

# Rétroaction

On appelle rétroaction une forme particulière d'«interaction» entre les éléments d'un système qui, face à la modification d'un paramètre tend à déclencher des processus d'amplification ou d'inverse de régulation. Initialement utilisé en cybernétique, l'idée de rétroaction est aujourd'hui développée en biologie, en économie et en géographie.

« Il est très rare de pouvoir isoler des causalités purement linéaires sans que des effets agissent à leur tour sur quelques éléments des chaînes causales » est-il écrit dans la page de Hypergeo consacrée à la «causalité». De fait, on constate que presque toujours l'effet provoqué par une cause agit à son tour sur la cause, si celle-ci, évidemment, perdure, induisant ainsi un processus. On appelle cela une boucle de rétroaction (en anglais: feedback) Le terme anglais; littéralement « effet en retour » - est meilleur que celui de boucle de rétroaction, car les rétroactions se situent dans la filière du temps. Il s'écoule toujours un délai, aussi bref soit-il, entre l'action de la cause A et le retour de l'effet B sur A devenu A'. Si à son tour A' a un effet sur B, devenu B', et ainsi de suite avec A" et B", on a, non une série de boucles, mais une spirale dans la dimension temporelle.

Un exemple très simple est le thermostat. On veut maintenir la température d'une pièce aux environs de 20°C. Lorsque la température dépasse 20°C (la cause A), un dispositif quelconque coupe la source de chaleur (effet B), ce qui conduit à un abaissement de la température. L'effet B provoque alors la cause A' qui, par le même dispositif, réactive la source de chaleur (effet B'), et ainsi de suite.

Les observateurs de la nature et des sociétés ont eu depuis longtemps l'intuition des boucles de rétroaction (on conservera ce terme, malgré son inexactitude), même s'ils ne les conceptualisaient et ne les formalisaient pas. Blaise Pascal a écrit: « Toutes choses ont la fois causées et causantes... » et des économistes ont montré qu'Adam Smith dans son ouvrage célèbre De la richesse des nations écrivait à plusieurs reprises des boucles de rétroaction.

Les biologistes, dans l'étude des organismes vivants, exhibent sans cesse des boucles de rétroaction; c'est également un des concepts fondamentaux de certaines théories de la psychologie. La science de l'écologie est entièrement fondée sur l'identification de boucles de rétroaction.

Les géographes, dont l'objet central est l'étude du fonctionnement de «systèmes spatiaux» (même s'ils ne disent pas toujours dans ces termes), s'ils ne se limitent pas à des études descriptives, identifient une multitude de boucles de rétroaction. On a pu montrer que des géographes français des années 1920-1940 ont décrit le défrichement de la Prairie américaine et la constitution des belts par une série de ce qu'ils n'appelaient pas des boucles de rétroaction, mais en sont en fait.

Les géographes qui s'intéressent à l'étude des climats ont été les premiers en géographie à décrire formellement, voire mathématiquement, des boucles de rétroaction. Par exemple, on a montré qu'une grande partie de l'énergie solaire qui atteint la surface de la terre est consommée dans l'évaporation de l'humidité. Si, sur un certain espace, par une cause externe; le régime du Ni±0 par exemple; il s'amorce une sécheresse (cause A), l'énergie solaire absorbe de plus en plus d'humidité (effet B), ce qui accentue la sécheresse. Il y a donc de moins en moins d'humidité (cause A') et l'énergie solaire est de plus en plus efficace pour absorber l'humidité, ce qui renforce encore la sécheresse (effet B'): c'est ce qui s'est passé dans le sud-ouest des Etats-Unis dans les années 1930, conduisant à ainsi à la formation du dust bowl.

Autre exemple: le réchauffement climatique diminue chaque année la surface de la banquise; or la banquise, immense surface blanche, n'absorbe qu'une partie de l'énergie solaire, grâce à l'effet d'albedo; la surface de la banquise diminuant, une plus grande part de l'énergie solaire est absorbée, augmentant le réchauffement et donc accélérant la diminution de la surface de la banquise, etc...

Les exemples ci-dessus sont des exemples de boucles de rétroaction positives: le processus amorcé est un processus d'accentuation du phénomène. On comprend aisément que l'existence de plusieurs boucles de rétroaction positives dans un système introduit de l'entropie et peut conduire à la destruction de ce système.

A contrario, les boucles de rétroaction négatives assurent l'équilibre, l'homéostasie d'un système. L'exemple du thermostat décrit une boucle de rétroaction négative. Pour reprendre un autre exemple décrit ci-dessus, s'il pleut régulièrement sur une région, la part de l'énergie solaire utilisée pour l'évaporation est peu-près constante, et l'humidité sera de même à peu près constante. Le système climatique local est régulé; il est en équilibre dynamique; et ceci jusqu'à ce qu'un choc externe entraîne une dérégulation amorçant un «processus» de rétroaction positive.

Il en est de même dans le fonctionnement des sociétés humaines (et animales d'ailleurs) et dans l'économie: pour faciliter les exportations, un gouvernement peut être tenté par une dévaluation; cette dévaluation va effectivement donner temporairement un coup de fouet aux exportations, mais en renchérissant le prix de ce qui est importé, va provoquer de l'inflation, et cette inflation peut freiner les exportations. D'où une nouvelle dévaluation, et ainsi de suite.

De nombreux géographes ont montré que les processus de transformation spatiale des agglomérations urbaines, et en particulier dès les années 1920, des villes des Etats-Unis, la fuite des classes sociales aisées, puis des classes moyennes, vers des banlieues lointaines et des espaces pavillonnaires ont provoqué la boucle réaction de constitution des quartiers ethniques et en particulier des « ghettos noirs » et « hispaniques ». Des boucles inversées, plus d'un demi-siècle après, ont amorcé des processus de gentrification; il existe une abondante littérature sur le sujet.

L'identification de très nombreuses boucles de réaction dans un système spatial, aussi bien dans le domaine des processus « naturels » que dans l'étude des processus « sociaux », et peut-être surtout dans l'étude des relations nature-société; fait ressortir l'extrême complexité des systèmes spatiaux; c'est peut-être là que gît le cœur de la science géographique, mais également le cœur de toutes les études environnementales dans lesquelles l'implication des géographes est cruciale. Ce sont bien des croisements et des imbrications entre systèmes « naturels » et systèmes « sociaux » qui construisent l'espace géographique, objet central du domaine de connaissance. C'est le cœur des problématiques et des méthodologies de la géographie d'aujourd'hui. La formalisation des modèles de systèmes et leur écriture informatique permettent de comprendre et de découvrir de mieux en mieux (soit dit en passant: par une boucle de réaction de progression de la connaissance...); cela tout en sachant qu'il est impossible d'identifier et d'exhiber tous les processus et donc toutes les boucles de réaction à l'œuvre dans un système. Un des acquis fondamentaux du paradigme de la complexité est donc l'incomplétude consubstantielle de la connaissance. C'est bien, selon le titre d'un ouvrage important de Ilya Prigogine, la fin des certitudes.

## Bibliographie