

Académie des sciences

Rapport sur le science et le technologie n°15 – Éditions Tec & Doc

« Études de l'environnement : de l'échelle du territoire à celle du continent »

INTRODUCTION

Du territoire au continent. Une méthodologie pour l'étude des problèmes spatialisables

La notion de territoire est définie par les sciences humaines et sociales comme une portion de l'espace terrestre qu'un groupe s'est approprié. Elle renvoie donc à des entités construites par des normes ou des pratiques juridiques, spatiales, sociales et culturelles, voire affectives, dans certaines conditions géographiques. Un territoire n'est pas un espace quelconque.

Selon cette acception, l'étude des territoires est extrêmement large: elle inclut l'ensemble des méthodes et des techniques qui permettent d'analyser les territoires, voire d'intervenir sur leurs contenus. Ses bases scientifiques se situent dans la recherche sur les divers processus physiques, biologiques et socio-économiques qui modèlent les territoires et leur évolution. Néanmoins, cette définition pourrait englober presque toute les Sciences de la Nature et les Sciences humaines : elle doit donc être mieux précisée.

Il n'y a pas de science de l'environnement, sujet transdisciplinaire par excellence : il y a des sciences des questions d'environnement. Ce qui veut dire que, en matière d'environnement plus encore que dans d'autres domaines, l'objet scientifique n'est pas donné, mais qu'il est construit. Et cette construction est souvent déterminée par des pressions socio-économiques : parmi la multiplicité des sujets qui peuvent être examinés, la société indique ses priorités et suggère ses choix.

Néanmoins, et même si on se place du point de vue de la cohérence scientifique, on constate que les choix faits ne sont pas arbitraires. Qu'il s'agisse de Berrien Moore ouvrant le Congrès d'Amsterdam « Challenges of a Changing Earth » (2001), des rapports de l'Agence Européenne de l'Environnement, ou de ceux du National Research Council américain (2001), on aboutit à peu près à la même liste :

- l'évolution du climat mondial ;
- la rencontre entre l'océan et les terres émergées: l'évolution du littoral ;

- les eaux continentales et la qualité des milieux aquatiques ;
- les changements dans l'utilisation des sols et de leur couverture biologique ;
- la biodiversité ;
- les changements dans la régulation des ressources, naturelles ou protégées.

Le premier de ces problèmes est mondial : l'équilibre thermique de la « machine thermique -terre » doit d'abord être analysé globalement. Les autres se déclinent continent par continent, ou région par région. On voit donc apparaître une sorte d'échelle ascendante, où les problèmes locaux se situent à l'intérieur des problèmes régionaux, eux-mêmes inclus dans des problèmes continentaux. Dans la pratique (comme l'indique le chapitre 5 « Échelles et changements d'échelles : problématique et outils »), cette échelle sera utilisée, soit « en montant », soit « en descendant ». Par ailleurs, il est bien évident qu'on doit distinguer entre ce qu'on appellera (pour faire court) les problèmes du « Nord » (Amérique du Nord, Europe, Japon) et ceux du « Sud » (Afrique subsaharienne, Amérique du Sud, Asie du Sud et du Sud-Est). Même si cette distinction manque de précision, elle suffit pour qu'apparaisse le fait **que ce premier rapport ne traite pas les problèmes du Sud** (évolution des forêts primaires, désertification, impact de l'agriculture sur la ressource en eau, énergie, etc.). La composition du groupe, et le temps dont il disposait, ne permettaient pas qu'il en soit autrement. Mais l'importance de ces sujets est telle qu'on peut souhaiter qu'un autre rapport leur soit consacré.

L'évolution des territoires intéresse toujours plusieurs « compartiments » naturels

Dans la description habituelle des sujets traités par les sciences de la Terre, on est amené à définir des « compartiments », qui en général interagissent les uns sur les autres : atmosphère, océan, hydrogéosphère, cryosphère, biosphère. Les problèmes qui font partie de la liste citée plus haut font, tous, **intervenir plusieurs compartiments (et donc plusieurs disciplines) à la fois**. C'est ce que montre, par exemple, le traitement du climat.

Traiter un problème à plusieurs compartiments signifie, en fait, représenter de façon satisfaisante une famille de processus très dissemblables et néanmoins fortement couplés. Par ailleurs, on observe l'ensemble à une échelle de temps et d'espace qui est largement indépendante des dimensions caractéristiques des processus élémentaires. Or, les propriétés de cet ensemble ne sont pas prévisibles à partir de l'analyse des processus élémentaires : ce sont des « propriétés émergentes ». Cette situation correspond à la définition des « problèmes complexes ». Aborder l'étude de ces problèmes n'est tout simplement pas possible si on n'est pas guidé par un fil conducteur, si on n'a pas précisé la méthodologie que l'on compte suivre.

Un modèle méthodologique : le traitement du climat

Parmi tous les problèmes, il en est un qui a fait l'objet, depuis une vingtaine d'années, d'un effort sans précédent : c'est l'évolution du climat. Toutes les difficultés de la complexité, de l'interaction entre compartiments et entre processus se sont posées, et une méthodologie s'est progressivement dégagée. **La question qui est à la base du rapport est donc simple : peut-**

on transposer cette méthodologie à des problèmes dont l'échelle n'est plus planétaire, mais simplement continentale, régionale, ou locale ?

Ainsi posée, la question est sans doute trop large. Ce rapport a donc centré son examen sur les problèmes où la méthodologie précédente a une bonne chance de s'appliquer, et qu'on appellera les problèmes « spatialisables ». Quelques explications sont nécessaires pour que l'on comprenne bien ce que recouvre ce terme : on les trouvera au chapitre 5, « Échelles et changements d'échelles : problématiques et outils ». Mais il paraît souhaitable de donner dès maintenant les définitions les plus fondamentales.

- Dans un **problème spatialisable**, les divers processus peuvent être décrits à partir de quantités qui font intervenir l'espace et le temps : « distributions, densités, flux ». La définition de ces quantités efface donc la différence (qui est d'ailleurs liée à l'échelle d'observation) entre processus continus et discrets.
- Pour chaque processus, on peut définir des dimensions caractéristiques de temps et d'espace.
- Lorsque l'on définit et que l'on traite un problème, on choisit en même temps une **échelle de temps** et une **échelle d'espace**. Ces deux échelles ne sont pas directement liées aux dimensions caractéristiques des divers processus, qui sont d'ailleurs (très) différentes entre elles.
- À la spatialisation est associée un **maillage de l'espace** et une méthode d'« homogénéisation ». La maille peut varier suivant les réponses recherchées, mais le « modèle de maille », qui est défini par la méthode d'homogénéisation et de sélection des processus représentés, ne varie pas avec la taille de la maille, et caractérise le problème traité.

Les trois notions qui viennent d'être définies — dimensions caractéristiques (liées aux processus), échelle de représentation (liée au problème choisi), maille (liée à l'homogénéisation, à la qualité souhaitée pour les résultats, et aux ressources dont on dispose) — se retrouvent dans tous les problèmes spatialisables qui sont l'objet de ce rapport.

On pourrait penser que la notion de maille est très (voire trop) liée à la modélisation informatique, ou même à la puissance des ordinateurs. En fait, il n'en est rien. Ce qui interdit les représentations trop fouillées des processus, c'est la **croissance vertigineuse** qui les accompagne, aussi bien du côté des **données à fournir** que des **résultats à interpréter**. La structure maillée va commander la définition et la recherche des données nécessaires, ainsi que l'interprétation des résultats de la modélisation. Plus le nombre de mailles augmente, plus la difficulté à alimenter le modèle en informations et (ce qui est peut-être plus décisif) à donner un sens à la masse des résultats fournis devient importante.

Les définitions précédentes couvrent un large ensemble de questions, qui est néanmoins assez restreint pour que l'on voit immédiatement que plusieurs questions d'environnement ne peuvent être traitées en suivant cette méthodologie :

- soit parce qu'ils ne sont pas spatialisables : ils concernent, par exemple, des individus ou des populations, à peu près indépendamment de l'espace qu'ils occupent. De sorte

que le passage au continu laisse échapper l'essentiel de l'information. On peut noter tout de suite (et on le redira au chapitre 5, « Échelles et changements d'échelles : problématiques et outils ») que ce qui se passe à l'échelle de la molécule, ou de la cellule, ou même de l'individu n'est pas abordé dans ce rapport. Néanmoins, les modèles de maille dont il sera question ne peuvent pas être construits sans que la recherche sur ces échelles ait fait les progrès nécessaires

- soit parce qu'ils sont laissés de côté (comme trop complexes) dans la représentation adoptée : on peut se rappeler que, dans l'étude du climat, on est obligé de laisser de côté plusieurs processus, qui sont considérés comme marginaux et trop difficiles à représenter (le choix du niveau de complexité est ce qui fixe la « frontière » de l'amélioration du modèle de maille, frontière qui est, par définition, toujours ouverte).

Les « questions » posées et le plan du rapport

Les problèmes que le groupe a examinés (écologie quantitative et occupation des sols, évolution des eaux continentales, zones côtières, à la rencontre Terre - Océan) se spatialisent assez bien, même si souvent deux échelles (voire davantage) de représentation, et donc d'observation / modélisation, se révèlent pertinentes.

Ils partagent une autre caractéristique. Comme ce sont tous des problèmes d'environnement, ils relèvent de l'observation et non de l'expérimentation : l'observateur n'a que très peu de contrôle sur les conditions de « l'expérience ». Ceci est compensé par le fait que la même pièce (ou à peu près la même : on ne se baigne pas deux fois dans le même fleuve) se joue un grand nombre de fois, et qu'il faut être capable d'en tirer parti.

On est donc fondé à soumettre les différents problèmes au même « questionnaire », qui résulte de ce que le problème global du Climat nous a appris. Les différentes questions seront reprises et affinées aux chapitres 5, « Échelles et changements d'échelles : problématiques et outils » et 6 « Infrastructures et moyens de mesure » ; nous en donnons ci-dessous un premier aperçu :

- jusqu'à quel point la **méthodologie de la spatialisation** a-t-elle pu être menée à bien? A-t-on pu définir des modèles de maille satisfaisants ? En combien de niveaux ou d'échelles de représentation (continental, régional, local) le problème a-t-il été découpé ?
- quelles ont été les difficultés liées au **couplage entre compartiments** ? La qualité du processus modélisation/observation est-elle cohérente entre les divers compartiments ?
- l'**organisation** qui émerge pour traiter les problèmes est-elle suffisamment pérenne, et répond-elle aux exigences d'acquisition, de conservation, et de mise en circulation des données ? La formation des personnels nécessaires à cette organisation est-elle bien adaptée ?
- l'existence, pour chacun des problèmes, de plusieurs échelles significatives indique qu'il y a un **couplage** possible avec plusieurs **niveaux de « gouvernance »**, d'intérêts économiques, et de structures sociales. Cette caractéristique est-elle prise en compte par l'organisation de la recherche, ou joue-t-elle un rôle perturbateur ?

- existe-t-il, dans l'ensemble qui vient d'être circonscrit, des **problèmes « oubliés »** par la communauté scientifique, ou très insuffisamment traités ?

Les chapitres 1, « Territoires de l'écologie et écologie des territoires », 2, « Dynamiques des territoires : les changements de couverture et d'utilisation des terres », 3, « Eaux continentales », et 4, « Gestion des zones côtières » dressent un tableau de l'état actuel des problèmes et de leur évolution, en insistant sur les questions qui viennent d'être présentées. Les Chapitres 5, « Échelles et changement d'échelles : problématiques et outils », 6, « Infrastructures et moyens de mesure, et 7, « Approche économique et sociale » s'efforceront de clarifier et de préciser la méthodologie elle-même.