

**CARTOGRAPHIE INTEGREE DU MILIEU NATUREL.
REALISATION ET UTILISATION DE LA CARTE DES PAYSAGES
A 1/50.000**

Jean-François RICHARD

ORSTOM Centre d'Adiopodoumé
B.P. V51 Abidjan
Côte d'Ivoire

et

Jean-Charles FILLERON

Institut de Géographie Tropicale
B.P. 8863 Abidjan
Côte d'Ivoire

avec la collaboration de

*KOLI BI ZUELI, S. DJIBO, I. OUSSEINI, K. SALIFOU,
J. TAPE BIDI et P. HORENT*

La nécessité d'une connaissance intégrée du milieu naturel s'impose de plus en plus. C'est particulièrement vrai en ce qui concerne les projets d'aménagement des régions tropicales. Les cas sont nombreux où, pour décider de la meilleure vocation des espaces et des terres, il faut réunir toute une somme de connaissances variées. Grands choix agricoles et pastoraux, conservation du sol, protection de la végétation... Combien d'hypothèses pourraient être levées sur ces questions de gestion et de sauvegarde de notre environnement si l'inventaire scientifique de base était plus complet ? Combien d'erreurs et même d'échecs futurs pourraient être évités si les organes de décision avaient en main, en plus de la liste des potentialités et des ressources de leur pays, la liste des contraintes et des limites imposées par la nature ?

Mais, de son côté, le milieu naturel ne se laisse pas démonter sans mal. Le paysage le plus banal est fait d'inter-relations dynamiques si multiples, si complexes, si changeantes, qu'en réalité on ne sait jamais par quel aspect il faut l'appréhender. Comment amorcer et conduire l'étude intégrée d'un milieu ? Insistons sur la difficulté de ce problème de méthode. Pour preuve : les tentatives les plus diverses se multiplient, mais bien peu de ces recherches sont menées jusqu'à leur terme et très rares sont celles qui débouchent sur des applications pratiques vraiment originales. La difficulté est si grande que certains renoncent déjà à cette "Science du Paysage" avant même qu'elle n'ait dépassé le stade de l'enfance et alors qu'elle est de plus en plus réclamée par les praticiens de l'aménagement.

On peut toutefois réserver cette problématique d'ordre très général - en retenant seulement qu'aucune solution simple n'est à espérer - et aborder la question d'une manière plus pragmatique. C'est en ce sens que depuis plusieurs années nous essayons d'élaborer une méthode de cartographie intégrée du milieu. Cette méthode a été testée par plusieurs équipes de jeunes géographes et a été appliquée aux grands types de paysages ivoiriens. Cette recherche expérimentale nous a amenés progressivement aux quelques conclusions provisoires résumées ici. (✱)

A ce programme de cartographie nous avons inscrit trois questions successives :

- une question un peu théorique, destinée à savoir qu'elles étaient les organisations naturelles qui pourraient être représentées sur les cartes,
- une question apparemment plus technique, concernant les moyens à utiliser pour dresser l'inventaire des composantes du milieu et pour en rendre compte dans la légende et la notice,
- et une question trop peu souvent posée, celle de l'intérêt pratique de ces documents cartographiques pour tous les utilisateurs potentiels.

Nous avons recherché des solutions systématiques et méthodiques, car notre objectif était de proposer une méthode de cartographie régulière, facilement reproductible aux différents paysages tropicaux et applicables aux échelles usuelles du 1 : 50.000 et du 1 : 200.000.

QUELLES ORGANISATIONS NATURELLES FAUT-IL CARTOGRAPHIER ?

Le seul fait de formuler la question du découpage cartographique de cette manière suppose l'instauration d'une perception globale du milieu dès le début des travaux. La carte ne résultera pas d'une superposition de figurés différents représentant chacun le sol, la végétation, le relief ... mais elle traduira un découpage effectué comme au couteau dans l'ensemble du paysage. En d'autres termes, au moment du dessin final, chaque unité cartographique sera affectée d'un seul figuré et représentera un type de paysage particulier.

Visées scientifiques ...

D'ailleurs, à l'instar des groupements végétaux définis par les écologues, il existe indiscutablement ce qui pourrait s'appeler des "unités de paysage". Unités plus ou moins faciles à déterminer sur le terrain. Unités de paysage qui apparaissent au premier coup d'oeil : cas des marqueteries très contrastées de milieux et de micro-milieux qui caractérisent les plateaux cuirassés ou les dômes rocheux. Unités de paysage dont les limites ne se précisent qu'avec l'application de tests statistiques

(✱) Cet article fait suite à celui publié dans le recueil "Recherche d'un langage transdisciplinaire pour l'étude du milieu naturel" (BEAUDOU et al., 1978).

d'homogénéité - hétérogénéité : cas des changements très progressifs qui interviennent le long des versants. Unités de paysage ne s'individualisant qu'après un levé systématique, une description méthodique et une typologie très fine : cas des milieux très monotones des régions forestières de plaines et de bas-plateaux.

Le problème est que ces unités ne peuvent guère faire l'objet d'une cartographie régulière. Non seulement elles ne sont pas toujours directement perceptibles sur le terrain et sur les photographies aériennes, support de l'extrapolation cartographique, mais surtout, elles sont de dimensions trop réduites pour être représentées à l'échelle du 1:200.000 et même du 1:50.000. Pour résoudre ce dernier problème en toute rigueur, il faudrait suivre un long raisonnement scientifique. A chaque fois, il faudrait définir ces unités de paysage et voir ensuite si elles ne se regroupent pas en unités plus vastes qui pourraient être, elles, réduites à l'échelle de la carte ... Pour intéressante et fondamentale qu'elle soit, on conçoit aisément qu'une recherche de ce genre ne peut être posée en préalable à ce qui devrait être une banale opération de cartographie.

... Et solutions techniques.

Il faut envisager une solution plus facile, même au risque d'introduire une plus grande part d'arbitraire dans le découpage de l'espace. La solution se trouve dans l'exercice cartographique lui-même. A regarder les différentes cartes publiées jusqu'alors - et quels que soient les principes de réalisation annoncés par leurs auteurs - on s'aperçoit que pratiquement toutes les limites des unités cartographiques se calquent étroitement sur la topographie. Que ce soient les travaux du CSIRO(*) et du DOS(**), les travaux récents des pédologues de l'ORSTOM(***) ou les travaux de l'IRAT(****), tous témoignent, implicitement ou explicitement, de l'importance déterminante du relief et du modelé dans l'organisation des paysages. Comment pourrait-il en être autrement ? Ce sont les systèmes de pente qui règlent l'écoulement et l'infiltration des eaux, les transferts et les accumulations de matière et, par là même, les densités de la végétation ... Et ce sont, de toute façon, les systèmes de pente qui sont visibles sur les photographies aériennes. Voilà un début de solution pratique au problème de la définition des organisations naturelles à cartographier. Elle signifie qu'il ne faut pas s'attarder à établir les règles internes du dynamisme des paysages, mais qu'il faut plutôt rechercher les facteurs généraux de leur répartition.

-
- (*) Un bref exposé de la méthode du CSIRO par CHRISTIAN (G.S.) et STEWART (G.A.), 1968, Methodology of integrated surveys, in Exploration aérienne et études intégrées. Acte de la Conférence de Toulouse, UNESCO, pp. 233-277.
 - (**) Voir, par exemple, BAW DEN (M.G.) et TULEY (P.), 1966. "2. The land Resources of Southern Sardauna and Southern Adamawa Provinces, Northern Nigeria" - Land Resources Division, Directorate of Overseas Surveys, England, 120p. + cartes.
 - (***) ESCHENBRENNER (V.), 1978, Etude pédologique de la région d'Odienné (Côte d'Ivoire), ORSTOM, Paris, Notice explicative n° 74, 123 p. + cartes.
 - (****) Un recueil de cartes dans *Agronomie Tropicale sér. Agron. génér.*, IRAT, Paris, n° 2-3, 1974.
et TRICART (J.) et KILIAN (J.), 1979, *L'éco-géographie, Hérodote*, Maspéro, Paris, 326 p.

C'est-à-dire cartographier les facteurs de l'organisation des paysages. Dans cet ordre d'idée, il convient de surajouter un second facteur au facteur topographique. C'est l'impact des activités humaines sur le milieu. Son rôle dans l'organisation des paysages tropicaux est de plus en plus évident mais, malheureusement, n'a pratiquement jamais fait l'objet de restitutions cartographiques. Les effets de ce facteur anthropique se voient directement, eux aussi, sur les photographies aériennes.

Un fond de carte topographique ...

Des points hauts vers les points bas du paysage, le modelé topographique est le plus souvent entrecoupé de ruptures de pente. Ces lignes d'inflexion sont des discontinuités majeures dans le paysage. D'abord d'un point de vue morphologique. Les différentes facettes qu'elles délimitent dans la topographie se distinguent aisément, chacune de ces facettes étant isomorphe. Toute une typologie détaillée de ces facettes peut même être bâtie en considérant simplement leur situation et leurs altitudes relatives, la valeur et la longueur de leur pente, leur profil en coupe et leur dessin en plan ... Ainsi, les facettes des croupes et des sommets subaplanis au dessin amiboïde auxquelles succèdent des facettes de versants aux pentes plus ou moins marquées et dont le dessin s'allonge, parallèle aux cours d'eau ... Les inflexions de la pente sont des discontinuités majeures, surtout d'un point de vue dynamique. L'interprétation est d'ailleurs presque immédiate ... Aux facettes des sommets subaplanis qui ne participent guère à l'évolution d'ensemble et qui conservent longtemps les marques d'héritages pédologiques et même botaniques, s'opposent alors des facettes de versant où la dynamique actuelle est beaucoup plus intense, érosive ou trans-accumulative selon les pentes ...

Des nuances dans la description et dans l'interprétation montrent que, tout en étant très simple à établir, une typologie des facettes topographiques est suffisamment précise et riche de signification pour servir de base à la cartographie du milieu. Ces facettes constitueront le fond de carte, les limites des unités cartographiques étant les lignes d'inflexion et de rupture de pente visibles sur photographies aériennes et contrôlées sur le terrain.

... Et une trame anthropique.

Un schéma classique veut que les activités humaines se répartissent en formant des anneaux concentriques autour des villages et qu'elles diminuent d'intensité vers la périphérie des terroirs. Là encore une typologie rapide peut être établie en distinguant les "champs de case" permanents et les friches, les "champs de brousse" et les jachères ... Chaque auréole se caractérise par un type d'utilisation du sol, par une densité et par une durée d'occupation de l'espace. Les limites sont floues, changeantes d'une année à l'autre, mais elles soulignent tout de même à grands traits une dynamique actuelle fondamentale, celle des modifications du milieu naturel par les sociétés humaines. Ces distinctions restent valables dans leurs principes, même lorsque l'organisation des paysages ne dépend plus seulement des terroirs traditionnels et qu'elle se modèle le long des pistes et des routes ou qu'elle se concentre et se fixe sous forme de plantations ou de reboisements. Cette humanisation des paysages

vient se surajouter au fond de carte topographique précédent, elle sera représentée par une trame qui atténuera ou accentuera le figuré de chaque unité cartographique.

Les exigences de l'aménagement du territoire.

En Afrique de l'Ouest, en pays de plaine ou de plateau, les organisations qui viennent d'être définies peuvent être reproduites à l'échelle du 1:50.000. Les unités cartographiques obtenues ont alors une dimension de l'ordre de la dizaine de cm², le découpage devenant plus ou moins fin selon qu'il s'applique au domaine forestier ou au domaine savanicole. Cette cartographie est suffisamment détaillée pour commencer à servir aux projets d'aménagement rural. Elle peut aider par exemple à l'implantation des types de parcelles et des grands blocs de culture industrielle. Et, si les exigences de localisation sont encore plus strictes, elle peut permettre de délimiter rapidement les secteurs qui nécessitent un inventaire plus spécialisé et des sondages systématiques à très grande échelle. Mais il existe aussi d'autres questions d'aménagement, celles des vocations agricoles et pastorales, ou, encore, celles de la protection de la nature et de la diversité des sites. Ces questions se jugent à une autre échelle. Elles exigent une nouvelle cartographie, une cartographie de reconnaissance destinée à couvrir plus rapidement des territoires plus vastes. Il faut changer d'échelle de perception ... Cartographie détaillée et cartographie de reconnaissance, aménagement local et aménagement régional : ces deux niveaux d'intervention sont fortement complémentaires et ils réclament souvent une mise en oeuvre conjointe. Entre les deux, le passage doit pouvoir se faire à volonté, comme automatiquement.

Le changement d'échelle cartographique, du 1:50.000 au 1:200.000.

Comment s'effectue ce changement d'échelle ? Prenons l'exemple du fond de carte où figure le découpage en facettes topographiques. Ces facettes ne sont pas indépendantes les unes des autres. Elles se suivent et se répètent. Facettes de sommet, facettes de versant, facettes de bas-fond, puis, de nouveau, facettes de versant identiques aux précédentes, facettes de sommet ... Cette chaîne paysagique ne se rompt qu'avec la disparition ou l'apparition d'une nouvelle facette, d'un nouveau maillon. Il s'en dégage un autre genre d'organisation naturelle, des séquences de paysages, séquences ordonnées selon la topographie d'ensemble. La typologie de ces séquences se base sur les dénivelées, les développements et la forme des interfluves ... Leur interprétation repose sur la succession et l'emboîtement des facettes qui les composent et amène surtout à reconstituer les nivellements et les entailles passées de la géomorphogénèse ... Alors que les limites des facettes sont autant de changements dans la valeur du bilan de l'eau, les limites des séquences sont des changements dans le sens et la direction de ces bilans. Ce sont les lignes de partage et de concentration des eaux, autres discontinuités majeures qui correspondent aux crêtes et aux sommets, aux cols et aux ensellements, aux talwegs et aux rivières. Ces limites dessinent alors de vastes unités synthétiques qui peuvent faire l'objet d'une cartographie régulière au 1:200.000 ou même au 1:500.000, c'est-à-dire à des échelles qui conviennent mieux aux exigences de l'aménagement régional.

Commentaire de la figure 1

LE DECOUPAGE CARTOGRAPHIQUE

Ces extraits de fond de carte ont été réalisés dans une région au relief marqué, choisie à l'Ouest de la Côte d'Ivoire (TOUBA).

En haut : carte des séquences de paysages au 1:200.000

AI : reliefs de commandement régional. Alignements de buttes et échines doléritiques, dénivelées de l'ordre de 300 m. Disposition en fer à cheval, dont on aperçoit ici la branche Sud orientée E-W.

Au Nord :

AII : reliefs de piémont. Système de petits glacis, bien individualisés, très indurés, accrochés aux reliefs précédents. Certains de ces glacis sont peut-être emboîtés, mais les niveaux sont variables et difficiles à corrélés les uns aux autres.

E : relief de "haute plaine" (Waninou) encastré entre les reliefs de commandement. Croupes subaplanies très développées à liserés indurés de sommet. Maillage hexagonal typique des roches leucocrates affleurant par place.

Vers le Sud, l'ensemble du relief constitue un système de plateaux de plus en plus disséqués, laniérés, en pente douce vers le Bafing (de 550 à 450 m) :

B : relief de glacis indurés, très développés, le plus souvent séparés des reliefs de commandement. Dans la terminologie chronologique Ouest-africaine, il s'agit peut-être du "Très Haut Glacis" (voir segment n° 9).

C : relief de glacis-plateaux en contrebas des précédents, nettement emboîtés par endroit. Les interfluves sont moins raides, moins cuirassés, mais peuvent être rattachés au niveau "Haut Glacis" (voir segment n° 10).

D : relief comparable au précédent (Ganwé), mais les plateaux se réduisent à de petites buttes chapeautant des croupes subaplanies convexes. Les sommets de ces croupes appartiendraient au niveau "Moyen Glacis" (voir segments n° 13 et 11), le niveau "Bas Glacis" se limitant à quelques pastilles de bas de versant situées aux confluences (voir segment n° 16).

En bas : carte des segments de paysages à 1:50.000.

(Exemples d'unités cartographiques, la terminologie typologique utilisée ici a été publiée in BEAUDOU *et al.*, 1978. On notera les différents types de limite correspondant à des ruptures et inflexions de pente plus ou moins marquées).

- 1 : *Supra-acroèdre* : sommets des reliefs doléritiques. Pente marquée, sub-rectiligne à concave. Passant latéralement à un *acroèdre* linéaire typique. Dynamique essentiellement érosive (roche sub-affleurante), rarement autonome (poches et fissures altéritiques).
- 9 : *Supraèdre supérieur* : sommets des glacis-plateaux cuirassés. Pente faible, sub-rectiligne. Dynamique autonome à faiblement érosive en bordure.
- 10 : *Supraèdre inférieur* : sommets des plateaux et buttes à cuirasse discontinue. Pente faible à nulle, irrégulière. Dynamique autonome à accumulative.
- 12 : *Supra-ectaèdre* : pente de raccord entre les deux segments précédents. Dynamique superficielle érosive.
- 13 : *Métaèdre* : versants liés aux segments 9 et 10, passant latéralement à un *Méta-supraèdre* puis à un nouveau *Supraèdre* (segment n° 11). Dynamique trans-accumulative puis à tendance autonome.
- 15 : *Infraèdre* : bas-fonds plans plus ou moins développés. Dynamique accumulative en partie allogène à la séquence de paysage.

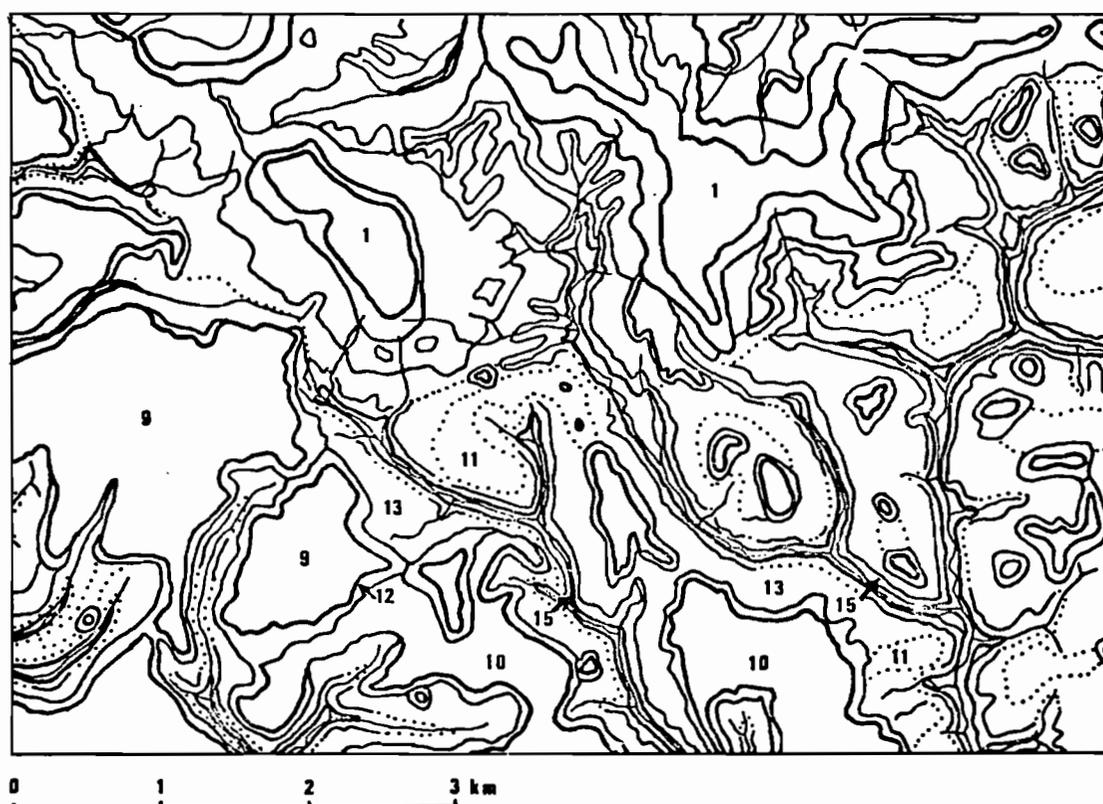
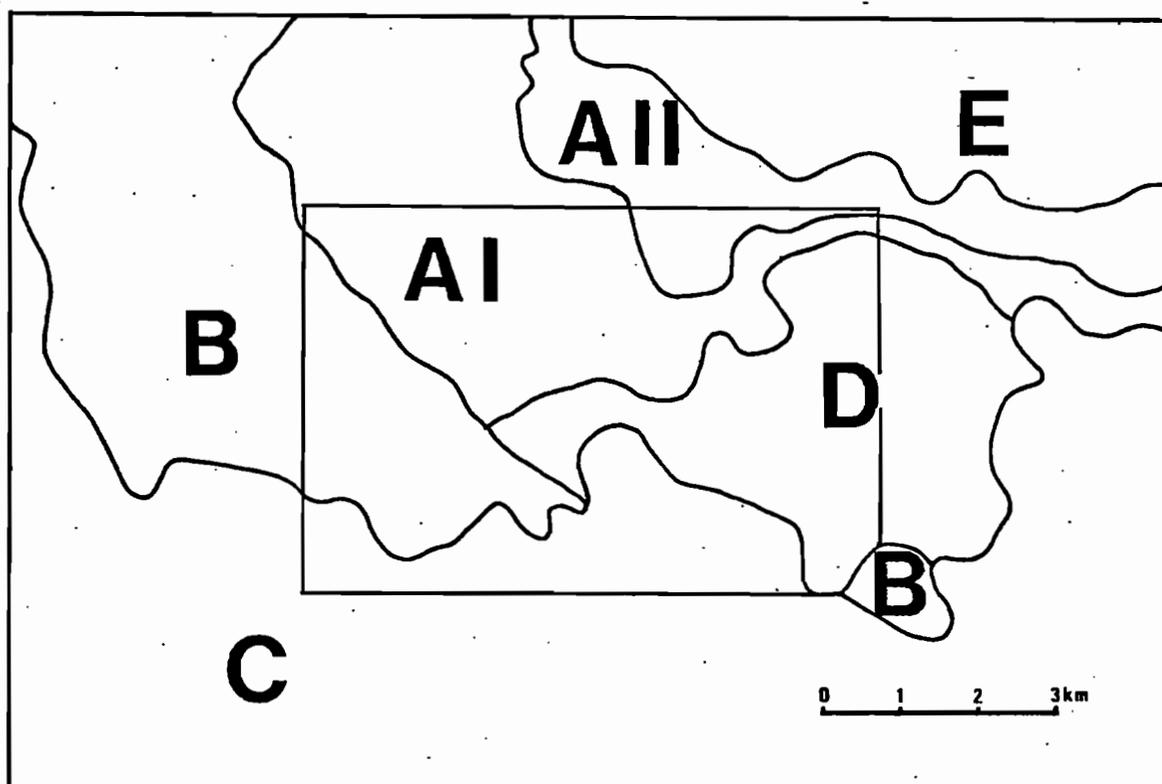


figure 1
Le découpage cartographique

Le levé cartographique systématique.

Résumons, dans une démarche inverse de la précédente, le principe de ce changement d'échelle. Les unités cartographiques du 1:200.000, les *séquences de paysages*, sont constituées par l'association ordonnée des unités cartographiques du 1:50.000, organisations qui apparaissent alors comme des *segments de paysages*.

Ce découpage cartographique emboîté détermine les techniques du levé cartographique. Brièvement. Un pré-découpage en segments effectué sur photographies aériennes permet de choisir les séquences les plus typiques qui peuvent aider à la compréhension de la dynamique et de la génétique des paysages. Ces premières observations sont ensuite complétées par un échantillon à vocation plus statistique, réparti plus uniformément sur toute la carte et stratifié selon les différents types de segments. Enfin, chacune de ces observations s'applique à un milieu naturel de référence en plein développement, mais elle est doublée par une série de relevés partiels réalisés aux différents changements d'état saisonniers et aux différents stades et degrés d'humanisation.

Avec ce système d'échantillonnage des milieux, on peut aborder la deuxième question de notre programme de cartographie, celle visant à définir un "contenu", les unités cartographiques précédentes faisant office de "contenant".

COMMENT DRESSER L'INVENTAIRE DES COMPOSANTES DU MILIEU ?

Autant la question quelque peu théorique des organisations de paysages semble devoir trouver des solutions faciles à mettre en oeuvre, autant la question apparemment plus technique de l'inventaire des composantes du milieu va se révéler difficile à résoudre dans la pratique.

Dans les pages précédentes, nous avons presque indifféremment utilisé les expressions d'"étude globale" et d'"étude intégrée". A vrai dire, ces deux termes ne se recouvrent pas entièrement. D'ailleurs le premier provient plutôt de disciplines comme la géographie ou l'écologie et le second trouve surtout son origine dans les projets de recherche multi-disciplinaires. A caricaturiser ces deux positions, on aboutirait, dans le premier cas, à une analyse un peu superficielle du milieu et, dans le second cas, à une analyse un peu désordonnée. Nous pensons que c'est ici que réside la cause essentielle de l'échec reconnu des études de synthèse, l'absence de concordance entre une perception globale du milieu et une analyse intégrée - il faudrait dire intégrable - de ses composantes.

D'un cadre de référence global ...

Le cadre de référence c'est en quelque sorte la *méthode* à suivre pour décrire le milieu naturel. Mettons la en évidence dans deux exemples bien connus des naturalistes. Dans le "relevé méthodique de la végétation et du milieu" préconisé par le CEPE(*), ce cadre de référence est défini dans une série de fiches à remplir sur le terrain. Fiches intitulées "identification du relevé et caractères régionaux et climatiques", "analyse phytosociologique", "caractères externes du substrat de la végétation"... Dans le dernier glossaire publié par I et B(**), ce cadre de référence est tout simplement constitué par une suite de chapitres regroupant les données concernant "l'environnement climatique", "l'environnement géomorphologique", "l'environnement végétal" ... Les subdivisions de ces chapitres sont laissées au libre choix de chaque spécialiste ... La méthode devient alors de plus en plus formelle. Elle reflète plus le découpage inter-disciplinaire des connaissances et les préoccupations de chaque discipline qu'une perception d'ensemble du milieu.

Un retour à une banale objectivité est nécessaire. Il faut laisser au milieu naturel lui-même le soin de proposer son propre fil directeur et ses propres règles de pondération. Pourquoi pas un cadre de référence concret ? Rien n'empêcherait de l'utiliser pour exprimer nos connaissances et il serait bien plus pratique au moment de l'observation et de la description. Ce cadre de référence provient de l'organisation fondamentale du milieu naturel, il se voit facilement et résulte de la simple disposition stratifiée de ses principales composantes. Il suffit de systématiser cet autre mode de découpage, d'ailleurs bien connu des botanistes et des pédologues de terrain. Notre glossaire devient alors le profil complet du milieu, depuis le toit de la végétation jusqu'au front d'altération des roches. Nos têtes de chapitre deviennent ces quelques grands ensembles caractérisés par la végétation ligneuse, la végétation herbacée, la surface du sol, le sol et les formations superficielles. Nos rubriques ou nos fiches de description deviennent plus précisément ces strates ou inter-strates végétales, ces placages ou accumulations à la surface du sol, ces horizons ou sous-horizons du sol ... Ce schéma intégrateur nous servira de guide aussi bien pour décrire le milieu que pour traiter l'information récoltée.

... A la recherche d'un système d'analyse intégré.

Le système d'analyse, c'est le *moyen* de décrire le milieu naturel. En fait, dans les deux méthodes de description précédentes, ce sont des moyens très variés qui sont utilisés en même temps : comptages, mesures, évaluations, analyses chimiques, détermination des espèces végétales, dénomination des formes et des couleurs ... Ces données élémentaires sont méthodiquement notées et codées. Ainsi, dans les glossaires préconisés par I et B, on relève : "(structure du sol) particulière, massive, fragmentaire ... (Racines) fines, moyennes, grosses, fines et moyennes..."; (Forme longitudinale du versant) concave, convexe, concavo-convexe ... (Chronologie de la forme de relief) antéquaternaire, quaternaire récent...";

(*) "Code pour le relevé méthodique de la végétation et du milieu", 1968, CEPE, CNRS, Paris, 292 p.

(**) "Glossaire de pédologie. Description de l'environnement en vue du traitement informatique", 1971, Informatique et Biosphère, Paris, 172 p.

"(Adaptation de la flore) au facteur acidité, au facteur humidité ... (D'après la présence de) *Scirpus caespitosus*, *Eriophorum vaginatum*, *Drosera rotundifolia* ...". Pour un tel inventaire il faudrait ... être à la fois très bon pédologue, très bon géomorphologue et très bon botaniste. Sinon, deux remarques d'ordre pratique s'imposent. La première concerne l'hétérogénéité des observations. Certaines sont des diagnostics qui demandent une synthèse de faits élémentaires, d'autres sont une simple notation de présence-absence. Certaines sont purement descriptives, d'autres sont déjà très interprétatives. Certaines nécessitent un appareillage de mesure, d'autres font appel à des connaissances très spécialisées ... La deuxième critique, la plus péremptoire, porte sur la longueur de ce système de description. L'expérience n'a sans doute jamais été tentée, mais combien de temps faudrait-il pour relever plus de 600 variables en milieu de forêt dense tropicale ? Tout ceci sans pouvoir décider d'un ordre privilégié de difficulté et de précision dans l'observation. C'est à dire sans pouvoir simplifier la description, à moins de supprimer purement et simplement des données dont certaines auraient pu se révéler importantes.

Données hétérogènes trop nombreuses : on ne peut espérer les intégrer après coup dans une vision d'ensemble du milieu.

Un point de méthode particulier : la diagnose des composantes du milieu naturel.

C'est pour surmonter ces deux dernières difficultés pratiques qu'un effort de concertation a été engagé entre différents spécialistes du milieu naturel. Les motivations et les résultats de cette recherche ont déjà été publiés à plusieurs occasions. Rappelons seulement qu'un accord a été réalisé pour définir de la même manière toutes les composantes du milieu, que ces composantes soient d'origine biotique, organique ou minérale. Cet accord a conduit à élaborer un moyen de description unique : le diagnostic typologique. En quelques mots : chaque diagnostic s'applique à une composante bien caractéristique et c'est la combinaison des diagnostics qui permet de rendre compte des mélanges et des juxtapositions si fréquents dans la nature. Ce qu'il faut souligner, c'est que ces diagnostics s'appliquent à des "matériaux" tangibles, définis par leur morphologie, un peu comme les briques, les pierres et les poutres qui rentrent dans l'architecture d'une maison ... Pour leur mise au point, ces diagnostics ont nécessité des recherches particulières en pédologie (CHATELIN et MARTIN, 1972), en botanique (GUILLAUMET et KAHN, 1979) et au niveau de l'ensemble du milieu naturel (RICHARD, KAHN et CHATELIN, 1977). L'utilisation de ce nouveau système d'analyse a permis de développer une méthodologie de la recherche multi-disciplinaire et a donné lieu à de premières applications originales (BEAUDOU *et al.*, 1978).

Ces diagnostics imposent un apprentissage souvent laborieux car ils recouvrent en fait toute une somme de connaissances sur les milieux tropicaux. Mais, ensuite, sur le terrain, porter un diagnostic c'est se limiter à une identification quasi immédiate. L'ensemble de ces diagnostics typologiques constitue alors autant un *moyen* d'intégration des connaissances qu'un *outil* de description rapide.

Le relevé méthodique du milieu.

Devant un paysage, la transcription méthodique des diagnostics typologiques est une solution pratique pour décrire les différents milieux observés.

D'abord ces diagnostics comptabilisent la totalité des composantes visibles du milieu dans un ensemble homogène. Une première série de diagnostics, les diagnostics primaires, effectue les principales distinctions parmi toutes ces composantes. Une deuxième série, les diagnostics secondaires, précise cette typologie du point de vue de l'architecture, du modelé ou de la structure de la composante, selon qu'il s'agit de la végétation, de la surface du sol ou du sol. Une dernière série, les diagnostics complémentaires, regroupe des données spécifiques de la botanique, de la géomorphologie et de la pédologie ; c'est un niveau d'observation beaucoup plus spécialisé qui doit être élagué en fonction des objectifs de la cartographie.

Le deuxième avantage des diagnostics typologiques est encore plus intéressant. Il tient à la structure ordonnée et emboîtée de la description à partir des diagnostics primaires. Si l'on se limite à ce premier niveau de diagnose ou si l'on applique successivement tous les niveaux de diagnose et toutes les combinaisons possibles entre les diagnostics, la description d'un même milieu de forêt dense humide prend moins d'une heure ou peut durer près de trois jours. La base de départ étant inchangée, on peut gagner en temps ou gagner en précision - les relevés restant finalement comparables au niveau des composantes majeures. Rapidité ou finesse dans l'analyse du milieu : le choix est possible et répond parfaitement aux exigences d'une cartographie opérationnelle à plusieurs échelles, cartographie de reconnaissance ou cartographie détaillée.

Sur le terrain, pour chaque unité de paysage ou pour une superficie jugée relativement homogène, on repère systématiquement les strates, les couches et les horizons successifs et on identifie progressivement les composantes de ces volumes en notant méthodiquement les proportions de chaque élément de diagnostic rencontré.

La typologie des milieux.

Le relevé méthodique du milieu présente l'inconvénient d'être très fastidieux, ce sont toujours les mêmes observations qui doivent être constamment répétées ... Mais il trouve sa justification dans l'élaboration de typologies d'ensemble rigoureuses.

Les légendes de la plupart des cartes du milieu publiées jusqu'alors ne traduisent guère de telles typologies. Confiant dans leur connaissance du terrain, les cartographes effectuent souvent à discrétion leurs propres classifications. Il est pourtant des cas où ces classifications presque intuitives sont très discutables. C'est l'exemple, déjà cité, des régions de forêt dense humide où les paysages sont très monotones, tant du point de vue de la végétation que du point de vue du modelé ou des sols. La carte en est réduite à figurer de vastes unités plus ou

Commentaire de la figure 2

METHODE ET MOYEN D'ANALYSE DU MILIEU

Schématisation d'un profil vertical du milieu naturel. A gauche, le cadre de référence inspiré du concept de *géosystème* élaboré par les géographes soviétiques. A droite, le système descriptif constitué de diagnostics typologiques spécialisés (botaniques, géomorphologiques et pédologiques).

Méthode d'analyse du milieu. Dans un premier temps, découpage systématique en strates, inter-strates, couches, atterrissements, horizons ... polysémie réduite ici sous le terme *hoplexol*. Ces *hoplexols* sont repérés et numérotés par rapport à la surface du sol (ho) : $h + 1, h + 2 \dots h + m$ et $h - 1, h - 2 \dots h - n$. Dans un second temps, ces volumes élémentaires sont réunis dans des enceintes plus vastes correspondant sensiblement aux notions de "formation végétale ligneuse" (*supraplexion*), "formation végétale herbacée" (*métaplexion supérieur*), "surface du sol" (*métaplexion strict*), "sol" (*métaplexion inférieur*) et "formations superficielles" (*infraplexion*). Dans un dernier temps, c'est l'ensemble du milieu qui est ainsi reconstitué. On remarquera la grande importance accordée à la "surface du sol", interface où se situe un maximum de processus très significatifs de la dynamique du milieu.

A l'échelle stationnelle, ce découpage peut faire l'objet de modélisations thermodynamiques basées sur la mesure des masses et des énergies des composantes. A l'échelle régionale, il est rempli par les diagnostics typologiques.

Moyen d'analyse du milieu. En lettres majuscules, les diagnostics primaires. Ces diagnostics définissent tout corps naturel qui s'individualise, se différencie morphologiquement, dans l'espace et dans le temps. On remarquera ainsi qu'ils peuvent s'appliquer à des composantes aussi banales que les troncs ou les grosses branches apparentes (*stylagé* et *den-drigé*) et à des composantes temporaires (*gramen*). Mais ils peuvent aussi recouvrir des néologismes scientifiques, comme les notions de modèle de croissance et de réitération des végétations ligneuses (*prophyse* et *paliphyse*), ou encore des composantes bien connues mais qui ont subi de nombreuses vicissitudes et confusions de langage (*structichron* et *stérite*). L'élaboration de ce vocabulaire descriptif a été aussi l'occasion d'une remise en ordre de nos connaissances sur les milieux tropicaux ... Matériaux de construction du paysage, ces corps naturels peuvent se trouver en mélanges intimes ou en juxtapositions de phases plus ou moins complexes : tout ceci est rendu par une terminologie adéquate (*dermilite épilique* et *gravolite à phase stéritique*). Au total, il existe une quarantaine de diagnostics de ce genre qui, s'appliquant à des corps tangibles et pouvant se combiner les uns les autres, permettent de décrire aussi bien un *hoplexol* qu'un segment ou une séquence de paysages.

En lettres minuscules, les diagnostics secondaires et complémentaires. Ces diagnostics précisent les identifications précédentes. Ils sont encore inégalement élaborés. Exemples du *prophyse érécloïde* ou *dictyoïde*, ces termes se rapportant à des types d'architecture de croissance végétale, et du *structichron anguclode* ou *alioatode*, ces termes se rapportant à des types de structures pédologiques. Rien n'empêche de poursuivre l'analyse des composantes du milieu en utilisant les termes de la description élémentaire (*rouge* ...) ou même des résultats de laboratoire (*argileux* ...).

METHODE D'ANALYSE DU MILIEU.....ET.....MOYEN D'ANALYSE DU MILIEU

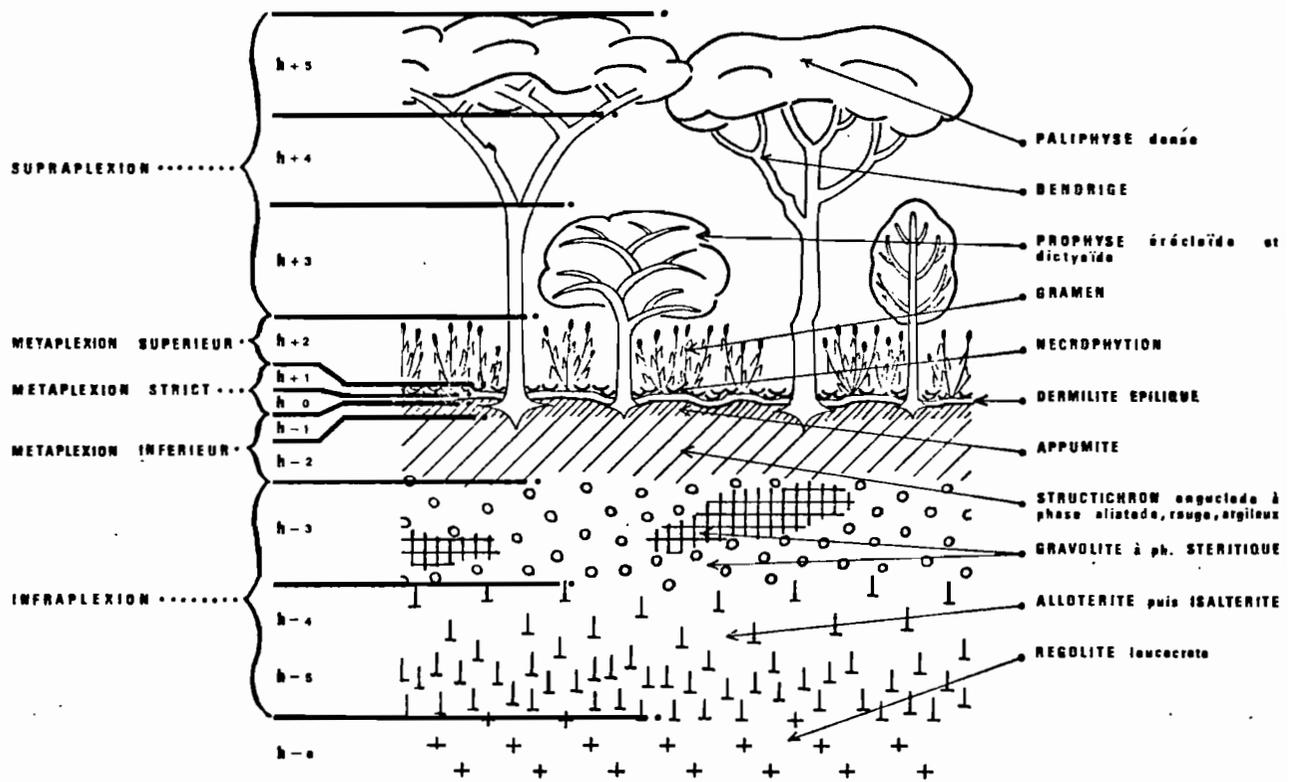


figure 2

Méthode et moyen d'analyse du milieu

moins différenciées. Le cartographe lui-même est incapable de mettre en évidence des discontinuités plus fines.

Et, même lorsque le paysage est plus diversifié que celui de la forêt dense, un traitement plus minutieux des relevés de terrain se révèle utile. Il permet d'aborder les deux questions les plus délicates de toute démarche cartographique.

La première est celle de la synthèse et de la restitution de l'information recueillie sur le terrain. Les techniques modernes de traitement des données fournissent le moyen de condenser les nombreuses descriptions sans négliger aucune observation. En analyse factorielle par exemple, ce sont *tous* les relevés et *tous* les diagnostics qui sont pris en compte pour définir des types de milieu et pour hiérarchiser leurs critères de classification. Chaque type de milieu regroupe plusieurs relevés dont le degré de similitude et de variabilité est constamment contrôlable aussi bien par le réalisateur que par l'utilisateur de la carte. Un type de milieu remplace le "milieu type", exemplaire, dont le choix ne pouvait être qu'arbitraire. Il n'y a plus de perte d'information, mais seulement une réduction de l'information. Tout est fourni au lecteur. Aucune observation, aucun relevé, ne seront inutiles et ne retomberont dans l'oubli ...

La généralisation cartographique.

Le second obstacle rencontré par le cartographe mériterait à lui seul un exposé particulier puisqu'en principe c'est dans sa résolution que doit se justifier toute démarche cartographique. Ce problème, c'est celui de la validité de la généralisation cartographique. C'est à lui que se rattache la majeure partie des questions qui préoccupent ceux qui sont chargés d'un aménagement régional. Où faut-il implanter une parcelle d'expérimentation ? Quelle est la représentativité d'une étude de cas ? Comment extrapoler les résultats d'une mise en valeur ponctuelle ? ...

La variété des milieux, leur hétérogénéité, empêche toute réponse immédiate.

Il faut d'abord savoir que le traitement d'un grand nombre de données introduit le quantitatif dans ce qui est au départ observations qualitatives (A cet égard, et pour autant que nous puissions juger des méthodes mathématiques à notre disposition, c'est l'analyse des correspondances qui convient le mieux au traitement des données sur le milieu car elle a été spécialement conçue pour comparer des comptages et des fréquences^(*)). C'est la répétition systématique de ces observations qui prend valeur de mesure ... Chaque type de milieu étant défini par un grand nombre de diagnostics morphologiques, on est en droit de lui rapporter les données très analytiques qui ne peuvent être chiffrées que sur un petit nombre d'échantillons. Les différences entre les types de milieu étant mesurées avec précision, on peut, sans trop de risque de se tromper, extrapoler à des échelles régionales les résultats des essais et des tests

(*) BENZECRI (J-P.) *et coll.*, 1973, L'analyse des données, 1. La taxinomie, 615 p. et 2. L'analyse des correspondances, 619 p., Dunod, Paris.

effectués à l'échelle d'une station ou d'une parcelle ... A nouveau apparaît la question du passage entre l'aménagement local et l'aménagement régional. Ici, elle est abordée par le biais d'un traitement rigoureux des données qui permet, seul, de généraliser et d'extrapoler des résultats isolés et ponctuels.

La légende et la notice de la carte reposent sur cette typologie des milieux. Typologie qui s'effectue en plusieurs temps. Au niveau des strates et des horizons d'abord, en tenant compte des proportions entre les différentes composantes du milieu. Au niveau des unités de paysage ou même des segments et des séquences de paysages ensuite, en utilisant cette fois les proportions et les développements des différents types de strates et d'horizons.

✕

✕

✕

Disposant d'une typologie des milieux à plusieurs niveaux taxonomiques et de fonds de cartes à plusieurs échelles emboîtées, il est facile d'imaginer le stade final de notre méthode de cartographique. Il consiste en une sorte de projection des résultats de la typologie sur le découpage cartographique. Chaque unité, segment ou séquence, reçoit un figuré exprimant les différents types de milieux que l'on peut y rencontrer.

En résumé, nos cartes superposent trois séries d'informations : une analyse topographique plus ou moins serrée, où s'inscrit une typologie approfondie des milieux naturels, à son tour modifiée par la trame des activités humaines.

✕

✕

✕

Mais le lecteur risque de s'y perdre. De telles cartes intéressent surtout des disciplines comme la géographie ou l'écologie générale. Dans la pratique, elles sont d'un emploi mal aisé, elles nécessitent un recours permanent aux détails de la notice. Excès peut-être inverse de la dispersion multi-disciplinaire, elles concentrent une information trop dense. Il n'est pas impossible toutefois de couper dans cette somme d'information, de la stratifier. A partir des données de base figurées

sur la carte intégrée, on obtient alors des cartes thématiques sur la végétation, le modelé, les sols ... ou encore des cartes dérivées, plus interprétatives mais répondant plus directement à des questions précises d'aménagement.

COMMENT UTILISER LA CARTE INTEGREE DU MILIEU NATUREL ?

Avant de prendre un exemple concret, il convient de revenir sur un autre point de méthode particulier qui montre dans quel esprit nous avons abordé la dernière question de notre programme de cartographie.

Un autre point de méthode particulier : la transcription des composantes du milieu.

En conclusion à l'accord inter-disciplinaire évoqué plus haut, chaque composante du milieu, ainsi d'ailleurs que chaque organisation naturelle remarquable, a été affectée d'une étiquette. Chaque diagnostic s'est ainsi traduit par un terme scientifique inédit. Pourquoi ce nouveau vocabulaire ?

Encore une fois, nous n'évoquerons pas les raisons fondamentales qui peuvent pousser subitement à utiliser d'un seul bloc tout un nouveau langage en sachant très bien que l'on court le risque de devenir ésotérique ou de prêter à l'ironie. Ces motivations, on les trouvera dans les publications déjà citées et surtout dans le travail de réflexion de Y. CHATELIN (1979). Nous choisirons plutôt un cas précis, dont on excusera le détail - il prend ici valeur de démonstration.

Pour le pédologue de terrain, le *structichron* est un matériau de couleur généralement uniforme et très vive, jaune, rouge, beige ou ocre, couleur quelquefois plus terne, assombrie dans sa totalité ou sous la forme de traînées peu contrastées. Ce matériau a une texture fine et homogène et, surtout, il présente des structures d'ensemble qui ne rappellent en rien celles des premiers produits d'altération de la roche-mère : structure *anguelode*, où les agrégats individualisés ont des arêtes anguleuses, structure *aliatode*, constituée de micro-agrégats denses et résistants ... Ce *structichron* peut se trouver en phase dans un *altérite*, il peut passer progressivement à un *psammiton* ou il peut servir de matrice à un *gravolite* : l'identification n'en est pas moins toujours immédiate.

Lors d'un cours théorique sur les *structichrons*, on fera une mise au point sur les hypothèses actuelles de leur formation. On expliquera ce qu'est la pédoplasation, fractionnement très poussé des minéraux phylliteux, et l'on fera remarquer que ce processus essentiel se double d'une pédoturbation due aux brassages par la faune du sol et, quelquefois, d'une légère humification. Une argilification importante, qui peut d'ailleurs être en partie allochtone, explique l'apparition de structures pédologiques originales dont les processus de formation sont encore discutés : mécaniques, géochimiques, organiques ou même biotiques ... Le cours pourra se conclure sur l'écologie et la géographie des *structichrons*, en distinguant les *structichrons* jaunes de la zone équatoriale et les *structichrons* rouges de la zone tropicale humide, les *structichrons* argileux des niveaux géomorphologiques anciens et les *structichrons psammitiques* des bas de versant ...

A la fois outil de description et moyen d'intégration des connaissances, nous avons déjà souligné cette double faculté des diagnostics typologiques. Mais le terme *structichron* recouvre aussi une réalité pratique. Maintenant, l'important est que l'utilisateur de la carte peut comprendre tout autre chose, surtout s'il s'intéresse au problème de la mise en valeur des terres.

Un *structichron*, c'est un horizon argilo-sableux ou sablo-argileux ; meuble et aéré, il ne présente aucun obstacle mécanique ; sa fertilité peut être précisée pour les quelques variantes majeures actuellement reconnues par les pédologues ; sa perméabilité, sa stabilité et sa cohérence, souvent assez bonnes, varient selon les types *anguclode*, *aliatode* ...

Entre le cartographe, le professeur et le praticien, le diagnostic *structichron* fonctionne très exactement comme l'élément d'un *code spécifique*. Chacun le perçoit différemment et n'en retient que l'information désirée ... Les codes utilisables pour transmettre une information sur le milieu sont nombreux, cela va de la plus simple notation du fait brut jusqu'aux classes des taxonomies universelles les plus élaborées. N'entrons pas dans une discussion sur le bien fondé de ces moyens d'expression. Simplement, notre discours sur le "structichron" aura peut-être réussi à montrer qu'entre le trop élémentaire pour être dit et le trop synthétique pour être vu, il y avait place pour un système de symboles capable de s'enrichir de signification et d'enseignement tout en restant lié à des corps naturels bien délimités.

Cette digression un peu longue nous a semblé devoir être faite. Le choix d'un code de transcription des données sur le milieu est un choix essentiel. C'est la richesse du code retenu qui déterminera le nombre et la valeur des applications possibles du travail réalisé par le cartographe.

✖

✖

✖

L'érosion du sol sous l'effet du ruissellement est une des préoccupations premières de l'aménagement rural. De nombreuses études sont consacrées à ce grave problème, mais elles sont loin d'en avoir abordé tous les aspects. Pour notre part, nous nous proposons de montrer comment on peut essayer d'extrapoler les résultats des recherches expérimentales sur le ruissellement et l'érosion et comment la cartographie intégrée du milieu naturel pourrait alors aider à la conservation des terres.

La démarche suivie se décompose en trois parties. Une phase préliminaire d'interprétation des données recueillies lors de la cartographie, cette élaboration des données se fait en fonction du problème posé. Une phase intermédiaire, où nous n'avons pas à intervenir, celle de l'analyse des données. Une phase finale d'interprétation et de présentation des conclusions de l'analyse. On verra que cette démarche aboutit à deux applications pratiques complémentaires. La première est une liste des actions anti-érosives les plus urgentes à entreprendre sur le milieu. La seconde est une carte de la susceptibilité des paysages à l'érosion du sol. C'est dire qu'au total, notre démarche permet de localiser avec précision un certain nombre d'aménagements destinés à freiner le processus de la dégradation des terres.

Pour cette application, nous avons retenu l'étude détaillée d'un petit secteur-échantillon du Nord de la Côte d'Ivoire, dans une région particulièrement soumise à l'érosion des sols, la zone de peuplement dense autour de Korhogo.

Cet exemple d'utilisation de la carte du milieu naturel nous est apparu suffisamment démonstratif pour justifier quelques remarques méthodologiques plus générales et, par là, pour mettre en retrait les détails techniques concernant le cas particulier de l'érosion.

Nous procéderons dans l'ordre du traitement des données et d'interprétation des résultats de l'analyse.

Un problème d'aménagement rural : l'érosion du sol.

- 1) *L'exposé précis du problème d'aménagement : les facteurs élémentaires de l'érosion du sol.*

D'une manière générale, dans un tout premier temps, il convient de faire la liste des potentialités et des contraintes naturelles dont dépend la réussite du projet d'aménagement. Ce travail préalable s'effectue en questionnant les praticiens et les spécialistes du projet.

Si nous avons retenu l'exemple de l'érosion du sol parmi tant d'autres possibles, c'est que les facteurs en cause font effectivement appel à une connaissance globale du milieu. D'après plusieurs auteurs, et notamment d'après E. ROOSE(*) qui a testé en Afrique de l'Ouest l'équation de prévision des

(*) ROOSE (E.), 1977, Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest. ORSTOM, Paris, Travaux et documents n° 78, 108 p.

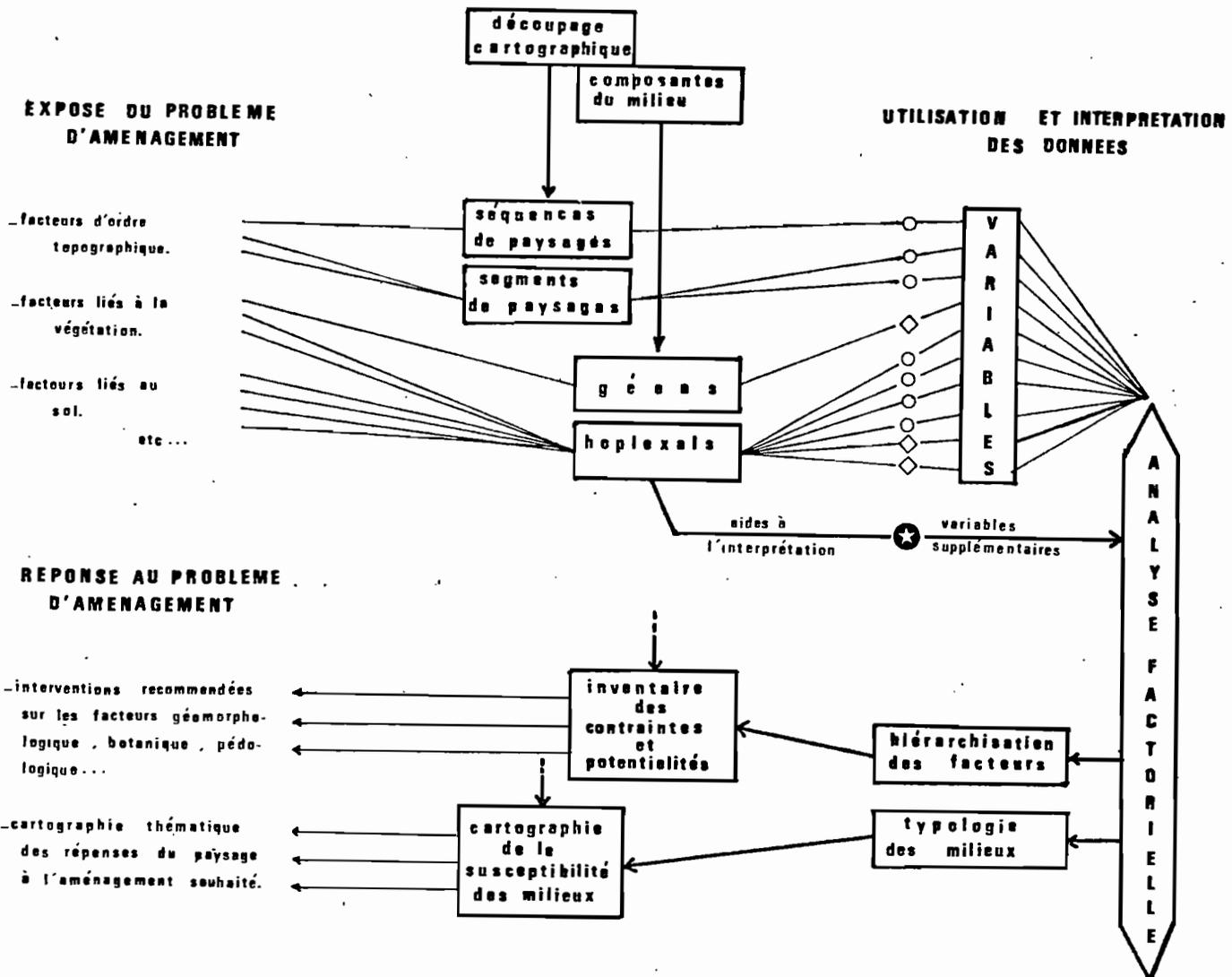


figure 3

Modèle d'utilisation des cartes intégrées du milieu naturel
(commentaire dans le texte)

pertes en terre de WISCHMEIER, l'ablation superficielle des sols est due à trois groupes de facteurs - si l'on exclut évidemment le facteur premier, l'agressivité climatique, considéré comme invariable pour le secteur étudié.

- un facteur topographique : l'érosion augmente très rapidement avec la valeur de la pente, la longueur de la pente et, quoique moins précisément, avec la forme convexe de la pente.

- un facteur sol : l'érodibilité du sol augmente avec le pourcentage de sables, elle diminue avec les teneurs en limons et en matière organique ; elle diminue aussi avec la stabilité de la structure pédologique et avec la perméabilité. Tous ces facteurs, d'après J. COLLINET (*comm. or.*), n'intervenant que pour les tout premiers centimètres du sol.

- un facteur végétation, moins bien caractérisé par les auteurs cités, et pour lequel nous ferons intervenir trois facteurs élémentaires susceptibles de protéger le sol contre l'érosion pluviale : le couvert végétal total, pérenne et saisonnier, le maximum de recouvrement observé par strate et la proximité de cette strate par rapport à la surface du sol. Ces deux derniers facteurs étant probablement en corrélation avec la diminution de l'énergie mécanique des pluies.

Nous avons retenu ces facteurs élémentaires de l'érosion parce qu'ils ont été établis sur des bases expérimentales. D'ailleurs nous vérifierons leur validité générale. Mais il n'empêche que dans le détail ils mériteraient d'être largement discutés. Nous aurons l'occasion d'y revenir.

2) *La constitution d'une base de données sur le milieu : la recherche des facteurs élémentaires de l'érosion du sol.*

Les potentialités et les contraintes à l'aménagement une fois définies doivent être recherchées dans les données recueillies lors des levés cartographiques et des relevés du milieu. Deux questions guident cette recherche : à quelle échelle d'observation et à quel niveau de diagnose se situent ces potentialités et ces contraintes ?

Les facteurs élémentaires précédents interviennent tous en même temps dans le processus de l'érosion, mais les données auxquelles ils correspondent ne s'obtiennent pas toutes à la même échelle d'observation. Ainsi, la longueur de la pente est une grandeur qui s'apprécie à l'échelle d'une partie ou de la totalité de la séquence de paysages. La valeur et la forme de la pente sont des caractéristiques du segment de paysages. Le couvert végétal total est obtenu en considérant toute la tranche supérieure de l'unité de paysage. Les autres données sont à rechercher au niveau le plus fin, celui de la strate, pour le maximum de recouvrement végétal et sa hauteur, et celui de l'horizon, pour l'ensemble des données du facteur sol.

Un peu de la même manière, ces données ne sont pas toutes recueillies au même stade de précision lors de la description de terrain. Ainsi qu'on le verra ci-dessous, les données concernant le facteur végétation sont immédiatement perçues lors de la diagnose primaire. Les données de perméabilité et de stabilité du

sol résultent de diagnostics secondaires. Les données plus précises sur la texture et la teneur en matière organique du sol font l'objet de diagnostics complémentaires ... Ici, nous avons un très bon exemple de l'intérêt pratique d'une description du milieu à l'aide de diagnostics emboîtés qui ne négligent dès le départ aucun corps naturel. En effet, *toutes les données qui viennent d'être énumérées pourraient être en fait obtenues directement au niveau des seuls diagnostics primaires*. Perméabilité, stabilité, texture, matière organique directement décelable ... sont aussi des caractères morphologiques qui entrent dans la définition des horizons majeurs du sol ainsi que nous l'avons vu pour l'exemple du *structichron*. Evidemment, si l'on ne retenait que ce premier niveau de diagnose, qui ne comporte qu'une quarantaine de termes différents pour l'ensemble du milieu, les résultats escomptés seraient beaucoup moins précis, mais ils pourraient largement suffire pour une étude de reconnaissance.

Ces deux questions, échelle et niveau d'observation, sont importantes d'un point de vue technique : ce sont elles qui détermineront la constitution future d'une base de données sur le milieu naturel.

3) *L'élaboration des données , leur traduction en termes de facteur d'érosion du sol.*

Pour traduire les données sur le milieu naturel en termes de potentialités ou de contraintes à l'aménagement, chaque cas est un cas particulier.

Toutefois, en ce qui concerne l'érosion du sol au moins, on peut distinguer trois types d'opérations possibles :

- certains facteurs de l'érosion peuvent être directement lus dans les relevés sans qu'aucune transformation ne soit nécessaire. C'est le cas des pourcentages de sable, de limon et de matière organique qui sont évalués en clair sous la forme de diagnostics pédologiques complémentaires.

- d'autres facteurs nécessitent pour leur élaboration des calculs arithmétiques élémentaires. C'est le cas du couvert végétal total, somme du recouvrement de chaque strate rapporté à une surface horizontale. C'est aussi le cas de la perméabilité du sol, somme de la macroporosité, souvent d'origine biotique, de la porosité de contact liée aux surfaces développées par les éléments grossiers du sol et de la densité apparente du matériel fin.

- d'autres facteurs, enfin, impliquent un choix et une première interprétation des diagnostics. C'est le cas général, dont nous avons largement développé le principe de résolution en introduction à ce chapitre. Dans l'exemple précis des facteurs de l'érosion du sol, ce décodage des diagnostics est plus particulièrement délicat pour les structures pédologiques qui doivent être interprétées du point de vue de leur stabilité et de leur résistance à l'impact de la pluie et au ruissellement. Un décodage encore plus fin aurait été très intéressant à faire pour les volumes végétaux définis par les diagnostics botaniques primaires et secondaires. Ces volumes pouvaient être interprétés en termes d'"écran

protecteur" pour certains types de feuillages, de "conduit d'infiltration" pour certains types de structures ligneuses, de "rétention du sol" pour certains systèmes racinaires et pour certaines végétations primitives ... Mais une telle analyse du couvert végétal ne correspond à aucun fait expérimental aussi précis. Pour une fois l'observation morphologique se révèle trop riche, et nous nous sommes contentés de retenir globalement tous les volumes végétaux efficaces contre l'érosion du sol.

Il est à noter qu'à ce stade de l'élaboration des données, la distinction entre potentialité et contrainte à l'aménagement perd de son sens. Par exemple, dans le cadre d'un aménagement rural intégré, la pierrosité des premiers horizons du sol, qui favorise l'infiltration et freine l'érosion, pourrait devenir un obstacle important à une mise en culture mécanisée. Chaque donnée peut jouer tour à tour le rôle d'un facteur favorable et d'un facteur défavorable. Elle peut ainsi se retrouver à plusieurs titres très différents dans une même analyse globale, sans, d'ailleurs, que ceci ne gêne l'interprétation finale des résultats.

4) *La transformation des données en variables : le codage des facteurs de l'érosion du sol.*

Le dernier stade de la phase préliminaire d'interprétation des données consiste à traduire potentialités et contraintes en variables quantitatives. Cette transformation est essentielle. Elle n'est évidemment possible que lorsque les spécialistes et les praticiens ont mis en évidence des corrélations étroites entre les faits visibles sur le terrain et les faits chiffrés, expérimentaux ou analytiques. Et ceci avec une répétition suffisante pour établir une véritable échelle de mesure morphologique. Les diagnostics du cartographe se traduisent alors en termes de rendement, de coût, de travail, d'énergie ...

Dans sa synthèse sur le ruissellement et l'érosion en Afrique de l'Ouest, établie après vingt années de mesures en petites parcelles expérimentales, E. ROOSE donne des ordres d'importance pour les trois facteurs de l'érosion du sol : le facteur topographique peut multiplier l'érosion par 1 à 25, le facteur sol par 1 à 12 et le facteur végétation par 1 à 1000 (pour comparaison, le facteur climatique et le facteur technique anti-érosives varient chacun de 1 à 40). Les abaques de l'équation des pertes en terre de WISCHMEIER permettraient même de quantifier avec précision chaque facteur topographique et pédologique élémentaire ... Mais tous ces chiffres sont malheureusement un peu illusoire. D'abord, on peut douter de la représentativité des mesures effectuées sur des parcelles aussi petites, on peut notamment craindre que les facteurs topographiques soient systématiquement mésestimés puisqu'ils appartiennent à une échelle spatiale beaucoup plus vaste. Ensuite, il n'est pas facile de déterminer la forme exacte des corrélations entre facteurs d'érosion et pertes en terre, certaines semblent arithmétiques, d'autres exponentielles voire, même, échapper à toute loi statistique simple. Enfin, surtout, dans toutes ces recherches expérimentales sur l'érosion, le rôle du couvert végétal n'a jamais été véritablement étudié. Nous l'avons

souligné ci-dessus : la part respective de chaque composante du couvert végétal n'a jamais été quantifiée avec précision (alors que, d'après E. ROOSE, le facteur végétation est de loin le plus important). C'est ce dernier défaut qui est le plus regrettable et qui détruit toute l'ébauche de système que nous étions en droit d'espérer. Transformer les données topographie et les données sol en variables quantitatives n'a aucun sens puisque la même opération ne peut pas être effectuée sur les données végétation. Intégrer dans une même analyse variables quantitatives et variables qualitatives n'est guère possible et n'aurait pas grande signification. Pour cette raison, nous avons codé directement la variabilité spécifique de chaque facteur élémentaire, sans pouvoir la pondérer en fonction de son intervention réelle dans les processus d'érosion (les données sont simplement ordonnées dans le sens d'une érodibilité croissante et classées puis codées selon leurs fréquences observées).

5) *Les aides à l'interprétation des résultats de l'analyse des données : les variables indicatrices de l'érosion du sol.*

Un des avantages les plus intéressants du programme d'analyse des données utilisé est la possibilité d'introduire des variables supplémentaires. Ces nouvelles variables ne sont pas à proprement parlé des contraintes ou des potentialités à l'aménagement, ce sont des indicateurs que l'on pense caractéristiques et qui pourraient ainsi faciliter l'interprétation finale. Ces variables n'entrent pas dans les calculs, elles sont simplement projetées et positionnées sur les résultats de l'analyse. La plus grande liberté est donc laissée pour le choix et pour l'élaboration de ces données, il est seulement à souligner qu'ici la connaissance du terrain et la finesse du décodage des diagnostics prennent toute leur valeur.

Deux séries de diagnostics peuvent être en partie interprétées comme des signes d'érosion. Ce sont :

- la présence à la surface du sol de certains placages organo-minéraux ou minéraux, fins ou grossiers. Ces accumulations font l'objet de trois diagnostics, *micro-*, *méso-* et *macro-épilites* selon leur nature, leur granulométrie et leur degré de continuité avec l'horizon pédologique sous-jacent. On peut rapprocher de ces *épilites*, le *dermilite*, terme qui s'applique à une dispersion et à une réorganisation des particules du sol sous l'effet battant de la pluie.

- le développement de certains micro-modelés à la surface du sol. Trois seront caractéristiques : le type *dolichocline* qui désigne les buttes billonnées et les billons plus ou moins émoussés d'origine anthropique, le type *scalocline* qui désigne les "micro-marches" perpendiculaires à la pente, souvent liées à de petits obstacles (racines traçantes, touffes d'herbe, cailloux ...) mais qui peuvent aussi marquer une reprise d'érosion et le type *anastocline* qui définit un système plus complexe, associant le type *scalocline* à des rigoles anastomosées et évasées. Ces deux derniers diagnostics peuvent être respectivement interprétés comme le signe d'un "ruissellement diffus" intense et d'un début de "ruissellement concentré".

Ces variables supplémentaires se révéleront très significatives. Il semblera même très pratique de relier les faits expérimentaux avec ce genre de diagnostics "sémiologiques", pris seulement comme indicateurs, plus qu'avec les véritables facteurs de l'érosion, qui, ainsi que nous l'avons vu, sont difficiles à démêler et à quantifier.

✕

✕

✕

A la place de chaque relevé complet du milieu naturel, nous disposons maintenant d'une liste réduite de potentialités et de contraintes à l'aménagement complétée par quelques diagnostics indicateurs. Revenons au cas général évoqué en conclusion au deuxième chapitre de cet article : sur ces nouvelles variables, nous pouvons effectuer une typologie rigoureuse et projeter les résultats de cette analyse sur le découpage cartographique de base. C'est cette carte, obtenue au stade final de notre démarche, qui sera susceptible d'intéresser l'utilisateur.

✕

✕

✕

Réponse au problème d'aménagement : localisation des interventions souhaitables pour la conservation des sols.

6) *Variabilité et hiérarchisation des facteurs de l'érosion du sol.*

D'une manière très globale, dans la région de Korhogo, l'ordre d'intervention des trois facteurs de l'érosion est le suivant :

- d'abord, l'érodibilité du sol dont la variabilité sur le secteur étudié est peu sensible,

- ensuite, la faible densité du couvert végétal, dont la variabilité est beaucoup plus significative,

AXE HORIZONTAL (1) -- AXE VERTICALE (2) -- TITRE : SUCCEPTIBILITE A L'EROSION - PAYSAGES DE KORHOGO - FILLERON-RICHARD NO

LARGEUR= 1.53527 HAUTEUR= 1.20944 --NOMBRE DE POINTS= 71 --OPTION= 2 --GRAPH=1 --ECHELLE:1 CM= 0.06316 3 CARA
 1 LIGNE=0.027 --FORMAT:(1X, 36A3,A1,5I3) 39

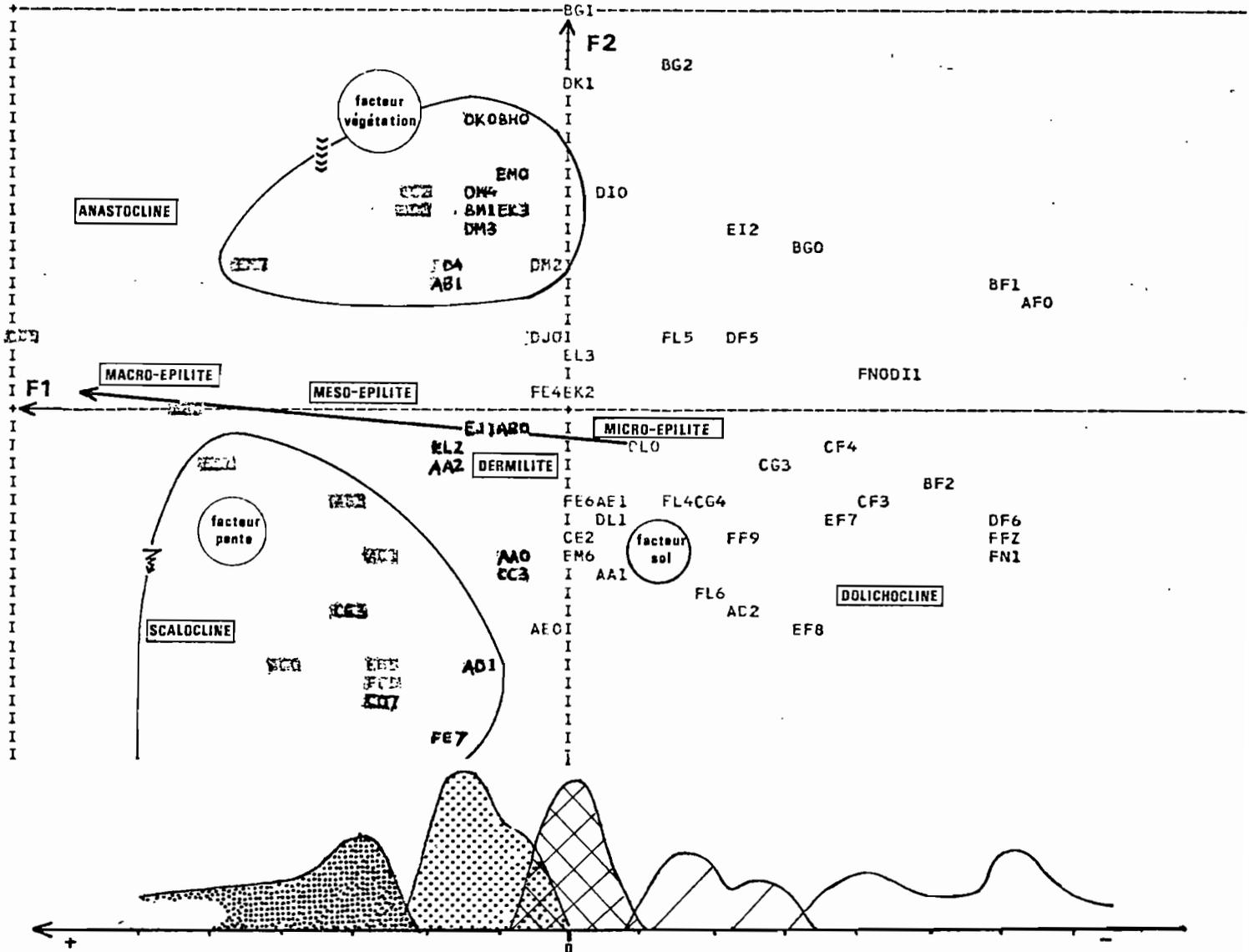


figure 4

Résultats de l'analyse des données érosion du sol (Korhogo)

(F1 et F2 : facteur d'intensité de l'érosion et facteur de différenciation des modes d'érosion. En bas, types de milieux observés sur le premier facteur, cf. légende de la carte)

- enfin, surtout, la pente topographique dont l'importance est cinq fois plus forte que celle du sol et encore deux fois plus forte que celle de la végétation.

D'une manière plus précise, l'ordre exact des facteurs élémentaires est le suivant (le numéro d'ordre qui donne l'importance de chaque facteur élémentaire est établi de 1 à 100 en fonction du facteur le moins significatif et du facteur le plus significatif) :

- 1 x . faible perméabilité du premier horizon du sol,
- 7 x . faible densité du couvert végétal total,
- 29 x . convexité croissante de la pente,
- 41 x . faible teneur en limons du premier horizon du sol,
- 46 x . faible teneur en matière organique du premier horizon du sol,
- 46 x . instabilité de la structure du premier horizon du sol,
- 47 x . forte teneur en sables du premier horizon du sol,
- 49 x . faible recouvrement de la strate végétale la plus dense,
- 76 x . forte valeur de la pente topographique,
- 90 x . hauteur élevée de la strate végétale la plus dense,
- 100 x . grande longueur de la pente topographique.

On remarquera surtout le faible rôle joué par le couvert végétal total qui s'oppose au contraire à l'importance de la strate végétale la plus dense. A la fin de la saison sèche, période à laquelle ont été effectués les relevés utilisés pour cette étude et où les risques d'érosion sont les plus graves, le recouvrement de cette strate est en moyenne de 64% (avec un coefficient de variation de 24%) et la hauteur moyenne de cette strate par rapport au sol est de 23 cm (avec un très fort coefficient de variation de 174%). Cette analyse confirme, par contre, l'importance de la longueur et de la valeur de la pente dans l'accélération des processus de ruissellement et d'érosion.

7) Intensités et types d'érosion du sol.

L'ordre précédent n'est pas seulement un ordre de variabilité régionale de quelques données sur le milieu, c'est aussi un ordre croissant des pertes en terre - dans la mesure où il intègre la totalité des facteurs de l'érosion du sol reconnus par les spécialistes.

Cette hypothèse de départ est d'ailleurs largement confirmée par le bon ordre des diagnostics supplémentaires (situés sur la même échelle d'importance relative que celle des facteurs élémentaires) :

22 x	.	<i>dolichocline</i>
43 x	.	<i>micro-épilite</i>
69 x	.	<i>dermilite</i>
76 x	.	<i>méso-épilite</i>
93 x	.	<i>macro-épilite</i>
105 x	.	<i>scalocline</i>
117 x	.	<i>anastocline</i>

Le *dermilite* est un bon point de repère. Nous l'avons défini comme une pellicule ou une croûte superficielle liée à l'énergie cinétique des gouttes de pluie. Quelle est sa signification dynamique exacte ? C'est un matériau qui apparaît à la surface du sol dès le début d'une averse, pendant la phase d'imbibition du sol. Il se situe sur les parties en relief et s'associe à de petits colluvionnements et à de petits dépôts de décantation dans les creux (*micro-épilites*). Le *dermilite* subsiste sur les parties qui restent émergées pendant les phases suivantes de l'averse, phase de régime transitoire, lorsqu'il y a un maximum d'érosion, et phase de régime permanent, lorsque l'érosion tend vers un palier décroissant (d'après J. COLLINET, *comm. or.*). Mais jamais le *dermilite* n'occupe une aussi grande superficie que lors de la phase d'imbibition du sol. On peut alors en conclure qu'une plus grande fréquence du *dermilite* sur le terrain marque surtout un état d'équilibre, sans phénomènes d'ablation notables. D'ailleurs, le *dermilite* joue ensuite le rôle d'une couche protectrice de la surface du sol, ceci apparaît particulièrement bien lors des reprises d'érosion où le *dermilite* fait fonction de "couche dure" dans le développement de micro-modelés en marches d'escalier et en cheminées des fées.

On peut donc estimer qu'en deçà du point de repère 69 x sur l'échelle d'érosion, la dynamique superficielle est essentiellement une dynamique d'accumulation absolue sableuse, sablonneuse et organo-minérale (caractérisée par la fréquence des *micro-épilites*). Au delà de ce point de repère, la dynamique superficielle est essentiellement une dynamique d'érosion, avec départ des particules fines du sol et accumulation relative de gravillons, graviers et cailloux en surface (*méso- et macro-épilites*).

L'ablation des premiers horizons du sol intervient dès que cette érosion diffuse a pris toute son importance (à partir de 105x sur l'échelle précédente). Ces reprises d'érosion semblent dues à l'encaissement d'un "ruissellement en nappe" (caractérisé par la fréquence du micro-modelé *scalocline*), puis, surtout, à l'apparition d'un "ruissellement en nappe ravinante" (caractérisé par la fréquence du micro-modelé *anastocline*). D'un point de vue pratique, il est important de noter que ces deux types d'érosion sont à rattacher respectivement au facteur topographie et au facteur végétation. Plus précisément, à l'accroissement de la longueur et de la valeur de la pente, pour l'érosion en nappe, et à la faiblesse du couvert végétal proche de la surface du sol, pour l'érosion en nappe ravinante. L'importance attribuée au facteur végétation par les spécialistes apparaît donc plus au niveau du type d'érosion,

type "catastrophique" mais peu fréquent, qu'au niveau du bilan régional des pertes en terre. Ce dernier reste en étroite corrélation avec la pente topographique.

8) *La susceptibilité des paysages à l'érosion du sol, recommandations pratiques.*

Les différents milieux pour lesquels ont été relevés les différents facteurs élémentaires de l'érosion peuvent être, eux aussi, situés sur l'échelle précédente. On obtient alors cinq types de milieux définis du point de vue de leur susceptibilité à l'érosion du sol. Ces types de milieux sont localisés sur la carte des segments de paysages au 1:50.000.

Légende de la carte.

+ *Les milieux insensibles à l'érosion du sol.*

Dans ces milieux, l'érosion du sol est négligeable. Cette immunité est due à des pentes pratiquement nulles et à un couvert végétal herbacé naturel (sommets d'interfluve) ou cultivé (bas-fonds) très dense. Aucun aménagement anti-érosif particulier n'est à recommander. D'ailleurs, le paysan Sénoufo protège lui-même le sol contre l'érosion par ses techniques culturales en buttes billonnées, en billons ou en billons cloisonnés, d'orientation à la fois perpendiculaire et parallèle à la pente.

Ce type de milieu occupe la totalité de deux paysages très différents : les sommets des croupes et des ensembles subaplanis, parfois surmontés de petites buttes cuirassées, et les bas-fonds plats qui sont largement aménagés dans cette région. Il se rencontre aussi, associé au type de milieu suivant, sur les sommets des plateaux cuirassés.

++ *Les milieux très peu susceptibles à l'érosion.*

Dans ces milieux, l'érosion du sol reste insensible, même lorsque les pentes ont une convexité marquée. Là aussi les facteurs essentiels de la conservation du sol sont les techniques culturales traditionnelles. On peut toutefois conseiller une amélioration du couvert végétal herbacé pérenne qui se révèle insuffisant dans près de la moitié des cas.

Ce type de milieu occupe la totalité des plateaux altéritiques proches des inselbergs, il se retrouve dominant sur les plateaux et les buttes cuirassées. Dans les secteurs des croupes subaplanies, il occupe la majeure partie du versant. Dans ce dernier cas, la dynamique superficielle du milieu est trans-accumulative.

+++ *Les milieux peu susceptibles à l'érosion du sol.*

Dans ces milieux, une faible érosion peut apparaître. Elle est alors surtout liée au mauvais comportement du sol, notamment à une struc-

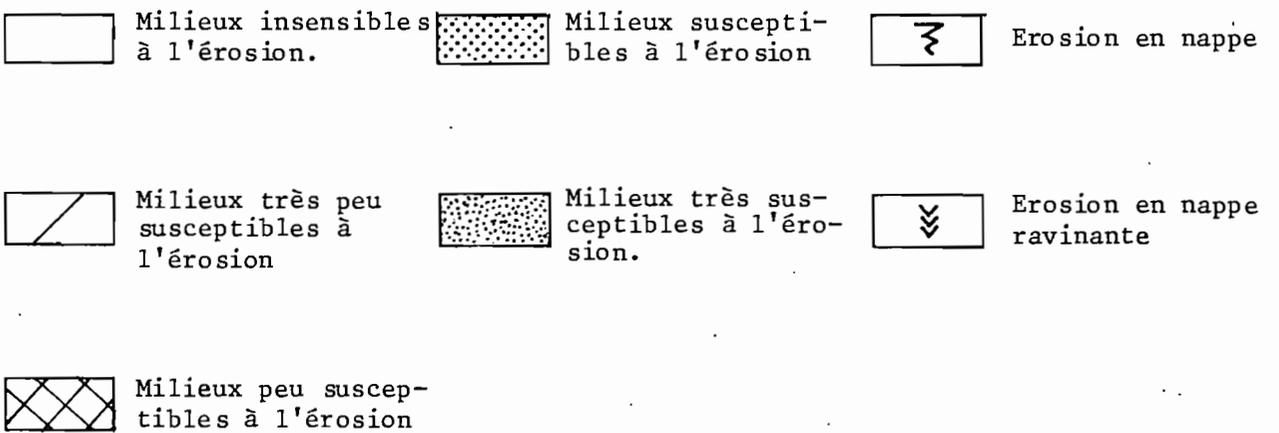
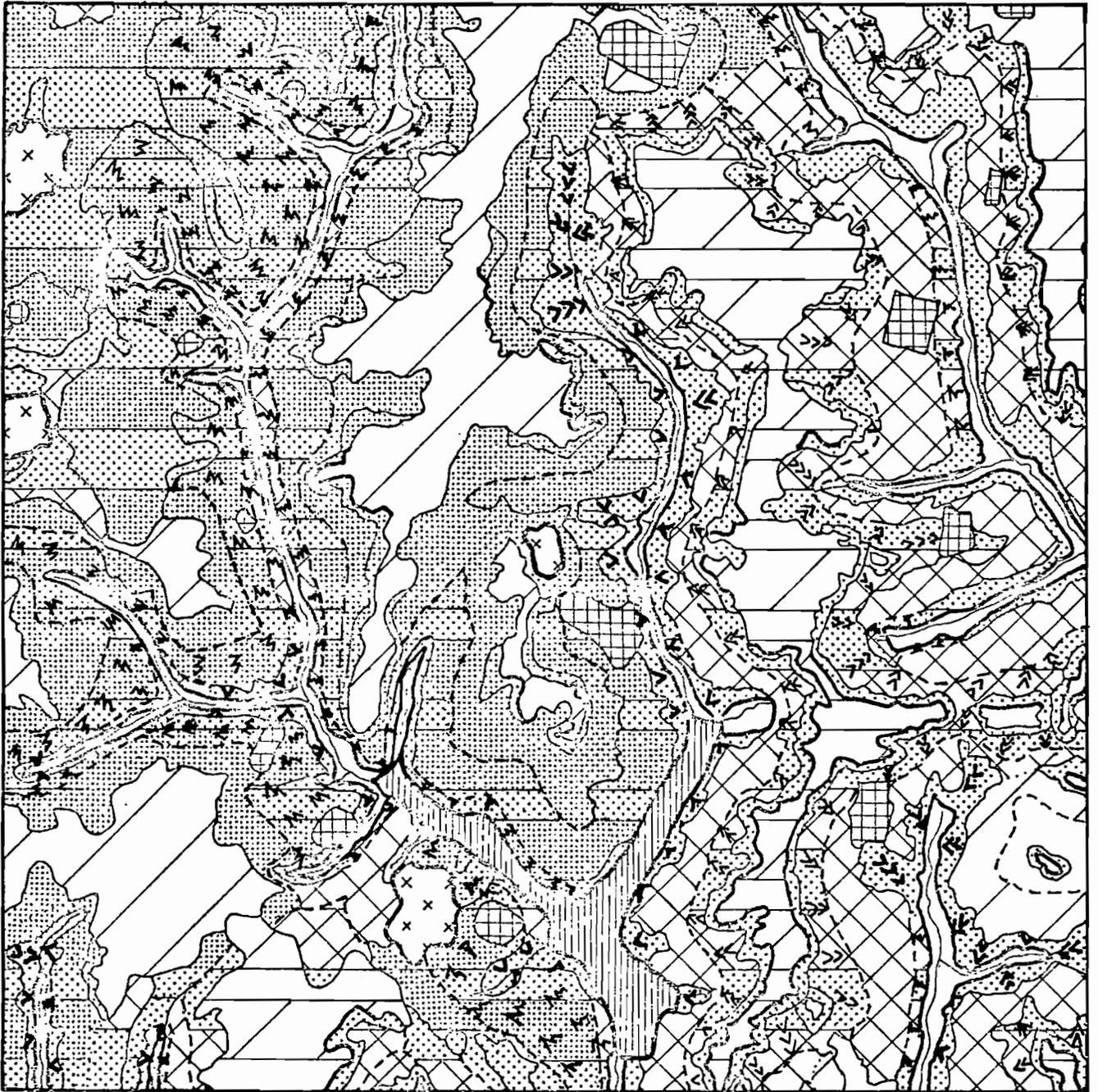


figure 5

Carte de la susceptibilité des paysages à l'érosion du sol dans la région de Korhogo (échelle : 1:50.000)

(commentaire dans le texte)

ture peu résistante et à une texture trop sableuse. Les effets secondaires d'une utilisation rationnelle des terres sur la physique et la rétention des sols pourraient peut-être suffire à enrayer les premiers signes d'érosion.

Ce type de milieu a été soumis à des essais de ruissellement et d'érosion sous pluies simulées : sur sol sec, une averse de 60 mm/h d'intensité a causé une érosion de 153 kg/ha après 41 mn, de 216 kg/ha après 56 mn et de 390 kg/ha après 120 mn. (J. COLLINET, *comm. pers.*).

Ces milieux occupent une partie des hauts de versant puis la totalité des versants associés aux plateaux et buttes cuirassées. Ils occupent aussi une partie des bas de versant peu marqués rencontrés dans les secteurs d'inselbergs et de croupes subaplanies.

++++ *Les milieux susceptibles à l'érosion du sol.*

Dans leur état d'équilibre habituel, ces milieux sont, en fait, peu susceptibles à l'érosion. Mais, des reprises d'érosion par concentration du ruissellement apparaissent dans plus de la moitié des cas observés. Ces reprises d'érosion sont essentiellement dues à la faiblesse du couvert végétal à proximité de la surface du sol et, secondairement, ceci étant lié à cela, aux faibles teneurs en matière organique du sol. Il serait donc vivement conseillé d'aménager ce type de milieu intergrade en protégeant la surface du sol par des plantes de couverture herbacées et lianescentes résistant à la sécheresse ou alors, dans un système d'exploitation plus intensif, par différents types de mulching et de paillage.

Ce type de milieu a été lui aussi soumis à des essais de ruissellement et d'érosion. Toujours dans les mêmes conditions expérimentales, on a recueilli 312 kg/ha après 37 mn, 662 kg/ha après 70 mn et 1214 kg/ha après 120 mn (J. COLLINET, *op.cit.*).

Ces milieux sont assez fréquents. Ils occupent la totalité des bas de versant marqués caractérisant les secteurs à plateaux cuirassés. L'érosion étant plus diffuse, ils occupent aussi une partie des paysages suivants : glacis de bordure d'inselberg, versants des glacis d'inselberg et des plateaux altéritiques, corniche et pente de raccord des plateaux cuirassés.

++++ *Les milieux très susceptibles à l'érosion du sol.*

Dans leur état d'équilibre normal, ces milieux connaissent une érosion souvent très intense. Erosion diffuse, ne laissant en surface que des éléments grossiers, et, surtout, érosion en nappe plus ou moins ravissante, responsable de l'ablation locale des premiers horizons pédologiques meubles. La plupart du temps, les reprises d'érosion sont liées à la topographie et se traduisent sur le terrain par des micro-modelés caractéristiques en "marches d'escalier". Tous ces milieux sont fortement instables et nécessitent un aménagement visant à réduire la longueur et la valeur de la pente. Ici, dans le cas d'une mise en culture, la meilleure technique anti-érosive serait, d'après E. ROOSE (*op.cit.*), la méthode des bandes d'arrêt (alternance parallèle aux courbes de niveau de bandes de champs

cultivés et de bandes plus étroites de végétation herbacée permanente).

Mais, dans ces milieux, l'érosion du sol fait partie d'une évolution dynamique presque naturelle. La plupart de ces paysages ne sont pas encore mis en valeur, même sous la pression des fortes densités de population régionales. Il faut donc envisager le problème de la conservation de ces milieux dans le cadre d'un plan d'aménagement plus général, même si la rentabilité économique d'un tel aménagement n'apparaît pas immédiatement (on peut, par exemple, essayer d'empêcher les feux de brousse tardifs, favoriser les reboisements arbustifs en courbe de niveau, etc...).

Ces milieux se localisent exclusivement dans les secteurs d'inselbergs. Ils occupent la presque totalité des paysages situés en aval des plateaux altéritiques et une grande partie des paysages de bordure d'inselbergs.

*

*

*

Pour une cartographie intégrée du milieu naturel, cartographie régulière aux échelles du 1:50.000 et du 1:200.000, deux efforts de méthode nous sont apparus nécessaires :

- la systématisation d'un découpage cartographique qui soit facilement reproductible aux divers paysages tropicaux. Rapidement, comme la plupart des autres cartographes, nous en sommes venus à un découpage topographique. Un découpage quelquefois arbitraire, il peut recouper des sols et des végétations identiques, mais qui a l'avantage de fournir des unités emboîtées à différentes échelles. Il traduit l'essentiel de la *dynamique actuelle* du milieu naturel. Bilans de l'eau, partage et concentration des eaux, érosions et accumulations superficielles, lessivage et transferts de matière ... tous ces processus changent de valeur et de sens à chaque inflexion et à chaque rupture de la pente topographique et justifient la définition de segments et de séquences de paysages. Actuellement, nous cherchons à rendre compte d'une autre dynamique, celle liée à la trame des activités humaines et qui vient se superposer au fond de carte précédent. Mais à ce stade de notre démarche, nous manquons encore de références et d'exemples de restitutions cartographiques.

- la systématisation du relevé des milieux tropicaux, du plus simple au plus complexe, du rocher découvert à la forêt dense humide. Un instant suffit pour mesurer l'ampleur du problème. Nous aussi, en notre temps, nous avons testé les systèmes de description élémentaires classiques. Nous les avons abandonnés : ils sont beaucoup trop longs à mettre en oeuvre sur le terrain. A problème difficile, solution difficile. Nous en sommes venus, beaucoup plus laborieusement cette fois, à utiliser des diagnostics typologiques élaborés pour la végétation, la surface du sol, le sol ... Ici, ce n'était pas le lieu d'insister sur le rôle fondamental de ces diagnostics et du vocabulaire qui les accompagne. Parler d'intégration des connaissances en dehors d'un enseignement magistral ne présente d'ailleurs guère d'intérêt. Par contre, nous avons essayé de montrer qu'ils présentaient un double avantage technique : *outil de description* commode sur le terrain d'abord, *code de transcription* des données s'enrichissant de significations par la suite.

Nous savons que ce deuxième effort de méthode risque de paraître superflu aux cartographes de métier. A quoi bon coder et décoder chaque composante du milieu en utilisant des symboles compliqués puisque, de toute façon, la connaissance intime du paysage s'acquière presque d'elle-même avec l'expérience du terrain ?

L'objet de cet article était de répondre à cette question. La cartographie ne peut pas se contenter d'être une reconstitution plus ou moins simplifiée du réel, même si elle est très élégante. Sinon, que de temps, que de moyens, pour une image plus ou moins abstraite ! La cartographie est l'occasion, c'est surtout l'occasion, de recueillir un vaste ensemble de données sur notre environnement. Chacune de ces données coûte cher et doit être précieusement conservée pour répondre à toute éventualité. Nous abordons maintenant la dernière phase de notre programme de cartographie : la constitution d'une base de données sur le milieu naturel et son utilisation pratique. Au regard des problèmes d'aménagement que nous pourrions alors résoudre, l'effort nécessaire pour une meilleure saisie des données sur le terrain apparaît finalement dérisoire.

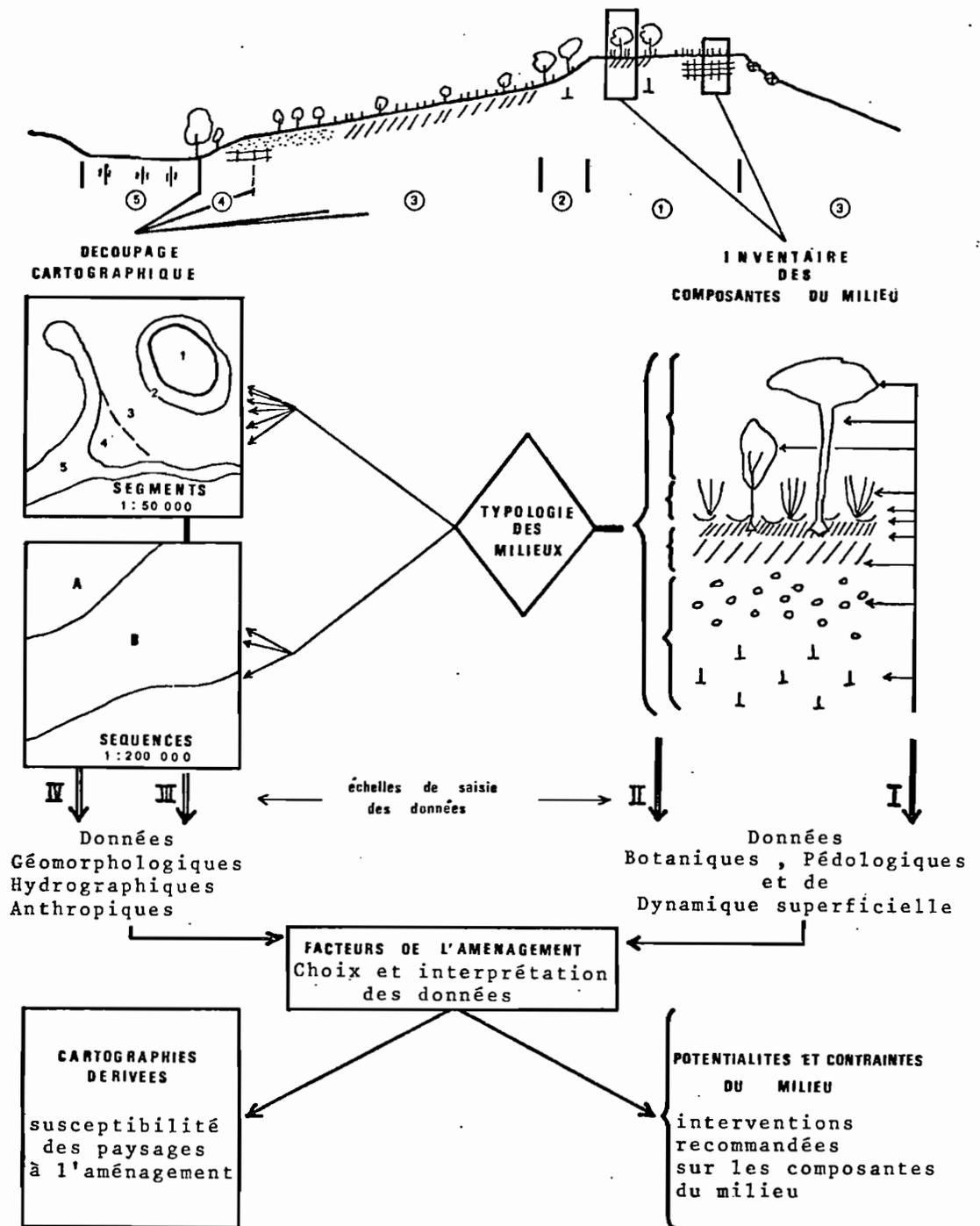


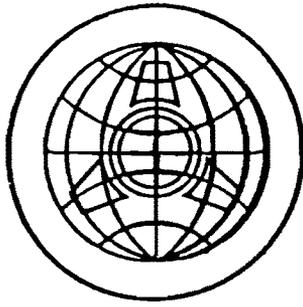
figure 6

Organigramme de la cartographie intégrée du milieu naturel

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BEAUDOU (A.) *et al.*, 1978, Recherche d'un langage transdisciplinaire pour l'étude du milieu naturel (Tropiques humides). ORSTOM, Paris, Travaux et documents, n° 91, 143 p.
- CHATELIN (Y.), 1979, Une Epistémologie des Sciences du sol. ORSTOM, Paris, Mémoires, n° 88, 151 p.
- CHATELIN (Y.) et MARTIN (D.), 1972, Recherche d'une terminologie typologique applicable aux sols ferrallitiques. *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 10, 1, pp. 25-44.
- GUILLAUMET (J-L.) et KAHN (F.), 1979, Description des végétations forestières tropicales. Approche morphologique et structurale. *Candollea*, 34 (1), pp. 109-131.
- RICHARD (J-F.), KAHN (F.) et CHATELIN (Y.), 1977, Vocabulaire pour l'étude du milieu naturel (Tropiques humides). *Cah. ORSTOM, sér. Pédol.*, 15, 1, pp. 43-62.

- SANTOS, A.P., MORAES NOVO, E.M.L., DUARTE, V. et TOLEDO, F.L. - 1979 - Relatório do trabalho de campo no município de Paragominas (PA). S. José dos Campos, INPE 1481-RPE/028, 63p.
- SERRAO, E.A.S., FALESI, I.C., VEIGA, J.B. et TEIXEIRA NETO, J.F. - 1978 - Produtividade de pastagens cultivadas em solos de baixa fertilidade das áreas de floresta do trópico úmido brasileiro. Sem. Prod. y Util. Forr. en Suelos àc. y Infért. del Tróp., Cali, Centro Intern. Agric. Trop., 73p.
- SIOLI, H. - 1976 - A limnologia na região amazônica brasileira. Ann. I Encontro Nac. Limnol., Piscic. e Pesca Contin., B. Horizonte, 153-165.
- TARDIN, A.T., SANTOS, A.P., MORAES NOVO, E.M.L. et TOLEDO, F.L. - 1977/1978 - Projetos agropecuários da Amazônia : desmatamento e fiscalização - Relatório. A Amazônia Brasileira em Foco, 12 : 7-45.
- UNESCO - 1970 - Use and conservation of the biosphere. Paris, UNESCO, Natural Resources Research X.



INFORMATIQUE ET BIOSPHERE
(association internationale)

ACTES DU COLLOQUE
D'ABIDJAN

INFORMATIQUE ET BIOSPHERE
1979

JOURNEE D'ETUDE
DU 22 NOVEMBRE 1979

I S B N : 2 - 86267 - 011 - 1

La loi du 11 Mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'Article 41, d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration « toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants-droits ou ayants-cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'Article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les Articles 425 et suivants du Code Pénal.



INFORMATIQUE ET BIOSPHERE - PARIS - 1980