

DE L'ECOSYSTEME AU DEVELOPPEMENT DURABLE ESSAI D'ECOSYSTÉMATIQUE APPLICABLE À L'AMÉNAGEMENT

Par M. Paul REY Professeur honoraire à l'Université Paul Sabatier

INTRODUCTION

Un peu plus d'un demi siècle sépare l'émergence des deux concepts qui ont transformé une aimable description des rapports entre la Vie et le Milieu, - **l'Ecologie**, *science de l'Habitat (HAECKEL 1866)* -, en un puissant phénomène de société :

-« **Ecosystème** » : Unité fondamentale d'étude de la biosphère, associant une communauté d'êtres vivants (*biocoenose*) au milieu physique qu'elle exploite (*biotope*) – (TANSLEY 1935) ;

-« **Développement durable** » : Répondre aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs (ONU 1987, RIO 1992).

Entre ces deux dates, alors que se multipliaient les signes d'une exploitation inconsidérée des ressources de la planète, - y compris celles, dites *renouvelables*, dont on s'apercevait qu'elles pourraient ne plus l'être -, et que surgissait partout le spectre de la pollution et des dérèglements organiques, on vit poindre un nouveau mot, dont le succès se généralisera très vite : « l'**Environnement** » (*Ambiante, Umwelt, Environment,...*). Avatar moderne de l'antique « *écoumène* » hellénique, ce nouveau concept, oublié des dictionnaires français depuis près d'un siècle, mettait brusquement en lumière la nécessaire collusion entre un cadre *géographique*, son illustration *écologique* (climat et terrain), et les *êtres vivants, homme compris*, qui l'occupent, l'exploitent et le modifient. En dépit du flottement qui s'attacha d'abord à l'exploitation du terme, - comme en témoigne la définition qu'en donna le Conseil international de la langue française : « *Ensemble, à un moment donné, des aspects physiques, chimiques, biologiques, et des facteurs sociaux, susceptibles d'avoir un effet, direct ou indirect, immédiat ou à terme, sur les êtres vivants et les activités humaines* » -, c'était la porte grande ouverte à la promotion des écosystèmes.

Tout étant ainsi dans tout, il n'en fallait pas moins pour que, dans toutes les couches de la société, la sensibilité à l'Ecologie se déploie avec une ardeur galopante, sans même que beaucoup de ses modernes adeptes aient une perception convenable du vocabulaire et des acquis qui en

assurent les fondements. Il n'est donc pas inutile, à défaut de la recherche d'un langage commun à toutes disciplines concourant à ce *mieux-disant écologique*, de préciser la part de connaissance et de méthodologie que naturalistes et biogéographes ont apportée au cours du XX^e siècle, notamment sous forme cartographique, avant que télédétection et informatique ne permettent d'en exploiter les résultats avec une efficacité nouvelle.

C'est sous cet angle qu'il convient d'aborder l'examen des vingt planches qui font l'objet de cet ouvrage. Sous un commentaire volontairement succinct, qui n'a d'autre ambition que de rappeler la liste des compartiments de recherche qu'elles évoquent, sans pouvoir en approfondir le bien-fondé, elles illustrent :

- 1. la dynamique relative des principaux écosystèmes présents sur un territoire ;
- 2. les moyens conceptuels et techniques propres à en apprécier l'évolution ;
- 3. la « trace » des modèles que l'impact de l'homme impose à l'environnement ;
- 4. les perspectives d'intervention dans l'exploitation et la gestion de la ressource naturelle, sous le contrôle de la recherche durable d'un développement équilibré.

Chacune de ces planches voudrait faire état, sous une forme simple, de l'avancement des connaissances vis-à-vis des faits évoqués, dans un niveau de perception sensible à tout lecteur averti, conscient de la nécessaire appropriation collective des disciplines concernées. Le but recherché est de rendre familière au plus grand nombre la réalité des acquis et ambitions de chaque spécialité concourant à la cohésion de l'ensemble, pour une meilleure maîtrise d'un domaine qui relève désormais de la conscience universelle.

*

* *

La bibliographie, qu'il faudrait consacrer à l'ensemble des matières écologiques traitées ici, atteindrait des dimensions incompatibles avec le format de cette publication. Elle sera donc symboliquement limitée à trois rapports :

Ecologie : les défis d'une science en temps de crise. *Rapp. officiel au Ministère de l'Industrie et de la Recherche, 116p. 1983 ;*

Biodiversité et Environnement. *Rapport n°33 de l'Académie des Sciences, 90 p. 1995 ;*

Vers une Géographie du Développement durable. *Rapport du Comité National Français de Géographie, 260 p. 2004 ;* ainsi qu'à l'évocation des principaux auteurs d'ouvrages ayant marqué l'évolution de la pensée écologique et biogéographique et de son ouverture vers des domaines concrets :

AZZI, BOURNERIAS, CARLES, CARSON, Di CASTRI, CLARKE, CLEMENTS, DAJOZ, DANSEREAU, DORST, DOXIAKIS, DUCHAUFOUR, DUVIGNEAUD, ELHEI, ELLENBERG, GAUSSEN, GUINOCHET, HEIM, JOVET, LEMEE, LIETH, LONG, ODUM OZENDA, OSBORN, PELT, RAMADE, ROUGERIE, SAFFACHE, SORRE, SUKATCHEV, TANSLEY, TÜXEN, VERNADSKY,... Sans oublier : TEILHARD, BERGSON et Théodore MONOD.

Plus concrètement, c'est d'une profonde convergence de vues et d'une forte cohérence de réflexion avec :

Henri GAUSSEN (+) à Toulouse, Pierre DANSEREAU (+) à Montréal, Paul DUVIGNEAUD (+) à Bruxelles, Paul CHABROL (+) à Toulouse, Louis PAPY (+) à Bordeaux, Pierre HAINARD à Lausanne, André LAFOND à Québec, et Paul OZENDA à Grenoble, qu'a pu naître cet essai de synthèse entre une pratique cohérente de l'écologie et l'aspiration de l'homme à maîtriser son destin.

*

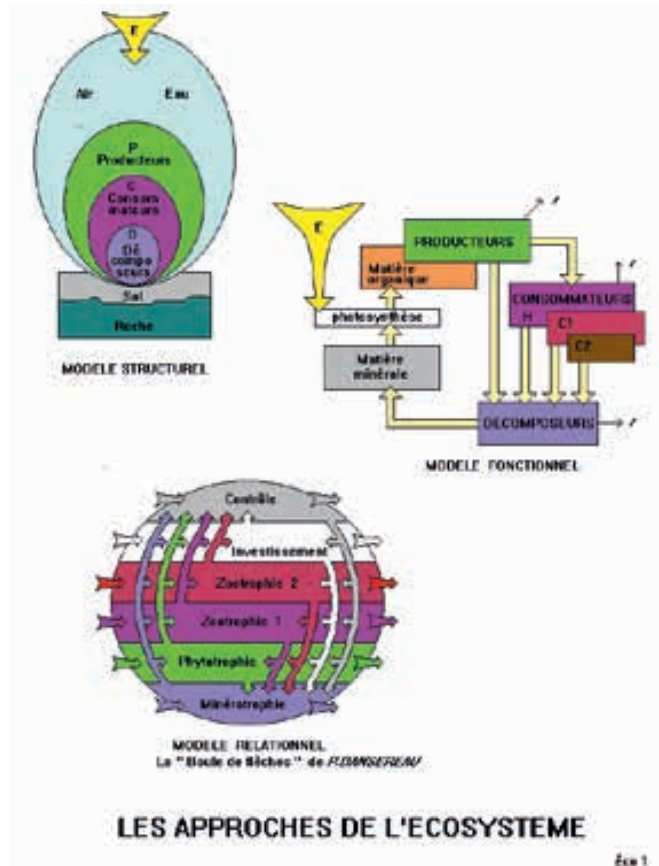
* *

TABLE DES PLANCHES

- Eco 1 Les approches de l'Ecosystème :** Modèles structurel, fonctionnel, dynamique.
- Eco 2 Ecosystèmes naturels :** phytosystème et hydrosystème. (**le trait épais symbolise « l'organisateur » de l'écosystème**)
- Eco 3 Ecosystèmes agricoles :** Agrosystèmes traditionnel et industriel.
- Eco 4 Ecosystèmes urbains :** Cité et Mégapole.
- Eco 5 Dynamique relative des Ecosystèmes.** Relations et dépendances
- Eco 6 Modélisation spatiale des Ecosystèmes.** Hiérarchie des contrôles.
- Eco 7 Séries de Végétation.** Modélisation spatio temporelle.
- Eco 8 Zones de Végétation.** Modélisation spatiale.
- Eco 9 Etages de Végétation.** Exemples biogéographiques.
- Eco 10 Modélisation temporelle des Ecosystèmes.** Signatures de la phénologie. (*pour chaque thème, vue en coupe et en plan (télédétection)*).
- Eco 11 Niveaux d'impact de gestion des Ecosystèmes.** Hypopoïétique, Isopoïétique, Hyperpoïétique.
- Eco 12 Modèles dynécologiques.** Dynamique de l'Impact sylvo - pastoral.
- Eco 13 Impacts de substitution spatiale.** Habitat, Industrie, Recréation.
- Eco 14 Impacts de substitution énergétique.** Electricité, Mines.

- Eco 15 Impacts de substitution cinétique.** Mouvement et Transfert.
- Eco 16 Dynamique de l'Impact urbain.** Modélisation spatio-temporelle du bâti.
- Eco 17 Aménagement forestier :** Exemple du taillis sous futaie. (*le «père» des Aménagements, témoin anticipé du Développement durable*).
- Eco 18 Seuils de développement.** Logique des seuils d'intervention humaine sur la nature : Exploitation, Mise en valeur, Aménagement
- Eco 19 Principes de Zonage.** Isophène, Equipotentiel, Egale valeur d'aménagement, Egale décision
- Eco 20 Vers le Développement durable :** Régionalisation. Essais d'intégration hiérarchisée. 1. Unités de Paysage, 2. Facettes écologiques, 3. Systèmes écologiques, 4. Districts écologiques, 5. Régions écologiques.

PLANCHE 1. LES APPROCHES DE L'ECOSYSTEME



Trois modèles, réduits à l'essentiel du concept, règlent les approches de l'Ecosystème.

Dans sa formulation la plus globale, simplement descriptive et ne préjugant d'aucune interprétation quantitative ou relationnelle, l'écosystème associe, dans leurs positions réciproques, sept éléments fondamentaux, sous le contrôle universel de l'énergie solaire :

- *l'air, l'eau, la roche, le sol* : quatre initiateurs du « milieu » ;
- *les producteurs, consommateurs, décomposeurs* : paliers de la transformation de la vie.

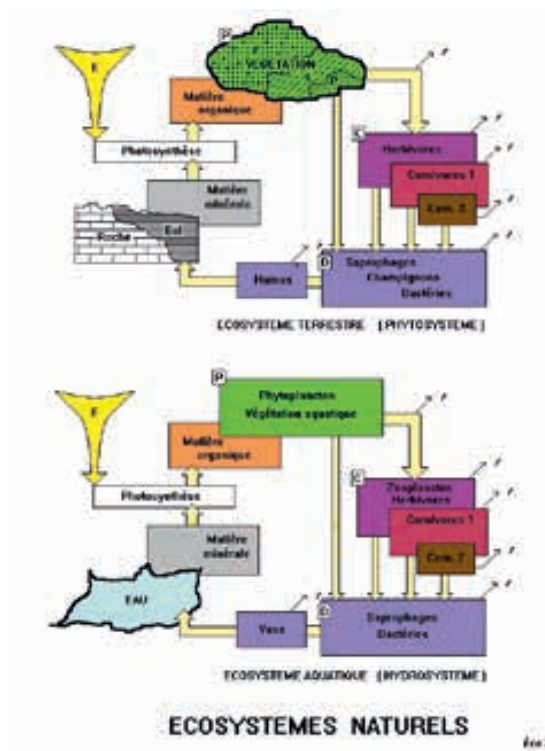
Le modèle fonctionnel présente le cheminement de l'énergie selon un processus cyclique unissant les acteurs successifs de l'écosystème. Appuyé sur le phénomène fondamental de la photosynthèse, créatrice de matière organique, l'enchaînement des niveaux d'exploitation biologique se déroule, avec une déperdition croissante de productivité, - dont la respiration « r » est l'un des signes les plus tangibles -, jusqu'à son retour à la matière minérale, source disponible pour un cycle nouveau.

Quant au modèle relationnel, suggéré par DANSEREAU avec sa « *boule de flèches* », il développe, au-delà des quatre niveaux trophiques classiques, deux niveaux originaux, où l'Homme trouvera sa place :

- l'*investissement*, qui évoque aussi bien l'humus forestier, le miel des abeilles, la construction urbaine, le jeu bancaire ;
- le *contrôle*, aussi bien du microclimat forestier ou du travail du castor, que de l'organisation de la cité ou de la digression philosophique.

Les flèches relieront entre eux tous les niveaux dans leur complexité, empruntant et diffusant leur action auprès d'écosystèmes voisins, vers une conception intégrée de la biosphère, dont l'Homme tente d'acquérir la maîtrise, sans trop savoir jusqu'où il peut aller trop loin.

PLANCHE 2. ECOSYSTEMES NATURELS CONTINENTAUX



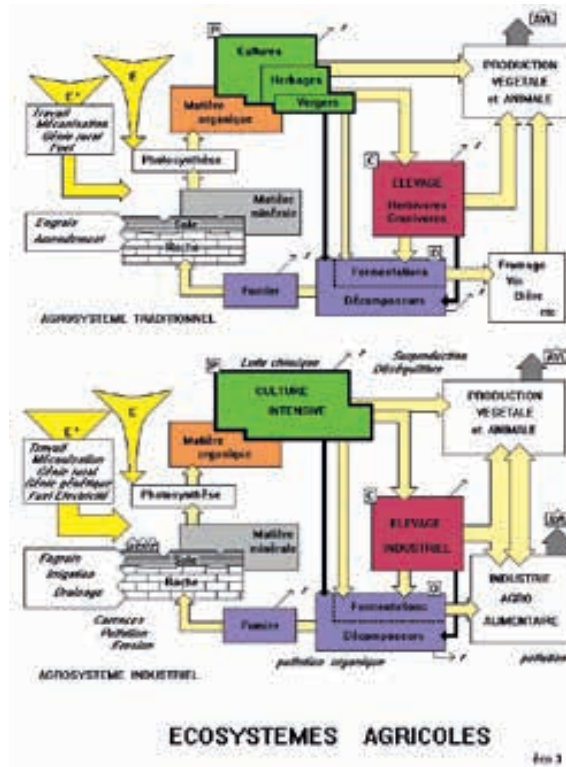
Sur 30% de la surface du globe, les écosystèmes continentaux s'expriment selon deux modèles :

- les écosystèmes terrestres, ou **phytosystèmes**, dont « l'élément organisateur », - souligné par un contour plus épais du dessin -, est le niveau des Producteurs, responsables de l'organisation de la végétation, qui sous ses diverses nuances physiologiques (forêt, lande, pelouse, etc), contrôle, par son effet microclimatique, l'activité de l'ensemble ;
- les écosystèmes aquatiques, ou **hydrosystèmes**, dont l'organisateur est la masse d'eau, tant en volume qu'en surface ou en nutriments gazeux et solides, sous ses diverses conditions de stabilité (lacs) ou de renouvellement (cours d'eau), mais où le niveau « producteur » n'a aucun impact réel, sauf quelques exceptions (mangroves, tourbières, roselières), sur la structure physiologique du système.

Dans les deux cas, le processus fonctionnel reste le même, en dépit d'une diversité fondamentale des compétiteurs ou des nuances d'environnement, et sous réserve d'écosystèmes de transition, que l'on pourrait décrire à l'interface aquatique - terrestre, dans une analyse plus fine des *écotones* de contact.

NB. La présente étude a été limitée aux écosystèmes continentaux, elle exclue les écosystèmes océaniques (littoraux, néritiques, pélagiques, abyssaux), bien qu'ils soient majoritairement garants de l'équilibre général de la planète.

PLANCHE 3. ECOSYSTEMES AGRICOLES



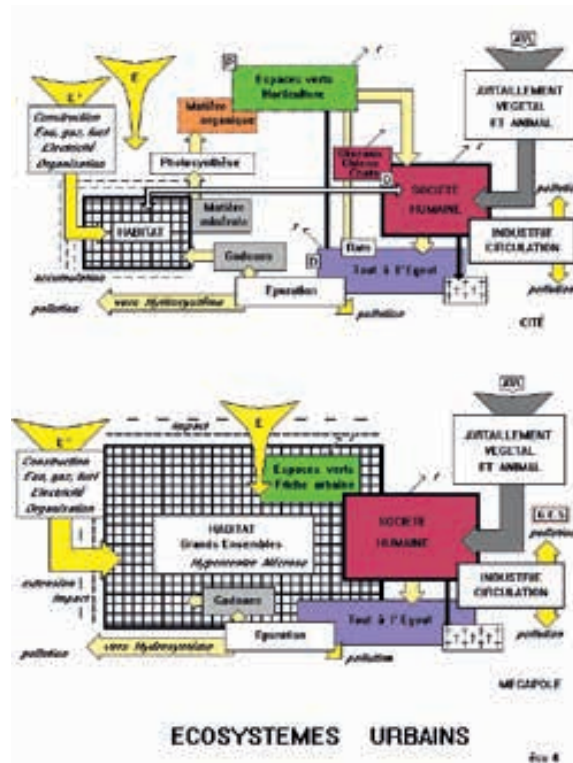
Quand l'Homme vient ouvrir à la production agricole le phytosystème naturel, c'est grâce à un apport énergétique supplémentaire qu'il impose son impact sur la gestion des **Agrosystèmes**. Travail, mécanisation, génie rural, fuel, - «E'» -, dopent l'énergie solaire «E» pour orienter le niveau producteur vers *la culture*, *la prairie*, *le verger*, concentrer le niveau consommateur sur son premier échelon, *l'élevage*, et domestiquer une partie des décomposeurs vers la production de produits dérivés issus de *la fermentation*. Ce qui reste des décomposeurs, sous forme de *fumure* ou de *lisier*, rejoindra *la sole*, résultat du labour sur le sol, qu'il sera nécessaire de rééquilibrer par l'apport exogène d'engrais et amendements. Quant à la production végétale et animale, elle sera détournée hors du système, vers *l'avitaillement* des écosystèmes urbains.

A l'**agrosystème traditionnel**, qui tend à exploiter sans excès une gestion «en bon père de famille», selon l'expression imagée des baux ruraux, se substitue peu à peu un **agrosystème industriel** plus agressif, sous la pression de l'avitaillement urbain. Des formes nouvelles d'énergie **E'** apparaissent (génie génétique, électricité, informatique), ainsi que des processus d'amélioration du milieu, pour implanter des *cultures intensives*, protégées de leur déséquilibre par une protection chimique croissante, un *élevage industriel* de plus en plus sélectif et fragile, une exploitation des fermentations par

l'industrie agroalimentaire. Le détournement accéléré de la production hors du système rend de plus en plus difficile les compensations nécessaires au rétablissement de l'équilibre. Drainage et irrigation visant à une meilleure maîtrise de l'eau, sont pris au piège d'un marché qui tend à imposer des productions là où elles ne sont pas naturellement rentables. *Cultures et élevages sans sol* accentuent l'artificialisation du milieu. Partout, cependant, à tous les niveaux du cycle, exsudent des signes de déséquilibre : surproduction, carences, érosion, épuisement des nappes, pollution chimique et organique, sans exclure l'éventualité de risques génétiques, plus subtils et mal maîtrisés.

*Des schémas du même ordre rendraient compte de l'activité des **agrosystèmes aquicoles**, avec les mêmes tendances d'accélération de la productivité et de risques de déséquilibre et de pollution.*

PLANCHE 4. ECOSYSTEMES URBAINS



L'extension du concept d'écosystème à l'urbanisation voulue par l'Homme conduit à la substitution d'un modèle naturel par une organisation totalement artificielle, où la *Société humaine* s'active dans un *Habitat* nouveau. Deux schémas rendent compte de cette évolution inéluctable de la *Cité* vers la *Mégapole*.

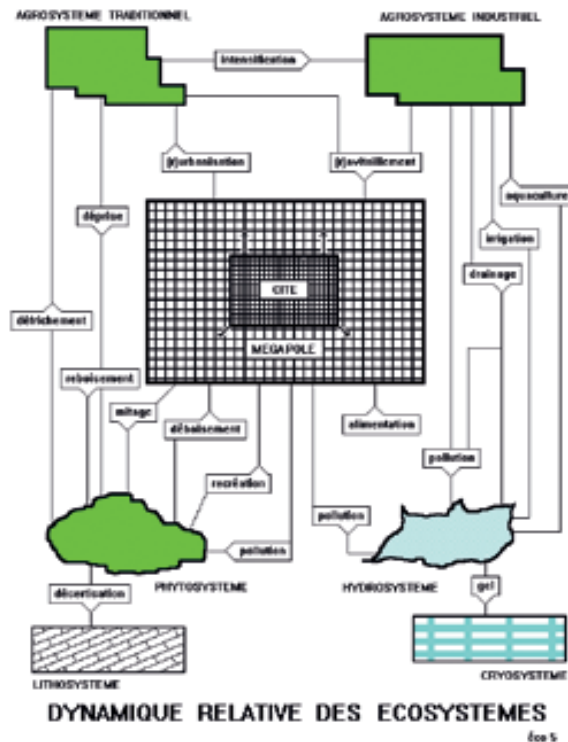
Dans la **Cité**, le maillage urbain reste assez diffus pour conserver quelque trace du phytosystème qu'il a supplanté. Espaces verts, jardins, maraîchage, sont autant de producteurs résiduels, relayés par des consommateurs «urbanisés», dont la prolifération reste parfois difficile à contrôler (pigeons, étourneaux, voire chiens et chats), jusqu'à certains décomposeurs indésirables et porteurs de nuisances (rats, bactéries et virus). C'est cependant le couple Habitat – Société qui assure l'essentiel du fonctionnement de ce système nouveau. Par delà l'énergie «E», qui n'a plus qu'un rôle de régulation *lococlimatique*, à défaut d'action photosynthétique, la quantité d'énergie «E'» prend une importance considérable pour satisfaire des besoins en expansion de construction, maintenance, organisation, cependant que le niveau Consommateurs de la population ne peut satisfaire les siens que par l'apport exogène, issu d'agrosystèmes proches ou lointains, par aitaillage végétal et animal. Une grande partie de l'énergie «E'» est affectée aux

productions humaines d'industrie et de circulation, sources d'une pollution de plus en plus prégnante, cependant que le niveau Décomposeurs de ce nouveau système tend vers une destruction drastique, par le jeu du *Tout à l'Egoût*, puis des processus d'épuration, avec rejet des résultats vers l'hydro-système et retour à l'habitat par accumulation.

(La croissance du système fera l'objet des planches 13, 15 et 16 ci-après)

Hypertrophie de la Cité, la **Mégapole** amplifie les processus de construction, organisation, avitaillement, industrie, circulation, cependant que la photosynthèse s'enkyste dans des espaces verts de plus en plus artificialisés et l'apparition de *friches urbaines* dans des secteurs mal maîtrisés. L'habitat développe les *Grands ensembles*, étendant toujours plus loin ses tentacules bétonnés, jouant sur la troisième dimension de l'espace quand les deux autres se saturent, alors que *l'hypercentre*, victime de la quatrième dimension, le temps, se nécrose et s'ouvre à des options nouvelles. Les processus d'épuration prennent une dimension industrielle, et le « *recyclage* », - notion écologique, s'il en est -, bien qu'encore appliqué à dose homéopathique, tend à modérer la destruction généralisée des produits du système. Il n'est pas jusqu'aux nécropoles, qui, faute de place, sont de plus en plus tentées par l'antique réflexe de la crémation, retrouvant, dans un cycle multiséculaire « *la civilisation villanovienne des urnes* ». Partout la pollution se généralise, entraînant notamment l'émission de « *gaz à effet de serre G.E.S.* », nouveau révélateur d'une emprise inconsidérée de l'homme sur le milieu.

PLANCHE 5. DYNAMIQUE RELATIVE DES ECOSYSTEMES



Ainsi se déploient, dans l'espace continental du monde tempéré, six formes fondamentales d'écosystèmes :

Phytosystème

Hydrosystème

Agrosystème traditionnel

Agrosystème industriel

Cité

Mégapole

auxquels peuvent être ajoutés deux écosystèmes marginaux,

Lithosystème

Cryosystème

liés, l'un à l'absence d'eau ou sa pénurie (déserts et dunes), l'autre à la glace (glaciers et inlandsis).

C'est dans leur fonctionnement propre et leurs relations réciproques que s'appréciera la dynamique relative de ces systèmes, tels qu'ils se présentent, ont évolué et évoluent sur l'ensemble de territoires porteurs de *paysages* en constante variation. On découvrira ainsi le jeu des transformations naturelles

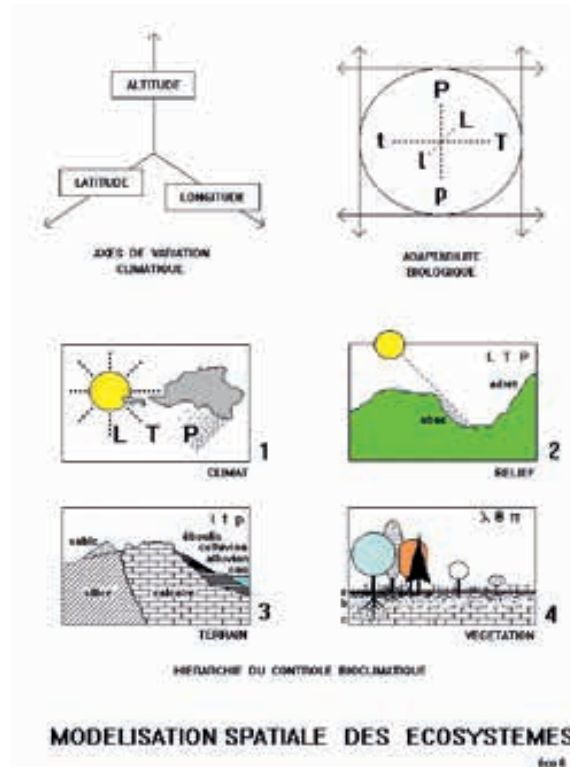
ou contradictoires fixant dans l'instant la physionomie de ces *paysages*, la trace de leur origine, l'esquisse de leur devenir, comme l'éventuelle nuisance de leur excès. Il faut bien garder à l'esprit que les facteurs de modifications évoqués dans ce tableau entre les différents écosystèmes sont tous d'initiative humaine (à l'exception du *gel* et peut-être de la *désertisation*).

Pour affiner le diagnostic, deux réflexions méthodologiques sont nécessaires :

- le recours à l'observation aérienne, *photointerprétation* et désormais *télédétection*, propres à une reconnaissance cartographique raisonnée du « *tapis végétal et urbain* », sans préjudice de nécessaires investigations ou vérifications de terrain ;
- la recherche de la signification écologique du comportement de la végétation, naturelle ou transformée, illustrant les bioclimats régnant sur les secteurs étudiés.

A l'heure émergente du Numérique, toutes ces actions doivent être encadrées par des perspectives nouvelles.

PLANCHE 6. MODELISATION SPATIALE DES ECOSYSTEMES



A l'exception de quelques rares espèces, telles que l'Homme ou peut-être la Mouche, la majorité des êtres vivants, et notamment les *communautés végétales* soudées à leur *biotope*, reste soumise à un ensemble de conditions écologiques relativement précises, sinon étroites. Ainsi apparaît l'intérêt de la notion de **bioclimat**, associant communautés et climat, *l'adaptabilité biologique* des premières illustrant et confirmant la réalité du second. Cette adaptabilité concerne trois variables : la *Lumière* «**L**», (ensoleillement et jeu nyctéméral), la *Chaleur* «**T**», (Température sous ses diverses nuances), *l'Eau* «**P**», (Précipitations, hygrométrie, réserves). Schématiquement, pour chaque bioclimat, la combinaison des amplitudes, - «**l-L, t-T, p-P**», -, rendra compte de son originalité significative.

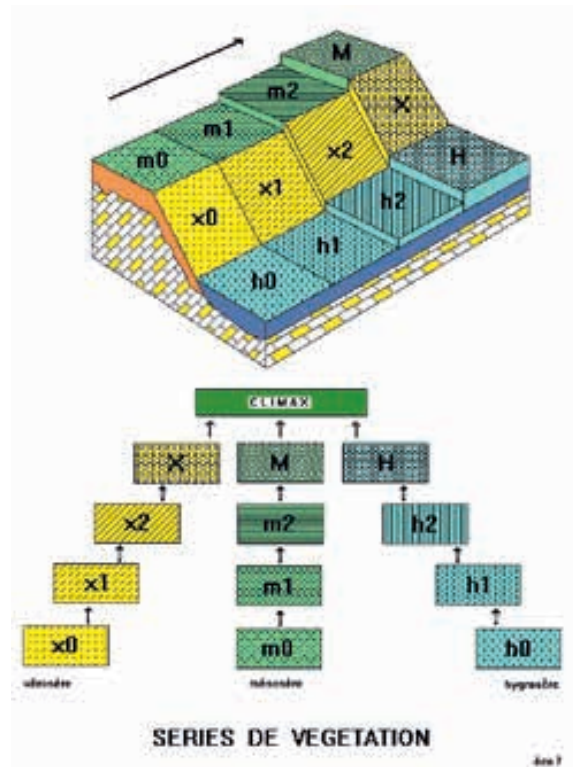
C'est alors que, sous l'impulsion des trois moteurs fondamentaux de la variation climatique que sont la *latitude*, *l'altitude*, et dans une moindre mesure la *longitude*, un contrôle bioclimatique va s'établir sur la végétation, selon une hiérarchie précise mettant en jeu les échelles successives du climat.

- A petite échelle, celle du continent, c'est le *climat général* «**L, T, P**», qui règle la situation et organise la répartition des bioclimats en ensembles significatifs, largement étendus sur la surface terrestre.

- A moyenne échelle, des nuances interviendront, par le jeu du relief et de la topographie, ainsi que de la nature édaphique du terrain, contribuant à modifier, souvent largement, les conditions générales «**L, T, P,**» en de multiples déclinaisons régionales «L, T, P», puis locales «**l,t,p,**», responsables du *climat régional*, puis du *climat local*, dans une extension géographique de plus en plus limitée.
- A grande échelle, c'est la végétation elle-même qui créera des conditions *microclimatiques* inédites «lambda, theta, pi», tant en sous-bois que dans les peuplements arbustifs et herbacés qui leur correspondent, prélude à des informations plus fines de *nano climat*.

Ainsi s'établira une correspondance étroite entre un bioclimat et sa *signature ombrothermique* «TP», nuancée par des corrections **édaphotopographiques** qui en modulent l'efficacité. (*L'exemple de la hêtraie pyrénéenne, où l'on peut apprécier, de part et d'autre d'une situation moyenne «T P», l'égalité ombrothermique réelle d'une falaise d'adret à haute altitude «t P» avec un ravin ombreux de plaine «T p», est significatif à cet égard.*)

PLANCHE 7. SÉRIES DE VÉGÉTATION



Reprenons à son origine l'histoire de la dynamique végétale, dans un cas de figure représentant trois situations topographiques voisines : *plateau*, *versant ensoleillé*, *vallée alluvionnaire*. Sous un climat régional de type «L T P», régnant sans équivoque sur le plateau, la facette ensoleillée du versant fera l'objet d'une correction locale «L T p», la facette alluviale d'une correction inverse «L t P», sans pour autant modifier profondément la donne bioclimatique générale.

A partir du sol nu, résultant par hypothèse d'un abandon cultural ancien, à défaut de la connaissance d'une situation initiale naturelle, telle celle d'une lave refroidie, on peut voir s'établir au fil du temps, sur chacune des parcelles topographiques ainsi définies, une succession de *paysages végétaux*, répétant le même enchaînement de *stades physiologiques*, - herbacé, arbustif, arboré = pelouse, lande, forêt -, mais dans un cortège de *groupements végétaux* différents.

- A la culture abandonnée sur le plateau, succèdera une **série m 0, m 1, m 2**, M, évoluant en quelques décennies en un paysage forestier voisin du bioclimat régional ; Sur le versant, gardant des traces d'un ancien vignoble, une série plus xérophile **x 0, x 1, x 2, X**, conduira à un faciès forestier plus sec et plus thermophile ; La prairie délaissée dans la vallée suivra un processus homologue **h 0, h 1, h 2, H**, terminé par un peuplement à tonalité hygrophile ;

soit trois modalités différentes, - *mésosère, xérosère, hygrosère* -, d'un même processus de *remontée biologique*, conduisant à trois *formations* forestières, caractéristiques de chacune de ces **séries de végétation**, que l'on qualifiera du nom de la ou des essences qui les dominent.

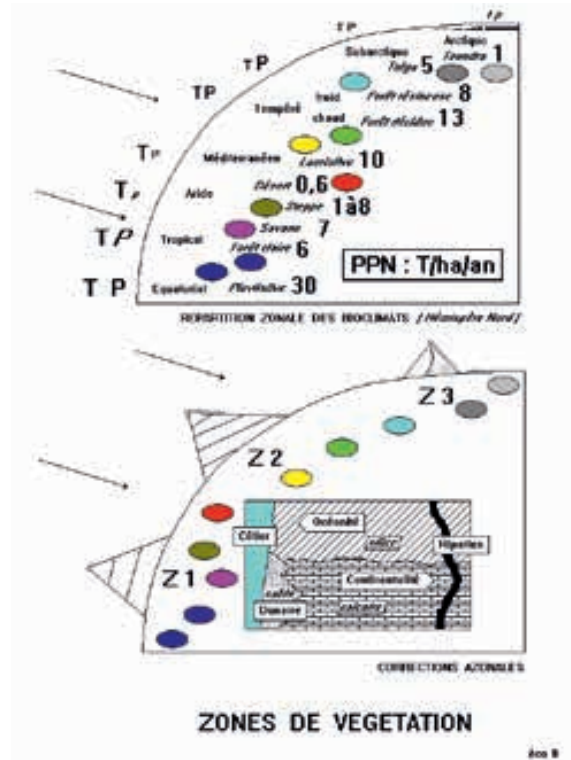
Cependant, les *microclimats* générés aux niveaux **M, X, H**, auront tendance à s'homogénéiser : l'ombre, pour X, le « pompage », pour H, gommeront les excès par rapport à M, et peu à peu, à condition d'y mettre le temps, s'établira sur les trois facettes une formation forestière enrichie, en route vers le **Climax**, notion théorique, s'il en est, dont il serait hors de proportion ici d'évoquer les diverses acceptions, mais qui représente l'aboutissement d'un équilibre définitif entre végétation et climat régional.

La pression exercée par l'homme sur le milieu a remis mainte fois le compteur à zéro (défrichements, brûlis, pâture, écobuage, exploitation forestière, reboisement,...), si bien que chaque **unité de paysage**, telle qu'elle apparaît aujourd'hui sur le terrain, et peut être détectée par la photo-interprétation, et surtout désormais par les pixels de la télédétection, sera porteuse d'un double message :

- **de vocation naturelle**, dans son cheminement vers le climax
- **d'affectation artificielle** à un usage imposé par l'homme, dans ses perspectives *d'exploitation*.

Parler de vocation agricole, céréalière, pastorale, viticole ou autre, d'un territoire est un abus de langage, dont *l'aménageur* devrait se souvenir.

PLANCHE 8. ZONES DE VEGETATION



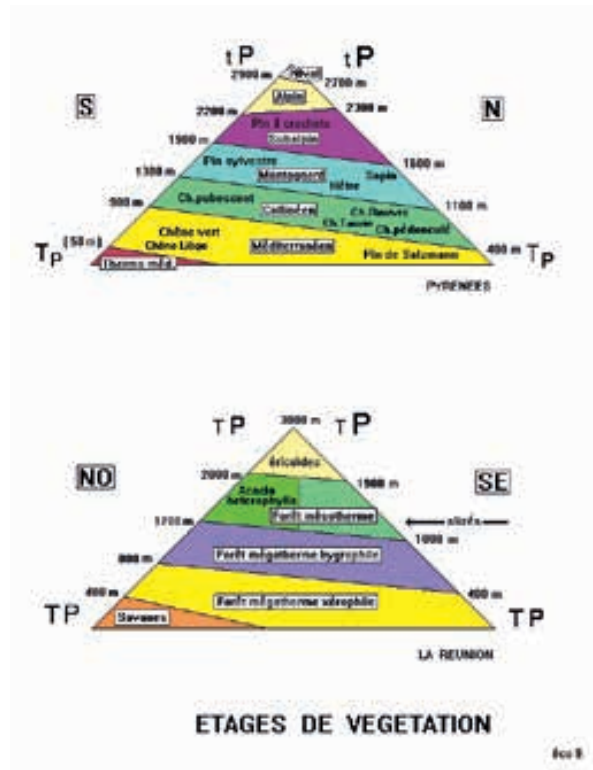
Sur l'ensemble des continents, s'étalent les *bioclimats*. Leur variation territoriale est déterminée par celle des conditions climatiques générales régnant sur le globe. De l'équateur au pôle, dans l'hémisphère nord, les trois variables fondamentales «**L T P**» s'organisent d'abord sous le contrôle de la **latitude**. La Lumière «**L**» se module en intensité, angle du rayonnement, jeu nyctéméral ; la Température «**T**» décroît, en conséquence, du sud au nord ; les Précipitations «**P**» ondulent, en décroissance, entre un paroxysme équatorial et tropical et un minimum arctique presque absolu.

Ainsi se déroulent huit types principaux de climats généraux : *équatorial, tropical, aride, méditerranéen, tempéré chaud, tempéré froid, subarctique, arctique*, auxquels correspondent successivement dix types physionomiques de bioclimats, largement étalés en autant de **zones de végétation** : *pluvisylve, forêt claire et savane, steppe et désert, laurisilve méditerranéenne, forêt décidue, forêt résineuse, taïga, toundra*. En langage d'écosystème, la productivité primaire nette **PPN**, exprimée en Tonnes par Hectare et par An, fait apparaître des ordres de grandeur contrastés, le record appartenant à la forêt équatoriale si précieuse pour l'équilibre général du globe, - ce qui ne justifie pas sa qualification trop souvent évoquée de «*poumon vert de la planète*», écologiquement absurde, car si un poumon est fait pour absorber de l'oxygène, la forêt fait l'inverse,

absorbant et régulant le gaz carbonique en dépit des excès dont l'homme est responsable dans ce bilan.

Dans son étalement **longitudinal**, la zone pourra être le siège de *corrections azonales*, modifiant le comportement des bioclimats et la répartition des séries de végétation et des formations végétales. Dépassant les interprétations théoriques sur l'évolution des *climax*, du genre « *si l'on n'avait pas ceci, on aurait...* », il reste évident que la *nature du sol* (calcaire, silice, sable, etc), la *situation* (côtière, dunaire, riparienne, ...), le *modèle topographique*, ou le jeu relatif de l'*océanité*, à tendance plus chaude et plus humide, et de la *continentalité*, à tendance inverse, plus froide et plus sèche, sont autant de facteurs susceptibles de moduler la répartition des séries, sans trop bousculer le bioclimat. L'effet zonal restera sensible en plaine sur des surfaces étendues, tant que l'**altitude**, en accélérant brusquement la variation de deux des variables climatiques de base « **T** » et « **P** », ne crée pas des situations nouvelles, en imposant une chaîne inédite de variation verticale du climat. Les séries de végétation s'organisent alors en **étages**, sous le contrôle de cette nouveauté ombrothermique locale, que vient alors nuancer un paramètre nouveau, l'*exposition*. Celle-ci devient, par le jeu des variations d'inclinaison solaire selon la latitude, un facteur discriminant zonal, illustré ci-contre en « **Z 1** », « **Z 2** », « **Z 3** ».

PLANCHE 9. ETAGES DE VEGETATION



La dérivée altitudinale entraîne, en région de montagne, une variation particulièrement rapide des conditions ombrothermiques de base «**T P**», qu'accentue la variété des conditions d'*exposition* à un ensoleillement «**L**», dont l'efficacité correctrice augmente avec le glissement vers les hautes latitudes. Il suffira d'un dénivelé de quelques dizaines de mètres, ou d'un changement local de versant, pour obtenir la même réalité «climatique» qu'un déplacement zonal de plusieurs dizaines, voire centaines de kilomètres. Ainsi, en complément des **Zones de végétation**, s'établiront des **Étages de végétation**, plus rapidement sélectifs des **Séries de végétation** qui pourront s'épanouir dans cet espace.

Deux cas de figure, choisis parmi les plus simples, illustreront cette situation.

Dans **les Pyrénées**, à la latitude moyenne de 45° pour l'hémisphère boréal, se succèdent sept étages regroupant une douzaine de séries principales, le long d'une chaîne montagneuse développée d'est en ouest sur 400, - voire 1000 km avec la cordillère cantabrique -, dans un contraste nord-sud très affirmé, et sous trois influences climatiques majeures, méditerranéenne, atlantique, continentale. La variation verticale du climat, - diminution de la température, augmentation de la pluviométrie -, s'effectuera, de «**T p**» en «**t P**», avec des modalités différentes

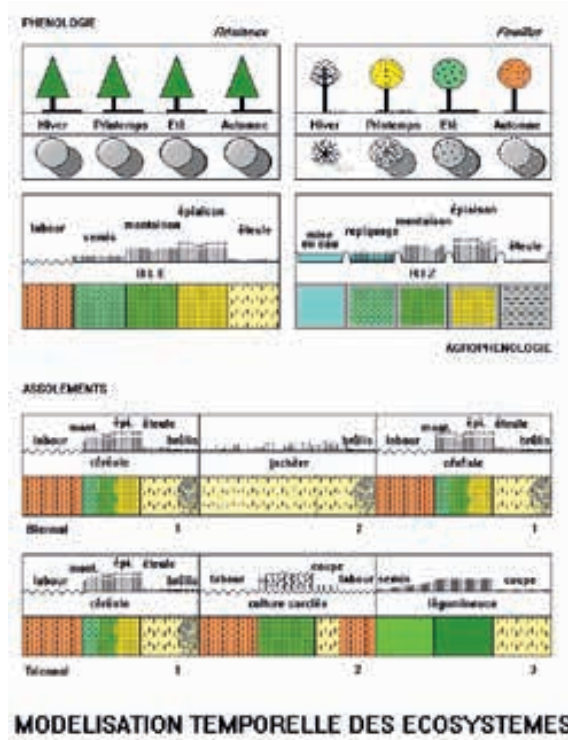
selon l'exposition nord ou sud, si bien que les étages successivement décrits, - *thermo méditerranéen, méditerranéen, collinéen, montagnard, subalpin, alpin et nival* - s'exprimeront selon un « *pendage* » dont les limites traduiront les différences d'efficacité altitudinale du climat, et nonobstant les cas d'inversion d'étages, créés par la complexité locale des reliefs. Pendage plongeant du sud vers le nord, à l'exception de la limite supérieure de *l'étage subalpin*, où la protection hivernale et printanière de la neige permet mieux la survie en versant nord de formations forestières, sensibles au déneigement précoce des versants sud.

Pour l'Ile de la **Réunion**, proche du Tropique du Capricorne, où les conditions d'ensoleillement restent du même ordre selon les versants, c'est la variation ombrothermique qui, seule, règle le pendage des étages de végétation, selon un axe sud-est / nord-ouest opposant les versants « *au vent* » et « *sous le vent* ». Les premiers subissent de plein fouet le flux humide des alizés, les seconds exploitent l'effet d'abri imposé par le relief. Des deux côtés, selon un décalage qui s'atténue avec l'altitude, se superposent ainsi : *Savanes, Forêt mégatherme xérophile, Forêt mégatherme hygrophile, Forêt mésotherme, surmontées de formations à éricoïdes*. L'agressivité du relief entraîne localement des mélanges confus, frôlant l'inversion d'étage, mais l'ensemble reste conforme au modèle caractéristique des milieux montagnards.

Les massifs montagneux du globe n'ont pas toujours la simplicité des deux cas exposés ici. Le jeu de la continentalité et de l'océanité dans les Alpes ou les Rocheuses, les effets de mousson en Asie, nivation et glaciation à hautes altitudes et latitude, ont des conséquences multiples sur la répartition des paysages, mais partout apparaît cette étroite relation entre le « *tapis végétal* », naturel ou transformé par l'homme, et les possibilités de l'environnement.

Tel devrait être le moteur de toute intervention raisonnée sur les meilleures chances d'exploitation du milieu.

PLANCHE 10. MODELISATION TEMPORELLE DES ECOSYSTEMES



Apprécier la place que chaque écosystème occupe sur le terrain est la première démarche à entreprendre, s'il s'agit d'en connaître et maîtriser le développement. Ainsi s'est justifié un large effort de recherche *phyto-cartographique*, qui ne semble cependant avoir donné lieu qu'à deux seules collections à moyenne échelle (200.000°) intéressant la totalité d'un territoire national : *Végétation de la Suisse* (SCHMIDT 1949), *Végétation de la France* (CNRS 1947-1990).

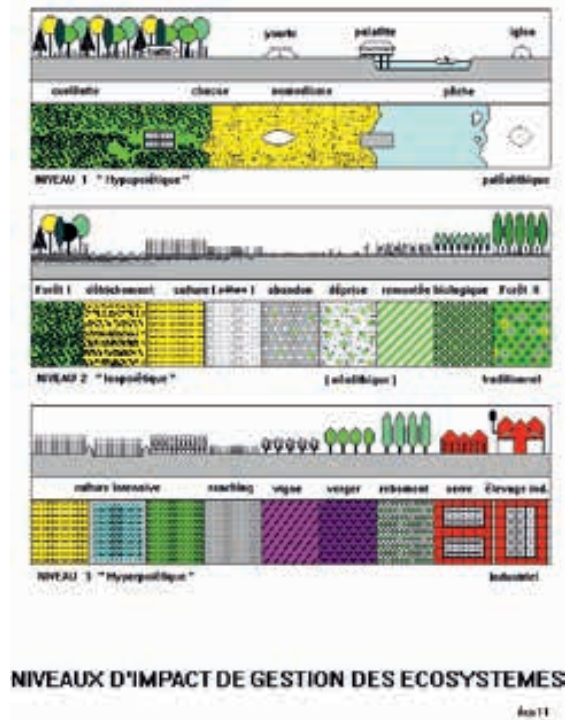
Bousculant la première forme classique d'investigations de terrain, appuyées ou non par la photographie aérienne, la *Téledétection et l'Informatique* ont révolutionné « l'acquisition des données ». C'est désormais sur l'analyse d'une réponse spectrale à une vérité - terrain, et non sur la simple relation *image - objet*, que repose l'identification des éléments du paysage. *Modèles Numériques de Terrain MNT* et *Systèmes d'Information Géographique SIG* vont permettre d'encadrer le diagnostic. Mieux, grâce aux progrès des « calages informatiques » permettant de mixer des images successives intéressant un même site, il devient possible de cerner la *modification diachronique* de la vérité - terrain, et d'obtenir d'étonnants résultats dans le contrôle, l'évolution et la probabilité de productions contrôlées par l'homme, (rizières ou champs de blé).

C'est alors sur la base d'une exploitation de la **phénologie**, expression vivante du tapis végétal, que va reposer cette nécessaire modélisation temporelle des écosystèmes, clé de leur interprétation évolutive et prospective. Les tableaux regroupés sur les planches **10, 11, 13, 14, 15**, se présentent donc sous la double forme d'une élévation et d'un plan, illustrant la correspondance entre la réalité structurelle de l'objet analysé et sa traduction diachronique dans l'imagerie spectrale.

La planche **10** concerne des exemples simples de *signatures phénologiques* discriminantes. Les *Résineux* gardent au cours de l'année, sauf quelque exception (mélèze), une image stable ; les *Feuillus* voient souligner, surtout par le rayonnement infrarouge, leurs variations d'activité chlorophyllienne, cependant que la répartition des ombres dans le feuillage de la canopée, comme de celles portées au sol, va introduire des nuances dans la réponse spectrale, jusqu'à permettre des identifications spécifiques précises. Quant aux agrosystèmes, les *seuils phénologiques* caractéristiques d'une culture vont successivement révéler : **1.** les surfaces concernées, **2.** les conditions plus ou moins réussies de la croissance (semis, montaison, épiaison) ; **3.** la probabilité quantitative de la récolte, ce qui suppose évidemment, tant pour le blé que pour le riz, exemples commentés ici, une bonne connaissance de la stratégie agronomique locale. Des protocoles du même ordre sont applicables à la reconnaissance des *assolements* traditionnels, justifiés par le souci d'une bonne économie de la ressource.

Dans tous les cas, les progrès modernes de la télédétection, orientés vers l'exploitation diachronique d'images normalisées, selon les trois canaux désormais classiques de sensibilité spectrale, dont un infrarouge, conduisent à des diagnostics de plus en plus précis sur le jeu relatif des constituants du paysage : sol nu, eau, tapis chlorophyllien, urbanisation.

PLANCHE 11. NIVEAUX D'IMPACT DE GESTION DES ECOSYSTEMES



C'est dans le cadre des *agrosystèmes*, que, dès les premières civilisations, l'action de l'homme s'est développée, selon des niveaux d'impact sur le milieu conduits avec une intensité croissante d'exigences vis-à-vis de la possibilité naturelle à compenser des prélèvements de plus en plus importants.

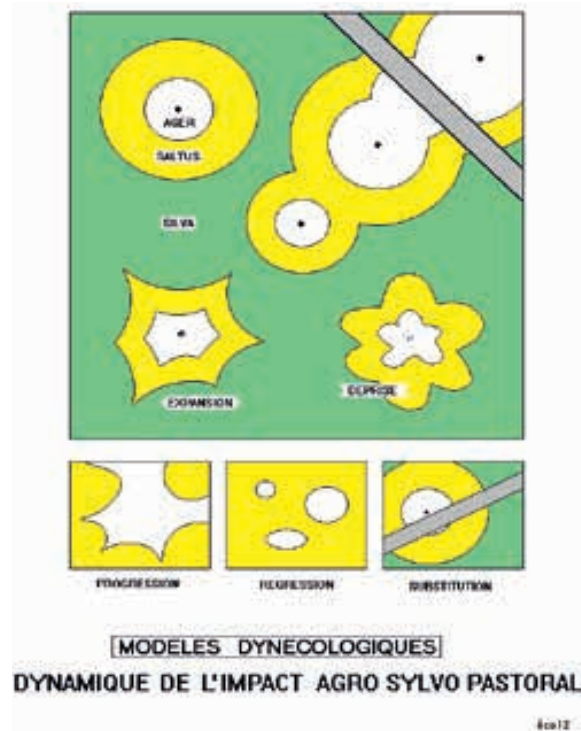
Au niveau le plus bas, qui peut être qualifié « **d'hypopoïétique** », - *inférieur à la possibilité* -, l'homme s'intègre dans le phytosystème, dont il exploite une partie encore modeste de la production. C'est le **stade paléolithique** de la « *civilisation de cueillette* », assortie de ses nuances de *chasse* et de *pêche*, éventuellement complétée par le *nomadisme*, adapté à la mobilité de la ressource. L'habitat est simple, mais reste diffus, disséminé dans l'écosystème, sauf quelque concentration de huttes ou palafittes, construit de matériaux localement et directement prélevés, sans grande conséquence sur l'environnement. Ce niveau concerne aujourd'hui des populations plus nombreuses qu'elles ne l'étaient à l'époque, dite préhistorique, considérée.

Le niveau « **isopoïétique** » témoigne d'une recherche de l'ajustement de l'exploitation à la possibilité. C'est le *stade néolithique*, relayé et généralisé aujourd'hui par *l'agriculture traditionnelle*. Le succès de la mise en culture, après défrichage de la forêt, tient à ce véritable court-circuit énergétique résultant de la mise en contact brutale d'un sol forestier, enrichi sous microclimat préservé, avec un climat pionnier plus agressif qui réveille des potentialités dormantes.

Sans précaution particulière, l'explosion agricole conduirait à l'épuisement, il faudra attendre l'invention des rotations culturales et des assolements, - le « *Mesnage des champs* » d'Olivier de SERRE -, pour obtenir un contrôle satisfaisant de la stabilité du système. Le temps n'est plus où l'on pouvait se contenter d'exploiter une nouvelle tranche forestière pour compenser la faille de la première exploitation, relayée, après abandon et « *déprise* », par une « *remontée biologique* » vers un nouveau paysage de forêt *secondaire*, moins riche que la formation initiale, mais lui-même susceptible, à terme, d'une nouvelle chance d'exploitation. Ainsi peut-on constater, dans tous les pays de longue(s) civilisation(s), la répétition de plusieurs cycles successifs de mise en culture puis d'abandon, entraînant autant de phytosystèmes secondaires, mais traduisant généralement un appauvrissement spécifique et physiologique, par rapport à la richesse du phytosystème initial. Quant à l'habitat, d'abord réparti et disséminé au plus près des lieux de culture, - à l'image des « *rangs* » québécois -, il se concentre en *agglomérations*, germe d'un maillage urbain qui ne cesse de *s'étendre*.

Voici enfin le niveau « **hyperpoïétique** », - *au dessus de la possibilité* - C'est celui de l'agriculture intensive moderne, avec sa tendance vers l'industrialisation. La productivité naturelle de l'agrosystème est fortement augmentée, grâce à une meilleure maîtrise de la pratique agronomique, au prix d'une injection toujours plus forte « *d'énergie exogène* », dopant la fonction chlorophyllienne assurée par l'énergie solaire, - (**cf Planche 3**) -, moyennant aussi une correction drastique du milieu, - terrasses, irrigation, drainage, etc. -, et le recours à un nécessaire rééquilibrage, - engrais, amendements, pesticides,...-, à la limite des risques, puis des excès, de pollution. Culture intensive, ranching, plantations (vignes, vergers), sylviculture industrielle (peuplier, eucalyptus, hévéa), autant de paliers d'une intensification progressive de la production, que couronne une nette tendance vers « *l'urbanisation de l'agriculture* », - serres, élevage industriel, culture sans sol.

PLANCHE 12. MODELES DYNECOLOGIQUES DYNAMIQUE DE L'IMPACT AGRO SYLVO PASTORAL



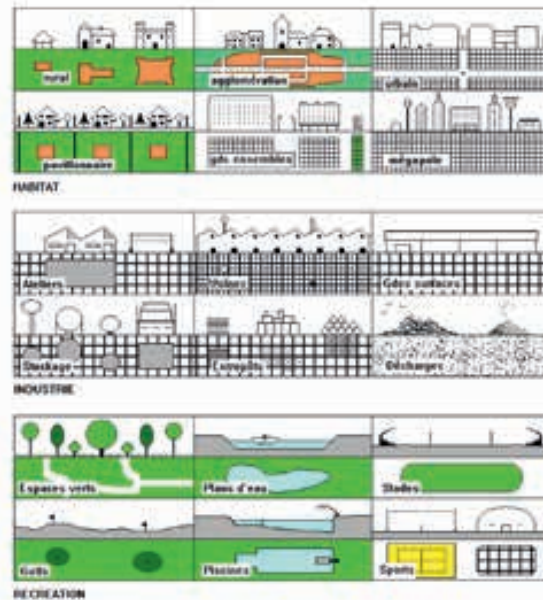
Tous les écosystèmes susceptibles de laisser une trace sur le territoire continental impriment ainsi aux paysages une *signature* dont l'ampleur géographique témoigne de l'importance de chacun dans l'occupation du terrain, et c'est là une première et précieuse source d'information. Cependant, cette évaluation statique ne saurait suffire à une bonne maîtrise de l'espace, sans une appréciation objective de la *dynamique relative* des systèmes en concurrence sur un même secteur. (cf **Planche 5**). Chacun d'eux est en effet l'objet de pulsations significatives, au gré de la variation des facteurs géographiques, écologiques, économiques, voire historiques, sinon politiques, qui les déterminent et les modifient, et ces pulsations sont parfaitement mises en évidence par une analyse plus fine des *limites* de leurs effets.

Ainsi apparaît l'intérêt de « **modèles dynécologiques** », propres à interpréter le sens de cette dynamique, qui voit évoluer plus ou moins rapidement les paysages, par le triple jeu contradictoire de la « **progression** », de la « **régression** » et de la « **substitution** », respectivement témoins d'une *déprise* ou d'une *expansion*, à défaut d'une modification radicale, imposant brutalement un changement drastique de situation. C'est sans doute dans l'exploitation diachronique de la télédétection que réside le moyen le plus pertinent d'interpréter une telle dynamique.

L'écosystème agricole est particulièrement révélateur de ces pulsations. Sur la vieille mais toujours valable matrice romaine associant, dans leur aspect concentrique, les trois seuils classiques d'exploitation, - *silva, saltus, ager*, c'est-à-dire forestier, pastoral, agricole -, peuvent être plaqués des diagnostics dynamiques issus de l'examen attentif de la forme des limites paysagères. La progression sera traduite par des pointes centrifuges en expansion dans un périmètre aux courbes adoucies ; la régression, signe de déprise, isolera des noyaux résiduels, tendant à se fermer dans un périmètre dont les pointes témoignent au contraire de la remontée biologique de *l'ager* vers la *silva* ; quant à la substitution, elle se manifesterà de façon brutale, sans autre logique que celle du développement d'activités complètement indépendantes des processus agro sylvo pastoraux, seuls propres cependant à garantir le maintien de la fonction chlorophyllienne, indispensable à l'équilibre de la planète.

Là se trouve l'enjeu du développement durable : comment, face à la dynamique naturelle, gérer les impacts d'une substitution de plus en plus nécessaire et de plus en plus diversifiée

PLANCHE 13. IMPACTS DE SUBSTITUTION SPATIALE



IMPACTS DE SUBSTITUTION SPATIALE

4013

C'est d'abord en termes d'espace que s'exerce la pression humaine sur le milieu, et l'impact qui en résulte a pour premier effet de stériliser la production chlorophyllienne locale, au profit de l'étalement de la pierre, de la brique, de l'asphalte et du béton, sous réserve d'espaces verts sauvegardés ou recréés.

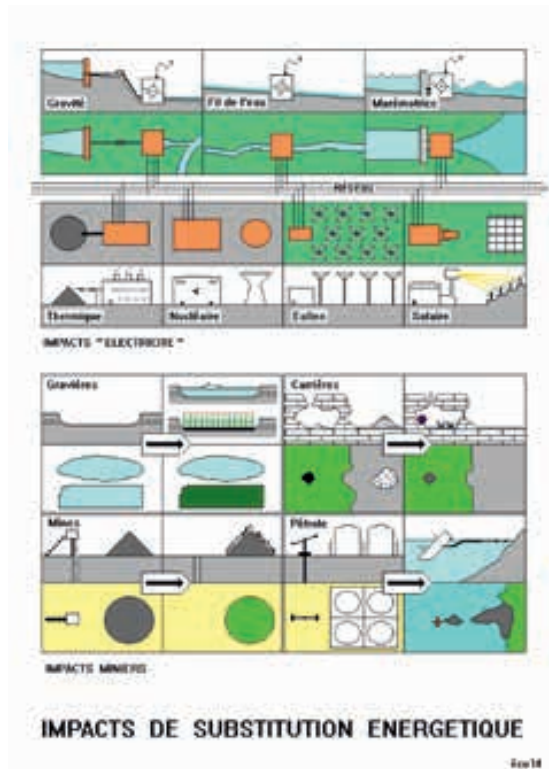
Le besoin d'espace s'exprime d'abord dans l'**Habitat**. Embryonnaire dans le cadre rural, la concentration du bâti en *agglomérations*, - villages puis villes -, conduit à l'émergence de l'écosystème urbain, (**cf Planche 4**), sur un territoire en extension croissante, (**cf Planche 16**). La *Cité* glisse vers la *Mégapole*, après avoir épuisé ses deux chances d'extension, en surface (lotissements pavillonnaires), et en hauteur (grands ensembles et tours). Les conditions naturelles disparaissent, laissant place à un *climat urbain* totalement artificiel, et à un terrain stérilisé qui n'a plus aucune efficacité biologique, où l'usage de l'eau est détourné vers la seule satisfaction des impératifs humains, dans un gaspillage énergétique sans précédent.

Le phénomène s'accroît face aux besoins de l'**Industrie**. Ateliers, Usines, Grandes surfaces commerciales dévorent l'espace périphérique, instaurant, avec leur cortège d'entrepôts, de zones de stockage puis de décharge, un

champ nouveau de pollution et de risques, que des législations appropriées (type SEVESO) tenteront d'apprivoiser.

Seul bémol à cette dérive, un réflexe de **Recréation**, -voire de **Récréation** -, va permettre l'installation d'espaces verts de seconde venue, plans d'eau, piscines, golfs, pelouses sportives, en dépit de la tendance au gigantisme qu'affectent les constructions modernes, victimes de ce qu'on pourrait appeler le « *syndrome du Colisée* », sans préjuger de la solidité de leur survie.

PLANCHE 14. IMPACTS DE SUBSTITUTION ENERGETIQUE



Le développement urbain et industriel a pour corollaire la nécessité d'un avitaillement matériel et énergétique, qui se traduit, dans une auréole territoriale de plus en plus distale, par deux catégories d'impacts sur le milieu naturel : les impacts **miniers**, propres à garantir les besoins de la construction urbaine et du fonctionnement industriel, et les impacts liés à la production de l'**électricité**, - soit deux modes complémentaires de substitution énergétique à tout autre option d'exploitation du milieu.

Les **impacts «Electricité»** interfèrent au premier chef avec *l'hydrosystème*. Qu'il s'agisse d'*hydroélectricité*, exploitant le cours de l'eau, - gravité, fil de l'eau, battement des marées -, ou d'électricité *thermique* ou *nucléaire*, aux effluents à refroidir, la production électrique modifie peu ou prou le comportement, voire l'efficacité, d'écosystèmes aquatiques dont la dynamique naturelle est profondément transformée, sans, pour autant, qu'il faille toujours y voir une dérive catastrophique. Dans la balance écologique et économique de l'impact, entrent en jeu autant de perspectives négatives que positives : action ou réaction de la faune halieutique, changement de nature et de localisation des systèmes d'irrigation, gestion des plans d'eau nouveaux, régulation des débits, contrôle thermique, etc. Les impacts *éoliens et solaires*, outre l'espace qu'on doit leur réserver, ont sans doute moins d'effet sur

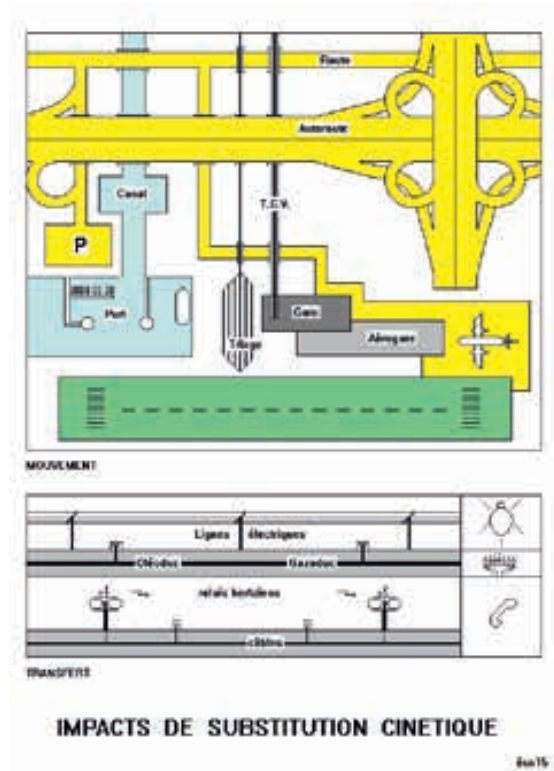
l'environnement, si ce n'est quelque souci d'ordre sonore ou esthétique, sans préjuger de leur réalité énergétique.

Quant aux **impacts miniers**, ils donnent, avec le temps, un exemple de recyclage du système, si l'on veut en tirer profit :

- *gravières*, exploitées en terrain alluvial, reconverties en plans d'eau, où la nappe phréatique se régénère par oxygénation, ou bien en parcelles d'agriculture intensive après réaménagement du sol ;
- *carrières souterraines*, ultérieurement réaffectées à des usages nouveaux (vinification, champignonnières, stockages conservatoires, habitat troglodyte, etc.), sous réserve des risques de tassement et effondrement des terrains dominants ;
- *Terrils miniers* revitalisés en « montagnes vertes »

Seuls les champs et stockages *pétroliers* confirment-ils leur stérilité biologique, dangereusement relayée par l'éventualité des marées noires, qui déplaceront l'impact vers les écosystèmes marins.

PLANCHE 15. IMPACTS DE SUBSTITUTION CINÉTIQUE



Le développement des sociétés humaines entraîne des besoins croissants de *mouvement, transfert et communications*. Il en résulte une toile de plus en plus dense d'**impacts de substitution cinétique**, dont l'emprise sur le territoire a toujours été un facteur essentiel de son aménagement, mais prend aujourd'hui une importance décisive, face aux signes d'engorgement qui se manifestent de toute part.

Quatre réseaux d'impacts intéressant le « **mouvement** » entrent en jeu :

- le *réseau fluvial* : cours d'eau, canaux, ports, réserves d'alimentation et régulation ;
- le *réseau routier* et son ampliation autoroutière ;
- le *réseau ferroviaire* et son extension *T G V* ;
- le *réseau aéronautique* : pistes et installations ;

tous confrontés au même paradoxe d'efficacité de l'usage (circulation), et de contraintes d'immobilisation (stationnement et ruptures de charge), donc voués à une même recherche d'espace nouveau, parfois surdimensionné, mais généralement rapidement saturé. (2.000.000 de véhicules nouveaux

équivalent à une pression linéaire de l'ordre de 10.000km, et spatiale de 3000 ha, à défaut de leur diaspora ... ou de leur recyclage par obsolescence programmée !)

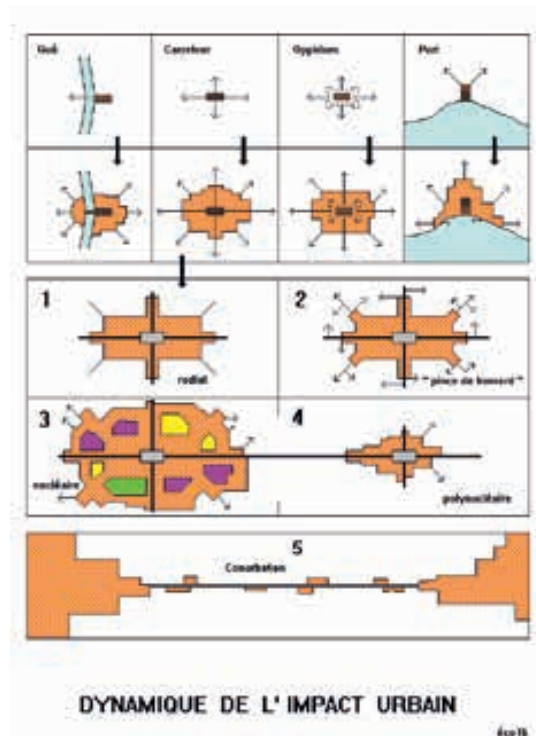
L'étalement géographique de ces quatre réseaux a deux ordres de conséquences :

- sur des surfaces toujours plus étendues, asphalte et béton annulent la possibilité chlorophyllienne des territoires. Encore heureusement négligeable à l'échelle planétaire, cet effet prend, localement puis régionalement, dans sa tendance vers l'urbanisation, des proportions suffisantes pour modifier les conditions des climats, et plus insidieusement *l'équilibre gazeux de l'atmosphère* qu'altèrent les concentrations de circulation motorisée.
- Aussi sérieux est l'effet de *cloisonnement* de l'espace naturel ou agricole, laborieusement disséqué par l'extension des réseaux en ensembles et sous-ensembles, de plus en plus restreints en surface et isolés dans leur devenir, par des barrières artificielles autrement efficaces que les barrières biogéographiques naturelles, qui avaient, en leur temps, régulé la cinétique du monde vivant.
- (Passerelles à gibier, tunnels à batraciens, rejoignent les échelles à poissons pour donner bonne conscience à tous ceux que préoccupe la désorganisation d'écosystèmes ainsi perturbés, alors que, inversement, la réalité même de la communication et des « échanges » voulus par l'homme multiplie les possibilités d'introduction de nouveaux partenaires exogènes dans ces mêmes écosystèmes fragilisés, - (phénomène qui n'est pas nouveau si l'on évoque les lapins d'Australie ou les termites de La Rochelle).

Plus subtils et, semble-t-il, tout au moins au début, moins contraignants, apparaissent les **impacts de transfert** : lignes électriques aériennes et enterrées, câbles, oléo-,gazo-,voire aque- ducs, relais hertziens et réseaux de télécommunication. C'est de leur intensification et de leur hypertrophie que naît l'inquiétude de les voir générer de nouvelles nuisances, tant esthétiques que physiologiques, sur l'environnement et la santé publique.

Les projets de large déviation kilométrique d'oléoducs «frôlant» le Lac Baïkal ou les difficultés inhérentes à l'installation, à travers les Alpes ou les Pyrénées, de lignes T H T ou de voies souterraines, sont exemples éloquents des efforts à consentir pour que la «durabilité du développement» puisse y être garantie.

PLANCHE 16. DYNAMIQUE DE L'IMPACT URBAIN



Symbole intégré de l'implantation humaine, l'urbanisation révèle, selon des axes de développement bien précis, les étapes successives de la maîtrise de l'homme sur l'environnement proche, à partir de « germes », que les hasards ou la nécessité de l'histoire ont implanté dans l'espace géographique.

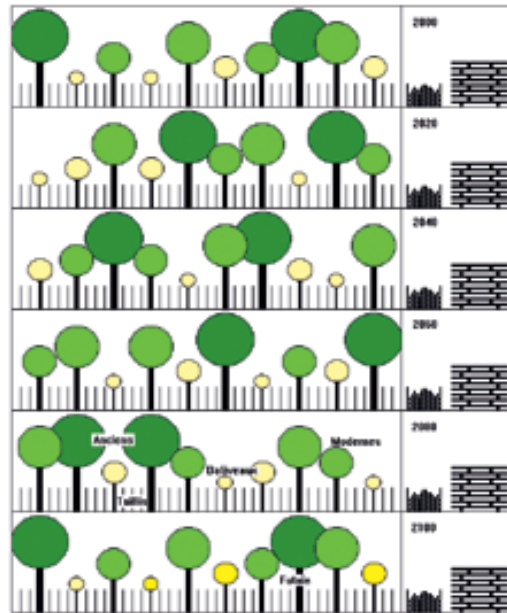
Ainsi en est-il des situations de *gué*, de *carrefour*, d'*oppidum* et de *port*, qui vont cristalliser la **dynamique de l'impact urbain sur le territoire**.

- Au *gué* succèdera la tête de pont, générant un quartier distal relayant sur l'autre rive le même développement radial que sur le noyau initial (*Avignon, Toulouse*).
- Au *carrefour*, correspond le cas le plus fréquent d'une agglomération en prise directe avec ses voisins dans leurs activités communes. On notera ainsi la fréquence de situations d'interface entre territoires à potentialités différentes (plaine-montagne, calcaire-silice, etc.).
- A l'*oppidum*, variante sécuritaire du cas précédent, l'effet radial devient déferlante à partir d'un point haut (*Laon, Carcassonne*).
- Quant au *port*, il cherche à gagner sur la mer l'extension qu'il ne peut trouver à terre (*Marseille, Monaco*).

Une analyse plus fine du développement radial en révèle le mécanisme. A l'extrémité d'axes centrifuges **(1)**, apparaissent des prolongements latéraux «*en pince de homard*» **(2)**, encerclant des noyaux d'urbanisation nouvelle, tendant à se refermer sur une structure *nucléaire* **(3)**, dont les éléments successifs pourront être datés, car ils correspondent généralement à des politiques d'implantation différentes (lotissements, grands ensembles, logements sociaux). La structure deviendra *polynucléaire* **(4)** dès que le même processus de croissance apparaîtra dans des agglomérations voisines, entraînant à plus ou moins long terme, grâce aux axes de liaison unissant les deux structures, une réalité nouvelle de *conurbation* (*Bayonne- Biarritz, Toulouse-Montauban*) **(5)**.

Ainsi s'étend peu à peu, à des cadences variables mais irréversibles, une toile urbanisée, en lieu et place de structures jadis chlorophylliennes. Deux dynamiques d'écosystèmes sont en présence. Leur gestion commune, dans une perspective de développement durable, ouvre une nécessité d'**Aménagement**.

PLANCHE 17. AMENAGEMENT FORESTIER



AMENAGEMENT FORESTIER : Taillis sous futaie
[Exemple schématisé de Développement durable]

Eca SF

Qu'est-ce donc qu'un **Aménagement** ?

Si l'on en croit les anciens dictionnaires (BOISTE 1832, LITRE 1872), le mot n'admettait qu'une seule acception : « *manière de régler les coupes d'une forêt* ». C'est au cours du XX^e siècle, et surtout après la Seconde Guerre, que le terme a explosé dans les sens les plus divers, ...de l'hydroélectricité à la salle de bains ! Faut-il y voir un simple glissement sémantique, ou bien y a-t-il, dans l'**aménagement forestier**, quelque leçon applicable à tous les autres ?

Prenons l'exemple du *Taillis sous Futaie*, mode de sylviculture fréquent dans les forêts feuillues des plaines européennes, à base d'essences « *rejetant de souche* » (chênes, charme, hêtre, etc). Dans l'exploitation d'un taillis, au pas de vingt ans, pour la production de bois de chauffage, on sélectionne des « **baliveaux** », exempts de la coupe, qui, vingt ans plus tard, donneront des « **modernes** », dominant de nouveaux baliveaux, sur un nouveau taillis à exploiter. A l'étape suivante, ces modernes deviendront des « **anciens** », susceptibles à terme d'une exploitation en bois d'œuvre. Ainsi s'établira une double structure de *futaie*, d'âge diversifié, et de *taillis* croissant à son ombre. Au terme d'un siècle, on pourra ainsi retrouver une situation analogue au plateau initial. Un tel aménagement, susceptible de contrôler l'équilibre entre production et prélèvement est en quelque sorte une préfiguration du développement durable.

Rien ne s'oppose à ce que le système évolue dans deux sens :

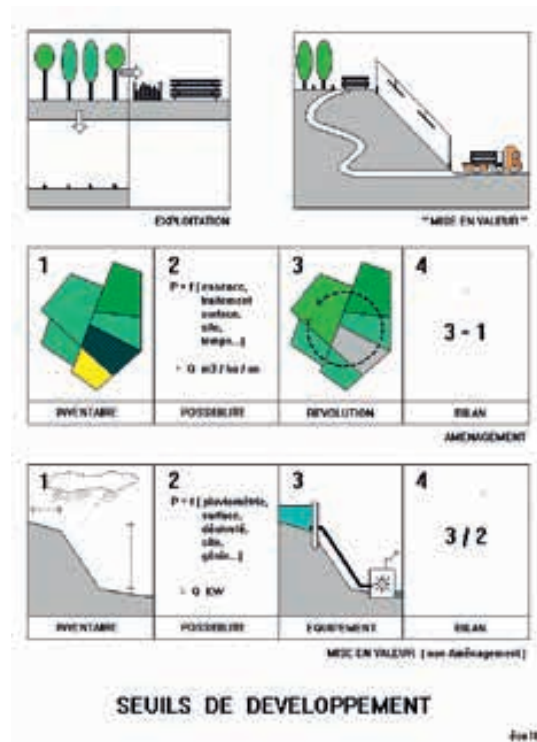
- une option « *conservatrice* » laissera prolonger l'âge des Anciens, retardant leur exploitation, mais augmentant leur qualité, ouvrant même la voie, grâce à la glandée assurée par ces « *semenciers* », à une « *révision* » de l'aménagement, par « *conversion en futaie pleine* », visant, avec la suppression du taillis, à une production ultérieure améliorée.

- une option plus agressive, générée par des besoins économiques, augmentera le prélèvement par rapport à la productivité. La futaie en fera plus ou moins les frais, car c'est sur le bois d'œuvre que s'exprime la pression la plus forte. A la limite inférieure, on obtiendrait un simple traitement de la forêt en taillis.

Dans les deux cas, la comparaison des deux états, initial et terminal, d'une « *révolution* » séculaire, permettra de juger l'efficacité du système, vis-à-vis de la maîtrise de la « durabilité » du développement.

L'aménagement forestier prend ainsi une **responsabilité patrimoniale**, - ce qui n'est peut-être pas le cas de bien d'autres « aménagements ».

PLANCHE 18. SEUILS DE DEVELOPPEMENT



Dans son intervention sur la gestion d'une ressource, l'action de l'homme passe par plusieurs niveaux :

- le plus immédiat est celui de « **l'exploitation** », sans préjuger d'autre finalité que celle de la libération d'un produit. Ainsi en est-il de l'exploitation forestière comme de l'exploitation agricole, aussi bien que celle d'un site touristique, ou, en généralisant le concept, celle de toute entreprise de base, commerciale ou industrielle.
- plus élaborée est « **la mise en valeur** », propre à améliorer la libération du produit : routes forestières et câbles de débardage, réseaux d'irrigation agricole, équipements touristiques, parcs de supermarché,... autant d'opération d'un coût relativement limité, rapidement compensé par la plus value d'accès au produit, et sans responsabilité quant à l'avenir des surfaces de terrain ainsi affectées.
- plus sérieux sera « **l'aménagement** », qui devrait prendre en compte sur le long terme les effets d'une intervention déterminante. Ainsi en serait-il de « *l'Aménagement du Territoire* », susceptible d'agir sur l'équilibre général des écosystèmes en présence.

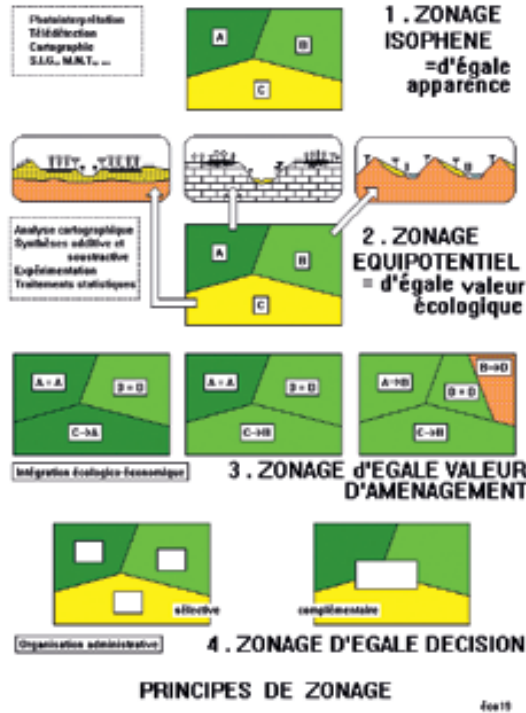
Ici, donc, faut-il réfléchir sur la valeur réelle du concept d'aménagement.

Reprenons l'exemple de *l'Aménagement forestier*. Son originalité fondamentale repose sur trois éléments : « **l'inventaire** » (1) (parcellaire, état qualitatif et quantitatif du peuplement, conditions écologiques,...) ; « **la possibilité** » (2), exprimée en m³ de bois/hectare/an, estimée pour chaque parcelle en fonction des essences, du traitement, de la surface, du site, et du temps ; « **la révolution** » (3), période de temps, de l'ordre de 100 à 150 ans, au cours de laquelle, grâce à une rotation précise, les coupes d'exploitation seront effectuées selon la possibilité, et à l'issue de laquelle un nouvel inventaire permettra de juger, par comparaison avec le premier, du **bilan** réel de l'aménagement (4). C'est ainsi que, dans une optique de développement durable, pourra être contrôlée l'évolution du patrimoine forestier, sans préjudice des opérations de mise en valeur améliorant les résultats et sous réserve de la liberté de ralentir ou accélérer la production, en jouant s'il y a lieu, au dessous ou au dessus de la productivité, mais toujours en connaissance de cause par rapport au bilan patrimonial.

Que penser d'autres types « *d'aménagements* », tel celui d'une implantation hydroélectrique en montagne. Il procède bien : d'un *inventaire* (1) (structure topographique du site, conditions environnementales) ; d'une *possibilité* (2), exprimée en kw/site/an, (fonction directe de la pluviométrie, du dénivelé, de la retenue d'eau,...) ; mais rend nécessaire un **équipement** (3), sans lequel cette possibilité ne pourrait être exploitée (barrage, conduite forcée, usine). Cet équipement a un coût, qui va déterminer le prix de l'énergie électrique désormais disponible. Le **bilan** de l'opération (4) résultera d'un simple jeu comptable visant à l'amortissement des installations. Tant qu'un tel aménagement ne prendra pas en compte, à la fois, ce qu'on faisait de cette eau électrique dans une économie montagnarde qui l'utilisait autrement - (on sait, depuis CHOUARD et LONGCHAMBON 1947, qu'un m³ d'eau en irrigation équivaut à 50 m³ turbinés en 100 m. de chute) -, et ce qu'on pourrait en faire, avec les nouvelles opportunités offertes par sa disponibilité aval, sans souci d'une responsabilité patrimoniale durable, l'opération n'aura été qu'*une mise en valeur*, non *un aménagement*.

L'exemple de la Mer d'Aral pourrait donner à réfléchir, comme cette curieuse confusion sémantique entre « *Compagnies d'Aménagement* » et « *Sociétés de Mise en valeur* », qui concourent les unes et les autres, avec les mêmes statuts, les mêmes moyens, les mêmes objectifs, à la recherche d'un même développement des ressources d'un territoire.

PLANCHE 19. PRINCIPES DE ZONAGE



Ces ressources territoriales que vise à exploiter un développement durable s'expriment dans des « *paysages* » intégrant la dynamique relative des écosystèmes naturels et artificiels occupant le terrain, selon des modèles où l'on pourra lire à la fois les antécédents de leur état et les perspectives de leur évolution. Un *zonage* objectif du territoire devrait fournir la clé de tout diagnostic d'intervention.

Avant toute chose, il est nécessaire de disposer d'une information de base, obtenue, soit par les moyens anciens de la cartographie classique, soit de mieux en mieux par un recours à la photo interprétation et à la télédétection, dans une cartographie renouvelée avec l'aide des Systèmes d'Information Géographique et des Modèles Numériques de Terrain.

Le premier niveau de zonage concernera les territoires « **d'égale apparence** » : dans ce « **zonage isophène** », strictement descriptif, apparaîtront des ensembles de paysages « **A, B, C** », dont l'image révélera à la fois l'extension géographique de chacun et son originalité par rapport aux ensembles voisins, sans préjuger des raisons qui les fondent.

Le second niveau, « **zonage équipotentiel** » précisera un diagnostic « **d'égale valeur écologique** », tant dans sa réalité que dans son aptitude à évoluer. La mobilisation de toutes les données disponibles est ici évidente, variable et plus ou moins dense en fonction du but recherché, mais toujours propre à

guider une analyse plus fine, éventuellement une expérimentation ciblée. Ces modèles de paysages pourront s'éclairer de *synthèses cartographiques* (*additives* par superposition de cartes paramétriques dont la somme nuancera le zonage ; *soustractives*, par exemple dans la recherche des sites les plus propres à une exploitation « solaire », par élimination successive des expositions défavorables, des pentes inadaptées, des types de végétation sciaphile (aimant l'ombre), etc..).

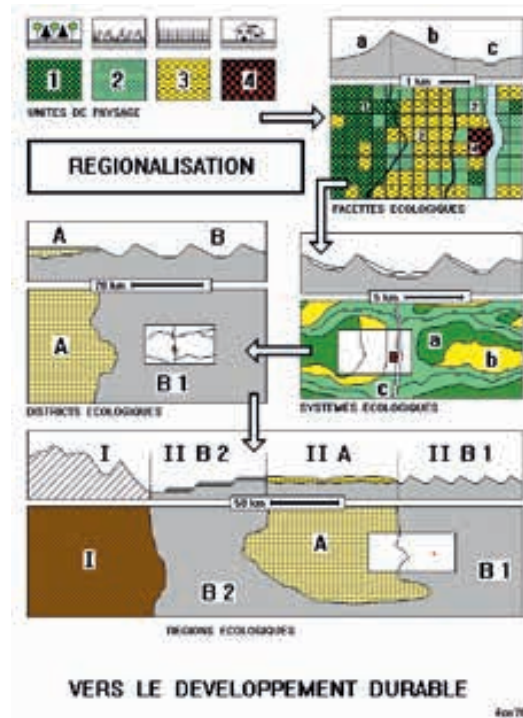
Quant au troisième niveau, prenant en compte à la fois les enseignements du précédent et les perspectives de développement souhaitées, on peut le qualifier de « **zonage d'égle valeur d'aménagement** », dans un effort d'intégration *écologico-économique*, respectant la réalité de chaque ensemble, quitte à la maintenir en l'état, à l'orienter vers le voisin, ou l'en dégager totalement. Il ne s'agit pas, dans la plupart des cas, de rechercher une substitution drastique – (sauf dans le cas « **B – D** », où une urbanisation brutale modifierait la donne)-, mais d'ajuster certaines mises en valeur au mieux des potentialités de chaque ensemble (exemple d'une culture naturelle en « **A** » qui exigerait des plans d'irrigation en « **B** » et de drainage en « **C** »).

On pourrait convenir d'un quatrième niveau : « **zonage d'égle décision** », dès qu'il s'agira de mettre en pratique *l'organisation administrative* des moyens à mettre en œuvre pour réaliser l'aménagement, et cela selon deux options:

- une option « *sélective* » limitant l'action à un territoire très précisément défini (exemple : Parc national) ;
- une option « *complémentaire* », où l'action se situe à l'intersection de plusieurs ensembles (exemple : Mission interministérielle d'aménagement d'un littoral) ;

...mais ceci dépasse le cadre de la présente étude et relève de compétences d'une autre nature que celle d'une « **écosystématique** », fût-elle appliquée.

PLANCHE 20.
REGIONALISATION ECOLOGIQUE
VERS LE DEVELOPPEMENT DURABLE



Au terme de cette réflexion qui met en jeu, pour chaque parcelle de terrain, la réalité de l'écosystème qui l'occupe entre ses antécédents et son devenir, on peut tenter, en élargissant la perspective aux dimensions d'un territoire, d'esquisser une procédure de « synthèses emboîtées », dans l'optique d'une « **régionalisation de la connaissance** », base d'une régionalisation de l'action. La planche 20 en illustre les étapes, sur l'exemple d'un espace géographique de l'ordre de 20 .000 km² : France Sud Ouest (Landes et Coteaux de Gascogne, Piémont pyrénéen)

- Tout procède de « **l'Unité de paysage** », sensible, moyennant quelques pixels sur une image de télédétection. Sont retenus ici quatre cas, parmi d'autres : « **1** » forêt ; « **2** » prairie ; « **3** » culture ; « **4** » bâti, (échelle de perception : cadastre).
- Ces unités se répartissent en proportions diverses au sein de « **facettes écologiques** », (échelle de perception : 10.000°), ici déterminées par la morphologie du terrain : « **a** » versant abrupt rive droite ; « **b** » glacis rive gauche ; « **c** » vallée alluviale. En « **a** » domineront les unités forestières « **1** », en « **b** » les cultures « **3** », en « **c** » les prairies « **2** » et l'urbain « **4** ».

- La répétition des facettes «**a, b, c**» entraîne la synthèse vers le «**système écologique**», (*échelle de perception : 25.000°*), ici structuré par la dissymétrie des vallées, générant une trilogie «**1**», très caractéristique du paysage «*coteau de Gascogne*», et différent d'un système voisin «**2**», -non représenté-, applicable au large développement de terrasses alluviales (extension de la facette «**b**») dans le modelé de piémont.
- Ces systèmes «**1**» et «**2**» se grouperont en un «**district écologique**» «**B**», (*échelle de perception : 100.000°*), au contact d'un autre district «**A**» très différent : large étendue sableuse des *Landes de Gascogne*, où la dynamique des écosystèmes se déroule selon d'autres modèles.
- Enfin, l'ensemble des districts de **piémont** («**A**» ; «**B1, B2, Bn**»), (*échelle de perception : 500.000°*), formera une «**région écologique**» «**I I**», différente, et peut-être complémentaire quant au développement, de la région «**I**» (*Front nord-pyrénéen*), où l'altitude et le modelé du relief entraînent brusquement des comportements écosystémiques d'un autre ordre.

Ainsi, **Régions, Districts, Systèmes, Facettes, Unités**, modulent-ils la hiérarchie des contrôles écologiques susceptibles d'orienter le développement, dans le respect d'équilibres réels entre écosystèmes, garants de leur durabilité. On ne saurait esquiver l'aspect un peu trop théorique de telles perspectives, qu'il n'est sans doute pas facile de mettre en œuvre dans des secteurs de forte et ancienne organisation administrative, ayant imposé leur marque depuis longtemps. Plaiderait cependant dans ce sens de nouvelle sensibilité écologique, la référence de plus en plus fréquente à la notion de «**pays**», bousculant les limites administratives traditionnelles. Par contre, en pays neuf, de telles perspectives peuvent trouver leur place : c'est le cas des régions du *Nouveau Québec* et de la «*Baie James*», où des protocoles d'aménagement ont pu s'inspirer d'une régionalisation hiérarchisée à fondements écologiques.

Loin de vouloir en toute circonstance subordonner l'économie à l'écologie, au risque de bloquer toute initiative concrète, peut-on au moins formuler le souhait qu'une certaine conscience écologique sous-tende l'action de tous ceux qui ont une part à prendre dans un développement qui, à défaut d'être *durable*, pourrait au moins être *soutenu*...Le rapport Bruntland à la Conférence de Rio parlait de «*sustainable development*». Entre «soutenable» et «durable» flotte comme un parfum de responsabilité !

PERSPECTIVES

L'explosion des moyens modernes « *d'exploitation informatique des données* » a jeté une lumière nouvelle sur la manière de décrire et interpréter les relations entre la Vie et le Milieu, qui sont l'essence même de l'Ecologie. Des protocoles de cartographie interactive jaillissent des S I G et autres M N T, mettant en jeu des associations d'informations et de croisements de variables, qu'il eut été difficile d'imaginer au temps ancien où cette science de l'Habitat, n'intéressait au début qu'une poignée de naturalistes, de géographes, voire d'ethnologues.

La donne a changé après la seconde guerre mondiale, quand l'homme a enfin pris conscience des conséquences de son action sur le milieu naturel et qu'ont vu le jour les premières préoccupations d'aménagement et mise en valeur du territoire, aussi bien que de ses ressources, renouvelables ou non, si bien, qu'entre « *La planète au pillage* » (R. CARSON 1952), qui dénonçait l'emprise exagérée de l'homme sur la vie, et le *Protocole de Kyoto* (1992), qui tente une prospective raisonnable de développement, une véritable révolution écologique s'est emparée tant des milieux scientifiques qu'économiques ou politiques, chacun d'eux s'appuyant, tout en s'en méfiant, sur les deux autres.

De ce concert généralisé, on retiendra la nécessité d'une prise en compte commune des possibilités de chacun, car il est des évidences qui tendent à s'effacer devant des perspectives de jugement que l'on pourrait croire meilleures. N'oublions pas que la végétation naturelle, ou ce qu'il en reste, est un bon intégrateur des « *données de l'environnement* » ; la correspondance entre le tapis végétal, le bioclimat, les conditions de terrain et l'impact humain est parfaitement établie. Appliquée à des cas concrets, et couplée à un réseau limité de mesures expérimentales, la « *référence végétale* » est souvent un puissant facteur d'efficacité et d'économie de moyens – (telle la *cartographie du vent* par la détection des déformations du port des végétaux (*anémomorphoses*) ou celle de la *pollution urbaine* grâce à la répartition des *lichens*, telle enfin la *cartographie électrosolaire*, fondée sur l'analyse des bioclimats)

Encore faudrait-il que tous ceux qu'a réveillés depuis trente ans la conscience écologique sachent prendre la mesure de cette intercommunication nécessaire entre les multiples disciplines associées à l'émergence de ce développement durable, objet de l'attention de tous. Faute d'un langage commun, qu'au moins chacun sache apprécier la part des autres dans la recherche de cet idéal. Ce serait le reflet d'un bon équilibre dans la vie d'un écosystème !

Depuis le 1^{er} janvier 2006, la D A T A R (Délégation à l'aménagement du territoire et à l'action régionale) est remplacée par la D I A C T (Délégation interministérielle à l'aménagement et à la *compétitivité* des territoires). Les mots

en italique soulignent un changement de cap : pluridisciplinarité de l'approche et complémentarité des objectifs. Son action s'appuiera sur un *Observatoire des Territoires*, fondé en 2005, dont les missions concernent l'exploitation de tous documents interactifs, susceptibles d'étayer tout diagnostic d'aménagement.

On peut souhaiter que soient pris en compte, avec toutes leurs possibilités d'interprétation, les enseignements tirés de la dynamique des écosystèmes, tels que peuvent les percevoir les familiers de l'observation de la nature et des impacts de l'homme sur le milieu, à charge pour eux de savoir mobiliser, à l'intention des décideurs, la masse d'informations dont ils disposent, qui mérite d'être connue du plus grand nombre d'intervenants.

Un immense effort d'intercommunication et de pédagogie mutuelle est indispensable. Ainsi, nos *générations futures* sauront-elles apprécier si notre « *développement durable* » est bien dans la ligne du « *sustainable development* » souhaité par la Conférence de RIO.



W. H. B.