité Morbidité Perte de biodiversité	PET	Début
		Eutrophisation	NO _x	Anoxie des milieux	PE	Début
		Acidification	NO _x et SO ₂	Acidification des milieux	PA	Début
		Pollution photochimique	NO _x , COVNM, CO	Oxydation photochimique	PCOP	Début
Homme	Santé au sens strict	Pollution sanitaire restreinte directe	PM ₁₀ , NO _x , COVNM, SO ₂ , HAP, Cu	Mortalité Morbidité	PT	Début
	Bien-être	Pollution sensible	Polluants visuels : particules émises Polluants odorants : SO ₂ , COV de faible poids moléculaire	Gêne	PO	Début
Patrimoine bâti	commun	Dégradation patrimoine bâti commun	Particules, NO _x , COVNM, Cu, SO ₂ .	Dégradation	Coût économique de restauration	Fin
	historique	Dégradation patrimoine bâti historique	Particules, NO _x , COVNM, CO, SO ₂ .	Perte du patrimoine		Fin

Tableau 1 : Typologie de la pollution de l'air définie scientifiquement.

2 – Indicateurs de pollution de l'air

Pour chacune des dix catégories d'impact ci-dessus, un ou des indicateurs d'impact sont nécessaires, avant de penser à les agréger. Ces indicateurs ne peuvent qu'être issus des connaissances scientifiques sur les mécanismes d'impacts, et donc du milieu scientifique spécifique à chaque impact. Cependant, les communautés spécifiques sont plus ou moins bien développées et structurées selon les impacts, en fonction de l'avancée de la connaissance et de l'investissement financier et humain.

Ainsi, pour l'effet de serre, la communauté scientifique est-elle nombreuse et pluridisciplinaire, avec un haut niveau de coopération interne, notamment au sein du GIEC. Celui-ci fournit une information solide et synthétique, ainsi qu'un indicateur, le potentiel de réchauffement global (PRG), bénéficiant d'un large consensus international (GIEC, 2001).

Cet indicateur établit une relation simple (somme pondérée) entre l'émission de six gaz à effet de serre et l'augmentation de la température moyenne du globe, qui est l'impact initial de la chaîne des impacts de l'effet de serre. Il permet d'évaluer l'impact initial de tout système ou sous-système de transport.

À l'opposé, les spécialistes de la pollution sensible apparaissent moins nombreux et plus isolés les uns des autres ; la littérature dans le domaine est moins dense. Il ne semble pas qu'il existe d'indicateur reliant un niveau de gêne à une quantité de fumées, de salissures ou d'odeurs émises. Des chimistes ont néanmoins développé un indicateur de potentiel d'odeur globale (PO), construit comme le PRG, qui établit une fonction entre une intensité d'odeur et une quantité de polluant émise (Guinee & coll., 2002). L'odeur globale est donnée par la somme des émissions de polluants pondérées par un coefficient correspondant au seuil de perception olfactive. Cet indicateur ne fait cependant pas consensus, car nombre de spécialistes insistent sur le fait que la pollution sensible est caractérisée par la gêne, et que celle-ci n'est pas directement liée à l'intensité d'une odeur, mais bien plus à sa variation temporelle. Il n'existe pas d'indicateur similaire pour la composante visuelle de la pollution sensible. Nous envisageons malgré tout de retenir l'indicateur d'odeurs comme indicateur de la pollution sensible, faute de meilleur indicateur.

Dans le domaine de la dégradation du patrimoine bâti commun et historique, les spécialistes sont également relativement peu nombreux et la littérature assez peu fournie. La diversité et l'étendue des impacts sont cependant plus restreintes, car il s'agit essentiellement d'impacts physico-chimiques sur les matériaux, ce qui contribue à l'existence d'une communauté scientifique soudée. Les théories économiques sont par ailleurs bien adaptées à l'évaluation des biens et services marchands liés à l'entretien des bâtiments, ce qui explique la large utilisation d'indicateurs économiques pour en évaluer les impacts sur l'environnement (O'Connor & Spash, 1999). Ces indicateurs sont très simples et représentent les impacts finaux et non des impacts intermédiaires. Ils ne font cependant pas de lien entre l'émission de polluants et l'intensité de la dégradation. Ils font en outre appel à des concepts plus ou moins controversés comme le consentement à payer, pour traduire en terme économique la valeur d'un patrimoine qui n'est pas lié à un marché, comme celle d'un monument historique qui relève de la culture (Spash & Hanley, 1993). Malgré ces deux critiques, nous envisageons par simplicité de sélectionner le coût économique de l'entretien du patrimoine bâti pour évaluer les impacts environnementaux de la dégradation du patrimoine bâti commun et culturel.

Les spécialistes de la santé sont très nombreux et bien structurés, ce qui donne une littérature de qualité notamment en matière d'indicateurs (Chiron & coll., 1996). Cependant, l'hétérogénéité des impacts traités par des spécialités différentes n'a guère permis de mettre au point d'indicateur synthétique des impacts sanitaires. Un seul indicateur global de la pollution sanitaire restreinte directe existe à notre connaissance : le potentiel de toxicité (PT) qui correspond à la somme des émissions de polluants pondérées par la toxicité de chaque polluant (Huijbregts, 2000a). Il n'existe cependant que très peu de consensus autour de cet indicateur. Étant donnée l'importance de cet impact, nous envisageons de nous appuyer sur un collège de spécialistes pour construire un nouvel indicateur de pollution sanitaire restreinte directe.

Les mêmes constatations peuvent être formulées pour l'écotoxicité directe, où il existe également un indicateur semblable au PT, le potentiel d'écotoxicité (PET) (Huijbregts, 1999), mais qui ne bénéficie pas non plus d'un grand consensus.

Enfin, en ce qui concerne l'eutrophisation, l'acidification, la pollution photochimique et le trou de la couche d'ozone, les spécialistes, principalement biologistes, écologistes, chimistes et experts de la santé, semblent assez nombreux, mais dispersés. La littérature fait le point sur les mécanismes physico-chimiques et sur les impacts écologiques et sanitaires de ces quatre impacts.

Les travaux de chimistes permettent en outre de proposer des indicateurs synthétiques, construits comme le PRG : le potentiel d'eutrophisation (PE) (Huijbregts, 2000b), le potentiel d'acidification (PA) (Huijbregts, 2000b), le potentiel de création d'oxydants photochimiques (PCOP) (Anderson-Skold & coll., 1992 ; Derwent & coll., 1998), et le potentiel de destruction de la couche d'ozone (PDO) (Solomon & Albritton, 1992). Ces indicateurs bénéficient là encore d'un consensus relativement faible.

On recense donc dans la littérature un indicateur d'impact pour chaque type de pollution (cf. tableau 1). Ces indicateurs sont construits pour une très large majorité selon la même structure que celle du PRG, à l'exception de la dégradation du patrimoine bâti commun et culturel évaluée à l'aide d'un indicateur économique. Ils établissent généralement une relation entre les émissions de polluants et un impact caractéristique d'un type de pollution, ce qui permet d'évaluer simplement la contribution des transports à chaque type de pollution. L'impact retenu comme caractéristique est systématiquement situé au début de la chaîne des impacts, faisant ainsi indirectement l'hypothèse que l'intensité des impacts finaux est proportionnelle à celle de cet impact initial, ce qui est des plus approximatifs. Ils sont malgré tout largement utilisés à l'heure actuelle dans les analyses de cycle de vie des produits, et ils nous semblent constituer les seuls outils disponibles actuellement pour effectuer une évaluation agrégée des types de pollution atmosphérique induits par les transports.

3 – Architecture d'agrégation de la pollution de l'air

La diversité des types de pollution de l'air ne permet pas d'évaluer globalement l'ensemble de ses impacts sur l'environnement, sans agréger les différents types de pollution (Faucheux & O'Connor, 1998). Or agréger ou arbitrer entre des types de pollution aussi différents que l'effet de serre et la dégradation du patrimoine bâti historique, ou les impacts sanitaires et la pollution sensible, dépendent de préférences personnelles ou collectives. Pour éviter de faire appel à une procédure de synthèse souvent personnelle, non justifiée, opaque, on propose d'élaborer une architecture d'agrégation des types de pollution atmosphérique, donc des indicateurs. Cette architecture devrait permettre d'assister l'utilisateur de l'indicateur à agréger les différents types de pollution, et à dégager les types de pollution de l'air qui lui semblent les plus importants.

En effet, seuls la société concernée ou ses représentants ont la légitimité de faire de tels arbitrages (Funtowicz & coll., 1997) ; les scientifiques ne peuvent que faciliter l'expression de ces arbitrages et en aucun cas se prononcer en tant que scientifiques sur la prédominance de tel ou tel impact. Il convient pour cela que la société ou ses représentants soient à même de distinguer les dix types de pollution retenus. Or si les quatre cibles affectées par la pollution atmosphérique (le globe, la nature, l'homme, le patrimoine bâti) sont bien distinguées socialement, seuls sept types de pollution le sont : l'effet de serre, le trou de la couche d'ozone, les effets sur les écosystèmes, la pollution sanitaire, la pollution sensible, la dégradation du patrimoine anthropique commun, et la dégradation du patrimoine bâti culturel (cf. tableau 2). Cette distinction est en outre assez fragile, car elle est basée uniquement sur la connaissance des termes et non de leur signification précise (Weber & Vanolli, 1986). Bien qu'on espère dégager d'une enquête nationale, conduite actuellement par l'Inrets sur la perception de l'environnement, une typologie socialement pertinente plus robuste, on ne peut que conclure aujourd'hui que la typologie socialement pertinente ne correspond pas à la typologie en dix types établie scientifiquement.

Une architecture d'agrégation plus complexe est donc nécessaire. Nous proposons une structure d'agrégation directe par cible, et sur une structure indirecte par le biais de trois dimensions bien connues de chacun : les cibles, l'espace et le temps.

Structure d'agrégation directe par cible

Ici l'agrégation des types de pollution s'effectue selon la préférence que l'on accorde à chaque cible affectée, à laquelle correspond un à quatre types de pollution distingués socialement et deux à quatre types de pollution scientifiquement définis (cf. tableau 2). Ainsi, plus un utilisateur (décideur par ex.)

privilégie la cible globe, plus il accorde de l'importance à l'effet de serre et au trou de la couche d'ozone. Ces deux types de pollution peuvent alors être agrégés au sein de la pollution affectant principalement le globe.

Cette agrégation ne peut être que partielle, car à un type de pollution distingué socialement correspondent parfois plusieurs types de pollution établis scientifiquement. On relaie donc, très ponctuellement, l'agrégation sociale ou politique par cible à l'aide d'une agrégation par la communauté scientifique. Ainsi l'écotoxicité directe, l'acidification, l'eutrophisation et la pollution photochimique doivent être agrégées par ce biais au sein des effets sur les écosystèmes.

Ce biais sans légitimité et la faiblesse de la distinction sociale qui repose uniquement sur la connaissance des termes nous incite à proposer une structure d'agrégation complémentaire, afin de rendre plus robuste notre architecture d'agrégation.



Cibles	Types de pollution de l'air distingués			Impact global
	scientifiquement	socialement	/ cibles et échelles	
Globe	Effet de serre	Effet de serre	Effet de serre	pollution de l'air
	Trou de la couche d'ozone	Couche d'ozone	Couche d'ozone	
Nature	Ecotoxicité directe	Effets sur la nature	Ecotoxicité directe	
	Eutrophisation		Eutrophisation + acidification	
	Acidification		Pollution photoch.	
Pollution photochimique	Pollution sanitaire			
Homme		Pollution sanitaire restreinte directe	Santé rest. directe	
	Pollution sensible	Poll. sensible	Bien-être	
Patrimoine	Dégradat. patrimoine bâti commun	Bâti commun	Bâti commun	
	Dégradation patrimoine bâti culturel	Bâti culturel	Bâti culturel	
 <i>Agrégation par des spécialistes</i>			 <i>Agrégation politique</i>	

Tableau 2 : Structure d'agrégation indirecte des types pollution de l'air selon la cible affectée et les échelles spatio-temporelles des processus

Structure d'agrégation indirecte

Cette seconde structure d'agrégation s'appuie sur la dimension cible et deux autres dimensions connues de tous : le temps, et l'espace, avec l'objectif de distinguer ainsi des types de pollution qui ne le sont pas socialement ni par le biais des seules cibles. Ces trois dimensions sont assez pertinentes pour l'agrégation car à une cible, une échéance temporelle (court, moyen ou long terme) et une caractéristique géographique (global, régional, local) ne correspondent généralement qu'un type de pollution défini scientifiquement parmi les dix. Les seules exceptions sont :

- l'acidification et l'eutrophisation (cible : nature, régional, moyen terme),
- l'effet de serre à moyen terme et le trou de la couche d'ozone (global, moyen terme),
- la pollution sensible et la pollution sanitaire restreinte directe de courte échelle spatio-temporelle (cible : homme),
- les dégradations des patrimoines commun et culturel (bâti, local, moyen et long terme).

Le premier cas ne peut qu'être traité à l'aide de la communauté scientifique, car il concerne des pollutions indissociables socialement, directement ou indirectement. Les trois autres cas correspondent à des types de pollution distingués socialement, qui ne posent donc pas de problème d'agrégation (cf. tableau 2).

On observe aussi que l'écotoxicité, la pollution sanitaire restreinte directe, et les dégradations des patrimoines commun et historique sont peu ou pas différenciées temporellement. Cela revient à désagréger certains types de pollution définis scientifiquement, ce qui pourrait aider à la mise au point d'un indicateur global de pollution sanitaire restreinte directe par exemple.

On propose enfin de s'appuyer sur des enquêtes ou d'autres méthodes participatives comme les forums pour définir le nombre de classes spatio-temporelles et leur limites (court, moyen, long terme ; local, régional, global), et pour connaître le niveau de préoccupation sociale correspondant à chacune des dimensions. On croisera finalement les niveaux de préoccupation correspondant aux structures d'agrégation directe et indirecte de manière à produire un résultat moyen probablement plus robuste que chacun d'eux.

Conclusion

La typologie de la pollution de l'air que nous proposons contribue à identifier de manière scientifique et transparente les différents types de pollution à prendre en compte dans un indicateur de la pollution de l'air. À chaque type de pollution caractérisé par une catégorie d'impact environnemental spécifique doit correspondre un indicateur qui ne peut qu'être le fruit d'une collaboration entre spécialistes de cette catégorie d'impact. On identifie ainsi un indicateur par type de pollution, bien que certains d'entre eux ne bénéficient pas d'un large consensus scientifique. Il serait tout à fait souhaitable que soient mis au point des indicateurs plus pertinents et bénéficiant d'un réel consensus de la communauté scientifique correspondante. C'est notamment le cas de la pollution sanitaire directe restreinte, et secondairement de la dégradation du patrimoine historique bâti, de l'écotoxicité directe, de l'eutrophisation, de l'acidification, de la pollution photochimique et du trou de la couche d'ozone.

Nous proposons d'agréger ces types de pollution et leurs indicateurs correspondants à l'aide d'une typologie perçue ou pertinente socialement, moins détaillée que la typologie définie scientifiquement, ainsi qu'à l'aide d'une méthode directe basée sur la différenciation des grandes cibles affectées, et d'une méthode indirecte associant les dimensions spatio-temporelles. Cette architecture permet d'encadrer l'agrégation des types de pollution atmosphérique dans un processus scientifique, en assistant l'utilisateur pour attribuer une préférence à chacun des types de pollution définis scientifiquement, y compris s'ils ne sont pas distingués socialement grâce aux agrégations directe et indirecte. Cette méthode devrait permettre de construire un indicateur d'impact global de la pollution de l'air.

Remerciements

Les auteurs remercient l'Ademe pour son soutien financier.

Références

- Anderson-Skold Y., P. Grennfelt & K. Pleijel (1992): Photochemical ozone creation potentials: a study on different concepts. J. Air Waste Management Assoc., vol 42, n° 9, p. 1152-1158.
- Académie des sciences (1993) : Ozone et propriétés oxydantes de la troposphère. Tec & Doc, Paris, 262 p.
- Académie des sciences (1998) : L'ozone stratosphérique. Tec & Doc, Paris, 270 p.
- Campagna D., S. Cassadou, C. Declercq, D. Eilstein, L. Filleul, A. Le terre, S. Medina, C. Nunes, L. Pascal, H. Prouvost, P. Saviuc, A. Zeghnoun & P. Quenel (2002) : Programme de surveillance air et santé 9 villes - Surveillance des effets sur la santé liés à la pollution atmosphérique en milieu urbain - Phase II. Revue synthèse INVS, Paris, 24 p.
- Chiron M., J. Donati, B. Festy, P. Quenel, D. Zmirou, G. Aubertin, J. Bignon, A. Deloraine, C. Elichegaray, J.F. Gonnet, M. Jouan, D. Lafon, Y. Le Moullec, S. Medina, I. Momas, A. Pichard, R. Stroebel & B. Wallaert (1996) : La pollution atmosphérique d'origine automobile et la santé publique - Bilan de 15 ans de recherche internationale. Soc. française santé publique, Coll. santé et société, vol 4, Paris, 251 p.
- COST 356 (2005-2010) : Outils de mesure de la durabilité environnementale des transports / *EST - Towards the definition of a measurable environmentally sustainable transport*. <http://cost356.inrets.fr>
- De Boer J., J. Van der Linden & J. Van der Pligt (1987): Air pollution, annoyance and coping. Proc. Int. Symp. "Environmental annoyance: Characterisation, measurement, and control", Amsterdam, The Netherlands, 15-18 Sept., 1986, Oxford Elsevier Science Pub., p. 165-174.
- Derwent N.G., M.E. Jenkin & S.M. Saunders (1998): Photochemical ozone creation potentials for organic compounds in Northwest Europe calculated with a master chemical mechanism. Atm. Env., vol 32, p. 2429-2441.
- Diren, Ademe, CSTB & LMH (2004) : Les effets de la pollution atmosphérique sur le patrimoine bâti. <http://www.pays-de-la-loire.drivre.gouv.fr/Env/AI/AIe/8.pdf> (consulté le 05/03/04)
- Faucheux S. & M. O'Connor (1998): Valuation for sustainable development - Methods and policy indicators. Edward Elgar, Cheltenham, UK, 350 p.
- Finnveden G. & P. Östlund (1997): Eutrophisation as an impact category - State of the art and research needs. J. Life Cycle Anal., vol 4, n° 6, p. 311-314.
- Fuladi A.E. (2002) : Macro pollution - Les pluies acides - Causes, Impacts, Mécanisme de contrôle, Stratégie canadienne. Univ. Montréal, Montréal, Québec, 45 p.
- Funtowicz S., M. O'Connor & J. Ravetz (1997): Emergent complexity and ecological economics - Economy and ecosystems in change. In "Economy and Ecosystems in Change - Analytical and Historical Approaches". Edward Elgar, Cheltenham, UK, p. 75-95.
- GIEC (2001) : Bilan 2001 des changements climatiques - Les éléments scientifiques. GIEC, 90 p.
- Goger T. (2006) : Un indicateur d'impact environnemental global des polluants atmosphériques émis par les transports. Thèse, Insa Lyon, 28 nov. 2006, et rapport Inrets, n°LTE 0633, Bron, France, 283 p.
- Guinee J.B., M. Gorree & R. Heijungs (2002): Handbook on Life Assessment. An operational guide to the ISO standard. Kluwer Academic, London, UK, 704 p.
- Huijbregts M.A. (1999): Ecotoxicological effect factors for the terrestrial environment in the frame of LCA. Univ. Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands, 22 p.
- Huijbregts M.A. (2000a): Priority assessment of toxic substance in the frame of LCA - Time horizon dependency in toxicity potentials calculated with the multi-media fate, exposure and effect model USES-LCA. Univ. Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands, 12 p.

- Huijbregts M.A. (2000b): Spatially explicit characterization of acidifying and eutrophying air pollution in life-cycle assessment. J. Industrial Ecology, vol 4, n°3, p. 125-142.
- Joumard R., C. Lamure, J. Lambert & F. Tripiàna (1995) : Politiques de transport et qualité de l'air dans les agglomérations. Rapport Inrets, n° LEN 9515, Bron, France, 125p.
- Labrot F., D. Ribera, G. Tisnerat, R. Cabridenc & J.F. Narbonne (1996) : Contamination des écosystèmes et effets biologiques dans l'environnement. Lavoisier, Paris, p. 3-17.
- Moch A. & I. Roussel (2000) : Représentation et évaluation de la pollution atmosphérique dans l'agglomération de Dunkerque. Rapport APPA, Lille, France, 82 p.
- O'Connor M. & C.L. Spash (1999): Valuation and the environment - Theory, method and practice. Edward Elgar, Cheltenham, UK, 300 p.
- OMS (1999): Environment health Indicators - Framework and methodologies. OMS, Geneva.
- Potting J., W. Schöpp & K. Blok (1998): Comparison of the acidifying impact from emissions with different regional origin in life-cycle Assessment. J. Hazardous Materials, vol 61, p. 155-162.
- Rey G. & M. Hermeline (1994) : L'Europe et la forêt. ONF, chap. V11, Paris, 15 p.
- Solomon S. & D.L. Albritton (1992): Time-dependant ozone depletion potentials for short and long term forecast. Nature, vol 357, p. 33-37.
- Spash C.L. & N. Hanley (1993): Cost-benefit analysis and the environment. Edward Elgar, Cheltenham, UK, 270 p.
- Weber J.L. & A. Vanolli (1986) : Les Comptes du Patrimoine Naturel. Rapport Insee, Série D, n°535-536, 552 p.