

L'environnement dans les modèles mondiaux



Guy Poquet, de l'Association Internationale « Futuribles », s'est attaché à rechercher dans les grands modèles mondiaux ce qui avait trait à la pollution. Voici ses remarques...

En constatant que « l'haleine de l'homme est mortelle à ses semblables », Rousseau soulignait que l'existence humaine, comme toute existence animale, est naturellement polluante. Il n'était ni le premier, ni le dernier à lancer un tel avertissement. Mais l'apparition, puis le développement de la civilisation technico-industrielle, fondée sur une philosophie qui perçoit la nature comme étant au service exclusif de l'homme (1), ont engendré un déséquilibre entre l'émission et la résorption des divers polluants qui justifie les inquiétudes actuelles. D'autant plus que ce déséquilibre se révèle non seulement quantitatif, mais aussi qualitatif et qu'il n'existe pas dans notre société de mécanismes jouant automatiquement en faveur de l'environnement naturel (2).

Fait inédit dans l'histoire de l'humanité, nous nous trouvons, pour certains, face à une possibilité d'autodestruction collective (3). Si nous répudions à la fois la peur panique et l'attitude stoïque, qui sont peut-être les deux faces d'une même irresponsabilité, comment réagir pour maîtriser une évolution dont les effets à long terme pourraient revêtir un caractère extrêmement grave ? De nombreuses études ont voulu répondre à une telle question, mais traitant des problèmes de la pollution isolément, elles ne pouvaient aboutir qu'à des vues fragmentaires et donc jugées insuffisantes. D'où la tentative, inaugurée en 1972 avec le premier rapport au Club de Rome (4), de construire des modèles mathématiques appréhendant le monde de façon globale et visant à fournir une meilleure représentation des problèmes relatifs à la société humaine, de leur évolution dans le temps et des différentes options politiques soumises aux décideurs (5).

Sur l'ensemble des modèles mondiaux dont les conclusions ont pu être analysées, nous n'en trouvons que trois qui s'attachent à donner une représentation de la pollution. Il s'agit du modèle « Limites à la croissance » de l'équipe Meadows, du modèle « Stratégie pour la survie » de Mesarovic et Pestel et de l'étude « Le futur de l'économie mondiale » dirigée par Wassily Leontief (6). Alors que le rapport Meadows décrit l'évolution à long terme d'indicateurs de niveaux de pollution, avec rétroaction sur les autres secteurs, et que l'étude de Leontief s'attache au problème de la réduction de la pollution et surtout de son coût économique, « Stratégie pour la survie » traite sommairement du sous-système environnement, sans lier la pollution aux autres secteurs d'activités. C'est pourquoi notre attention se portera uniquement sur les deux premières études mentionnées et les modèles qui les sous-tendent.

Premier modèle dans l'ordre chronologique, adoptant la méthodologie dite « dynamique des systèmes » élaborée par Jay Forrester (7), « Le livre des limites » a constitué un événement majeur et ses projections malthusiennes ont eu un impact considérable sur l'opinion publique, qui y voyait une mise en équation de la catastrophe à l'aide du prestigieux outil qu'est l'ordinateur. Ce rapport passa pour préconiser un arrêt brutal de la croissance. Mais comme on l'a noté par la suite, il s'agissait peut-être moins de la description d'un futur inéluctable que d'une condamnation du présent (8). Et malgré toutes ses imperfections, ce modèle conserve le mérite d'avoir favorisé des efforts de réflexion prospective à un niveau mondial, efforts dont l'étude de

Leontief est pour l'instant le dernier fruit.

Constitué par une représentation de l'économie mondiale à l'aide d'une matrice in *put*-output (9), ce modèle avait d'abord pour but de montrer les interrelations possibles entre les diverses stratégies économiques et les nombreuses approches de l'environnement. Il devait en particulier permettre de répondre à la question suivante : la prise en compte de l'ensemble des problèmes d'environnement freinerait-elle le développement économique et imposerait-elle un réexamen des prévisions et des objectifs de développement nationaux et internationaux ? C'est dire qu'il s'agissait de tenter d'évaluer le coût d'une certaine sagesse.

La mise en équation de la catastrophe

Pour les auteurs du 1^{er} rapport au Club de Rome, la maîtrise du comportement futur des systèmes écologiques se heurte à quatre difficultés.

En premier lieu, la quantification des conséquences des activités humaines sur l'environnement est récente, incomplète et nous nous trouvons dans l'impossibilité d'évaluer définitivement la capacité d'absorption que la terre possède. Malgré cet inconvénient, les quelques types de pollution mesurés sur une période relativement longue laissent penser qu'ils se caractérisent par une croissance exponentielle.

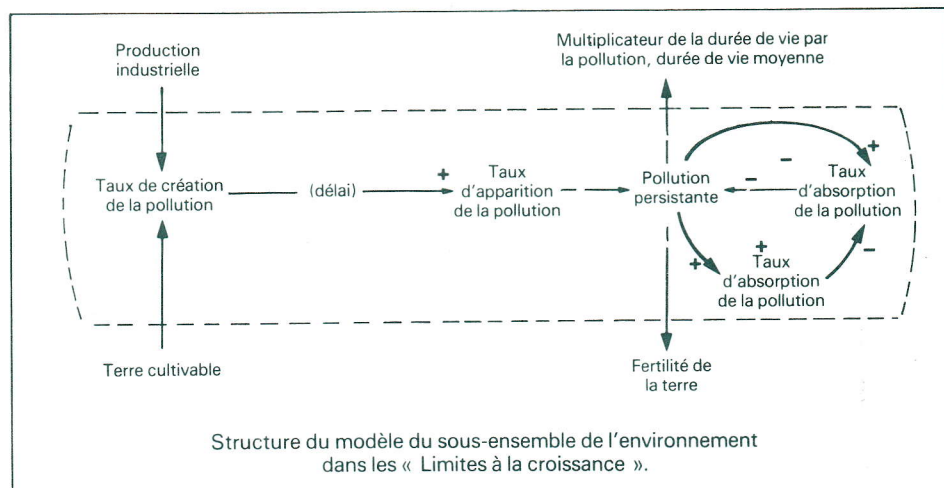
D'autre part, on peut bien sûr extrapoler des courbes exponentielles. Mais on ignore jusqu'à quel point la pollution peut perturber l'équilibre écologique de la terre sans conséquences graves ; c'est dire que les maxima absolus qu'on peut assigner aux courbes restent inconnus.

Il existe de plus des délais naturels dans les processus écologiques. Si on se réfère par exemple à des substances toxiques à dégradation lente (10), il peut s'écouler un délai très long entre l'époque d'émission du polluant et le moment où il se transforme en substance inoffensive. En outre, des délais du même ordre s'écoulent entre le moment où on entreprend de réduire le taux d'émission du polluant et le moment où ses conséquences s'atténueront.

Enfin, quatrième source de difficultés, les polluants sont dispersés dans le monde entier et leur nocivité peut se manifester très loin de leurs points d'origine (11).

Malgré ces domaines d'incertitude, les auteurs du rapport s'estiment fondés à prendre la série d'hypothèses suivantes pour élaborer la structure du modèle du sous-ensemble de l'environnement :

- La création de pollution persistante dépend des activités industrielles et agricoles selon une réaction linéaire ;
- La quantité de pollution accumulée est déterminée par la différence entre le taux de pollution et celui de sa résorption ;
- Il s'écoule un délai entre l'émission du polluant et sa disparition ;
- La quantité de pollution absorbée par unité de temps dépend de la quantité totale de pollution et du délai nécessaire pour absorber une unité de pollution ;
- Le temps d'absorption de la pollution augmente au fur et à mesure que le niveau total de la pollution augmente ;
- La pollution croissante agit sur le niveau de l'espérance de vie à la naissance et sur la fertilité des terres cultivables.



Source : H. Cole et al., *l'anti-Malthus*, Paris, Le Seuil, 1974.

En fonction de la structure du modèle de ce sous-ensemble, telle qu'elle est schématisée ci-dessus, peut-on préciser les limites de la pollution ? Cette dernière dépendant de la population, de l'industrialisation et du développement de techniques particulières, on ne peut évidemment donner aucune précision sur l'évolution de sa courbe exponentielle globale. Cependant, s'appuyant sur l'hypothèse d'une population de 7 milliards de personnes en l'an 2000 (estimation communément admise), bénéficiant d'un PNB par tête équivalent à celui des Etats-Unis en 1970, les auteurs affirment que les contraintes exercées par la pollution sur l'environnement naturel seraient multipliées par 10. Personne ne peut dire si la terre sera en mesure de le supporter. Il existe pourtant une limite d'absorption des polluants par la terre, limite qui aurait déjà été dépassée en certains points. La poursuite de telles tendances rendrait donc inévitable une catastrophe.

Peut-on pour autant les enrayer ? Comme le constate également Léontief, le coût de l'élimination des polluants croît sensiblement en fonction du pourcentage éliminé. Le rapport Meadows fournit un exemple frappant : si 50 000 dollars sont nécessaires pour éliminer de l'atmosphère d'une grande agglomération américaine 5 % de vapeurs de SO₂ et 22 % de particules solides, 26 millions de dollars porteront respectivement ces chiffres à 48 % et 69 %. Mais, même dans le cas d'énormes sacrifices financiers consentis par les États, la situation resterait préoccupante.

En effet, dans l'hypothèse, hautement irréaliste selon les auteurs, de ressources illimitées grâce au recyclage et autres techniques, et d'une réduction de la pollution à un taux de 25 % de sa valeur prévue à partir de 1975, la catastrophe reste inévitable. Car, si une telle politique permet d'éviter la crise due à la pollution ; si la population et la production industrielle par tête croissent au-delà du maximum précédent ; si les réserves de matières premières et les niveaux de pollution ne posent pas de problèmes, le quota alimentaire décline et le système s'effondre cette fois sous l'effet du manque de nourriture.

C'est pourquoi le rapport Meadows n'entrevoit d'issue que dans la création d'un état d'équilibre global, caractérisé par une population et un capital essentiellement stables, les forces qui tendent à les accroître ou à les diminuer étant soigneusement équilibrées.

Encore convient-il d'initier sans aucun retard une telle politique de stabilisation, tout délai dans cette mise en œuvre ne faisant que différer une échéance devenue alors fatale.

Le prix d'une certaine sagesse

L'approche prudente et conservatrice de l'équipe dirigée par W. Léontief contraste avec cette sorte de contre-utopie écrite à l'aide de l'ordinateur (12). Cette analyse économique du problème de la pollution considérée dans son ensemble part d'une série de prémisses, qui en tracent rigoureusement les limites.

Le modèle ne prend en compte que les émissions de quelques polluants parmi les plus importants : les particules engendrant la pollution de l'air, le manque d'oxygène biologique, les solides en suspension et en dissolution, les phosphates, les nitrogènes qui polluent l'eau, les pesticides et les déchets solides. D'autre part, sur les 48 secteurs de l'activité économique recensés, 5 concernent les activités de dépollution : traitement de la pollution de l'air, traitements primaire, secondaire et tertiaire de la pollution de l'eau, et enfouissement ou incinération des déchets urbains.

Les coefficients des émissions polluantes mesurent les volumes de polluants en millions de tonnes par unité de production dans les secteurs industriel et agricole. Pour les déchets urbains liquides et solides, des coefficients analogues sont associés au niveau de la consommation. Les statistiques sur la pollution et la dépollution étant cependant très rares, ces coefficients sont approximatifs et les hypothèses sur les niveaux de dépollution un peu arbitraires. En gros, ces coefficients avant dépollution pour chaque secteur industriel et unité de production sont ceux des États-Unis, sous réserve de quelques ajustements.

En ce qui concerne les déchets solides urbains et les eaux résiduelles urbaines, leur production est fondée sur des régressions pour les différentes régions, en faisant abstraction des entités nationales. Enfin faute de données spécifiques régionales, les coefficients des activités de dépollution sont supposés uniformes dans le monde entier.

Sur ces bases est calculée pour chaque secteur économique la pollution nette, qui est égale au volume d'émissions polluantes moins le volume des émissions traitées par

les activités de dépollution. Notons que les procédés de dépollution n'éliminent qu'une partie des émissions polluantes et que, pour certains polluants comme les pesticides, aucun procédé connu de dépollution n'existe.

C'est ainsi qu'après dépollution, deux catégories de polluants continuent d'affecter l'environnement : ceux qui n'ont pas été traités et ceux qui ont résisté en partie à la dépollution. Une dernière hypothèse vient compléter les fondements de cette étude : l'information sur les procédés de dépollution à l'échelle mondiale étant incomplète, il a été estimé que la dépollution serait plus intensive à de hauts niveaux du PIB qu'à de bas niveaux.

Le modèle prend en compte quatre scénarios de dépollution et les développe sur la base du PIB par tête de la région étudiée ; les standards de dépollution, correspondant aux niveaux du produit par tête, sont établis en pondérant les coefficients de dépollution disponibles, eux-mêmes fondés sur les standards de dépollution des États-Unis en 1970.

Ainsi, dans chaque région où le produit par tête dépasse 2000 dollars (dollars constants 1970), mais sans atteindre cette somme dans les périodes précédentes, les standards appliqués sont ceux des États-Unis en 1970 ; dans les régions où le produit par tête dépasse 2000 dollars et dépassait cette somme dans les périodes précédentes, le niveau d'émission est maintenu au stade de la première période où les standards américains ont été appliqués ; dans les régions où le produit par tête est compris entre 700 et 2000 dollars, la réduction de la pollution serait égale à la moitié des standards améri-

en raison de leur faible niveau de développement.

En fonction des hypothèses et des scénarios qui précèdent, le rapport décrit l'évolution de quelques types de pollution dans le monde entre 1970 et 2000 (voir les tableaux figurant en annexe).

Ces derniers révèlent, en ce qui concerne les résidus solides, de fortes différences régionales, ainsi qu'une forte progression dans les pays pauvres. Encore convient-il de noter que les résidus solides des secteurs industriels et agricoles ne sont pas pris en compte, faute d'information, et que l'estimation ne porte que sur les déchets du secteur urbain. D'autre part, les situations restent très variables dans le domaine de la pollution de l'air, tribut de l'industrialisation. Mais les particules en suspension constituent le seul type de pollution de l'air analysé... Les standards américains en 1970 pour la destruction de ces particules s'élevaient à 90-94 % des émissions brutes. Remarquons que, malgré de tels standards, l'Amérique du Nord est la région où l'émission totale nette (4,21 millions de tonnes) reste la plus forte, même par rapport aux régions où la destruction des particules est inexistante.

Enfin la pollution de l'eau est sujette à de fortes progressions. Si l'eau est traitée par les 3 processus de dépollution (primaire, secondaire et tertiaire), une partie seulement des 5 polluants (manque d'oxygène biologique, nitrogène, phosphates, solides en suspension et en dissolution) est éliminée. L'étude mesure ce niveau de dépollution en fonction des quantités de solides en suspension détruites. Et les standards américains de 1970 représentent l'élimination de 44,31 % de ces solides.

Quel sera le coût d'une telle dépollution ? L'étude indique le capital investi dans ces activités par région au cours des 4 décennies 1970-2000. Les comparaisons dans le temps montrent qu'il existe un rapport net entre niveau d'émissions nettes et niveau de l'investissement « dépollution ». Dans les régions à hauts revenus, l'émission nette reste constante pour trois polluants (particules, déchets urbains et solides en suspension), tandis que les polluants susceptibles d'élimination progressent modérément. Mais dans les régions à bas revenus, l'émission nette augmente rapidement sous l'effet des taux de croissance plus rapides de l'industrie.

D'autre part, si l'on considère la proportion entre le capital consacré à la dépollution et les réserves de capital total dans chaque région, on constate qu'au fur et à mesure que ces dernières adoptent les standards des pays à hauts revenus, la part de capital affectée à la dépollution augmente. Selon les chiffres du rapport, le contrôle de la pollution tendra à absorber entre 2 à 4 % de l'investissement total dans les régions à revenus modérés et à hauts revenus au cours des deux prochaines décennies, tandis que pour les régions à bas revenus le pourcentage sera moins élevé.

Si les coûts économiques de la dépollution sont calculés en pourcentage des coûts en capital actualisés par rapport au PIB, ils représentent pour les activités de contrôle prises en compte moins de 1 % du PIB, même dans les régions développées.

Ces projections sont évidemment à interpréter avec une grande prudence, du fait qu'elles ne se réfèrent qu'à un ensemble limité de polluants connus et aux activités de contrôle qui les concernent. De plus, ces ac-

tivités, de l'aveu même des auteurs, ne représentent qu'environ 45 % de celles régulièrement prises en compte dans les récentes estimations américaines.

W. Léontief et son équipe affirment cependant, au terme de leur analyse, que le problème de la pollution n'est plus insoluble. Car, pour éviter la croissance de la pollution, nous pouvons recourir à des technologies déjà existantes, ramenant ainsi cette pollution à des niveaux acceptables. De plus, si les règlements adoptés par les États-Unis étaient universellement appliqués, la pollution n'empirerait pas en termes absolus par rapport à 1970 et le coût total de la lutte anti-pollution avoisinerait 1,4 - 1,9 % du produit brut. Ce pourcentage tomberait à 0,5 - 1 % pour les pays en voie de développement.

On pourrait être frappé par la modestie de ces évaluations. C'est pourquoi les auteurs du rapport, qui a nécessité trois années d'efforts, se sont vus contraints de fournir une dernière précision : « Le fait que nos estimations du coût de la dépollution soient modérées, ne doit pas être interprété comme signifiant que le monde peut éviter toute désagrégation de l'environnement à peu de frais ». C'est ainsi souligner sur un ton feutré les limites de leur analyse.

Le fétichisme de la quantité

Comme la présentation de ces deux modèles l'a laissé présager, les critiques à leur adresse ne manquent pas (3). En effet, si certains voient dans ces essais de modélisation un immense progrès dans la compréhension des problèmes mondiaux à long terme, d'autres notent qu'ils impliquent une prise de position idéologique, n'apportant donc pas une vision objective de la réalité, et que leur utilité pour les décideurs laisse pour le moins sceptique, et qu'en outre ils souffrent d'insuffisances techniques.

Au-delà de ces reproches, il semble que la critique la plus fondamentale que l'on puisse faire à l'ensemble de ces modèles mondiaux est de succomber à une sorte de fétichisme de la quantité. Comme l'a bien souligné G. Picht dans l'ouvrage déjà cité, une analyse qui se limite à des données quantifiables ne peut par définition étudier que des fonctions dont le cours est déterminé. C'est pourquoi, « le modèle mathématique, qui est à la base de l'analyse de système, est d'esprit déterministe. Il ne prend en compte que des processus qui se déroulent dans le champ d'une détermination causale ».

Tout modèle réduit le système qu'il ambitionne de reproduire, mais cette réduction ne se justifie que dans la mesure où la structure de ce système est correctement mise en évidence. Or la structure de la société humaine possède une dynamique déterminée par un jeu étroit de relations entre facteurs quantitatifs et facteurs, qui, malgré tous les progrès des sciences sociales, restent non quantifiables.

C'est pourquoi, la solution des problèmes à long terme de nos sociétés ne peut être trouvée qu'en mettant un terme au règne déjà trop long de la quantité, dont l'outil mathématique en est le principal support. Une action efficace doit, en effet, passer nécessairement par le repérage des éléments qualitatifs qui façonnent l'évolution socio-économique. Ne devrait-on pas trouver là le ressort de toute politique responsable ?

G.P.

**Affectation
des différents scénarios
de dépollution selon les régions**

| | 1970 | 1980 | 1990 | 2000 |
|-----------------------------------|------|------|------|------|
| Amérique du Nord | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Amérique latine (revenus moyens) | 1 | 2 | 2 | 3 |
| Amérique latine (bas revenus) | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Europe de l'Ouest (hauts revenus) | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Europe de l'Ouest (bas revenus) | 2 | 2 | 2 | 3 |
| URSS | 2 | 3 | 4 | 4 |
| Europe de l'Est | 2 | 3 | 4 | 4 |
| Asie (planifiée) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Japon | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Asie (bas revenus) | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Moyen-Orient | 1 | 2 | 2 | 3 |
| Afrique aride | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Afrique tropicale | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Afrique septentrionale | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Océanie | 3 | 4 | 4 | 4 |

Scénario 1 : Dépollution zéro

Scénario 2 : Dépollution niveau 50 % par rapport aux standards américains

Scénario 3 : Standards américains appliqués

Scénario 4 : Emissions maintenues au niveau de la première période où la dépollution « totale » fut appliquée

Source : W. Léontief et al., op. cit.

cains de 1970 ; enfin, dans les régions où le produit par tête est inférieur à 700 dollars, aucune réduction de la pollution n'est envisagée, ces régions polluant très faiblement