

ANALYSE ET SYNTHÈSE DE DOCUMENTS TECHNIQUES ET SCIENTIFIQUES

Durée : 2 heures 30 minutes

L'usage d'abaques, de tables, de calculatrice et de tout instrument électronique susceptible de permettre au candidat d'accéder à des données et de les traiter par les moyens autres que ceux fournis dans le sujet est interdit.

Chaque candidat est responsable de la vérification de son sujet d'épreuve : pagination et impression de chaque page. Ce contrôle doit être fait en début d'épreuve. En cas de doute, le candidat doit alerter au plus tôt le surveillant qui vérifiera et, éventuellement, remplacera le sujet.

Chaque candidat doit aussi vérifier que le sujet qui lui est donné **correspond à la thématique qu'il a choisie lors de son inscription au concours**. En cas de doute, il doit alerter au plus tôt le surveillant qui vérifiera et, éventuellement, remplacera le sujet.

Ce sujet comporte la présente page de garde et un texte de 5 pages numérotées de 1 à 5.

Thématique environnement :

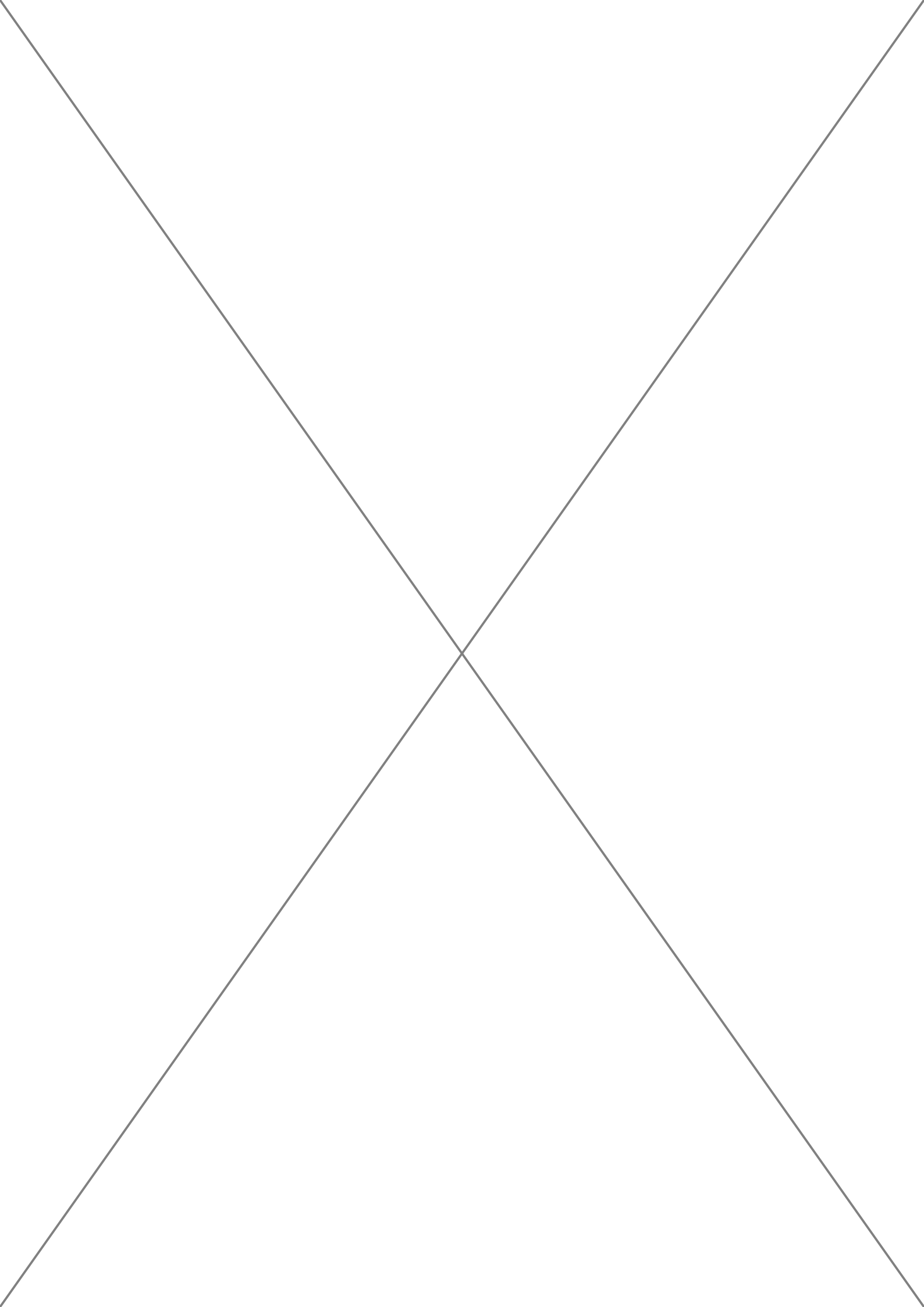
DE L'HYDROBIOLOGIE À L'ÉCOLOGIE DU PAYSAGE

Henri Décamps

dans : *L'interdisciplinarité dans les sciences de la vie*, édition Quæ, 2006

L'épreuve est composée de deux parties :

- **1^{ère} partie (sur 10 points) : faites l'analyse et la synthèse des idées fortes du document ;**
- **2^e partie (sur 10 points) : développez une des idées importantes du document en l'illustrant et en valorisant vos connaissances techniques et scientifiques.**



DE L'HYDROBIOLOGIE À L'ÉCOLOGIE DU PAYSAGE

Henri DÉCAMPS

VERS la fin des années soixante, divers travaux montrèrent que les modifications apportées aux milieux terrestres environnants exerçaient une influence prépondérante sur la dynamique des écosystèmes aquatiques continentaux. Ces travaux amenèrent de nombreux hydrobiologistes à s'interroger sur leurs pratiques de recherche. Il s'avérait en effet impossible de prévoir les évolutions à venir des écosystèmes aquatiques continentaux simplement à partir d'analyses des propriétés physico-chimiques et biologiques des eaux – vitesses de courant, pH, taux d'oxygénation, teneurs en sels nutritifs. Impossible également de prévoir ces évolutions à partir de sites souvent choisis parce qu'ils étaient éloignés des activités humaines et, par suite, considérés comme proches de conditions dites naturelles.

Ces questions ont préoccupé beaucoup de chercheurs vers la même époque, sous l'influence des mêmes articles fondateurs. Elles révélèrent des insuffisances dans la pratique de l'hydrobiologie, avec des conséquences variées, parfois inattendues, sur l'orientation des recherches.

Sous le titre « De l'hydrobiologie à l'écologie du paysage », cet article a plusieurs objectifs : rappeler les origines de l'intérêt des hydrobiologistes pour l'environnement terrestre des milieux aquatiques, illustrer cet intérêt par l'exemple des recherches sur l'eutrophisation des eaux continentales, expliquer comment et pourquoi recourir à l'écologie du paysage, et enfin évoquer les conséquences de ce recours sur les pratiques interdisciplinaires.

ORIGINES DE L'INTÉRÊT DES HYDROBIOLOGISTES POUR L'ENVIRONNEMENT TERRESTRE DES MILIEUX AQUATIQUES

L'intérêt des hydrobiologistes pour l'environnement terrestre des milieux aquatiques a pour origine deux ensembles de recherches. Un premier ensemble comprend les travaux d'une équipe américaine, groupée autour de Gene Likens, travaux publiés coup sur coup dans *Science* en 1967, en 1968 et en 1969, et dans la foulée dans *Ecological Monographs* en 1970 (Borman *et al.*, 1967, 1968 ; Likens *et al.*, 1969 et 1970). Ces travaux démontrent, à partir d'expériences de déboisement, l'influence majeure du couvert végétal sur les bilans en sels nutritifs de cours d'eau situés dans une forêt expérimentale, à Hubbard Brook, dans le New Hampshire.

Un deuxième ensemble de recherches correspond au programme qui conduisit à modéliser l'eutrophisation des lacs. Les résultats de ce programme furent publiés par Richard Vollenweider, en 1968, dans un rapport technique de l'OCDE, puis validés dans le cadre d'une coopération internationale portant sur plus de 300 lacs. Le modèle ainsi élaboré relie la production de chlorophylle des lacs aux apports en phosphore – apports ponctuels ou diffus – depuis les bassins versants. Quelques années plus tard, en 1975, Noël Hynes développait une conception similaire à propos des eaux courantes, en affirmant que les vallées règlent l'écologie des rivières sous tous les aspects physiques, chimiques et biologiques, depuis les peuplements d'algues jusqu'à ceux de poissons.

Ces articles fondateurs engendrèrent d'innombrables travaux. On rappellera simplement ceux du programme sur les grands fleuves français, lancé dès les débuts du Piren (Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement). Le programme « Grands fleuves » avait en effet pour ambition d'inscrire la dynamique écologique de ces fleuves dans le cadre de leur environnement terrestre. Cette ambition, il faut le souligner naquit de la rencontre d'écologues et de géographes. Elle s'appuya sur des recherches conduites à des échelles d'espace très variées : le linéaire de la ripisylve¹ pour la Garonne, une partie de la plaine d'Alsace pour le Rhin, l'ensemble de la vallée pour le Rhône, l'intégralité du bassin drainé pour la Seine et ses affluents. Des échelles variées donc, mais des résultats qui, partout, ont marqué la gestion des écosystèmes fluviaux et engagé à une approche interdisciplinaire de l'écologie des eaux courantes.

L'EXEMPLE DES RECHERCHES SUR L'EUTROPHISATION DES EAUX CONTINENTALES

Les recherches sur l'eutrophisation des eaux continentales illustrent peut-être le mieux « la longue marche des hydrobiologistes », du moins de certains d'entre eux, pour s'intéresser à la façon dont l'utilisation des terres affecte l'écologie des lacs et des rivières.

À la fin des années soixante, il était clair qu'une corrélation existait entre les apports de phosphore à un lac et la biomasse des algues du phytoplancton de ce lac, cette biomasse étant mesurée par la teneur des eaux en chlorophylle. Et le modèle de Vollenweider permettait donc de prédire cette teneur en chlorophylle connaissant les apports de phosphore, la profondeur moyenne du lac, et son temps de rétention hydraulique. Un modèle somme toute assez simple, basé sur de la chimie, de la morphologie et de l'hydrologie.

On s'aperçut vite que ce modèle n'expliquait pas tout. Par exemple, il n'expliquait pas pourquoi il y avait une telle dispersion des points quand on représentait les lacs en fonction des apports en phosphore et des teneurs en chlorophylle, une telle dispersion de part et d'autre de la droite de régression (Capblancq et Décamps, 2002). Pour expliquer cette dispersion, il a fallu revenir à la biologie des peuplements et à la structure des chaînes trophiques, mettre le doigt sur l'effet de cascade par lequel la taille de grands poissons piscivores (comme les brochets) détermine les structures des tailles des poissons planctonophages plus petits (comme les vairons), structures qui déterminent celles du zooplancton (daphnies et autres crustacés), pour se répercuter sur le broutage qu'exerce ce zooplancton sur les algues du phytoplancton : plus précisément sur le taux de ce broutage et sur la sélection des espèces broutées.

Il a fallu comprendre aussi que les daphnies, par exemple, subissent, en plus d'une pression *top-down* de la prédation, une influence *bottom-up* des algues, bactéries et autres éléments du seston² dont elles se nourrissent, en particulier du rapport carbone/azote de cette nourriture.

Et il a fallu comprendre pourquoi l'équilibre d'un lac pouvait changer brusquement, passer soudainement d'un statut de lac oligotrophe à un statut de lac eutrophe, ou inversement. Et alors, préciser l'influence de la séquestration du phosphore dans les sédiments et de son

1. ensemble des formations boisées, buissonnantes et herbacées présentes sur les rives d'un cours d'eau, d'une rivière ou d'un fleuve

2. ensemble des particules, de toute nature, minérales, mortes ou vives, d'origine organique ou inorganique en suspension dans l'eau.

largage, le tout orchestré par les peuplements benthiques du fond du lac. S'apercevoir aussi de l'influence de l'hétérogénéité du milieu lacustre, avec des zones littorales complexes : les diverticules des réservoirs par exemple qui épousent étroitement les courbes de niveau, et qui servent de refuges à certains poissons, modifiant les rapports réciproques entre les proies et prédateurs.

Au total 50 années d'efforts à un niveau international, pour envisager les causes possibles, pour examiner les hypothèses, relever les données, suivre les dynamiques les plus longues et parvenir, finalement, à une compréhension approfondie, sophistiquée, du processus d'eutrophisation des eaux continentales (Carpenter, 2002). Une compréhension qui a pesé lourd par exemple dans la bataille de l'interdiction des phosphates dans les lessives, ou dans celle du traitement des eaux usées dans les stations de rejets urbains et industriels. Et pourtant, une compréhension incapable de régler le problème des apports diffus en phosphore et en azote aux milieux aquatiques. Car ici interviennent, en plus, les usages des terres des bassins versants et, plus encore, les usagers de ces terres (Carpenter *et al.*, 1999).

Aussi assiste-t-on, depuis les années soixante-dix, à un afflux d'articles montrant que la mosaïque paysagère influence les concentrations en nutriments des eaux des lacs et des rivières. Tantôt on mesure les apports venant des terrains agricoles, forestiers ou urbanisés. Tantôt on analyse comment s'étendent et se distribuent les surfaces d'où proviennent le phosphore et l'azote. Tantôt on nous apprend que les différentes parties de tel bassin versant contribuent différemment aux apports diffus, que cette contribution varie selon les saisons et les années, souvent en fonction de la pluviosité, que telle ou telle zone riveraine, que tel couvert végétal peut filtrer les apports diffus... Tout cela relève de l'organisation des espaces qui environnent les eaux continentales, une question traitée par ce qu'on appelle, depuis une vingtaine d'années, l'écologie du paysage.

POURQUOI RECOURIR À L'ÉCOLOGIE DU PAYSAGE ?

L'écologie du paysage voit en effet l'espace comme une mosaïque d'éléments juxtaposés, imbriqués, interconnectés. Elle étudie comment ces éléments s'organisent les uns par rapport aux autres, pour quelles raisons, et avec quelles conséquences. Elle dénombre par exemple les éléments de la mosaïque, mesure leur étendue, leur forme, leur connectivité. En fait, l'écologie du paysage considère explicitement les causes et les conséquences de l'hétérogénéité spatiale, avec trois repères majeurs : premièrement, la façon dont les éléments d'une mosaïque paysagère s'organisent dans l'espace influence au premier chef le fonctionnement écologique de l'ensemble ; deuxièmement, les échelles, spatiales et temporelles, auxquelles on se place pour étudier ces conséquences modifient les résultats escomptés ; troisièmement, les organismes vivants et leurs assemblages répondent différemment et de manière rarement linéaire aux variations de la mosaïque paysagère.

Quant aux questions, il s'agit de savoir, par exemple :

- si la fragmentation de l'habitat d'une espèce lui permet de développer des populations durables ;
- si les alentours d'un site donné (son contexte) affectent la dynamique du peuplement de ce site ;
- si telle disposition de la mosaïque paysagère modifie le transfert des nutriments dans un bassin versant ;

- si tel régime de perturbation est compatible avec la durée à long terme de tel système écologique.

En somme, l'écologie du paysage rappelle que l'hétérogénéité règne, que l'échelle importe, que les effets de l'hétérogénéité et de l'échelle varient selon les organismes et les écosystèmes considérés. Ses outils lui permettent d'analyser les structures spatiales comme jamais auparavant, et ses modèles, d'envisager les conséquences de ces structures dans les scénarios les plus variés, avec l'utilisation croissante, par exemple, des systèmes d'information géographiques.

Car l'écologie du paysage est née d'une promesse d'union entre l'approche fonctionnelle des écologues et l'approche spatiale des géographes. Les premiers centrés sur le fonctionnement d'écosystèmes considérés comme des unités homogènes, quasiment abstraites, échangeant des flux de matière et d'énergie avec un environnement indifférencié. Les seconds s'attachant à l'étude de la structure hétérogène de la surface terrestre, à diverses échelles, et décrivant comment ces structures changent sous l'effet des modes d'utilisation des terres. On comprend aisément que, face aux problèmes posés par l'aménagement de l'espace, de grands espoirs aient été placés sur l'union de ces deux approches, union susceptible *a priori* de faire comprendre comment fonctionnent ces systèmes hétérogènes, qu'on a qualifié de « paysages ».

Pour beaucoup, il y avait d'ailleurs urgence, particulièrement en certains pays comme la Hollande dont le territoire est densément peuplé, intensément utilisé. Un territoire sous stress, presque expérimental, avec une intrication d'unités paysagères vouées les unes à la production agricole, les autres à la conservation, à l'habitation, aux loisirs... Et une écologie du paysage qui s'y est définie comme une *problem-solving science* (Vos et Opdam, 1993).

Cet espoir de résoudre les problèmes d'environnement grâce à une « perspective paysagère » se répand au point de susciter ouvrages et rencontres internationales, notamment dans le domaine des eaux courantes (Tockner *et al.*, 2002 ; Naiman *et al.*, 2005). Mais il reste encore à l'écologie du paysage à faire ses preuves. Les travaux se réclamant de cette discipline ne trouvent pas assez d'écho dans le domaine de la planification et de l'aménagement ; un fossé sépare encore les recherches sur l'écologie des paysages et l'aménagement de ces paysages, que ces derniers soient « terrestres » ou « aquatiques ».

PRATIQUES INTERDISCIPLINAIRES

En fait, la promesse d'union entre les deux branches maîtresses de l'écologie du paysage – l'écologie et la géographie – tarde à se réaliser. Sans doute parce que ces disciplines ne sont pas inertes et qu'il est difficile d'intégrer en continu les processus d'acquisition des connaissances qui les caractérisent. Sans doute aussi parce que les paysages ne sont pas inertes non plus : ils évoluent dans un contexte fluctuant de valeurs définies par la société et par l'usage que cette société fait de ses territoires. Pourtant, toute utilisation pratique de l'écologie du paysage repose sur l'intégration des approches de l'écologie et de la géographie (Opdam *et al.*, 2002).

Cette intégration est en effet absolument nécessaire. Pour autant, elle n'est pas suffisante. Il faut encore élargir le cercle, multiplier les échanges avec les sciences de l'homme et de la société. L'écologie du paysage ne peut en effet faire impasse sur la double signification

de la notion de paysage : naturelle d'une part et culturelle, symbolique, sensible d'autre part (Décamps, 2001). Elle ne peut faire cette impasse, particulièrement quand il s'agit de planifier et d'aménager. Elle doit alors s'ouvrir à d'autres conceptions des rapports qu'entretiennent l'homme et la société avec l'environnement, imaginer des liens avec l'histoire, avec l'anthropologie, avec l'économie, la sociologie, la philosophie, les sciences politiques... et se soucier de droit, d'éthique, de morale (Nassauer, 1997).

Quel peut donc être le rôle de l'écologie du paysage dans cette constellation de disciplines qui, de près ou de loin, touchent au paysage ? Au paysage dont plus personne n'ignore qu'il est à la fois naturel et culturel. Ce rôle n'est pas d'englober ; il est plutôt de s'insérer sans se diluer.

S'insérer, ce qui demande un effort en direction des paysagistes, des économistes, des sociologues, des politiques... pour expliquer, pour clarifier ce que l'écologie entend par des notions telles que celles de complexité et de diversité, d'intégrité et de santé, de perturbation et d'équilibre, d'incertitude et de surprise.

Mais s'insérer sans se diluer, ce qui demande un effort pour s'en tenir strictement à une approche scientifique des structures spatiales et des interrelations entre les éléments de ces structures. Autrement dit, faire vivre ce qui constitue l'originalité de l'écologie du paysage : son souci de l'hétérogénéité, de l'échelle, de la diversité avec laquelle les organismes et leurs assemblages répondent aux variations de l'environnement (Décamps et Décamps, 2004).

Ce double effort est une condition de crédibilité. C'est aussi la condition d'un passage utile des frontières disciplinaires pour « poser des questions culturelles scientifiquement informées et poser des questions scientifiques culturellement informées » (Nassauer, 1997).

Finalement, l'histoire des recherches sur l'eutrophisation le confirme : il y aura toujours des limites à la capacité de prévision de l'écologie. En déplaçant les recherches sur l'eutrophisation du domaine de l'hydrobiologie à celui de l'écologie du paysage, on fait peut être reculer certaines de ces limites, mais pas toutes, et pas complètement. Le mérite de ce déplacement est autre. Il est de se convaincre, si nécessaire, qu'aucune solution ne peut être trouvée à un tel problème sans faire appel aux sciences de l'homme et de la société.

Dans cette perspective, l'écologie du paysage dispose aujourd'hui des concepts et des méthodes nécessaires pour comprendre les causes et les conséquences de l'hétérogénéité spatiale, pour identifier les échelles d'espace et de temps appropriées à cette compréhension et pour jeter des ponts entre les sciences de la nature et les sciences de l'homme et de la société.

Elle tire sa force de son approche des relations entre les structures spatiales et les processus écologiques (Turner, 1989 ; Wiens, 1999). Mais cette approche ne prend toute sa signification que dans une confrontation avec d'autres points de vue sur le paysage, y compris avec les points de vue de disciplines plus engagées dans la conception et dans la planification des paysages à venir (Johnson et Hill, 2002) et y compris avec les points de vue de ceux à qui appartient le paysage (Beuret, 2002) : ceux qui l'habitent, ceux qui le produisent ou le transforment, ceux qui le regardent, ceux qui possèdent les terres... et les eaux.

FIN DU SUJET