

# COMMENTAIRE **De la boucle ouverte « pression-État-réponse »... à la boucle complète « nature-société »**

PAUL CASEAU

Il faut toujours revenir aux commencements. Pendant (très) longtemps, en effet, on a pu penser que l'interaction entre l'homme et son environnement resterait un problème limité, aussi bien du point de vue de la nature (qu'on considérerait comme peu impactée), que de la société (peu menacée par des effets en retour). L'étude de cette interaction était alors placée entre les mains des sciences de la nature qui étaient chargées de dire ce qui se passait à l'interface. Il n'apparaissait pas nécessaire d'étudier le cycle nature-société complet : aussi bien pour la société que pour la nature, les effets endogènes l'emportaient sur l'interaction. Il était donc possible d'isoler, à l'intérieur de la boucle des interactions, ce qui constituait l'ensemble à étudier... et à maîtriser.

C'est ce que marque le passage du schéma de la *figure 1* à ceux des *figures 2* et *3*.

Tout a changé lorsqu'on est devenu conscient de l'importance de l'interaction entre les deux blocs nature et société qui composent le schéma de la *figure 1*. En creusant la notion d'effet anthropique, on s'est aperçu que c'était bien l'ensemble du cycle nature-société qui était modifié. Paul Crutzen et Eugène Stoermer ont forgé le mot « anthropocène » pour caractériser l'ère dans laquelle nous sommes entrés : cette expression signifie, évidemment, qu'il faut passer des études en boucle ouverte « impact sur l'environnement » à des études en boucle complète. Ce qui appelle à complexifier les schémas initiaux, et à mettre en place une collaboration étroite entre sciences de la nature et SHS.

On est donc amené à convoquer, non seulement la technologie, mais aussi l'économie et l'évaluation des externalités pour bâtir quelque chose qui ressemble au schéma de la *figure 4*.

Ce schéma paraît bien structuré pour emporter l'adhésion. Pourtant, il a renoncé à rendre réellement compte de la complexité de la société, de la diversité et des tensions entre points de vue qui constituent le jeu social. L'hypothèse sous-jacente est très restrictive : on admet qu'il existe un système de valorisation unique, un décideur unique (même s'il reste virtuel) qui optimise l'ensemble. Pour être vraiment général, il faut s'affranchir de cette hypothèse d'unicité.

On aboutit alors au schéma de la *figure 5* qui prend acte du fait qu'il y a plusieurs points de vue, plusieurs choix possibles. Par conséquent, il fait droit aux questions de « représentations » (de la réalité) et de « préférences ».

À partir de ce qui vient d'être dit, on peut proposer une lecture de ce numéro spécial de *Natures Sciences Sociétés*. Cette lecture se fera en retenant les deux axes principaux de l'analyse précédente.

On notera d'abord qu'en explorant les conséquences logiques du premier schéma (qui, bien que simple, a comme caractéristique d'être bouclé), on est amené, progressivement, à complexifier l'analyse de

la société. Et à renoncer aux approximations de l'approche « pression-État-réponse », centrée sur la nature seule. On peut distinguer, en gros, trois étapes dans cette démarche, qui sont repérables par les schémas des *figures 3* (qui reste en boucle ouverte), *4* et *5*.

On notera également que tous les organismes de R&D qui étudient l'Environnement sont en train, seuls ou à plusieurs, de parcourir le chemin qui vient d'être décrit. Il n'est donc pas surprenant que les trois schémas puissent être considérés plus ou moins comme des repères pour situer les articles de ce numéro spécial.

C'est donc cette grille de lecture qui sera adoptée dans les commentaires qui vont suivre.

## Les « études en boucle ouverte »

Bien entendu, les études en boucle ouverte, selon le modèle « pression-État-réponse », n'ont rien perdu de leur importance. Elles font parties des « pierres de construction » de tout schéma d'ensemble.

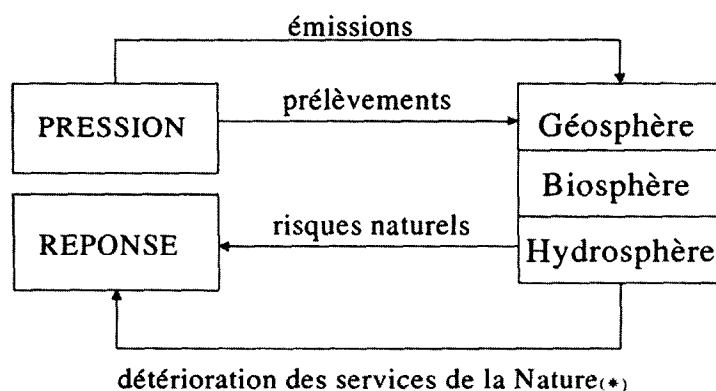
L'article « Vers de nouveaux outils pour l'aide à la gestion des hydrosystèmes : couplage des recherches physiques et biologiques sur les cours d'eau » se situe dans ce cadre. Si l'homme agit sur les cours d'eau par ses prélèvements et ses émissions, comment ces derniers vont-ils réagir ? L'approche « pression-État-réponse » doit permettre de dimensionner des « outils de gestion » : les notions en cause sont les « débits réservés », la « gestion par écluse », l'équilibre sédimentaire.

Le lecteur devrait être sensible à plusieurs points que les auteurs mettent en lumière, et qui n'auraient sans doute pas été présents dans un article écrit il y a cinq ou dix ans.

L'approche est résolument multi-compartiments, avec un centrage sur la biosphère, comme le montre la *figure 1*. La morphologie et l'hydrologie sont étudiées comme des déterminants des « habitats » et de la biologie. On est donc bien dans « l'écologie quantitative » et la discussion qui conclut l'article est particulièrement intéressante.

Un effort important est consacré au choix des échelles pertinentes (de temps et d'espace). Ces échelles sont très imbriquées : l'écologie a les siennes, celles de l'hydrologie sont différentes, celles de la morphologie également. Et pourtant, ce que l'on veut étudier résulte de l'interaction des trois catégories de phénomènes et de leurs dynamiques respectives.

On peut dire, en généralisant ces remarques, que les temps sont mûrs pour des articles de synthèse (multi-compartiments), concernant les eaux de surface (comme celui-ci), voire les eaux souterraines ou les zones côtières. Nous n'en sommes pas au même niveau d'avancement pour ce qui concerne « la terre ferme » : la forêt, les espaces cultivés, les espaces périurbains.



Le schéma montre le découpage de la Nature en "compartiments" dont on va mesurer et modéliser les changements d'état. Il montre également que les flèches en retour comprennent aussi bien les risques (événements extrêmes) que la détérioration des services(\*) que la Nature rend à la Société.

Figure 1

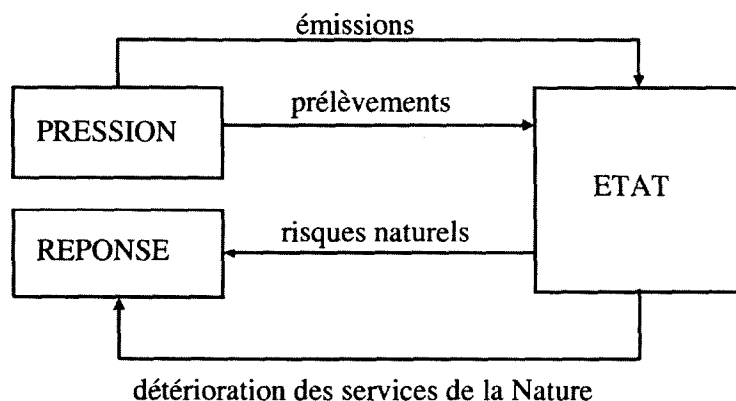


Figure 2

L'article « Gestion de l'azote en système d'élevage développé : enjeux scientifiques et environnementaux » peut également être situé dans l'approche du schéma de la figure 3. C'est, en effet, un élément de réponse à la question, extrêmement vaste, des cycles biogéochimiques. Cette question a été placée parmi les huit « défis majeurs » que pose la relation entre l'homme et son environnement, dans un ouvrage récent du National Research Council. Le NRC rappelle que six éléments (carbone, oxygène, hydrogène, azote, soufre, et phosphore) constituent 95 % de la biomasse terrestre, et que la question de leur évolution se pose à toutes les échelles spatiales : du territoire à la planète.

À l'échelle de l'exploitation agricole, l'article propose une méthodologie précise (fondée sur l'utilisation du traceur isotopique  $^{15}\text{N}$ ), que le Cemagref a expérimenté avec succès. On dispose donc, semble-t-il, d'une méthode solide applicable aux territoires cultivés. Mais le lecteur se pose immédiatement la question : comment changer d'échelle, comment passer de l'exploitation au territoire, puis à la région, et au-delà ? Question qui implique le rassemblement de données, leur repérage dans l'espace, la cartographie, la modélisation. Il (le

lecteur) note, évidemment, que le choix de l'échelle (ici, l'exploitation individuelle) influe directement sur le choix de la gestion du cycle qui sera adoptée. Sera-t-il possible d'adopter très longtemps une gestion qui ignorerait la relation exploitation-territoire-région ?

La possibilité d'utiliser la technologie pour pallier les « pressions » sur l'environnement mises en évidence par le schéma de la figure 3 est une des raisons d'être de l'ingénierie au Cemagref. Bien que l'article « Agriculture et agroalimentaire : technologies de l'information pour garantir la qualité des produits et le respect de l'environnement » adopte un point de vue qui déborde la grille de lecture utilisée ici, on retrouve un certain nombre de technologies qui permettent de diminuer les « intrants », c'est-à-dire les pressions du schéma de la figure 3.

### Prise en compte et optimisation de la boucle globale

Il ne faudrait pas que la façon dont les trois schémas ont été introduits et commentés conduise le lecteur à des

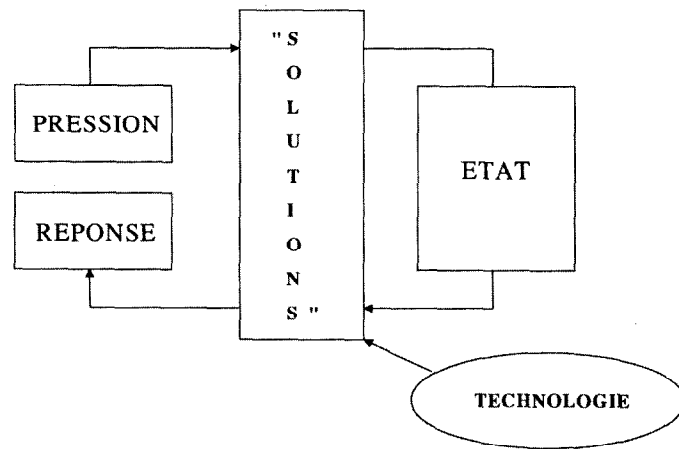


Figure 3

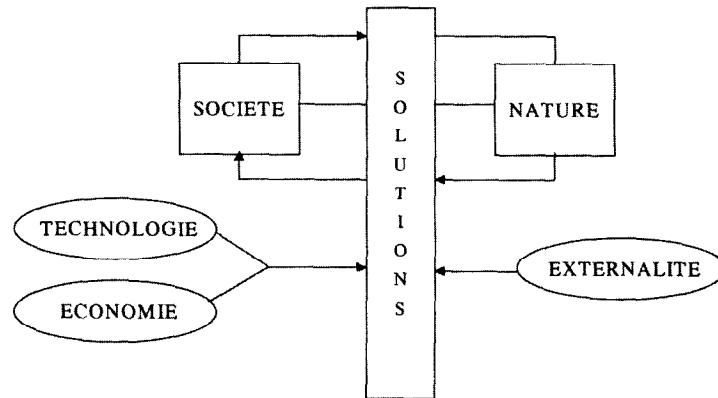


Figure 4

conclusions trop absolues. Malgré ses limitations, le schéma de la *figure 4* est souvent incontournable, au moins comme première approximation : celui qui se voit confier la responsabilité d'un problème commence en général par adopter un point de vue « unifié ».

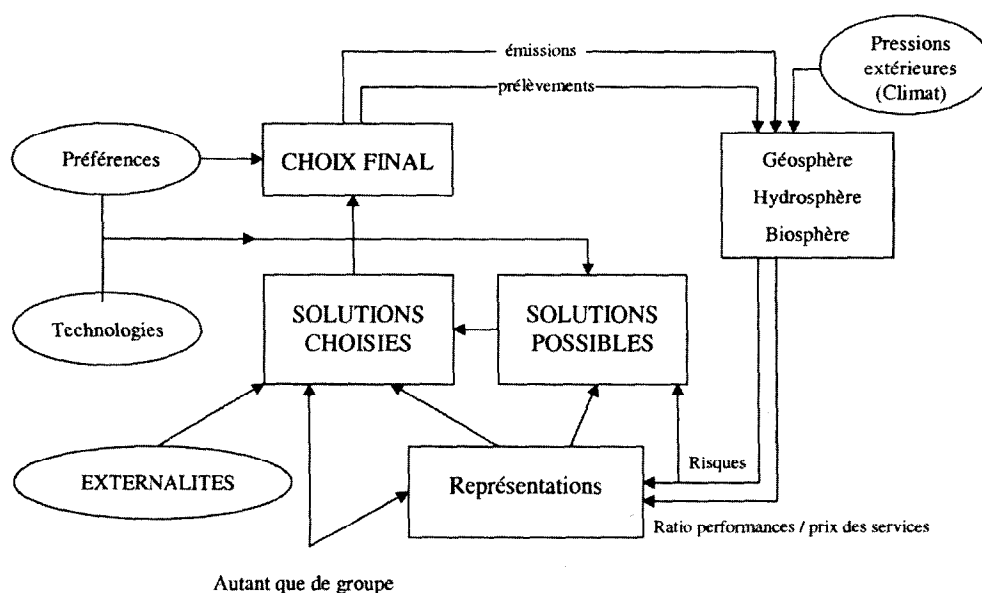
Rien ne le montre mieux que la directive « Eau » qu'analysent MM G.Sachon et J-G.Wasson (p. 93). Cette directive adopte le concept de « bon état écologique », c'est-à-dire le point de vue de l'écologie quantitative, de l'analyse multi-compartiments. Par rapport aux approches qui se limitaient à des analyses hydrologiques ou physicochimiques, le progrès est considérable (ne boudons pas notre plaisir). Les « outils de gestion » qui seront nécessaires dans ce cadre seront justement ceux que présente l'article déjà commenté, qui est consacré à ce sujet.

Mais on peut faire le pari que, lorsque tout cela se mettra en place, le consensus se lézardera, et qu'un terme aussi général que « le bon état écologique » ne suffira pas pour fixer des taxes ou des interdictions. Les outils montreront qu'on peut optimiser de façon très

différente suivant les intérêts en cause ; il faudra donc passer au schéma de la *figure 5*.

L'article sur la « description des clairières de Charreuse » explore, lui, des situations où « un consensus se dégage ». Et l'on peut noter que l'un des éléments de ce consensus, c'est bien que les solutions purement technologiques sont insuffisantes, et qu'il faut optimiser la boucle globale, société comprise.

Cela étant dit, la société acceptera-t-elle facilement d'entrer dans un processus d'optimisation, c'est-à-dire un processus où le contrôle-commande porte (au moins partiellement) sur ses propres comportements ? Ne va-t-elle pas réagir en cachant l'information pour sauvegarder ce qu'elle considère comme ses intérêts ? À partir des deux exemples qui sont présentés, le lecteur est amené à s'interroger. L'information concernant les nappes souterraines est-elle accessible, alors qu'elle peut avoir un poids décisif dans le devenir de l'agriculture, et donc dans les négociations internationales ? La stratégie des populations qui ne s'assurent pas (ou qui s'installent dans des zones à risque) peut-elle être prise en compte d'une façon autre que



Ce schéma peut paraître inutilement complexe. Il veut surtout montrer que, dans une boucle où la décision (l'arbitrage) joue un rôle fondamental, on doit introduire les représentations et les préférences, ainsi d'ailleurs que les règles de procédures nécessaires à la décision.

Figure 5

théorique ? L'article montre que la théorie économique a les moyens de traiter ces problèmes, mais aussi qu'elle n'a pas les moyens d'acquiescer des données que les acteurs ont intérêt à dissimuler, et que l'autorité qui régule et optimise (mais qui ne souhaite pas affronter trop de problèmes) préfère ne pas prendre en compte.

## Les divergences et les tensions entre groupes

Avec l'article « Descriptions plurielles de clairières en Chartreuses : une recherche interdisciplinaire et exploratoire avec un parc naturel régional », on aborde le domaine des divergences et des conflits. Conflits de « préférences » ou d'intérêts, mais aussi conflits de « représentations » : l'article détaille, en particulier, les représentations qui contiennent une forte charge symbolique, ainsi que celles qui sont, par construction, plus « neutres ». Avant même d'essayer de les confronter dans un processus de décision, il faut d'abord les décrire dans toute leur complexité. La méthode adoptée (entretiens libres, base de données à partir d'une analyse formelle des réponses) permet d'analyser l'évolution. Les conclusions qui en sont tirées sont une parfaite illustration de l'obligation de passer du schéma de la figure 4 à celui de la figure 5 : « Il existe des gestions très différenciées » et une grande « diversité des interprétations qui sont données de la clairière et de son évolution ».

Le lecteur sera sans doute assez convaincu par l'approche méthodologique présentée, mais il aura tendance à « demander plus ». Il sera sensible au poids

(en temps et en argent) qu'exige la démarche, et au fait qu'on reste à la description, sans aller jusqu'à comparer (au moins formellement) les différentes gestions possibles. C'est-à-dire qu'il se demandera si l'on peut généraliser, quitte à simplifier, et si la monographie peut déboucher sur une typologie générale, extrapolable à d'autres échelles. La description de la nature se fait ou se fera à toutes les échelles : celle de la société ne peut pas rester, pour toujours, confinée aux groupes et aux territoires de petite taille.

## Approche transversale : la simulation, outil commun à tous les schémas

La grille de lecture suivie jusqu'ici a permis de situer les différents articles dans la boucle d'interaction nature-société, et de les associer à une approche (un schéma) éclairant telle ou telle partie de cette boucle. Il est clair qu'à chaque schéma correspond un besoin spécifique de simulation. C'est pourquoi la même grille peut éclairer l'article transversal « Environnement : modélisation et modèles pour comprendre, agir ou décider dans un contexte interdisciplinaire » (surtout si on prend la précaution de le lire en dernier).

C'est au sein du schéma de la figure 3 (« pression-État-réponse ») que la simulation s'est développée en premier. Elle seule permet de mener une analyse multicompartiments sans se perdre dans la complexité et de confronter avec la réalité des idées

qui peuvent devenir des critères de gestion (indicateurs) : c'est bien ce que traduit la *figure 1*.

On retrouve, dans la description des « exemples développés au Cemagref », la traduction naturelle de cette ancienneté du mariage modélisation-sciences de la nature (ou ingénierie). La mise en garde, ou le rappel des limites, est donnée au chapitre consacré aux « Progrès conceptuels et méthodologiques », mais plus encore avec la *figure 1* : « *Models need data, data need models* » de cet article. Ajoutons que cette phrase est encore plus vraie lorsqu'on traite des problèmes multicompartiments et multiéchelles.

Le schéma de la *figure 4* et la modélisation économique ne posent, au fond, qu'un seul problème vraiment nouveau : c'est que la phrase qui vient d'être citée fait référence à des difficultés qui peuvent devenir presque insolubles. Lorsque les données à acquérir (et à confronter) concernent à la fois les phénomènes naturels et les phénomènes economico-sociaux, les difficultés augmentent à proportion. Il y a, aujourd'hui, un très petit nombre de réussites dans ce domaine.

On pouvait penser que le schéma de la *figure 5* avait trouvé son outil de prédilection avec les systèmes multi-agents, que l'on trouve mentionnés au chapitre « Des modèles pour l'environnement » et sur la *figure 2* du

même article. Mais il est bien évident que cette technique reste encore au niveau de l'illustration, du débroussaillage conceptuel. On peut bien sûr constater, et les auteurs n'y manquent pas, que le rôle de la simulation va croissant, et qu'elle remonte, en quelque sorte, le long de la classification des disciplines proposée par Auguste Comte. Mais on doit (au risque de lasser) répéter « *Models need data, data need models* ». L'état de l'art se situe, aujourd'hui, au niveau des expériences et des démonstrations de concepts : ce qui n'enlève rien à l'intérêt de ces tentatives. Où en serons-nous dans dix ans ?

Le lecteur trouvera peut-être que la grille d'analyse qui était proposée était exagérément rigide. J'en conviens volontiers, et j'admets que la lecture qui en découle est, dans beaucoup de cas, réductrice et appauvrissante. Il reste néanmoins une idée assez forte. Les « sciences pour l'ingénierie de l'environnement », qu'elles soient développées par le Cemagref ou par toute autre institution, trouvent assez naturellement leur place dans les schémas « nature-société » qui ont été proposés. Il n'aurait pas été possible de faire une lecture cohérente à partir de la seule approche « pression-État-réponse ». Le chemin parcouru depuis une dizaine d'années est donc considérable.