

JOURNAL DE LA SOCIÉTÉ STATISTIQUE DE PARIS

MICHEL LENCO

Un faux « nouveau domaine » statistique : l'environnement

Journal de la société statistique de Paris, tome 116 (1975), p. 276-290

http://www.numdam.org/item?id=JSFS_1975__116__276_0

© Société de statistique de Paris, 1975, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la revue « Journal de la société statistique de Paris » (<http://publications-sfds.math.cnrs.fr/index.php/J-SFdS>) implique l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale. Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

II

ARTICLES

UN FAUX « NOUVEAU DOMAINE » STATISTIQUE : L'ENVIRONNEMENT

L'auteur montre que l'Environnement n'est pas un nouveau domaine statistique. C'est un révélateur qui met en évidence des lacunes et insuffisances numériques et méthodologiques des statistiques nationales ainsi que des défauts de coordination entre divers secteurs statistiques traditionnels

The author points out that Environment is not a new statistical field. It is a revealer which shows clearly numerical and methodological gaps and deficiencies of national statistics together with a lack of coordination between various traditional statistical fields.

Der Autor weist nach, dass das Problem der Umwelt kein neues statistisches Problem darstellt. Das ist eine Entdeckung, die die Lücken und die zahlenmässigen, sowie grundsätzlichen Unzulänglichkeiten der offiziellen Statistiken vor Augen führt, sowie den Mangel einer Coordination der verschiedenen « althergebrachten » Statistiken.

I — INTRODUCTION

Compte tenu de l'intérêt récent manifesté par la population et les pouvoirs publics au cours de la dernière décennie pour les questions touchant à l'environnement ⁽¹⁾, la nécessité de disposer d'un cadre (ou système) statistique de l'environnement et des informations numériques correspondantes pour suivre les mécanismes écologiques est apparue dans les pays, tout particulièrement parmi les nations industrialisées, ainsi que dans les organismes internationaux : Organisation des Nations Unies, Organisation de coopération et de développement économique, Communauté économique européenne, notamment. On observe donc une tendance naturelle à considérer l'environnement comme un nouveau domaine statistique.

Le fait que le champ de l'environnement tout comme la demande de données ⁽²⁾ soient encore mal cernés, que l'on connaisse insuffisamment les effets des phénomènes à moyen ou long terme sur l'homme et que par ailleurs les règlements et normes de tolérance

1. Le Groupe interministériel d'évaluation de l'environnement a défini l'environnement comme l'ensemble des éléments et phénomènes localisés tels que la modification de l'un ou plusieurs d'entre eux soit ressentie par l'homme.

2. Il est assez difficile de choisir les données à stocker pour des études longitudinales dans le temps ne connaissant pas quels sont les paramètres ayant l'incidence la plus forte. D'autre part, les statistiques sur les sciences naturelles sont très peu développées en France.

de qualité de l'air, de l'eau, du sol, des aliments, de l'habitat, etc., changent au cours du temps, accentue encore cette impression de nouveauté des statistiques de l'environnement.

Il semble bien qu'il s'agisse là, toutefois, d'un jugement hâtif, et que l'environnement mette surtout en évidence les insuffisances et lacunes de l'ensemble des statistiques nationales existantes plus qu'il ne constitue un secteur de connaissance vraiment nouveau.

II — INFLUENCE DU CADRE ADMINISTRATIF

L'organisation administrative des services chargés de l'environnement ne s'impose pas d'une manière forte et unique dans les différents pays. Si dans tous les États il existe toujours un ministère de l'Agriculture, de l'Industrie, etc., l'environnement constitue tantôt un ministère ou une délégation, tantôt est rattaché à un autre ministère : Agriculture et/ou Industrie, Santé publique, Aménagement du Territoire et/ou Collectivités locales, etc.

Cette diversité des situations nationales quant à l'implantation des services de l'État chargés des questions d'environnement, qui n'est pas sans incidence sur l'organisation du service des statistiques de l'environnement, traduit semble-t-il le besoin de faire prendre en considération des préoccupations d'environnement au sein des divers départements ministériels et dans les activités exercées dans le pays par les divers agents économiques, de promouvoir certaines actions et observer leur impact, de gérer les milieux naturels. Lorsqu'il existe un ministère ou une délégation de l'environnement, la priorité est donnée à l'action de coordination, lorsque l'environnement est rattaché à un ministère existant, l'accent est mis sur les actions à entreprendre dans certains départements ministériels ou à propos de certaines activités selon les pays (1).

L'environnement ne constitue donc pas un secteur de connaissance nouveau mais entraîne plutôt la prise en compte d'une nouvelle dimension dans l'action des pouvoirs responsables et dans les autres systèmes d'information classiques : secteur sociodémographique et consommation des ménages, secteurs agricole et industriel, équipement, aménagement du territoire, comptes globaux, etc. Cette dimension environnement est qualifiée de nouvelle car elle est souvent omise jusqu'à ces derniers temps dans les systèmes statistiques classiques qui ne se sont pas adaptés aux besoins d'information exprimés. L'introduction systématique de cette dimension rejoint le souci de coordination interministérielle qui vient d'être évoqué et renforce à certains égards le besoin de coordination dans la construction de l'édifice des statistiques nationales.

III — LA SITUATION FRANÇAISE

a) Ce n'est qu'en 1971 qu'un ministère de la Protection de la Nature et de l'Environnement délégué auprès du Premier ministre a été créé en France avant que l'environnement ne soit rattaché depuis 1974 au ministère de la Qualité de la Vie. Les services de l'environnement ont pour vocation de promouvoir des actions et des études préparant ces dernières, et de suivre les opérations réglementaires touchant à la protection de la nature ainsi que leur impact. L'environnement a une structure très légère et comprend un personnel relativement

1. La création de services officiels chargés de l'environnement et d'une réglementation ou législation propre a pour effet de susciter une demande d'informations statistiques.



peu nombreux d'origine diverse. En dehors de l'échelon central, il ne dispose que de correspondants dans les autres ministères et de délégués régionaux placés hors des structures administratives classiques ayant un rôle consultatif et disposant d'un atelier de paysage (1).

Le ministère de la Qualité de la Vie n'est pas doté de moyens en personnel et informatiques nécessaires pour mener à bien les travaux d'étude dont il a besoin, aussi les études du ministère sont-elles actuellement effectuées à la demande de ce dernier par des sociétés d'étude. L'environnement ne dispose pas non plus d'une infrastructure régionale, ni d'un réseau d'enquêteurs.

Comme le système statistique national est décentralisé dans les divers ministères, la mise en place d'un service statistique destiné à satisfaire les demandes d'informations en matière d'environnement doit épouser l'organisation de l'environnement au ministère de la Qualité de la Vie. Pour des raisons de structure administrative, l'implantation d'un service statistique ne peut être calquée sur le modèle des services statistiques d'autres ministères tels que l'Agriculture, l'Industrie, l'Équipement, l'Emploi et les Affaires sociales, les Transports, etc., chargés de la collecte, du traitement et de la gestion des informations de leur ressort.

Si les statistiques de l'environnement ne sont pas créées à l'I. N. S. E. E., le rôle du statisticien à l'environnement devrait donc consister :

— à rassembler ou à faire recueillir et traiter par les services extérieurs compétents les données utiles à l'environnement et à ses directions : Affaires générales, Protection de la nature, Prévention de la pollution et des nuisances, Mission de l'environnement rural et urbain, Recherche au secrétariat du Haut-Comité de l'environnement qui assure aussi le secrétariat du Groupe interministériel d'évaluation de l'environnement; il s'agit là de contacts techniques, d'une action de coordination générale du recensement des besoins et de définition d'un programme, ainsi que d'un travail de synthèse vis-à-vis d'organismes ne dépendant pas du ministère, qui sortent un peu du cadre des tâches habituelles du statisticien responsable d'un secteur donné;

— à procéder à des contacts avec les services centraux de l'environnement et les services extérieurs qui lui prêtent leurs concours pour organiser la saisie et la mise en forme de données ainsi que les études statistiques correspondant aux besoins : cette tâche découle du rôle classique de conseiller statistique d'un secteur donné;

— à participer aux études du ministère (et plus généralement sur l'environnement) ayant des implications statistiques et à préparer des publications sur l'environnement ayant des aspects statistiques marqués : présentation de résultats, études, brochures de vulgarisation, etc.; ces travaux conventionnels constituent le rôle plus habituel du statisticien spécialisé dans un ministère donné.

*
* *

On constate donc que le statisticien de l'environnement ne disposant pas d'une structure administrative régionalisée, ni d'un réseau d'enquêteurs, ni d'un équipement informatique, ne peut pas prendre en charge la gestion d'enquêtes nouvelles qui n'ont la possi-

1. Les six agences financières de bassin se sont occupées des problèmes de l'eau (et des déchets solides depuis peu). Ce sont des organismes sous tutelle, largement autonomes, dont la préoccupation principale est de fixer et de recouvrir des assiettes de pollution et de promouvoir la construction de stations d'épuration. On peut cependant envisager de les faire participer à certaines opérations statistiques de caractère technique (exemple : enquête auprès des établissements industriels dits polluants) à condition de prévoir des contacts spécifiques avec les statisticiens.

bilité d'être réalisées que par les services statistiques d'autres ministères ou par des façonniers privés. Les travaux de production de données du statisticien se limiteront alors à une participation à l'établissement des questionnaires, à l'arrêt des concepts et instructions, à la commande de tableaux et à l'analyse des résultats. On verra d'ailleurs que le nombre prévisionnel d'enquêtes nouvelles spécifiques à l'environnement est peu élevé. Le problème principal des statistiques de l'environnement réside dans la prise en compte systématique de la dimension environnement dans les systèmes statistiques existants, ce qui se traduit par l'introduction de concepts, rubriques et tableaux de résultats nouveaux dans les divers travaux des autres services producteurs d'informations. Là aussi le statisticien de l'environnement n'intervient que comme demandeur et non comme gestionnaire, et il éprouve des difficultés à faire accepter ses vues : soit que les responsables soient réticents pour modifier les questionnaires et programmes d'exploitation des enquêtes en raison de la rigidité des systèmes de collecte et de traitement, soit qu'ils hésitent à retenir des remarques montrant qu'ils n'ont pas su s'adapter à la demande d'information d'eux-mêmes par sclérose et auto-suffisance (1).

b) Certains problèmes statistiques de l'environnement sont très vastes et ont une portée encore plus grande que ceux déjà étudiés par l'Institut national de la statistique (I. N. S. E. E.). On peut citer, par exemple :

— les indicateurs de qualité de vie et du cadre de vie dépassent le domaine des indicateurs sociaux actuellement analysés ;

— la partition du territoire en zones d'étude homogènes pour l'environnement quant à la vulnérabilité du milieu et à la hiérarchie des agressants dépasse le niveau des découpages empiriques classiques des statisticiens en : régions, catégorie de communes, régions agricoles, zones de peuplement industriel et urbain, etc.

— les bilans-matières, généralisation des bilans en quantités physiques abordés dans le domaine de l'agriculture avec les bilans agricoles et alimentaires par produit et dans celui de l'énergie, mais trop souvent négligés en raison de la priorité accordée aux bilans monétaires et à la comptabilité nationale ; par ailleurs, les bilans en unités physiques sur les stocks ou patrimoines naturels suscitent un grand intérêt pour l'environnement afin d'élaborer ensuite des comptes écologiques, car la comptabilité nationale ne concerne que les flux monétaires de biens marchands et s'avère insuffisante pour analyser l'environnement, les progrès à attendre des comptes satellites n'étant pas assez importants selon toute vraisemblance.

* * *

Enfin, il faut ajouter que la nature des traitements des statistiques brutes de l'environnement exige souvent :

— le recours à des méthodes sophistiquées comme l'analyse multicritère, et tout particulièrement l'analyse factorielle des correspondances, pour comparer, sélectionner et

1. Cette quête de renseignements supplémentaires concerne des préoccupations qui peuvent encore n'être perçues que par un petit nombre de responsables ou spécialistes et être considérées comme nouvelles bien qu'elles anticipent sur des situations prévisibles (exemple : accentuation des nuisances dues aux phénomènes de concentration urbaine et industrielle et à la désertification au cours de la prochaine décennie). Pour peu que les services producteurs d'information soient en deçà de la demande ordinaire en leur domaine actuellement, l'écart entre la situation présente et les propositions de l'environnement risque donc d'être important et d'entraîner des négociations très difficiles ainsi qu'il est apparu déjà.

agréger des données numériques exprimées en unités différentes ou pour parvenir à une quantification ou un classement hiérarchisé de données qualitatives;

— la recherche de données physiques objectives couplées à des données de perception correspondantes (ex. : sensibilité au bruit).

Ces particularités accentuent la fausse impression que l'environnement est un domaine nouveau par rapport aux statistiques conventionnelles dans lesquelles ces techniques sont encore trop rarement utilisées. C'est ainsi que l'analyse factorielle des correspondances a permis :

— de dresser un zonage du territoire en fonction de la vulnérabilité du milieu puis de la pression des activités humaines, donc en fonction des risques écologiques; ce zonage servira à dresser des plans de sondage en vue d'effectuer et de rapprocher les relevés ou résultats d'enquêtes et dépouillements divers propres à l'environnement ⁽¹⁾;

— de montrer, en étudiant l'inventaire de la pollution des eaux 1971 comportant 60 analyses mensuelles en 1 200 points choisis sur le réseau hydrographique français et qui doit être repris en 1976, que des observations trimestrielles suffisaient, que l'échantillon n'était pas espacé convenablement le long des lacs et cours d'eau et était trop concentré à l'aval d'agglomérations, que les analyses de produits toxiques étaient de piètre qualité, que l'indice biotique était un bon critère de notation du degré de pollution des cours d'eau tenant compte également de l'effet de la qualité de l'eau sur le milieu aquatique, et surtout que l'on distinguait quatre familles de paramètres de pollution naturelle minérale ou organique ayant une évolution semblable au paramètre figurant en tête de chaque groupe :

1° K, Cl, Mg, Na, SO₄, NO₂;

2° Ca, conductivité, CO₃H;

3° DCO, DBO₅, NH₄, autoconsommation en oxygène dissous en 48 h., matières en suspension, détergents anioniques, orthophosphates;

4° O₂ dissous, index de saturation;

ainsi que le pH ou NO₃ qui ont un comportement particulier ⁽²⁾.

Ces résultats sont très importants pour l'établissement d'un indice synthétique de la qualité des eaux où l'on recherche à pondérer convenablement les observations (pour les extrapoler) et les paramètres les plus discriminants (pour les agréger).

c) Des constatations ci-dessus il ressort que la création du ministère de l'Environnement, puis du ministère de la Qualité de la Vie, et du G. I. E. E., a permis en France de mieux cerner et d'attirer l'attention sur les informations nécessaires à l'environnement en présentant un programme d'investigation statistique. Mais, du fait principalement que l'environnement constitue une dimension dans les autres systèmes d'information classiques, les statistiques de l'environnement mettent surtout en évidence des lacunes numériques et méthodologiques de l'édifice statistique national, ainsi que les liaisons insuffisantes des systèmes

1. On peut subdiviser le territoire national : soit en regroupements de communes et cantons juxtants, soit en regroupements de carrés géographiques jointifs de même dimension classés selon des mêmes caractéristiques géographiques, écologiques, démographiques, d'activités agricoles, industrielles, touristiques, etc.

Le découpage permet d'étudier les problèmes de désertification et de concentration de population ou d'activités humaines, de situation et de coût d'équipement des collectivités dans les zones de sous et de surdensité d'occupation de l'espace. Ce cadre rend possible l'analyse de l'incidence concomitante sur l'homme des divers facteurs de pollution, nuisance, disfonctionnement ou aménité en groupant judicieusement les renseignements. Le cadre d'étude permet l'examen des causes et des effets ou réactions, quitte à compléter l'information disponible pour des enquêtes ou études plus fines et détaillées pour certains besoins sur des échantillons de zones convenablement stratifiés (ex. : épidémiologie).

2. Cf. Étude des résultats de l'inventaire par la méthode d'analyse factorielle des correspondances, БЕРН, ministère de l'Agriculture, 1975.

statistiques sectoriels existants. Les statistiques de l'environnement relèvent finalement de la coordination statistique nationale entre les divers producteurs de renseignements. On voit mal comment les statistiques de l'environnement pourraient être rassemblées et traitées seulement par un service statistique au ministère de la Qualité de la Vie qui ne disposerait pas de réseau d'enquêteurs, ni d'équipement informatique, ni de moyens d'action techniques et administratifs auprès des divers services statistiques nationaux et d'organismes semi-publics et privés producteurs de données. L'engagement et la participation active de l'Institut national de la statistique sont indispensables.

IV — PROPOSITION D'AMÉLIORATION DE L'INFORMATION STATISTIQUE CONCERNANT L'ENVIRONNEMENT POUR LE VII^e PLAN

a) Les préoccupations en matière de statistiques d'environnement en France sont relativement récentes. Elles remontent à 1973 et ont été concrétisées par :

— l'organisation d'une mission pour dresser l'inventaire des données existantes et des besoins, afin de présenter des propositions d'amélioration et de développement des statistiques de l'environnement;

— la création d'un groupe « Statistiques, comptabilisation et concepts économiques » au sein du Groupe interministériel d'évaluation de l'environnement, où deux documents ont été discutés et approuvés :

- esquisse d'un système de statistiques de l'environnement ⁽¹⁾
- propositions d'amélioration de l'information statistique concernant l'environnement pour la période 1975-1980 ⁽²⁾ (document présenté également au Conseil national de la statistique et soumis au Commissariat général au Plan);

— l'ouverture d'un budget statistique en 1975 au ministère de la Qualité de la Vie;

— la diffusion du premier rapport chiffré sur l'environnement 1974, premier constat de la situation statistique existante ⁽³⁾ et première approche du champ couvert par l'environnement, suivi d'une seconde édition en 1975 apportant des informations complémentaires et comprenant une situation annuelle de l'environnement résumée en une trentaine de pages.

b) Un système de statistiques de l'environnement doit avoir pour objectif de décrire et d'analyser de façon quantitative :

— l'état de l'environnement et ses modifications;

— les relations entre l'environnement et les hommes : facteurs et activités affectant l'environnement et effets de l'environnement sur l'homme;

— les coûts, les avantages et effets des mesures préventives ou correctives et les éléments nécessaires à l'élaboration d'une politique d'environnement.

La description et l'analyse doivent concerner aussi bien l'étude des flux et des dysfonctionnements que celle des stocks, c'est-à-dire du patrimoine.

1. Évaluation de l'Environnement, recueil de textes 1973, *Documentation Française*.

2. Rapport annuel du Groupe interministériel d'évaluation de l'environnement, 1974, *Documentation Française*.

3. Environnement et cadre de vie, dossier statistique 1974, *Documentation Française*.

On peut donc distinguer deux sortes de données :

— statistiques sur l'occupation de l'espace et les ressources naturelles renouvelables et les nuisances qui les dégradent : pollution de l'air, de l'eau, du sol, bruit, déchets solides, produits toxiques;

— statistiques pour l'étude de l'effet des activités économiques sur l'état de l'environnement et de l'impact des opérations d'équipement et d'assainissement.

Le programme d'investigation statistique pour le VII^e Plan doit par ailleurs être coordonné avec le programme d'études de l'environnement. Il relève de considérations coûts-avantages, quant à la proposition à mener de front des actions sur des secteurs prioritaires : occupation de l'espace, accroissement et mise en ordre des mesures directes de pollutions ou nuisances, de produits toxiques, et d'étude des établissements industriels dits polluants ainsi que du cadre de vie dans les collectivités locales.

Le programme proposé ici tient compte des besoins et, implicitement, des moyens que l'on peut raisonnablement espérer voir mettre en œuvre d'ici 1980. Il illustre bien la situation française des statistiques de l'environnement.

Le développement des statistiques de l'environnement exige d'abord ainsi qu'on l'a vu des modifications, détails ou créations de nomenclatures et concepts, ainsi que des changements et introductions de rubriques dans les questionnaires d'enquête donnant lieu à de nouveaux tableaux d'étude dans les systèmes d'information statistique existants.

La centralisation et l'exploitation de renseignements sous-produits d'activités administratives doivent également être envisagées de façon systématique. Par exemple : travaux ayant une fonction protection de la nature et de l'environnement pour lesquels l'État ou les collectivités locales participent au financement (procédure, art. VI). Cette mise en œuvre exige des délais : organisation de la centralisation des documents en fonction d'un calendrier, amélioration de la qualité des informations (existence et précision des réponses, libellé en nombre de rubriques, nomenclatures), mise en forme des documents à des fins d'exploitation statistique. Il faut noter cependant que les statistiques issues de sous-produits administratifs constituent généralement des sources d'information pauvres, disponibles tardivement et souvent biaisées pour diverses raisons. On insistera davantage sur les nouvelles investigations à entreprendre.

c) Un effort prioritaire doit être accordé aux *statistiques annuelles d'occupation de l'espace* qui constituent des indicateurs privilégiés de l'environnement ⁽¹⁾.

1. Ces préoccupations se traduisent d'abord par une amélioration et une nouvelle orientation de l'enquête annuelle actuelle « utilisation du sol » du ministère de l'Agriculture sur les problèmes d'environnement, outre son aspect inventaire annuel portant sur plus de 550 000 points d'observation choisis aléatoirement sur un échantillon de photos aériennes (couverture I. G. N.) et visités par des enquêteurs. Cette enquête par sondage permet d'évaluer les évolutions des différentes catégories d'utilisation du territoire et de procéder à des projections dans le temps en raison de la permanence de l'échantillon ⁽²⁾. L'amélioration, commencée en 1974, porte vers deux directions :

— développement de la nomenclature concernant les utilisations non agricoles du sol (1/3 des cas);

1. L'Aménagement du territoire a tenu assez peu compte jusqu'ici des problèmes d'environnement et d'occupation de l'espace, donnant, une très large priorité aux emplois.

2. Les renseignements obtenus peuvent être confrontés avec d'autres sources : inventaire forestier national, cartes existantes, cadastre, etc. Cependant, le cadastre constitue une source d'information relativement pauvre pour l'environnement, les données sont de qualité hétérogène et sont actualisées à intervalles espacés.

— essai de classement indépendant des observations selon une nomenclature physique, selon une nomenclature d'emprise fonctionnelle et selon quelques critères permettant de classer le paysage environnant.

La partie paysage de l'enquête permettra de parvenir à une approche statistique du paysage à l'échelon de l'ensemble du pays, d'affiner l'appréhension au niveau central des problèmes de paysage (fréquences) en confrontant annuellement les résultats, de définir des tendances d'évolution de paysages de différents types, de hiérarchiser les priorités géographiques d'action, de connaître la nature et la fréquence des éléments insolites ou choquants par type de paysage, d'apprécier l'importance des erreurs commises lors de l'implantation de différentes activités pour dégager éventuellement les corrections et infléchissements susceptibles d'améliorer leur insertion dans le paysage.

2. On s'étendra davantage sur les possibilités très riches d'obtention par télédétection de renseignements originaux utiles à l'environnement (1).

— *Principe de la télédétection*

On peut présenter la télédétection comme une technique qui permet d'étendre les possibilités d'observation humaine au-delà de ses étroites limites dans le domaine spectral visible. La télédétection est un système d'observation à distance de l'espace terrestre utilisant des capteurs qui photographient et surtout analysent le rayonnement émis ou réfléchi par les formes et les objets dans des longueurs d'onde allant de l'ultra-violet jusqu'à l'infrarouge lointain afin de reconnaître ces formes et ces objets.

La télédétection permet d'étudier la biosphère, c'est-à-dire la surface de la terre avec une pénétration en profondeur de 10 à 20 cm et son utilisation, l'eau sur une profondeur de quelques mètres, ainsi qu'une couche de l'atmosphère d'une centaine de mètres au-dessus du sol.

La saisie des informations est effectuée à partir de plateformes d'observation qui sont des vecteurs aériens ou spatiaux : ballons à basse ou haute altitude, avions et satellites géostationnaires (observation continue) ou bas à défilement (observation cyclique).

Ces vecteurs portent des capteurs, c'est-à-dire des appareils susceptibles de recevoir et de mesurer l'intensité du rayonnement qui provient du sol dans une certaine gamme de longueurs d'ondes et de le transformer en un signal permettant de localiser, enregistrer et numériser l'information. Les capteurs sont des appareils photographiques, des radiomètres à balayage multispectral électronique ou mécanique, des radars à antenne latérale.

Les limites physiques de la télédétection sont liées au choix fait parmi les différents phénomènes physiques susceptibles de transférer des informations spécifiques de l'objet vers le capteur. Le principe fondamental de la télédétection postule la spécificité des effets physiques pour un objet donné (2).

Les renseignements sont restitués rapidement sous forme de clichés, de cartes et de résultats numériques à raison d'une série d'informations pour n m², n variant avec la nature, l'altitude et la vitesse du vecteur, avec les capteurs, et n devant être adapté au parcellaire cultural et urbain, à la variété des cultures et de la couverture végétale ainsi qu'à la diversité des sols, des reliefs et des climats. On édite donc les clichés en noir et blanc, couleurs, fausses

1. On n'abordera pas ici l'intérêt des statistiques issues de la télédétection pour d'autres secteurs de connaissance : Agriculture, Équipement, Aménagement du territoire, etc. La télédétection illustre bien le problème de la position des statistiques de l'Environnement. Il s'agit d'une technique récente d'applications statistiques générales concernant entre autres l'Environnement, dont on n'a pas encore envisagé l'incorporation dans le système statistique français (problème de coordination).

2. Simultanément, au vol, on effectue des relevés-terrains au sol sur un échantillon aléatoire de points pour cadrer les données télédétection.

couleurs, infrarouges, thermiques et radar, après corrections géométriques, radiométriques et de réflectance des prises de vues. Les données enregistrées font alors l'objet d'un traitement analogique et numérique :

- par traitement photographique en isodensité réalisé électroniquement;
- par digitalisation des images en faisant intervenir les différentes bandes spectrales et les signaux enregistrés et en analysant et résumant l'information recueillie à l'aide d'un ordinateur.

On parvient ainsi à une numérisation des données à raison d'une série d'informations pour chaque carré élémentaire du territoire de 10 à 15 m de côté. On traite ensuite les renseignements en les combinant, regroupant et résumant de manière objective à l'aide des techniques statistiques de l'analyse des données avec sortie de tableaux et visualisation par cartographie automatique.

La méthode vise à construire un modèle d'interprétation des images et des données extraites de ces images et des informations physiques brutes.

Le coût de l'information recueillie paraît très raisonnable lors de la production en série eu égard à l'intérêt qu'elle suscite et à sa portée très générale.

— *Intérêt de la télédétection pour l'environnement*

En dehors de la télédétection, il n'existe aucune investigation de synthèse étudiant à la fois l'occupation de l'espace et les activités humaines implantées sur ce dernier. Or, dans la civilisation moderne, les évolutions sont importantes et rapides et la fréquence des délais de sortir des statistiques conventionnelles ne permet pas de suivre à temps et avec les précisions voulues les évolutions et les impacts des décisions. La télédétection fournit des informations nombreuses rassemblées au même moment aux utilisateurs des divers organismes intéressés qui peuvent ainsi travailler sur les mêmes informations et documents. Les renseignements sont à la fois de nature quantitative et qualitative. Ils concernent d'abord les inventaires des diverses catégories de territoire, les pollutions et nuisances, les problèmes de l'eau, l'étude des zones homogènes et textures. Les renseignements peuvent être exploités exhaustivement ou par sondage.

Le mode de collecte des données permet de rapprocher les informations après les avoir localisées géographiquement et rassemblées répétitivement à des périodes différentes. Il offre ainsi la possibilité de suivre les évolutions et les flux, de prévoir certains phénomènes en extrapolant les mouvements observés lors de l'élaboration de projections, tout particulièrement sur l'occupation de l'espace et les activités humaines qui y sont rattachées ainsi que sur l'existence et le niveau de pollution : air, eaux continentales et littorales, épandage de pesticides, dépôts de déchets solides, etc.

Les résultats obtenus peuvent être présentés en renseignements élémentaires directs (ex. : surfaces bâties), en indicateurs indirects caractérisant un phénomène donné (ex. : surfaces en voie d'abandon cultural), en renseignements ne pouvant être mesurés par l'homme (ex. : degré de fragilité des forêts aux incendies, déversements clandestins de matières polluantes et de déchets, dispersion des pollutions), en renseignements de synthèse (ex. : partition d'une agglomération en zones homogènes).

* * *

La télédétection permet d'abord de connaître, avec une précision que l'on peut évaluer :
 — l'occupation de l'espace répartie selon une nomenclature générale et complète de

caractère descriptif et fonctionnel en partant de grandes catégories comme les surfaces en eau, les superficies bâties, les surfaces en bois et forêts et les surfaces stériles et recouvertes par la végétation ligneuse et herbacée, pour aboutir à des catégories très fines telles que les carrières en activité ou abandonnées, les ouvertures de chantiers, les dépôts de déchets solides, les espaces verts ou ouverts urbains, etc.

La télédétection offre aussi la possibilité d'étudier d'autres thèmes intéressant directement l'environnement :

- *les problèmes de l'eau* : inondations et zones inondables, irrigation et drainage, mécanismes hydrologiques (lacs, étangs littoraux, estuaires), réserves d'humidité dans le sol et incidences sur l'état des cultures et récoltes ainsi que sur les risques de sécheresse et d'incendie de forêt;
- *les pollutions et nuisances* (y compris les phénomènes de diffusion) : pollution des eaux continentales et littorales : hydrocarbures, turbidité, matières en suspension, produits chimiques, effluents thermiques, eutrophisation des lacs, etc.; pollution de l'air (acidité forte, poussières, oxydes d'azote, oxydes de carbone); déchets solides industriels ou domestiques; épandage de pesticides et d'engrais; circulation et fréquentation touristique de pointe;
- *les zones homogènes et textures* : flore et zones écologiques, fragilité et aptitudes des sols, formes de paysages; zones en voie de désertification, zones menacées par les catastrophes naturelles; zones atteintes par l'érosion, le piétinement, le gel; zones incendiées en voie de reconstruction et reboisement; densité du territoire bâti et des bâtiments selon la nature des matériaux, densité des résidences secondaires; analyse du domaine bâti en : dense, diffus-continu, discontinu associé à des végétaux ou à des espèces ligneuses, associé ou non aux infrastructures de transport, classé selon la nature des matériaux et des toits; implantation des constructions par rapport aux axes et zones d'urbanisation prévus et aux voies de transport; progression de l'urbanisation.

— *Vers une mise en œuvre dans un cadre interministériel*

Une enquête expérimentale pluridisciplinaire réalisée par le Centre d'étude pour la gestion des ressources naturelles (CEGERNA) a été effectuée en France en juin 1974 et 1975 sur le département des Bouches-du-Rhône pour mettre au point les méthodes d'acquisition des données (1). Il est nécessaire d'étendre cette expérience télédétection aérienne à d'autres zones pour tester les méthodes d'identification de ces données, apprécier le pouvoir séparateur de la télé-analyse, rôder les méthodes de dépouillement des renseignements, stocker et comparer les données dans le temps et développer les langages de communication et de visualisation des résultats. Il est également utile de comparer les informations obtenues avec celles, assez grossières et peu adaptées au parcellaire et à la végétation de l'Europe, du satellite américain Landsat 2 qui lui correspondent afin de prévoir le passage à une couverture nationale pluri-annuelle par satellite vers 1980, par l'intermédiaire du satellite américain EOS plus performant que Landsat 2 (2) (3).

1. Avec l'apport des moyens techniques du Centre national d'études spatiales et de l'Institut géographique national rassemblés dans le Groupement pour le développement de la télédétection aérospatiale.

2. Ce satellite pourrait être relayé plus tard par un satellite européen.

3. Il continuera cependant d'exister une télédétection aérienne à des altitudes inférieures. Set, tout particulièrement à basse altitude par ballon, hélicoptère ou avion, afin d'observer des phénomènes mouvants de petites dimensions qui peuvent exiger des passages fréquents, exemples : dénombrement des gros gibiers et des oiseaux migrateurs, importance de la fréquentation touristique et importance de la circulation automobile en période de pointe sur certains trajets (on peut appréhender indirectement le bruit et la pollution atmosphérique qui en dérivent), observation des estuaires.



Les travaux français actuels sont prometteurs mais insuffisants pour procéder à une exploitation systématique des renseignements obtenus en télédétection par satellite sur l'ensemble du pays en 1980. Un acquis doit être obtenu dans deux domaines essentiels étroitement articulés : le traitement automatique des informations rassemblées et l'interprétation des données ainsi traitées.

* * *

Les expériences réalisées jusqu'alors, le caractère interdisciplinaire des méthodes à mettre en œuvre, l'intérêt que présente la télédétection dans des domaines relevant de la compétence de divers ministères et concernant les spécialistes de l'agriculture et de la protection de la nature, les géotechniciens, les planificateurs et décideurs, les urbanistes, les responsables de l'aménagement et de la gestion de l'occupation de l'espace, ceux de l'équipement, de l'industrie, de la recherche et de la prospection des ressources minérales et géothermiques, ainsi que les responsables de l'environnement et de l'observation des pollutions, font que cette opération ne saurait être menée à bien que dans un cadre interministériel avec un programme d'étude pour les cinq prochaines années. C'est pourquoi le Comité interministériel d'action pour la nature et l'environnement a décidé en juillet 1975 de mettre en œuvre cette opération dans un cadre interministériel (technique, administratif et financier), afin de rapprocher en permanence les informations sur les milieux écologiques, l'activité économique et l'aménagement.

Les données sur l'occupation du sol seront complétées par *un inventaire des richesses naturelles* commencé en 1972 et en cours d'exploitation à l'initiative de l'environnement, comprenant environ 25 000 sites décrits en détail selon la localisation et les caractéristiques écologiques et esthétiques, ainsi que les menaces qui pèsent sur eux. Une mise à jour régulière de cet inventaire est prévue.

Un inventaire de la localisation des points noirs de l'environnement classés par catégorie serait également intéressant à établir pour compléter l'information nécessaire.

L'environnement aurait par ailleurs besoin d'informations sur *la fréquentation des parcs naturels*.

Il est aussi envisagé d'effectuer au milieu de la période 1975-1980 *une enquête cadre de vie auprès des collectivités locales* (communes et grands quartiers des grandes agglomérations) visant à recueillir des informations grossières sur certaines nuisances et certains éléments du cadre de vie mal connus (dépôts de déchets métalliques, incidence du remembrement sur le paysage, existence et entretien des chemins vicinaux, exploitation des carrières, protection et servitudes des rivages, potentialités touristiques, etc.), ainsi que sur l'usage et la gestion des équipements et biens patrimoniaux d'une façon plus générale. Quatre sortes de renseignements sont à rassembler, outre les informations centralisées à l'échelon national, ceux qui sont accessibles localement au chef-lieu de chaque département, ceux qui sont disponibles dans des documents que l'on peut consulter en mairie, ceux qui peuvent être recueillis auprès d'une commission communale, et enfin ceux qu'un enquêteur notera par observation directe.

d) Une autre investigation originale paraît intéressante à entreprendre. Un des premiers progrès à apporter aux statistiques industrielles et aux synthèses consisterait à éclater en quelques groupes homogènes vis-à-vis de l'environnement les établissements des diverses branches de production afin d'établir par branche d'activité ⁽¹⁾ avec décomposi-

1. On notera que la décomposition en branche d'activité ne recouvre pas des situations homogènes quant à la pollution et aux processus de fabrication et que cette nomenclature se raccorde très mal avec celle des établissements classés.

tion en sous-branches éventuellement, des fonctions et flux de nuisances en termes de bilans-matières et en termes financiers, ainsi qu'on élabore des fonctions de production. Selon l'état de développement économique des branches, selon la prise de conscience des chefs d'entreprise et du public, selon l'action des pouvoirs publics et selon l'état de l'innovation, *les établissements industriels* (ou commerciaux et agricoles) *dits polluants* peuvent présenter en effet trois stades différents. Les établissements peuvent d'abord n'avoir aucune préoccupation vis-à-vis des problèmes de pollution; ils peuvent ensuite effectuer des travaux et dépenses supplémentaires plus ou moins importants pour limiter la pollution et les nuisances; enfin, ils peuvent modifier les processus de production en y incorporant la lutte antipollution ou pour la non-pollution. C'est ce phénomène que l'on vise à appréhender.

*
* *

Une des premières actions à entreprendre consisterait à disposer sur les établissements ayant des activités dites polluantes de données simples relatives *au processus technologique de production* permettant de ventiler les établissements d'une même branche en quelques groupes. Les données pourraient être recueillies directement ou dans les dossiers détenus par les agences financières de bassin, les services des arrondissements minéralogiques s'occupant des établissements classés, dans la documentation statistique disponible (structure des emplois par exemple) ou auprès d'experts locaux. Une telle nomenclature exige l'apport d'informations technologiques et introduit des notions techniques en liaison avec les quantités relatives et la nature des déchets produits et les milieux où ils sont rejetés. Le raccord avec la nomenclature d'activités est à assurer en un second temps. Il importe cependant d'avancer avec précaution avec l'aide de spécialistes pour établir la nomenclature des produits polluants et non polluants et trouver des raccords avec la nomenclature des activités utilisée dans les comptes. Une telle distribution des établissements selon le processus technologique de production permettrait :

- de se servir, de cette répartition pour procéder à certaines évaluations et ventilations des comptes globaux qui reflètent très mal actuellement les problèmes d'environnement;
- d'utiliser cette répartition pour tirer un échantillon aléatoire convenablement stratifié afin d'étudier dans une *enquête spécifique* les flux et fonctions de pollution ou nuisance connaissant les quantités physiques des matières utilisées et celles des produits ou sous-produits obtenus ainsi que les milieux de rejet des déchets (1).

Ces informations seraient à obtenir au moyen d'enquêteurs de haut niveau ayant l'habitude des contacts et visites des établissements et s'entretenant avec les responsables des ateliers de fabrication par recueil direct des données, ou évaluation sur place ou en bureau, en consultant également les dossiers techniques disponibles sur les établissements (1). En un second temps, on s'efforcerait au moyen d'enquêtes d'aval par sondage ou par quota sur un nombre limité d'établissements et d'évaluations d'experts, à partir de toutes les informations précédentes, d'appréhender *les dépenses et investissements consacrés par les établissements à la lutte antipollution ou sur la non-pollution*.

Il s'agit d'une opération statistique assez complexe visant à recueillir en plusieurs phases, des données qui font totalement défaut en utilisant des procédures d'échantillonnage ou par quota ou d'évaluations indirectes auprès d'experts. Cette opération apparaît

1. Cette enquête ne peut être incorporée au système des statistiques industrielles en raison de la rigidité de ce dernier axé sur les enquêtes annuelles d'entreprises effectuées par voie postale avec un questionnaire comportant surtout des rubriques financières.

réalisable compte tenu des expériences étrangères et d'essais ponctuels français. Elle permettrait d'éclairer en matière d'environnement industriel en classant les branches où les améliorations sont prioritaires et en chiffrant le coût de la réduction des pollutions. L'enquête fournirait aussi des données techniques utiles à une politique de contrats de programme par branches lancée par le ministère de la Qualité de la Vie de manière progressive (papeteries, sucreries et distilleries, etc.).

* * *

Comme la lutte contre la pollution entraîne la mise en place de dispositifs et d'appareils de surveillance d'importance croissante et que cette action peut être effectuée au moyen d'installations et d'équipements localisés dans ou en aval des établissements polluants, dans ces mêmes établissements ou dans des unités indépendantes spécialisées dans l'épuration; il est nécessaire d'isoler et d'étudier parallèlement *les établissements spécialisés dans la fabrication des appareils de mesure de la pollution et dans l'épuration* pour suivre l'évolution de la pollution et les flux monétaires qui y sont reliés dans les établissements industriels dits polluants et hors de ceux-ci.

Enfin, il serait bon de connaître la production et le commerce extérieur des biens antipollution, équipements de mesure d'épuration et produits spécifiques (problème de coordination statistique).

e) Les mesures directes de pollutions, nuisances et produits toxiques ne vont pas sans poser des problèmes statistiques et les séries correspondantes ne sont pas encore classiques. Les mesures directes des pollutions et nuisances doivent être du ressort technique et financier des services chargés des opérations de gestion des ressources ou de surveillance et de contrôle des pollutions. Elles relèvent de l'ingénieur ou du technicien appartenant aux divers services publics, aux secteurs nationalisé ou privé. Cependant, le statisticien intervient au niveau de la coordination pour le choix critique des divers paramètres et indicateurs à observer (recours à l'analyse multicritère par exemple), pour le plan de localisation et les coefficients d'extrapolation à affecter aux mesures (plan de sondage), pour la critique statistique de l'homogénéité des relevés, pour l'agrégation des observations élémentaires. Les mesures des nuisances : pollution des eaux continentales et littorales, de l'air, bruit, radioactivité, pesticides, ainsi qu'état de la flore et de la faune, qualité des produits alimentaires, etc., sont encore relativement peu nombreuses et des problèmes statistiques importants n'ont pas encore été étudiés ou résolus ⁽¹⁾ :

— implantation, fréquence et nombre minimum de relevés à assurer pour obtenir une bonne couverture de l'ensemble du territoire découpé en zones, avec une précision acceptable; observation de variations dans le temps avec une précision minima donnée des mesures et analyses, compte tenu des possibilités techniques d'expérimentation;

— pondération à affecter aux mesures d'un même phénomène en divers points pour parvenir à des indicateurs agrégés significatifs;

— sélection des critères les plus significatifs auxquels on affecterait des coefficients de pondération exprimant leur importance et leur représentativité et possibilité d'élaborer

1. Pour certaines nuisances (bruits, odeurs, atteintes à l'esthétisme), il est utile de recueillir des données supplémentaires aux mesures physiques : relevé de plaintes, statistiques de santé, enquêtes d'opinion-perception.

des indicateurs composites globaux de phénomènes hétérogènes qui facilitent les comparaisons dans l'espace et dans le temps;

— coordination des implantations des systèmes de mesure des diverses nuisances pour étudier leurs incidences conjuguées.

*
* *

Il est nécessaire d'envisager trois séries de mesures pour satisfaire les différents besoins d'information :

— un réseau de surveillance relativement léger quant au nombre de points suivis et au nombre de critères analysés qui ferait l'objet d'une observation permanente ou très fréquente;

— des mesures plus nombreuses et comprenant un plus grand nombre de paramètres étudiés mais moins fréquentes, pour constituer des indicateurs de gestion annuelle;

— des mesures plus nombreuses et comprenant un plus grand nombre de paramètres étudiés à l'occasion d'inventaires de pollution ou de nuisance, répétés à un rythme triennal ou quinquennal pour constituer des indicateurs de structure et analyser des liaisons.

*
* *

Le besoin d'une enquête générale sur la collecte, l'entrepôt, la composition et le traitement *des ordures ménagères et des déchets solides de l'industrie et du commerce* apparaît et revêt également un ordre de priorité élevé. Il conviendrait de disposer d'une enquête par sondage avec stratification adéquate d'échelonnement dans le temps et l'espace, pour connaître les déchets solides, ainsi que le volume, la composition et le degré d'humidité des ordures ménagères ⁽¹⁾. Les informations recherchées sont nécessaires pour construire les équipements correspondant au traitement des déchets : incinération, neutralisation ou recyclage, et effectuer des travaux de projections dans les centres urbains et industriels. Un réseau d'observation relativement léger, localisé dans quelques villes équipées des installations d'analyse indispensables au traitement des échantillons prélevés, serait en outre suivi en permanence pour les ordures ménagères. Il paraît important d'améliorer rapidement *les statistiques relatives aux produits toxiques* ⁽²⁾ : production, transports, consommation, passage dans le milieu. Les diverses estimations concernant les productions et consommations de produits toxiques présentent des divergences dépassant facilement l'ordre de grandeur de 35 %. Les observations relatives au passage des produits dans le milieu naturel (air, eaux superficielles, mer, végétaux, faune, animaux d'élevage, etc.) ou chez l'homme (chaîne alimentaire) font le plus souvent défaut. L'amélioration des connaissances dans le domaine des produits toxiques donnera la possibilité de dresser des bilans-matières, et surtout d'étayer une politique judicieuse à moyen et long terme (en préparation) concernant l'emploi, l'utilisation et le traitement de ces produits tant sur le plan national qu'international.

f) Le problème de *l'amélioration des comptes nationaux vis-à-vis des préoccupations de l'environnement* est également posé au statisticien.

On peut d'abord tenter d'introduire des préoccupations d'environnement dans les comptes nationaux sans modifier le cadre central des comptes ayant son utilité propre.

1. On notera la faiblesse des statistiques françaises concernant les produits non marchands.

2. L'inventaire des richesses naturelles est important à cet égard.

Pour certains travaux, on peut adapter les comptes existant actuellement en créant ou aménageant des nomenclatures ou concepts et en faisant apparaître un agent « Nature ». On peut également envisager de synthétiser progressivement les données recueillies sous forme d'*éléments de comptes satellites* qui seraient aptes à éclairer sur les actions menées et à effectuer en matière d'environnement. Ces éléments comprendraient des données mesurées en termes monétaires mais aussi en d'autres unités et resteraient articulés avec le cadre d'analyse économique globale classique. La priorité doit être donnée à l'obtention et à l'élaboration de mesures en unités physiques, ainsi qu'à l'appréhension des dépenses réelles, des entreprises des administrations et des ménages.

* * *

Au fur et à mesure de la disponibilité des données recueillies sur l'environnement, il faut envisager la prise en compte des renseignements au niveau des statistiques globales et de synthèse.

L'intérêt de l'établissement des *comptes de patrimoine* (terres et forêts, ressources naturelles, propriétés bâties, faune, etc.) est grand car ceux-ci permettraient de procéder à l'occasion, à un *bilan descriptif de la nature* ⁽¹⁾ et de rapporter les flux et consommations aux stocks existants. Les travaux devraient être entamés au cours du VII^e Plan et poursuivis au-delà.

Il serait intéressant d'entreprendre également *l'établissement de comptes-matières* pour les entrées dans les processus de production et les sorties vers la consommation, le recyclage ou sous la forme de déchets dispersés dans les éléments du milieu naturel. Les tableaux d'entrées-sorties seraient très utiles pour analyser les flux de polluants à tous les stades de production, transformation et utilisation, ainsi que les inputs et outputs physiques ne figurant pas sur le marché et répartis en produits polluants et non polluants. On établira les comptes-matières en unités physiques et si possible en valeurs. Ces travaux présentent de l'intérêt pour dresser une évaluation de la détérioration de l'environnement si on les rapproche de l'étude des stocks, et pour la programmation.

Les deux séries de travaux précédents permettront à plus long terme de parvenir à des *comptes écologiques* décrivant les mécanismes et relations des écosystèmes naturels et artificiels d'utilisation et de transformation des éléments existants selon des nomenclatures adaptées.

Michel Lenco

Administrateur de l'I. N. S. E. E.
en mission au ministère de la Qualité de la Vie

1. L'inventaire des richesses naturelles est important à cet égard.