

La mesure dans l'environnement et son utilisation

La mesure, base incontournable de la gestion des risques. Comment doit-on la pratiquer ?

par **Paul-Henri Bourrelier**
Club Crin-Environnement

En m'inspirant des travaux et débats du Club Crin-Environnement [1], ainsi que des études actuelles sur les indicateurs et instruments de la politique de l'environnement et de la gestion des risques [2], je rappellerai d'abord la nécessité d'une bonne pratique de la mesure ; j'aborderai ensuite les problèmes de l'exploitation des mesures ; dans une troisième partie j'évoquerai enfin la fonction de la surveillance dans un objectif de développement durable.

La bonne pratique de la mesure

Il n'est pas inutile de rappeler que la bonne pratique de la mesure implique le respect de

règles qui sont celles de la métrologie ; celles-ci sont trop souvent perdues de vue ou mises en défaut quand il s'agit d'environnement.

En effet, la mesure dans l'environnement, qui n'est pas la mesure de propriétés d'un objet bien défini introduit dans un laboratoire, mais un ensemble de mesures diverses dans des lieux disparates, doit relever trois défis.

L'accès aux milieux dans lesquels les mesures sont à effectuer représente une forte contrainte : ces milieux sont hétérogènes, variables, souvent agressifs, d'approche parfois difficile. Le vivant, notamment, est un milieu particulièrement complexe dont l'investigation est en pleine révolution. Même pour les exutoires tels que les cheminées et les conduites d'eaux usées ainsi que les sites où s'effectuent des prélèvements tels que les captages d'eau potable, il subsiste des difficultés à surmonter, essentiellement liées aux questions

de représentativité des échantillons.

La dilution et les réactions dans des milieux quasi illimités se traduisent d'abord par des problèmes d'échelle et par la difficulté de mesurer de faibles doses. Il s'agit là d'une difficulté conjointe à la métrologie et à l'épidémiologie ou à l'éco-toxicologie. Mais il y a aussi une variabilité spatiale qui se manifeste à toutes les échelles : l'approche des référentiels permet de mettre en évidence les « anomalies », par contraste avec le « fond », représentatif d'une situation moyenne. La variabilité s'exprime aussi par la spéciation - forme ou changement d'espèce - caractéristique essentielle de la réactivité du milieu considéré et des risques correspondants.

Les échelles du temps sont extrêmement diversifiées. Il y a des milieux et des perturbations à « constante de temps » courte qui obligent à un suivi continu

ou à des mesures fréquentes; d'autres sont plus stables et n'exigent qu'une surveillance à périodicité large. La pollution de l'air en milieu fermé expose quasi immédiatement le travailleur; la pollution d'un cours d'eau par un rejet a un effet sur l'utilisation de la ressource à l'aval après plusieurs jours ou plusieurs semaines; l'accident de Tchernobyl se manifeste par un accroissement des maladies dans la région autour de la centrale plusieurs années plus tard; l'utilisation massive de carbone fossilisé peut modifier le climat sur l'ensemble de la planète à l'échelle du siècle... La préoccupation du développement durable conduit à modéliser des évolutions à très long terme.

L'évaluation de l'impact de pollutions est une chaîne dont les maillons vont de la mesure à l'exploitation de ses résultats pour obtenir une information utilisable, estimer les risques, informer, décider. Il est bon qu'un cahier des charges préalable précise les objectifs visés, prenne en compte la nature du milieu, fixe la périodicité des mesures, la nature des polluants détectés ou analysés, la technique de mesure et les matériels utilisés.

Je laisserai pour l'instant de côté la question fondamentale du choix des grandeurs à

mesurer. Par contre, j'insisterai sur cinq obligations qui s'imposent en tout état de cause.

1 - Respecter les règles classiques concernant la mesure et l'évaluation de son incertitude

Quel que soit le milieu - air, eau, sol et sous-sol, vivant -, la première étape de la définition d'une *procédure analytique* consiste à préciser les *conditions d'échantillonnage* en fonction du milieu et à choisir le type de la mesure.

En ce qui concerne l'échantillonnage, il convient de fixer une règle de prélèvement des échantillons en fonction des objectifs assignés à la mesure. Il peut s'agir de surveillance de fond, de contrôles effectués en continu ou non, sur site ou en laboratoire, d'étude approfondie après un accident... Ces prélèvements doivent répondre à des règles statistiques rigoureuses et tenir compte des modèles de diffusion spatiale et temporelle des émissions.

Viennent en second lieu, les opérations de *prélèvement d'échantillons, de transport et d'analyse* qui doivent être effectuées avec des matériels ayant fait l'objet d'une évaluation, selon un protocole codifié, pour que les comparaisons

spatiales et temporelles aient un sens. Les incertitudes doivent, dès ce niveau, être évaluées.

Le *traitement* des échantillons ponctuels et leur analyse est la phase suivante.

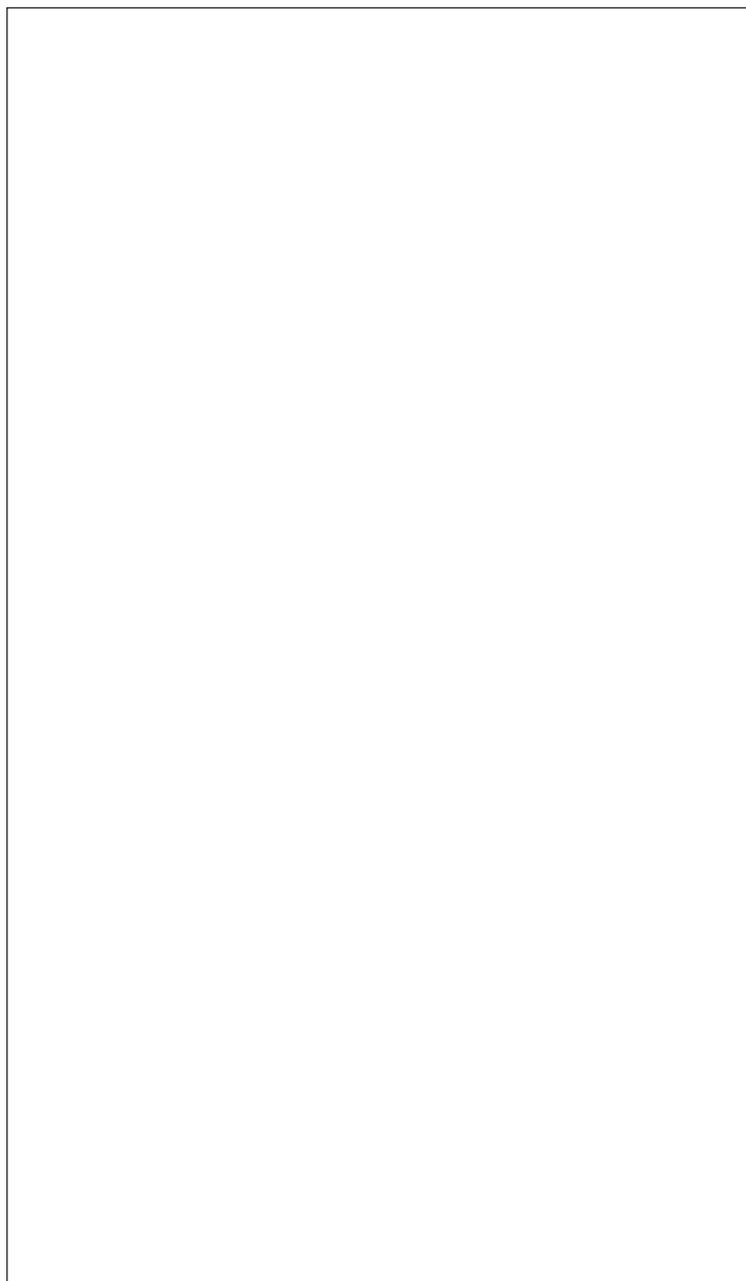
La mise en œuvre de la bonne pratique de la mesure passe par l'établissement de procédures. Le respect rigoureux des règles d'une bonne pratique scientifique comporte, notamment, les exigences suivantes :

- ✓ la mise au point ultime des appareils de mesure doit être faite in situ : il y a loin d'un bon fonctionnement en laboratoire à celui en milieu hostile ou sur site pollué ;
- ✓ le contrôle des appareils, notamment de leurs éventuelles dérives dans le temps, doit être régulièrement effectué par des instances habilitées, en respectant les règles du contrôle de la qualité ;
- ✓ des mesures doivent être faites en limite de site.

Ces exigences s'appliquent aussi bien aux mesures de laboratoire qu'aux mesures in situ, effectuées en continu ou de façon discontinue.

Pour l'ensemble de la chaîne métrologique, il est nécessaire de développer des intercompar-

J.M. Turpin



Pollution de l'air en Ile de France : un contrôle d'Airparif (avril 1996)

raisons entre les résultats provenant d'appareils, de méthodes, de centres de mesure différents, d'imposer la compréhension des différences éventuelles et l'obligation de les corriger : le peu d'essais inter-laboratoires est

à l'origine de la non-fiabilité de beaucoup de résultats actuels.

Enfin, il convient aussi d'assurer aux étalons du système international d'unités (SI) des mesures et analyses effectuées

pour la surveillance et l'étude de l'environnement une meilleure définition et lisibilité de la traçabilité. Ce raccordement métrologique est en effet nécessaire pour assurer la cohérence intersectorielle des analyses, leur équivalence et leur reconnaissance internationale ainsi que leur fiabilité et pérennité à long terme. Les modalités de raccordement aux étalons nationaux mis en place et conservés en France par le Bureau national de métrologie mériteraient à ce titre d'être précisées et améliorées selon les besoins.

2 - Agréer ou certifier

Les procédures d'agrément - par la puissance publique - et de certification - par un organisme agréé - constituent désormais des leviers incontournables pour garantir la qualité des systèmes de mesure. La France a pris du retard pour les procédures relatives à la métrologie de l'environnement qu'il est difficile de faire financer par des professions ; il convient de mettre rapidement en place, là où elles font défaut, des instances officielles d'agrément ou de certification, et il est important d'agir pour obtenir leur reconnaissance internationale. Les utilisateurs doivent pouvoir s'adresser à un panel de laboratoires reconnus pour la qualité

de leur évaluation, utilisant un protocole de contrôle mis au point collectivement, incluant une liste de spécifications à tester systématiquement et à comparer à celles du constructeur. Des organes officiels peuvent compléter ces dispositifs en oeuvrant dans un domaine plus restreint : ainsi, l'Exera, là où elles font encore défaut, archive et met à la disposition de ses membres de telles évaluations ; une structure du type Certifelec pourrait jouer un rôle officiel de garant de la qualité.

Il y a une relation entre cette situation et le retard français pour l'application du règlement européen d'« éco-audit » ; une enquête [3] comparative entre la France, l'Allemagne, les Pays-Bas et le Royaume-Uni, réalisée sur la demande des associations *Les Amis de la Terre* et *Entreprises pour l'Environnement* démontre de façon frappante le caractère dissuasif de l'intervention publique, omniprésente en France, contrairement aux trois autres pays dans lesquels l'organisation d'accréditation est indépendante de l'Etat. « En France, le ministère de l'Environnement devrait veiller à être davantage un catalyseur qu'un organisateur en laissant aux industriels et à leurs partenaires, comme en Allemagne, la responsabilité d'organiser eux-mêmes leur activité ». Dans ce contexte, avoir recours à des

Agences de régulation agissant dans le cadre de délégations précises et sous contrôle, tout en donnant une forte impulsion à tous les relais professionnalisés de la société civile qui sont proche du terrain paraît être la voie d'avenir.

3 - S'adapter à la variabilité dans le temps et dans l'espace et penser les réseaux

Dans les milieux dont *l'évolution peut être très rapide* (air, rejets industriels, inondations), lorsqu'elle est possible, la mesure en continu permet de suivre les « pointes » de pollution dont la connaissance est complémentaire de celle du « bruit de fond ».

Dans les milieux dont *l'évolution est lente* (sol, sites pollués, jus de décharges, environnement urbain...), les mesures périodiques sont suffisantes mais les problèmes d'échantillonnage et de la mesure des *accumulations demandent des capteurs spécifiques*.

Les difficultés liées à la *variabilité spatiale* se combinent à celles dues aux évolutions temporelles. Les problèmes de représentativité spatiale, tels que le choix de l'emplacement des détecteurs, de l'échantillon prélevé... sont complexes. L'utilisation de labora-

toires mobiles et l'application des techniques 2D et 3D permettront d'aider à résoudre ces problèmes de façon élégante et efficace.

Dans le cas de sites pollués, les mesures in situ et les techniques de « scanning » sont à développer pour localiser rapidement les zones suspectes qui pourront faire l'objet d'investigations complémentaires approfondies.

Ces considérations montrent combien il est nécessaire d'être rigoureux dans le premier maillon de la chaîne de mesure. Pour des milieux très hétérogènes, par exemple des chargements de déchets, les règles de l'échantillonnage (qui est une application de la géostatistique), comme la pratique, ne sont pas suffisamment enseignées et les milieux évolutifs posent des problèmes souvent mal résolus. En particulier, il n'existe pas de préconisations qui prennent en compte l'ensemble « échantillonnage et mesure ». Dans le cas, par exemple, de l'analyse en continu des eaux, la filtration imposée par la technique est contraire à la norme, les composés filtrés étant partiellement pris en compte dans l'analyse instrumentale.

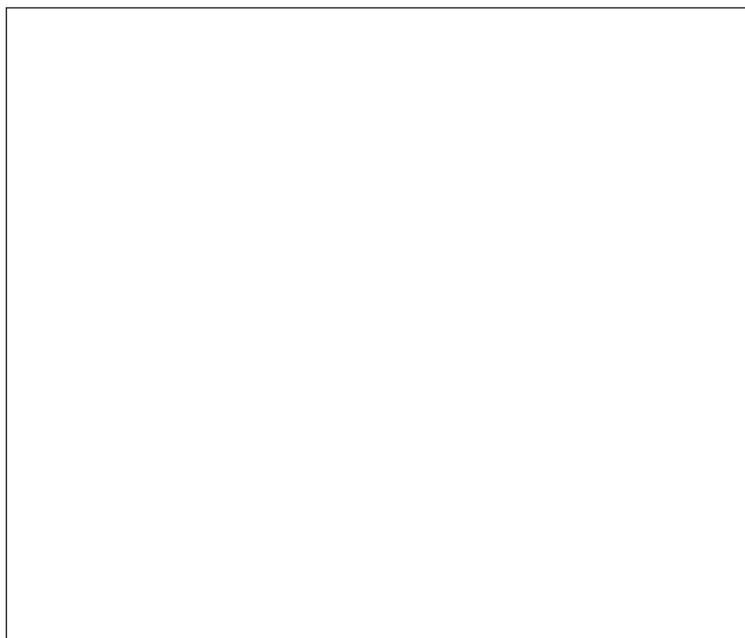
Devant ces difficultés liées à la variabilité, on peut retenir quelques idées-forces :

✓ il existe dès à présent une panoplie de méthodes et d'instruments qui permet de fournir des réponses, au moins dans une première approche ;

✓ de façon systématique, il convient d'opérer par déploiement de réseau, c'est-à-dire par la mise en place d'un ensemble de stations de mesures coordonnées ;

✓ les choix relatifs à la conception et à l'équipement des réseaux doivent être raisonnés pour tenir compte des caractéristiques du milieu et des objectifs de la surveillance (patrimoniale ou d'alerte) ; ces objectifs doivent être exprimés de façon précise en termes de performances rapportées aux coûts, ce qui est rarement le cas actuellement.

Pour l'heure, il existe des réseaux fort disparates de mesure de la qualité de l'air (gérés par des associations), des eaux continentales contrôlées par les Agences de bassin et des eaux côtières contrôlées par l'Ifremer (qui collecte depuis 25 ans les données fournies par des laboratoires agréés, et exploitées selon des méthodes d'analyse identiques), des sols forestiers, de l'environnement sonore urbain, des explosions de forte puissance et des secousses sismiques. C'est un



Thiaultier/Rea

Mesure acoustique dans un lotissement à 100mètres de la voie rapide N 104 à Torcy (avril 1998).

véritable inventaire à la Prévert !

A quelle échelle concevoir les réseaux ? Si on établit un système à plusieurs niveaux, comment articuler les données des réseaux primaires parallèles et comment regrouper leurs résultats pour établir la surveillance à un niveau plus global ? L'exploitation de données acquises à l'aide de méthodes de natures différentes (discrètes, continues, binaires, par degré...), correspondant à des échelles d'acquisition spatiales ou temporelles différentes soulève de multiples difficultés. Il y a manifestement des conditions nécessaires sinon suffisantes : choix commun des paramètres mesurés, harmonisation des protocoles opératoires et des

modèles... Une solution peut sans doute être plus facilement trouvée si on établit d'emblée une architecture d'ensemble et si la mise en place du réseau le plus étendu précède celle des réseaux de rang inférieur.

Il est clair que l'Etat peut donner l'impulsion, fixer le cadre légal et la méthodologie technique pour la mise en place de ces réseaux mais il n'a pas les moyens de les financer seul et son niveau d'intervention et l'origine fiscale des ressources ne sont souvent pas les plus appropriés. Il faut donc concevoir une architecture telle que les réseaux d'ampleur nationale soient relayés à des échelles plus circonscrites par des organismes locaux tels

que les Agences de l'eau ou par des collectivités locales, avec des financements qui pourraient être mieux ciblés sur l'ensemble des bénéficiaires.

✓ La tendance de l'instrumentation va vers la pratique de plus en plus fréquente de mesures par laboratoires mobiles ou en continu ; l'utilisation de moyens d'observation en trois dimensions, ouvre aussi des perspectives attrayantes.

Toutefois, il serait erroné de compter exclusivement sur l'automatisation et la sophistication ; la combinaison d'instruments classiques ou rustiques avec des outils perfectionnés doit rester la règle, ne serait-ce que pour que les observateurs gardent le contact avec la réalité : la mise au point de capteurs simples, bon marché, donnant des ordres de grandeur, reste ainsi une priorité.

4 - Faire un usage raisonnable des modèles

J'insisterai maintenant fortement sur les problèmes posés aujourd'hui par l'utilisation des modèles, outils dont on ne saurait se passer mais qui peuvent créer des illusions dangereuses.

Les modèles servent à décrire la propagation des perturbations, la dispersion et les réactions des polluants, à interpoler et à extrapoler les mesures dans les milieux et à reconstituer la chaîne sources-transfert-exposition ; de façon plus fondamentale, ils constituent un cadre intégrateur des connaissances et des données.

Cependant, on doit regretter le caractère très simplifié de bien des modèles, qui devraient être validés, ce qu'ils sont rarement. La validation d'un modèle consiste à vérifier qu'il est réellement représentatif et donne des résultats fiables (avec une indication d'incertitude) dans un domaine défini. La simple calibration d'un modèle, c'est-à-dire l'ajustement des paramètres pour caler les résultats sur les résultats d'une expérience, n'est nullement une validation.

L'incertitude relative aux résultats de la modélisation est donc difficile à apprécier ; la rigueur devrait inciter, bien souvent, à se contenter de la fonction essentielle de la modélisation dans le domaine des risques qui est d'aider à élaborer des scénarios réalistes. La modélisation permet d'établir une hiérarchie des causes et des voies d'exposi-

tion, d'évaluer l'efficacité de la prévention pour réduire les sources et de fixer pour ces sources des normes qui se réfèrent à leur nocivité et pas seulement aux possibilités techniques (meilleures technologies disponibles).

5 - Conserver les résultats dans des bases de données accessibles

Les résultats des mesures devraient enfin être collectés et pérennisés dans des bases de données accessibles. Un effort important pour surmonter de nombreux obstacles doit être fait afin que ces bases constituent un ensemble cohérent de données utilisables : le bouclage entre les informations sur les sources et sur les milieux n'est pas souvent réalisé, les séries sont discontinues, des biais statistiques et l'ignorance d'éléments importants limitent leur portée. La continuité et l'homogénéité des mesures pendant de longues périodes, comparées aux temps caractéristiques des fluctuations ou des tendances qu'on souhaite détecter, constituent un aspect important d'une stratégie de mesure.

De même, la connaissance des conditions de mesure et des incertitudes correspondantes

est trop peu formalisée et surtout mal conservée à travers le temps ; il importe de consigner les conditions expérimentales, appelées parfois meta-données, afin de permettre l'interprétation objective des mesures.

On notera que les données sont parfois présentées sous une forme cartographique dont l'élaboration implique une interprétation : ces cartes sont en réalité des modèles dont l'incertitude provient en partie de l'interprétation.

Les bases de données sont un outil indispensable mais souvent sacrifié car exigeant, coûteux, peu gratifiant pour les chercheurs et mal apprécié des instances politiques. On ne saurait donc trop insister sur le travail à réaliser et les moyens à mettre en œuvre pour rompre un véritable cercle vicieux.

L'exploitation des mesures

Les mesures ayant été supposées bien faites et convenablement stockées, j'examinerai maintenant un premier niveau d'exploitation : valeurs réglementaires, instruments régulateurs, dispositifs d'alerte, et indicateurs.

Comparaison aux valeurs réglementaires

Cette question suscite deux observations essentielles :

✓ D'abord on ne devrait pas fixer ces valeurs sans une évaluation des possibilités métrologiques et sans une réflexion sur l'incitation au progrès des mesures (qualité et coût) qui pourrait résulter de la réglementation. La collaboration qui s'impose dans le domaine n'est pas toujours réalisée à temps. Inversement la réglementation ne devrait pas être conduite seulement par le progrès des moyens d'analyse. Ces affirmations sont si triviales qu'il ne devrait pas être nécessaire d'insister !

✓ L'autre observation porte sur l'intégration par la réglementation des incertitudes inhérentes à la mesure. La réglementation ne devrait pas laisser dans le flou un certain nombre de précisions qui déterminent la mesure, par exemple les conditions spatiales et temporelles de l'échantillonnage ; ou, si elle laisse une certaine liberté dans le positionnement des appareillages, elle doit imposer que le traitement fournisse des résultats comparables. D'autre part, elle doit énoncer clairement ce qui doit être fait lorsque le résultat de la mesu-

re est tel que la valeur limite se trouve dans une zone d'incertitude (la position devrait d'ailleurs très logiquement tenir compte des incertitudes sur la relation dose/ effets et des possibilités de remédier à la situation dans un délai déterminé).

L'évolution récente de la réglementation européenne va dans ce sens et constitue de ce fait un progrès indéniable.

Utilisation des instruments économiques et commerciaux de régulation

L'analyse précédente sur les rapports entre mesure et règlements techniques peut être transposée, mutatis mutandis, aux autres instruments de régulation : fiscalité, redevance, assurance, marchés des droits à polluer, écolabels et écoaudits. On sait d'ailleurs que les recours et les arbitrages juridiques permis par le développement de la responsabilité reposent sur les mesures.

Mise en place de dispositifs d'alerte

Le déclenchement précoce des alertes et une bonne gestion de crise dépendent des mesures fournies par les réseaux d'alerte. Cette fonction

impose un traitement des données en temps réel avec, si possible, une certaine anticipation, une transmission appropriée aux populations et aux services de secours et la mise à la disposition des décideurs d'outils d'aide à la décision.

La prédictibilité dépend de la nature des phénomènes et de la qualité des mesures de surveillance. Les phénomènes sont plus ou moins précédés de signaux précurseurs identifiables par des capteurs appropriés : les éruptions volcaniques sont détectables à l'avance ; en revanche, on ne dispose pas encore de précurseurs fiables pour les séismes. Même dans les cas où un modèle appliqué à un phénomène isolé pourrait fournir des prédictions d'évolution, dans la nature, les événements s'entrecroisent avec d'autres faits perturbateurs ou causes de divergence qui ont un caractère aléatoire ; la connaissance des états initiaux est très approximative. La durée sur laquelle la prédiction est fiable et, par conséquent, crédible, s'en trouve raccourcie, surtout si les phénomènes passent par une phase « chaotique ». Au-delà d'une courte échéance de prédiction, la connaissance prend alors le caractère d'une simple prévision probabiliste détachée de toute date de réalisation, étayée par les séries his-

toriques d'accidents et l'analyse du retour d'expérience.

L'anticipation des dangers implique souvent des collaborations interdisciplinaires, par exemple entre les réseaux spécialisés et Météo-France, avec échanges de données, retour d'expérience... La qualité de la métrologie est une condition fondamentale de bon fonctionnement du dispositif.

Fabrication et utilisation d'indicateurs

Les indicateurs sont des mesures ou des indices construits à partir de mesures, sélectionnés en vue de renseigner de façon systématique sur une qualité, un risque, une évolution, une politique...

L'établissement d'indicateurs pourrait être l'aboutissement d'une démarche assez complexe qui n'a de sens que si les données sont assez représentatives et fiables, et si les objectifs sont assez clairs ; c'est donc une utopie. A défaut, ou en attendant que ces conditions soient réunies, il est préférable d'employer le terme de « descripteurs » qui évitera bien des illusions. L'IFEN me paraît sur ce point avoir une doctrine suffisamment prudente dont on peut recommander l'application.

Le concept de surveillance

On en vient finalement, inéluctablement, à s'interroger sur le sens même de ces mesures dans l'environnement ; il n'a été abordé qu'incidemment, mais lui seul peut les justifier et les orienter. A ce niveau, on est obligé d'élargir l'approche purement physique, chimique ou biologique à des dimensions sociologiques, médicales et éthiques. Plusieurs articles publiés dans *Responsabilité et Environnement*, notamment celui de M. Guy Zacklad sur la pollution de l'air et celui de M. Jean-Philippe Caruette sur l'appréciation du risque et les outils de management de l'environnement [4] ont déjà signalé l'importance de ces aspects.

En me limitant, dans le cadre de cet article, à des objectifs opérationnels, je soulignerai trois pistes qui me paraissent intimement liées à la mesure et aux objectifs de la surveillance.

La mesure comme outil de dialogue entre mondes scientifiques

Dire que la mesure est un instrument de dialogue et de transaction est la raison d'être, bien connue, de la métrologie.

La mesure dans l'environnement apparaît être comme en interface avec trois domaines de l'observation scientifique ou technique :

- ✓ les milieux naturels, hors de toute influence anthropique particulière,
- ✓ les milieux artificiels producteurs de perturbation : usines, véhicules, agglomérations urbaines...
- ✓ les populations humaines et les écosystèmes-cibles.

Les disciplines d'observation respectives : sciences naturalistes, technologie, épidémiologie, disposent de leurs réseaux spécifiques de mesure et d'analyse de l'univers, du système technique, de la population. La raison d'être de la surveillance de l'environnement est d'identifier et d'établir des passerelles et une chaîne qui permettent d'étudier la propagation des perturbations jusqu'aux voies d'exposition et aux effets. Un premier sens de la surveillance de l'environnement est de structurer les relations sources-transfert-effets. Cette ambition pose des problèmes sémantiques considérables et impose une véritable gymnastique culturelle pour transposer les concepts.

La mesure comme outil de la gestion des risques

La gestion des risques normalise un ensemble de processus d'évaluation et de décision qui, dans des domaines très différents, sont appelés à déterminer les comportements des entreprises, des collectivités, voire des individus. Ces processus reposent eux-mêmes sur des mesures. Les interventions dans le champ de l'environnement ne se réduisent pas à ce périmètre de la gestion des risques, car il y a des aspects techniques qu'il serait présumptueux de transcrire purement et simplement en termes de risques (le stress par exemple), mais je suis convaincu qu'il en constituera de plus en plus le noyau dur.

La surveillance comme outil de gouvernance environnementale

En dernier lieu, on peut considérer que la vigilance vis-à-vis de l'apparition de situations anormales, susceptibles de devenir inacceptables pour l'opinion, constitue un élément de la « gouvernance », entendue comme la capacité à employer les meilleures voies pour diriger une société, faire fonctionner un système. Il y a un lien direct entre la confiance qui permet de prendre des

décisions et le dispositif d'observation ; dans le domaine des réactions entre la société et le milieu naturel, c'est la surveillance de l'environnement qui apportera les réponses. Son architecture, constituée à partir des données élémentaires des mesures, est la clé d'une réponse moderne aux interrogations pour demain.

Bibliographie

- [1] • La surveillance de l'environnement - stratégie et bon usage de la mesure - les cahiers des Clubs Crin - Association Ecrin. Cet ouvrage a été présenté dans *Responsabilité et Environnement* n° 10. Rappelons que les Clubs Crin réunissent des scientifiques venant des entreprises, des centres de recherche et de l'administration.
- [2] • Travaux de l'IFEN sur des indicateurs du développement durable - Actes des séminaires "risques et gestion de crise" du CNRS.
- [3] • Evaluation de l'application du règlement unique « Eco-audit » dans quatre pays de l'Union européenne. Bénédicte Achard. Paris 1997.
- [4] • Responsabilité et Environnement n° 1, janvier 1996 : Pollution de l'air, l'état des incertitudes, par M. Guy Zacklad (Ministère de l'Industrie) et n° 6, avril 1997 : L'appréciation du risque et les outils de management de l'environnement, par M. Jean-Philippe Caruette (Direction Sécurité Environnement - Total).