

Nature et localisation de la dégradation des sols au Sénégal

Michel Gavaud

1. La dégradation des sols, thème pédologique récurrent

Dans la pratique pédologique, tout domaine cartographique a pu être qualifié de "*paysage*" pour peu qu'il soit structurable. Sa nature, son étendue sont aussi variées que celles des objets, des facteurs et des relations figurées. Zones, surfaces, diverses subdivisions égales ou inférieures à un bassin-versant, ont successivement été introduits pour décrire, à divers niveaux, des faits d'ordre de grandeur correspondant.

Cette commodité d'expression, dont il sera fait un large usage ci-dessous, n'est pas la seule légitimation de ces ensembles. La répartition et l'association, selon des modalités précises et sur des aires bien circonscrites, de la couverture superficielle, de la végétation et de formes du modelé, expriment une histoire et un fonctionnement spécifiques, susceptibles de vérifications et d'expérimentations "*régionalisables*". Diversement et fortement structurée, la couverture pédologique tropicale peut ainsi être divisée en panneaux à signification géo-dynamique, dont les divers stades d'évolution peuvent faire l'objet de descriptions ou de reconstitutions.

La dégradation vient souvent en conclusion de ces études comparatives, comme expression de la péjoration des conditions et de la fragilité du milieu tropical.

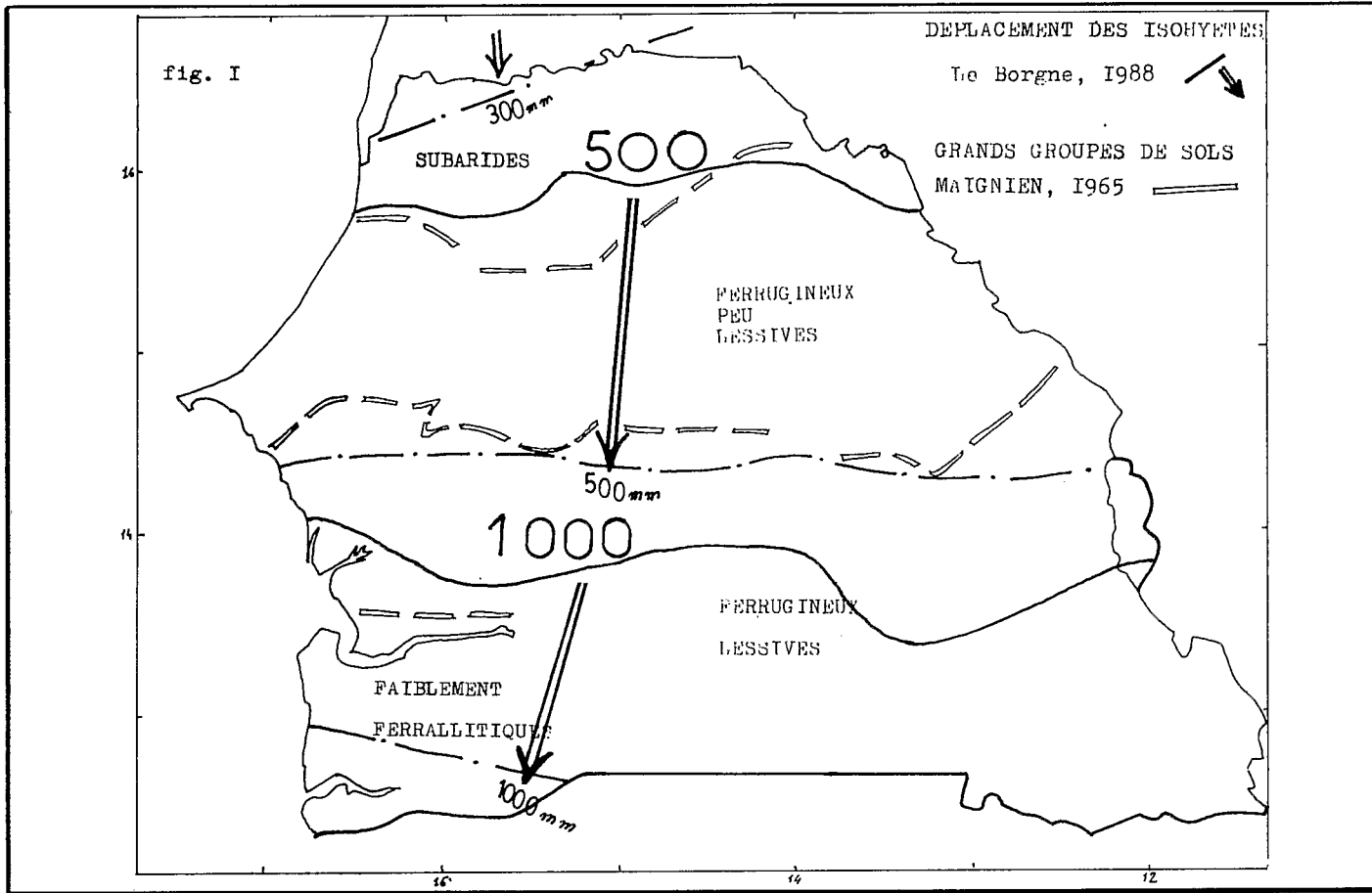
Il est communément admis, ou démontré, qu'à partir d'états plus favorables, réputés "*climaciques*" ou mieux équilibrés, les paysages se détériorent par altération ou par perte d'éléments biocénotiques, par des modifications physiques et chimiques, allant dans le sens d'une simplification des écosystèmes et d'une baisse de productivité.

Se renforçant à l'occasion de crises économiques et climatiques, la dégradation est un leitmotiv de la littérature pédologique. Dès 1917, nous rappelle-t-on (A. KANE, 1985, citant H. HUBERT), il est fait mention du «*dessèchement des régions sénégalaises*», et, en 1918, recul des forêts et fragilisation des sols sont déjà associés (*ibid.*). En 1949, AUBREVILLE fait de la «*désertification*» le sous-titre de son grand ouvrage. En 1946, AUBERT prédit la dégradation des sols de Louga dès leur première observation. Pendant les vingt années suivantes, pluvieuses, on décrit des "*climax*" et l'érosion hydrique, seule ou associée à la mécanisation, focalise l'intérêt des pédo-agronomes (FAUCK, 1956; FOURNIER, 1960). En même temps, la reconstitution de l'histoire agitée des grandes dynamiques pédologiques (MAIGNIEN, 1954) et des oscillations climatiques quaternaires (MICHEL, 1974) prépare les esprits à la crise actuelle... Initiée dès 1965 (LE BORGNE, 1988), celle-ci va, au delà de l'aridification, obliger à renouveler l'expérimentation et la pédologie de terrain (A. CASENAVE et C. VALENTIN, 1987).

2. La dégradation zonale

Lorsque les sols ouest-africains furent systématiquement inventoriés, après 1946, on se situait dans ou en fin d'une période pluvieuse qui permettait encore de mettre en parallèle les sols et une végétation partout présente et diversifiée. La zonation climatique de l'une fut assimilée à ce qu'avait de latitudinal la répartition des autres. Au Sénégal tout particulièrement, véritable épitomé de l'expression zonale de la pédogenèse, les domaines pédoclimatiques, associant des critères édaphiques généraux à des ensembles climatiques et phytogéographiques, furent les premiers paysages définis et largement vulgarisés (MAIGNIEN, 1965).

Voici comment on les présentait dans les années 60 (fig. 1) :



a — *Domaine des Sols Subdésertiques* : profils AC, moins de 250 mm de pluies, dunes semi-fixées.

b — *Domaine des Sols Subarides* : profils ABC, isohumiques, pH neutres, 250 à 500 mm de pluies, pseudo-steppes et savanes arbustives sahéliennes, pâturages.

c — *Domaine des Sols Ferrugineux* : profils ABC, pH acides, matière organique plus mobile, lessivage et diverses modalités de l'individualisation du fer... Deux subdivisions :

c1 — *Sols Ferrugineux Peu Lessivés* : peu d'individualisation, 500 à 800 mm de pluies, savanes arborées soudano-sahéliennes et pénécliclimax cultivés.

c2 — *Sols Ferrugineux Lessivés* : forte individualisation, dont le cuirassement, savanes boisées et forêts claires soudaniennes, cultures.

d — *Domaine des Sols Ferrallitiques* : au Sénégal il n'est représenté à plus de 1 200 mm de pluies que par des *Sols Faiblement Ferrallitiques*, sous des savanes et des forêts guinéennes ou sous des agro-systèmes forestiers.

Les surfaces caractérisées par des *Sols Hydromorphes* et *Salés* étaient tenues pour azonales.

La représentation la plus sommaire, mais aussi la plus simple, la plus expressive et la plus divulguée, du déplacement des isohyètes de la sécheresse correspond à une migration méridionale de ces domaines. Elle apparaît comme une manifestation, à notre échelle de temps, de la péjoration enregistrée par les pédo-climats quaternaires (GAVAUD, 1975), par la protohistoire et l'histoire sahélienne (UNESCO, 1986), par la tendance pluviométrique séculaire (LE BORGNE, 1988)... Il est possible de l'illustrer de quelques observations générales et spectaculaires. Les barkhanes et les formes semi-fixées du front semi-désertique ont accompagné la venue de l'isohyète 300 mm sur le fleuve Sénégal. La limite subaride de 500 mm s'est déplacée de 180 km vers le sud ; elle enveloppe les sols ferrugineux peu lessivés, l'aire de dégradation maximum de la végétation et de déflation cartographiée par l'USAID (1986), les surfaces à organisations pelliculaires envahissantes. Le déplacement de 100 km de l'isohyète 1000 mm vers le sud coïncide avec un recul des agrosystèmes forestiers et avec l'abaissement des nappes phréatiques.

En gros, ce sont les domaines à Sols Subarides et à Sols Ferrugineux Peu Lessivés qui ont surtout été frappés par la disparition de la végétation ligneuse et herbacée vivace, par l'apparition de sables mobiles sur sa frange nord, par la "sahélisation" des caractéristiques

de surface (cf., ci-après, ALBERGEL & VALENTIN)... Plus au sud, la crise pluviométrique est médiatisée par l'accroissement et le déplacement des excès pastoraux et cultureaux.

3. La dégradation régionale, par ensembles pédo-géomorphologiques

L'expression zonale est fortement limitée, parce que les caractères liés au comportement physique, à l'infiltrabilité et à l'érodibilité (soit : la granulométrie, l'espace poral, la minéralogie) sont largement hérités de pédogénèses inactuelles sur le site. Ces caractères se différencient à l'intérieur d'ensembles stratigraphiques ou chronologiquement définis qui, en Afrique de l'Ouest, se répartissent sur des "*paysages*" distincts par leur modelé, par leur matériau et leur type d'altération, par leurs toposéquences. Ils donnent aussi une partition des aires de dégradation, parce que les travaux de terrain récents ont montré que la sécheresse n'avait fait qu'amplifier les effets de sensibilités spécifiques aux divers modes d'érosion.

Pour le Sénégal on propose le tableau suivant (fig. 2).

A — Dunes et plaines à sols sableux peu différenciés

Côtes et estuaires sont frangés de sables récents, d'âge égal ou inférieur au Tafolien (4 000 BP). Dans leur état de référence, ils sont fixés avec de beaux horizons A finement structurés, mais friables, sous lesquels le matériau n'a pas subi de pédoplasation, à une faible coloration près, et a conservé la structure granulaire sans consistance du sable éolien, marin ou fluviatile originel. A moins de 800 mm de pluies, chiffre ancien, ils sont remobilisés, d'autant qu'ils se trouvent plus au nord ou près des côtes, en champs chaotiques de dunes semi-fixées blanches et jaunes, en barkhanes et en cordons vifs. Le reboisement par le Filao y donne ses meilleurs résultats. Plus au sud, la disparition des langues d'eau douce phréatique est le principal problème.

B — Dunes et remblais à sols différenciés

Les termes amont des toposéquences sont des profils ABC rubéfiés, références des Sols Ferrugineux Peu Lessivés. Des horizons

éluviaux et illuviaux, souvent lamellaires, des horizons de nappe, souvent jaunes, caractérisent les aval.

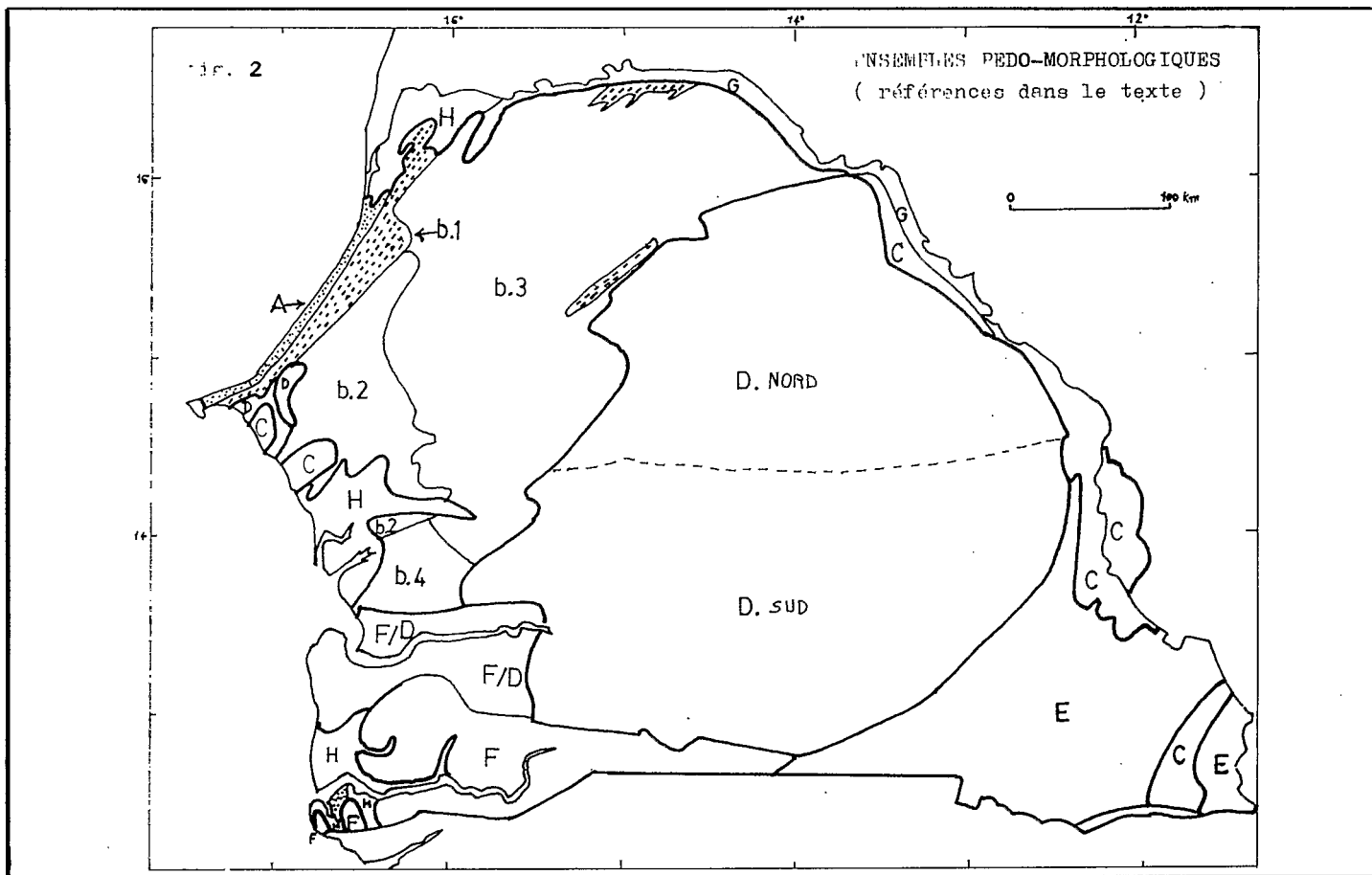
Quatre sous-ensembles pédologiques y ont été décrits :

B1 — Les grandes dunes longitudinales

Orientées vers le sud-ouest, caractéristiques de l'aride Ogolien (13 000 à 22 000 BP), formant un grand massif sur la côte nord et des cordons isolés ailleurs, elles se caractérisent par des horizons B rubéfiés contenant environ moins de 5% de fines, par une dureté inférieure à 1,5 kg/cm², bien que la microstructure à plasma pelliculaire soit déjà identifiable. Dans leur état de référence, ces dunes portent des formations claires à *Acacia raddiana* (faciès Subaride Brun Rouge) et, plus au sud, au Cayor, un pénécliclimax à *Parinari macrophylla* et à *Acacia albida* rabougri (faciès Ferrugineux Non ou Peu Lessivé). Dès les premières observations, on avait constaté, d'une part la présence de reliques de remaniements éoliens récents (profils AC sur B tronqué, nebkas et caoudeyres émoussées) et, d'autre part, la mobilisation facile des épipédons sous culture d'arachide (AUBERT, 1946). La sécheresse récente a donc provoqué une reprise éolienne de plus. Sur le fleuve Sénégal elle va jusqu'à la formation de barkhanes. Près des côtes, les crêtes sont remodelées par des formes mixtes, hydriques et éoliennes, qui autrefois caractérisaient la bordure désertique (DAVEAU, 1965)... Quant aux cultures d'arachide, elles s'étaient déjà déplacées vers les terres plus stables et arrosées du sud-est.

B 2 — les plaines sableuses basses du bassin central

Sises au dessous de la cote 30 m, plates ou à très faible modelé éolien, elles portent des sols physiquement analogues aux précédents, très peu consistants, mais différant qualitativement par la réduction des termes rubéfiés au profit des termes affectés par une réduction du drainage et de la nappe dans la toposéquence. Leur système agropastoral, sous le parc à *Acacia albida*, a été justement célébré pour sa stabilité (CHARREAU, 1970). De fait, c'est une dégradation diffuse de ce dernier qui a été observée (LERICOLLAIS, 1988). Beaucoup plus sensible au nord de l'isohyète ancien de 800 mm, elle s'y accompagne de champs de nebkhas, de voiles éoliens locaux, à proximité de grands centres (Mekhe). Une autre nuisance a été la disparition fréquente de la nappe accessible par les petits puisards (céanes).



La terre : dégradations aux échelles zonale, régionale et locale...

B 3 — Les dunes basses et les remblais rubéfiés

L'horizon rubéfié de l'amont des toposéquences est plus riche en fines et plus consistant (10% et 4 kg/cm²). L'aval peut être fortement illuvial, confiné, avec des sols sablo-arbileux compacts. Le substratum montre souvent un encroûtement calcaire. Les dunes basses s'étendent sur tout le Sénégal Centre et Nord-Occidental, et se prolongent par des remblais rubéfiés éolisés dans les vallées orientales, pénétrant les plateaux gréseux. Cette extension est suffisante pour que la dégradation suive un gradient latitudinal selon des mécanismes anciennement observés ou pressentis. La consistance des B est suffisante pour que seul l'épipédon soit facilement mobilisable par le vent, surtout dans les champs. Les pellicules de battance (croûtes sableuses structurales), le déficit d'infiltration, l'érosion hydrique aréolaire apparaissent souvent, au moins dans les parties moyennes des toposéquences. De la sorte, les sols ne se détruisent que superficiellement, par déflation et par érosion en nappe, les produits meubles formant de petits champs de nebkas. Malheureusement le déficit hydrique ainsi accru aboutit à la destruction de toute végétation, hors quelques annuelles naines (*Zornia*). C'est ainsi que dans l'ancien Sahel du Ferlo, les steppes arbustifs à Gommiers, *Commiphora*, *Sclerocarya*, ont disparu et sont remplacés par maigres pelouses où se mêlent des surfaces encroûtées, des bosses éoliennes fixées par le *Cenchrus*, sous quelques *Balanites* et *Boscia*. Près des villages et des forages, la mobilisation du sable par le piétinement et par le vent est renforcée, parfois — et paradoxalement — avec quelques effets bénéfiques sur le pâturage (VALENTIN, 1983). Vers le sud et l'est, aire des Sols Ferrugineux Peu Lessivés, cette destruction se prolonge par une dégradation culturelle qui mène à une couverture uniforme, décimétrique, de sables vifs. Partout, les dégâts peuvent être plus graves sur les remblais qui, moins perméables et topographiquement plus exposés, peuvent se raviner profondément. En dépit du fâcheux aspect de ces déserts pastoraux ou arachidières, la restauration de ces sols est toujours possible.

B 4 — Les dunes rutilantes du Sud

Décrites par R. BERTRAND en 1971, elles diffèrent par leur orientation ouest, et non plus sud-ouest, et par des sols géants, très rouges et contenant jusqu'à 20% de fines en amont des toposéquences. Encore que bien arrosées et mises en culture depuis une cinquantaine d'années seulement, elles ont été complètement déforestées et cultivées à un rythme d'autant plus rapide que sur ces terrains le contrôle des adventices est beaucoup plus facile

qu'en milieu "vierge". Comme en milieu faiblement ferrallitique, la fertilité et les capacités de régénération par la jachère décroissent vers l'amont plus sec, perdant plus facilement son épipédon qui se trouve par-fois décapé.

C — Les sols lithodépendants des bas-glacis

Sur les glacis quaternaires les plus récents, la couverture superficielle est réduite à un sol d'altération mince dont la minéralogie dépend, en partie, de celle de la roche (LEPRUN, 1973), en partie, de "transformations" latérales (BOULET, 1974). Selon les espèces argileuses, les sols se regroupent autour de pôles, disposés en toposéquences : pôles ferrugineux, lessivés et hydromorphes planosoliques (kaolinite, illite), eutrophes et vertiques (smectites), fersiallitiques (complexes). C'étaient des milieux écologiquement très diversifiés, aussi bien localement que pris ensemble, portant toutes les formations végétales depuis la forêt claire jusqu'au bois armé.

La présence humaine y est très ancienne, avec des témoins de tous âges. Cela, joint au fait que tous les sols ont au moins un horizon finement texturé, potentiellement imperméable, explique que dès les premières observations ils ont été décrits comme fortement affectés par l'érosion aréolaire et même par le ravinement au niveau des remblais qui en recouvrent l'aval. Depuis, cette tendance a été exacerbée vers le nord, et singulièrement le long de la vallée du Sénégal, à moins de 800 mm de pluies (anciens). Là, la végétation a pu disparaître totalement; toutes les formes d'incision, de décapage aréolaire, de déflation sont observables; les sols sont ravinés et tronqués au point de ne plus pouvoir être identifiables. Toutes les difficultés s'additionnent, depuis le manque de pâturages jusqu'à la destruction des infrastructures de Génie civil. Là, la restauration exige une connaissance fine et détaillée des matériaux de sols et de leur répartition (MOUGENOT, 1984).

D — Les plateaux gréseux

Les plateaux du Continental Terminal sont de grandes tables faiblement monoclinales, pétrifiées par diverses cuirasses arasées et superposées, masquées par une couverture meuble dont la variation latitudinale peut être schématisée par la description de deux zones (BARRETO, 1964).

Au nord, le sol est mince, gravillonnaire, très marqué par le façonnement hydrique superficiel. La végétation a beaucoup souffert, avec la disparition massive de la strate arbustive à *Pterocarpus lucens*. Si les sols n'ont pas été touchés en profondeur, les

états de surface liés à la déflation, aux voiles éoliens et à l'encroûtement hydrique se sont généralisés.

Au sud, les sols ferrugineux lessivés et hydromorphes (BARRETO, 1966) des savanes boisées n'ont pas bougé, même si une mortalité sporadique des grandes espèces ligneuses a été constatée. Ce sont les défrichements qui y sont la cause principale de l'évolution des sols, actuellement suivie par l'étude des matières organiques (FELLER, 1977 et travaux en cours).

E — Les glacis cuirassés étagés

Ils sont l'aboutissement de paléocycles climatiques successifs, avec érosion et cuirassement ferrugineux. La nature généralement lithique ou gravillonnaire de leur surface popularisa jadis l'idée de "latéritisation" des sols à la suite de défrichements. Bien que la nappe phréatique associée aux grands "bowé" (KALOGA, 1987) ait baissé, ils ne sont guère modifiés, sans doute pour être hors du domaine fortement affecté par la baisse des pluies.

F — Les Sols Faiblement Ferrallitiques et les aires de transition

Ils prolongent, au sud-ouest, les plateaux gréseux par une aire de transition, où le solum ferrallitique se transforme en solum ferrugineux (CHAUVEL, 1977). Leur dégradation, relativement rapide, par substitution d'une agriculture en grands champs nus à l'agrosystème forestier traditionnel, a été décrite à la suite d'essais de culture mécanisée (FAUCK, 1962 et 1969). Depuis, la déforestation et les feux ont poursuivi leur siège du réduit forestier casamançais. On observe une chute des taux de matière organique, l'apparition d'un horizon de "comportement" peu perméable subsuperficiel, la mise en transit de la couche sableuse arable, et finalement un ruissellement allant jusqu'au ravinement — tout cela témoignant de l'accélération destructrice d'une "savanisation" des sols forestiers. La baisse de la fertilité et de la régénération ligneuse sont plus importantes sur les segments ferrallitiques amont, alors que la forêt tient mieux en aval, sur des structures pédologiques assez différentes, autrefois baignées par la nappe phréatique.

G — Les alluvions et les sols hydromorphes

Une basse terrasse encadrant des levées et flats subactuels, deux formations situées de part et d'autre de 4 000 BP, font tous les paysages alluviaux. Si le bassin n'a fourni que des sables (grès, dunes, sols ferrugineux), la terrasse s'étend et domine, avec des sols

AC peu différenciés, gris et blancs, dont le sort est similaire aux sols décrits ci-dessus (A). Ailleurs, surtout sur le socle, la terrasse se réduit à un étroit liséré de sols compacts, à tendances halomorphes sodiques ou planosodiques (FELLER, 1975), subissant la même dégradation que le bas glacis voisin. Dans les alluvions plus récentes, la maturation structurale était le fait le plus saillant, avec deux extrêmes : le Vertisol, sous sa forêt de Gonakiers, et un Sol Brun très finement structuré, sous la prairie à Vetiver, encore décrit en 1967 sur le «*Matamien*» de la vallée du Sénégal. Plus aval, le «*Podorien*» montrait des structures plus massives et des effets anthropiques anciens plus forts. Depuis, la végétation naturelle et les horizons associés ont largement disparus. Des organisations pelliculaires, battantes et imperméables, des sables éoliens diversement accumulés, des surfaces décapées par le ruissellement et la déflation les remplacent. Cette extraordinaire uniformisation écologique n'est toutefois que de surface, et la mise en valeur reste principalement limitée par l'eau. A terme, en effet, la dégradation la plus irrémédiable serait la sursalure et l'alcalinisation par défaut de drainage (LE BRUSQ, 1984), aussi bien près du domaine marin (nappe et réservoirs salés) qu'en milieu continental (cation alcalins).

H — Les sols salés marins

L'étude comparative des terrasses marines a mis en évidence une chronoséquence des alluvions marines par maturation, oxydation, acidification, dessalage (VIEILLEFON, 1977; MARIUS, 1979). Les vases à pyrites des mangroves se transforment en sols sulfatés acides des «*tannes*», aires herbeuses puis nues à efflorescences salines, mais aussi, finalement, en sols hydromorphes lessivés sous savane arbustive, cela par retrait de la marée et de la nappe salée, puis par invasion des eaux douces. Des facteurs hydrologiques et climatiques modifiaient latitudinalement cette suite. Au nord, l'estuaire du Sénégal montrait surtout de vastes tannes où les remaniements éoliens de la «*moquette*» salée étaient déjà notables. Au sud, les mangroves et les rizières de Casamance et de Gambie faisaient l'essentiel du paysage. Au centre, le Saloum réunissait les deux aspects, outre des terrasses arbustives étendues.

La sécheresse a accéléré brutalement les premières étapes de cette transformation, là où on l'attendait le moins, au sud. La sursalure des rias mal alimentées en eau douce et mal renouvelées par les marées (Casamance), l'affaissement de la nappe salée sous les tannes, le recul des nappes douces vers les plateaux ont détruit les mangroves et accru l'acidification (MARIUS, 1979 ; LOYER, 1986),

induit la formation et la migration de sels d'aluminium (LE BRUSQ, 1976), et finalement intoxiqué les rizières, modifié leur aménagement (LE BRUSQ, 1986) et les techniques d'évaluation des terres (MOUGENOT, 1986 ; MONTOROI, BOIVIN, ZANTE, 1986 et 1987). Au nord, la séquence, déjà plus dégradée, avec des mangroves relictuelles, a perdu ce qui lui restait de végétation sur des tannes actuellement impressionnants par leur nudité et par leur façonnage éolien. En même temps, l'invasion saline de saison sèche par le fleuve a atteint des valeurs de record (KANE, 1985).

4. Le paysage élémentaire et les états de surface

Pour affiner la description qualitative, préalable nécessaire des mesures, il faut se situer au niveau du paysage élémentaire, surface assez petite pour définir, à la fois, les particularités du voisinage géographique et l'utilisation, ainsi que la segmentation des caractéristiques physiques associée aux toposéquences.

Or les hydrologues, dont les mesures du ruissellement sont aussi celles de la dégradation, rencontrèrent dans cet exercice une difficulté fondamentale à laquelle ils apportèrent une solution imprévue. Travaillant sur de petits bassins en milieu aride ils ne purent en effet utiliser les cartes pédologiques ordinaires de quelque façon que ce fût pour «régionaliser» les mesures de ruissellement. Ils résolurent leur problème en associant la simulation des pluies à l'étude et à la cartographie des organisations pelliculaires de surface, compartiment des sols jusqu'alors confidentiellement étudié. Ils découvrirent qu'en milieu sahélien et plus sec, où la croissance de la végétation ne modifie pas l'hydrodynamique de surface, la seule caractéristique pédologique contribuant à déterminer le ruissellement est l'état de surface du sol, lui même largement indépendant des variables définissant le statut taxonomique du pédon (CASENAVE et VALENTIN, 1988). Comme, d'une part, ils purent constituer une typologie de ces micro-horizons et de leurs assemblages en «surfaces élémentaires» et que, d'autre part, ces dernières étaient fortement corrélées avec le ruissellement, ils purent en dresser des cartes prévisionnelles.

Ainsi — sur les croupes gravillonnaires, les bas glacis, les remblais, les dunes basses, les terrasses et les flats — à la mosaïque ordonnée des sols et de la végétation, des niches écologiques et des modes d'utilisation, se substitue une dénudation uniformisante... dont les réactions ne peuvent être prévues que par le relevé de pellicules de sables et de fines aléatoirement disposées à la surface du sol.

*
* *

La sécheresse a entraîné avec elle, vers le sud, une dégradation de surface des sols selon des modalités prévues. L'éolisation est particulièrement forte sur les sols trop jeunes pour que la fabrication de plasma («*pédoplasmation*») leur ait donné de la consistance. L'érosion hydrique est à l'inverse. Il en est de même pour la dégradation physico-chimique des sols à faible activité, kaolinique, trop cultivés. Les dégâts sont généralisés, à la fois sur les sols et la végétation, à moins de 800 mm. Plus au sud de cet isohyète ancien, ils sont locaux, ou diffus, ou limités à un segment de toposéquence.

Toutefois les destructions dues à l'affaissement ou au retrait des nappes d'eau douce ont révélé des instabilités écologiques imprévues, en partie à cause de la difficulté des études de ce compartiment peu accessible. Si les excessives salures et acidités des sols marins sont un fait naturel, l'alcalinisation des alluvions fluviatiles pourrait être accélérée par une irrigation massive sans drainage suffisant.

*
* *

En croisant l'ordre zonal et l'ordre régional il serait possible, selon une méthode bien connue, de produire une carte synthétique de la dégradation à petite échelle. Dépassant cet exercice, que nous ne répéterons pas, l'étude systématique des paysages vient à son heure en réunissant les contingences des situations particulières, et la rigueur des enchaînements dans la couverture superficielle et dans la biocénose associée.

Dans ce texte, divers exemples se rapportant à ce niveau d'observation ont été suggérés : le milieu créé par la stabulation et l'éolisation autour des forages, le ravinement préférentiel du remblai dans son segment aval dans certaines vallées, la dégradation plus précoce du segment ferrallitique amont...

La description reste à la base de l'étude de ces corrélations, car elle intègre un maximum de caractères, stables ou non. Sa valeur diagnostique dépend cependant, les hydrologues l'ont montré, du degré de conservation du paysage, dans la mesure où le nombre de caractères pertinents se réduit et où l'organisation de ce paysage se défait lorsque les destructions et les dégradations augmentent.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALBERGEL, J., 1987 - Genèse et prédétermination des crues au Burkina Faso. Du m2 au km2. Etude des paramètres hydrologiques et de leur évolution. Thèse Doc. Univ. Paris VI, Etudes et Thèses ORSTOM, Paris, 341 p.
- AUBERT (G.), 1946 - Premières observations sur les sols du Sénégal. Les sols de la région de Louga. ORSTOM, Paris.
- AUBERT (G.), 1948 - L'érosion éolienne dans le nord du Sénégal et du Soudan français. Conférence africaine des sols. Goma. *Bull. Agr. Cong. Belg.*, XL, com. n° 103
- AUBREVILLE (A.), 1949 - Climat, forêts et désertification de l'Afrique. Soc. Edit. Geog. Marit. Colon. Paris.
- BARRETO (S. PEREIRA), 1964 - Reconnaissance pédologique du Ferlo-sud. Centre ORSTOM de Dakar, 42 p. multigr., I carte pédologique
- BARRETO (S. PEREIRA), 1966 - Morphopédologie et orientations culturelles des régions soudaniennes du Sine Saloum (Sénégal). *Agronomie tropicale*, XXVII, n° II
- BOULET (R), 1974 - Toposéquences de sols tropicaux en Haute-Volta. Equilibre et déséquilibre pédobioclimatique. Thèse Sci. Strasbourg et Mém. ORSTOM, n° 85, 1978, 272 p.
- CASENAVE (A) ; VALENTIN (C), 1987 - Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. Centre ORSTOM d'Adiopodoumé, multigr., 151 p.
- CHARREAU (C), 1970 - L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest africaine et ses incidences agronomiques. I.R.A.T. et Min. Dev. Rural Sénégal, Dakar.
- FAUCK (R), 1956 - Evolution des sols sous culture mécanisée dans les régions tropicales. VI Congr. Int. Sc. Sol, Paris, D, IV, 379 - 382.
- FAUCK (R), 1962 - L'utilisation des études de sols pour l'établissement d'un système conservatoire d'utilisation des terres en Casamance. ORSTOM, Dakar.
- FAUCK (R), 1969 - Bilan de l'évolution des sols de Sefa (Casamance) après 15 ans de culture continue. ORSTOM, Dakar.
- CHAUVEL (A), 1977 - Recherches sur la transformation des sols ferrallitiques dans la zone tropicale à saisons contrastées. Evolution et réorganisation des sols rouges de Moyenne Casamance. ORSTOM, TD, 62, 532 p.
- FELLER (C), 1975 - Etude des pâturages naturels du Ferlo-Bondou. ORSTOM, Dakar, 122 p., multigr., I carte pédologique.
- FELLER (C), 1977 - Evolution des sols de défriche récente dans la région des terres neuves. *Cah. ORSTOM, sér. Pédologie*, 3, 1977
- FOURNIER (F), 1960 - Climat et érosion. P.U.F., Paris
- GAVAUD (M), 1975 - Sols et pédogenèse au Niger méridional. ORSTOM, Paris, 4 vol., multigr., 1252 p. et TD, n° 76, 1977.
- HUBERT (H), 1977 - Le dessèchement dans les régions sénégalaises. *Ann. Géol.*, XXVI, p. 379. Cité in A. KANE 1985.

KALOGA (B), 1966 - Carte pédologique du Sénégal oriental à l'échelle du 1/200 000. DALAFI. ORSTOM, Dakar

KALOGA (B), 1987 - Le manteau kaolinique des plaines du Centre sud de la Haute-Volta. ORSTOM, Paris, Etudes et Thèses, 343 p.

KANE (A), 1985 - Le Bassin du Sénégal à l'embouchure. Flux continentaux dissous et particuliers. Invasion marine dans la vallée du fleuve. Thèse, Un. Nancy II et ORSTOM, Dakar, 205 p.

LE BORGNE (J), 1988 - La pluviométrie au Sénégal et en Gambie. Un. Cheikh Anta Diop, Dakar, 94 p.

LE BRUSQ (J.Y.); LOYER (J.Y.), 1984 - Evolution de la salinité et des eaux en relation avec la riziculture submergée dans le delta du fleuve Sénégal. ORSTOM, Dakar.

LE BRUSQ (J.Y.) ; LOYER (J.Y.) ; MOUGENOT (B) ; CARN (M), 1987 - Nouvelles paragenèses à sulfates d'aluminium, de fer et de magnésium ; leur distribution dans les sols sulfatés acides du Sénégal. *Science du Sol*, 25 (3), 173-184.

LE BRUSQ (J.C.), 1986 - Remarques à propos du résumé de la thèse de C. MARIUS. *Cah. ORSTOM, sér. Pédologie*, XXII (4), p. 441.

LEPRUN (J.C.), BLOT (A), 1973 - Influence de deux roches-mères sur les altérations et les sols. Un exemple sur le socle cristallin au Sénégal-Oriental. *Cah. ORSTOM, sér. Géologie*, V (1), 45-47.

LERICOLLAIS (A), 1972 - Etude géographique d'un terroir Sérér (Sénégal). ORSTOM, Paris, ASAS, 7, 110 p.

LOYER (J.Y.) ; BOIVIN (P.) ; LE BRUSQ (J.Y.) ; ZANTE (P.), 1986 - Les sols du domaine fluvio-marin de Casamance (Sénégal). Evolution récente et réévaluation des contraintes majeures pour leur mise en valeur. III Congr. Int. Sols Sulfatés Acides. Dakar, 6-II janv. 1986.

MAIGNIEN (R.), 1954 - Différents processus de cuirassement en A.O.F. II. Conf. Inter africaine des sols. Léopoldville, doc. 116, 1469-1486.

MAIGNIEN (R.), 1965 - Carte pédologique du Sénégal au 1/1 000 000. ORSTOM, Paris, Sér. Notices et cartes, n° 24, 63 p., I carte.

MARIUS (Cl), 1976 - Effets de la sécheresse sur l'évolution des sols de mangroves -Casamance- Gambie. ORSTOM, Dakar, 79 p., multigr. ; et Bull. IFAN, T. 41, sér. II, 669-691, 1979.

MARIUS (Cl), 1985 - Mangroves du Sénégal et de Gambie. Trav. et Doc. ORSTOM, 193, 309 p. ; résumé in *Cah. Pédol.* XXI, I, 1984.

MICHEL (P.), 1973 - Les bassins des fleuves Sénégal et Gambie (étude géomorphologique). ORSTOM, Mém., 63, 2 vol., 752 p.

MOUGENOT (B) ; ZANTE (P), 1986 - Study of factor acting on reflectance of salted and acidified soils surfaces in Casamnce (Senegal). Symp. on remote sensing for res. dev. and environmental manag., 25-29 august 1986, Enschede, The Netherlands.

MOUGENOT (B) ; DIAW (A.T.), 1987 - Etude des états de surface des sols de la région de Nthiagar/Pong par télédétection. Pseudo delta du Sénégal. Utilisation des données satellitaires SPOT. Premiers résultats (PEPS n° 39, image 4). Coll. Int. SPOT I, 23-27 nov., 1987, Paris.

MONTOROI (J.P.) ; PERAUDEAU (M.) ; ZANTE (P.), 1986 - Essai de mesure de la perméabilité des sols de la séquence de Koubalan. ORSTOM, Dakar. Travaux en cours.

U.N.E.S.C.O., 1986 - Histoire générale de l'Afrique. Présence africaine/Edicet/UNESCO, ISBN 92-3-202433-0.

U.S.A.I.D., 1986 - Cartographie et télédétection de la République du Sénégal. Etude de la géologie, de l'hydrologie, des sols, de la végétation et des potentiels d'utilisation des sols. Dir. de l'Aménagement du Terr., Dakar et AID, Remote sensing Institute, 653 p., 20 cartes.

VALENTIN (C.), 1983 - Effets du pâturage et du piétinement sur la dégradation des sols autour des points d'eau artificiels en région sahélienne (FERLO, NORD SENEGAL). A.C.C. Lutte contre l'aridité en milieu tropical. ISRA, GERDAT, IEMVT, ORSTOM (Dakar). 34 p., phot.

VIEILLEFON (J.) - Les sols des mangroves et des tannes de Basse Casamance (Sénégal). ORSTOM, Mém., 83, 292 p., 10 pl. phot.