

Paulo Freire Vieira • Jacques Weber
Organizadores

GESTÃO DE RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS E DESENVOLVIMENTO

Novos desafios para
a pesquisa ambiental

 CORTEZ
EDITORA

O MEIO AMBIENTE: QUESTÕES E PERSPECTIVAS PARA A PESQUISA*

Marcel Jollivet e Alain Pavé

As pesquisas sobre o meio ambiente suscitam pela primeira vez um grande número de indagações, extremamente diversas em seu conteúdo, e fazem por isso apelo à participação de múltiplas disciplinas pertencentes a quase todas as grandes áreas de investigação científica. Esta característica, que certamente não é exclusiva desse gênero de pesquisa, mas contribui para marcá-lo profundamente, nos conduz — ou mesmo nos coage — a uma interrogação sobre a maneira de se conceber uma programação da pesquisa nesses domínios. Com efeito, até um passado recente a abordagem vinha sendo sobretudo pragmática: várias operações de pesquisa foram efetuadas sobre temas precisos à medida que os mesmos iam sendo identificados. Numerosos relatórios redigidos desde o início dos anos 70 têm contribuído para essa identificação, tanto no nível dos problemas gerais¹ quanto no dos mais específicos (estudos de diferentes tipos de poluição, particularmente do ar e da água; conseqüências de precipitações de poluições atmosféricas; evolução de diferentes ambientes e ecossistemas; transformações da camada de ozônio na estratosfera...)². A realização dessas operações

* Publicação original: L'environnement: questions et perspectives pour la recherche. Lettre du Programme Environnement n°6. Paris: CNRS 1992. (Tradução realizada por Anne-Sophie de Pontbriand-Vieira.)

1. Citamos, por exemplo, *Man's Impacts on the Global Environment: assessment and recommendation* (1970); Meadows (1972); *Développement et environnement* (relatório preparatório à Conferência das Nações Unidas, jun. 1971); *Utilisation et conservation de la biosphère* (Unesco, 1970). Uma apresentação sintética dos relatórios e do estado da arte das pesquisas no final dos anos 70 pode ser encontrada em Antoine e Batisse (1980). Mais recentemente, WCED (1987); Goldsmith e Hildyard (1990); Relatório de conjuntura do CNRS (1989); Aubry (1983), Massoud e Barbault (1989). TOAE/INSU (1990); Theys (1991); e o Relatório à Academia das Ciências (1990). Finalmente, questões relativas a eventuais perturbações de grande magnitude, como um conflito nuclear, vêm agitando a comunidade científica nos últimos anos. Consultar, por exemplo, Sagan e Turco (1990).

2. Por exemplo, os relatórios do Programa DEFORPA de estudo do efeito de chuvas ácidas sobre as florestas e *La pollution de l'air en France* (1973).

pluridisciplinares se resumia, na maioria das vezes, a uma justaposição de trabalhos monodisciplinares. Dessa forma, as pesquisas sobre meio ambiente decorriam, e decorrem ainda freqüentemente, de uma lista de temas mais ou menos bem ordenados e não de um conjunto construído e coerente; isto é, a prática interdisciplinar permanece incipiente. Pouco a pouco, certos reagrupamentos foram sendo efetuados, permitindo o lançamento de amplos programas científicos de escopo tanto internacional, tais como “O Homem e a Biosfera” (MAB) e o Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB), quanto nacional, a exemplo — na França — do Programa Nacional de Estudo do Clima (PNEDOC) ou do Programa Interdisciplinar de Pesquisa sobre o Meio Ambiente (PIREN) do CNRS. O surgimento desses programas, sua elaboração e os resultados que eles têm proporcionado nos incitam a questionar se, atualmente, seria possível oferecer uma formulação coerente de um programa científico relativo ao meio ambiente em todos os seus aspectos, ou, pelo menos, naqueles que decorressem de uma caracterização dos conceitos de meio ambiente e de pesquisa sobre meio ambiente admitida por todos.

Foi isto que tentou realizar o Programa de Meio Ambiente do CNRS desde os primeiros meses de sua existência em 1990, particularmente com base na experiência acumulada durante os onze anos de trabalho do PIREN, ao qual sucedeu. O presente texto³ guarda uma relação de continuidade com o esforço de reflexão que se desenvolve desde então.

QUADRO 1 — Questões de definição: o meio ambiente visto pelos dicionários

Por exemplo, no *Petit Robert* (edição de 1979), podemos encontrar: “Meio ambiente, n.m. (1300, contornar; de contornar) / 1. Ação de situar-se no entorno; seu resultado. / 2. Vx *Enceinte*: arredores de um dado local. / 3. Ling. Contexto imediato. / 4. (1964; seg decreto: meio ambiente). Conjunto das condições naturais (físicas, químicas, biológicas) e culturais (sociológicas) suscetíveis de influenciar (*agir sur*) os organismos vivos e as atividades humanas. V. atmosfera, arredores, meio. Proteção, política, qualidade do meio ambiente. V. também Ecologia, Meio ambiente rural, urbano — Meio ambiente espacial, acústico, térmico. Meio ambiente e qualidade de vida, e defesa contra a poluição, processos de degradação (*nuisances*). / Por ext.: Condições exteriores, suscetíveis de influenciar o funcionamento de um sistema, de um dispositivo”.

3. Ver o “Texto de orientação e de programação científicas do Programa Environnement do CNRS” (dezembro de 1990). Pode-se consultar também os textos preparatórios às jornadas do Programa Environnement (Estrasburgo, outubro de 1990); as conclusões deste mesmo Colóquio de Estrasburgo (CNRS, Programa Environnement, novembro 1990); os textos preparatórios às jornadas do Programa Environnement, em St-Malo, outubro 1991 (CNRS, Carta do Programa Environnement, setembro 1991); e as conclusões destas mesmas jornadas (CNRS, Carta do Programa Environnement, dezembro 1991).

Podemos citar também um trecho da definição, de cunho fortemente “comportamentalista”, proposta pelo *Dicionário Enciclopédico Larousse* (edição de 1979): “Conjunto dos elementos do meio (*milieu*) que um animal pode perceber. Os progressos realizados pela fisiologia e pela etologia animais nos permitem às vezes compreender melhor em que universo sensorial de vibrações, de radiações e de mensagens químicas vivem as diversas espécies animais. Este universo constitui seu meio ambiente. As espécies reagem a ele por meio de comportamentos adaptados: ataques, fugas, imobilização, condutas relacionadas à busca de acasalamento, amamentação, etc. Contrariamente, um meio (*milieu*), realidade objetiva que inclui a temperatura, o teor de CO₂, a luminosidade, os recursos alimentares e o meio ambiente, constitui uma realidade subjetiva composta apenas daquelas realidades conhecidas (*connaissables*) pelo animal. As plantas dispõem portanto de um meio, mas não (ou apenas parcialmente) de um meio ambiente. O estudo do meio ambiente urbano concentra a atenção dos urbanistas e dos sociólogos (v. Ecologia)”. No mesmo dicionário, encontramos no verbete Ecologia: “existe igualmente uma ecologia humana, que analisa a ação que o homem exerce sobre seu meio ambiente (*environnement*) e vice-versa...”

A noção atual de meio ambiente afasta-se singularmente dessa concepção “etológica”, aproximando-se mais da primeira definição (o *Petit Robert* supera provisoriamente o *Larousse*!); isso não nos impede de reconhecer que nessa diversidade de opiniões encontra-se claramente expressa a polissemia contida no termo meio ambiente.

Nesse sentido propomos que a reflexão seja organizada em torno das seis questões seguintes:

1. Deve-se — e estamos em condições de — delimitar um campo de pesquisa específica sobre o meio ambiente? Em caso afirmativo, que definição desse campo pode nos servir de “paradigma”?
2. Quais seriam os domínios mais importantes em torno dos quais poderíamos organizar esse campo de pesquisas visto como um todo?
3. Que tipos de problemas teóricos e metodológicos específicos são colocados pela pesquisa sobre o meio ambiente?
4. Quais são as implicações das pesquisas sobre o meio ambiente junto às diferentes disciplinas científicas? De que maneira os problemas ambientais podem contribuir para direcionar ou mesmo modificar suas problemáticas, suas *démarches* e seus objetivos?
5. Que fatores devem ser considerados na escolha de uma estratégia de pesquisa e, por implicação, que estratégia adotar? Que prioridades escolher e por quê?
6. Que modalidades de ação deveriam ser empreendidas no contexto dessa estratégia, tendo-se em vista as características do domínio de investigação em pauta?

I. O Meio Ambiente como Campo de Pesquisa Científica

As pesquisas sobre o meio ambiente emergiram de uma dupla inter-rogação: a primeira é de origem social, e a segunda, de origem científica. Na sua acepção atual, a própria expressão meio ambiente é recente; ela veio se juntar aos termos natureza e meio natural (*milieu*) e, de uma certa maneira, os generalizou.

A origem social da questão do meio ambiente data, aproximadamente, dos anos 60, através da tomada de consciência de um certo número de problemas colocados pelo desenvolvimento de nossas sociedades: poluições, deterioração dos ambientes naturais, limitação de recursos naturais, urbanização acelerada mal concebida e mesmo caótica, caráter global das perturbações de origem antrópica...

Foi essa tomada de consciência social que conduziu, desde o início dos anos 70, à redação de um certo número de relatórios, mencionados acima, cujos objetivos consistiam essencialmente em se esboçar as avaliações globais que se faziam necessárias, fazendo emergir as questões consideradas mais importantes e urgentes e formulando recomendações imediatas às diferentes instâncias de poder político.

A origem científica é mais antiga e provém do esforço de apreensão da natureza, do “meio natural”, da identificação e do estudo de seus elementos componentes, problemas em torno dos quais foram forjadas as várias disciplinas científicas. Entretanto, a evolução das problemáticas internas a cada disciplina conseguiu afastá-las das questões originárias, se pudermos considerar realmente como dado seguro que estas últimas tenham sido explicitadas de forma clara. Vamos admitir, não obstante, que certas questões consideradas muito atuais já foram formuladas há muito tempo. Nesse sentido, chamamos a atenção para o fato de que:

- desde 1824, J. Fourier já se interrogava sobre o “estabelecimento e o progresso das sociedades humanas”, as “forças naturais” e seus efeitos respectivos no nível planetário;
- há um século, Arrhenius já tematizava a natureza dos processos de auto-regulação planetária, especialmente a influência da acumulação de CO₂ na atmosfera;
- as correntes higienistas do século XVIII levantavam questões ligadas ao hábitat e à qualidade de vida;
- no século XIX, as instituições encarregadas da gestão dos recursos naturais já se interrogavam sobre seu possível esgotamento (por exemplo,

no setor da pesca), se bem que apenas para reafirmar o potencial ilimitado dos estoques!

Todas essas questões apresentam atualmente uma importância crucial, pois a ampliação, a generalização dos problemas e a tomada de consciência de seu caráter interdependente se destacam com nitidez cada vez maior.

Os desafios são importantes, talvez decisivos para o futuro das sociedades humanas e do próprio homem no planeta, visto enquanto espécie biológica. Talvez tudo tenha que ser repensado, talvez mesmo reinventado, mas não refeito. Devemos nos apoiar sobre a base de saberes e técnicas já acumulados, bem como numa identificação, numa definição a mais precisa possível do objeto de investigação: o que entendemos exatamente por meio ambiente? A pesquisa ambiental poderia ser considerada redutível a problemáticas disciplinares ou, ao contrário, estaríamos autorizados a identificar nela um campo específico, de natureza interdisciplinar? Após uma fase que se caracterizou pela predominância de um enfoque necessariamente pragmático, já não seria possível propormos uma orientação da pesquisa que estivesse apoiada numa lógica forte?

QUADRO 2 — Natureza, meio (*milieu*), meio ambiente

A “natureza” apresenta certas conotações míticas; em todo o caso, e em termos de objeto científico, trata-se de tudo aquilo que envolve ou circunda o homem e que obedece a dinâmicas próprias.

Um meio (*milieu*) constitui uma visão local, é aquilo que envolve, circunda (*entoure*) um objeto de estudo, ou mesmo aquilo que lhe é interior (o “meio interior” segundo Claude Bernard). Um meio caracteriza-se por suas propriedades e componentes físicos e químicos, e, mais recentemente, biológicos; em compensação, não existe referência explícita a uma estrutura espacial. Nas ciências biológicas, o meio exclui os componentes humanos. Inversamente, nas ciências humanas e sociais, o meio caracteriza o meio social, ele faz referência explícita a grupos humanos.

1.1. Da dificuldade de se conceber o meio ambiente como objeto científico

O que entendemos exatamente por meio ambiente? Apesar dos dicionários terem se arriscado a oferecer uma definição, o objeto científico, a expressão em si mesma ainda se presta à confusão. Como explicar esse fato?

Para cada um de nós, e aqui pode ser encontrada uma definição inicial, ingênua e intuitiva, o meio ambiente seria aquilo que nos circunda enquanto

seres humanos num momento e num local determinados. Esta noção é de fato difícil de ser compreendida. Com efeito:

• Ela é relativa a um objeto central. Esse objeto depende do ponto de vista, do centro de interesse do trabalho científico; ele difere em função das várias disciplinas especializadas. Por exemplo, para um biólogo de populações o objeto central é a população que ele investiga, e o meio ambiente equivaleria àquilo que circunda essa população. Para um especialista em fisiologia, o objeto central é um organismo ou um órgão, e o meio ambiente constituiria aquilo que circunda esse organismo (o *milieu ambiant*) ou esse órgão (o *milieu interne*). Para um *expert* em biologia molecular, o objeto central torna-se uma molécula, uma macromolécula, e o meio ambiente constitui a célula (o *milieu cellulaire*). Para um sociólogo, o meio ambiente pode ser o meio familiar, o grupo social, o ambiente do trabalho, o hábitat...

• Ela é complexa. Três níveis de complexidade podem ser aqui identificados. Os dois primeiros, “complexidade lógica” e “complexidade aleatória”, são relativos ao meio ambiente em si mesmo. O terceiro é de natureza metodológica: como já afirmamos, os componentes do meio ambiente, num sentido ingênuo, equivalem aos elementos originários da reflexão científica e da identificação das várias disciplinas especializadas.

QUADRO 3 — A complexidade

A noção de complexidade tem sido discutida freqüentemente. Na seqüência dos trabalhos do lógico Bennett, podemos propor a distinção entre dois tipos de complexidade:

• A complexidade “aleatória”, segundo Chaitin e Kolmogorov: considera-se complexo tudo aquilo cuja descrição é “longa”, no sentido de que uma cadeia aleatória de símbolos não pode ser descrita senão através dessa própria cadeia; ela não se torna redutível, por exemplo, a uma fórmula recorrente apresentando um número menor de símbolos; dispõe portanto de um nível máximo de complexidade aleatória. Um sistema é dito complexo se ele contém numerosos componentes e/ou numerosas interações entre esses componentes (sua descrição se torna “longa”).

• A complexidade organizada corresponde a um objeto, por exemplo uma imagem, um quadro, composto de uma associação múltipla de símbolos elementares, de acordo com um esquema rigoroso. Os objetos fractais (*fractals*) constituem bons exemplos nesse sentido, e os esquemas de Escher também. Eles estão estreitamente vinculados à noção de recursividade. C. Bennett acaba de oferecer uma definição desse tipo de complexidade, ao mencionar a complexidade lógica. A medida dessa complexidade está associada ao tempo de cálculo necessário para que um programa mínimo possa produzir o objeto que nos interessa. Reencontramos na raiz dessa noção a complexidade ligada ao padrão linear ou não linear das interações existentes entre os componentes de um sistema.

Um sistema como a atmosfera é complexo, As leis físicas que governam sua evolução, mesmo num horizonte de curto prazo, implicam a geração de modelos e algoritmos sofisticados. Trata-se de um sistema dotado de grande complexidade, considerada ao

mesmo tempo como “aleatória” e “lógica”. A ecosfera, vista como um todo, apresenta evidentemente um nível de complexidade superior.

Essa definição de complexidade torna-se certamente muito restritiva e não faz jus a toda a diversidade de acepções do termo. Mas ela tem pelo menos o mérito de existir. Caberá a cada um o desafio de colocá-la à prova em seu próprio domínio de intervenção⁴.

Tornou-se necessário isolá-los para fazer avançar o processo de investigação, desenvolvendo-se para tanto um arsenal metodológico, de cunho técnico e teórico. Hoje, todavia, trata-se de levar em conta o conjunto: além do desafio colocado pelo exame das interrelações entre os componentes do meio ambiente, torna-se necessário inventar novas técnicas, aprofundar os aspectos metodológicos e abordar as construções teóricas, no contexto de uma prática interdisciplinar autêntica, condição provavelmente necessária a uma melhor compreensão e a um controle mais eficiente dos problemas ambientais.

• Ela é polissêmica. Por exemplo, esta noção foi apropriada por certos setores científicos e tecnológicos com sentidos diferentes. Fala-se assim de meio ambiente no campo da informática para designar o conjunto de dispositivos e programas de aplicação necessários ao desempenho de certas tarefas, especialmente aquelas consideradas de alto nível.

• Ela é recente. O meio ambiente visto como objeto de investigação só foi identificado em decorrência dos problemas colocados pela atividade humana, e porque a afirmação de Buffon, segundo a qual “a natureza trabalha no sentido de restabelecer aquilo que o homem não cessa de destruir”, não parece ser mais verdadeira. A aceleração das mudanças demográficas e tecnológicas teve nesse sentido um efeito revelador.

• Ela é mutável no espaço e no tempo. Um deslocamento pode nos levar a uma mudança de ambiente. Num local determinado, os componentes do meio ambiente, sua estrutura, evoluem ao longo do tempo.

• Ela implica a emergência de fenômenos dotados de características difíceis de serem delimitadas, identificadas e avaliadas do ponto de vista científico e tecnológico, a saber:

a. a fragilidade dos fatores causais relativamente aos efeitos produzidos, a fragilidade de certos efeitos considerados em si mesmos, pelo menos em sua fase inicial; isto coloca uns e outros no limite do perceptível, configurando de fato causas incertas e efeitos questionáveis;

4. Consultar Solbrig e Nicolis (1991), ou ainda o excelente artigo de vulgarização de Delahaye (1991).

b. a dificuldade de se distinguir, por um lado, as flutuações e a variabilidade naturais e, por outro, os efeitos induzidos pela ação humana;

c. a multiplicidade de escalas espaciais e temporais, bem como de níveis de organização dos sistemas vivos, relativamente aos quais esses fenômenos se exprimem: do nível local ao global, do intervalo de um segundo à era geológica, da macromolécula aos ecossistemas, às paisagens, ou mesmo à biosfera vista como um todo;

d. a diversidade e a importância dos efeitos da ação humana gerados através de quatro tipos de intervenção: difusão, concentração de componentes do meio ambiente produzindo uma modificação de sua repartição espacial (isto seria pertinente não só para o caso dos recursos minerais, mas também para o dos recursos vivos), síntese de novos “produtos”, de novas “raças” ou mesmo “espécies”, não “naturais” (produtos da química de síntese, elementos radioativos, novas variedades animais e vegetais, bactérias geneticamente modificadas...), destruição voluntária ou involuntária de certos ecossistemas tendo por consequência uma diminuição da diversidade biológica, pelo menos no nível local, e uma modificação substancial das condições de vida das populações humanas que habitam esses ecossistemas.

Que ponto de vista adotar? Seria desejável que adotássemos uma dupla perspectiva, por um lado heurística e por outro voltada para a ação — ação geradora não apenas de conhecimento científico, mas de intervenções concretas. Para tanto, e como já assinalamos acima, torna-se antes de mais nada necessário precisar a própria noção de meio ambiente, para que possamos explicitar quais serão as características peculiares do tipo de pesquisa sobre o meio ambiente que decorre desta definição.

1.2. Problemas conceituais

Parece claro que o meio ambiente que nos preocupa, enquanto indivíduos, cidadãos e pesquisadores, é aquele relativo ao homem, às sociedades humanas. O que nos inquieta são as transformações que colocam em risco seu florescimento. O que desejamos é compreender os processos que condicionam o estado desse meio ambiente, visando dispor de melhores condições de prever e controlar sua evolução. O que já sabemos é que este meio ambiente constitui o resultado de processos de origem “natural”, não humana, e de ações antrópicas; sabemos também que essas últimas adquirem uma importância considerável, pelo menos a curto e médio prazos, pelo fato de interagirem com os processos naturais a ponto de conseguirem alterar suas tendências profundas. Por exemplo, começa a ser colocada de

forma cientificamente séria a questão ligada à relação existente, num horizonte de longo prazo, entre o efeito estufa adicional, visto como consequência das modificações de origem antrópica na composição da atmosfera, e o processo de resfriamento devido a fatores astronômicos nos quais estamos envolvidos.

Nosso objetivo não consiste em propor de forma abrupta uma definição de meio ambiente tal qual nós a entendemos, mas sobretudo mostrar de que maneira podemos delimitar de forma progressiva um objeto de investigação científica. Para isso, vamos partir de uma definição simples, proposta em meados dos anos 70, para em seguida tentarmos oferecer uma versão mais atualizada, baseada na idéia central de que o meio ambiente que nos interessa é aquele relacionado ao homem, às sociedades humanas.

Definição inicial

“O meio ambiente é o conjunto de agentes físicos, químicos e biológicos e de fatores sociais suscetíveis de produzir um efeito direto ou indireto, imediato ou a longo termo sobre os seres vivos e as atividades humanas” (Conselho Internacional da Língua Francesa).

Para facilitar a reflexão, podemos reproduzir essa definição na forma de um esquema (fig. 1).

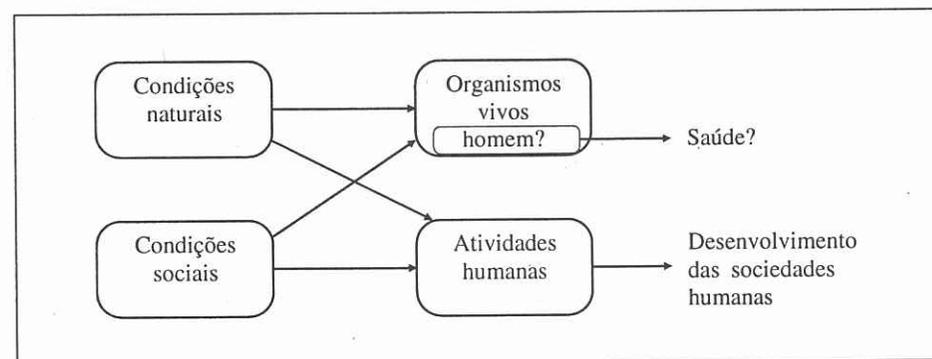


Figura 1: O meio ambiente (parte esquerda do esquema) induz certos efeitos sobre os seres vivos (portanto sobre os homens?) e sobre as atividades humanas. Conservaremos a separação entre condições (agentes) “naturais” de ordem biofísico-química e aquilo que diz respeito mais especificamente ao homem, e em seguida faremos abstração de referências aos efeitos retroativos, especialmente devidos às atividades humanas, sobre essas condições “naturais”. Além disso, nenhuma relação foi ainda estabelecida entre as condições naturais e as condições sociais.

Rumo a uma definição mais precisa

Num primeiro momento, podemos relacionar a noção de meio ambiente ao homem e às sociedades humanas, para em seguida fazer surgir explicitamente a noção de ecosfera e os fatores que incidem sobre essa ecosfera:

- os fatores naturais, cuja dinâmica é, pelo menos numa primeira aproximação, independente do homem;
- os fatores de origem antrópica.

As modificações dessa ecosfera influenciam retroativamente os seres humanos (particularmente no nível das condições de saúde e de desenvolvimento das sociedades) (fig. 2).

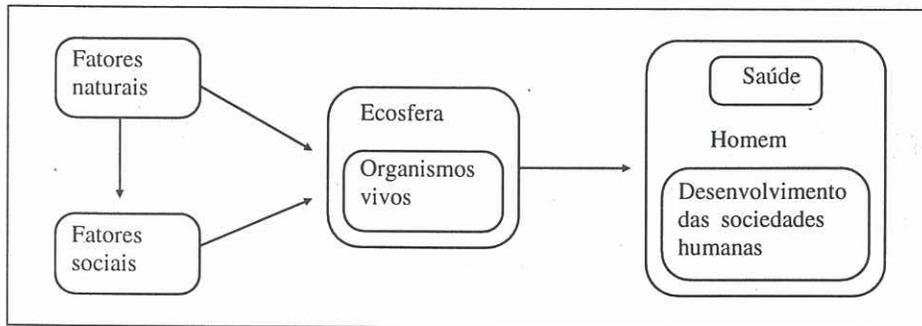


Figura 2: Rumo a um centramento sobre o homem e as sociedades humanas: os efeitos são centrados na ecosfera, o que induz conseqüências sobre o homem e sobre o desenvolvimento das sociedades humanas.

A introdução da noção de ecosfera conduz a uma visão globalizante, e cientificamente útil, da noção de meio ambiente. Vamos reter, pelo menos para aquilo que nos interessa mais diretamente aqui, essa definição simples de ecosfera: "conjunto de componentes biológicos (biosfera) e físico-químicos, em interação com os sistemas biológicos (atmosfera, pedosfera, hidrosfera, geosfera)". Conservamos portanto, por comodidade, o termo ecosfera, de preferência a biosfera, sem ignorarmos o peso das controvérsias existentes em torno desses dois termos (cf. Polunin & Grinevald, 1988).

Definição proposta como contribuição ao debate

Num segundo momento, sugerimos estender esse ponto de vista globalizante sobre a ecosfera, incluindo por um lado o homem, as sociedades

humanas, e, por outro, especificando não apenas seus componentes biológicos e físico-químicos, mas também os processos que os modificam no espaço e no tempo (fig. 3).

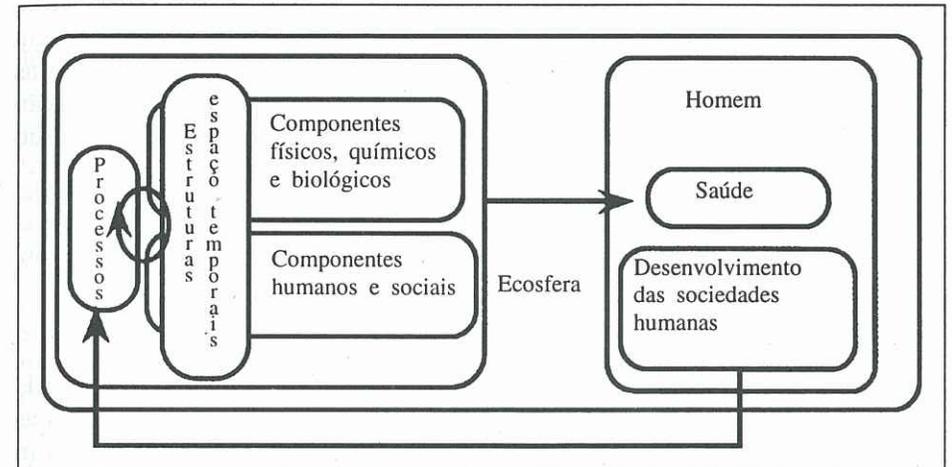


Figura 3: Esquema que ilustra a definição provisória da noção de meio ambiente.

Propomos assim a seguinte definição:

O meio ambiente constitui o conjunto de meios naturais (*milieux naturels*) ou artificializados da ecosfera onde o homem se instalou e que ele explora, que ele administra, bem como o conjunto dos meios não submetidos à ação antrópica e que são considerados necessários à sua sobrevivência. Esses meios são caracterizados:

- por sua geometria, seus componentes físicos, químicos, biológicos e humanos e pela distribuição espacial desses componentes;
- pelos processos de transformação, de ação ou de interação envolvendo esses componentes e condicionando sua mudança no espaço e no tempo;
- por suas múltiplas dependências com relação às ações humanas;
- por sua importância tendo em vista o desenvolvimento das sociedades humanas.

Alguns dos componentes constituem recursos utilizados pelo homem e nós os denominaremos recursos naturais. Eles podem ser necessários à sua sobrevivência, tornando-se insubstituíveis (como o ar ou a água) ou alternativos (a maior parte dos alimentos e recursos vegetais). Sua renovação, em condições consideradas compatíveis com a saúde humana, pode estar

sob a dependência de outros componentes e de processos “chave” do meio (a exemplo dos vegetais clorofilianos e da fotossíntese).

Essa definição representa na realidade apenas a concretização, a formalização de um ponto de vista amplamente compartilhado. Entretanto, como deduzir um campo de investigação com base nessa definição? Para que esta última seja eficaz, torna-se necessário precisar a posição das diferentes disciplinas científicas relativamente ao meio ambiente e a situação do meio ambiente visto como objeto de investigação no contexto da divisão atual do trabalho científico.

1.3. O meio ambiente no contexto da divisão social do trabalho científico

Como foi ressaltado anteriormente, sustentamos o ponto de vista de que as questões colocadas à pesquisa ambiental fazem alusão a problemas que têm sido amplamente abordados pelas disciplinas especializadas. Em outras palavras, acreditamos que a referência ao “meio ambiente” constitui apenas uma outra maneira de designar temas e objetos de investigação já identificados e estudados. O meio ambiente surge então ou como um simples domínio de aplicação de conhecimentos já adquiridos, ou, na melhor das hipóteses, como uma nova oportunidade para se intensificar o esforço de pesquisa sobre questões já consideradas fundamentais e prioritárias no âmbito dos campos de pesquisa monodisciplinar preexistentes.

Desta perspectiva, as disciplinas são vistas ou como prestadoras de serviços (fato que pode gerar reticências entre os pesquisadores), ou, ao contrário, como os únicos e legítimos mestres de obra da construção científica sobre o meio ambiente: consideraríamos então que só elas, ao se apoiarem sobre seus próprios procedimentos de pesquisa, estariam em condições de enunciar as problemáticas científicas julgadas pertinentes a uma abordagem rigorosa das questões ambientais.

Este ponto de vista está apoiado em argumentos que merecem ser levados em consideração: os problemas qualificados de ambientais envolvem o jogo de processos biológicos, físicos ou químicos que, evidentemente, não são totalmente desconhecidos dos biólogos, ecólogos, físicos, especialistas em hidrologia, químicos etc. Eles (os problemas ambientais) estão relacionados a problemas econômicos e sociais, em cuja análise as diferentes ciências humanas e sociais já adquiriram um *know-how* seguro. Esta proximidade entre questões relativas ao meio ambiente e pesquisas em certas disciplinas ou especialidades é tão acentuada que algumas das primeiras (um grande

número delas) resultam diretamente das segundas (isso é válido, por exemplo, para tudo aquilo que se refere às modificações na composição química da atmosfera).

Encontramos aqui um enfoque que não deixa de ser excessivamente restrito e estático. A ciência não pode oferecer respostas a questões que lhe sejam externas e portanto “estrangeiras”. Deste ponto de vista, invocar a “demanda social” para legitimar uma orientação de pesquisa não é satisfatório e pode mesmo ser perigoso. Parece com efeito indispensável que as questões colocadas sejam consideradas pertinentes em termos de uma abordagem científica, ou seja, que elas sejam formuladas em termos acessíveis a uma dada comunidade científica, viabilizando-se a aplicação às mesmas de procedimentos de análise claros e passíveis de serem avaliados.

As “questões ambientais” não escapam a essa necessidade. Elas devem ser pelo menos formuladas numa linguagem adequada. Isso pressupõe todo um esforço de reapropriação semântica e prática dessas questões por parte das diferentes comunidades científicas envolvidas.

Essa necessidade de lógica interna numa abordagem científica serve de justificativa, como observamos acima, à afirmação do papel privilegiado que desempenham as diferentes disciplinas científicas na elaboração e na formulação de problemáticas científicas relativas ao meio ambiente. O problema fundamental aqui colocado consiste em saber como conciliar essa exigência real com a obrigação, não menos bem fundamentada, de se respeitar a originalidade eventual das questões geradas pela emergência dos problemas ambientais, seja ela temática, metodológica ou teórica. Tentar relacionar as questões ambientais a problemas, métodos e procedimentos já conhecidos equivale a avançar a hipótese, histórica e epistemologicamente indefensável, de que os conhecimentos adquiridos numa disciplina são independentes dos objetivos perseguidos. Admitiremos portanto, pelo menos a título de hipótese, que o ponto de vista a ser adotado numa abordagem dos problemas ambientais apresenta-se como novo relativamente àqueles que contribuíram para fundamentar as diferentes disciplinas envolvidas, para definir seus domínios de competência respectivos e suas orientações privilegiadas de pesquisa, bem como para dotá-las de *know-how* (*savoir faire*) próprio.

Na seqüência deste texto — especialmente na consideração das questões de número 2, 3 e 4 supra mencionadas — nós nos esforçaremos para tornar preciso aquilo que confere globalmente a originalidade das pesquisas sobre meio ambiente. Por enquanto, nos contentaremos em observar que, se essa originalidade resulta, como acabamos de assinalar, da adoção de um ponto de vista particular, é o campo de pesquisas ambientais visto como um todo que está sendo caracterizado. Isto significa que não só todas as disciplinas

em pauta terão que se definir relativamente a esse ponto de vista — o que cada uma delas fará mediante a utilização de recursos próprios — mas também que, na medida em que elas compartilham esse ponto de vista, os ajustes efetuados em cada uma deverão estar relacionados, de um modo ou de outro, àqueles efetuados nas outras. Em outras palavras, mesmo que cada uma das disciplinas efetue os ajustes a seu modo, todas elas deverão convergir no âmbito de uma problemática compartilhada: ou seja, aquela que pode ser derivada de um ponto de vista comum. Nesse caso, portanto, passamos a dispor de um campo de pesquisa próprio.

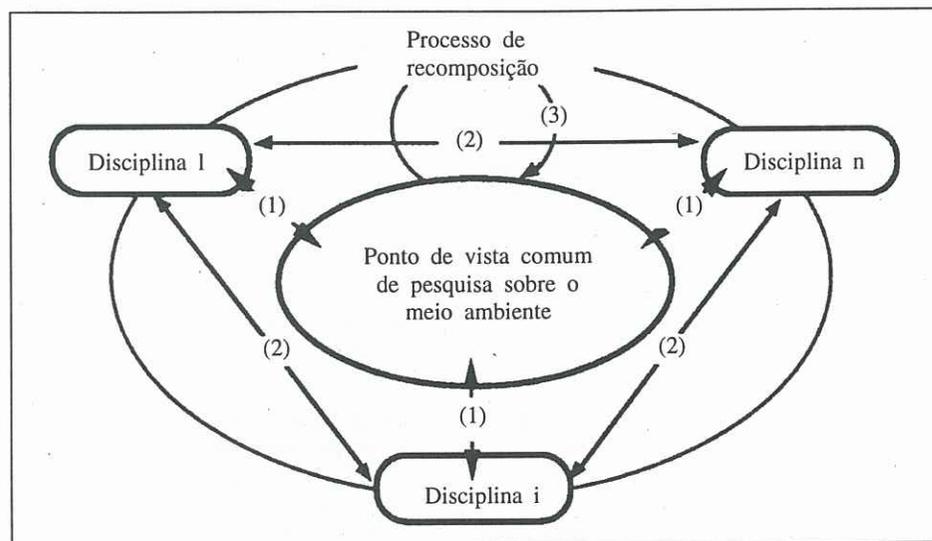


Figura 4: O campo de operação das pesquisas sobre meio ambiente resulta de um jogo tríplice de tensões: (1) entre disciplinas e o ponto de vista comum, (2) entre as disciplinas relativamente ao ponto de vista comum, e (3) entre o ponto de vista comum e os processos que conduzem a seu reexame e a sua redefinição.

O reconhecimento desse fato não implica em se negar a pertinência dos argumentos sobre o papel das disciplinas especializadas, ou sobre a utilização dos conhecimentos e das competências já adquiridas pelas mesmas. Na realidade, o trabalho centrado em disciplinas específicas é projetado num contexto mais amplo. Esse contexto está estruturado por um jogo de tensões envolvendo três pólos: (1) entre cada uma das disciplinas e o ponto de vista comum, (2) entre as diferentes disciplinas relativamente a esse ponto de vista comum, e finalmente (3) entre esse ponto de vista comum e o conjunto dos processos de recomposição que ele provoca e que conduz a reexames e redefinições permanentes (fig. 4). Essas tensões exercem um papel ao mesmo tempo integrador e dinâmico, dotando assim o campo de

pesquisas sobre meio ambiente de um princípio de criatividade interna — e instaurando-o como um efetivo campo específico de pesquisas.

A partir dessas observações, em função da definição de meio ambiente enunciada acima, e sobretudo visando fixar melhor as idéias, avançamos a seguinte proposta (provisória) de delimitação desse campo:

As pesquisas sobre meio ambiente focalizam as evoluções da ecosfera, sejam quais forem sua natureza e origem, que são suscetíveis de influenciar a saúde do homem e o desenvolvimento das sociedades humanas.

Essas pesquisas devem contribuir:

- para o conhecimento (a) dos componentes bio-físico-químicos dos recursos e dos ambientes naturais (“milieux naturels”) em causa; (b) dos fatores e processos de sua transformação, sejam eles de origem natural ou humana; e (c) das incidências dessas transformações sobre a saúde do homem e sobre as condições de assentamento do homem no planeta; e
- para a definição de ações suscetíveis de regular ou modificar os processos em pauta.

II. As Diferentes Facetas do Campo de Pesquisa sobre Meio Ambiente

2.1. Uma herança de questões de primeira linha

As pesquisas sobre meio ambiente situam-se no ponto de convergência de várias correntes de preocupações de origens as mais diversas. Na realidade, não dispomos ainda de uma história global das questões que vêm sendo atualmente agrupadas sob esse rótulo e que formam, em seu conjunto, aquilo que podemos denominar “a questão ambiental”. Na ausência dessa história e a título puramente indicativo, propomos aqui a enumeração seguinte, que deve ser considerada não só rudimentar, como ainda pouco ordenada e incompleta:

- a questão da diversidade biológica, de sua caracterização, de sua dinâmica e de seu papel na manutenção e no desenvolvimento das sociedades humanas, o que nos remete ao problema de sua conservação⁵;
- a questão ligada ao temor de um esgotamento dos recursos naturais não renováveis e as interrogações sobre as modalidades possíveis do desenvolvimento industrial;

5. Para se dispor de um ponto de vista atual sobre o problema da diversidade biológica, é possível recorrer à antologia de Solbrig (1991).

- preocupações relativas à “gestão” dos recursos naturais renováveis;
- inquietações sobre os usos tanto civis quanto militares da energia nuclear;
- problemas ligados à fome no mundo e ao subdesenvolvimento;
- preocupações ligadas à evolução da composição da atmosfera (condições da camada de ozônio, gases geradores do efeito estufa, oxidantes...);
- preocupações ligadas à ocorrência de chuvas ácidas e à evolução do clima;
- problemas de saúde ligados às condições de trabalho;
- problemas de saúde ligados às condições do hábitat (*cadre de vie*), particularmente em áreas urbanas;
- problemas de saúde ligados às condições gerais da água e do ar;
- problemas de epidemias e de higiene social;
- problemas de saúde ligados aos padrões alimentares;
- aspirações de melhoria do ambiente da vida (hábitat) e gosto pela “natureza”;
- a questão ligada à diversidade de culturas humanas e à conservação do patrimônio cultural;
- a questão, induzida muito recentemente pela pesquisa espacial, dos ambientes artificiais;
- os riscos naturais...

No que diz respeito a esse último aspecto, e segundo certos autores, os problemas ambientais surgem quando o homem, através de suas ações, pode agravar seja os riscos em si mesmos (por exemplo, a fragilização de ambientes sensíveis por meio de desflorestamento, ocasionando possíveis riscos de desabamento ou deslizamento de terrenos) ou as conseqüências desses riscos (a exemplo de construções em áreas sensíveis a abalos sísmicos). Haveria portanto problema ambiental quando se pudesse imputar nesses casos uma responsabilidade pessoal ou coletiva⁶. Esse ponto de vista descarta claramente certos riscos ligados à emergência de efeitos globais independentes da ação antrópica, como no caso de grandes erupções vulcânicas, que podem perturbar pelo menos temporariamente o clima no nível planetário⁷.

6. Consultar os trabalhos de Ph. Roquéplo.

7. Sobre a influência das erupções vulcânicas sobre o clima no nível global, consultar o artigo de Luhr (1991).

Todas essas preocupações e sensibilizações permanecem mais ou menos presentes sob o pano de fundo das macroquestões que são agrupadas atualmente na categoria de “ambientais”. Estas últimas constituem o fundamento comum a partir do qual torna-se possível construir o ponto de vista aglutinador mencionado acima.

2.2. Uma estruturação implícita da área

De fato, começa a se construir um ponto de vista comum por meio de todo um conjunto de interrelacionamentos, de cruzamentos e, portanto, de processos de fecundação mútua entre essas diferentes questões, no início fortemente, para não dizer totalmente desconectadas umas das outras. Aqui, também, uma análise pormenorizada e sensível à dimensão histórica é necessária para que possamos acompanhar com precisão essas trajetórias, visando clarificar os pressupostos sobre os quais se fundamentam os procedimentos científicos atuais. Na ausência de análises desse tipo e sempre de maneira muito grosseira, podemos esboçar um esquema das aproximações progressivas que vêm sendo feitas e que estruturam atualmente nosso campo de pesquisa (fig. 5).

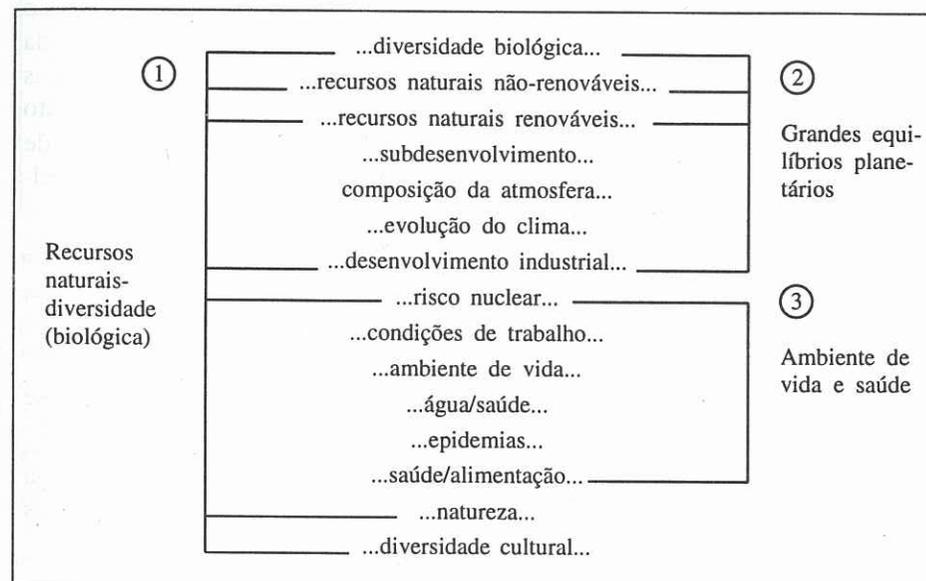


Figura 5: Primeiro reagrupamento de questões que emergiram da consideração de problemas concretos. Três grupos de questões podem ser identificados: os problemas ligados ao desenvolvimento das sociedades humanas constituem o pano de fundo de todas elas.

Três conjuntos distintos devem ser mencionados:

- um deles diz respeito à “gestão de recursos naturais renováveis”, questão de origem ecológica e econômica, à qual podemos acoplar a problemática, sem dúvida bastante atual, da diversidade biológica. Para uma parte desses recursos, poderemos incluir a noção de uso e assumir a problemática, também considerada de grande atualidade, relativa à “dinâmica dos recursos e modalidades de sua utilização”;

- outro conjunto gira em torno dos “grandes equilíbrios” planetários, tema oriundo principalmente das ciências do universo: análise dos grandes ciclos biogeoquímicos, estudo das modificações do balanço (*bilan*) energético, conseqüências sobre a dinâmica de evolução do clima e, mais recentemente, intervenção e reação dos seres vivos;

- e finalmente um terceiro conjunto, mais difuso e heterogêneo, em que se tematizam a qualidade do hábitat e do estilo de vida, bem como suas conseqüências sobre a saúde (ou, mais globalmente, sobre as relações saúde/meio ambiente), definido principalmente pela medicina, pela saúde pública, pelos urbanistas e planejadores.

As três questões nos remetem, no fundo, a uma outra, muito geral, que de certa maneira consegue englobá-las: trata-se daquela ligada ao desenvolvimento das sociedades humanas. Esta questão está sendo colocada hoje tanto para o caso das sociedades industriais quanto para aquelas ditas “menos avançadas” ou nitidamente subdesenvolvidas. O problema diz respeito aos aspectos não só econômicos, mas também sociais do processo de desenvolvimento. Este desafio foi claramente explicitado no Relatório Brundtland (1984), que propôs o termo *desenvolvimento durável*.

2.3. Segunda fase de integração

Entre esses três subconjuntos, alguns pontos de referência vão se impondo progressivamente:

- a gestão de recursos renováveis surge como devendo ser integrada tanto a montante quanto a jusante de toda análise dos ciclos fundamentais que asseguram os grandes equilíbrios bio-físico-químicos do planeta;

- certas noções como a de paisagem, relacionada à eclosão de problemas de poluição no nível local (da água ou do ar, por exemplo) contribuem para que se opere uma junção entre a gestão de recursos naturais (renováveis ou não), a qualidade do hábitat e os problemas de saúde;

- a questão da ocorrência de modificações climáticas previsíveis sobre a saúde humana permanece aberta;

- finalmente, de maneira geral, o fato de se colocar os problemas ambientais numa perspectiva planetária, implicando a análise dos grandes ciclos bio-físico-químicos, oferece um princípio de integração ao conjunto das pesquisas em curso sobre mudanças climáticas; pode-se afirmar que todas essas pesquisas têm em comum o fato de contribuírem para a análise global da maneira como as evoluções da ecossfera e das sociedades humanas interagem; o que significa que todas elas devem se situar relativamente a esse projeto comum — individualmente e em bloco.

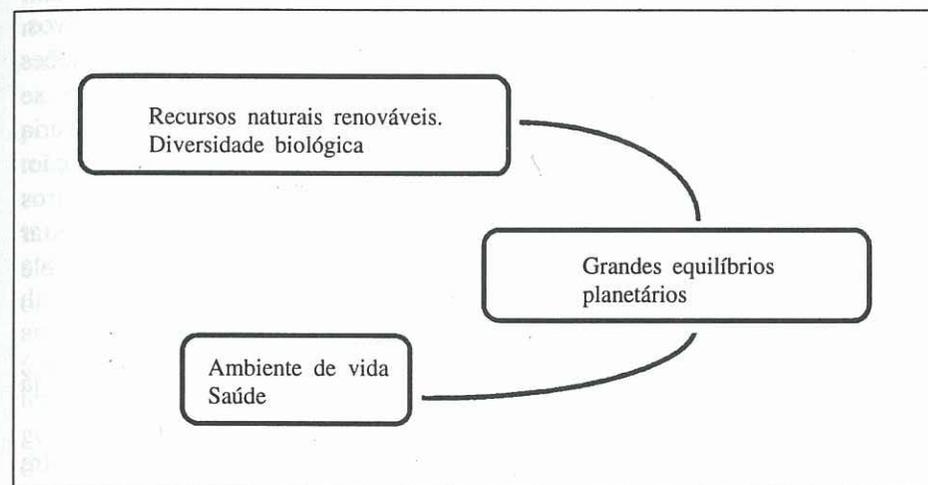


Figura 6: Progressivamente são estabelecidas pontes entre os três grandes grupos de questões, contribuindo assim para a emergência de um projeto comum. A questão que preside ao estabelecimento dessas pontes é precisamente aquela relativa ao desenvolvimento das sociedades humanas.

Tais considerações, mesmo permanecendo sumárias e passíveis de revisão em muitos detalhes, mostram que um processo de integração das pesquisas sobre meio ambiente está em curso e que parece importante explicitar seus mecanismos, tendo em vista a implementação de um programa consistente e cumulativo de investigação. A figura 6 permite ilustrar de forma clara a natureza das relações existentes entre as três categorias de problemas. Convém notar, todavia, que os temas que aparecem no desenrolar dessa fase de integração permanecem ainda, em sua maior parte, mais centrados na observação, na constatação do estado atual dos problemas do

que na análise dos processos e da dinâmica que condicionam este estado. Trata-se ainda de um ponto de vista estático, mais sincrônico que diacrônico.

2.4. Rumo a um ponto de vista unificador

Acentuamos anteriormente (cf. 1.2.) a questão ligada à existência de um eventual ponto de vista suscetível de fundar um campo de pesquisas específico, relacionado ao entendimento e à confrontação dos problemas ambientais. Constatamos também a ocorrência de diferentes processos de integração entre as mais importantes abordagens (*entrées*) da questão ambiental, fato que tem provocado reestruturações e encadeamentos progressivos. Estes últimos deram margem, por sua vez, ao surgimento de questões transversais. Enfatizamos que o esforço desenvolvido no sentido de se considerar os problemas ambientais de uma perspectiva planetária poderia dotar o conjunto das atividades de pesquisa de um mecanismo de integração. Este ponto torna-se importante na medida em que engloba todos os outros no próprio movimento de explicá-los, ou, dito de outra forma, ao explicitar os fatores que condicionam a ocorrência dos mesmos. Alcançamos com ele um ponto de vista geral suscetível de organizar as pesquisas sobre meio ambiente como um campo de pesquisa próprio.

Um certo número de elementos constitutivos desse ponto de vista já pode ser assinalado:

- ele decorre de uma questão central: aquela ligada às interações entre as evoluções da ecosfera, por um lado, e as sociedades humanas, por outro;

- designa um objetivo bem preciso de conhecimento, que se encontra contido no enunciado precedente: trata-se de investigar as ações recíprocas da ecosfera sobre as sociedades humanas e das sociedades humanas sobre a ecosfera; além disso, essas interações se desenrolam necessariamente no tempo, para não dizer mesmo em seqüência, o que faz emergir a necessidade de se analisar como elas evoluem conjuntamente;

- pode ser visto como exercendo um efeito duplamente globalizador: por um lado, considera a ecosfera como um todo, a saber, como um conjunto de fluxos, de transferências, de transportes, de processos (de acumulação, de transformação, de crescimento etc.) atuando sobre os componentes ao mesmo tempo físicos, químicos, biológicos e sociais em sentido amplo (enquanto anteriormente o homem e as sociedades humanas tendiam a conservar um *status* particular à margem da ecosfera, como apontamos

nos dois primeiros itens); por outro lado, ele tenta apreender a ecosfera no nível de integração o mais elevado possível, a saber, o nível planetário;

- a escolha do nível de integração contribui para precisar o objetivo: o nível escolhido corresponde àquele onde se evidencia a dimensão problemática, a saber, uma modificação de parâmetros biológicos, físicos ou químicos considerada suscetível de gerar impactos sobre a saúde do homem e sobre suas condições de implantação (*établissement*) no planeta. Isto torna preciso — e limita — o campo das “interações” e as “evoluções conjuntas” que fazem parte das questões ambientais.

Seria bom lembrar que esses elementos de definição nos remetem mais particularmente às pesquisas sobre as mudanças climáticas. Se, na maior parte dos casos, uma generalização para o nível das pesquisas ambientais como um todo torna-se possível, reconhecemos entretanto uma exceção não negligenciável: trata-se da escolha do nível planetário como ponto “de entrada” e de referência. Se os problemas ligados à gestão de recursos naturais, renováveis ou não, e à qualidade dos habitats (*cadres de vie*) podem ser focalizados dessa perspectiva, eles não podem permanecer totalmente submetidos a ela, como no caso de investigações sobre as camadas mais altas da atmosfera, por exemplo sobre a camada de ozônio da estratosfera. Os problemas ambientais (no sentido que estamos conferindo ao termo) relacionados seja às manipulações da biomassa, dos solos, da água etc., seja aos objetivos da produção ou das atividades de gestão territorial e planejamento habitacional (*aménager pour habiter*), apresentam-se geralmente em escala local ou regional: todas as escalas espaciais e todos os níveis de integração podem ser portanto considerados *a priori* pertinentes em função do problema a ser analisado. Retomaremos essa questão essencial mais à frente. Esse tipo de reflexão levou o Programa de Meio Ambiente a optar por uma abordagem (*entrée*) “funcional”, mais do que por um ponto de vista globalizante, que não obstante pode ser encontrado nos diferentes temas propostos.

No entanto, parece-nos que não seria de todo arbitrário considerar que, subjacentes a essas pesquisas localizadas, encontram-se três temáticas relacionadas ao nível planetário: inicialmente aquela referente à diversidade biológica (e à sua necessária gestão, para não dizer “conservação”), em seguida aquelas acentuando por um lado o direito de todos os homens ao bem-estar e, por outro, a um destino solidário frente ao conjunto da humanidade.

Dessa forma, a questão ambiental pode ser vista como resultante do processo de implementação de três paradigmas (fig. 7):

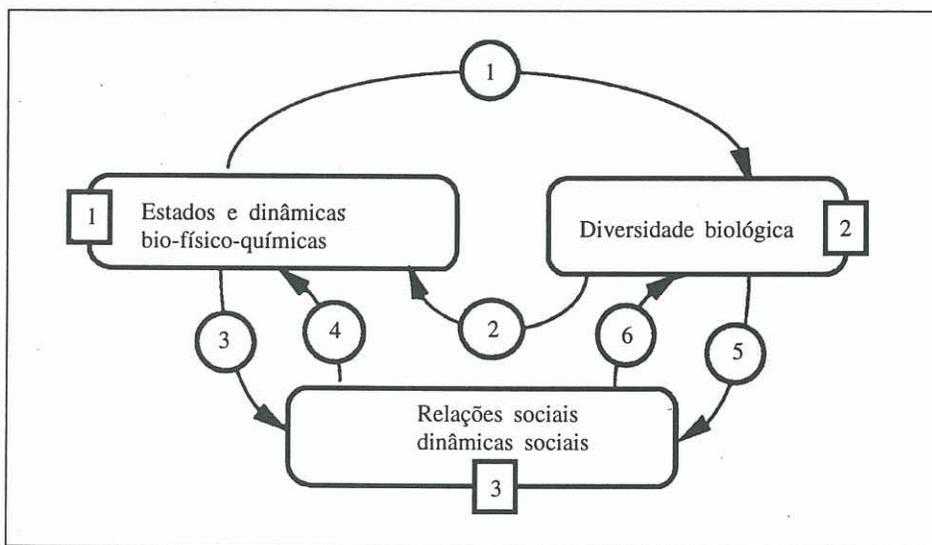


Figura 7: Concretização dos paradigmas mediante noções mais imediatamente operatórias. Três conjuntos possíveis de questões emergem deste esquema, articulando dois a dois esses novos conceitos.

- o relativo aos equilíbrios planetários,
- o relativo à diversidade biológica, e
- o relativo a uma solidariedade do conjunto da espécie humana (no sentido, pelo menos, de uma dependência mútua entre os homens).

A unidade do novo campo de pesquisa residiria assim na busca de sua validação e confrontação permanentes. As pesquisas deveriam perseguir os seguintes objetivos:

1. Proceder a uma reavaliação constante de sua pertinência, especialmente através da avaliação dos conceitos operatórios que se encontram embutidos nos três paradigmas mencionados. Esses últimos constituem noções que funcionam como pontos de referência extremos, não conservando mais sua validade quando se trata de buscar um entendimento adequado de estados que são o produto temporário (numa escala de tempo mais ou menos longa) de processos dinâmicos.

Mais precisamente, podemos reter, pelo menos num primeiro momento, a noção de diversidade biológica tal como ela se exprime quando a examinamos sob todas as suas facetas: não somente a biológica (dos genes ao ecossistema, estrutural e funcional), mas igualmente a social (em particular através das noções de percepção e uso dessa biodiversidade), e a situando

numa perspectiva dinâmica, evolutiva (surgimento e desaparecimento, nascimento e óbito, vida e morte). Em compensação, a noção de equilíbrio constitui um “ideal regulativo”; os conceitos de “estados” e “dinâmicas” permitem uma melhor abordagem da realidade. Sabemos, dessa forma, que a ecosfera não está e nunca esteve “em equilíbrio”, pelo menos no sentido comum do termo; trata-se muito mais de definir a existência de seus estados num dado momento, ou durante um dado período, bem como as principais tendências de evolução desses estados, ou seja, a dinâmica do sistema em horizontes de curto, médio e longo prazos. Da mesma maneira, falar em solidariedade entre os homens implica igualmente uma idealização; introduzir relações sociais e dinâmicas sociais torna-se mais operacional, pois estas últimas exprimem melhor a natureza dos processos em curso na sociedade. Finalmente, esses novos conceitos são eficientes em qualquer escala, particularmente na espacial: do nível local ao nível planetário. Eles se tornam vantajosos pelo fato de não privilegiarem nenhum nível *a priori*.

2. Considerar, para tanto, as seis questões seguintes, que articulam entre si as novas noções introduzidas; objetivando simultaneamente respondê-las e reformulá-las em função dos conhecimentos adquiridos:

- De que maneira as modificações dos estados e das dinâmicas bio-físico-químicas incidem (*agissent*) sobre a diversidade biológica?
- Inversamente, de que maneira a evolução da diversidade biológica incide sobre esses estados e dinâmicas?
- De que maneira as modificações desses estados e dinâmicas repercutem nas relações sociais entre os homens?
- Inversamente, de que maneira as dinâmicas atuais das relações sociais incidem (*agissent*) nos estados e nas dinâmicas naturais?
- De que maneira a questão ligada à conservação da diversidade biológica influencia as relações sociais?
- Inversamente, de que maneira as dinâmicas sociais em curso influenciam a diversidade biológica?

Essas formulações constituem apenas propostas que consideramos compatíveis com o estado atual das problemáticas e das pesquisas. Algumas formulações alternativas poderiam ser também avançadas, como por exemplo, para:

- De que maneira as modificações dos estados e das dinâmicas bio-físico-químicas incidem sobre os seres vivos (incluindo-se aqui o homem)?
- De que maneira a questão das modificações dos estados e dinâmicas bio-físico-químicas repercutem nas relações sociais entre os homens?

e. De que maneira a evolução da diversidade biológica influencia o homem?

Os termos empregados podem registrar simultaneamente as duas facetas da realidade contraditória e evolutiva, com o objetivo de poder melhor caracterizá-la relativamente aos três grandes eixos paradigmáticos.

Parece evidente que a acumulação de conhecimentos capazes de iluminar essas questões passa por vias múltiplas e infinitamente mais precisas, mas não deixa de ser útil, no estágio atual das pesquisas sobre meio ambiente, oferecer pistas e pontos de referência gerais visando intensificar as convergências e os efeitos cumulativos entre os programas de investigação. Esta estruturação do campo de pesquisas em torno desses três paradigmas pode ajudar, pelo menos por um certo tempo, a provocar essas convergências, estimular a confrontação de pontos de vista e orientar a escolha de prioridades. Ela constitui somente uma proposta dotada de valor hipotético, a ser submetida ao crivo seletivo do avanço do conhecimento.

2.5. Definir espaços de manobra para a pesquisa

Para se alcançar um padrão eficaz de ação em matéria de pesquisa, torna-se necessário:

- delimitar domínios pertinentes para a pesquisa científica, com base na definição de meio ambiente e na estrutura conceitual proposta, e isso em função da gênese da questão ambiental;
- interpelar e motivar as disciplinas científicas, avaliando-se em seguida as conseqüências, para sua evolução posterior, de seu envolvimento com a pesquisa sobre meio ambiente;
- desenvolver uma atividade de natureza necessariamente interdisciplinar;
- dotar-se de um arsenal metodológico e teórico consistente.

Retomando as grandes questões acima identificadas, ou seja, estados e dinâmicas planetárias, recursos naturais renováveis, hábitat e saúde, e, finalmente, desenvolvimento das sociedades humanas, trata-se agora, num primeiro momento, de analisar as interdependências existentes entre as mesmas.

Trata-se igualmente de elaborar uma tradução científica, isto é, de apresentar as questões numa urdidura lógica do ponto de vista científico. Isto significa também abandonar o estágio da simples listagem sequencial de problemas ou de problemáticas, que se tornou — de forma para nós

compreensível — o fundamento de uma abordagem pragmática do assunto, para avançar na direção de um conjunto estruturado de questões ou temas de pesquisa.

	(1) EDP Estados e dinâmicas planetárias	(2) RNR Recursos naturais renováveis	(3) HS Hábitat e Saúde	(4) DSH Desenvolvimento das sociedades humanas
(1) EPP		1 -> 2	1 -> 3 1 -> 2 -> 3	1 -> 4 1 -> 2 -> 4 1 -> 3 -> 4 1 -> 2 -> 3 -> 4
(2) RNR	2 -> 1 2 -> 4 -> 1		2 -> 3 2 -> 1 -> 3 2 -> 4 -> 3	2 -> 4 2 -> 1 -> 4 (?)
(3) HS	3 -> 1 (?) 3 -> 4 -> 1 (?)	3 -> 4 -> 2 (?)		3 -> 4
(4) DSH	4 -> 1 4 -> 2 -> 1	4 -> 2 4 -> 3 -> 2	4 -> 3	

Tabela 1: Aqui estão evidenciadas, sem nenhuma pretensão de exaustividade, as interdependências entre as questões na forma de relações. Estas últimas não são necessariamente de natureza causal, no sentido mecanicista do termo x implica y : x contribui para a ocorrência de y , ou x deve ser levado em conta para explicar y . Os pontos de partida são as linhas, e os pontos de chegada as colunas.

A tabela 1 oferece uma idéia preliminar da natureza das interdependências existentes entre as quatro questões acima enunciadas. Notamos, através da leitura dessa tabela, que as relações não são totalmente simétricas (ou seja, $x \rightarrow y$ não implica $y \rightarrow x$) e que a passagem de uma questão a outra pode se fazer por intermédio de uma ou duas questões (sem que a transitividade esteja assegurada). Essa interdependência restrita explica a dificuldade encontrada na elaboração de um programa científico.

O que nos permite pelo menos ilustrar essa tabela é precisamente a relação de interdependência existente entre as questões: não podemos manter a expectativa de responder a uma delas de maneira isolada, sem considerar as outras. Por exemplo, não podemos ignorar a dimensão ligada à utilização de recursos naturais e os problemas ligados ao desenvolvimento na consideração dos problemas globais (primeira coluna); inversamente, os problemas ligados aos recursos naturais, às possibilidades de desenvolvimento, à qualidade do hábitat e às condições sanitárias dependem muito provavelmente

da natureza das dinâmicas planetárias. Os efeitos podem ser diretos ou indiretos.

I. Estados e dinâmicas planetárias

(funcionamento do sistema biosfera — geosfera — atmosfera)

- os grandes sistemas ecológicos
- os grandes ciclos bio-geo-químicos
- as modificações mais significativas de origem antrópica: poluições, modificações físicas, químicas e biológicas dos meios naturais
- o clima e sua evolução
- conseqüências do — e sobre — o desenvolvimento demográfico e econômico

II. Os recursos naturais renováveis: a dinâmica dos recursos e dos usos

- água, solo, ar
- recursos vivos: diversidade e riqueza biológicas, os diferentes níveis de expressão, os tipos e a dinâmica dessa diversidade (do nível molecular à biosfera, diversidade estrutural e funcional).
- evolução, degradação, gestão e restauração dos sistemas ecológicos
- processos endógenos aos sistemas ecológicos e exógenos, em particular de origem antrópica
- reversibilidade e irreversibilidade dos processos
- as poluições e seus efeitos sobre os recursos naturais renováveis
- conseqüências em diferentes escalas

III. Hábitat e saúde: dinâmica das paisagens e das patologias

- proteção, ordenamento espacial e gestão ambiental
- modificações do meio ambiente e incidências sobre a saúde
- poluições e dejetos
- as atividades humanas e o hábitat

IV. Desenvolvimento das sociedades humanas

- os processos de concentração e de artificialização (dinâmicas de sistemas pouco antropizados, evolução dos sistemas rurais e urbanos)
- desenvolvimento a longo prazo, desenvolvimento sustentável
- meio ambiente e desenvolvimentos demográfico e econômico; aspectos locais, regionais e globais
- os aspectos tecnológicos
- os processos de urbanização e suas conseqüências

Tabela 2 — *As quatro grandes questões relacionadas ao meio ambiente que podem ser delimitadas atualmente, acompanhadas de algumas de suas principais facetas. Não pretendendo ser exaustiva, esta tabela nos permite todavia ilustrar os grandes temas propostos. Certos enfoques tecnológicos, como os trabalhos sobre os sistemas ecológicos artificiais, não foram mencionados; desenvolvidos inicialmente para a pesquisa espacial, eles se tornaram entretanto provavelmente interessantes por vários motivos, em particular na pesquisa de base para a análise e a compreensão dos mecanismos fundamentais.*

Uma das maneiras de se alcançar uma programação efetiva consiste em se eleger um ponto de entrada e deduzir daí os outros; por exemplo, o ponto de entrada EDP foi aquele escolhido no contexto do Programa Internacional Geosfera-Biosfera (PIGB). Corre-se entretanto o risco de se privilegiar uma entrada, isto é, de se orientar a pesquisa, os resultados e as conseqüências decorrentes dos mesmos em função da entrada escolhida, e, por implicação, ou ignorar as outras entradas ou conceber seu estudo unicamente em função dessa entrada.

O problema central reside portanto na tentativa de se abordar uma questão precisa sem jamais perder de vista a problemática de conjunto, no seio da qual ela ganha sentido. Concebida nessa perspectiva, a tabela 2 oferece uma lista, não exaustiva, dos subdomínios, subconjuntos ou mesmo facetas das quatro macroquestões mencionadas acima. Ressaltamos também que as questões são formuladas em termos de dinâmica dos fenômenos, o que nos remete quase obrigatoriamente ao estudo dos processos subjacentes.

QUADRO 4 — A lógica dos programas de pesquisa

A maior parte dos programas nacionais e internacionais de pesquisa sobre o meio ambiente adotou inicialmente uma diretriz pragmática de ação. Essa diretriz consistiu em se definir certas operações científicas, onde se buscava oferecer respostas seja a questões precisas oriundas do corpo social, seja a problemáticas que poderiam ter sido geradas no âmbito da própria comunidade científica, mas sem que houvesse emergido a preocupação por uma programação global do esforço de pesquisa. Consideramos essa etapa como tendo sido necessária, incontornável, mas atualmente as questões e problemáticas, bem como os conceitos de base, tornaram-se suficientemente claros; somados aos conhecimentos essenciais que vêm sendo obtidos, isso nos possibilita uma organização temática. Inúmeros exemplos dessa tendência podem ser mencionados: os grandes programas internacionais como o PIGB, ou, num nível mais modesto, o “Texto de orientação e de programação científicas” do Programa de Meio Ambiente (1990). Poderíamos fazer alusão, igualmente, no caso dos aspectos globais e de um enfoque sempre que possível pragmático, ao comentário de Grubb et al. (1991) que resume os debates atuais relacionados às medidas específicas discutidas por ocasião da Conferência do Rio de Janeiro, em junho de 1992.

Estaremos em condições de precisar a definição de ações de pesquisa científica na medida em que formos capazes de identificar mais precisamente os objetos de estudo e as problemáticas. Devemos contudo reter na memória que as entradas possíveis são aquelas feitas através de questões, *milieux* e sistemas, através de funções ou processos. Finalmente, uma entrada metodológica surge atualmente como uma necessidade incontornável.

O “Texto de orientação e de programação científicas” do Programa de Meio Ambiente (dezembro de 1990) foi elaborado segundo essas diretrizes. Nele podem ser encontrados cinco pontos de entrada (tabela 3).

Trata-se de uma etapa preliminar, elaborada no período inicial de funcionamento do Programa. Ainda muito imperfeito, o texto tem entretanto o mérito de configurar melhor as ações prioritárias a serem empreendidas, com vistas ao desenvolvimento da pesquisa básica.

1. Água, solo, atmosfera, biomassa: suportes e transferências.
2. Funcionamento, perturbações, regulações.
3. Sistemas ecológicos e ações do homem.
4. Gênese e componentes da questão do meio ambiente e das ações reguladoras.
5. Métodos, modelos e teorias para a pesquisa sobre meio ambiente.

Tabela 3 — Temas identificados no texto de orientação e de programação científicas do Programa de Meio Ambiente. Esta classificação é mais orientada no sentido do estudo dos processos fundamentais do que as precedentes.

III. Os Problemas Teóricos, Metodológicos e Tecnológicos

A argumentação desenvolvida até aqui permite evocar os problemas teóricos gerados por toda tentativa de situar as pesquisas ambientais no interior de um campo de pesquisa próprio. Não necessitamos retomar a discussão. Gostaríamos apenas de identificar os problemas metodológicos e teóricos mais significativos que decorrem dos parágrafos precedentes.

Numa análise inicial, podemos distinguir cinco tipos:

- A análise das relações entre os diferentes níveis de integração espacial e temporal.
- O enfoque sistêmico.
- A modelização (ou o método de construção de modelos).
- A instrumentação e os dispositivos experimentais.
- A interdisciplinaridade, particularmente aquela a ser cultivada entre as ciências naturais e as ciências sociais.

3.1. Os níveis de organização e a análise das relações entre os diferentes níveis de integração espacial e temporal

Como já ressaltamos, o nível planetário ocupa uma posição central no processo de unificação das pesquisas sobre meio ambiente. É assim que interpretamos o fato de que, no contexto internacional, o termo “mudança

global” (*global change*) tenha progressivamente substituído o termo “meio ambiente” no jargão da comunidade científica. Essa mudança de vocabulário, que não altera fundamentalmente nada da argumentação precedente, tem o mérito de colocar de modo claro a questão — já evocada (cf. 2.2) — relativa aos níveis pertinentes de análise dos problemas ambientais. Essa questão pode ser considerada de importância fundamental para o futuro das pesquisas nessa área. Ela encontra-se na base de mal-entendidos surgidos através das relações existentes entre os três grandes domínios de conhecimento envolvidos: as ciências do universo, as ciências da vida e as ciências sociais. Evoluções muito rápidas, e que a desafiam, vêm sendo geradas no âmbito das diversas *démarches* de pesquisa, sem que o esforço de teorização esteja mais uma vez em condições de acompanhar o pragmatismo cotidiano. Pois ela se apóia freqüentemente num vocabulário confuso ou, pelo menos, explicitado de maneira ainda muito insuficiente.

Sem pretender de forma alguma esgotar todas as nuances dessa questão, o que nos exigiria desenvolvimentos extremamente longos, podemos, a título de exemplo, evocar o conceito de nível de organização tal como ele vem sendo utilizado pelas ciências da vida. Podemos colocar em discussão tanto a importância desse conceito para o desenvolvimento de pesquisas interdisciplinares sobre meio ambiente quanto, e sobretudo, a possibilidade de sua aplicação a outros domínios de investigação.

O conceito de nível de organização originou-se essencialmente do campo das ciências da vida, mas aplica-se a outros objetos de investigação. Ele resulta do fato (observável) de que os sistemas vivos se organizam no sentido de gerar entidades identificáveis e observáveis (moléculas, macromoléculas, células, organismos, populações, comunidades, ecossistemas...). Cada nível corresponde a uma coleção de entidades, de sistemas, de unidades funcionais imbricadas, onde o elemento mais “fino” (*fin*), o indivíduo, constitui a unidade do nível inferior (por exemplo, o organismo para uma dada população); podem existir entretanto unidades funcionais intermediárias (por exemplo, grupos de indivíduos para uma dada população, tal como as coortes). Uma das principais dificuldades consiste precisamente na definição de uma unidade funcional, particularmente quando suas delimitações espaciais não são evidentes.

Certas propriedades podem ser explicadas diretamente através da consideração da estrutura e do comportamento de objetos situados em níveis inferiores (por exemplo, certas propriedades fenotípicas, ou seja, que se manifestam no nível do organismo, constituem a consequência direta da estrutura de um gene e de sua expressão). Por outro lado, a cada nível de organização emergem propriedades, conceitos novos que não fazem sentido

quando aplicados aos níveis inferiores (por exemplo, a auto-replicação de macromoléculas para uma molécula química, a divisão de células para uma macromolécula, a reprodução sexuada de organismos...): um conjunto de elementos do mundo vivo não constitui uma simples coleção estatística desses elementos na medida em que esses apresentam fortes interações entre si⁸.

Tudo isso faz emergir o duplo problema ligado, por um lado, à identificação dos níveis de organização, e, por outro, da natureza das relações que se estabelecem entre esses níveis.

Em termos de procedimentos de pesquisa, isto se traduz em opções específicas sobre as escalas relativamente às quais devemos nos situar para realizarmos as observações, ou ainda pela definição das unidades funcionais pertinentes em função dos fenômenos que desejamos observar. Esta escolha implica evidentemente a realização de recortes (*découpages*) concretos em termos espaciais, mas pressupõe também a identificação das seqüências temporais que nos permitam apreender os processos em curso, isto é, ela implica a necessidade de nos situarmos num contexto espaço-temporal definido: uma ligação íntima deve ser assim estabelecida entre as dimensões do espaço e do tempo. Finalmente, o recorte espacial não deve ser necessariamente estático, sobretudo para aquelas unidades funcionais que evoluem rapidamente no espaço (como é o caso das populações migrantes ou de materiais transportados). O ajuste das escalas de observação espaço-temporais configura portanto uma tarefa delicada, ainda mais quando devemos confrontar casos de subsunções (*emboîtements*) múltiplas.

Sabemos que existe uma certa correlação entre espaço e tempo, sendo que as unidades de grande dimensão espacial apresentam muitas vezes constantes de tempo mais elevadas que as unidades menores; mas isto não deve ser absolutizado — torna-se, por exemplo, menos evidente quando comparamos sistemas de “grande envergadura” mas que apresentam diferentes dimensões (como um sistema geológico e um sistema ecológico).

Pode-se também ressaltar que existe um vínculo entre escala de tempo, por um lado, e espaço e nível de organização biológica, por outro. Por exemplo, as interações moleculares implicam escalas de tempo muito inferiores a um segundo; a síntese de proteínas exige de alguns segundos a alguns minutos; uma bactéria como a *E. coli* pode apresentar um tempo de geração da ordem de 20 minutos; em troca, para o homem, ela é da ordem de 25 anos e o estabelecimento de um grande sistema ecológico exige vários séculos.

8. Uma das melhores caracterizações da noção de níveis de organização e das novas propriedades que emergem em cada um deles pode ser encontrada em Jacob (1970). Uma apresentação sintética encontra-se em Barbault (1990). Finalmente, uma reflexão teórica recente de Kaufman (1991), fundada na análise do comportamento organizacional de redes de autômatos, parece bastante sedutora, na medida em que examina a dimensão da organização à luz de novos conceitos sobre o caos determinista.

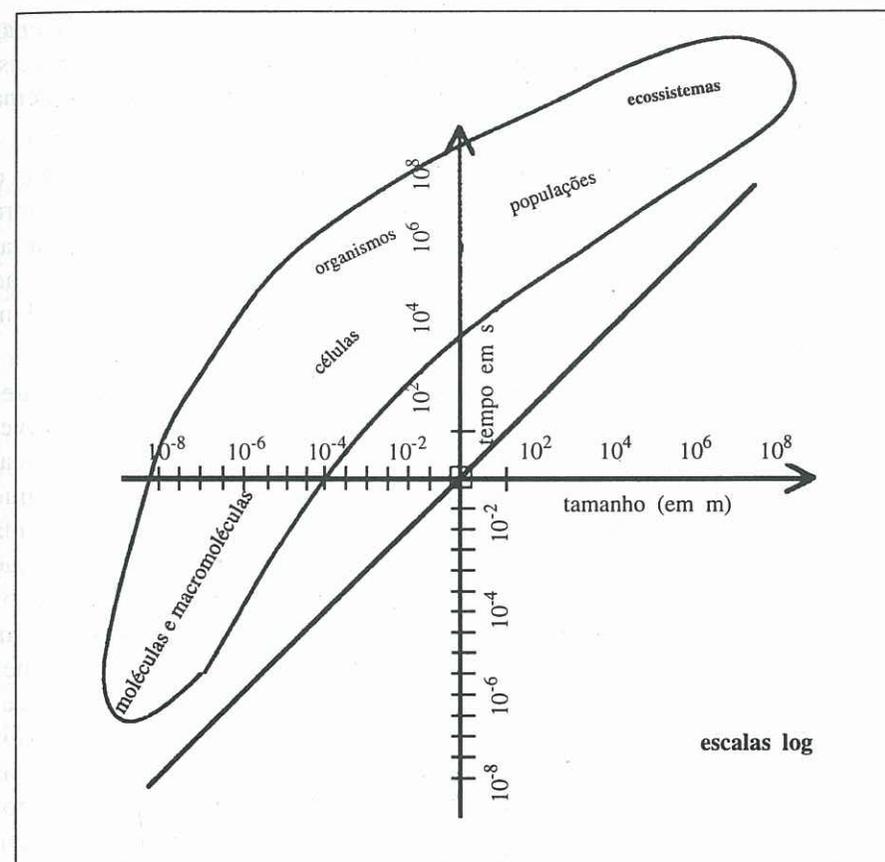


Figura 8: Ilustra de forma rudimentar as relações entre as escalas de espaço e de tempo, por um lado, e os níveis de organização biológica, por outro (a unidade espacial escolhida permite apenas uma primeira orientação exploratória e poderia ser interpretada como “a maior das dimensões espaciais”).

Todavia, no caso deste último exemplo, ele é, sem dúvida, mais curto do que podíamos ter pensado (assim, é muito provável que o grande sistema florestal amazônico que conhecemos hoje em dia, seja muito mais recente do que admitíamos há alguns anos).

Finalmente, tudo isso não constitui um dado absoluto e pode, por exemplo, depender do escopo da natureza da relação examinada. Assim sendo, uma molécula pode apresentar uma duração de vida mais longa do que um grande ecossistema.

No que diz respeito à especificidade das pesquisas ambientais, o ponto de referência privilegiado que é atribuído ao nível planetário corre o risco de se revelar muito restritivo se for transformado em regra segundo a qual

toda questão deve ser transposta a esse único nível ou originar-se apenas dele. Isso implica negar toda existência ou toda pertinência a outros níveis, ou, pura e simplesmente, submetê-los ao nível superior, num esquema hierarquizado descendente. Esta maneira de ver apresenta dois defeitos:

— por um lado, ela revela um caráter reducionista, que favorece o ocultamento de toda a complexidade criada pelas interações existentes entre os diferentes níveis de integração no âmbito da ecosfera; pretender captar analiticamente essa complexidade exige, ao contrário, levar em conta ao mesmo tempo os processos em pauta, os espaços nos quais eles se desenrolam e os períodos de tempo que lhe conferem ritmo;

— por outro lado, ela pode ainda, e facilmente, assumir um caráter puramente normativo, mesmo que a dominância exercida pelo nível superior seja pouco influenciada pela existência de uma norma específica; o desvio ideológico torna-se então uma consequência imediata, visto que o procedimento faz apelo a uma noção de ordem e passa a ser colocada sob o signo de uma ordem a ser respeitada: da “ordem ecológica” que impõe a lei, passa-se necessariamente à “ordem social” que devemos estabelecer para que possa vir a exercer sua soberania. Estaríamos assim diante da tendência a subestimar a complexidade envolvida nas mediações entre a ecosfera e os sistemas sociais, bem como, e sobretudo, esquecer que as questões ambientais fazem parte do campo criado por desafios sociais múltiplos (a repartição da riqueza, o subdesenvolvimento, as questões ligadas à segurança e à defesa, o regime político etc.), dos quais dependem amplamente as respostas que lhes serão dadas. Aqui também, defrontamo-nos com processos complexos ligados à natureza dos desafios, às relações de poder que eles deflagram, aos espaços que eles abrangem e aos espaços de tempo que se tornam necessários para que as contradições sociais viabilizem o surgimento de um compromisso, etapa essa considerada provisória, ela mesma preparando o surgimento de uma nova.

Podemos concluir desses desenvolvimentos iniciais que, mesmo se forem projetadas no contexto planetário que lhes confere seu sentido mais profundo, as pesquisas sobre meio ambiente devem eleger como meta fundamental o entendimento da extrema diversidade de casos gerados pelas múltiplas questões a serem confrontadas, em função da ocorrência de níveis de organização e de escalas espaciais e temporais diferenciadas. Com efeito, a compreensão de fenômenos que se desenrolam em níveis inferiores contribui para um conhecimento cada vez mais aprimorado dos processos situados no nível planetário.

3.2. A análise sistêmica

Há bastante tempo o enfoque de objetos, fenômenos ou sistemas “complexos” vem colocando ao mundo científico inúmeras questões de método, essencialmente devido ao fato de que o reducionismo clássico e o método analítico mostraram-se impotentes na busca de equacionamento de um grande número de problemas desvelados por esses objetos, no esforço de explicar seu comportamento. O meio ambiente, objeto de investigação evidentemente complexo, mesmo no sentido mais ingênuo do termo, não constitui exceção à regra.

O holismo pretendeu erigir-se em escola de pensamento *sui generis*, interessante e simpática na concepção, mas pouco eficaz na prática; entretanto, essa idéia contribuiu, sem dúvida alguma, para a emergência, muito mais operacional, da noção de sistema. Admitiremos contudo que certos pressupostos assumidos *a priori* podem ser considerados contestáveis: nesse sentido, o enfoque holístico postula que um sistema constitui algo mais que a somatória de suas partes componentes. Na realidade, ele pode ser mais, mas também menos, ou mesmo igual, sem perder todavia seu estatuto de sistema. Sem dúvida, o holismo apresenta-se como uma reação, aliás muito justificada, ao reducionismo puro e duro (*pur et dur*), mas cabe reconhecer que ele conserva também um perfil científico impreciso, indeciso, e, às vezes, até mesmo indigente.

QUADRO 5 — O holismo em questão

De uma certa maneira, o holismo faz parte do pensamento contemporâneo, e poderíamos mesmo afirmar que ele (o holismo) contribuiu para prefigurá-lo; trata-se de um tipo de pensamento que, em função da incapacidade ou da falta de vontade de confrontar os problemas atuais, assume um perfil globalizante, totalizante, na maior parte das vezes sem rigor, e, por implicação, sem (ou com reduzido grau de) operacionalidade. Poderíamos assumir aqui a observação de M. Minsky (1988) sobre esse tema: “Ouvimos freqüentemente que certas totalidades constituem ‘mais que a soma das partes’. Esta bela fórmula acompanha-se freqüentemente de rótulos impressionantes do tipo ‘holista’ ou ‘gestalt’, onde a solenidade nos faz pensar que eles fazem referência a idéias suficientemente claras e nítidas. Do meu ponto de vista, suspeito que esses termos contribuem para camuflar uma certa ignorância. Nós falamos de ‘gestalt’ quando as coisas se combinam para atuar de uma forma que nós somos incapazes de explicar, e qualificamos de ‘holistas’ certos eventos que nos surpreendem e acerca dos quais nos damos conta que os compreendemos menos do que pensávamos”.

A análise sistêmica, por sua vez, transtornou a maneira clássica de ver. Ela possibilitou o surgimento de uma nova forma de representação, voltada a um entendimento mais profundo, de conjuntos estruturados, constituídos de elementos em interação, organizados, ou seja, de sistemas. Além disso, a integração dos princípios de modelização e da *démarche* experimental na visão sistêmica configura um enfoque extremamente operacional. Simples em suas concepções fundamentais, a análise sistêmica representou entretanto o foco de desenvolvimentos “teóricos” no âmbito de certas escolas de pensamento sistêmico para os quais nem sempre podemos entender a importância (*interêt*). Ela resistiu muito bem, todavia, a tais procedimentos “metacientíficos”; e transformou-se num dos elementos do método científico.

As contribuições mais determinantes, mais operacionais, têm sido sem dúvida alguma realizadas por matemáticos, e isso graças ao uso intensivo que fizeram dos princípios de modelização matemática.

A fisiologia e, sobretudo, a ecologia (por exemplo, o estudo dos ecossistemas) constituem exemplos de disciplinas onde o conceito de sistema tem sido muito bem utilizado e desenvolvido, e o mesmo pode ser dito de certas áreas das ciências humanas e sociais.

Objeto, sistema complexo e diversificado, o meio ambiente pode ser visto como um terreno de opções sobre o qual essas escolas têm se debruçado. Não resta dúvida que tanto o método analítico, por um lado, quanto o enfoque sistêmico, por outro, nos legaram resultados determinantes. Aliás, cabe mesmo reconhecer que a relação entre os dois não é de contradição: eles surgem como complementares e eficazes, desde que sejam bem utilizados, evitando-se as “perversões” de cada um.

Vale a pena lembrarmos que o enfoque sistêmico não coloca em questão o princípio de causalidade, contrariamente ao que tem sido veiculado algumas vezes. Com efeito, se parece verdadeiro que num objeto complexo o esquema “uma causa implica um efeito” pode ser visto como excessivamente simplista, em compensação, se admitirmos completar esse esquema agregando o caso de efeitos provocados por causas múltiplas, as seqüências causais e os circuitos de retroalimentação, obteremos uma extensão perfeitamente operacional no estágio atual dos nossos conhecimentos sobre a questão.

3.3. O método da construção de modelos

Como argumentamos ao longo dos itens anteriores, um certo número de problemas fundamentais relacionados ao meio ambiente caracteriza-se

pela complexidade dos sistemas envolvidos, pela multiplicidade de seus componentes (físicos, químicos, biológicos, ecológicos, humanos e sociais), pela não-linearidade dos fenômenos subjacentes, pela necessidade de se levar em conta a estrutura espacial e as diferentes escalas espaciais e temporais, pela multiplicidade de causas e efeitos, pela diversidade dos objetivos... Sua investigação implica claramente a necessidade de um enfoque interdisciplinar, onde a construção de modelos ganha mais e mais importância. É necessário examinarmos se essa importância crescente pode ser justificada.

Antes de mais nada, devemos retomar o significado atual do termo modelização, precisando seu estatuto científico, sobretudo num contexto interdisciplinar onde concepções diferentes podem emergir. Este termo pode vir a desempenhar um papel integrador, além de contribuir para a reformulação de algumas questões importantes, mesmo se abandonarmos a expectativa de um tratamento exaustivo do tema. Com base na concepção integrativa dos conceitos de modelo e modelização, cabe examinar também suas possíveis contribuições no sentido de uma elaboração teórica dos problemas ambientais.

1. O estatuto metodológico da modelização

A modelização, a saber, a construção, o estudo e a utilização de modelos, principalmente modelos matemáticos, adquiriu um estatuto de método. Este estatuto é recente. Com efeito, se há mais de trinta anos a noção de modelo tornou-se bem estabelecida e reconhecida como um dos instrumentos de base do processo de pesquisa científica⁹, em compensação, a referência ao método de modelização começou a ganhar popularidade apenas há uma década aproximadamente. Aliás, essa referência não se tornou ainda realmente reconhecida no idioma francês (por exemplo, a edição de 1990 do *Petit Robert* não faz alusão ao termo “modelização”).

Esta elaboração metodológica foi realizada em áreas até então pouco trabalhadas, de certa maneira ela se distingue de desenvolvimentos considerados “clássicos” no âmbito da física. Com efeito, existem claramente alguns setores científicos onde a utilização da linguagem matemática se funde na tradição do discurso científico (como é o caso de muitos domínios

9. “Com a prática dos modelos manifestam-se alguns dos condicionantes mais atuais da construção do saber: ela faz surgir as vias da pesquisa e da codificação dos resultados, ela ilumina o papel principal das figuras e dos signos na instituição do conhecimento” (Mouloud, 1980). Consultar também Legay (1973).

da física) e também outros onde essa utilização surge mais recentemente, principalmente porque os problemas colocados são de natureza inovadora (por exemplo, o tratamento de sistemas estruturados, “complexos”, ou de sistemas marcados pelo ruído no sentido que a teoria da informação confere ao termo (*systemes bruités*). Essa tendência vem conduzindo a práticas de novo tipo e ao desenvolvimento de procedimentos e instrumentos originais que, de maneira inversa, começam a se difundir junto a setores mais tradicionalmente “matematizados”. Além disso, a modelização numa dada disciplina tende a se tornar uma nova especialidade.

Já amplamente aceita, a modelização apresenta atualmente várias facetas, onde podemos destacar especialmente:

- a utilização do modelo como elemento da linguagem e da reflexão científicas, objeto e instrumento do pensamento conceitual;
- a extensão da noção de modelo a outras formas de representação além das matemáticas ou numéricas (formalismos dos bancos de dados, da inteligência artificial, dos diversos modos de representação como os mapas temáticos, as linguagens utilizando “blocos e setas” típicas dos modelos à *compartment* ou dos diagramas de Forrester...);
- a integração do modelo ao enfoque experimental, ou seja, a concretização de uma dialética modelo-experiência (cf. a contribuição de Legay, (1973), por exemplo);
- o enfoque especulativo, a saber, a análise das propriedades de objetos formais, mais freqüentemente de objetos matemáticos, bem como a interpretação desses últimos como expressão de comportamentos possíveis de objetos reais. Trata-se então de um enfoque analógico, onde o modelo serve de paradigma;
- a utilização de modelos na definição de ações ligadas ao esforço de regulação (controle). Nesse sentido, J.L. Lions (1990) propõe as três dimensões do que ele denomina “o instrumento universal”, a saber: modelização, análise (do modelo) e controle.

Finalmente, a informática facilita a elaboração, o estudo e a utilização de modelos. Ela contribuiu significativamente para a geração de modelos cada vez mais sofisticados, bem como para popularizar o método e também para ampliar, retroativamente, a cultura, especialmente a matemática, do maior número possível de pessoas. Ela conduziu também à emergência de novos instrumentos de modelização (inteligência artificial, modelos relacionais dos bancos de dados...). Entretanto, e apesar da relevância impressionante dos resultados já alcançados, resta ainda muito a ser feito no domínio da

integração dos instrumentos, questão esta que depende essencialmente do desenvolvimento de novos logísticos.

2. As contribuições possíveis no campo da pesquisa ambiental e os avanços a serem feitos

Se admitirmos o estatuto científico e epistemológico da noção de modelo e do procedimento de modelização, tal como foram explicitados anteriormente, parece claro que tais objetos e *démarches* devem se constituir em elementos-chave das pesquisas sobre meio ambiente. Necessitamos todavia compreender bem que, se o modelo e a modelização podem funcionar como mediadores nos enfoques interdisciplinares, eles podem se transformar também em focos de tensões na medida em que, como já assinalamos, práticas diferenciadas podem ser identificadas no contexto dos diferentes setores de conhecimento científico.

A partir de uma colocação mais clara desse aspecto, assinalamos a seguir alguns dos avanços metodológicos a serem feitos relativamente aos problemas fundamentais enunciados antes. Estariam incluídas nesta agenda as seguintes iniciativas:

- Inicialmente, deveriam ser especificadas o mais freqüentemente possível as relações entre modelos, experimentação, observação e instrumentação; por exemplo, a coleta de dados pertinentes com vistas à identificação e validação de um modelo funcional.
- Seria necessário tornar precisos os procedimentos e instrumentos a serem utilizados com vistas à construção e elaboração de modelos; por exemplo, especificar da melhor maneira possível quais são os modelos elementares confiáveis dos processos fundamentais e as regras de associação desses modelos elementares.
- Além disso, caberia definir bem a maneira de se representar os conceitos de nível de organização, de escala e de integração temporal e espacial em termos de modelos. Por exemplo, pode-se imaginar o procedimento de representação do comportamento global de um sistema através de modelos simples ou pelo menos mais simples que a lista de modelos individuais onde se descreve os elementos e as interações entre esses elementos (princípio de parcimônia)? Sabemos “experimentalmente” que é possível e eficiente; podemos dispor de demonstrações disso para casos diferentes daqueles representados por coleções estatísticas? Da mesma forma, a dinâmica de longo prazo de um sistema não poderia se exprimir,

da física) e também outros onde essa utilização surge mais recentemente, principalmente porque os problemas colocados são de natureza inovadora (por exemplo, o tratamento de sistemas estruturados, “complexos”, ou de sistemas marcados pelo ruído no sentido que a teoria da informação confere ao termo (*systèmes bruités*). Essa tendência vem conduzindo a práticas de novo tipo e ao desenvolvimento de procedimentos e instrumentos originais que, de maneira inversa, começam a se difundir junto a setores mais tradicionalmente “matematizados”. Além disso, a modelização numa dada disciplina tende a se tornar uma nova especialidade.

Já amplamente aceita, a modelização apresenta atualmente várias facetas, onde podemos destacar especialmente:

- a utilização do modelo como elemento da linguagem e da reflexão científicas, objeto e instrumento do pensamento conceitual;
- a extensão da noção de modelo a outras formas de representação além das matemáticas ou numéricas (formalismos dos bancos de dados, da inteligência artificial, dos diversos modos de representação como os mapas temáticos, as linguagens utilizando “blocos e setas” típicas dos modelos à *compartiment* ou dos diagramas de Forrester...);
- a integração do modelo ao enfoque experimental, ou seja, a concretização de uma dialética modelo-experiência (cf. a contribuição de Legay, (1973), por exemplo);
- o enfoque especulativo, a saber, a análise das propriedades de objetos formais, mais frequentemente de objetos matemáticos, bem como a interpretação desses últimos como expressão de comportamentos possíveis de objetos reais. Trata-se então de um enfoque analógico, onde o modelo serve de paradigma;
- a utilização de modelos na definição de ações ligadas ao esforço de regulação (controle). Nesse sentido, J.L. Lions (1990) propõe as três dimensões do que ele denomina “o instrumento universal”, a saber: modelização, análise (do modelo) e controle.

Finalmente, a informática facilita a elaboração, o estudo e a utilização de modelos. Ela contribuiu significativamente para a geração de modelos cada vez mais sofisticados, bem como para popularizar o método e também para ampliar, retroativamente, a cultura, especialmente a matemática, do maior número possível de pessoas. Ela conduziu também à emergência de novos instrumentos de modelização (inteligência artificial, modelos relacionais dos bancos de dados...). Entretanto, e apesar da relevância impressionante dos resultados já alcançados, resta ainda muito a ser feito no domínio da

integração dos instrumentos, questão esta que depende essencialmente do desenvolvimento de novos logísticos.

2. As contribuições possíveis no campo da pesquisa ambiental e os avanços a serem feitos

Se admitirmos o estatuto científico e epistemológico da noção de modelo e do procedimento de modelização. tal como foram explicitados anteriormente, parece claro que tais objetos e *démarches* devem se constituir em elementos-chave das pesquisas sobre meio ambiente. Necessitamos todavia compreender bem que, se o modelo e a modelização podem funcionar como mediadores nos enfoques interdisciplinares, eles podem se transformar também em focos de tensões na medida em que, como já assinalamos, práticas diferenciadas podem ser identificadas no contexto dos diferentes setores de conhecimento científico.

A partir de uma colocação mais clara desse aspecto, assinalamos a seguir alguns dos avanços metodológicos a serem feitos relativamente aos problemas fundamentais enunciados antes. Estariam incluídas nesta agenda as seguintes iniciativas:

- Inicialmente, deveriam ser especificadas o mais frequentemente possível as relações entre modelos, experimentação, observação e instrumentação; por exemplo, a coleta de dados pertinentes com vistas à identificação e validação de um modelo funcional.
- Seria necessário tornar precisos os procedimentos e instrumentos a serem utilizados com vistas à construção e elaboração de modelos; por exemplo, especificar da melhor maneira possível quais são os modelos elementares confiáveis dos processos fundamentais e as regras de associação desses modelos elementares.
- Além disso, caberia definir bem a maneira de se representar os conceitos de nível de organização, de escala e de integração temporal e espacial em termos de modelos. Por exemplo, pode-se imaginar o procedimento de representação do comportamento global de um sistema através de modelos simples ou pelo menos mais simples que a lista de modelos individuais onde se descreve os elementos e as interações entre esses elementos (princípio de parcimônia)? Sabemos “experimentalmente” que é possível e eficiente; podemos dispor de demonstrações disso para casos diferentes daqueles representados por coleções estatísticas? Da mesma forma, a dinâmica de longo prazo de um sistema não poderia se exprimir,

evidentemente em suas tendências mais profundas, de maneira mais simples do que através do prolongamento das dinâmicas que se desenrolam num horizonte de curto prazo; por exemplo, os modelos de evolução climática deveriam se apoiar nos modelos de dinâmica atmosférica empregados em meteorologia, ou, ao contrário, ser elaborados com base numa outra formulação, adaptada à escala de tempo considerada?

- Valeria a pena também investigar a extensão da noção e da prática de construção de modelos a outros formalismos que não os matemáticos (por exemplo, aqueles relativos à informática: linguagens de programação procedurais, lógicas funcionais e *orientés-objets*, sistemas de simulação, sistemas de bancos de dados, representações e sistemas de inteligência artificial... cf. fig. 9).

- Da mesma forma, seria especialmente importante desenvolver sistemas baseados dados e em conhecimentos. Deve ser assinalado que os sistemas baseados em conhecimentos constituem uma generalização que faz uso de técnicas oriundas da inteligência artificial e que, de forma crescente, ocorre um processo de aproximação entre bancos de dados e bancos de conhecimentos (novos modos de representação "*centrés-objets*" têm facilitado essa aproximação).

Por outro lado, os desafios ligados ao tratamento da informação geográfica têm concentrado inúmeros esforços nos últimos dez anos. Os SIG (Sistemas de Informação Geográfica) são de grande utilidade, apesar de se constituírem ainda em prerrogativa de especialistas (Ashdown & Schaller, 1990). Num futuro próximo, poderemos encontrar entretanto sistemas capazes de conjugar as técnicas da inteligência artificial e aquelas desenvolvidas pelos SIG (as SIGI), integrando ainda os modelos dinâmicos (Cowson, Polse & Loh, 1987).

- Não podemos certamente omitir a necessidade de se considerar as conseqüências daquilo que denominamos especificamente a "não-linearidade" dos fenômenos. Este conceito, oriundo diretamente das matemáticas, traduz o fato de que um fenômeno tal qual o comportamento de um objeto ou sistema, submetido à certas ações, perturbações, controles etc., e a parâmetros variáveis, ou seja, a variáveis causais, pode apresentar uma resposta não proporcional ao valor dessas variáveis. É possível observar nesse sentido modificações súbitas de comportamento (passagem de um estado de equilíbrio a um estado oscilante e depois a um regime caótico, ou de transição brutal, do tipo "catástrofe", de um estado de equilíbrio a outro). Numerosos fenômenos, naturais ou não, parecem apresentar formas de comportamento análogas às desses objetos matemáticos ditos não-lineares. Disso decorre, por um lado, a extensão do uso do termo e, por outro, a tomada de

consciência de que ações aparentemente insignificantes podem gerar conseqüências de grande magnitude. Assim, se aceitarmos o pressuposto de que certas evoluções do nosso ambiente, por exemplo do clima, são governadas por fenômenos não-lineares, então a hipótese ligada à ocorrência de transições brutais não poderia ser descartada *a priori*. Esse tipo de fenômeno deve ser necessariamente levado em consideração na avaliação de riscos (não existe sobretudo simetria do risco, este último não seria redutível à incerteza) e na definição e implementação de ações que preservam o funcionamento ou antecipam um novo padrão de funcionamento num novo estado de equilíbrio (*état stationnaire*). Podemos também levantar a questão ligada à previsão de tais riscos: torna-se fácil mostrar, no caso de modelos simples, que o enfoque de uma tal singularidade pode se acompanhar de um aumento da variabilidade dos fenômenos; por exemplo, um aumento da variabilidade climática, pelo menos numa certa escala que deve ser precisada, não configuraria a possibilidade de uma transição brutal? Isso seria sempre verdadeiro?

- Finalmente, deveriam ser considerados os aspectos sócio-econômicos. Se admitirmos que eles têm sido introduzidos nos modelos numéricos desde o início dos anos 70 nos Estados Unidos e junto ao IIASA, podemos reconhecer ao mesmo tempo que os resultados alcançados não foram expressivos. Atualmente, presenciamos o surgimento de modelos informatizados que se apóiam, por exemplo, em técnicas de inteligência artificial integrando o comportamento de atores humanos, a dinâmica do uso de recursos, os problemas ambientais e os aspectos econômicos (a ORSTOM, na França, apóia atualmente esforços nesse sentido). Esse tipo de enfoque interdisciplinar deve ser considerado como muito promissor e poderá mostrar-se sem dúvida mais eficaz que as tentativas numéricas dos anos 70. Apesar disso, um amplo esforço de modelização resta ainda a ser feito, em bases progressivamente mais convincentes (Matarasso, 1991).

Na busca de respostas a essas questões, deveremos inicialmente nos apoiar sobre o que já existe no âmbito das várias disciplinas científicas: sobre seus métodos, seus modelos e também suas teorias. Esta consideração é válida não só para o caso das disciplinas atualmente implicadas na análise dessas questões, mas igualmente para outras, como as matemáticas, que podem nos oferecer uma contribuição importante nesse sentido. De maneira recíproca, as pesquisas ambientais, gerando novas problemáticas, poderão contribuir para o desenvolvimento metodológico e teórico dessas disciplinas, e isto se torna sem dúvida a condição necessária para um envolvimento duradouro de seus pesquisadores.

3. Rumo a um enfoque teórico?

Sem manter a ambição, sem dúvida exagerada, de avançar no sentido de uma teoria “global” do meio ambiente, e visando confrontar a situação criada pela explosão do número de casos a serem estudados, torna-se necessário adotar como princípio norteador uma reflexão de natureza conceitual, uma *démarche* teórica que nos permita tomar a dialética “teoria-experiência” como um ponto de apoio. Que papel pode vir a desempenhar a elaboração de modelos num contexto interdisciplinar, com vistas à construção de uma estrutura teórica?

Apesar dos problemas que já destacamos, relativos aos diferentes estatutos do conceito de modelo nas várias disciplinas e também às práticas induzidas pelos mesmos, a modelização pode facilitar o diálogo interdisciplinar. Parece assim razoável pensar que por intermédio dela se pode esboçar uma abordagem teórica do meio ambiente. Por exemplo, podemos pensar em modelos globais que integrarem não só aqueles desenvolvidos na física e na química da atmosfera e dos oceanos, mas igualmente modelos da evolução de ecossistemas terrestres e aquáticos, além de modelos capazes de descrever o funcionamento das sociedades humanas¹⁰. Podemos observar, em escalas menores, que a construção de modelos julgados capazes de integrar os aspectos físicos e químicos do meio ambiente, bem como os componentes biológicos e humanos, já vem sendo praticada em certos laboratórios. Essas tentativas evidentemente devem ser encorajadas.

Por fim, devemos conservar na memória que um modelo não constitui uma teoria e que uma teoria não implica necessariamente uma modelização, pelo menos no sentido de uma modelização matemática. Vale a pena sublinhar ainda os riscos e as perversões possivelmente embutidas na metodologia de construção de modelos. Pode ser efetivamente perigoso refugiar-se no processo de construir e investigar modelos afastados do mundo real e problemáticos do ponto de vista de sua utilidade concreta. Temos visto por exemplo em ecologia, em economia e em vários outros domínios, certos desenvolvimentos orientados mais no sentido da resolução de problemas matemáticos do que da implementação de modelos. Quando se trata de bons matemáticos, de boas matemáticas, então a disciplina pode progredir, mas em inúmeros casos os trabalhos tornam-se inúteis quando avaliados de ambos os pontos de vista. Em termos mais gerais, constata-se

10. A idéia de “modelo comunitário” atualmente em debate na comunidade científica francesa, e voltada para o entendimento da evolução climática, aponta nesse sentido. Sobre este aspecto, pode-se consultar Cariolle (1991).

também uma tendência entre os pesquisadores de buscar refúgio na “técnica”, ao invés de enveredarem pela via da investigação de novas idéias, de teorias a serem defendidas, fortalecidas ou refutadas... Isso parece ser o caso em muitos domínios de conhecimento científico, corporificando um dos efeitos “perversos” de certas políticas de edição científica.

3.4. A instrumentação e os dispositivos experimentais

Observar, compreender, modelizar, ou mesmo controlar nosso meio ambiente exige um processo de coleta e organização de dados experimentais pertinentes e de qualidade. Grande parte dos progressos científicos foram assegurados mediante refinamentos tecnológicos que permitiram a efetivação de medidas mais precisas, a observação de novas variáveis ou mesmo o acesso a novas escalas. A obtenção dos dados exige por um lado progressos tecnológicos, visando especialmente a concepção de sensores (*capteurs*) e conjuntos integrados para a mensuração de variáveis ambientais; e por outro progressos metodológicos e tecnológicos visando as transformações, a organização e o tratamento desses dados.

Os dispositivos experimentais relacionados a áreas “representativas” de tipos de ambientes e de problemas ambientais devem ser definidos com extremo cuidado, cabendo dotá-los de equipamento adequado (bacias hidrográficas experimentais para a realização de estudos os mais diversos ligados a sistemas hídricos, estações de campo para o enfoque de sistemas ecológicos etc.). Criar e montar laboratórios constitui também uma tarefa essencial: fixos e pesadamente equipados, principalmente em centros de pesquisa; mais freqüentemente leves, e às vezes móveis, em regime de trabalho de campo (unidades instaladas em barcos, sobretudo para investigações oceanográficas).

Enfim, cabe assinalar que os argumentos acima dizem respeito essencialmente a dados quantitativos oriundos das ciências da natureza. Quais seriam os avanços tecnológicos que nos permitiriam aperfeiçoar os mecanismos de obtenção de dados qualitativos, por um lado, e daqueles (qualitativos e quantitativos) provenientes da pesquisa sócio-econômica?

3.5. A interdisciplinaridade

A pesquisa ambiental é por natureza interdisciplinar. Ela mobiliza, em diferentes graus de intensidade, todas as disciplinas. Essa interdisciplinaridade deve ser considerada de duas perspectivas:

- como participação de várias disciplinas num campo comum de pesquisa; e

- como trabalho de pesquisa realizado em comum por várias disciplinas.

A montante, e na maior parte das situações, o enunciado originário dos problemas ambientais interpela várias disciplinas, tanto mais que uma disciplina científica concentra-se sobre um nível de organização (o que seria particularmente verdadeiro no caso das disciplinas biológicas), enquanto os problemas desvelados pela crise ambiental dizem respeito a vários níveis. A jusante, as conclusões esperadas são de natureza sintética e devem combinar harmoniosamente os resultados obtidos no desenrolar da operação de pesquisa por equipas diversificadas, oriundas de diferentes disciplinas. Definir um campo de pesquisa comum de maneira suficientemente precisa para que cada disciplina consiga se situar relativamente às outras num empreendimento coletivo, visando obter respostas às mesmas questões, já é permitir o surgimento da interdisciplinaridade.

Isso não significa, de maneira alguma, que pesquisas monodisciplinares não possam ser efetuadas sobre temas relacionados aos problemas ambientais. Atualmente, inclusive, não podemos conduzir pesquisas de qualidade nesse domínio se não dispusermos de um apoio substancial da parte de disciplinas específicas. Este apoio pode se concretizar em dois níveis, relacionados:

- às técnicas e métodos experimentados, oriundos mais de um serviço do que de uma pesquisa científica; ou

- ao desenvolvimento de um autêntico trabalho de pesquisa na disciplina, fazendo-a avançar em sua dinâmica científica, e até mesmo rompendo com essa dinâmica e abrindo novos horizontes de ação. Nossa capacidade de mobilizar cada vez mais bons pesquisadores e equipas de alto nível depende disso.

Inversamente, as pesquisas sobre meio ambiente constituem o simples resultado de uma soma de pesquisas disciplinares? Em outras palavras, essas pesquisas são redutíveis à seqüência: problema ambiental, recorte disciplinar, pesquisas e resultados disciplinares, e em seguida junção dos resultados alcançados com vistas a uma síntese final? Sobre isso não dispomos de resposta conclusiva, na medida em que uma parcela significativa das pesquisas sobre o tema opera atualmente mais ou menos segundo esse esquema. Conhecemos seus limites e dificuldades, especialmente no que diz respeito à explicitação sintética dos resultados: oferecemos freqüentemente respostas a excelentes questões “disciplinares”, que aliás não são necessariamente as questões originárias (fenômenos ligados a divergências quanto

aos objetivos a serem alcançados), e onde a síntese acaba se apresentando como um tipo de “colagem” mais ou menos heteróclito.

Com base nessa constatação e visando aperfeiçoar o argumento, devemos nos questionar se o enfoque interdisciplinar pode se tornar viável na prática cotidiana. Essa prática implica o exercício de um recorte do objeto de pesquisa diferente do enfoque seqüencial descrito acima: a prática interdisciplinar nos conduz assim a um contato quase permanente entre pesquisadores vinculados a diferentes disciplinas especializadas. Vários exemplos mostram que essa prática parece viável, e isso constitui uma das principais conquistas obtidas nesses últimos anos. Entretanto, estamos convencidos de que ela é difícil, constrangedora, desconfortável, pois nos obriga a compreender, a avaliar, a criticar procedimentos diferentes daqueles empregados em nossa própria disciplina, e a reexaminar suas *démarches*. Na medida em que essa constatação pode ser considerada válida relativamente à experiência dos mais diversos grupos de pesquisa, o enfoque interdisciplinar de “campo” tende a se mostrar rico de ensinamentos para todas as partes envolvidas. Todavia, ela está ainda por ser construída. Como já assinalamos, a prática comum de modelização pode representar aqui um recurso importante, o modelo constituindo assim uma espécie de mediador tanto para o enfoque teórico quanto para a *démarche* interdisciplinar. Finalmente, se resgatarmos a necessidade de um enfoque teórico dos problemas ambientais, parece claro que o mesmo não poderá se concretizar sem o concurso de uma prática interdisciplinar intensiva.

IV. Que Implicações para as Disciplinas Especializadas?

Dito isso, como se interrelacionam as disciplinas especializadas, a interdisciplinaridade e o meio ambiente; quais são as áreas de conhecimento científico e as disciplinas envolvidas, e de que forma isso deveria ocorrer?

4.1. Disciplinas, interdisciplinaridade e meio ambiente

Como acabamos de ver, praticamente todas as disciplinas e especialidades são chamadas a oferecer sua contribuição para o avanço das pesquisas sobre meio ambiente; quanto maior o número de disciplinas e especialidades, tanto maior o número de tipos possíveis de contribuição. Os problemas ambientais podem incidir sobre as disciplinas seja através de uma cristalização

de orientações e temáticas de pesquisa já existentes, seja através da modificação das hierarquias dominantes envolvendo prioridades, seja finalmente através da constituição de novas especialidades.

O conjunto de impulsos oferecidos à pesquisa, bem como a avaliação de suas conseqüências concretas para os trabalhos em curso no âmbito das diferentes disciplinas, constitui o indício preliminar da existência de um campo específico de pesquisa sobre meio ambiente, na medida em que coloca em evidência questões e temas compartilhados de investigação.

Essa comunidade de problemas representa o que podemos denominar de estágio inicial da interdisciplinaridade, sob a condição de que ela (a comunidade de problemas) seja explicitada e conhecida por todos aqueles que deverão compartilhá-la em suas próprias operações de pesquisa. As pesquisas sobre meio ambiente podem também influenciar a dinâmica das várias disciplinas especializadas através da difusão de um questionamento específico, a ser efetivado com base nas questões norteadoras consensualmente assumidas, relativamente ao qual cada disciplina pode dispor — e efetivamente dispõe na maior parte dos casos — de uma abordagem específica. Passamos assim gradativamente ao segundo estágio da interdisciplinaridade, a saber, o trabalho em comum — e portanto a confrontação — entre as disciplinas, com tudo o que isso significa em termos de dificuldades, de busca de entendimento e do surgimento de eventuais problemas metodológicos.

Como assinalamos a propósito dos modelos, os instrumentos metodológicos suscetíveis de ajudarem na fixação de regras para esses confrontos interdisciplinares desempenham aqui um papel essencial. Os problemas ambientais podem ainda incidir sobre as disciplinas, para além das modulações ou das inovações temáticas que eles podem desencadear, submetendo suas *démarches* a procedimentos de pesquisa, a métodos de tratamento de dados e a *démarches* de modelização que se apresentam especialmente adaptados à análise desses problemas.

Concretamente, químicos, físicos, biólogos e engenheiros de todas as especialidades trabalham mais e mais em comum no contexto das pesquisas ambientais. Se continua sendo indispensável estimular os padrões de cooperação interdisciplinar já alcançados, o problema central atualmente consiste em se oportunizar a participação não só das ciências sociais, implicadas de maneira ainda muito precária no campo das pesquisas ambientais, mas também das ciências matemáticas, que têm muito a nos dizer. Quanto às ciências humanas (por exemplo, a psicologia), elas permanecem praticamente ausentes, fato que exige uma reflexão adicional.

4.2. Os setores e disciplinas implicadas

1. As ciências da vida: ecologia e biologia

Entre todas as disciplinas envolvidas, a ecologia desempenha um papel especial. Inicialmente por razões sociais: os grupos sociais que têm levantado os problemas ambientais da forma a mais voluntária são aqueles ligados aos “ecologistas políticos”, e freqüentemente isto vem ocorrendo em bases anedóticas, locais, emocionais, pouco científicas, mas todavia reais, concretas. Esses grupos exprimem assim uma compreensão intuitiva dos grandes riscos a que se submetem nossas sociedades, para não dizer a humanidade inteira, face à evolução do processo de degradação ambiental, em particular daquele relacionado aos seres vivos.

Essa apropriação social e política de uma disciplina científica não tem facilitado as coisas para esta disciplina. Uma outra dificuldade está relacionada ao próprio conteúdo e à prática concreta da ecologia. Com efeito:

- a ecologia considera por um lado as relações dos seres vivos entre si e, por outro, as relações desses mesmos seres vivos com o meio no qual eles evoluem; seus conceitos, como o de ecossistema, integram os meios físico e biológico e, mais e mais, a estrutura espacial (por exemplo através da noção de paisagem);
- para resolver seus próprios problemas, a ecologia não pode prescindir da contribuição extensiva de outras disciplinas; os ecólogos dispõem portanto de uma experiência efetiva de interdisciplinaridade;
- finalmente, não tem sido suficientemente reconhecido que a ecologia desfruta de um enfoque teórico sólido e de uma prática substancial da modelização. Sobre isso seria bom lembrar que a ecologia, através da genética (tanto a genética quantitativa quanto a de populações) constitui sem dúvida o ramo da biologia que mais intensamente tem exercitado uma *démarche* teórica, especialmente através da utilização intensiva de modelos matemáticos. Essa reflexão deve ser considerada *a priori* como indispensável, dadas as dificuldades que emergem na utilização dos enfoques experimentais, sobretudo em ecologia; trata-se aliás de uma excelente ilustração do interesse despertado pelo enfoque teórico e pela modelização “precoce”, mesmo se certos excessos puderem ser contestados.

De tal forma que a ecologia pode tender no sentido de se apropriar, mas agora enquanto disciplina científica, das pesquisas ambientais¹¹. Esta

11. Destacamos entretanto que, em certas obras recentes, os autores efetuam uma distinção entre ecologia e meio ambiente, pelo menos nos termos, senão nos fundamentos (por exemplo, Sharma, 1990).

disciplina encontra-se sem dúvida muito envolvida, tanto em função da natureza e da qualidade de suas *démarches* quanto de suas próprias investigações; ela corporifica todavia apenas uma maneira particular de focalizar o objeto “meio ambiente”, que pretendemos dotar de um estatuto científico.

As outras disciplinas das ciências da vida encontram-se também envolvidas.

Se a ecologia constitui a primeira disciplina implicada no desenvolvimento das pesquisas sobre meio ambiente, devemos reconhecer também a contribuição de outras: sistemática, fisiologia animal e vegetal, biologia evolutiva, biologia humana, microbiologia, biologia molecular etc. Um esforço importante, relacionado em primeiro lugar à problemática ambiental, merece ser concentrado na decodificação dos mecanismos fundamentais que governam:

- os fenômenos de organização biológica;
- a emergência de níveis de organização e de suas propriedades; e
- a definição das unidades funcionais, da gênese, da evolução e do papel desempenhado pela diversidade biológica. (Nesse contexto, vale a pena assinalar as reflexões atuais sobre o tema que conduziram o IUBS a propor um programa internacional sobre o tema da biodiversidade: “Dos genes aos ecossistemas, uma agenda de pesquisa para a biodiversidade”. (Solbrig, 1991.) O nível de conhecimentos e a qualidade das questões colocadas constituem uma excelente base para o esforço de reflexão. Um dos pontos fortes dessa obra está expresso no fato dela considerar todos os níveis de organização biológica onde se manifesta essa biodiversidade, e de não se restringir ao “nível” da espécie, como acontece freqüentemente.

Além disso, é muito importante considerar as relações organismo-meio ambiente, por exemplo:

- para tornar mais rigorosa a análise das contribuições dos seres vivos relativamente aos grandes ciclos bio-geo-químicos, e suas reações às modificações desses ciclos;
- para o estudo das relações saúde-meio ambiente;
- ou ainda para prever o comportamento de organismos recombinados, ou seja, geneticamente modificados, no meio ambiente.

As questões relativas à fotossíntese, e a seus mecanismos fundamentais, permanecem atuais, em particular para que possamos compreender melhor as reações dos organismos fotossintéticos face às modificações globais do meio ambiente.

Enfim, os problemas focalizados pela ecotoxicologia, e também pela toxicologia do meio ambiente, são encontrados em todos os níveis de organização, especialmente nos níveis celular e molecular (sobre este último ponto, parece importante desenvolver os aspectos genéticos dos poluentes: a “genotoxicologia”).

2. A química na encruzilhada

A química encontra-se no rol das disciplinas mais engajadas na confrontação dos problemas ambientais, e isso por três razões:

- a primeira, de origem social, situa a química em posição se não de acusada, pelo menos de suspeita, por considerá-la como estando na origem do fenômeno da poluição, configurando assim um amálgama curioso entre uma disciplina científica e sua utilização industrial, mesmo se o desenvolvimento de uma tenha sido fortemente condicionado pela outra;
- a segunda, de origem econômica, é defendida por representantes do setor produtivo: elaboração de produtos novos, pouco ou mesmo não poluentes, biodegradáveis..., estudo de problemas relativos à despoluição de ambientes industriais e naturais;
- a terceira é de origem científica; há bastante tempo a química sintética vem sendo mais desenvolvida que a analítica. Já estamos familiarizados com sua impressionante performance. Trata-se de uma química de ambientes simplificados (o número de reações e de componentes é limitado e os parâmetros físicos são controlados), muito direcionada para o campo dos procedimentos industriais. Atualmente, a química analítica corre o risco de experimentar novos desenvolvimentos, tão interessantes e importantes quanto esses: química dos compostos *en trace*, química dos sistemas de reação complexos, de fase sólida, líquida, gasosa, de interfaces, dinâmica desses sistemas complexos..., problemas adicionais para uma nova química dos “ambientes naturais” que deverá certamente influenciar a química sintética.

Em resumo, a química constitui uma das áreas que tendem a evoluir rapidamente sob o impacto dos problemas ambientais, e nela as problemáticas científicas certamente deverão experimentar reorientações substanciais.

3. As ciências da engenharia: lições, instrumentos e exigências

Estas ciências já contribuem bastante para a busca de solução dos problemas ambientais (aplicações da hidrodinâmica, da acústica, da aerodi-

nâmica...). Elas oferecem subsídios os mais diversos com vistas à elaboração do “instrumento universal” fundado na trilogia “modelo, análise, controle” (Lions, 1990). Os aspectos tecnológicos, especialmente ligados ao campo da engenharia de processos, situam-nas numa posição de vanguarda relativamente a inúmeros problemas industriais e ambientais (novos procedimentos vinculados à geração de tecnologias “limpas”, ao tratamento de dejetos, à restauração de áreas degradadas, à luta contra o ruído). Dois domínios ainda pouco engajados, a informática e a automação industrial, deverão integrar-se rapidamente ao rol dos setores implicados no tratamento dos problemas ambientais:

- a informática, como assinalamos, tendo em vista a síntese de novos instrumentos de gestão de dados relativos ao meio ambiente, bem como o desenvolvimento de novas possibilidades de modelização e de simulação (incluindo-se aqui novos formalismos e recursos analíticos, a exemplo daqueles ligados à inteligência artificial, além da análise e síntese de imagens);

- a automação, com vistas à sua aplicação ao domínio dos procedimentos relacionados ao meio ambiente, especialmente aqueles com forte componente biológico e, também com vistas à extensão de seu conhecimento acumulado e de suas teorias aos sistemas não tecnológicos, em particular aos sistemas naturais, sem falarmos de sua contribuição, já assinalada, para a análise e para o desenvolvimento da teoria dos sistemas.

Em conclusão, as ciências da engenharia já vêm atuando substancialmente na confrontação dos problemas ambientais; podemos não só prever, mas sobretudo antecipar e solicitar um envolvimento cada vez mais importante da informática e da automação nesse sentido.

4. As ciências do universo: necessárias mas não suficientes

As ciências do universo encontram-se “naturalmente” implicadas no domínio dos problemas ambientais. Seu estatuto, aliás, converge com o da ecologia: ambas correm o risco de reduzir os problemas ambientais a suas problemáticas de pesquisa. As ciências da astronomia podem ser consideradas, sem dúvida, como apresentando o mais reduzido grau de envolvimento com a questão ambiental, pelo menos no sentido que esta última assume neste trabalho (salvo, contudo, no caso da avaliação de certos fenômenos como os efeitos da atividade solar sobre nosso meio ambiente, ou no caso da investigação de outros ambientes planetários de nosso sistema solar, permitindo a realização de análises comparativas). Em

compensação, as outras disciplinas associadas às ciências do universo (geociências, ciências do solo e da atmosfera, oceanografia...) encontram-se muito envolvidas no estudo:

- do meio físico do nosso planeta (geosfera, hidrosfera e atmosfera), de sua evolução e das conseqüências desta evolução. Parece claro, por exemplo, que as ciências da atmosfera estão diretamente envolvidas no estudo do clima no nível global e de sua variabilidade espaço-temporal, isto é, numa das principais temáticas relativas às “mudanças ambientais globais”; isso é verdadeiro também para o caso da oceanografia física. Da mesma forma, os especialistas em hidrologia e geologia tornam-se essenciais, por exemplo, à investigação, muito atual, dos hidrossistemas continentais e, mais geralmente, àquela ligada ao “vetor água”. O estudo dos solos, essencial para a compreensão de inúmeros aspectos do funcionamento da biosfera, decorre também das ciências do universo, pelo menos no que diz respeito à dimensão físico-química;

- de certos aspectos biológicos, em particular no contexto do ambiente marinho, ou seja, onde a dinâmica própria do meio físico é fundamental; com efeito, a maior parte da biologia marinha tem sido agregada às ciências do universo;

- do passado (paleontologia, paleoclimatologia, estudo de “paleoambientes”...), estudo ligado historicamente a geociências, sem falarmos dos resultados impressionantes obtidos recentemente pelos especialistas em glaciologia.

As pesquisas que vêm sendo empreendidas contribuem decisivamente não só para o conhecimento do nosso ambiente passado e presente, mas alimentam também desenvolvimentos metodológicos e instrumentais importantes e úteis a outras disciplinas. Não podemos negar, por exemplo, o esforço levado a cabo no domínio do sensoriamento remoto (*télé-détection*) espacial e aéreo, ou ainda da modelização de numerosos fenômenos.

Deveríamos ressaltar igualmente a profunda integração das contribuições e das competências instaladas no âmbito das diversas disciplinas no desenvolvimento da investigação sobre meio ambiente, tendência que podemos qualificar de interdisciplinaridade “local”.

Por essas razões, suas contribuições ao conhecimento do meio ambiente tornam-se essenciais, incontornáveis. Todavia, como no caso da ecologia, pode emergir aqui a tentação, perfeitamente compreensível, no sentido de uma apropriação das pesquisas ambientais, tanto mais que as equipes francesas podem ser consideradas excelentes em vários dos domínios que

foram mencionados, mas a qualidade das pesquisas não se restringe unicamente a esse setor científico.

5. As ciências humanas e sociais: o cerne do debate

Como vimos, a dimensão humana ocupa uma posição central, na medida em que a noção de meio ambiente sobre a qual trabalhamos é considerada relativa ao homem e às sociedades humanas. Torna-se portanto claro que as ciências humanas e sociais estão diretamente imbricadas nessa problemática. Elas tornaram-se sensíveis à questão do meio ambiente mais tardiamente que as geociências ou que as ciências da vida, pelo menos se nos referirmos ao “meio ambiente natural”; nesse sentido, elas têm sido envolvidas de forma ainda bastante desigual e insuficiente. No que diz respeito ao “meio ambiente construído”, pelo contrário, a implicação das ciências humanas e sociais é anterior à das ciências naturais (a propósito dos assentamentos humanos). Um grande número de disciplinas pode ser arrolado.

- As primeiras a serem interpeladas foram, na seqüência, a economia, o direito e a sociologia. Elas constituem as três disciplinas que concentram o maior número de pesquisas e que fizeram avançar mais intensamente a problematização, no contexto de suas próprias “*démarches*”, das questões suscitadas pela referência ao meio ambiente. Não obstante, a abertura em direção à ciência política acabou se processando rapidamente.

- A geografia e a história começam a se envolver de maneira mais ativa. Elas terão um papel central a desempenhar, a primeira pelo fato de que a questão ambiental reencontra nela seu “paradigma” fundacional, e a segunda pelo fato de que a história econômica e social e, de maneira geral, o tempo (em síntese, após a última glaciação, isto é, depois que o homem consegue marcar com sua presença a evolução da ecosfera) contribuem de forma essencial para o desenrolar dos processos que configuram o pano de fundo dos problemas ambientais. A arqueologia, a paleontologia, a pré-história e a antropologia histórica já se engajaram profundamente nas pesquisas sobre os “paleoambientes”.

- A filosofia ingressou recentemente, mas de forma intensa e muito eficaz, nesse domínio. Entretanto, o campo de ação a ser coberto é vasto e a epistemologia, principalmente, que deveria assumir um papel importante, tendo em vista a emergência dos problemas metodológicos desvelados pelas pesquisas ambientais (em particular sua dimensão interdisciplinar) permanece ainda fora do jogo. A história das ciências e das técnicas configura nesse sentido um elo de ligação essencial a ser desenvolvido.

- A antropologia oferece uma base de conhecimentos de extrema riqueza com vistas à compreensão das relações natureza-cultura. Essa base permanece até o momento inexplorada da perspectiva da questão ambiental.

- A psicologia social já proporciona uma contribuição não negligenciável para a análise de representações do meio ambiente. Trata-se de um campo dotado de considerável potencial de desenvolvimento. O lugar reservado à psicologia em sentido estrito parece ser mais problemático e deveria ser melhor definido.

- Finalmente, a demografia não pode continuar sendo a grande ausente que é atualmente. As relações entre a evolução das populações humanas e os problemas ambientais são diretas, e isso é válido para todos os níveis.

O importante é compreender fundamentalmente de que maneira o homem considera seu meio ambiente, em função de sua história, de sua cultura; de que maneira ele reage ao mesmo e é compelido a explorá-lo, a perturbá-lo gravemente ou, ao contrário, a protegê-lo, a empenhar-se em sua gestão; quais são as ações reguladoras que exerce ou pode vir a exercer. Tudo isso deve ser examinado em função de tensões sociais, da evolução das sociedades humanas, mas também em função da própria evolução do meio ambiente, devida especialmente à degradação dos meios natural e construído, às modificações climáticas e a suas conseqüências¹².

6. Matemáticas e física de base: novas idéias e métodos

As matemáticas estão ainda aparentemente pouco interessadas nas questões ambientais. De forma indireta, constata-se porém a existência de estudos de objetos matemáticos decorrentes de certas disciplinas implicadas na investigação de problemas ambientais (por exemplo, na fase de análise matemática e numérica de modelos). Apesar disso, certas questões originais podem ser confrontadas, relativamente:

- à emergência de propriedades especiais em sistemas organizados (modelização e análise de processos de organização);

- ao tratamento de problemas de escala, espaciais e temporais, em particular do comportamento qualitativo de sistemas caracterizados por constantes de tempo bastante diferenciadas, ou ligados ao surgimento de estruturas espaciais em diferentes escalas;

12. Para um contato com desenvolvimentos mais amplos sobre as implicações das ciências humanas e sociais, consultar Jøllivet (1991).

- à análise de objetos matemáticos caracterizados por formas complexas de comportamento permitindo, por exemplo, representar sistemas de alta complexidade “lógica” (no sentido de C. Bennett);

- ao tratamento da incerteza, por exemplo ligada ao estudo teórico dos processos de tomada de decisão face a um futuro incerto;

- à definição de indicadores capazes de sinalizar a ocorrência de mudanças bruscas de estado (comportamento de trajetórias de um sistema dinâmico nas vizinhanças de um ponto característico, em presença de ruído);

- e, finalmente, a propriedades de sistemas dinâmicos.

Esses temas estão sendo oferecidos aqui apenas a título de exemplo; sem dúvida não seria difícil completar a lista, tornando-a mais precisa e mais atrativa para a comunidade dos matemáticos.

Esta apresentação delimita o leque de disciplinas atualmente, ou potencialmente associadas à pesquisa ambiental: quase todos os setores de conhecimento estão aqui representados. Isto exprime tanto as dificuldades quanto a riqueza que caracteriza essa problemática. Não constitui surpresa, portanto, que através da questão ambiental esteja configurado, da maneira a mais crucial possível, o desafio envolvido no processo de construção interdisciplinar.

V. Que estratégias de pesquisa?

O campo a ser coberto é vasto e as forças limitadas; torna-se necessário optar. Nesse contexto, os pontos que surgem como carentes de discussão são os seguintes:

- A participação nos grandes programas internacionais: sob que condições?

- As prioridades nacionais: prioridades políticas e opções científicas.

- A dinâmica interna do campo de pesquisa: prioridades para o conhecimento.

- O emprego adequado do potencial científico nacional e sua valorização.

5.1. A participação nos grandes programas internacionais: sob que condições?

Dois argumentos militam a favor de uma participação intensa nos programas internacionais de grande envergadura:

- a dimensão planetária dos problemas ambientais; e

- a necessidade de manter a comunidade científica francesa equiparada ao nível de excelência fixado internacionalmente, afirmando a originalidade de sua *démarche* e a qualidade de seus resultados.

O primeiro desses argumentos merece, como vimos, uma reflexão especial. Podemos nos interrogar sobre a pertinência científica da excessiva exclusividade concedida a uma *démarche* descendente, que parte do nível planetário, privilegiando-o no sentido de tornar os demais níveis subordinados a ele. Encontramos aqui pontos de vista que exigem, no mínimo, uma discussão de fundo. Esse debate centra-se, pelo menos, em dois blocos de questões:

- Como vem sendo concebida a ecossfera no âmbito dos grandes programas internacionais? Que níveis de análise e que articulações entre esses níveis estão sendo considerados? Como são concebidas as relações entre a ecossfera e as sociedades humanas? No final das contas, que concepção do meio ambiente encontra-se na raiz dessa *démarche*? E como podemos compreender as razões disso?

- Quais são as vantagens e os limites de uma *démarche* desse tipo? Que *démarches* complementares, para não dizer contraditórias, podem ser eventualmente considerados? Com base em que tipo de argumentação?

Quanto ao segundo argumento, ele conserva sua consistência apenas se o primeiro mostrar-se bem fundamentado. Em compensação, alcançar um padrão de excelência no nível internacional pode se tornar mais facilmente realizável se propusermos um procedimento alternativo ao padrão dominante, em vez de nos conformarmos passivamente a ela. Para tanto, evidentemente, devemos estar em condições de apontar seus limites e oferecer uma estratégia original.

5.2. As políticas nacionais: prioridades políticas e opções científicas

Levar em conta prioridades nacionais, seja porque tal ou qual problema ambiental foi julgado mais importante que um outro no país, seja porque a França deve, devido aos problemas de meio ambiente, ou devido a qualquer outro tipo de problema, honrar ou preservar suas relações com outros países, pode conduzir a opções oportunistas, e portanto julgadas de importância secundária. Se bem que possamos levar em conta essas prioridades, isto não deve de forma alguma condicionar ideologicamente as opções fundamentais que presidem à própria dinâmica do trabalho científico.

5.3. A dinâmica interna do campo de pesquisa: prioridades para o conhecimento

O campo de pesquisa delimitado em seus aspectos monodisciplinares ou interdisciplinares deve adquirir uma dinâmica própria. Esta seria configurada pela investigação dos mecanismos fundamentais que presidem à evolução do meio ambiente e que devem ser tomados como fundamento da definição de ações reguladoras, capazes de permitir o controle dessa evolução. A aceitação desse pressuposto implica manter a ênfase:

- na descoberta e na compreensão das transformações ambientais ligadas às atividades humanas;
- no esforço de evidenciar os perigos de natureza global e local relacionados às sociedades e aos indivíduos, ou seja, na busca de compreensão efetiva das relações existentes entre meio ambiente e saúde; e finalmente
- na pesquisa e na geração de soluções alternativas, de natureza tecnológica, sócio-econômica e política.

Uma reavaliação constante de objetivos e de problemáticas deve acompanhar todo o desenrolar do processo, como tentamos demonstrar ao longo deste texto.

5.4. O emprego adequado do potencial científico nacional e sua valorização

Evidentemente, este problema deve ser trabalhado em íntima relação com o precedente. Dessa perspectiva, torna-se importante indagar quais são as competências e as sensibilidades próprias das comunidades científicas francesas a serem mobilizadas no domínio das pesquisas ambientais. Cabe resgatar da melhor maneira possível suas trajetórias históricas e os aportes das culturas científicas geradas em seu interior, ou mesmo no interior de outras culturas — muito ligadas àquelas vigentes no próprio país — iluminando assim aquilo que as torna capazes de oferecer uma contribuição original às diferentes maneiras de colocar a “questão ambiental” atualmente e, portanto, à confrontação dos desafios ligados à construção de um novo campo de pesquisas.

Em conclusão, torna-se claro que as pesquisas sobre meio ambiente devem decorrer de uma visão sintética, evitando assim um acúmulo de fatos desvinculados de um esforço de apreensão global. Apenas através desse filtro podemos, ou mesmo devemos, optar por uma estratégia

determinada de programação científica, em função dos objetivos e das competências capazes de ser mobilizadas.

VI. Que Ações, para Alcançar quais Objetivos?

No contexto assim definido, qual seria a política científica, e quais deveriam ser as linhas diretrizes para a sua concretização, visando alcançar uma programação científica das pesquisas sobre meio ambiente?

6.1. Os objetivos das ações a serem empreendidas

Além de tomar decisões relativas a uma programação científica no domínio das pesquisas nessa área e de contribuir financeiramente para sua implementação, o Programa de Meio Ambiente deve atentar para que:

- um processo cumulativo de problematização científica seja assegurado através de um esforço de explicitação e avaliação recorrentes do ponto de vista fundador deste novo campo, e isso de forma a permitir que o processo de integração deste último possa se efetivar de maneira controlada;
- a confrontação entre disciplinas e métodos possa se desenvolver; um esforço especial nesse sentido deveria ser realizado com vistas ao teste e à validação dos métodos considerados os mais férteis para se tratar os problemas ambientais considerados em toda a sua especificidade;
- as ações estejam ajustadas à conjuntura, à estratégia e aos recursos disponíveis. Em particular, vale a pena destacar que uma visão de conjunto do campo de pesquisa e do estágio de evolução das pesquisas deveria ser atualizada regularmente, servindo de ponto de referência constante para o esforço de programação científica e para todas as ações em processo de implementação, e que respostas bem informadas deveriam ser oferecidas às questões relativas ao posicionamento comparativo das pesquisas francesas no cenário internacional.

6.2. Modalidades de ação

Entre as modalidades possíveis de intervenção, consideradas capazes de, ao mesmo tempo, respeitar a dinâmica do processo de geração do conhecimento científico e assumir uma diretriz de problematização crescente, destacamos de forma cursiva:

- Inicialmente, como já indicamos, a necessidade de nos basearmos num esforço de programação estruturada e constantemente reatualizada; foi ela que motivou a redação do “Texto de orientação e de programação científicas” divulgado pelo Programa de Meio Ambiente. Convém lembrar que esta contribuição propõe uma abordagem orientada principalmente no sentido do conhecimento de grandes conjuntos de processos básicos, colocando em primeiro plano uma abordagem transversal de natureza metodológica e teórica. As questões que evocamos nos itens anteriores estão evidentemente cruzadas com aquelas que foram destacadas no TOPC. A vocação desse texto consiste, portanto, no fato de ele se tornar passível de revisão e atualização periódicas.

- Em seguida, a necessidade de se efetivar ações programáticas de cunho estimulador, como parte de uma fase exploratória anterior à estruturação do esforço de pesquisa, principalmente sob a forma de editais (*appels d’offres*).

- Além disso, acreditamos que é importante apoiar ações de animação e de reflexão sobre o novo campo de pesquisa; além dos ganhos a serem obtidos com a difusão de informação científica, elas servem tanto como fundamento de uma reatualização do campo de pesquisa ligado à própria atividade de programação científica, quanto como mecanismo de fomento da expansão da prática interdisciplinar.

- Finalmente, parece sensato admitir a necessidade de estruturação do esforço de pesquisa, por meio de iniciativas que sejam capazes de cristalizar as diferentes operações. Destacamos principalmente: a) a definição de pólos de pesquisa (*pôles de recherche*); b) o lançamento de grupos de pesquisa; c) a questão (aberta) da criação de autênticos laboratórios interdisciplinares de pesquisa sobre meio ambiente; e finalmente — e sobretudo — d) a integração das pesquisas por meio de uma atividade inter-institucional e internacional.

6.3. As questões de formação

O desenvolvimento da pesquisa ambiental não poderá se efetivar sem a formação de jovens pesquisadores. A geração efetiva de conhecimentos e desenvolvimentos tecnológicos exige ainda a presença de “especialistas”, a saber, de engenheiros e técnicos na área em pauta. Parece necessário propor também a preparação de docentes ou a realização de atividades de sensibilização aos problemas ambientais. De que maneira promover ações de formação visando responder a esses objetivos? Não temos a pretensão

de oferecer uma resposta imediatamente, pois trata-se de uma questão que merece uma reflexão de fundo, especialmente apoiada sobre o que já existe, seja no próprio domínio do meio ambiente, seja em domínios análogos, a exemplo da saúde. Não obstante, algumas reflexões preliminares e algumas pistas de pesquisa são oferecidas a seguir.

Devemos inicialmente buscar a formação de um consenso no que diz respeito ao seguinte princípio: o campo em análise é vasto, e o perigo mais sério consiste em se diluir um tal processo de formação numa generalidade excessiva, isto é, em se fabricar generalistas carentes de autêntica competência profissional.

Podemos portanto propor que a formação inicial se apoie num conteúdo disciplinar consistente, vale dizer, que sejam inicialmente formados bons matemáticos, físicos, químicos, geólogos, pedólogos, biólogos, ecólogos, sociólogos, economistas e assim por diante, antes de os confrontarmos com os problemas ambientais. A especialização em matéria de meio ambiente ocorreria assim no final do percurso, especialmente no caso dos engenheiros e técnicos. A exposição pedagógica “ortogonal” à precedente seria portanto centrada não mais na disciplina, mas no objeto “meio ambiente”. Tratar-se-ia, com base em questões já identificadas, de precisar a contribuição *pointue* de cada especialidade para sua resolução, bem como de apresentar a visão de algumas outras disciplinas sobre esse objeto “meio ambiente” e suas contribuições respectivas à busca de respostas às questões norteadoras.

Podemos imaginar também que durante a fase “clássica” de um processo de formação acadêmica, centrada no domínio de uma disciplina e independentemente das finalidades desse processo, a visão dessa disciplina sobre os problemas ambientais se torne visível. Por exemplo, isso significaria, para os químicos, acentuar o confronto do problema relativo à química de compostos *en traces* sobre as reações na fase heterogênea, sobre a química da atmosfera, sobre a concepção de procedimentos “limpos” etc.; para um biólogo, por sua vez, falar de ecologia, de ecotoxicologia, de diversidade biológica... não seria algo fora de propósito.

Isso posto, parece não obstante desejável, como foi assinalado anteriormente, propor atividades de formação para jovens, com perfil sintético, objetivando sobretudo sensibilizá-los relativamente à especificidade dos problemas ambientais. Para tanto, o enfoque centrado no nível global, desde que nos preocupemos em caracterizá-lo como não sendo o único possível, pode responder sem dúvida a uma demanda desse tipo. Numa escala local, o estudo de casos concretos, imediatamente compreensíveis, pode servir de base ou ponto de partida para uma exposição de cunho mais geral.

Para os programas de formação no nível doutoral, o mesmo esquema pode ser aplicado. Parece-nos que uma formação nesse nível deveria estar embasada numa disciplina, especificando-se nesse caso a visão dessa disciplina sobre o objeto de estudo, a saber, o meio ambiente. Parece-nos assim preferível contemplar o surgimento de programas de formação do tipo “química para o meio ambiente”, “sociologia do meio ambiente”, ou “direito ambiental”, em vez de outros cujo perfil estaria expresso apenas através de uma especificação do termo “meio ambiente”.

Finalmente, o que já foi dito com relação à atividade de pesquisa no nível metodológico deve ser considerado nas ações de formação: introduzir ou desenvolver especialmente o ensino no campo da análise de sistemas e da modelização. Aliás, parece-nos também desejável impulsionar desde cedo os jovens pesquisadores no sentido da prática interdisciplinar (se bem que essa prática não esteja ainda de maneira alguma estruturada, deve-se reconhecer que avanços importantes têm sido alcançados em programas de formação de engenheiros, em contraste com as formações acadêmicas universitárias), especialmente aquela que consiste em aprender a falar claramente de sua própria disciplina e a ler adequadamente os resultados das demais disciplinas.

Essas observações esparsas foram feitas apenas visando abrir o debate, que deve situar-se, do nosso ponto de vista, no nível nacional, e isto tanto mais que as iniciativas locais se multiplicam sem que se estabeleça uma coordenação das diversas ações, ou pelo menos sem que se forme uma concepção clara sobre objetivos a serem alcançados e os meios correspondentes. Por exemplo, se podemos criticar certas fraquezas quanto ao volume de alocações de recursos financeiros para as pesquisas, que se encontra dramaticamente reduzido para o caso das temáticas que interessam ao campo ambiental, ao mesmo tempo — e inversamente — nem sempre se torna fácil encontrar pontos de referência no interior da nebulosa “ambientalista” e, por implicação, promover uma política de formação científica séria e ambiciosa.

Em termos de conclusão

O papel que pode vir a desempenhar um programa de pesquisa como o Programa de Meio Ambiente consiste, por um lado, em assegurar os recursos intelectuais, avaliar as necessidades e distribuir os recursos materiais capazes de viabilizar a estruturação do esforço de pesquisa sobre meio ambiente na França: estruturação geográfica (os pólos de pesquisa), institucional e, sobretudo, temática (os grupos de pesquisa), bem como em participar do esforço de reflexão em curso sobre os processos de formação

e recrutamento de jovens pesquisadores. Ele terá alcançado seus objetivos no dia em que puder desaparecer. Finalmente, e porque sua temática se presta a isso e consegue mesmo impor sua hegemonia, ele pode (ou deve?) também contribuir para fazer avançar a prática interdisciplinar, ou mesmo para configurar com clareza as principais diretrizes metodológicas desta prática. O Programa assume portanto uma responsabilidade dupla, ao mesmo tempo relativa ao objeto mesmo de sua pesquisa, o meio ambiente, e ao enfoque científico desse objeto, a interdisciplinaridade.

Referências bibliográficas

- Man's Impacts on the Global Environment: assessment and recommendation.* Cambridge Mass.: MIT, 1970.
- MEADOWS, D. et al. (1972). *The Limits to Growth.* Halte à la croissance. Paris, Fayard.
- OBRA COLETIVA (1972). *Développement et environnement.* La Haye, Paris: Mouton.
- UNESCO (1970). *Utilisation et conservation de la biosphère.* Paris: UNESCO.
- ANTOINE, S. & BATISSE, M. (eds.) (1980). *Environnement: problèmes, recherche, politiques.* Encyclopaedia Universalis, 17 (Organum), p.313-9.
- WCED (1987). *Our common future.* Oxford: Oxford University Press.
- GOLDSMITH, E. & HILDYARD, N. (eds.) (1990). *Rapport sur la planète Terre.* Paris: Stock.
- AUBRY, M. (ed.) (1983). *Images de l'Environnement. Le Courrier du CNRS.*
- MASSOUD, Z. & BARBAULT R. (ed.) (1989). *Recherches sur l'Environnement. Le Courrier du CNRS, Dossiers scientifiques.*
- TOAE/INSU (ed.) (1990). *La Terre, de l'observation à la modélisation. Le Courrier du CNRS, Dossiers scientifiques.*
- THEYS, J. (ed.) (1991). *Environnement et gestion de la planète. Cahiers français.* Paris: La Documentation Française, 250.
- L'effet de serre et ses conséquences climatiques.* Evaluation scientifique. Relatório à Académie des Sciences, 1990.
- SAGAN, C. & TURCO, R. (1990). *L'Hiver nucléaire.* Paris: Seuil.
- OBRA COLETIVA (1973). *La pollution de l'air en France.* Paris: La Documentation Française.
- SOLBRIG, O. T. & Nicolis, G. (eds.) (1991). *Perspectives on biological complexity.* Paris: IUBS. Monographs series, n. 6.

- DELAHAYE, P. (1991). Complexités, la profondeur logique selon C. Bennett. *Pour la Science*, 166, p.102-4.
- POLUNIN, N. & GRINEVALD, J. (1988). Vernadsky and Biosphere Ecology. *Environmental Conservation*, 15, 2, p. 117-22.
- SOLBRIG, O.T. (ed.) (1991). *From genes to ecosystems: a research agenda for biodiversity*. Cambridge Mass.: IUBS.
- LUHR, J.F. (1991). Mount Pinatubo, volcanic shade causes cooling. *Nature*, 354, p.104-5.
- GRUBB, M.J., VICTOR, D.G. and HOPE, C.W. (1991) Pragmatics in the greenhouse. *Nature*, 354, p.348-350.
- JACOB, F. (1970). *La logique du vivant*. Paris: Gallimard.
- BARBAULT, R. (1990). *Ecologie générale*. Paris: Masson.
- KAUFFMAN, S. (1991). Antichaos et adaptation. *Pour la Science*, 168, p.66-72.
- MINSKY, M. (1988). *La Société de l'esprit*. Paris: InterEditions.
- MOULOUD, N. (1980). Les modèles. *Encyclopaedia Universalis*, Corpus 15, p.529-48.
- LEGAY, J.M. (1973). La méthode des modèles, état actuel de la méthode expérimentale. *Informatique et Biosphère*. Paris.
- J.L. LIONS (1990). *El Planeta Tierra, el papel de las matemáticas y de los super ordenadores*. Madrid: Instituto de España.
- ASHDOWN M. & SCHALLER, J. (1990). Geographic Information Systems and their applications in MAB-Projects. UNESCO — Man and Biosphere Program. Bonn: German National Committee.
- COULSON, R. N. POLSE, L.J. LOH, D.R. (1987). Artificial Intelligence and Natural Resource Management. *Science*, 237, p.262-7.
- MATARASSO, P. (org.) (1991). Représentation, modélisation, développement. *Actes de l'atelier "Recherche opérationnelle et Développement, 1990"*. Paris: Centre d'Echotechnique du CNRS.
- CARIOLLE, D. (1991). L'évolution du climat et de l'environnement global: le modèle communautaire français. Météo France, les Universités et le CNRS. Relatório, fév. Mimeo.
- SHARMA, P.D. (1990). *Ecology and Environment*. Meerut (India): Rastogi Publ.
- JOLLIVET, M. (1991). La prise en compte de la société dans les recherches sur l'environnement. Lettre du Programme Interdisciplinaire de Recherche sur l'Environnement, 4, p.13-6. Mimeo.
- ROQUÉPLO, P. (1983). *Penser la technique; pour une démocratie concrète*. Paris: Seuil.
- _____ (1988). *Pluies acides: menaces pour l'Europe*. Paris: Economica.
- _____ (1993). *Climats sous surveillance*. Paris: Economica.