

APPROCHE D'UN MILIEU NATUREL A FORTES CONTRAINTES

SYNTHESE ENTRE MORPHOPEDOLOGIE ET PHYTOECOLOGIE POUR UN PLAN DE GESTION DES TERRES EN CORDILLERE COLOMBIENNE

par Pierre FONTANEL*

RÉSUMÉ

Certaines vallées des Andes Colombiennes, soumises à des régimes climatiques contrastés, et à une intensification des actions humaines, connaissent une accélération des phénomènes érosifs et une forte récession des ressources en forêts, pâturages et eau.

Dans un bassin versant de taille moyenne, une carte d'occupation des terres et une carte de sensibilité des terrains ont été superposées à la carte géomorphologique et des processus d'érosion préexistante. Une étude détaillée du fonctionnement des écosystèmes est conduite dans le même temps.

Les deux approches répondent à des démarches et des concepts de responsables locaux et d'agriculteurs. On propose ensuite des expérimentations sur l'utilisation des terres permettant la récupération des sols et le contrôle de l'érosion.

SUMMARY

Some valleys of Columbian Andes, subject to contrasted climates and growing human action, are submitted to fast erosion and loss of water, forestry and pasture resources.

In a medium area water-shed, maps of land occupation and soils sensibility are joined to pre-existent geomorphological map. Ecosystem dynamic's study is made at the same time.

Both approaches are driven, according to farmers and local organiser's needs and concepts.

Then, land management experiments are designed for soil recovery and erosion control.

RESUMEN

Se presentan en algunas zonas de los Andes Colombianos, regimenes climaticos contrastados y acentuación de la presión agropecuaria que aceleran la erosión provocando perdida de recursos hidricos, forestales y pastorales.

En una cuenca de tamaño mediano se ha sob-repuesto mapas de ocupación de tierras y de sensibilidad de los terrenos a un mapa geomorfológico preexistente. En el mismo tiempo, se estudia la dinámica de las ecosistemas.

Ambos enfoques siguen los requisitos y conceptos de responsables locales y campesinos.

Resulta el diseño de experimentaciones para un manejo de la cuenca, permitiendo recuperación de suelos y control de la erosion.

Dans les Andes de Colombie, se pose chaque année de façon plus pressante le problème de l'érosion hydrique des versants, lié au phénomène de modification des cours torrentiels. Des facteurs comme le relief accusé, des déformations géologiques récemment soulevées, parfois instables et fortement altérées sont les acteurs naturels de l'évolution des paysages. Mais quand s'y ajoutent des régimes climatiques contrastés, opposant des saisons humides courtes, à pluies torrentielles, à des saisons sèches très marquées, ainsi qu'une activité agricole en augmentation, et non planifiée, ces phénomènes érosifs prennent une amplitude qui peut conduire à une perte totale des terrains.

Cet état de fait peut induire une inversion de la chaîne d'interaction: si le développement des phénomènes érosifs dépend dans un premier temps des caractéristiques du milieu naturel, une gestion inadéquate de ce milieu par l'homme va modifier cette dépendance. Les érosions (hydrique, éolienne, torrentielle) s'accroissent et imposent leur cycle, elles deviennent alors le facteur premier de l'évolution du milieu, et commandent l'état des ressources naturelles et leurs possibilités d'utilisation.

On trouve précisément dans la Commune d'ABREGO

toutes ces étapes des cycles de l'érosion hydrique, depuis l'équilibre dynamique en l'absence d'intervention humaine jusqu'au blocage total des ressources par une érosion intense résultant de l'action anthropique. De plus, la grande diversité géomorphologique et géologique du bassin versant entraîne une grande variété de processus nocifs qui, jointe à la pression sociale, rend difficile la solution d'un problème maintenant urgent.

En effet, la Commune d'ABREGO voit son activité agricole (seule ressource économique) dépendre principalement d'un district d'irrigation mis en place en 1967 par l'Institut Colombien de la Réforme Agraire (INCORA). Ce district couvre 1 500 hectares et son alimentation en eau se fait par 2 barrages placés sur les 2 rivières principales. L'érosion intense dans certaines parties du haut bassin provoque depuis 5 ou 6 ans, une diminution de l'étiage: à la saison sèche, les terrains n'ont plus la capacité de rétention de l'eau qui, jusqu'en 1970, régulaient le débit des rivières. De plus, les réservoirs connaissent une sédimentation qui limite leur capacité à 70 % des prévisions les plus pessimistes. Enfin, les terres du haut bassin ont surtout une vocation de pâturage avec quelques cultures dans les vallées, sur les terrasses, et quelques champs de manioc et pommes de terre sur les pentes. Là encore, la dégradation des sols entraîne un abandon rapide des parcelles, une défriche accélérée, et

* IFARC — GERDAT. Actuellement ISRA — CNRA — Sénégal

donc l'attaque de la dernière ressource : la forêt en moyenne et haute altitude. Le haut bassin du Rio Algodonal est donc un *site exemplaire pour l'importance et l'urgence des problèmes d'érosion*. Du fait de la nécessité d'une intervention rapide, et grâce aux nombreuses connaissances disponibles, il constitue un terrain typique pour l'application d'un "diagnostic". Diagnostic qui doit introduire une "thérapeutique" car le résultat attendu est une orientation de la gestion de l'espace permettant freinage de l'érosion et inversion des tendances.

I — PAYSAGE ET IMPLANTATION HUMAINE

Le Rio Algodonal prend sa source dans le massif qui domine AGREGO, et se jette dans le lac de Maracaibo, au VENEZUELA. Il est donc le fleuve le plus nordique de la Cordillère orientale colombienne. Le haut bassin se creuse dans des terrains cristallins et métamorphiques, puis le Rio passe dans des terrains sédimentaires (Commune d'Ocana) l'altitude étant alors beaucoup plus faible (moins de 800 mètres).

Le bassin versant d'ABREGO a une superficie d'environ 40 000 hectares (la Commune compte, en 1980, 3 000 habitants dont 2 000 résident au bourg). Il présente une variation altitudinale de 2 600 m : "Cerros de Las Nubes" culmine à 3 640 m, le Rio Algodonal est à l'altitude 1 250 lorsqu'il sort du territoire de la commune.

Le territoire se décompose en 3 zones : la partie Sud-Est où des montagnes à géologie schisteuse assez abruptes s'élèvent, la partie Sud-Ouest de collines à faible relief, et enfin le Valle de ABREGO, zone de terrasses alluviales et de glacis qui forment une cuvette. L'implantation agricole s'est concentrée dans les parties basses et moyennes. Les rivières dans leur partie haute, sont fortement encaissées. Les quelques élargissements de leurs vallées comportent de petites terrasses où l'on trouve des cultures maraîchères. Enfin, les pentes sont le domaine de l'élevage bovin, les collines et glacis de la partie moyenne étant exploités par quelques troupeaux de moutons. Les paysans de la partie haute (jusqu'à 1 800 m) pratiquent une culture itinérante de manioc et parfois de maïs.

Si les documents manquent pour décrire l'évolution des pratiques agricoles, il nous est cependant possible d'en dégager les tendances au vu d'une carte d'occupation des sols de 1962, et grâce à des entretiens avec les paysans les plus âgés.

L'implantation du district d'irrigation, de 1964 à 1967 a donné de bonnes conditions de travail aux paysans du Valle. La maîtrise de l'eau sur 1 000 hectares permet aux agriculteurs de cultiver le haricot, la tomate et surtout l'oignon (l'oignon de la région est réputé dans le pays) avec des bénéfices intéressants. Les producteurs travaillent en culture attelée (zébu et races croisées) sur de petites parcelles (10 à 30 ares). La réforme agraire prévoyait l'octroi de lots de 0,5 à 2 hectares. Cet aménagement a entraîné une concentration des paysans dans le Valle. L'insécurité dans les montagnes (guérilla entre 1965 et 1972, vendetta traditionnelle entre les familles) accentuait le phénomène. Le district d'irrigation et le remembrement ont permis à cette époque de freiner un exode qui obligeait les agriculteurs à s'expatrier au VENEZUELA, assez proche (130 km). Cette migration concernait les hommes adultes, la famille restant au village.

L'enrichissement des paysans a été, de leur propre avis, très important, et a contribué à fixer les agriculteurs. La perspective d'obtenir un lot, avec l'extension du périmètre, donnait un espoir à ceux qui n'avaient pu profiter des premières attributions. Cependant, une concentration de

la propriété, avec un retour au système de métayage, s'est rapidement produite. L'isolement de cette vallée (Ocana, 15 000 habitants, est à 30 km, mais les villes importantes Cucuta et Bucarramanga sont à 7 et 6 heures de route), a donné aux habitants une identité culturelle marquée. Le pouvoir de l'INCORA, s'il a été relativement accepté dans la partie irriguée, a tout de suite été contesté dans la partie haute où des actions de reforestation étaient tentées en 1965. Par la suite, les notables ont opposé une forte réaction à la réalisation du remembrement.

La réforme agraire est stoppée en 1974, les districts d'irrigation passent sous contrôle de l'HIMAT (Institut Colombien d'Hydrologie, Météorologie et Aménagement des terres). Les aspects sociaux et fonciers ne sont plus un préalable aux actions techniques. La concentration de la propriété peut se réaliser et en 1980 de nombreux attributaires possèdent plus de 5 hectares en irrigué.

Enfin, un dernier élément va fragiliser l'équilibre social et écologique du bassin. Vers 1973-1974, les planteurs de marijuana étendent leurs activités dans toutes les zones isolées du pays. ABREGO est à 30 km d'un contingent militaire d'environ 500 hommes. Mais la partie haute du bassin est à une heure et demie d'ABREGO, par une mauvaise route, en saison sèche. En saison de pluie, la route non goudronnée, construite dans d'épaisses altérites de roches cristallines, se ravine et s'effondre. "La Maria", le principal hameau, est coupé durant 3 à 4 mois des communications routières. Les trafiquants ont donc trouvé un excellent terrain, et on imagine qu'une sélection s'est opérée parmi les paysans, relançant l'exode et accentuant la pression foncière sur la partie basse. Un programme d'aménagement des parties hautes, on le verra, s'oppose aux intérêts des "marimberos" et doit compter avec cette réalité. Notons de plus qu'il s'agit là d'une revanche offerte aux petits paysans des montagnes, qui considèrent les habitants du Valle comme favorisés par le périmètre d'irrigation, et qui ressentent fort mal la demande d'un effort qui ne favoriserait à leurs yeux, que la cuvette. Reboiser, limiter les pâturages et la défriche, c'est perdre la possibilité d'extension du manioc, la pomme de terre, les troupeaux, c'est se priver de ressources de bois précieux, et l'intérêt immédiat n'est pas évident.

Ainsi, on se trouve en 1980 devant une vallée que l'on peut diviser en 3 *grands paysages*. Les paysages sont associés à une histoire, une utilisation des sols distinctes, et l'on peut décrire 3 *systèmes agraires*, bien sûr étroitement corrélés :

— *LE VALLE*, avec des agriculteurs qui ont toujours été relativement aisés. L'irrigation permet aux plus mal lotis de tirer un bénéfice correct de leur culture. Pour ceux qui ont pu bénéficier des meilleurs lots, ou qui ont accru leur capital foncier, il y a réelle prospérité qui se manifeste par l'achat de cheptel ovin ou bovin, et souvent création de petits commerces (auberge, épicerie). Notons que le marché hebdomadaire permet aux petits agriculteurs d'écouler directement le produit de leurs petites cultures vivrières ou fruitières (goyave surtout). Ce sont les notables du Valle qui tiennent les cultures de marijuana, contrôlant le trafic et les planteurs des montagnes. Certains ont également des troupeaux de bovins-viande et d'ovins dont la production part au VENEZUELA : l'écoulement est assuré au prix fort.

— *LES COLLINES*, où les agriculteurs pratiquent l'élevage, les cultures vivrières (manioc, maïs). Les fermes possèdent un petit verger de fruitiers (banane, goyave, orange). Les agriculteurs qui possèdent des terres de

terrasses, le long des rivières, cultivent oignon, tomate, haricot rouge, car les débouchés sont assurés avec enlèvement des produits à ABREGO. En fait, nombre de sources sont détournées, et depuis la création du district et la mise en place d'une structure de commercialisation, des tuyaux et canaux de bambous sillonnent les collines, assurant l'irrigation nécessaire au maraîchage.

— **LA MONTAGNE**, c'est le terrain traditionnel de l'élevage bovin (races européennes, Holstein surtout) et de l'exploitation forestière. Le vivrier (pomme de terre, haricot, maïs) est réduit aux quelques zones proches des rivières, ou bien il suit une pratique extensive, avec renouvellement des parcelles tous les 4 à 5 ans. Les fruitiers sont limités par l'altitude. La défriche donne une faible production de bois noble (nogal, noyer), roble (chêne), édro (*Weinmannia*, *Podocarpus*). Cependant, l'isolement nécessite la commercialisation et donc l'exploitation continue de ces ressources. Enfin, nous l'avons vu, c'est le terrain des plantations de marijuana.

II — LES CONNAISSANCES DISPONIBLES ET PREMIÈRE APPROCHE METHODOLOGIQUE

1) Les données existantes

Les données sociales, économiques, agronomiques et zootechniques n'existent que pour la zone du Valle, suivie statistiquement depuis la création du district, avec les éléments importants pour la période 1945-1964. Elles sont pratiquement absentes pour le reste de la vallée et de la montagne. Les quelques éléments de statistique agricole ont une trame temporelle (8 à 10 ans) trop lâche pour rendre compte des mouvements de population depuis 1960 (migration au VENEZUELA, exode vers ABREGO, fixation autour de la culture des stupéfiants). Enfin, la guérilla jusqu'en 1970, les trafiquants de drogue depuis 1973, ont dû apporter aux enquêteurs les plus courageux des réponses aussi limitées que brutales.

Par contre, on dispose d'études poussées sur l'écologie des sites, avec des données climatiques : 2 stations, sur le Valle et dans la partie haute (Cerro de Las Nubes). On trouve également des levées limnimétriques sur les barrages et en 4 points sur l'amont des cours d'eau. On compte aussi une carte de la géomorphologie et des processus d'érosion (mission française 1972), une carte de la couverture végétale dressée en 1965 par l'INCORA. Enfin, l'Institut géographique propose une cartographie des bioclimats sur l'ensemble du pays, et l'on dispose encore d'une ébauche de carte géologique et d'une carte des sols du Valle.

Le manque de données analytiques pour les facteurs socio-économiques ne nous porte pas préjudice dans l'approche que nous avons. La connaissance des dynamiques passées, l'examen des pratiques actuelles donne une bonne orientation. Toutefois, un élément précis nous fait défaut : il s'agit de la charge pastorale sur les versants des montagnes et des collines, ainsi que le chiffrage des terres mises en culture. L'examen des photos aériennes à 12 ans d'intervalle (1966-1978) donne une description de l'évolution des terres cultivées et du défrichement. Par contre, l'influence des troupeaux sur les écosystèmes reste difficile à évaluer.

Au contraire, les données et études écologiques sont nombreuses et touchent à différents domaines. Elles sont directement utilisables, comme synthèse ou en tant que données brutes, pour notre tâche en 1980.

2) Première approche méthodologique

Les problèmes posés par les agriculteurs et les responsables du projet d'irrigation sont d'ordre social autant qu'écologique : dégradation des terres hautes, pression foncière sur le Valle, irrégularité des débits fluviaux, dégradation des réservoirs et des réseaux, réduction des revenus dans tout le bassin, limitation des alternatives. L'objectif semble technique dans une première vue : contrôle de l'érosion, aménagement des terres de montagne. *La réalisation technique passe évidemment par un intérêt, une participation des paysans des hautes terres.*

Les points de blocage relèvent donc du milieu naturel, des techniques agricoles et d'élevage et avant tout du domaine social. En un mot, ils touchent à l'intégralité des systèmes agraires, et l'étude se place à leur niveau de perception (petite région, échelle 1/50 à 1/100 000).

La méthode scientifique doit être polyfactorielle, ce qui se traduit en terme de technique de travail, par une programmation pluridisciplinaire. La première étape a donc été un travail d'équipe (un agronome Génie Rural, un ingénieur civil, un écologue) qui aboutit à la construction d'un modèle graphique d'interactions (figure 1). Ce graphe est la synthèse de 3 sous-modèles concernant les variables biotiques, physiques et socio-économiques. Ce graphe global part de l'inventaire des facteurs influant sur le ou les phénomènes approchés, et passe ensuite par une liste des interactions. Enfin, les relations causales et les rétroactions sont représentées dans le schéma final. L'utilisation que l'on peut faire d'une expression qui paraît complexe, et qui en tout cas, ne donne pas une démarche fonctionnelle (au contraire, les nombreuses relations entre les facteurs empêchent, dans un premier temps, de sérier les problèmes), est très concrète (1). On définit sur la base du schéma, les enquêtes spécialisées nécessaires pour analyser les variables fondamentales. De plus, le graphe oriente la construction de chacune des enquêtes en replaçant leurs objectifs dans le fonctionnement global.

Ainsi, si l'on demande en quoi *les actions de développement rural* dans le bassin (district d'irrigation, formation des agriculteurs) jouent sur *la stabilité du sol*, variable à priori bien éloignée, le graphe montre que les 2 variables convergent sur une troisième, qu'on peut qualifier de nodale : *les techniques de mise en valeur du sol*. Le programme de recherche orientera l'analyse de la fonction développement vers son résultat sur les techniques de culture et d'élevage (en suivant bien sûr les chaînes d'interactions).

Le dialogue entre les spécialistes, que chacun redeviendra au début de la phase d'enquête, est donc cadré. La répartition des tâches et la limitation des recherches aux seuls objectifs s'en trouve facilitée. Enfin, dans ce travail de construction de graphes, s'expriment toutes les hypothèses préalables, souvent confuses et entremêlées. Le schéma final en donne l'expression la plus dépouillée, et c'est là un acquis dont il peut être coûteux de se priver.

En résumé, cette première approche méthodologique se rapproche d'une démarche systématique. Le graphe peut se comparer au schéma du corps d'un système, les interactions en illustrant le fonctionnement. Le puits, les flux de l'environnement en amont sont seulement

(1) Dans un second temps, le graphe étant une présentation d'un modèle, on peut donc envisager l'expression des interactions, figurées ici par de simples flèches, par des équations (variables biophysiques) ou une description des influences (variable agrosocioéconomiques). On approcherait alors d'une simulation au sens mathématique du terme.

mentionnés au travers des variables classées comme exogènes. Mais une telle représentation ne doit pas, à notre avis, commander à elle seule la collecte des données. On verra plus loin que ceci impliquerait un canevas de recherche assez lourd, puisqu'il faudrait décrire l'ensemble des variables et de leurs relations. Cette vision théorique peut se heurter, outre à des contraintes financières et d'emploi du temps, à des difficultés scientifiques. Si ces difficultés sont démesurées en regard de l'information que leur solution peut apporter, une approche heuristique doit redéfinir certains objets d'analyse et réorienter le programme.

III — ADAPTATION DE LA METHODE

Au moment d'engager la collecte des données, le graphe ci-dessus nous a permis de faire un tri rapide entre les éléments expliqués (données existantes) et ceux à expliquer.

D'autre part, cette régression des interactions aide à préciser les objectifs que nous pouvons classer chronologiquement :

a) compréhension des mécanismes de l'érosion, et de leurs relations avec l'utilisation des terres,

b) localisation des zones à haut risque et estimation des possibilités de récupération,

c) évaluation des ressources naturelles, des possibilités de mise en valeur, adéquation avec les motivations paysannes, et la faculté d'évolution des systèmes de production,

d) programmation d'expérimentations pour la gestion des terres du bassin versant.

On voit qu'il est nécessaire de dépasser l'actualité de la situation (constat actuel) pour prévoir les évolutions, et, dans le cas d'ABREGO, les dangers qu'elles représentent. Cette prévision passe bien sûr par une compréhension des fonctionnements passés, de leurs résultats présents, enfin de leur trajectoire dans un proche avenir. Ainsi, les objectifs appellent l'utilisation de techniques scientifiques de 2 ordres : celles permettant un *constat de situation*, et celles qui servent à décrire des *fonctionnements*. Nous nous sommes donc heurtés au problème bien connu de la coordination entre approches complémentaires mais dissociées par leur échelle spatiale, et les pas de temps qu'elles abordent. Question encore plus difficile lorsqu'elle se pose au moment de l'association, dans les diagnostics polyfactoriels, d'enquêtes portant sur des domaines jusqu'alors dissociés (techniques de production et milieu naturel, milieu naturel et société).

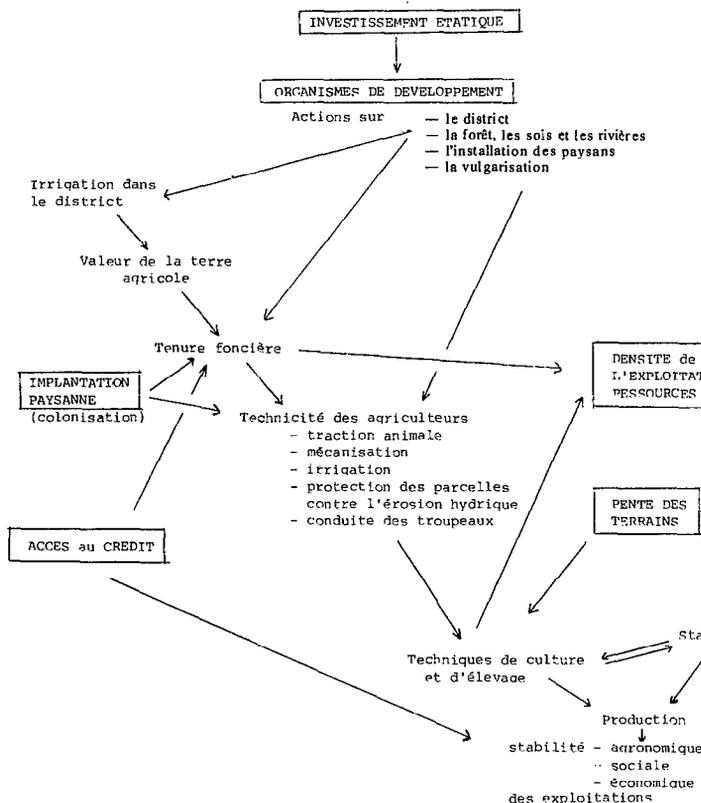
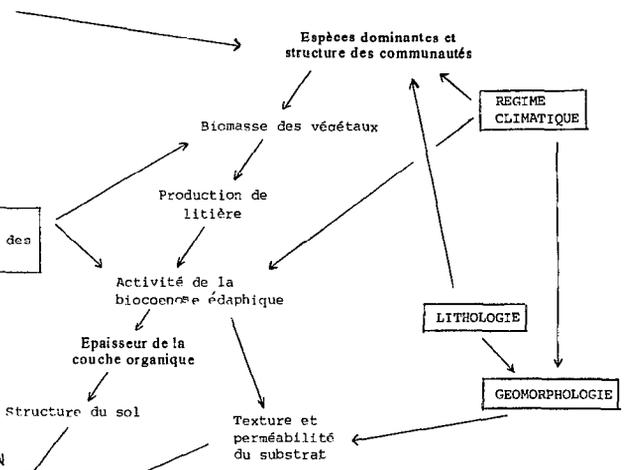


FIGURE 1. — MODÈLE D'INTERACTIONS



LITHOLOGIE : Variables exogènes au modèle
Stabilité du sol : Variables centrales

Il est certain que ce problème se pose quotidiennement dans le travail des spécialistes. Or, il se résoud tout aussi quotidiennement par nécessité d'abord : l'approche analytique et dynamique nourrit le constat global d'une part en agronomie, où le suivi parcellaire diachronique

rejoint la typologie des systèmes de production puis en affine l'interprétation, d'autre part, en agroécologie où les cartes se basent sur des levées ponctuelles qui sont utilisées dans l'interprétation subséquente (légendes des cartes morphopédologiques graphe de successions végétales

qui affinent les cartes phytocéologiques). Il y a donc, dans les acquis de chacune des disciplines, des techniques permettant cette relation entre échelles temporelles et spatiales, et l'on peut se demander si cette difficulté dans les diagnostics agro-socio-écologiques, ne vient pas de l'obligation conjoncturelle d'utiliser les outils traditionnels, qui sont jalousement défendus par leurs possesseurs, alors que l'on demande transformation pour un besoin nouveau, et donc identification des interfaces possibles.

Dans notre cas, l'exigence des résultats précis, facilement compréhensibles, nous amène à centre le travail sur une *démarche cartographique*, outil par ailleurs bien maîtrisé par les agro-écologues. Les cartes s'accompagnent d'une information sur la dynamique des écosystèmes, information acquise par approche analytique.

Ce sont ces deux phases exécutées simultanément que nous décrivons dans les lignes suivantes.

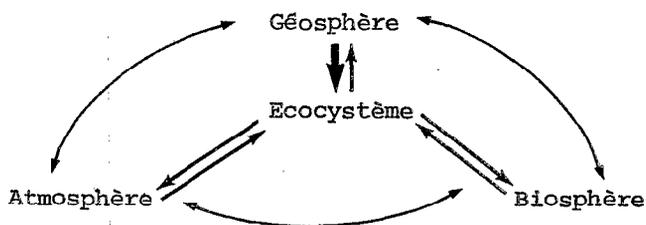
1) Diagnostic et étude détaillée des écosystèmes en 2 phases combinées.

— *le démarrage de l'analyse se fait en laboratoire*, par l'étude de tous les documents pertinents. Cet examen amène à écarter l'étude géologique (Arias et Vargas 1978) en contradiction avec les résultats de l'étude géomorphologique, et dont la fiabilité est limitée sur certains points, de l'avis même des auteurs. De même, les levés climatologiques sont incomplets, de nature différente dans les 2 stations, donc difficiles à utiliser. Les documents pédologiques concernent le seul "Valle" et relèvent d'une approche très statique (description des qualités agronomiques des sols). Mais d'un autre côté, on constate que l'étude géomorphologique se base, pour les substrats non quaternaires, sur des analyses lithographiques. Le climat peut être approché par la carte des formations végétales de Colombie (Espinal, 1977), les concepts de Holdridge relevant de la bioclimatologie.

Ainsi, le grand nombre de documents disponibles au début de l'étude se réduit (analyses non appropriées, redondantes, peu fiables), lorsque l'on veut synthétiser les connaissances dans une approche globale.

Dans notre approche, l'analyse documentaire doit déboucher sur un résultat concret. C'est là un point commun aux approches phytocéologiques et morphopédologiques : les informations existantes sont toujours replacées dans un cadre méthodique précis, et elles doivent permettre pour le moins, d'affiner les hypothèses préalables, et de sélectionner les descriptions les plus performantes. Le résultat principal de cette phase est donc l'élaboration d'un plan d'échantillonnage réalisé à partir de

regroupement des variables directrices, à priori de la diversité des milieux. Ces variables, règle dans toute approche synthétique, doivent renseigner les 3 composantes fondamentales des phénomènes biologiques.



Les documents utilisables rendent compte de la géosphère (étude géomorphologique) de l'atmosphère (bioclimats) et très légèrement de la biosphère avec les formations végétales. Il faut compléter l'information par une description de la composante biotique. Pour une problématique d'érosion, on l'a vu, les 2 variables essentielles sont les communautés végétales et l'utilisation des ressources par l'homme. Nous décidons de réaliser une carte des formes de végétations, c'est-à-dire combinaison de la structure des communautés (hauteur, densité, strates) et de leur utilisation par l'homme (anthropisation, depuis les formations climaciques jusqu'aux cultures).

La conclusion vient d'une combinaison de 3 cartes, ramenées à la même échelle. Cette superposition permet de réaliser une stratification du milieu et de classer les terrains en types de milieu définis par les 3 caractères (géomorphologie, couverture végétale et activités agricoles, climat). Cette stratification débouche sur un tableau d'échantillonnage (GODRON 1971) où 96 types s'avèrent possibles par croisement des états des 3 variables. La vérification des combinaisons réalisées sur le terrain, élimine les combinaisons "Léthales". 24 types de milieu existent réellement. Le placement des échantillons dans le type de milieu se fait par un calcul d'efficacité de l'échantillon (NEYMANN cité par GODRON 1971), la définition de type du milieu à priori, donne précisément la deuxième série d'hypothèses de travail. Le détail de la mise au point de l'échantillonnage se trouve dans un rapport intermédiaire (FONTANEL 1980).

Les cartes seront ensuite testées sur le terrain, les levés et la cartographie permettant de redresser l'hypothèse de départ, éventuellement de redéfinir les thèmes de cartographie, s'ils ne s'avèrent pas pertinents sur le terrain.

LEYENDA

A) Grado de protección por la vegetación

- 0- Formación herbácea de cobertura < 75 %
- 1- Formación herbácea de cobertura > 75 %
- 2- Formación herbácea de cultivo o de pantano.
- 3- Mosaico de herbáceas y leñosas altas dominando la superficie cubierta por formaciones herbáceas.
- 4- Mosaico de herbáceas y leñosas altas dominando la superficie cubierta por formaciones leñosas altas.
- 5- Formación leñosa alta y leñosa muy alta.

B) Nivel de erosión de los terrenos

- I Erosión marcada y progresiva
- II Erosión muy marcada hasta máxima pero de evolución y a limitada.
- III Erosión mediana con evolución peligrosa en grandes superficies.
- IV Erosión mediana con posibilidades de erosión peligrosa muy localizada.
- V Erosión liviana sin amenaza de evolución.
- VI Erosión muy liviana, evolución controlada por el hombre.
- VII Erosión natural localizada. Evolución nula a raíz del estado actual del medio natural.

CONVENCIONES

A) Unidades de sensibilidad de los terrenos

-  Vegetación herbácea cubriendo de 0 hasta 50 % de la superficie. Son bad-land de evolución regresiva casi terminada
-  Vegetación herbácea cubriendo 50 a 75 % de la superficie. Según los terrenos evoluciona hacia bad-land o fertilización.
-  Zonas con vegetación herbácea de poca protección, pueden evolucionar rápidamente hacia bad-land o fertilización.
-  La cobertura vegetal limita la evolución pero tramos importantes pueden tener la evolución vigente en I - III
-  El estado es el mismo, pero la naturaleza de los terrenos limita las posibilidades de evolución.
-  La cobertura vegetal por su regularidad, limita mejor la erosión.
-  Cobertura vegetal muy débil (cultivos) pero control de la erosión por el hombre.
-  Formaciones herbáceas subclimáticas de pantanos. La situación topográfica impide cualquier erosión.
-  Cobertura vegetal de buen nivel protector sentada en condiciones topográficas (vegas de los ríos) que impiden la erosión.
-  Equilibrio óptimo vegetación - suelo sobre terrenos poco sensibles. Evolución nula en el estado actual.

B) Simbolización de los procesos de degradación

-  Solifluxión en lúpans
-  «Golpes de cuchara» (derrumbes)
-  Nichos de deslizamientos o desprendimientos.
-  Escurrimiento superficial difuso (erosión laminar)
-  Escurrimiento superficial concentrado (zurcos)
-  «Bad-Lands» (Erosión muy severa)
-  Cárcavas
-  Principio de Rubefación

C) Convenciones topográficas y administrativas

-  Limite de la cuenca
-  Rios o quebradas
-  Limite de unidades de cartografía
-  Municipio

LEYENDA

A) Especies dominantes

Leñosos Altos

BS - Bergnonia Sp
MF Myrtus Foliosa
QH Quercus Humboldtii
WS Weinmannia Sp

Leñosos bajos

Bs Baccharis Sp
Fq Fumaqueso Sp
Ms Miconia Sp
PI Pajarito

Herbaceas

cp Ciperaceas
gsp Gramíneas (varias especies)
mm Molinis minutiflora
Pb Pasto « bromus »
PL Pasto « lolium »
Ps Paspalum Sp

B) Formaciones vegetales

- Formaciones complejas**
- 1.1 Leñosos muy altos (>16 m.) muy densos (90%)
2.1 Leñosos muy altos (>16m.) poco abiertos (75-90%)
2. Leñosos altos (2-16 m.) poco abiertos (75-90%)
5. Herbáceas poco abiertas o densas (75-100%)
5'. Herbáceas bastante abiertas (50-75%)
5". Herbáceas abiertas (10-50%)
- 8 - Formación compleja herbáceas leñosos altos.
Ambos tipos biológicos cubren mas de 75 % de superficie
9- Formación compleja herbáceas leñosos bajos - leñosos altos.
Los tres tipos biológicos cubren mas del 75% de superficie

C) Grado de artificialización

- I Vegetación climática
II Artificialización muy debil
III Artificialización bastante debil
IV Artificialización mediana
VI Artificialización fuerte

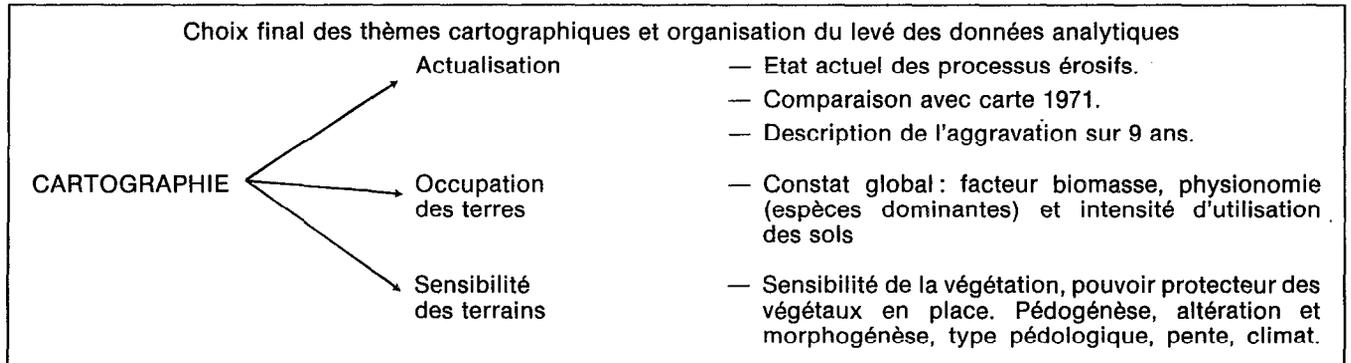
CONVENCIONES

Formas de vegetación

Formas de vegetación	Artificialización	Formación vegetal
1.1	I	
1.1	II	
2	IV	
5	III	
5	IV	
5	VI	
5'	III	
5"	III	
8	III	
9	III	
Mosaicos		
2.1 - 5	III	
2 - 5	III y IV	
5 - 2	III	

—La campagne de terrain en elle-même repose sur une cartographie avec de plus une approche analytique de

l'écologie des communautés végétales, particulièrement détaillée pour l'aspect pédologique.



L'étude analytique a consisté en un inventaire floristique, des relevés phytoécologiques (70 échantillons) et des analyses pédologiques in situ, avec collecte d'échantillon à fin d'analyse.

Les fiches d'analyse phytoécologique et botanique sont adaptées de celles du CEPE. La fiche d'analyse pédologique est préparée pour la mission, et constitue une implication des fiches d'analyses détaillées utilisées couramment (INRA, CNRS).

La relation entre les 2 s'est faite tout simplement en conduisant la campagne comme pour une cartographie classique. On réalise seulement les levés de terrains en les systématisant, et de façon à les valoriser (par traitement statistique global) indépendamment de la représentation cartographique. Evidemment, le nombre de relevés élémentaires est limité par la conduite parallèle des deux tâches. Nous n'en avons réalisé que 70.

2) Association des méthodes morpho-pédo-phyto-écologiques

Historiquement, l'utilisation effective de ces deux modèles a eu tendance à les mettre en concurrence, ce qui est logique dans la mesure où elles ont un objet commun : la description, la classification des milieux et l'étude de leurs contraintes et potentialités de mise en valeur.

Cet article n'a pas pour objet de discuter des mérites respectifs de l'une ou l'autre approche, mais il montre un exemple d'association des outils. (Dans le cas de l'étude ABREGO, nous avons profité de cette opportunité qu'était la carte géomorphologique).

En fait, le document nous a servi de lecture du paysage. Il se rapproche de ce que KILIAN appelle la "carte du bon sens". Les communautés végétales et les connaissances sur la dynamique des milieux (apport de l'approche écologique dans notre cas) se sont superposés pour la description des terrains à sensibilité identique, qui se rapprochent autant des unités de milieu (KILIAN TRICART 1979, BERTRAND, 1984), que des séquences de végétation. (GODRON, POISSONET 1972).

En fin de compte, le résultat de cette association est une véritable synergie, dont l'effet se trouve dans le niveau de précision des informations acquises, l'accélération dans l'obtention des résultats. Nous arrivons de plus à des propositions de gestion de l'espace qui ne sont pas seulement techniques car elles profitent de l'approche polyfactorielle. L'actif des 2 écoles comprend une certaine

maîtrise du dialogue avec les décideurs (responsables du développement agricole, d'aménagement hydroagricoles ou forestiers, services financiers). Suite logique, la forme donnée aux résultats dans notre étude a été conçue pour une interprétation par les non spécialistes.

IV — LES RESULTATS ET LEUR UTILISATION POUR L'AMENAGEMENT ET LE DEVELOPPEMENT

1) Résultats de la première phase : thèmes et clés de cartographie, lecture des cartes

Cette première phase débouche sur le rendu des 2 cartes : occupation des terres et sensibilité des terrains. Leur lecture doit se faire avec celle de la carte géomorphologique, qui apporte la première définition d'unités de milieu.

Une liste des clés de cartographie montre que l'on trouve à peu de chose près, les variables introduites dans le graphe de la figure 1.

GEOMORPHOLOGIE

- Lithologie (roche mère)
- Tectonique (très succinct)
- Pente des terrains
- Processus d'altération — météorisation des roches
- Types géomorphologiques : genèse des substrats et leur évolution
- Culture des sols et sous-sols
- Hydrologie superficielle et sub-superficielle
- Processus d'érosion
- Sensibilité des sols

OCCUPATION DES TERRES

- Formations végétales (structure de la végétation) (ligneuse haut, bas, herbacées)
- Espèces dominantes
- Artificialisation (action passée ou présente de l'homme)
- Ressources végétales (quantitatif et qualitatif)
- Biomasse (approximation)
- Influence de la végétation sur l'activité biologique du sol
- Intensité de l'utilisation des sols

SENSIBILITE DES TERRES

- Pouvoir protecteur des communautés
- Sensibilité de ces communautés à l'action humaine et capacité de régénération

- Effet protecteur ou destructeur des actions agricoles
- Evolution des sols et des processus érosifs à court terme dans le cas d'une gestion identique
- Dégradation des sols les plus sensibles et des végétations
- Capacité de récupération à très court terme des sols dans le cas d'un arrêt de pratiques destructrices
- Aptitude des terrains (sols + végétation) à différentes mises en valeur.
- Sélection des sites aptes à la construction d'ouvrages, régénération de pâturages ou forêts.

Reprenons les objectifs décrits en III :

- a) compréhension des mécanismes de l'érosion, et de leurs relations avec l'utilisation des terres,
- b) définition des zones à haut risque et des possibilités de récupération,
- c) évaluation des ressources naturelles et des potentialités de mise en valeur, facultés d'évolution des STP,
- d) programmation d'expérimentation pour la gestion des terres du bassin.

Les points a et b sortent directement de la lecture des cartes et de leurs notices. Le point c trouve un élément de réponse dans les cartes géomorphologiques et d'occupation des terres. En fait, les points c et d ne sont développés complètement que grâce à l'analyse détaillée des écosystèmes, dont nous allons présenter les résultats.

A travers la lecture des 2 extraits de cartes et de leurs notices explicatives (fig. 2 et 3) on peut voir la connaissance acquise sur la *compréhension des mécanismes d'érosion* et de la *délimitation des zones à haut risque* (objectifs a et b).

2) Résultats de la deuxième phase : fonctionnement et évolution des écosystèmes gérés par l'homme

Les données analytiques recueillies constituent un ensemble en fait peu fourni pour l'importance des phénomènes à analyser. La campagne cartographique, comme on l'a vu, s'est accompagnée de levées de terrains portant sur l'environnement et la composition, structure et phénologie des communautés végétales. Dans l'analyse de l'environnement, les sols ont fait l'objet d'un examen poussé. L'ensemble de ces données est réparti sur l'échantillonnage, cherchant à rendre compte de la diversité des milieux. Finalement, nous disposons de 70 relevés phytocécologiques et de 25 relevés pédologiques. L'interprétation vient d'un traitement manuel qui se réalise facilement, en croisant les trois variables dominantes (climats, unités géomorphologiques et physiologies végétales). On analyse ensuite un par un les sous-ensembles de relevés qui entrent dans une unité morphoclimatique. Du fait de la diversité des formations végétales, ces échantillons permettent une description de l'évolution des milieux (régression, stabilité, récupération) Le résultat des analyses de sols, joint à la description morphologique in situ, donne la dernière clé de lecture de l'état des milieux et de leur sensibilité.

La transmission des résultats se fait tout d'abord dans les deux cartes, et plus spécialement dans la carte de sensibilité des terrains pour l'évaluation de la fragilité des formations ou de leur puissance de récupération. Notons que ce thème se rapproche de la vitesse de cicatrisation (POISSONNET, 1972). Ensuite, une description des chaînes d'évolution des milieux sous forme de schéma, complète les documents transmis aux décideurs. (Voir fig. 4)

3) Utilisation de la connaissance acquise : propositions pour la gestion des terres

Cette utilisation a en fait consisté en un *plan d'aménagement et d'utilisation des terres* du bassin versant, passant par un canevas expérimental. Pour une utilisation plus rapide des résultats, une courte note de recommandations a été rédigée (FONTANEL 1980 (d)). Elle reprend rapidement les résultats scientifiques décrits ci-dessus, et se focalise sur les mesures techniques envisageables et leur factibilité économique et sociale.

Cette présentation ne nous apparaissait pas évidente en 1980, nous l'avons adapté à la demande de l'équipe des ingénieurs de l'HIMAT. En effet, pour discuter d'une action de développement, il est plus efficace de partir des mesures à prendre, que, sur le plan technique, décideurs, agriculteurs et scientifiques connaissent tous plus ou moins. On peut alors revenir aux documents descriptifs pour discuter la justesse de ces propositions, et les réorienter si besoin est. En somme, une carte de *"sensibilité des terrains"* avec *"schéma des successions végétales"* et *"tableau des contraintes pédologiques"* incorporés se lit très bien quand on voit d'abord ce qu'elle apporte concrètement.

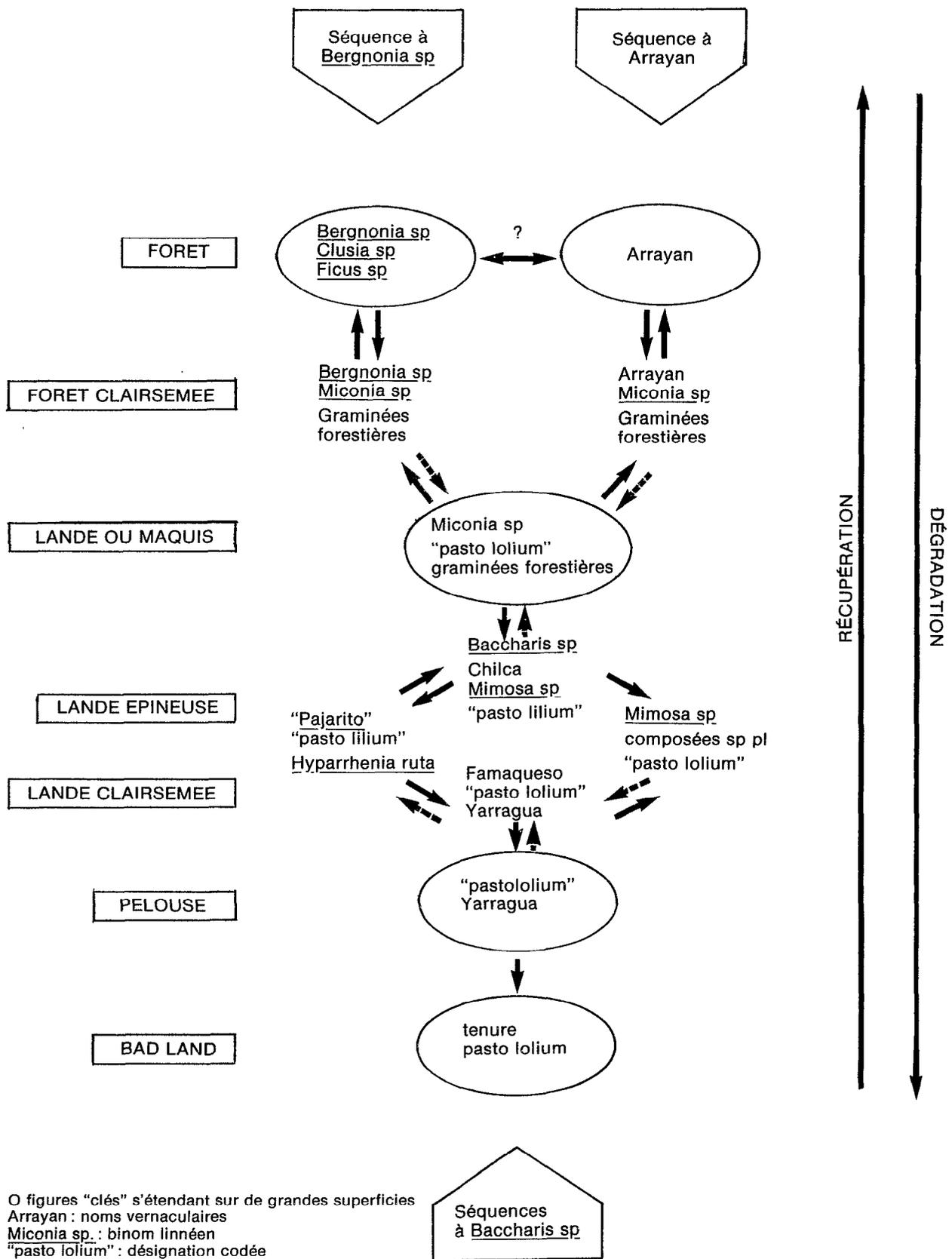
Ceci peut se discuter, mais il est de toute façon utile de séparer le plan d'action de l'information scientifique, leur utilisation pouvant diverger par la suite, et leur regroupement donnant un résultat souvent illisible, dans les disciplines techniques en particulier.

Ce texte ne permet pas de reprendre la totalité des recommandations et les plans d'expérimentations en vraie grandeur. Disons simplement que nos propositions faisaient la part entre la reforestation, gestion de la forêt native, aménagements anti-érosifs, semis de pâturage, cultures en franges alternées avec des fourrages. Les cartes de fig. 2 et 3 permettent de donner les priorités, écologiques ou sociales, et d'adapter les mesures techniques aux pratiques actuelles des agriculteurs.

V - CONCLUSION : LA COMBINAISON D'OUTILS MÉTHODOLOGIQUES ET LA FONCTION DE DIAGNOSTIC SUR LES SYSTÈMES AGRAIRES

Les quelques lignes précédentes donnent une idée de ce que peut apporter, pour l'analyse du milieu naturel, une association d'approches parallèles. Parallèles au sens premier du terme, puisque morphopédologie et phytocécologie ne se rejoignent le plus souvent que par la grâce de Dieu. Or, il apparaît que l'association des 2 outils permet à la fois *accélération de l'analyse et augmentation du niveau de détail*. Une contradiction apparaît alors entre ce qui se réalise couramment et le besoin de diagnostic, qu'il soit formulé par le Développement ou la Recherche elle-même. Les communications du présent numéro concourent à définir précisément la notion de diagnostic, on peut en dire brièvement que c'est un constat de situation introduisant les principaux éléments d'explications, ou au moins de solides hypothèses. Tout comme en médecine (cf. M. BENOIT-CATTIN et F. RUF), la rapidité d'exécution et l'exactitude s'imposent. Ainsi, tout le monde s'accorde sur la nécessité d'une *approche systémique*, seule capable de rendre compte du *fonctionnement global d'un milieu agricole*. Approche systémique implique pratique *transdisciplinaire* (au niveau individuel ou dans une équipe).

Il semble que, jusqu'à présent, ce n'est pas cette interdisciplinarité qui a prévalu, mais plutôt une mise en concurrence des méthodes, et de fait, des "écoles". Ce



constat est valable dans les domaines agronomiques ou socio-économiques. La conséquence, dans le cas des études agro-écologiques que nous connaissons mieux, est que l'on privilégie une composante : pédologie et hydrologie dans certains cas, végétation dans d'autres, ou encore stratification verticale et structure du milieu. Avec un peu de chance, le milieu considéré sera en effet dominé par les variables centrales de l'école maître d'oeuvre dans le diagnostic, car presque toujours, c'est un laboratoire, et un seul, qui conduit le travail. L'intégration des disciplines scientifiques est alors faite dans le cadre d'une théorie (nous allions dire d'un dogme) et viendra plus du sujet (chercheur) que de l'objet (milieu étudié).

De cet état de chose, la recherche est responsable, du fait d'un cloisonnement traditionnel. Mais les commanditaires d'études confortent la situation par la recherche-justifiée — du résultat le plus rapide et le moins coûteux. Et ceci amène à faire l'économie d'analyses pluridisciplinaires ou systémiques, avec tout le poids financier, la lourdeur administrative et la lenteur qui leur sont associées par a priori.

Or, cette économie ne serait-elle pas illusoire ? Bien souvent, les résultats s'éloignent des objectifs visés, du fait d'une double erreur d'appréciation : tout d'abord, où est actuellement cette lourdeur que l'on prête aux études pluridisciplinaires et systémiques ? Nombreux sont les exemples de travaux menés par des équipes réduites qui ont su utiliser des études précédentes, puis s'associer de programmes spécialisés. Ensuite, on l'a vu, le choix d'une méthode oriente l'étude non pas sur ce qui devrait en être le guide premier (objectif du travail et caractéristiques de la zone), mais sur les postulats de la théorie que l'on adapte parfois avec bonheur, souvent avec peine.

Ensuite, la rentabilité d'une étude pour le développement ne se juge pas seulement à la pertinence scientifique et à la fiabilité des résultats. Il faut introduire des solutions, et pour cela, l'engagement sur un objectif de diagnostic contient une véritable caution.

Cependant, les 2 exigences semblent se rejoindre, et la compilation d'outils nous a en tout cas permis, dans le cas d'ABREGO, de joindre aux résultats techniques un plan expérimental d'utilisation des terres.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A - SUR LE BASSIN VERSANT DU RIO ALGODONAL**
- ARIAS A., VARGAS M., 1978. — Estudio geológico del cuadrángulo G12, Abrego, Norte de Santander - Bogota: INGEOMINAS. - 2 p., 3 cartes.
- ESPINAL S., 1977. — Formaciones vegetales de Colombia. Noticia explicativa del mapa, ecológico - 7ème édition. - Bogota: I.G.A.C. - 238 p., cartes.
- FONTANEL P., 1980 (a). — Enfoque. Sobre metodología y plan de trabajo que aplicar para el estudio fitoecológico de la cuenca alta del río Algodonal (Ríos Frio y Oroque). - Bogota: HIMAT - 15 p.
- FONTANEL P., 1980 (b). — Informe sobre revisión e interpretación de documentos para el estudio básico de la cuenca alta del río Algodona (Abrego, Norte de Santander). - Bogota: HIMAT - 24 p.
- FONTANEL P., 1980 (c). — Una metodología de estudio de los procesos de erosión en base a 3 temas cartográficos: geomorfología ocupación de tierras y sensibilidad de los terrenos. Aplicación a la cuenca alta del río Algodonal, Norte de Santander. - Bogota: HIMAT - 25 p., 2 cartes 1/50 000.
- FONTANEL P., 1980 (d). — Recomendaciones para el manejo agropecuario de la cuenca alta del río Algodonal, Norte de Santander. - Bogota: HIMAT. - 13 p.
- GOBERT S., 1971. — Estudio geomorfológico de la cuenca alta del río Algodonal. - Bogota: INDERENA - 33 p., 1 carte 1/50.000.
- LEON E., 1971. — Mapa de cobertura vegetal de la cuenca superior del río Algodonal. - Bogota: INDERENA - Carte 1/50 000.
- MANZANO A., REY R., TORRES A., 1974. — Estudio agro-económico de la cuenca superior del río Algodonal. - Tesis de grado - Bogota: Ed. INCORA - 194 p.
- OSPINA R., 1970. — Estudio general de suelos de los municipios de Villacaro, Ocana y Abrego, y semi detallado del Valle de Abrego, Norte de Santander. - Bogota: Ed. IGAC, 194 p.
- VALBUENA M., 1967. — Estudio detallado de los suelos y clasificación de tierras para riego en el Valle de Abrego (Norte de Santander). - Bogota: INCORA. - 186 p.
- B - SUR LES MÉTHODES**
- Corporación del Valle de Cauca (C.V.C.), 1980. — Metodología para el desarrollo y la conservación de cuencas. - Cali: Ed. CVC. - 7 p.
- DERRUAU R., 1972. — Précis de géomorphologie. - Paris: Masson. - 282 p.
- GODRON M., 1971. — Essai sur une approche probabiliste de l'écologie des végétaux. Chap. II: les échantillonnages p. 39 à 57. - Th.: USTL: Montpellier. - 247 p.
- GODRON M., 1976. — Quelques réflexions sur les modèles écologiques applicables à l'aménagement du territoire. - In: Analyses socio-économiques de l'environnement. - pp. 76-85.
- GODRON M. et al., 1968. — Code pour le relevé méthodologique de la végétation et du milieu. - PARIS: CNRS. - 182 p.
- GODRON M., POISSONNET J., 1972. — Quatre thèmes complémentaires pour la cartographie de la végétation et du milieu. - In: BULL. Société Languedocienne de géographie T 6 fasc. 3. - pp. 329-356.
- LECARPENTIER G., 1973. — La géomorphologie al servicio de la conservación de suelos en Colombia. - Bogota: INDERENA - 14 p.
- LONG G., 1974-1975. — Diagnostic phyto-écologique et aménagement du territoire - Tome 1 et 2. - Paris: Masson.
- LONG G., LEMOAL Y., 1977. — Bases écologiques et socio-économiques du développement alternatif des zones rurales marginalisées. - In: C.R. Journées de Nancy sur l'écologie et la société. - 12 p.
- TRICART J., KILIAN J., 1979. — L'Ecogéographie. - Paris: Maspéro. - 326 p. - (Coll. Herodote).
- USSELMAN G., 1971. — La aplicación y la interpretación de los mapas geográficos en estudios de cuencas hidrográficas - Bogota: INDERENA. - 16 p.