

Sols, déchets et environnement

Stéphane Hénin

*Membre de l'Académie d'agriculture de France,
directeur de recherches Inra (Versailles)*

En 1974, le ministère de l'Environnement a décidé la création d'un comité thématique « Sols et déchets solides », dans le cadre de ce qui est devenu le Service de recherche et d'étude des techniques de l'environnement (Sretie). Le but de ce groupe de travail, comme d'ailleurs des comités similaires, est de fournir à la Direction de l'eau et de la prévention des pollutions et des risques (DEPPR) les données nécessaires à l'orientation de sa politique, à l'élaboration de ses règlements, et de conseiller des méthodes permettant de maîtriser les pollutions et leurs effets.

Le principe des activités consiste, en partant de risques ou de dommages identifiés résultant des interventions humaines, de les préciser, d'en rechercher les causes, d'en évaluer les effets et de proposer des remèdes. A partir des problèmes posés et des objectifs qui en découlent, il s'agit d'élaborer des appels d'offres pour susciter l'intérêt des organismes compétents. Quand ceux-ci proposent des programmes de recherche répondant aux demandes formulées, ils reçoivent une aide financière pour leur permettre d'effectuer leurs travaux. Les réponses peuvent être de nature très diverse et concerner, par exemple, la mise au point de méthodes de mesure, la recherche d'indicateurs, la description de mécanismes, l'élaboration de typologies, chacune correspondant à une nature, un mécanisme ou une intensité de pollution.

C'est dire que, suivant le sujet, les objectifs peuvent varier du fondamental, que l'on considère parfois comme scientifique, à l'appliqué, et il s'agit alors de technique. Cette distinction n'est pas liée à des subtilités sémantiques.

La science est un ensemble organisé de connaissances relatives à certaines catégories de faits ou de phénomènes.

Une technique est caractérisée par la mise en œuvre coordonnée de mécanismes hétérogènes en vue de l'obtention d'un résultat : il s'agit de systèmes. Certains phénomènes spontanés présentent des analogies avec les techniques et peuvent être traités comme tels.

Il est évident que les protocoles de recherche varient en fonction des thèmes et des objectifs. La connaissance scientifique conduit à l'étude de mécanismes reliant l'action d'un facteur à ses effets ; elle exige souvent la démarche expérimentale. La maîtrise technique peut impliquer les mêmes connaissances, mais une modification d'un constituant du système, ou sa suppression, peut bloquer son fonctionnement et éviter un dommage, ou au contraire en créer un ; elle implique donc une analyse structurale. Dans ce cas, l'enquête se révèle souvent une méthode efficace.

Les premiers travaux inspirés par les demandes de la DEPPR concernaient surtout les risques liés au stockage dans les décharges ou à l'épandage sur des terres agricoles de déchets d'origine diverse. Mais si, dans ce dernier cas, les effets immédiats se sont montrés bénéfiques, du moins quand les quantités utilisées restaient relativement faibles, des questions se sont posées concernant les éléments toxiques qu'ils renfermaient.

Après quatre ans de fonctionnement, il a été décidé de créer des groupes de travail ayant à examiner des types de problèmes plus spécifiques, en prenant en compte les polluants et non plus leur contenant. Il a fallu procéder plus ou moins explicitement à des réflexions prospectives pour délimiter, dans le vaste champ des cas possibles, des filières cohérentes allant de la cause, c'est-à-dire d'une ou d'un groupe de pollutions, aux effets qu'elles pouvaient engendrer. Cela conduit à étudier le sens des trois mots clés qui caractérisent l'activité du Comité, à savoir : environnement, sol et déchets.

L'environnement

L'environnement est un de ces termes à l'acception si large qu'il est utilisé pour exprimer bien des sentiments ou des pensées. On pourrait lui appliquer le jugement que Condorcet a formulé à propos d'un vocable équivalent, le mot nature. Il en disait : *« Le mot nature est un de ces mots dont on se sert d'autant plus souvent que ceux qui les entendent ou qui les prononcent y attachent plus rarement une idée précise. »*

Pour tenter de circonscrire la perception du mot environnement par le public, nous avons présenté, M. Alcaydé et moi-même, au récent colloque d'Arc-et-Senans, une communication intitulée « L'environnement, mythe et réalités », le mot mythe étant pris dans un sens général de « récit imaginaire dans lequel sont transposés des événements réels ou des souhaits ».

Le Scope France (Scientific Committee on Problems of the Environment), section d'un regroupement créé par les organisations scientifiques internationales non gouvernementales pour assurer des études interdisciplinaires, a tenté de mettre au point une grille afin de regrouper des phénomènes dont l'interaction conduit à une dégradation de notre milieu. Il fallait partir d'une typologie suffisamment exhaustive couvrant les diverses conséquences possibles de l'occupation des sols ; celle-ci comprend le milieu naturel, l'agriculture, l'industrie, l'urbanisme, les voies de communication. En appliquant cet ensemble sur lui-même, on obtient la matrice de la figure 1.

Un séminaire a été organisé pour examiner dans quelle mesure cette approche permettait de regrouper des phénomènes dont les effets étaient peu connus ou négligés. Ses résultats ont été publiés par le Sretie sous le titre : « La transformation des terres ». Cette tentative a intéressé le Scope international, qui a réuni un groupe d'une vingtaine de chercheurs, originaires de divers pays, dont les études sur ce sujet ont été publiées dans un ouvrage intitulé : « Land transformation in agriculture », édité par Red Wolman, professeur à la Johns Hopkins University, et F. Fournier.

Le comité de nomenclature du Ministère a proposé la définition suivante : l'environnement est l'état de l'ensemble, dans un espace et à un moment donnés, des facteurs physiques, chimiques, biologiques et sociaux susceptibles d'avoir un effet, direct ou indirect, immédiat ou à terme, sur les organismes vivants, les activités humaines et les milieux où ils se développent.

		Zones d'origine des perturbations				
		Milieu naturel	Agriculture	Transports Communications	Urbanisation Loisirs	Activités industrielles ou minières
Zones perturbées	Milieu naturel	0	1	1	1	1
	Agriculture	1	0	1	1	1
	Transports Communications	1	1	0	1	1
	Urbanisation Loisirs	1	1	1	0	1
	Activités industrielles ou minières	1	1	1	1	0

Le signe 1 signifie que des interactions conduisant à des pollutions sont possibles par transfert.
Le signe 0 indique qu'il n'y a pas d'autopollution.

Figure 1. Ensemble des couples « milieu pollueur-milieu pollué ».

C'est une bonne prise en compte des problèmes ; elle met en cause implicitement le concept de structure, mais il apparaît immédiatement une difficulté fondamentale. Les relations dont il est question interviennent sur un site donné en fonction des vecteurs qui peuvent les y transférer, eux ou leurs effets. Suivant les phénomènes, les dimensions de l'environnement vont varier de l'intercontinental (effet de serre par exemple) à quelques dizaines d'hectares (protection d'un captage). Ainsi apparaissent les conséquences fondamentales du choix des échelles d'espace et de temps qui seront prises en compte, le volume de l'espace obligeant en outre à considérer l'inertie qui en résulte. L'interprétation des mesures, les prospectives, l'évaluation des bilans, les diagnostics et les pronostics se heurtent ainsi à des difficultés considérables qui ne sont pas suffisamment prises en compte.

Les tentatives d'analyse qui viennent d'être évoquées ont pour but d'isoler des sous-systèmes dont l'appréhension soit à la mesure de nos moyens et les conclusions dans le domaine des interventions possibles.

Le sol

Il est difficile de se limiter à l'une des trois acceptions que l'on peut attribuer à ce vocable, suivant que l'on est agriculteur, pédologue ou spécialiste du génie civil, encore que, selon les phénomènes étudiés, on se réfère au moins implicitement à l'une ou l'autre d'entre elles.

En fait, suivant le processus, l'épaisseur de matériaux à considérer varie. Elle peut aller au moins jusqu'à la surface de la première nappe aquifère souterraine. C'est donc en fonction des propriétés des formations concernées qu'il faut raisonner.

C'est tout d'abord la porosité ; celle-ci peut être constituée par des vides allongés d'une grande dimension, à travers lesquels les effluents polluants peuvent circuler rapidement et sur de grandes distances sans être modifiés. Mais le plus généralement il s'agit de vides, globalement en proportion plus ou moins importante, de dimension variable et reliés entre eux. On parle alors, selon le cas, de macro- ou de microporosités. Dans les premières, l'eau et les gaz circulent aisément, alors que dans les secondes l'eau et les solutions retenues par des forces capillaires ou par adsorption ne se meuvent plus sous l'influence de la pesanteur. Les constituants de la fraction solide possèdent souvent une capacité de fixation pour les cations et même les anions, qui sont ainsi extraits des solutions et plus ou moins retenus. Enfin, ces constituants eux-mêmes peuvent avoir une certaine solubilité et libérer des éléments susceptibles de réagir avec ceux des solutions pour former des précipités ou pour changer leur spéciation.

Parmi les constituants de la fraction solide, les matières organiques jouent un rôle très important et ceci d'autant plus qu'elles évoluent sous l'influence de la flore microbienne, en fonction du pH et des conditions d'oxydoréduction.

De par leurs propriétés vis-à-vis des solutions et leur utilisation, les sols peuvent jouer quatre rôles différents que l'on peut caractériser par les images suivantes : un tamis, un filtre, une baignoire ou une boîte de conserve.

Le rôle de tamis est de peu d'intérêt : les eaux qui traversent les sols sont simplement débarrassées des particules grossières qu'elles transportent.

Celui de filtre est de loin le plus important puisqu'il confère aux sols ce que l'on appelle un « pouvoir épurateur ». Les solutions sont en partie retenues dans la microcapillarité, ce qui permet à la microflore de décomposer les molécules biodégradables : les éléments qui en résultent peuvent, suivant leurs propriétés, s'échapper par voie gazeuse ou être plus ou moins temporairement fixés par les processus physico-chimiques qui ont été rappelés.

L'action de biodégradation qui conduit à la destruction des molécules d'origine biologique est bien connue : elle est utilisée dans les champs d'épandage. Les éléments, eux, ne sont retenus que plus ou moins temporairement.

Ces propriétés ont été surestimées car toutes les molécules organiques ne sont pas aisément biodégradables, et celles qui le sont ne peuvent être apportées qu'à un rythme compatible avec la vitesse de dégradation, sinon le mécanisme est perturbé : il y a seulement modification et non destruction des molécules. Quant aux éléments, ils peuvent saturer les mécanismes de rétention. Il faudrait que le pouvoir épurateur soit utilisé comme un stockage provisoire et que les processus d'extraction par les eaux et les plantes permettent de retirer ce qui a été apporté. Malheureusement, dans bien des cas, compte tenu des quantités apportées, les teneurs des plantes ou des eaux dépasseraient alors les limites de nuisibilité fixées par les écotoxicologues.

Il s'ensuit que la teneur des sols en éléments nocifs tend à croître et à dépasser les normes qui ont été fixées par l'OMS. Mais il s'agit de teneur totale, la seule que l'on puisse déterminer sans ambiguïté, car les éléments fixés sont plus ou moins solubles : on parle de leur mobilité ou de leur biodisponibilité. Il existe des méthodes permettant de déterminer les fractions jouissant de ces propriétés mais leur

représentativité dépend malheureusement de la nature des terres et ne peuvent donc faire l'objet de normes générales.

Le sol, de par sa position, est le réceptacle inévitable de corps plus ou moins toxiques apportés soit volontairement, soit inconsciemment par l'homme, ou insidieusement par l'air ou l'eau.

On justifie l'épandage de déchets gênants parce qu'ils contiennent des éléments utiles aux végétaux, mais ils renferment souvent également des impuretés toxiques ; c'est le cas de nombreux déchets urbains, décorés du nom de compost, des boues de stations d'épuration, voire même d'effluents d'élevage, d'engrais ou de pesticides. M. Godin a présenté au colloque de La Rochelle une vue assez complète de la pollution des sols par ce que l'on appelle les métaux lourds. Il conclut que, d'ici 50 ans, un million d'hectares auront dépassé les teneurs limites fixées par l'OMS pour un ou plusieurs des éléments considérés comme toxiques.

Les sources de contamination sont proportionnellement les suivantes : compost urbain 10 % ; boues d'épuration 5 % ; lisiers de porcs 25 % ; axes routiers importants 20 % ; centres industriels 40 %.

Afin de suivre l'état des sols, une série de sites a été choisie pour étudier leur évolution en fonction du temps. C'est un ensemble comparable à celui où l'on suit la composition des eaux de nos rivières ; cette structure est connue sous le nom d'Observatoire de la qualité des sols.

Si le sol est un lieu de réception, c'est aussi un lieu d'émission. Le cas de l'azote est plus complexe mais aussi le plus instructif, car il concerne toutes les possibilités d'évolution et de transfert suivant les différentes combinaisons où entre cet élément. Il ressort que plus le nombre de compartiments croît, plus la complexité des systèmes augmente, c'est-à-dire que la modification d'un des multiples cycles élémentaires peut modifier l'ensemble du système.

On conclut immédiatement de l'examen du schéma de la figure 2 que, si les risques de pollution par les nitrates sont bien dépendants de la quantité d'azote présente, la pollution elle-même est liée à la façon dont le milieu est utilisé.

Le tableau I en donne un aperçu, car chacune des activités qui est citée met en œuvre un ou plusieurs des cycles figurant sur le schéma.

Tableau I. Gamme des teneurs des eaux en NO_3^- (mg/l).
D'après DELOUVÉE, 1980.

Forêt	0-8
Bocage	1,5-15
Polyculture-élevage	3-19
Culture intensive	15-130
Zone agricole semi-urbanisée	20-150
Zone industrielle et urbanisée	25-150

Ces résultats ont été confirmés plus récemment dans la région de Toulouse, sauf que les limites des gammes de valeurs semblent plus élevées.

Ces exemples montrent l'intérêt des typologies même sommaires. On peut y ajouter que les travaux de Mariotti et des divers partenaires ont montré que des dénitrifications très intenses peuvent se produire dans les nappes captives et dans diverses formations superficielles telles que les ripisylves, les roselières, etc. C'est tout le problème de l'aménagement du territoire qui est ainsi posé, d'autant plus que les formes gazeuses rejetées peuvent concourir à l'effet de serre ou à l'attaque de la couche d'ozone.

Il ressort également de ces remarques qu'une bonne voie d'étude consiste à partir des grands cycles biogéochimiques. Cette approche conduit à établir des bilans, à définir des compartiments, des teneurs et à évaluer des flux. C'est à partir de programmes étudiés sur cette base que l'on peut analyser l'influence des mécanismes en cause et particulièrement les interactions entre ces mécanismes et ceux extérieurs au système qui peuvent interférer avec eux.

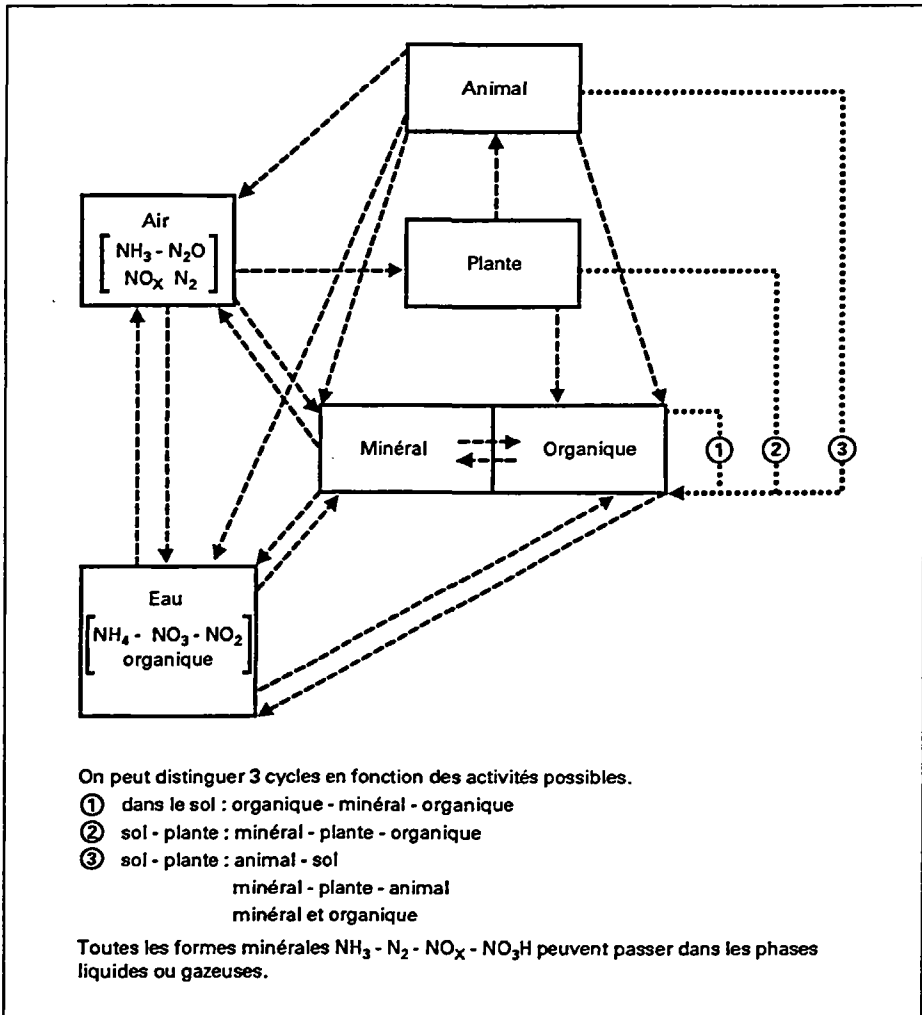


Figure 2. Les différents cycles de l'azote.

Les déchets

Les deux autres rôles joués par le sol, l'effet « baignoire » et l'effet « boîte de conserve », se confondent avec les problèmes liés à l'élimination des déchets. D'après la loi de 1975, est considéré comme déchet « *tout résidu d'un processus de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau, produit ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon.* »

Cette définition couvre un ensemble de situations ; on y sent l'esprit du juriste. Mais un examen de la réalité montre qu'il existe d'autres sources de nuisance. Le mot déchet évoque un amas de matières diverses. Or il faut également tenir compte des polluants, substances susceptibles d'exercer un effet nocif et qui se présentent à l'état diffus dans le sol, dans l'air ou dans l'eau. Les problèmes que posent les polluants ne concernent plus le traitement de substances préhensibles mais la lutte contre leur diffusion et leur accumulation insidieuses, comme nous l'avons vu à propos des sols. Pour situer le problème, on se reportera au schéma de la figure 3, illustrant le devenir d'une matière première, où à chaque étape on peut trouver des déchets et des polluants. L'idéal serait que l'ensemble des déchets et des polluants soient réincorporés aux milieux naturels dans un état tel que leur solubilité et leur concentration soient du même ordre de grandeur que celles qu'ils possédaient avant leur séparation et leur introduction dans un cycle de production.

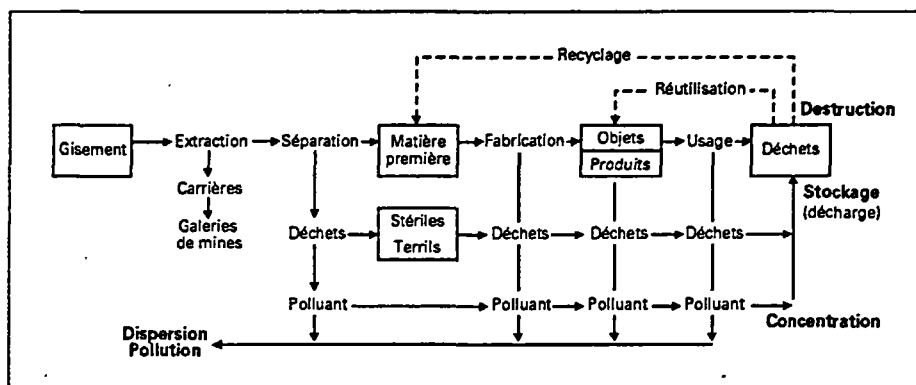


Figure 3. Evolution d'une matière première entre son extraction et son rejet.

Pour limiter ces émissions, on peut inventer des technologies propres ou des *écoproduits* dont la fabrication et l'usage n'entraînent pas la création de déchets ou l'émission de polluants.

Pour réduire la quantité de déchets, deux autres solutions sont la réutilisation et le recyclage, c'est-à-dire l'emploi des déchets comme matières premières ; l'existence des déchetteries facilite ces opérations. Quant aux polluants, on peut tenter de les rassembler : c'est le cas des cendres volantes ou des boues de station d'épuration, qui peuvent alors être traitées comme des déchets, le reste constituant des polluants. Toutes ces opérations nécessitent la mise au point de méthodes de collecte, de concentration, et des études de faisabilité incluant les aspects sociaux et économiques.

Reste donc les déchets. Ils peuvent être l'objet de trois traitements. La destruction, la mise en décharge, l'inertage. Les plus dangereux sont détruits par des moyens chimiques ou stockés dans des conditions exceptionnelles de sécurité, dans les galeries de mines parfaitement sèches, les mines de sel par exemple. Vient ensuite la destruction par le feu avec parfois récupération de chaleur. Si cette solution est valable pour les molécules organiques, il reste le problème des éléments libérés, comme le chlore, ou de combinaisons volatiles (SO_2) ; d'autres passent sous forme de vapeurs aux températures élevées nécessaires à l'efficacité du processus (sels de mercure et de cadmium, par exemple). Enfin, les éléments restant dans les mâchefers doivent être peu solubles. Un effort considérable est accompli actuellement pour trouver des solutions à ces difficultés.

Mais la mise en décharge est certainement la méthode la plus utilisée. En 1990, elle concerne 16,1 millions de tonnes sur 26 de déchets urbains et 28,4 millions de tonnes sur 50 de déchets industriels. Ceux considérés comme inertes vont combler des ouvertures telles que les carrières, c'est-à-dire les « baignoires ». Cette solution est à rejeter car elle ne permet pas la maîtrise des apports et des eaux qui s'en écoulent. Mais les autres vont être enterrés, c'est-à-dire que le sol est censé agir comme « boîte de conserve ». Ce n'est malheureusement qu'une vue de l'esprit. Si les fonds de sites choisis ont une vitesse de filtration faible, l'eau pénètre par les couvertures et les côtés. Il se produit donc des jus de décharge, souvent très concentrés en éléments polluants, qui s'écoulent à partir de ces sites et doivent être purifiés avant leur rejet dans les rivières. C'est souvent une opération difficile et, en relation avec l'Anred, membre de notre groupe de travail, une mise au point a été rédigée, faisant état des résultats obtenus à la suite de divers appels d'offres. Ce document de 900 pages contient toutes les informations disponibles pour adapter les méthodes d'épuration biologiques et physico-chimiques, seules ou en série, aux divers cas connus.

L'idéal serait de constituer des microboîtes de conserve d'un volume de l'ordre du mètre cube autour desquelles les eaux d'infiltration circuleraient en ne dissolvant que des quantités négligeables de polluants : les déchets seraient ainsi rendus inertes.

Ces dernières années, nous avons fonctionné avec cinq groupes de réflexion, chacun étant spécialisé dans un des domaines qui viennent d'être évoqués.

Il faut y ajouter un thème qui a pris une importance considérable : c'est l'étude des pollutions engendrées par les activités agricoles. En 1981, un groupe de travail ad hoc constitué à la demande des ministres de l'Agriculture et de l'Environnement, comprenant une quarantaine de membres représentant tous les intérêts concernés, a rassemblé les éléments disponibles sur l'emploi de l'azote, du phosphore, des pesticides en agriculture et sur leurs conséquences connues. Un sixième groupe de travail a été créé au Sretie pour étudier les mécanismes de réorganisation de l'azote minéral et la dénitrification. De plus, suivant les recommandations de ce rapport, un comité permanent a été créé, le Corpen (Comité d'études contre la pollution des eaux par les nitrates et les phosphates), appuyé par une mission Eau-Nitrate. Une action d'une importance exceptionnelle a été entreprise pour faire comprendre aux milieux concernés l'ampleur du problème et tenter de dégager des solutions techniques pour maîtriser les pollutions engendrées par les activités agricoles. C'est un exemple de ce qui peut être tenté pour assurer une protection suffisante de l'environnement tout en maintenant une activité agricole fondamentale.

Dans des situations précises, des organismes comme l'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets (Anred) ou les Agences de bassin sont

efficaces et mieux adaptés. Le comité Sols-Déchets s'est efforcé de maintenir des relations avec eux.

A la suite des changements d'organisation du Sretie, il faudra envisager deux grandes orientations principales de recherche ; elles porteront sur les transferts dans tous les milieux des nuisances dues aux déchets d'une part, aux polluants dont le nombre va croissant, d'autre part.

Un remarquable document, rédigé par MM. Chabason et Theys pour la préparation du Plan national pour l'environnement, fait le point sur les risques que l'évolution des activités humaines va faire courir à notre milieu dans un avenir plus ou moins rapproché. Si certains vont en décroissant, d'autres, et non des moindres, vont croître ; il faut y faire face.

Conclusion

Bien que la présentation des problèmes relevant de notre Comité soit assez schématique, il faut tenter d'en tirer des conclusions. Une attitude commode consiste à revenir au point de départ en reprenant la vision globale de l'environnement et celle réduite de la pollution.

C'est évidemment cette dernière qui est en pratique la plus déterminante car elle concerne les individus, déclenche leur protestation et entraîne des réactions de défense. Toute la démarche est alors circonscrite par deux exigences méthodologiques : l'échantillon sur lequel s'effectue le diagnostic et sa représentativité, la ou les données qui servent de base au jugement. Ce peut être la mesure d'une concentration ou la valeur d'un indicateur. C'est ce que M. Alcaïdy et moi-même avons considéré comme les réalités de l'environnement.

Mais, pour situer l'origine des pollutions qui peuvent être décelées, et se protéger contre les dangers qu'elles engendrent, il faut les resituer dans un cadre général : l'environnement. S'il est difficile d'en circonscrire les limites, du moins est-il possible d'esquisser les trajectoires qui peuvent le sillonner en fonction des vecteurs spécifiques. Suivant les cas, on considérera le bassin versant, l'aire d'alimentation d'un aquifère, la direction des vents dominants, les structures faisant l'objet de transferts de matières diverses. Ces quelques exemples se situent aisément sur la matrice présentée au début de cet exposé. C'est à partir de ces processus que vont s'élaborer les mythes provoquant de la part du public ces réactions passionnées qui rendent si difficile l'adoption de mesures rationnelles. Tous les efforts des spécialistes resteront peu efficaces si le public ne reçoit pas une éducation objective sur ces problèmes. C'est une tâche difficile mais l'exemple du Corpen montre que des solutions sont possibles.

Pensez-vous qu'au soir d'une carrière il puisse exister une meilleure utilisation des facultés qui restent à un homme que de s'associer aux efforts qui sont faits pour que notre monde reste accueillant pour l'humanité future, celle de nos arrière-petits-enfants, un monde dont la population doit atteindre ou dépasser les 10 milliards d'hommes à la fin du prochain siècle ?